



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

NYPL RESEARCH LIBRARIES



3 3433 06273213 0

















★Solon Librescot
Nov. 18 '04;

915
(Beacham)
3-24-13





1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900

COURS ÉLÉMENTAIRE

D'HISTOIRE NATURELLE

80LON LIBRESCOT

**LE COURS ÉLÉMENTAIRE
D'HISTOIRE NATURELLE**

se compose de

LA ZOOLOGIE

PAR M. MILNE-EDWARDS

1 volume in-12, figures. — Prix : 6 francs.

LA MINÉRALOGIE ET LA GÉOLOGIE

PAR M. F.-S. BEUDANT

1 volume in-12, figures. — Prix : 6 francs.

LA BOTANIQUE

PAR M. A. DE JUSSIEU

1 volume in-12, figures. — Prix : 6 francs.

Alphonse
1847
118

COURS ÉLÉMENTAIRE
D'HISTOIRE NATURELLE

A l'usage des Lycées, Collèges, Séminaires et Maisons d'Éducation

Alphonse
PAR
MM. MILNE-EDWARDS, A. DE JUSSIEU, ET F.-S. BEUDANT

MINÉRALOGIE

Alphonse
PAR M. F.-S. BEUDANT

Membre de l'Institut, Inspecteur général de l'Instruction publique

Ouvrage adopté

PAR LE CONSEIL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES LYCÉES ET COLLÈGES

et approuve

Par Monseigneur l'Archevêque de Paris

POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELIGIEUX

CINQUIÈME ÉDITION

PARIS

LANGLOIS ET LECLERCQ
Rue de la Harpe, 81



VICTOR MASSON
Place de l'École de Médecine, 1

1851

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
340485
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
1914

000000
000000
000000
000000
000000

TABLE ANALYTIQUE

DE LA MINÉRALOGIE

PAR ORDRE DE LEÇONS.

PREMIÈRE LEÇON.

Différence entre les corps organisés et les corps bruts. Définition des minéraux. Objet de la minéralogie et de la géologie. Distinction des formes régulières et des formes accidentelles. Pag. 1 à 8.

Etude des cristaux. — Mesure des angles, goniomètres. Faits généraux de cristallographie. 8-12.

Passages de certains cristaux les uns aux autres, par modifications de leurs diverses parties : 1^o modifications sur toutes les parties du même nom ; 2^o modifications sur quelques-unes de ces parties ; 3^o transformations particulières des solides obliques. 12-21.

Division de tous les cristaux en six groupes, ou systèmes de cristallisation. Caractères physiques et géométriques de chacun d'eux. Réduction de tous les cristaux à six formes. 21-33.

Loi de symétrie et ses exceptions apparentes. Dimorphisme et isomorphisme. 33-38.

Causes des variations des formes cristallines et des changements de système. 38-40.

Groupement régulier des cristaux. Transposition et hémitropie. 40-44.

Déformation et oblitération des cristaux. 45-47.

Configurations accidentelles. — Trémies, dendrites, stalactites, pisolites, rognons, incrustations, pétrifications, moulage, retrait. 47-55.

Structure des corps bruts. — Structure régulière. Clivage. Accroissement. Structure irrégulière ou accidentelle. Cassure. 55-63.

DEUXIÈME LEÇON.

Propriétés optiques des minéraux. — Réfraction simple et double. Moyens d'observation et de détermination. Moyens de constater s'il y a un axe ou deux axes ; si l'axe est attractif ou répulsif ; quel est l'écart des axes, et le diamètre des anneaux. 63-72.

Angles de polarisation, polychroïsme, éclat, astéries, cercles parhéliques, couronnes. 73-77.

Couleurs propres et accidentelles, couleurs superficielles, iris, phosphorescence. 77-80.

VIII TABLE ANALYTIQUE. — OBSERVATIONS.

Propriétés physiques diverses. — Elasticité, dureté, poids spécifique. Electricité et magnétisme. Action sur le toucher. Odeur et saveur. Déliquescence et efflorescence. 80-89.

TROISIÈME LEÇON.

Composition chimique des minéraux. — Corps simples naturels Corps électro-positifs et électro-négatifs. Essais chimiques des corps, moyens à employer, petits instruments, manière d'opérer. 89-94.

Recherche des principes électro-négatifs. 94-97.

Recherche des bases. 97-101.

Analyse des minéraux, nécessité, moyens d'opérer, exemples. 101-104.

Comparaison et énonciation des analyses. Lois de combinaison. Énonciation atomique. Transformation des analyses en formules. Signes employés. Lois des corps oxygénés. Signes minéralogiques et signes chimiques. Passage d'un signe à l'autre, 104-112.

Discussion des analyses, nécessité, bases, exemples. 112-113.

QUATRIÈME ET CINQUIÈME LEÇON.

Classification des minéraux. — Définition, méthode naturelle et artificielle; comparaison des corps bruts. Individu minéralogique, espèces, genres, tribus, familles. Difficulté de l'état actuel. Variétés de l'espèce, méfis. 117-123.

Tableau des espèces minérales. 124-143.

Caractère des groupes principaux et des principales espèces. 144 et suivantes.

OBSERVATIONS SUR LA MANIÈRE DE FAIRE LE COURS.

Il n'est pas facile de présenter tant de matières en quatre ou cinq leçons, et le professeur le plus habile a besoin de se préparer sérieusement pour ne rien oublier d'essentiel, en se bornant cependant aux généralités strictement nécessaires. Voici, à cet égard, quelques moyens que l'expérience nous a fournis pour arriver au meilleur résultat possible dans le peu de temps dont on peut disposer.

1° Pour la partie cristallographique, le professeur doit se procurer des tableaux où les cristaux soient dessinés en grand, afin que les élèves puissent les voir facilement de leurs places, et coloriés suivant les modifications principales dont ils sont susceptibles. Quelques mots d'explication sur ces figures suffiront alors pour que les yeux saisissent les transformations des formes les unes dans les autres, pour que les jeunes gens puissent comprendre les propriétés physiques des systèmes cristallins, les diverses sortes de groupements, etc., dont le détail devient si long dans un livre.

Ces tableaux doivent rester sous les yeux des élèves en même temps qu'une collection choisie, bien étiquetée, des cristaux des différents systèmes, et une suite bien faite des formes accidentelles, des structures, que le professeur peut se contenter alors de citer brièvement¹.

¹ Nous indiquerons avec plaisir aux professeurs où et comment ils pourront se procurer ces collections et tous les objets du cours.

1° Pour les propriétés optiques, le professeur doit exposer rapidement les faits de réfraction, de dichroïsme, d'astérisme; puis attendre un moment de récréation, ou la leçon de physique qui a rapport aux phénomènes, pour les montrer au moyen des appareils de projection, qui permettent à tous les élèves à la fois de voir les résultats de l'expérience, même avec la lumière d'une lampe Carcel. On peut aussi faire voir ces phénomènes au moyen de séries de lames polies montées devant un plan de polarisation avec une tourmaline mobile placée en avant et qu'on laisse faire glisser de l'une à l'autre. De l'une ou de l'autre manière, chacun peut voir, sans perdre de temps, les différents faits énumérés et en conserver une idée très-nette.

Diverses collections bien étiquetées doivent être mises sous les yeux des élèves, et même en partie entre leurs mains, à un moment donné pour les couleurs, pour les duretés diverses, pour certains poids spécifiques, pour le pouvoir réfringent, etc. Il n'y a pas d'explication qui puisse remplacer ici la vue et le toucher.

Par ces moyens la leçon peut devenir très-courte, et il peut rester beaucoup de temps pour l'interrogation sur la leçon précédente.

2° Relativement à la composition chimique, les essais, sur une échelle plus grande qu'à l'ordinaire, doivent être préparés d'avance, rangés et étiquetés de manière que, les opérations ayant été faites devant les élèves, les résultats permanents puissent être présentés dans l'intervalle des deux leçons consécutives. Les résultats passagers doivent seuls être vus ou sentis immédiatement, et les expériences qui les produisent doivent avoir été disposées pour cela.

Les opérations se font ainsi très-prompement, et il reste beaucoup de temps pour l'exposition de la théorie atomique, les formules de composition, la discussion des analyses, dont il faut plutôt donner l'esprit que le calcul; enfin, les interrogations peuvent être encore suffisamment étendues.

4° et 5° Les leçons sur les espèces minérales doivent se borner aux moyens de classification des corps bruts et à l'explication du tableau, qu'il faut avoir tracé en grand. On doit y montrer la liaison des groupes les plus importants, dont on rappelle alors les propriétés, et celle des principales espèces, que l'on compare entre elles sous le rapport des caractères généraux, des gisements et des usages.

Tout le reste ne peut être une affaire de classe; et à cet égard il faut qu'une collection, peu nombreuse, mais convenablement choisie, rangée sous des vitres et bien étiquetée, soit mise sous les yeux des élèves tant qu'il est nécessaire.

Généralement, on doit veiller à ce que, dans l'intervalle des leçons, les élèves lisent ce qui a rapport à la dernière et qu'ils voient les échantillons qui établissent les faits qu'on leur a exposés.

QUESTIONS PRINCIPALES A FAIRE AUX ÉLÈVES.

Il ne sera pas inutile de donner ici une idée des principales questions qu'il est nécessaire de faire aux élèves. D'un côté, elles montreront au professeur les bornes dans lesquelles il doit en général se tenir, et les points sur lesquels il doit particulièrement appuyer; de l'autre, elles feront voir aux élèves sur quoi ils doivent

X**QUESTIONS PRINCIPALES.**

principalement porter leur attention pour conserver dans leur mémoire les généralités que tout homme bien élevé doit aujourd'hui connaître. Nous pensons qu'il faut insister spécialement sur les questions suivantes.

A. Sur la première leçon. — 1° Les minéraux ont-ils des formes? ces formes sont-elles essentielles? sont-elles purement accidentelles? Qu'entend-on par cristaux? comment se forment-ils? § 3 à 12.

2° Le même minéral offre-t-il toujours la même forme cristalline (en faisant abstraction du dimorphisme)?

Y a-t-il quelques rapports entre les différentes formes cristallines qu'il peut affecter? § 13 à 27.

3° A combien de groupes peut-on rapporter toutes les formes cristallines? Qu'entendez-vous par système cristallin, par forme primitive? § 28 à 43, 75.

Comment distingue-t-on ces groupes les uns des autres?

4° Qu'entendez-vous par loi de symétrie? Quelles sont les exceptions apparentes? que faut-il en conclure? § 44, 45.

5° Qu'est-ce que c'est que le dimorphisme et l'isomorphisme? § 46.

6° A quoi tiennent les variations des formes cristallines d'un même corps?

A quoi tient le dimorphisme? § 47 à 49.

7° Donnez quelques idées sur les groupements des cristaux, l'hémitropie et la transposition, les oblitérations? § 50 à 61.

8° Donnez quelques idées des formes accidentelles? § 62 à 74.

9° Donnez quelques idées sur les structures propres et les structures accidentelles des minéraux? § 72 à 85.

B. Sur la seconde leçon. — 1° Quel parti peut-on tirer minéralogiquement de la réfraction simple? § 87 à 89.

2° En quoi consiste la double réfraction?

Quels sont en général les corps qui ont la double réfraction et ceux qui ne l'ont pas? § 90, 91.

3° Qu'appelle-t-on lignes neutres ou axes de double réfraction?

Quelles sont, en général, les substances à un axe et celles à deux axes? § 92 à 96.

4° Quel parti peut-on tirer des phénomènes? et quels sont les moyens d'observation? § 90 à 94.

5° Peut-on déterminer l'écartement des axes dans les substances qui en ont deux? et le diamètre des anneaux? § 95, 96.

Qu'appelle-t-on cristaux attractifs et cristaux répulsifs? § 97.

6° Qu'est-ce que c'est que l'angle de polarisation? quel parti peut-on en tirer? § 98.

7° Qu'est-ce que c'est que le polychroïsme? § 99.

Qu'entend-on par éclat? quel parti peut-on en tirer? § 100.

8° Donnez une idée de l'astérisme et de ses rapports avec la structure des cristaux. Des cercles parhéliques et des couronnes? § 101 à 108.

QUESTIONS PRINCIPALES.

XI

9° Les couleurs peuvent-elles fournir quelques caractères pour la distinction des corps? § 104 à 107.

10° Donnez une idée de la phosphorescence? § 108 à 110.

11° Quelle importance peut avoir le poids spécifique? § 111.

12° Quel parti peut-on tirer de l'élasticité, de la dureté, de l'électricité, du magnétisme, de l'action sur le toucher et de la faculté conductrice, de l'odeur, de la saveur, de la déliquescence et de l'efflorescence? § 112 à 128.

C. Sur la troisième leçon. — 1° Comment essaye-t-on les minéraux pour avoir une idée de leur composition? moyens de chauffer, fondre, distiller, filtrer? § 129 à 133.

2° Comment reconnaît-on un hydrate? l'antimoine ou un antimonure, un séléniure, un arsénure, un sulfure? § 134.

3° Comment reconnaît-on un arséniate, un sulfate?

4° Comment reconnaît-on un carbonate?

5° Comment reconnaît-on un chlorure ou un fluorure?

6° Comment reconnaît-on un phosphate, un chromate, un silicate?

7° Comment reconnaît-on la présence du manganèse, du chrome, du cobalt, de l'antimoine, de l'étain? § 139.

8° Comment reconnaît-on la présence de l'argent, du mercure, du cuivre, du zinc, du fer, du plomb, de la baryte, de l'alumine, de la chaux?

9° Quelle différence y a-t-il entre les essais chimiques et l'analyse? § 138, 139.

10° Suffit-il toujours d'avoir en poids les quantités relatives des composants pour se faire une idée nette d'un corps et le distinguer d'un autre? § 141.

11° Comment s'y est-on pris pour avoir quelque chose de plus satisfaisant? § 146 et 147.

D. Sur les quatrième et cinquième leçons. — 1° Donnez quelques idées sur la classification naturelle des minéraux? § 151 à 159.

Individu et espèce minéralogique.

Genres, familles, tribus.

Indiquez les difficultés actuelles.

Citez des exemples de relation entre différentes espèces ou différents groupes, p. 124 et suivantes.

2° Quelles sont les espèces importantes du groupe des sidérides, des manganoïdes et leurs analogues? § 170 à 183.

3° Quelles sont les espèces importantes du groupe des arsénides? § 196 à 202.

4° Quelles sont les espèces importantes du groupe des sulfurides? § 205 à 236.

5° Quelles sont les espèces importantes du groupe des chlorides? § 239 à 244.

6° Quelles sont les matières importantes des groupes carbone et carbure? § 262 à 282.

7° Quelles sont les espèces importantes du genre carbonate? § 285 à 300.

XII**QUESTIONS PRINCIPALES.**

- 8° Quelles sont les diverses manières d'être de la silice? § 302 à 309.
- 9° Citez quelques matières importantes dans les silicates magnésiens? § 310.
- 10° Donnez une idée des groupes pyroxène et amphibole. § 319 et 320.
- 11° Donnez une idée des silicates simples, hydratés et hydratifiés. § 330 et 331.
- 12° Donnez une idée du groupe grenat. § 335 et 336.
- 13° Donnez une idée du groupe feldspathique. § 339.
- 14° Donnez une idée des silicates zéolites. § 347.
- 15° Parlez un peu des micas. § 356.
- 16° Indiquez les principales roches composées.

COURS ÉLÉMENTAIRE DE MINÉRALOGIE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

§ 1. **Corps vivants et corps bruts.** — On nomme *corps* tout ce qui a une existence matérielle, et qui peut en conséquence tomber sous les sens. On connaît des corps qui sont ou qui ont été doués de la vie, et d'autres qui n'en ont jamais joui. Les premiers sont nommés *corps vivants*, ou *corps organisés*, parce qu'ils se composent de divers appareils, ou organes, nécessaires à leur existence. Les seconds sont désignés sous le nom de *corps bruts*.

Les corps bruts sont de deux sortes : les uns sont *naturels*, c'est-à-dire qu'ils nous sont offerts immédiatement par la nature ; les autres sont *artificiels*, c'est-à-dire qu'ils résultent des actions mutuelles des divers éléments que nous mettons nous-mêmes en jeu pour satisfaire à nos besoins comme à notre curiosité.

§ 2. **Éléments.** — On nomme *éléments* les corps bruts naturels que nous ne pouvons parvenir à décomposer par les moyens que nous connaissons. Ils sont *pondérables* ou *impondérables*. Parmi les premiers, les plus connus sont les suivants :

Corps gazeux.

- | | | |
|------------|---------------|-------------|
| 1. Azote. | 3. Fluor. | 5. Oxygène. |
| 2. Chlore. | 4. Hydrogène. | |

Corps liquides.

- | | |
|-----------|--------------------------------|
| 6. Brome. | 7. Mercure (éclat métallique). |
|-----------|--------------------------------|

Corps solides non métalliques :

- | | | |
|-------------|----------------|---------------|
| 8. Bore. | 11. Phosphore. | 13. Silicium. |
| 9. Carbone. | 12. Sélénium. | 14. Soufre. |
| 10. Iode. | | |

Corps solides métalliques.

15. Aluminium.	29. Glucinium.	42. Rhodium.
16. Antimoine.	30. Iridium.	43. Sodium.
17. Argent.	31. Lithium.	44. Strontium.
18. Arsenic.	32. Magnésium.	45. Tantale.
19. Barium.	33. Manganèse.	46. Tellure.
20. Bismuth.	34. Molybdène.	47. Thorinium.
21. Cadmium.	35. Nickel.	48. Titane.
22. Calcium.	36. Or.	49. Tungstène.
23. Cérium.	37. Osmium.	50. Uranium.
24. Chrome.	38. Palladium.	51. Vanadium.
25. Cobalt.	39. Platine.	52. Yttrium.
26. Cuivre.	40. Plomb.	53. Zinc.
27. Étain.	41. Potassium.	54. Zirconium ¹ .
28. Fer.		

Les éléments impondérables sont des fluides incoercibles, à l'opposé desquels on est forcément conduit par les phénomènes de la chaleur, de l'électricité et de la lumière, dont les mouvements exigent nécessairement la présence d'un corps, soit pour la production, soit pour la transmission.

§ 3. *Caractère des corps bruts. Origine.* — Les corps bruts se trouvent souvent dans la nature sans qu'on en connaisse l'origine ou bien ils se forment immédiatement chaque fois que quelques particules élémentaires, se trouvant en présence, peuvent librement agir l'une sur l'autre et céder à leur affinité mutuelle. Il se fait tantôt une espèce, tantôt une autre, suivant les cas fortuits de rencontre de divers éléments, et même à notre volonté, puis nous pouvons en composer beaucoup d'artificiels.

Forme non essentielle. — Une fois constitués, plusieurs de ces corps peuvent se trouver indifféremment à l'état solide, à l'état liquide, à l'état de fluide aériforme, suivant les circonstances dans lesquelles ils sont placés : c'est ainsi que l'eau, par exemple, est solide au-dessous de zéro, liquide au-dessus, et gazeuse à 400 degrés ; c'est ainsi que le sucre, le sel commun, naturellement solides, peuvent être tenus à l'état liquide par la présence de l'eau, les résines par l'alcool, etc. De là, il résulte que la forme n'est pas tou-

¹ Les métaux suivants, encore peu connus, terminent la liste générale : Didyme, Erbium, Lanthane, Niobium, Pelopium, Ruthenium, Terbium ; ils sont mélangés avec le cérium, l'yttrium, le tantale, le titane, le tungstène, et

essentielle dans le corps brut, et que c'est par une nouvelle opération, indépendante à la fois de la formation et de l'existence, qu'elle vient à se manifester.

Accroissement indéfini et extérieur. — Le corps brut solide peut conserver le volume et la forme sous lesquels il s'est manifesté lors de sa formation ou de sa consolidation ; mais il peut aussi s'accroître, et cela se fait toujours à l'extérieur, par une nouvelle agrégation de particules qui se groupent autour des premières et peuvent ainsi en augmenter indéfiniment la masse. Cet accroissement peut se faire d'une manière continue, mais il peut aussi être interrompu et repris successivement à des époques indéfinies, qui dépendent uniquement des circonstances extérieures.

Variation de formes. — Dans ces changements accidentels de volume, la forme du corps solide peut se conserver constamment la même, ou bien varier de toutes les manières, sans ordre comme sans époque déterminée. Elle peut être purement accidentelle, comme aussi elle peut tenir à une certaine propriété que possèdent les matières brutes de s'agréger sous diverses formes régulières et toutes géométriques, qui elles-mêmes peuvent varier à l'infini dans la même substance. Le même corps peut avoir d'abord une forme déterminée, puis en prendre successivement plusieurs autres, suivant les circonstances.

Pour s'en convaincre, qu'on place, par exemple, un fragment irrégulier d'alun, suspendu par un fil, dans une solution convenablement concentrée du même sel, on le verra s'accroître et prendre une forme régulière qui est généralement octaèdre. Qu'on le suspende alors dans une autre solution du même sel, dans laquelle on aura préalablement délayé de la craie, jusqu'à ce que l'effervescence ait très-sensiblement diminué, on le verra s'accroître encore et passer à la forme cubique. Si on le remet dans la première, il repassera à l'octaèdre en s'accroissant encore, etc. Enfin, qu'on le suspende au-dessous du vase, au bord d'une ouverture presque capillaire, par laquelle le liquide puisse suinter lentement, il s'accroîtra encore par de nouvelles couches ; mais alors il s'arrondira, s'allongera, et finira par prendre une forme conique irrégulière, par offrir ce qu'on nomme une *stalactite*.

Si l'on couvre le corps d'une légère couche de carmin avant chaque immersion dans la solution, on distinguera facilement ensuite dans la masse les formes diverses qui ont eu lieu, et les accroissements successifs. Or, il se présente souvent des circonstances semblables dans les corps naturels, et par là on reconnaît qu'ils ont éprouvé de même divers changements.

Existence indéfinie. Destruction. — Les corps bruts une fois constitués peuvent exister indéfiniment : on connaît, en effet, dans les monuments, des matières qui ont plusieurs milliers d'années, et dont rien n'annonce la destruction prochaine. Ce n'est jamais que par l'action d'une cause extérieure qu'ils peuvent cesser d'être ; mais il faut distinguer une destruction apparente et une destruction réelle. La *destruction apparente* est souvent une désagrégation pure et simple des particules qui avaient été réunies sous une forme ou sous une autre ; la manière d'être est alors changée, le corps est devenu pulvérulent, il a été dissous, il a été mis en fusion, mais il n'a pas cessé d'exister¹. La *destruction réelle* est le résultat d'une séparation, totale ou partielle, des éléments dont le corps est formé : c'est ce qui arrive, par exemple, dans la calcination de la pierre à chaux, qui perd alors l'acide carbonique ; dans l'efflorescence d'une multitude de sels, qui perdent tout ou partie de leur eau de composition ; dans l'azotate d'ammoniaque, matière solide qui se convertit en eau et en protoxyde d'azote par la chaleur. Les corps naturels nous offrent une multitude de destructions de ces diverses sortes.

§ 4. *Caractères des corps vivants. Naissance.* — Les êtres vivants diffèrent essentiellement des corps bruts par tous leurs caractères. Ils naissent toujours d'individus déjà existants et semblables à eux, et les espèces se perpétuent ainsi par génération, sans subir de modifications importantes ; aucune circonstance ne donne lieu à ce qu'il s'en forme de nouvelles, et nous ne pouvons en produire artificiellement.

Forme essentielle et définie. — Dès que le corps vivant existe, il a nécessairement une forme propre et déterminée, parce que la vie exige les fonctions et les actions mutuelles de diverses parties qui ont des formes arrêtées, et dont les positions relatives sont rigoureusement ordonnées.

Accroissement limité et intérieur. — Les corps vivants s'accroissent toujours après leur naissance et toujours de la même manière, le plus souvent jusqu'à un certain terme, qui n'est jamais dépassé. Cet accroissement se fait intérieurement, par suite de la nutrition, ou faculté que possède le corps vivant d'attirer dans sa composition et de s'approprier, par diverses modifications, une partie des substances environnantes, en même temps qu'il expulse une portion de celles dont il est déjà en possession.

¹ Il y a aussi une destruction apparente qui résulte de ce que le corps entre comme partie constituante dans une combinaison nouvelle ; c'est ainsi que le fer se convertit en rouille en se combinant avec l'oxygène et l'eau de l'atmosphère.

Constance de la forme. — La forme se conserve alors constamment ; ou bien, si elle subit quelquefois certains changements, c'est toujours dans un ordre rigoureusement déterminé, et à des époques fixes, qui ne sont sujettes à aucune variation.

Existence limitée. Mort. — Ce mouvement de composition et de décomposition qui constitue la vie, n'a jamais lieu que pendant un temps limité ; il s'arrête sans retour en un certain moment, et le corps vivant n'est plus. La mort est la suite inévitable de la vie, et il ne reste alors qu'un amas de particules qui, à l'instant même, commencent à agir tout autrement les unes sur les autres et sur les corps environnants ; de là résulte une destruction plus ou moins complète de ce qui existait, et la production de quelques matières nouvelles de la classe des corps bruts.

§ 5. *Corps bruts d'origine organique, et minéraux.* — Les corps bruts composés sont de diverses sortes ; il en est qui paraissent ne pouvoir se former que quand l'affinité des principes élémentaires est mise en jeu sous l'action lente et prolongée des fonctions vitales, au moyen desquelles un petit nombre d'éléments peuvent se combiner en des proportions très-variées, pour former une multitude de corps. Tels sont les sucres, les gommés, les résines, certains acides, etc., en un mot, toutes les matières inertes formées dans les corps vivants, et qu'on peut en retirer de diverses manières. D'autres corps, au contraire, se forment constamment, ou se sont formés, sans aucune participation des forces vitales ; telles sont les combinaisons salines, pierreuses, métalliques, etc., que nous trouvons dans le sein de la terre, ou dont nous pouvons produire un grand nombre à volonté.

Ce sont ces dernières matières qu'on a plus particulièrement nommées *minéraux*, et ce sont elles qui sont l'objet de la *minéralogie*. Toutefois on a pris l'habitude d'y joindre l'étude de diverses substances, d'origine organique, enfouies jadis dans le sein de la terre, où elles ont pu subir diverses modifications. On y ajoute même les corps liquides et gazeux qui se trouvent à la surface du globe ; car si le nom de minéraux paraît peu leur convenir, ce ne sont pas moins des corps bruts qu'on ne peut pas toujours ranger parmi ceux qui se forment à l'aide des fonctions vitales.

Quant aux matières inertes que produisent les corps organisés, leur étude comme corps naturels appartient à la physiologie, qui s'occupe des phénomènes que la vie détermine dans les êtres qui en sont dotés. D'ailleurs ces sortes de corps bruts, aussi bien que les corps artificiels, que nous laissons à la technologie, présentent les mêmes propriétés générales que tous les autres, et nous n'avons nul-

lement besoin de les étudier d'une manière spéciale pour apprendre à connaître ce qu'ils offrent d'important sous le rapport que nous avons en vue.

§ 6. *Manière d'étudier.* — Il n'y a qu'une seule manière d'étudier les corps : c'est de les examiner individuellement, et de tenir note de toutes les propriétés qu'ils peuvent présenter. C'est la méthode analytique, la seule que le naturaliste puisse employer pour arriver aux connaissances qu'il doit posséder. Mais, lorsque les recherches spéciales se sont suffisamment étendues, il en résulte un ensemble de faits généraux que l'on peut présenter synthétiquement, et qui deviennent l'expression de ce qu'il y a de plus important à connaître. C'est alors qu'on peut comparer rigoureusement tous les corps, établir leurs analogies ou leurs différences, et parvenir à les classer de manière qu'un petit nombre d'entre eux puissent donner une idée suffisante de tous les autres. Nous sommes arrivés à ce point pour les corps bruts aussi bien que pour les corps vivants, et nous pouvons en traiter d'une manière générale, qui devient indispensable à toute bonne éducation.

Les faits d'organisation et les fonctions de chaque organe, comparés dans tous les êtres, constituent ce qu'il y a de plus général et de plus important dans l'étude des corps vivants, et les propriétés physiques et chimiques offrent alors peu de valeur. C'est le contraire pour les corps bruts : il n'y a ni organisation ni fonction, mais les caractères physiques ou chimiques prennent une grande importance, par l'étonnante variété de faits qu'ils présentent. D'un côté, les formes, les structures, l'élasticité, les propriétés optiques, la composition, nous offrent une multitude de faits à recueillir; de l'autre, les relations de ces diverses propriétés, et des circonstances qui les font naître ou les modifient, n'ont pas moins d'importance que les phénomènes physiologiques des corps vivants : ce sont là autant d'objets à traiter dans la minéralogie proprement dite.

Mais, si dans l'étude des corps vivants, les habitudes, les relations avec le sol, la distribution géographique, sont autant de connaissances du plus haut intérêt; de même, les associations naturelles des minéraux, leur manière d'être dans le sein de la terre, l'étendue et les limites des dépôts qu'ils peuvent former, les relations de ces dépôts entre eux, les phénomènes dont ils sont ou ont été le théâtre, etc., sont autant d'objets dignes de notre attention, et souvent d'une haute utilité dans nos usages. Les faits qu'on connaît sous ces différents rapports constituent une science particulière, la *géologie*, dont nous ferons un livre à part.

PRIÉTÉS PHYSIQUES DES MINÉRAUX.

es propriétés physiques des minéraux comprennent les structures, l'action sur la lumière, le poids spécifique élastique opposé à la ductilité, comme la flexibilité à la dureté, la ténacité, la faculté conductrice pour la chaleur, les propriétés électriques et magnétiques, l'onctuosité et l'odeur, la saveur, la faculté d'absorber ou d'émettre l'humidité, l'offre le happement à la langue, la déliquescence et l'efflorescence.

FORMES DES MINÉRAUX.

es formes sous lesquelles les corps bruts se présentent à nous sont de deux sortes : les unes nous offrent des polyèdres terminés par des facettes planes, unies, quelquefois lisses, comme si on les eût fait tailler par un lapidaire; les autres nous offrent des configurations de toute espèce, fréquemment quelquefois irrégulièrement angulaires, ou se rapportant à des formes organiques, etc.

Les formes polyédriques, qu'on nomme *cristaux*, paraissent tenir à des propriétés inhérentes à la plupart des corps bruts, et auxquelles leurs molécules tendent à se réunir sous formes cristallines, lorsqu'elles peuvent céder librement à l'attraction de leur centre au moment où elles s'agglomèrent en masses solides. Ces formes se produisent sous nos yeux dans beaucoup de circonstances et de diverses manières : par solution, par fusion et par sublimation. Elles paraissent avoir également lieu dans la nature.

Dans les ateliers, on se procure un grand nombre de sels en faisant dissoudre le corps dans l'eau, concentrant ensuite la solution et l'abandonnant à elle-même : c'est ce qu'on appelle cristalliser. On peut aussi éprouver, par exemple, en faisant dissoudre dans l'eau un sel quelconque autant d'alun que le liquide en peut prendre, et tirant le liquide à clair dans un vase où l'on a suspendu quelques fils : il se forme sur ces fils un dépôt cristallin, d'autant plus gros que la solution est plus volumineuse.

Les formes fondues qu'on laisse refroidir lentement se cristal-

lisent aussi dans l'intérieur de la masse ; ce qu'on distingue surtout en brisant la croûte consolidée à la surface, et renversant ce qui reste encore de matière liquide. On peut en faire l'expérience avec le bismuth, l'antimoine, le soufre, etc., qui sont de facile fusion ; les cristaux qu'on obtient sont d'autant plus nets que le volume de la masse fondue est plus considérable.

Plusieurs matières, comme l'arsenic, l'acide arsénieux, le cinabre, etc., chauffées en vase clos, sont susceptibles de se volatiliser, et se déposent alors en cristaux à la partie supérieure de l'appareil.

Les configurations irrégulières se manifestent dans une multitude de circonstances où le jeu des attractions naturelles se trouve plus ou moins dérangé, et même entièrement interrompu, par des causes extérieures ; les formes qui se produisent alors sont purement accidentelles, et par suite beaucoup moins importantes à considérer que les précédentes : nous leur consacrerons cependant aussi quelques détails.

ÉTUDE DES CRISTAUX.

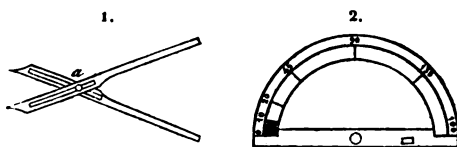
§ 9. **Comment il faut étudier.** — Il ne suffit pas de savoir en général que les corps bruts peuvent cristalliser ; il faut encore connaître la nature des polyèdres qu'ils présentent, établir les relations qui peuvent exister entre les uns et les oppositions qui peuvent offrir les autres.

La première chose à faire est de s'assurer que ces polyèdres ont des caractères géométriques, c'est-à-dire que leurs plans ne sont pas disposés au hasard comme ceux que pourraient produire des fractures en différents sens, ou le retrait des matières qui se dessèchent, etc. ; il faut chercher ensuite, par une étude suffisante des détails, à établir ces caractères avec assez de précision pour qu'ils puissent servir à distinguer nettement les diverses sortes de cristaux, et à découvrir des analogies ou des différences là où l'œil abandonné à lui-même pourrait fréquemment se tromper.

§ 10. **Mesure des angles.** — Pour reconnaître la nature géométrique des cristaux, il suffit de soumettre les inclinaisons de leurs faces à des mesures rigoureuses, en se procurant des instruments convenables, qu'on nomme *goniomètres*.

Le plus simple de ces instruments consiste en deux lames, fig. 4, réunies et mobiles en *a*, qui peuvent s'ouvrir plus ou moins, et s'allonger ou se raccourcir en glissant dans des rainures. On applique ces lames le mieux possible sur les deux faces dont on veut

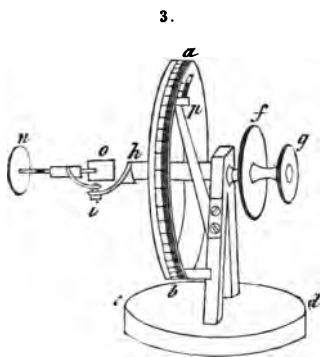
mesurer l'angle dièdre ; puis on les place sur un rapporteur, fig. 2, dans des points de repère qui y sont marqués, pour en lire la valeur sur le limbe.



Cette manière de mesurer les angles est très-défectueuse, et ne peut servir que pour des à peu près dont on peut dans certains cas se contenter. Pour avoir plus d'exactitude, on a imaginé de choisir les cristaux dont les faces sont brillantes, et de s'en servir pour faire réfléchir les images de certaines lignes de mire placées à distance ; on peut alors amener ces images à coïncider avec des lignes fixes, et cela permet d'établir plus nettement des points de départ sur une face, des points d'arrivée sur une autre, en faisant tourner le cristal. L'appareil étant disposé sur un cercle, on obtient l'angle décrit par le mouvement du cristal, et conséquemment l'inclinaison de ses faces.

Il y a pour ces mesures deux instruments principaux, le goniomètre de Wollaston, et celui de M. Babinet, qui peut servir aussi à d'autres observations.

Goniomètre de Wollaston. Cet instrument, fig. 3, se compose d'un cercle



vertical gradué, *ab*, placé sur un support *cd*, et pouvant tourner autour d'un axe horizontal au moyen du bouton *f*. Cet axe est traversé intérieurement par un autre qu'on peut faire mouvoir seul par le bouton *g*, et qui porte à son extrémité diverses pièces mobiles. Celles-ci se composent d'une tringle courbe qui se meut de haut en bas en *h*, et dont la partie antérieure, mobile en *i*, peut aller et venir de droite à gauche. Une petite plaque *o*, dans l'axe de l'appareil, sert à placer le cristal, et peut être mise en mouvement au moyen du bouton *n*.

Pour se servir de cet instrument, on fixe d'abord le cristal sur le support *o* avec de la cire molle, de manière que l'arête des deux faces qu'on veut mesurer soit à peu près perpendiculaire au plan du cercle

et dans l'axe de rotation ; on place alors l'instrument sur une table, devant le jour, pour procéder à l'opération.

Placer l'arête du cristal horizontalement. — L'arête du cristal doit être rigou-

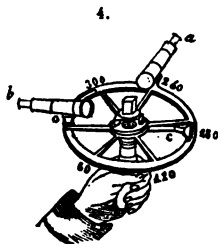
reusement horizontale. Pour la placer ainsi, on part de ce principe, qu'un miroir horizontal réfléchit horizontalement l'image des objets horizontaux. On cherche donc au loin deux lignes horizontales, comme une ligne de toit, une ligne de balcon, et l'on met le plan du cercle à peu près perpendiculaire au plan du bâtiment qui les présente. On approche alors l'œil très-près du cristal, et, en faisant tourner l'axe intérieur au moyen de la virole *g*, on amène une des faces dans une position telle qu'elle puisse réfléchir, par exemple, la plus haute des lignes de mire qu'on a choisies; puis on continue à tourner lentement jusqu'à ce que l'image qu'on aperçoit se rapproche de la ligne de mire la plus basse, vue directement, et l'on examine alors ce qui se passe. Si les deux lignes coïncident dans toute l'étendue qu'on aperçoit, la face du cristal est horizontale; si elles ne coïncident pas, on fait varier doucement, soit la position du cercle, soit celle du cristal, au moyen des pièces mobiles en *h* et en *i*, jusqu'à ce qu'on parvienne à produire la coïncidence.

On fait alors la même opération sur la seconde face, qu'on amène en position convenable en la faisant tourner par la virole *n*. Lorsqu'on est parvenu à placer celle-ci de manière à faire coïncider l'image réfléchie avec l'image directe, on revient à la première, pour voir s'il n'y a pas eu de dérangement. Après divers tâtonnements, on parvient à avoir coïncidence des lignes de mire sur l'une et sur l'autre face, qui sont dès lors toutes deux horizontales, et dont l'intersection est par conséquent elle-même horizontale.

Mesure de l'angle. — Après ces dispositions, on met le cercle gradué à 0° ou à 180°, car il est divisé en deux parties, ce qui se fait en tournant la virole *f*: un point d'arrêt indique naturellement quand on y est parvenu. On commence alors par tourner le cristal au moyen de la virole *g*, pour amener une face à réfléchir la ligne de mire supérieure, et à la faire coïncider exactement avec la ligne inférieure. Cela fait, au moyen de la virole *f*, on tourne le cercle lui-même, qui entraîne alors le cristal dans sa rotation, jusqu'à ce que la réflexion et la coïncidence des lignes de mire aient aussi lieu exactement sur la seconde face. Il ne s'agit plus alors que de lire les degrés sur le limbe, et les fractions de degrés sur le vernier *p*.

Cet instrument n'est destiné qu'à mesurer de très-petits cristaux, parce que l'œil n'étant pas fixe, et la distance des objets de mire n'étant jamais très-grande, il faut que la dimension du cristal et sa distance à l'œil puissent être considérées comme très-petites. Mais c'est un avantage réel, parce que les petits cristaux sont toujours les plus nets et les plus réfléchissants.

Goniomètre de Babinet. Cet instrument, fig. 4, qu'on peut tenir à la main ou fixer sur un pied, consiste en un cercle garni de deux lunettes, *a* et *b*, et une alidade *c* qui tourne au centre; la lunette *a* est fixe, et la lunette *b* est mobile et garnie d'un vernier. Au centre se trouve un petit support susceptible de tourner sur lui-même, et sur lequel on fixe, avec de la cire molle, le cristal qu'on veut mesurer.



Les lunettes renferment chacune intérieurement deux fils croisés rectangulaires, qui sont placés au foyer de l'oculaire, et qui, la lunette étant tournée vers le jour, se trouvent ainsi éclairés par un faisceau de rayons parallèles. Ces fils remplacent dès lors, dans la lunette fixe, des points de mire placés à l'infini. Avant de se servir de l'instrument, il faut arranger

chacune des lunettes, au moyen des tirages, de manière à voir distinctement les objets éloignés, afin qu'en amenant la lunette *b* vis-à-vis de la lunette fixe *a*, on aperçoive les quatre fils.

une des mires parallèlement au cercle. — Maintenant, il convient de placer les fils de la lunette fixe parallèlement au plan du cercle; l'autre sera alors oculaire. Pour cela, on tourne d'abord l'oculaire de la lunette *b* de manière qu'ils soient parallèles à ceux de la lunette *a*; puis on déplace la lunette mobile à gauche, et de gauche à droite alternativement, pour voir ce qui arrive à ces mouvements. Si les fils parallèles se rapprochent ou s'écartent l'un de l'autre, le parallélisme au plan du cercle n'a pas lieu, et il faut tourner un peu les fils, puis recommencer le mouvement de droite à gauche et de gauche à droite. On arrive bientôt par ce tâtonnement à une position telle que les fils ne s'écartent plus de distance pendant le mouvement, et il est alors certain qu'ils sont parallèles au limbe. On place ensuite le cristal sur le support au moyen de cire molle.

le cristal verticalement. — L'arête du cristal doit être perpendiculaire au plan du cercle; et pour la placer ainsi, après avoir porté la lunette *b* à droite, par on tourne le support jusqu'à ce que l'une des faces du cristal réfléchisse la mire fournie par la lunette fixe, et en amène l'image dans la lunette mobile, en faisant aller et venir cette lunette, on n'aperçoit aucun dérangement de parallélisme que nous avons précédemment établi, la face est verticale; si le parallélisme est dérangé, on fait mouvoir le cristal sur la cire de manière à le ramener à son état primitif; si, au lieu d'opérer sur une face, on tourne le support pour opérer sur l'autre, celle-ci ne dérange pas le parallélisme, elle est aussi verticale, et l'arête du cristal l'est également. Si le parallélisme est dérangé, on fait mouvoir le cristal sur la cire, jusqu'à ce qu'il soit rétabli, puis on vérifie la première face.

l'angle. — On tourne d'abord un peu l'oculaire de la lunette mobile pour qu'elle devienne oblique sur ceux de la lunette fixe, et par exemple à 45°, ce qui est plus de facilité pour observer les coïncidences dont on va avoir besoin. On tourne la lunette mobile sur la partie opposée du cercle, on ouvre le support du cristal pour placer ce dernier de manière à réfléchir la mire dans la lunette mobile, et amener le point de croisement des deux mires sur le fil vertical de la lunette fixe. Cela fait, on fait mouvoir le cristal jusqu'à ce qu'on amène l'autre face du cristal à diriger de même les mires, et à effectuer la même coïncidence du point de croisement avec le limbe. Il n'y a plus alors qu'à lire l'angle cherché sur le limbe.

on. — La lumière extérieure qui tombe sur le cristal est souvent plus brillante que celle qui arrive par la lunette fixe, et il devient impossible d'apercevoir les fils de mire perdus dans cette lumière. Pour remédier à cet inconvénient, on place des écrans noirs autour du cristal, afin de le priver de toute lumière étrangère.

Les cristaux sont des polyèdres géométriques. —

On mesure les angles dièdres des cristaux, on peut se convaincre que ces corps sont réellement des polyèdres géométriques. Par exemple, les polyèdres à six faces, fig. 5, qu'on trouve très-fréquemment, on observe qu'une face latérale *A*, formant avec *B* un certain angle, fait toujours avec la face de retour, à gauche, un angle supplémentaire. De même la face supérieure *C*, faisant un certain angle avec *A*, fait l'angle supplémentaire avec la face postérieure. De là il résulte que les cristaux de cette espèce ont leurs faces parallèles deux à deux, et, par conséquent,

sont de véritables parallélépipèdes, suivant la définition géométrique de ce genre de solides.

En mesurant les inclinaisons des faces dans d'autres polyèdres, on trouve aussi entre les angles des rapports intimes qui montrent encore que ces faces sont toujours coordonnées d'une manière toute géométrique.

§ 12. **Faits fondamentaux de cristallographie.** — Les formes polyédriques des corps bruts sont extrêmement nombreuses, non-seulement parce que chaque corps peut en offrir de particulières, mais encore parce que, dans la même matière, il peut s'en trouver de très-variées. Ces formes se comptent aujourd'hui par milliers, ce qui peut faire d'abord considérer leur étude comme devant être aussi longue que difficile; mais il existe des faits généraux qui la ramènent à une grande simplicité. Ces faits établissent :

1° Qu'un grand nombre de formes, en apparence très-différentes, se lient entre elles de la manière la plus naturelle, et ne sont que des modifications plus ou moins profondes les unes des autres ;

2° Que toutes les formes connues constituent six groupes distincts, dont les caractères sont nettement tranchés ;

3° Que dans chacun de ces six groupes tous les polyèdres peuvent se déduire rigoureusement d'une forme unique, prise à volonté parmi celles qui s'y trouvent; d'où il résulte que toutes les études cristallographiques se réduisent à bien connaître les propriétés physiques et géométriques d'un très-petit nombre de formes qu'on peut prendre pour types de toutes les autres. Étudions ces grands principes de la science.

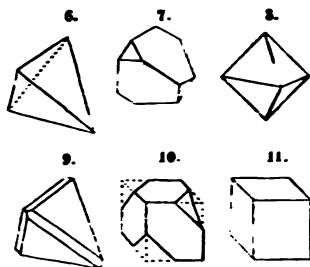
MODIFICATIONS DES CRISTAUX.

§ 13. **Comment se font ces modifications.** — Les cristaux, quels qu'ils soient, sont fréquemment modifiés par des plans sur leurs arêtes ou sur leurs angles solides. Il en résulte des faces qui sont quelquefois extrêmement petites, mais qui souvent aussi s'élargissent aux dépens des premières, qu'elles finissent par faire disparaître entièrement, en donnant naissance à de nouveaux solides. C'est par ce moyen que les formes en apparence les plus éloignées les unes des autres se lient entre elles de la manière la plus intime, comme le montre immédiatement à l'œil la série des figures que nous rassemblons ici, et pour chacune desquelles il suffira de quelques mots. Tantôt ces modifications se font à la fois sur toutes les arêtes ou sur tous les angles solides, en un mot sur toutes les parties de même dénomination; tantôt elles ne se font que sur quelques-

unes d'entre elles, et se diversifient ou se mélangent de différentes manières.

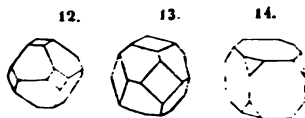
4° Modifications sur toutes les parties de même nom.

§ 44. Transformation du tétraèdre. — Un tétraèdre, régulier ou irrégulier, fig. 6, se trouve souvent modifié sur les quatre angles solides, fig. 7; mais dans divers échantillons on voit les faces nouvelles s'agrandir aux dépens des autres, et finir par réduire celles-ci à des triangles, fig. 8



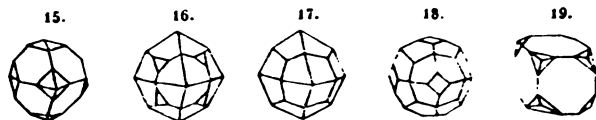
ce qui produit un octaèdre. Le même solide se modifie sur les six arêtes, fig. 9; les faces nouvelles s'agrandissent, fig. 10, et, quand elles font disparaître les premières, on arrive à un parallépipède, fig. 11.

§ 45. Transformation de l'octaèdre et du parallépipède. — L'octaèdre, fig. 8, se trouve souvent lui-même modifié de différentes manières: lorsqu'il présente une face à chacun de ses six angles, fig. 12, il arrive que, sur divers échantillons, ces faces s'étendent successivement, fig. 13, 14, et que bientôt le parallépipède fig. 11, est encore reproduit, ce qui montre en même temps comment il donne lui-même l'octaèdre.



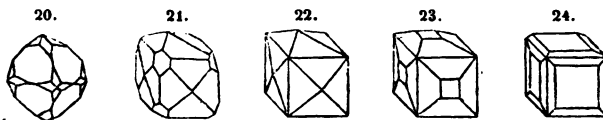
Quelquefois il y a quatre faces à chaque angle, fig. 15, qui, en s'étendant, fig. 16, conduisent enfin à un solide à 24 faces, fig. 17, qu'on nomme trapézoèdre.

On voit, fig. 18 et 19, comment ce nouveau solide se rattache au parallépipède fig. 14.

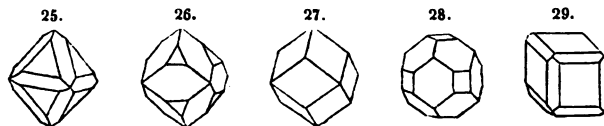


Quand les quatre faces nouvelles sont tournées vers les arêtes de

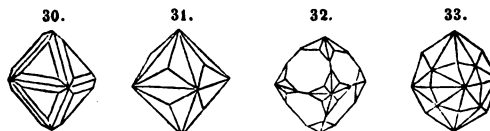
l'octaèdre, fig. 20, et s'étendent successivement, comme fig. 21, on parvient au solide, fig. 22. Les fig. 24 et 23 montrent le passage du parallélipède à ce solide.



Il se fait aussi des modifications sur les douze arêtes de l'octaèdre, fig. 25, qui en s'étendant, fig. 26, conduisent au dodécaèdre, fig. 27. On voit, fig. 29 et 28, comment le parallélipède produit le même solide.



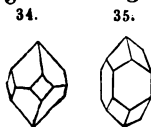
Quand les arêtes sont modifiées par deux faces, fig. 30, il se produit un autre solide à 24 faces, fig. 31. Si la modification se fait par 8 faces sur les angles, fig. 32, on obtient un polyèdre à 48 faces, fig. 33.

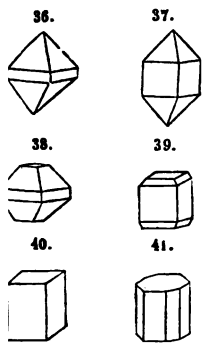


Ces premiers détails suffisent pour montrer que des solides très-différents, *tétraèdre*, *octaèdre*, *parallélipède*, etc., peuvent avoir entre eux les plus grands rapports, et par conséquent se trouver dans la même substance. Nous allons en voir d'autres quand les modifications ne sont pas aussi complètes.

2° Modifications sur quelques-unes des parties de même nom.

§ 16. **Passage de l'octaèdre au prisme.** — Il arrive souvent, dans certaines espèces d'octaèdres, qu'il n'y a de modifiés que les quatre angles latéraux comme fig. 34; ce qui donne lieu, quand les faces s'étendent suffisamment, à un prisme à quatre faces, pyramidé, comme fig. 35, qui peut être alors plus ou moins allongé.

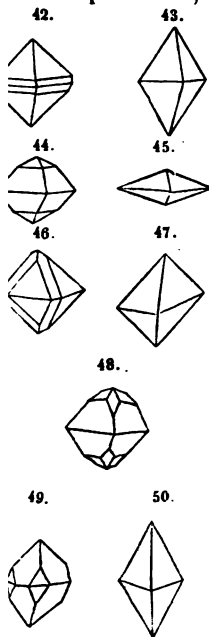




Ailleurs les quatre arêtes latérales se trouvent remplacées, fig. 36, et conduisent à un autre prisme pyramidé, fig. 37, inverse du premier. Les deux modifications réunies donnent un prisme octogone.

Parallépipède inverse. — Si la modification du sommet se joint à celle des arêtes latérales, fig. 38, et 39 par extension, il en résulte un parallépipède, fig. 40, dont les faces correspondent aux arêtes du premier, fig. 41. Ces parallépipèdes passent l'un à l'autre par la modification des arêtes latérales, fig. 41, où leur réunion produit un prisme octogone.

§ 17. **Passage à divers octaèdres.** — Un octaèdre donné peut en produire un grand nombre d'autres, les uns plus aigus, et autres plus obtus, et qui sont tantôt directs, tantôt inverses.



1° *Octaèdres directs.* Un octaèdre modifié par deux faces sur les arêtes latérales, fig. 42, en donne un autre plus aigu, fig. 43, lorsque les nouvelles faces s'étendent suffisamment. Si au contraire il se fait une modification au sommet, fig. 44, il en résulte un octaèdre plus obtus, fig. 45, et dont le degré de surbaissement dépend de l'inclinaison des nouvelles faces.

2° *Octaèdres inverses.* La modification des arêtes culminantes, fig. 46, conduit à un nouvel octaèdre plus obtus, fig. 47, inverse du premier : c'est ce que produit encore la modification du sommet par quatre faces tournées vers les arêtes, fig. 48; le nouveau solide est alors plus ou moins surbaissé, suivant que les faces modifiantes sont plus ou moins inclinées à l'axe de l'ancien.

La modification des angles latéraux, par deux faces, fig. 49, conduit à des octaèdres inverses plus aigus, fig. 50.

Ces formes, directes et inverses, se produisent sur un parallépipède déterminé, les unes par la modification des angles,



fig. 54, les autres par celle des arêtes, fig. 39. Les divers degrés d'acuité dépendent du plus ou moins d'inclinaison des nouvelles faces.

§ 48. **Passage à la double pyramide octogone.** — La modification des angles latéraux de l'octaèdre, fig. 49, peut produire des faces

tellement inclinées que leur réunion avec les faces primordiales donne une double pyramide octogone, fig. 52.

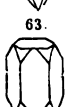
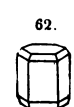
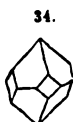
Il s'en fait aussi de plusieurs autres manières : par la modification des arêtes culminantes, chacune par deux faces, fig. 53 ; par la modification des angles du sommet, chacun par huit faces, fig. 54 ; et enfin par celle des angles latéraux chacun par quatre faces, fig. 55. Dans les deux premiers cas, les pyramides sont obtuses ; dans le troisième, elles sont aiguës, fig. 56. Les pyramides seraient séparées par un prisme octogone, si l'octaèdre se modifiait en même temps sur les quatre arêtes latérales et sur les quatre angles correspondants, comme fig. 34 et 36.

Ces sortes de solides sont produits sur les parallépipèdes par la modification des angles, chacun par deux faces plus ou moins obliques, fig. 57.

§ 49. **Pyramide hexagone et prisme hexagone.** — Dans certains octaèdres, il arrive que les modifications latérales, fig. 49, ne se font que sur deux angles opposés : si alors les faces sont convenablement inclinées, il se produit une double pyramide hexagone, fig. 58.

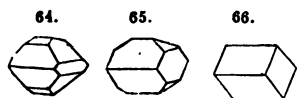
Les sommets seraient séparés par un prisme hexagone, fig. 59, 60, s'il s'ajoutait encore la modification des arêtes latérales de l'octaèdre, fig. 36, et la moitié de celle des angles, fig. 34.

Si les parallépipèdes se modifiaient seulement aussi sur deux arêtes latérales opposées, on aurait un prisme hexagone, comme fig. 61. La pyramide s'obtiendrait sur ce prisme par

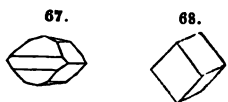


la modification des arêtes des bases, fig. 62, qui reconduirait ainsi aux prismes pyramidés, fig. 59, 60. On en obtiendrait un autre par la modification des angles, fig. 63.

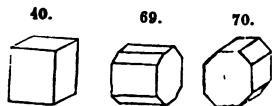
§ 20. **Parallépipède à axe renversé.** — Il y a des octaèdres qui se modifient au sommet par des faces opposées, fig. 64, et en même temps sur deux arêtes opposées des bases. Si les nouvelles faces s'étendent, fig. 65, et finissent par masquer le premier solide, on obtient un parallépipède, fig. 66, à axe horizontal.



Si l'octaèdre se modifie dans le sens opposé, fig. 67, il en résulte un autre parallépipède dont l'axe horizontal vient en avant, fig. 68.

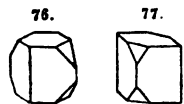
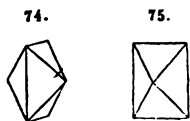
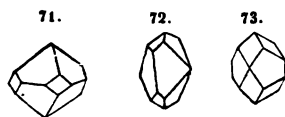


Ces nouveaux parallépipèdes se produisent sur les anciens, fig. 40, par la modification de deux arêtes opposées à chaque base, comme fig. 69 et 70.



§ 21. **Octaèdre à axe renversé.** —

Les faces qui remplacent les angles latéraux d'un octaèdre, fig. 71, se trouvent quelquefois inégalement inclinées sur les arêtes correspondantes; dès lors, en s'étendant, elles parviennent à se couper plutôt d'un côté que de l'autre, soit en avant, fig. 72, soit latéralement, fig. 73. Si elles font disparaître alors la moitié du premier octaèdre, il en résulte deux nouveaux solides de même genre, fig. 74 et 75, dont les axes sont horizontaux.



Un parallépipède produit facilement ces sortes d'octaèdre par la modification de la moitié de ses angles solides, comme fig. 76, 77.

On voit par cette seconde série d'observations diverses sortes d'octaèdres, de parallépipèdes et de solides pyramidaux qui se rattachent encore les uns aux autres, quelque différence qu'ils puissent en apparence offrir. En voici encore d'autres qu'il faut distinguer.

3° *Modifications des solides obliques.*

§ 22. Dans tous les solides que nous venons d'étudier, les faces sont ordonnées par rapport à un axe vertical; mais il y a des cristaux où l'on aperçoit une obliquité plus ou moins prononcée; et si, à cette obliquité près, on reconnaît encore des résultats analogues à ceux que nous venons d'indiquer, on en trouve aussi de nouveaux qu'il est nécessaire d'étudier.

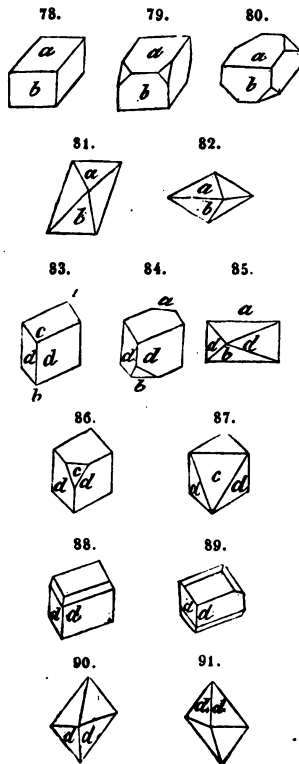
§ 23. **Octaédres de diverses sortes.** — Il y a six espèces d'octaédres qui n'existent pas parmi les précédents; voici comment :

1° Un parallélépipède oblique, fig. 78, se modifie souvent sur la moitié des angles solides, fig. 79 ou 80; et si les nouvelles faces s'étendent jusqu'à masquer les faces latérales anciennes et à réduire les autres à des triangles, il en résulte deux nouveaux octaédres, fig. 81 et 82, qui conservent quatre faces du parallélépipède.

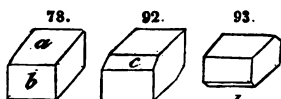
2° Le parallélépipède inverse, fig. 83, en se modifiant sur les angles solides opposés a et b , fig. 84, conduit à un nouvel octaèdre, fig. 85, qui conserve les traces des six faces parallélépipédiques.

Lorsque, sur ce même parallélépipède inverse, des modifications ont lieu sur l'angle solide c et sur son opposé, fig. 86, il en peut résulter un octaèdre aplati du même genre, fig. 87.

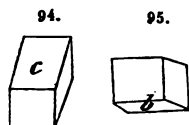
3° Ce même solide se modifie souvent sur la moitié des arêtes des bases, fig. 88 et 89; et lorsque les nouvelles faces s'étendent suffisamment, les faces latérales se réduisant à des triangles, il en résulte encore de nouveaux octaédres, fig. 90, 91, qui conservent quatre des anciennes faces.



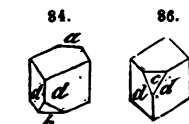
§ 24. Parallépipèdes de diverses obliquités. — Un parallépipède oblique, fig. 78, ne se modifie



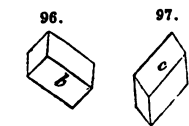
souvent que sur une seule arête à chaque base, fig. 92 ou 93. La face nouvelle peut alors se prolonger de manière à masquer la base ancienne, et il se fait de nouveaux parallépipèdes, fig. 94 ou 95, plus ou moins obliques que le précédent, l'un dans le même sens, l'autre dans un sens inverse.



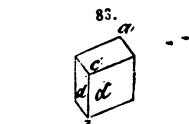
Dans les modifications sur les angles, fig. 84 et 86, il arrive aussi que les nouvelles faces font disparaître les bases, et il se forme encore de nouveaux parallépipèdes obliques, fig. 96, 97.



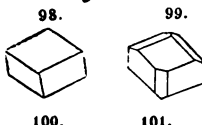
Parmi toutes les inclinaisons possibles des nouvelles faces, fig. 84 ou 93, il peut se produire des parallépipèdes droits.



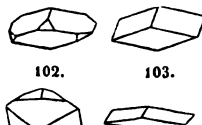
§ 25. Autre production de parallépipèdes. — Parmi tous les parallépipèdes obliques, fig. 83, il en est dont les faces, toutes égales, sont régulièrement ordonnées



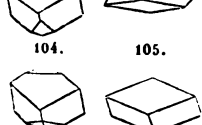
autour d'un axe passant par a et b , et qu'on peut dès lors placer verticalement comme fig. 98. Ces sortes de parallépipèdes peuvent en produire une infinité d'autres du même genre de quatre manières différentes :



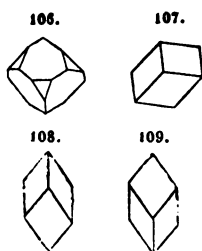
1° En se modifiant sur les six arêtes qui concourent trois à trois aux sommets, fig. 99, ce qui conduit, par extension des nouvelles faces, au solide, fig. 100, et enfin au parallépipède inverse, fig. 101 ;



2° En se modifiant à chacun des sommets par trois faces, fig. 102 ; ce qui donne un solide comme le précédent, fig. 103, dont il peut exister un nombre infini d'espèces, suivant le plus ou moins d'inclinaison des faces modifiantes ;



3° En se modifiant par trois faces tournées vers celle du parallépipède, fig. 104, d'où résulte un solide de même position que celui dont on part, fig. 105 ;

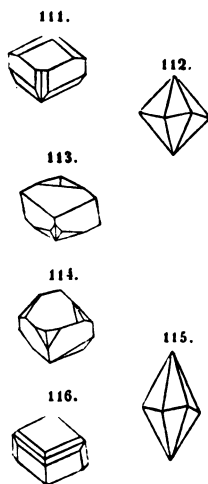


4° En se modifiant sur les angles latéraux, fig. 106, par des faces plus ou moins inclinées à l'axe ; il se fait alors des parallépipèdes de plus en plus aigus, tantôt inverses, fig. 107, 108, tantôt directs, fig. 109. Cette différence tient à la manière dont chaque facette se place, en s'inclinant vers une extrémité de l'axe ou vers l'autre. Le parallélisme à l'axe est la limite des deux sortes de solides.

§ 26. **Dodécaèdres bipyramidaux.** — Lorsque les facettes modifiantes, fig. 106, réduisent les faces primitives à des triangles, il se fait, fig. 110, un dodécaèdre bipyramidal,



qui devient régulier quand le parallépipède inverse qui se produit est identique avec celui dont on part. Chaque parallépipède pouvant avoir son inverse, il peut se faire un nombre infini de dodécaèdres. Indépendamment de ces dodécaèdres, où toutes les faces sont des triangles isocèles, il s'en produit beaucoup d'autres qui sont, en général, à triangles scalènes. Cela peut avoir lieu de quatre manières différentes :



1° Par la modification des six arêtes culminantes, chacune par deux faces, fig. 111, qui donne des dodécaèdres obtus, fig. 112, variables à l'infini, suivant les inclinaisons mutuelles des facettes modifiantes ;

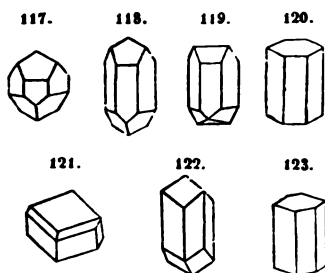
2° Par six facettes sur chacun des angles culminants, fig. 113, d'où résultent des solides analogues ;

3° Par deux facettes à chacun des six angles latéraux, fig. 114, qui produisent des solides plus ou moins aigus, fig. 115 ;

4° Par deux faces sur chacune des six arêtes latérales, fig. 116 ; d'où résultent des solides analogues à ceux de la fig. 115, mais inverses, les faces culminantes se joignant alors sur les arêtes latérales du solide dont on part.

Il faut remarquer qu'à chaque solide produit par la modification, fig. 114, il peut toujours correspondre un solide identique inverse produit comme fig. 116.

§ 27. **Production de prismes hexagones.** — Nous avons déjà vu des solides de ce genre se former par la modification des arêtes latérales sur certains parallélépipèdes, § 19; mais les cristaux obliques qui nous occupent en présentent encore d'autres qui se produisent de deux manières :



1° Par la modification des angles latéraux, fig. 406, lorsque les facettes sont parallèles à l'axe : on arrive alors par extension à des solides, fig. 417, 418, et il ne faut plus qu'une modification au sommet, fig. 419, suffisamment profonde, pour avoir un prisme complet, fig. 420 ;

2° Par une modification sur les arêtes latérales, fig. 421, parallèlement à l'axe, ce qui donne par extension un autre prisme pyramidé, fig. 422; il en résulte par conséquent un second prisme hexagone, fig. 423, inverse du premier lorsqu'il se joint aussi une modification suffisamment profonde à chaque sommet.

DIVISION DES CRISTAUX EN SIX GROUPES.

§ 28. L'observation fait voir que la coexistence ou la disjonction des facettes modifiantes sur les parties de même nom ne sont pas des effets du hasard; il se présente à cet égard une constance de résultats, d'une espèce ou de l'autre, dont il faut nécessairement chercher la cause dans des propriétés particulières que possèdent les solides modifiés. Ce sont ces propriétés, que nous allons maintenant étudier, qui établissent les six groupes cristallins que nous avons précédemment annoncés, § 12.

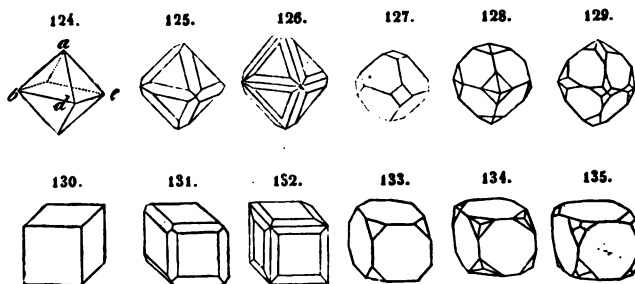
PREMIER GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdre régulier, cube, etc.

§ 29. **Caractères physiques.** — Parmi tous les octaèdres que peuvent présenter les corps bruts, il en est un qui possède la propriété d'avoir toujours toutes les parties de même nom modifiées à la fois de la même manière; c'est-à-dire :

1° Que toutes les arêtes de ce solide, fig. 124, sont modifiées à la fois, par une seule face, ou par deux, fig. 125 ou 126 ;

2° Que tous les angles solides sont remplacés à la fois, tantôt par une facette, fig. 127, tantôt par quatre, tournées vers les faces, fig. 128, ou vers les arêtes, fig. 129, et enfin par huit.



Le parallépipède qui se rattache à cette espèce d'octaèdre, fig. 130, présente des propriétés corrélatives : les arêtes se modifient toutes à la fois, par une seule face ou par deux, fig. 134, 132 ; tous les angles solides sont aussi modifiés à la fois, par une face, fig. 133, ou par trois, fig. 134, 135, ou enfin par six.

C'est par suite de ces propriétés que se forment tous les solides dont nous avons montré la production, § 14 et 15, fig. 6 à 33, et jamais aucun de ceux qui viennent ensuite.

§ 30. **Caractères géométriques.** — La mesure des angles dièdres fait voir que l'octaèdre a toutes ses faces également inclinées entre elles, et de $109^{\circ} 28' 46''$. Le parallépipède correspondant a toutes ses faces inclinées entre elles de 90° .

Dans les diverses modifications, chacune des nouvelles facettes s'incline du même nombre de degrés sur les faces adjacentes du solide qu'elles modifient.

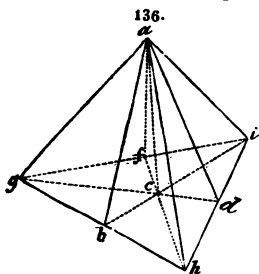
Ces observations conduisent à d'autres caractères, qui ont sur les premiers l'avantage de la brièveté et de la netteté. On en déduit :

1° Que le tétraèdre qu'on peut rencontrer dans ce groupe est le *tétraèdre régulier* de la géométrie, formé de quatre faces triangulaires équilatérales inclinées entre elles de $70^{\circ} 34' 44''$;

2° Que l'octaèdre est l'*octaèdre régulier*, à huit faces triangulaires équilatérales, inclinées de $109^{\circ} 28' 46''$;

3° Que le parallépipède qui s'y trouve est le *cube*, composé de six faces carrées.

§ 31. Il n'est pas inutile de donner quelques explications relatives à ces résultats.
 1° **Tétraèdre.** — Un angle dièdre se mesure par les perpendiculaires menées dans les deux plans qui le forment, à un même point de l'arête de jonction. Ainsi, *ac*, fig. 136, étant perpendiculaire à la base du solide, *abc* et *cb* perpendiculaires à l'arête *gh*, l'angle *acb* mesurera l'inclinaison des deux plans. De même *adc*, *afc*, seront les angles dièdres des autres plans.

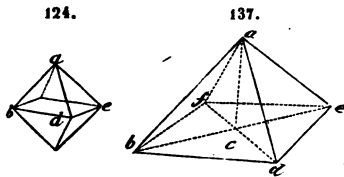


Maintenant l'observation montre que le tétraèdre de ce groupe a toutes ses faces également inclinées entre elles; donc tous les triangles *acb*, *acd*, *acf*, sont égaux, et par conséquent les lignes *cb*, *cd*, *cf*, de même grandeur; donc aussi le point *c*, projection du sommet, se trouve à égale distance des trois côtés.

On conclut de ces données, que les traces des faces sur le plan horizontal, qui ne sont autre chose que les côtés de la base de la pyramide, font aussi entre elles des angles égaux; donc cette base est un triangle équilatéral; donc aussi les projections *cy*, *ci*, *ch*, des arêtes, sont égales, et par suite ces arêtes elles-mêmes.

Les mêmes conséquences ayant lieu, quelle que soit celle des faces du solide qu'on prend pour base, il en résulte qu'elles présentent toutes des triangles équilatéraux et égaux.

2° **Octaèdre.** — Toutes les faces de l'une des pyramides étant également inclinées sur celle de l'autre, si l'on suppose un plan par les arêtes *bd*, *de*, fig. 124, on détachera une pyramide, fig. 137, dont les quatre faces sont également inclinées à la base, ce qui place la projection *c* du sommet à égale distance des quatre côtés.

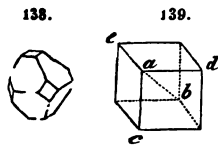


Cela posé, les faces culminantes étant toutes également inclinées entre elles, leurs traces, qui sont les

côtés de la base, font aussi entre elles des angles égaux et conséquemment droits; et comme ces côtés sont à égale distance du point *c*, la base est un carré. De là il suit que les projections *cb*, *cd*, *ce*, *cf*, des arêtes culminantes, sont égales, et par conséquent ces arêtes elles-mêmes.

Maintenant, puisque toutes les faces sont également inclinées entre elles, si l'on prend pour sommet de l'octaèdre un angle quelconque, on arrivera au même résultat, et l'on conclura que toutes les arêtes sont égales; donc, toutes les faces sont des triangles équilatéraux égaux, ce qui est le caractère de l'octaèdre régulier.

3° **Parallépipède.** — Toutes les faces étant à angle droit, le solide est rectangulaire et droit; mais les faces qui le produisent sur l'octaèdre, fig. 138, étant également inclinées sur les faces adjacentes, il en résulte qu'en se réunissant en *a*, fig. 139, elles sont toutes également inclinées sur la diagonale *ab*. Donc, si l'on fait passer un plan par les trois points *c*, *d*, *e*, on détachera une sorte de tétraèdre dont toutes les faces seront également inclinées à la base, où la projection du sommet se



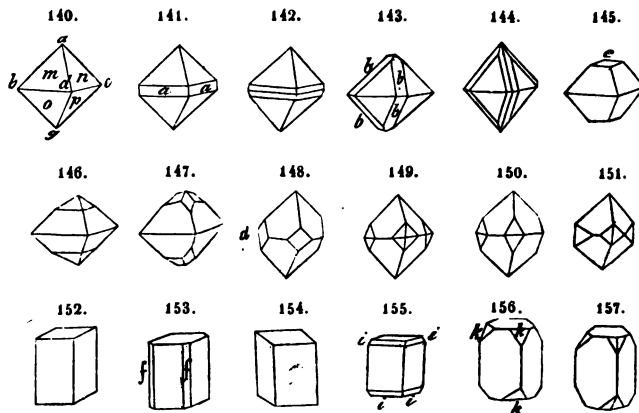
trouvera au centre, où la base sera un triangle équilatéral, où les arêtes culminantes seront égales (voyez ci-dessus 1°); donc ce parallépipède est un cube.

DEUXIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes à bases carrées.

§ 32. **Caractères physiques.** — Certains octaèdres, fig. 140, au lieu d'être modifiés à la fois sur toutes les arêtes, ne le sont souvent que sur les arêtes latérales, fig. 144, 142, ou sur celles du sommet, fig. 143 ou 144, par une face ou par deux.

Sur les angles il se fait aussi isolément diverses modifications au sommet, fig. 145 à 147, par une face ou par quatre; il s'en fait de même isolément sur les angles latéraux, fig. 148, 149, et quand alors les facettes sont tournées vers les arêtes, fig. 150, 151, elles ne vont que deux à deux.



Un parallépipède de ce groupe, fig. 152, se modifie isolément sur les arêtes latérales, fig. 153, ce qui donne lieu au parallépipède inverse, fig. 154, ou bien sur les arêtes des bases, fig. 155. Sur les angles il se modifie par une face, fig. 156, ou par deux, fig. 157; jamais essentiellement par trois, comme il arrive dans le premier groupe.

Par suite de ces propriétés, il existe dans ce groupe diverses sortes d'octaèdres directs ou inverses, deux parallépipèdes inverses, des prismes et des pyramides octogones, enfin tous les solides dont nous avons indiqué la production, § 46 à 48.

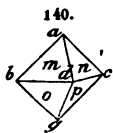
§ 33. **Caractères géométriques.** — Aucun des octaèdres de ce groupe ne présente entre ses faces l'égalité d'inclinaison qui caractérise l'octaèdre régulier. Autour de deux sommets, a et g , fig. 140, les quatre faces culminantes sont bien également inclinées entre elles, mais d'un sommet sur l'autre les angles sont différents, quoique aussi tous égaux entre eux.

Les modifications sur les parties de même nom ne sont pas non plus toutes également inclinées sur les faces adjacentes. Les facettes a , fig. 144, s'inclinent également sur les faces voisines et sous un certain angle ; mais les facettes b , fig. 143, font avec ces mêmes faces un angle différent. Il en est de même des facettes c , fig. 145, comparées aux facettes d , fig. 148.

Dans le parallépipède, chaque facette latérale f , fig. 153, s'incline également sur les faces voisines, et toutes de la même manière ; les facettes i , fig. 155, s'inclinent inégalement sur la base et sur les pans, mais toutes de même. Aux angles solides, chaque facette k , fig. 156, s'incline également sur les deux faces latérales, mais autrement sur la base.

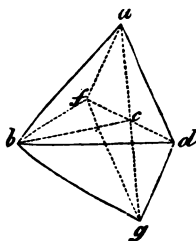
De là il suit que les octaèdres sont ici à base carrée ; les arêtes culminantes sont égales, d'une certaine longueur, et celles de la base d'une longueur différente. Les parallépipèdes ont toutes leurs faces à angle droit, mais les bases sont des carrés et les pans des rectangles ; ce sont des *prismes à bases carrées*.

§ 34. Ces résultats ne sont en quelque sorte que les conséquences des raisonnements précédents, § 31, combinés avec les données particulières que fournissent les formes du groupe actuel.



140.

Dans l'octaèdre, fig. 140, en prenant ag pour axe, on conclut de l'égalité d'inclinaison des faces d'une pyramide sur l'autre, que la projection du sommet est au centre de la base commune (§ 31, 2^e). De là, et de l'égalité d'inclinaison des faces culminantes entre elles, on conclut que la base est un carré, et que dès lors les arêtes, qui concourent aux sommets a et g , sont égales.



Les choses ne se passent pas de même sur un autre sommet b : la pyramide, qu'on peut détacher, fig. 158, a bien ses quatre faces également inclinées à la base, mais non entre elles. Il y a un certain angle de abd sur bgd , et un autre sur les faces en retour ; par conséquent les angles que forment entre elles les arêtes de la base ne sont pas égaux. L'angle en d , et son opposé en f , sont d'une valeur, et les angles en a et g d'une autre ; d'où il suit que la base est un rhombe, car les arêtes sont égales, d'après la première observation. De là inégalité dans les projections ca , cd des arêtes ab , bd , et par conséquent dans ces arêtes mêmes.

Quant aux prismes, leur nature résulte de leur pro-

159.



160.



duction sur l'octaèdre à base carrée. L'un d'eux se forme de la réunion des modifications, fig. 145 et 148, d'où résulte le polyèdre, fig. 159. Or, les facettes α sont toutes inclinées également et d'un certain angle sur les faces adjacentes, et la facette b est inclinée sous un autre angle; donc, quand elles se réunissent pour former l'angle solide c du parallépipède, fig. 160, les faces latérales sont toutes deux inclinées à l'axe cd d'une certaine

manière, et la base est inclinée autrement.

Il résulte de là que, dans le tétraèdre qu'on pourrait détacher en faisant passer un plan par e, f, g , la projection du sommet serait à égale distance des côtés ef, gf , et à une distance différente de eg . La base serait donc un triangle isocèle, et les projections des arêtes, cg, ce , seraient égales, tandis que la projection de cf serait différente. Cela montre l'égalité des deux premières arêtes, et la différence de la troisième. La base est donc un carré, et les faces latérales des rectangles.

On trouverait le même résultat pour le prisme inverse, qui se produit sur l'octaèdre inverse de la même matière que le précédent.

TROISIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes droits, rectangulaires ou rhomboïdaux.

§ 35. **Caractères physiques.** — Il y a des octaèdres, fig. 461, qui ne se modifient pas même essentiellement sur toutes les arêtes latérales à la fois. Il n'y en a souvent que deux de modifiées, tantôt par une face, fig. 462 ou 463, tantôt par deux.

Souvent aussi il n'y a que deux facettes au sommet, fig. 464 ou 465, au lieu de quatre, comme précédemment, fig. 446, § 32.

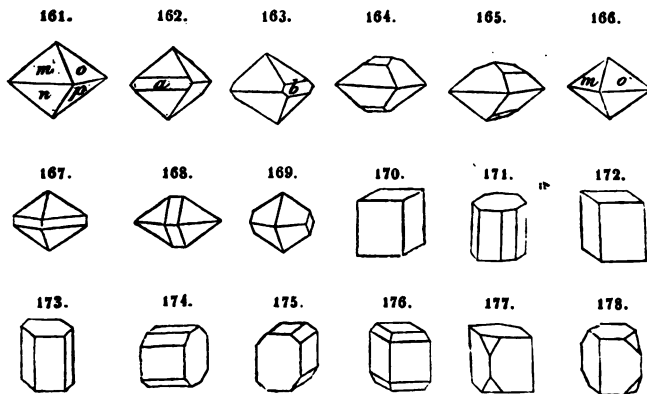
Les octaèdres inverses, fig. 466, se conduisent autrement : les quatre arêtes latérales se modifient toujours ensemble, fig. 467; mais il n'y a souvent que la moitié des arêtes culminantes de modifiées, par exemple fig. 468, et il en est de même des angles latéraux, par exemple fig. 469.

Les parallépipèdes ont aussi des caractères particuliers : l'un, direct, fig. 470, peut être modifié à la fois sur toutes les arêtes latérales, fig. 471; l'autre, inverse du premier, fig. 472, ne se modifie souvent que sur la moitié de ces arêtes, fig. 473, d'où résulte un prisme hexagone.

Le parallépipède direct ne se modifie souvent que sur la moitié des arêtes des bases, fig. 474 ou 475, en donnant des parallépipèdes renversés. L'autre se modifie sur toutes les arêtes, fig. 476; mais en revanche il n'a souvent que la moitié des angles solides modifiés, fig. 477 ou 478, tandis que dans le premier tous les angles se modifient à la fois.

C'est de ces propriétés que résultent les octaèdres particuliers,

les prismes et les pyramides hexagones, etc., que nous avons vus § 49 à 24, ce qui n'empêche pas beaucoup de formes plus ou moins analogues en apparence à celles du groupe précédent.



§ 36. **Caractères géométriques.** — Certains octaèdres de ce groupe sont tellement constitués, que les faces m et n , fig. 164, s'inclinent entre elles sous un certain angle, et les faces o et p sous un autre; mais vers un même sommet les quatre faces font toutes entre elles le même angle. Les facettes modifiantes a et b , fig. 162 et 163, s'inclinent chacune également sur les deux faces adjacentes; mais l'une sous un certain angle, l'autre sous un angle différent.

L'un des parallépipèdes, fig. 170, est rectangulaire; mais l'autre, fig. 172, présente deux sortes d'angles entre ses pans. Dans le premier, une facette placée sur une arête latérale est inégalement inclinée sur les faces adjacentes; dans l'autre, ces inclinaisons sont égales, mais d'un certain angle pour deux facettes opposées, et d'un angle différent pour les deux autres, etc.

Dans les octaèdres inverses, fig. 166, les faces d'un sommet sont également inclinées sur celles du second; mais vers un même sommet les faces présentent deux sortes d'inclinaisons mutuelles: l'une de m sur o , l'autre de m ou de o sur la face de retour.

Il suit de ces données que les octaèdres directs sont à base rectangulaire, les octaèdres inverses à base rhombe, et que des deux prismes, l'un est à base rectangulaire, l'autre à base rhombe. Les deux parallépipèdes à axe renversé sont aussi à base rhombe.

§ 37. Il nous suffira de quelques observations pour démontrer ces résultats.

1° Dans l'octaèdre rectangulaire, fig. 161, il résulte des deux sortes d'inclinaisons des faces culminantes sur la base commune, que la projection du sommet est à égale distance de deux des arêtes de cette base, et à une distance différente des deux autres; donc, la base a les côtés inégaux (voyez § 31, 2°).

D'un autre côté, les faces culminantes étant également inclinées entre elles, les quatre angles de la base sont égaux, et par conséquent droits: donc la base est un rectangle; mais alors les demi-diagonales sont égales, donc les arêtes culminantes dont elles sont les projections le sont aussi.

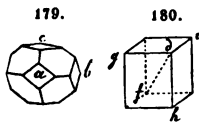
2° Les caractères de l'octaèdre, fig. 166, sont précisément ceux de la pyramide que nous avons considérée § 34, et c'est en raisonnant de même qu'on voit ici que la base est un rhombe et qu'il y a deux sortes d'arêtes à chaque sommet, arêtes qui ne sont pas les mêmes que celles de la base commune.

3° Le premier de nos parallélépipèdes résulte de la modification du sommet réunie à celle des angles latéraux dans l'octaèdre à base rhombe, comme fig. 179. Or, chacune des faces a , b , c , s'incline d'une manière différente sur la face adjacente de l'octaèdre: donc, en se réunissant pour former l'angle solide d , fig. 180, elles se trouvent inégalement inclinées sur l'axe df . Il en résulte que dans le tétrèdre qu'on pourrait détacher en faisant

passer un plan par e , g , h , la projection du sommet serait à des distances inégales des trois côtés de la base; les projections des arêtes culminantes seraient toutes trois inégales, et, par conséquent, ces arêtes elles-mêmes: donc le solide rectangulaire a ses trois dimensions inégales.

4° L'autre parallélépipède provient de la modification de l'octaèdre rectangulaire sur ses six angles solides, fig. 181. Or, les faces b font toutes deux le même angle avec c , et la face a fait un angle différent: donc en se réunissant pour former l'angle i du parallélépipède, fig. 182, les faces latérales font des angles égaux avec la diagonale ik , et la base fait un angle différent. On conclut de là, comme § 34, que les deux arêtes des bases sont

égales, et l'arête latérale différente. Mais comme ici les faces latérales ne sont pas à angle droit l'une sur l'autre, la base est un rhombe au lieu d'un carré.



QUATRIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Octaèdres et prismes obliques, rectangulaires ou rhomboïdaux.

§ 38. **Caractères physiques.** — Nous n'examinerons ici que les octaèdres et les parallélépipèdes qui ont le plus de rapport avec ceux du groupe précédent, pour constater les différences.

L'octaèdre, fig. 483, diffère essentiellement des précédents, en ce que souvent il ne se modifie plus que sur la moitié des arêtes culminantes, fig. 484 ou 485.

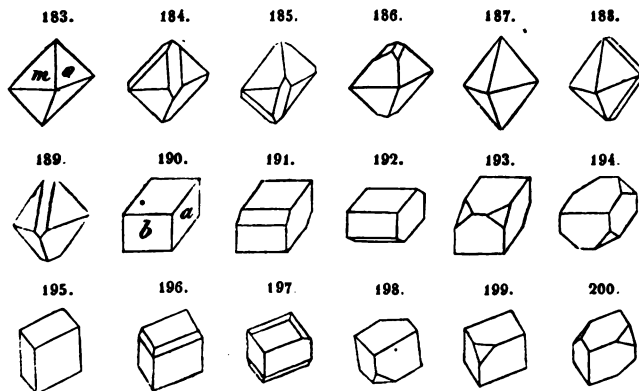
Au sommet, au lieu de se modifier par quatre faces tournées vers les arêtes, il ne se modifie plus que par deux, fig. 486.

L'octaèdre inverse, fig. 487, se modifie bien sur les quatre arêtes

latérales comme dans le groupe précédent, fig. 467, ou bien sur les deux arêtes de côté à chaque sommet, fig. 488; mais il ne se modifie que sur la moitié des autres, fig. 489.

Le parallépipède, fig. 490, se modifie sur les quatre arêtes latérales des bases, comme fig. 475, § 35; mais il ne se modifie souvent que sur la moitié des autres, par exemple fig. 494 ou 492; comme aussi sur la moitié des angles solides, fig. 493 ou 494.

Le parallépipède inverse, fig. 495, ne se modifie que sur la moitié des arêtes des bases, fig. 496 ou 497: on ne le trouve souvent



modifié que sur deux angles solides opposés, fig. 498 ou 499, ou bien sur les quatre autres à la fois, fig. 200.

De ces propriétés résultent tous les octaèdres et parallépipèdes particuliers dont nous avons vu la production § 23 et 24.

§ 39. **Caractères géométriques.** — Dans les octaèdres directs fig. 483, il y a deux sortes d'angles de la pyramide supérieure sur l'inférieure, et deux sortes d'angles entre les faces culminantes, l'un de m sur o , l'autre de o sur la face de retour.

Dans l'octaèdre inverse, fig. 487, il y a deux sortes d'angles à la base et trois sortes d'angles entre les faces culminantes.

Dans le prisme direct, fig. 490, les faces latérales sont à angle droit, et il en est de même de la base sur les faces latérales a ; mais de cette base sur b , et sur son opposé, les angles sont obliques.

Dans le prisme inverse, fig. 495, il n'y a pas d'angle droit, car la base fait aussi des angles obliques avec les faces latérales.

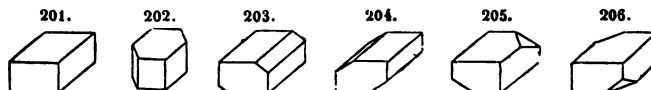
Les facettes modifiantes sont aussi inégalement inclinées sur les

faces voisines, quoique toutes celles du même ordre s'inclinent de la même manière.

CINQUIÈME GROUPE CRISTALLIN.

Parallépipèdes obliques obliquangles.

§ 40. Il n'y a jusqu'à présent dans ce groupe que des parallépipèdes, fig. 201, diversement modifiés, qui se distinguent des précédents par différents caractères :



1° En ce que, s'ils se modifient sur deux arêtes latérales opposées, fig. 202, les facettes ne sont pas inclinées également sur les faces adjacentes, comme cela a lieu dans le cas des prismes rhomboïdaux, fig. 173, droits ou obliques ;

2° En ce que souvent ils ne se modifient que sur une arête à chaque base, quelle qu'en soit l'espèce, par exemple, fig. 203, 204 ; tandis que dans le groupe précédent même, les deux arêtes latérales de chacune des bases se modifient toujours à la fois aussi bien que dans le troisième, fig. 175, § 35 ;

3° En ce qu'ils ne se modifient que sur deux angles solides opposés, par exemple, fig. 205, 206 ; tandis que, dans le groupe précédent, on trouvait fréquemment les mêmes modifications sur quatre angles à la fois, fig. 193, 194, 200.

Ces propriétés conduisent à reconnaître que ces parallépipèdes sont non-seulement *obliques*, mais encore à *base de parallélogramme obliquangle*, c'est-à-dire qu'ils ne sont ni rectangulaires ni rhomboïdaux.

SIXIÈME GROUPE CRISTALLIN.

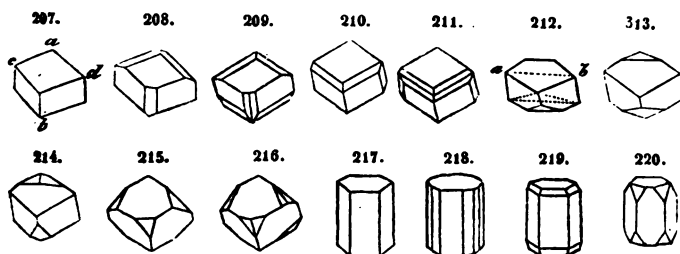
Rhomboèdres, prismes hexagones réguliers, etc.

§ 41. **Caractères physiques.** — Ici les octaèdres sont très-rares, et nous ne nous en occuperons pas. Les formes dominantes sont des parallépipèdes et des prismes hexagones.

Les parallépipèdes, fig. 207, diffèrent beaucoup des prismes rhomboïdaux obliques, par le nombre et la position des facettes modifiantes qui se manifestent sur leurs diverses parties.

Ils se modifient à la fois sur les six arêtes qui aboutissent trois à trois à chacun des angles opposés *a* et *b*, soit par une seule *face*,

soit par deux, fig. 208, 209. Des modifications de même genre, par une facette ou par deux, se placent aussi à la fois sur les six autres arêtes, fig. 210, 211. On voit là une grande différence avec les prismes obliques précédents, qui ne se modifient que sur quatre des arêtes que nous venons d'indiquer (voy. fig. 196, 197).



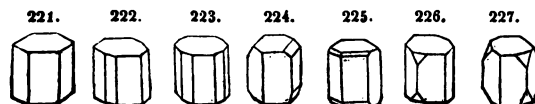
Ces parallélépipèdes se modifient aussi comme les prismes obliques, fig. 498, par une face sur chacun des angles opposés culminants, fig. 242, en donnant aussi une espèce d'octaèdre ; mais de plus, la modification se fait souvent par trois faces tournées vers celle du solide, fig. 243, ou vers les arêtes, fig. 244. Une différence plus grande encore, c'est que les six autres angles se modifient tous à la fois, fig. 245, et même par deux faces, fig. 246 ; tandis que dans le prisme oblique ordinaire il n'y a souvent que quatre de ces angles de modifiés ensemble, fig. 200, les deux autres se modifiant séparément, fig. 499.

Le prisme hexagone qui appartient à ce groupe, fig. 247, se modifie à la fois sur toutes les arêtes latérales, fig. 248, ou bien sur toutes les arêtes des bases, fig. 249, ou enfin sur tous les angles solides, fig. 220¹.

¹ Le prisme hexagone du troisième groupe, fig. 221, se modifie de la manière suivante :

- 1° Sur deux ou sur quatre arêtes latérales, fig. 222, 223 ;
- 2° Sur deux ou sur quatre arêtes à chaque base, fig. 224, 225 ;
- 3° Sur deux ou sur quatre angles solides à chaque base, fig. 226, 227.

Dans le quatrième groupe, les modifications latérales se font de même, mais les modifications des bases ne marchent plus que deux par deux.



C'est d'après ces propriétés que le solide donne un grand nombre de parallélépipèdes plus ou moins aigus, directs ou inverses, ainsi que les prismes et les dodécaèdres dont nous avons indiqué la production, § 25 à 27.

§ 42. **Caractères géométriques.** — La mesure des angles fait voir que dans les parallélépipèdes de cette espèce, les trois faces qui concourent aux sommets *a* ou *b* sont également inclinées entre elles; de plus, les faces *a* ou *b* produites aux sommets, fig. 242, sont également inclinées sur les trois faces adjacentes. De ces données on conclut que toutes les arêtes du solide sont égales, et, comme en outre on ne trouve aucun angle droit, il en résulte que toutes les faces sont des rhombes égaux, disposés symétriquement autour d'un axe *ab*. Ce solide prend, à cause de la forme de ses faces, le nom de *rhomboèdre*¹.

Le prisme hexagone a toutes ses faces latérales inclinées entre elles de 120°; c'est le caractère du *prisme hexagone régulier*.

§ 43. **Systèmes cristallins. Réduction des cristaux à six formes.** — On doit voir maintenant que les six groupes, entre lesquels se partagent toutes les formes, diffèrent essentiellement les uns des autres par toutes les propriétés, physiques et géométriques, des solides qu'ils renferment. Nous n'avons comparé, à la vérité, que les octaèdres, les parallélépipèdes et les prismes à base d'hexagone; mais la comparaison se ferait également entre tous les autres solides, et l'on arriverait à des résultats analogues.

Ainsi, dans chaque groupe, toutes les formes composent un système où tout est rigoureusement coordonné, et que l'on ne peut confondre sous aucun rapport avec le système voisin; c'est pourquoi chacun des groupes est aussi désigné sous le nom de *système cristallin*. Si l'on prend, par exemple, le parallélépipède pour terme de comparaison, on aura :

1° Le *système cubique*, auquel se rapportent l'alun, le sel commun, le diamant, le grenat, etc.;

2° Le *système prismatique carré*, auquel se rapportent, par exemple, le minerai d'étain, le calomel, etc.;

3° Le *système prismatique rectangulaire* ou *rhomboïdal, droit*, auquel se rapportent la topaze, le soufre, les sulfates de baryte et de plomb, l'émétique, etc.;

4° Le *système prismatique rectangulaire, ou rhomboïdal, oblique*,

¹ Si l'on conçoit un plan qui passe par les trois diagonales placées comme *cd*. fig. 207, on aura un tétraèdre qu'on calculera comme § 31, et pour lequel on trouvera que la base est un triangle équilatéral, et que les arêtes culminantes sont égales.

auquel se rapportent la pierre à plâtre, le sulfate de fer ou couperose verte, l'acide oxalique, etc. ;

5° Le *système prismatique oblique à base de parallélogramme obliquangle*, auquel se rapportent, par exemple, le sulfate de cuivre ou couperose bleue, le quadroxalate de potasse, l'acide paratartrique, l'axinite, etc. ;

6° Enfin, le *système rhomboédrique*, qu'on observe dans la pierre calcaire, le cristal de roche, l'émeraude, l'azotate de soude, etc.

Maintenant, puisque, dans chaque groupe, les différentes formes se déduisent facilement les unes des autres, il est clair qu'une forme simple quelconque de chacun d'eux peut être considérée comme type de toutes les autres ; par conséquent toutes les formes cristallines se rattachent à six espèces de solides d'un même genre, qui diffèrent par leurs propriétés diverses : six espèces d'octaèdres dont chacun a ses caractères particuliers, ou six espèces de parallépipèdes, etc. : seulement on ne pourrait pas dire six espèces de prismes hexagones, puisque les deux premiers groupes ne comportent pas ce genre de formes.

Il suffit donc de se faire une idée nette de six espèces de solides, pour acquérir celle de tous les genres de formes cristallines qu'on peut trouver parmi les corps bruts. Par conséquent, aussi, toute la cristallisation d'une substance peut être représentée par une seule forme, convenablement choisie, et bien déterminée quant à ses dimensions relatives. C'est une telle forme qu'on nomme la *forme type* ou la *forme primitive* de la substance.

Faisons comprendre ce que cela signifie. Tous les solides réguliers sont déterminés par eux-mêmes ; ainsi un cube, un octaèdre régulier, ou un tétraèdre, sont chacun des solides uniques qui n'admettent aucune variété. Mais il peut exister un nombre infini de prismes à bases carrées ou rectangulaires ; un nombre infini d'octaèdres à bases carrées, à bases rectangulaires, ou de tétraèdres irréguliers : tout dépend du rapport qu'il peut y avoir entre la longueur de certaines arêtes et celle des arêtes d'une espèce différente. Ainsi, pour donner une idée nette d'un prisme à base carrée, il faut indiquer le rapport entre la hauteur et le côté de la base ; par exemple, dire que la base est 1 et la hauteur 2, 3 ou 4, etc. Voy. § 75.

§ 44. *Loi de symétrie.* — Si l'on compare maintenant les caractères physiques des principales formes de chaque groupe avec les caractères géométriques, on arrive à un fait général qu'on a nommé *loi de symétrie*, savoir : que *dans un cristal toutes les parties de même espèce sont modifiées à la fois et de la même manière* ; ou réciproquement : que *les parties d'espèces différentes se modifient isolément, ou différemment*.

Ainsi, quand toutes les arêtes d'un cristal sont de même espèce, elles restent toutes intactes à la fois ou se modifient toutes à la fois

de la même manière : c'est ce qui a lieu dans le cube, dans l'octaèdre régulier, etc.

Quand il y a plusieurs espèces d'arêtes, il y a autant d'espèces de modifications qui peuvent marcher chacune isolement : c'est ce que l'on voit dans les octaèdres à base carrée, à base rectangulaire, etc., ou dans les prismes de ces divers groupes. En effet, s'il y a dans les uns deux espèces d'arêtes, il s'y présente aussi deux espèces de modifications indépendantes; et s'il y a trois espèces d'arêtes dans les autres, il s'y trouve de même trois espèces de modifications, etc.

Il faut observer que par arêtes de même espèce on n'entend pas seulement des arêtes égales, mais des arêtes qui présentent à la fois le caractère d'égalité et celui de position à la jonction de plans qui font entre eux des angles égaux. Ainsi, dans un prisme rhomboïdal, les quatre arêtes latérales sont égales, et cependant elles sont de deux espèces; il y en a deux à l'intersection des pans sous un angle aigu, tandis que les deux autres se trouvent à leur rencontre sous un angle obtus.

On conçoit facilement, d'après cela, que, dans des prismes droits à bases carrées ou à bases rhombes, toutes les arêtes des bases soient de même espèce, puisque les faces qui les forment se rencontrent toutes à angle droit; mais il n'en est plus de même dans les prismes obliques, parce qu'alors il y a des arêtes qui correspondent à des angles dièdres aigus, et d'autres qui correspondent à des angles obtus.

Expliquons aussi ce que signifient les expressions *modifié de la même manière* ou *modifié différemment*. Pour cela il faut prendre la

228.



mesure des angles. Par exemple, dans un prisme à bases carrées, il arrive souvent que toutes les arêtes, dont il y a cependant deux espèces, se trouvent modifiées à la fois, comme fig. 228; mais alors elles le sont différemment. En effet, la mesure des inclinaisons fait voir que

229.



chaque facette latérale est également inclinée sur les deux faces adjacentes; mais chacune des facettes formées sur les arêtes des bases présente deux sortes d'inclinaisons, l'une sur la base, l'autre différente sur la face latérale correspondante. C'est par là que le prisme, ainsi modifié, diffère du cube modifié lui-même sur toutes ses arêtes, fig. 229, qui a la même apparence; car ici, l'une quelconque des facettes modifiantes, quelle que soit sa position, présente toujours la même inclinaison sur les deux faces qu'elle rencontre.

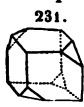
Voici, à cet égard, ce que l'observation nous offre toujours : lors-

qu'une arête se trouve à l'intersection de deux faces égales, une facette unique qui la remplace est toujours également inclinée sur ces deux faces. Si l'arête se trouve, au contraire, entre deux faces inégales, la facette qui la remplace est toujours inégalement inclinée. C'est ce complément de la loi de symétrie qu'on veut indiquer en disant que les modifications se font de la même manière ou d'une manière différente.

Tout ce que nous avons dit à l'égard des arêtes doit être dit aussi des angles solides.

§ 45. **Exceptions apparentes.** — Il y a, cependant, quelques cas où les modifications se font autrement que nous ne venons de l'indiquer, et paraissent dès lors faire exception à la loi de symétrie; mais ces faits ne sont pas plus des anomalies que les autres; ils nous présentent seulement un nouvel ordre de phénomènes qui complète l'idée qu'on doit prendre des parties de même espèce ou d'espèces différentes. Établissons les faits.

1° Dans certains cristaux cubiques (boracite) dont les huit angles solides, par conséquent, sont géométriquement identiques, il arrive



qu'il n'y a que quatre de ces angles de modifiés, soit comme fig. 230, soit comme fig. 234; où, aux extrémités de chaque diagonale solide, il se trouve un angle modifié et un angle intact. Cette circonstance conduit, pour le premier cas, à un tétraèdre placé comme fig. 232, et, pour le second, à un tétraèdre placé comme fig. 233.

De ce que les angles solides étaient identiques et ne se modifiaient pas tous en même temps, on a conclu qu'il y avait exception à la loi de symétrie. Mais on peut penser également que si tous les angles sont géométriquement identiques, ils ne le sont pas physiquement et que sous ce rapport la loi de symétrie subsiste. Cela dépendra de la forme de la molécule; car si l'on suppose par exemple que le parallépipède de la boracite est composé de petits tétraèdres rangés en files de manière qu'une base corresponde à un angle solide et le sommet à l'angle opposé; il est clair que ces angles seront physiquement d'espèces différentes: la loi de symétrie veut alors que l'un puisse être modifié sans l'autre.

2° Dans les prismes à bases d'hexagone régulier on trouve quelque chose de semblable. Toutes les arêtes latérales sont égales et géométriquement identiques, toutes les arêtes des bases offrent entre elles la même identité; enfin, tous les angles solides sont

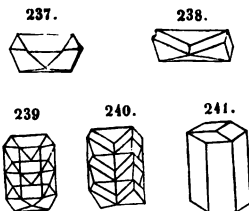
égaux : donc, d'après la loi de symétrie, toutes les arêtes des bases doivent être modifiées en même temps de la même manière ; et il en est de même des arêtes latérales, ainsi que des angles solides : c'est, en effet, ce qui existe dans beaucoup de substances, par exemple, dans l'émeraude.

Mais il y a des corps pour lesquels les choses se passent autrement. Dans quelques-uns, le prisme hexagone se modifie seulement sur trois arêtes alternatives



des bases, fig. 234, ou sur trois angles, fig. 235 (calcaire, rubis, saphir) ; ailleurs, il n'y a de modifications que sur trois arêtes alternes latérales, fig. 236 (tourmaline).

Tout cela a été considéré comme autant d'exceptions à la loi de symétrie ; et cependant, en prenant les structures en considération, on voit que cette loi est parfaitement conservée. Ainsi les prismes qui se modifient sur toutes les parties géométriquement identiques peuvent être considérés comme formés de petites molécules prismatiques de même espèce, ou de prismes triangulaires équilatéraux. Ceux qui ne se modifient que sur la moitié des angles solides ou bien sur la moitié des arêtes des bases, sont formés de molécules rhomboédriques, modifiées au sommet et sur les parties latérales, fig. 237 ou 238, et empilés dans le sens de leur axe, fig. 239 ou 240.



Quant aux prismes qui se modifient sur trois des arêtes latérales, on pourrait les considérer, par exemple, comme composés de trois prismes rhomboïdaux de 60° et 120° , fig. 241, dont l'ensemble présenterait alors latéralement trois arêtes d'une espèce, et trois autres physiquement différentes ; il y aurait de même deux espèces d'angles solides sous le rapport physique. Mais pour parvenir ainsi à fixer une forme aux molécules composantes, il faut connaître exactement toutes les propriétés du cristal, afin de les mettre toutes en harmonie par le choix qu'on doit faire, et ce ne peut être que le résultat d'une étude très-approfondie.

3° *Dodécaèdre pentagonal et icosaèdre.* — Il y a des cubes qui offrent aussi des propriétés telles que leurs arêtes, qui sont toutes modifiées à la fois, et géométriquement de la même manière, présentent, en outre, ce caractère que la facette produite est inégale



242.

ment inclinées sur les faces adjacentes, d'où il suit que ces faces ne sont pas physiquement identiques; en effet, elles sont souvent striées, comme fig. 242, et de manière que les stries d'une face sont perpendiculaires à celles de l'autre.

Quelle que soit la forme moléculaire qui puisse rendre compte de ces différences, la modification des arêtes du cube, fig. 243, par une seule face conduit à un polyèdre que nous n'avons pas encore



243.



244.

aperçu; c'est un dodécaèdre pentagonal, fig. 244, qui est caractérisé par des inclinaisons mutuelles d'environ 127° entre certaines faces, et d'environ $113^\circ 30'$ entre les autres¹. Ce polyèdre, en se combinant avec les modifications des angles solides du cube, en produit un autre composé de vingt faces triangulaires, fig. 245 : c'est un icosaèdre formé de huit triangles équilatéraux, correspondant aux faces de l'octaèdre,

et de douze triangles isocèles; en quoi il diffère de l'icosaèdre de la géométrie, dont tous les triangles sont équilatéraux. Souvent les faces de l'octaèdre sont fort agrandies par rapport aux autres, et le solide se présente comme fig. 246. On voit également dans cette figure que les arêtes de l'octaèdre ne sont pas toutes de même espèce, puisque les modifications se réduisent à deux à chaque sommet.

§ 46. **Dimorphisme et isomorphisme.** — Il résulte nécessairement de ce que nous venons de voir, que les formes cristallines doivent offrir un puissant moyen de distinction dans les corps bruts qui en sont susceptibles; les uns appartenant alors à un système déterminé, les autres à un système différent; tous offrant d'ailleurs des dimensions relatives particulières dans les formes primitives qu'il faut adopter pour les représenter.

Cependant il existe deux phénomènes remarquables qui restreignent beaucoup l'importance de ces formes : ce sont ceux qu'on désigne sous les noms de *dimorphisme* et d'*isomorphisme*.

Le *dimorphisme* est la faculté que possèdent quelques substances, identiques par leur nature, de cristalliser sous des formes qui appartiennent à des systèmes différents. Il en existe aujourd'hui plusieurs exemples; mais le plus anciennement connu est fourni par la

¹ Le dodécaèdre pentagonal de la géométrie a toutes ses faces inclinées entre elles de $116^\circ 33' 32''$; tous les angles plans sont de 108° . Dans le dodécaèdre pentagonal naturel, il y a deux angles plans de $106^\circ 37'$, deux de $102^\circ 38'$ et un de $121^\circ 30'$.

Pierre calcaire, qui, d'un côté, cristallise dans le système rhomboédrique, où elle forme le *spath d'Islande*, et de l'autre, dans le système prismatique rectangulaire droit, où elle forme ce qu'on nomme l'*aragonite*. Ces variations de systèmes entraînent le changement de toutes les autres propriétés physiques de la substance : la dureté, le poids spécifique, les caractères optiques, etc.

L'*isomorphisme* consiste en ce que des corps de diverse nature affectent souvent la même forme, ou du moins des formes du même genre, qui ne diffèrent que par les dimensions relatives de leurs diverses parties. Cette propriété tient à ce que certains corps simples, avec des caractères particuliers qui les distinguent, ont aussi des propriétés communes qui les rapprochent ; et entre autres celle de donner la même forme aux composés d'un même ordre qu'ils peuvent former avec des corps déterminés, § 446, 453. C'est ainsi que le soufre et le sélénium produisent des corps identiques par la forme, en se combinant avec le plomb, l'argent, le zinc, etc. ; que les oxydes de fer, de manganèse, de chrome, d'aluminium, etc., présentent une série de corps identiques à tel degré d'oxydation, une autre série à un degré différent, et qu'en se combinant avec un acide, ils constituent aussi des sels qui se ressemblent complètement sous ce rapport.

Causes des variations des formes dans chaque système, et des changements de système.

§ 47. **Variations dans un même système.** — S'il est évident que dans chaque système cristallin il peut exister des formes très-variées, on se demande naturellement comment il se fait qu'un même corps, en cristallisant, puisse prendre tantôt une de ces formes, tantôt l'autre. Cette question m'a conduit autrefois à faire beaucoup de recherches sur les sels qu'on peut dissoudre et faire cristalliser à volonté. J'en ai tiré ce fait général, que ces variations dépendent de la nature du liquide qui sert de dissolvant, des matières qu'il peut renfermer en même temps que celles qui cristallisent, et de la température. En voici des exemples :

Résultats de laboratoire. — L'alun du commerce, épuré par plusieurs cristallisations successives, finit par donner, dans l'eau pure, des octaèdres très-nets, et complets dans toutes leurs parties. Mais si à une telle solution on ajoute quelque autre sel, quelque acide ou quelque base, on obtient des cristaux modifiés, ou même entièrement différents. Avec l'acide azotique, les quatre angles solides de l'octaèdre sont chacun remplacés par une face. Avec l'acide chlor-

hydrique, on obtient les facettes qui conduisent à l'icosaèdre. L'acide borique détermine la formation de cristaux cubiques; quelques gouttes de carbonate de potasse ou d'ammoniaque, ou même un carbonate en poudre agité dans la liqueur, produisent le même résultat. Une solution saturée à 400° ne produit que des cristaux octaèdres; mais saturée en vase clos à des températures plus élevées, elle donne lieu en refroidissant à des dodécaèdres rhomboïdaux et à des trapézoèdres. On peut donc obtenir de l'alun sous des formes très-variées, qui tiennent entièrement aux circonstances dans lesquelles ce corps a cristallisé. Tous les autres sels présentent de même des modifications diverses quand on fait convenablement varier la nature du liquide et la température.

Circonstances analogues dans les minéraux. — Les cristaux naturels présentent des variations qui semblent indiquer des circonstances analogues à celles que nous venons de citer. En effet, les formes d'un même minéral sont différentes suivant la nature des substances qui l'accompagnent, et par conséquent avec lesquelles il a cristallisé, à tel point que depuis longtemps les minéralogistes reconnaissent les localités de certains minéraux par les formes seules qu'ils présentent. C'est ainsi qu'ils distinguent le calcaire cristallisé du Harz de celui du Derbyshire, les cristaux de cette substance qui proviennent des montagnes calcaires de ceux des filons ou des différents gîtes métallifères, le minerai de fer cristallisé de l'île d'Elbe de celui de Framont dans les Vosges, l'aragonite des mines de fer de celle des argiles salifères, etc.

§ 48. *Changement de système.* — Le dimorphisme paraît tenir également aux circonstances dans lesquelles se fait la cristallisation. Ainsi le soufre dissous dans le carbure de soufre donne, par l'évaporation, des cristaux en octaèdre rhomboïdal droit; mais le soufre fondu cristallise, par refroidissement, dans le système prismatique oblique. Le cuivre précipité d'une solution saline sur une lame de fer, offre des cristaux du système cubique, et le cuivre fondu cristallise dans le système rectangulaire. Le sel commun, qui dans l'eau cristallise en cube, m'a paru donner, par la fusion, des octaèdres rhomboïdaux; mais la masse se remplit bientôt de fissures parallèles aux faces du cube. Le carbonate de chaux paraît cristalliser en rhomboèdre dans l'eau froide, et en prisme rhomboïdal (cas de l'aragonite) dans les eaux chaudes. Des solutions saturées de certains sels peu cristallisables, dans lesquelles on en fait ensuite dissoudre un qui cristallise promptement, forcent ce dernier à prendre les formes qui conviennent à l'autre.

Il est à remarquer que, sous les formes extraordinaires qu'une

substance est ainsi susceptible d'admettre, l'arrangement ne se trouve pas à un état d'équilibre stable; ainsi les sels qu'on a forcés de cristalliser sous une forme qu'ils ne prennent pas ordinairement, tombent promptement en poussière; les matières fondues qui n'ont pas un très-haut degré de cohésion se remplissent bientôt de fissures, qui indiquent un changement intérieur de cristallisation, ce qu'on remarque dans le sel commun et le soufre fondus. L'aragonite ne résiste pas à la chaleur rouge, comme le spath d'Islande, car à peine est-elle chauffée qu'elle se boursoufle et se désagrège. Il suffit souvent d'une faible élévation de température pour changer toute la structure intérieure d'un corps, sans même qu'aucune variation se manifeste au dehors, ce qu'on remarque, par exemple, en chauffant des cristaux de sulfate de zinc, etc. On ne s'aperçoit de ces changements que par des fissures régulières intérieures, ou par les variations des propriétés optiques.

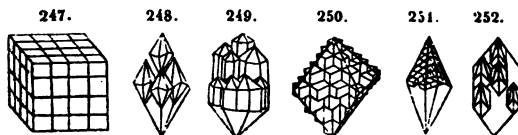
§ 49. **Observations sur l'isomorphisme.** — L'isomorphisme a souvent aussi quelque chose qui tient aux circonstances extérieures: c'est ce qui a lieu dans les sels qui renferment de l'eau dans leur composition. La quantité de ce liquide varie en général suivant la température à laquelle la cristallisation se fait, et une quantité déterminée se combine pour un sel à une température fixe, et pour un autre à une température différente. Or, il n'y a isomorphisme que pour des compositions identiques; par conséquent deux sels hydratés sont ou ne sont pas isomorphes, suivant qu'ils ont cristallisé ou non à la température qui convient à chacun d'eux. La présence d'un autre sel dans la solution facilite souvent la combinaison de l'eau dans des proportions déterminées: c'est ainsi que le sulfate de cuivre, lorsque la solution renferme du sulfate de fer, prend la forme de ce dernier, et par conséquent une quantité d'eau différente de celle qu'il contient ordinairement.

Cristaux groupés.

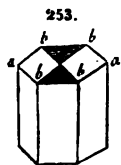
§ 50. **Groupes divers.** — Les cristaux sont quelquefois isolés, mais le plus souvent ils sont groupés entre eux de diverses manières, tantôt régulièrement, tantôt au hasard.

Les groupes sont réguliers toutes les fois que les cristaux se réunissent par leurs faces homologues: il en résulte des cristaux plus volumineux, tantôt de même forme que les petits cristaux composants, tantôt complètement différents. C'est ainsi que de petits cristaux cubiques, scalénoèdres, prismatiques pyramidés, etc., constituent de gros cristaux de même espèce, fig. 247 à 249, ou bien

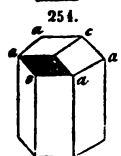
des cristaux très-différents, fig. 250 à 252. La plupart des gros cristaux montrent clairement qu'ils sont ainsi formés; souvent une de leurs parties est parfaitement nette, tandis que l'autre présente l'échafaudage grossier qui les compose.



§ 54. Groupe de prismes rhomboidaux. — Les prismes à bases rhombes sont très-sujets à se grouper, et produisent, dans quelques substances (aragonite, céruse), des cristaux composés très-remarquables.



1° Deux prismes se réunissent par les arêtes latérales, fig. 253, et l'intervalle se remplit par des demi-prismes de la même espèce; d'où résulte un groupe hexagone qui a deux angles opposés a d'une espèce, et quatre angles b d'une autre.



2° Deux prismes s'accolent par les faces, fig. 254, et l'intervalle se remplit par un prisme dérivé du premier, d'où résulte un autre prisme hexagone qui a quatre angles a de l'espèce précédente, et deux angles c d'une autre espèce.



Quelquefois l'intervalle se remplit de petits cristaux de même espèce qui viennent se presser sur une ligne moyenne, et laissent entre eux un angle rentrant d , fig. 255; d'où résulte un prisme qui a deux angles de l'espèce a , et trois de l'espèce c .

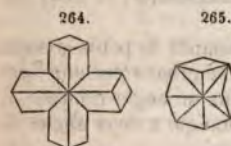
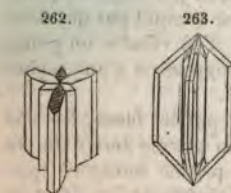
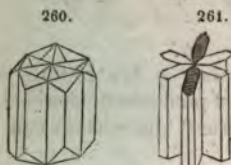
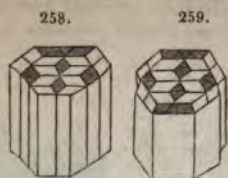


3° Il arrive souvent aussi que les prismes se réunissent d'une manière encore plus compliquée, comme fig. 256, où l'on voit deux des groupes fig. 254, et quatre cristaux en dehors qui laissent entre eux des intervalles remplis par des prismes dérivés. Le prisme résultant a quatre angles de l'espèce a et deux de l'espèce c . Quelquefois ce sont les groupes fig. 255 qui se réunissent, et l'ensemble, fig. 257, présente deux angles rentrants.



4° Autour du groupe précédent il se réunit souvent encore des

cristaux, soit d'un seul côté, fig. 258, soit des deux à la fois,



il s'en réunit quatre pour former une croix rectangulaire. Il en est de même dans les prismes carrés ou rectangulaires.

§ 52. **Groupes d'octaèdres.** — Les octaèdres, en se réunissant, produisent aussi des groupes de divers genres : par exemple, certains octaèdres, déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces,

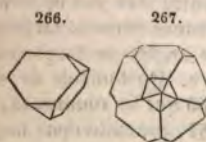


fig. 259; dans l'un et l'autre cas l'ensemble prismatique offre des angles rentrants. Il se fait enfin des groupements tellement compliqués qu'on ne peut plus les décrire.

Dans ces divers cas les prismes réunis sont tantôt simples à leurs sommets, tantôt modifiés de diverses manières. Dans le premier cas, les groupes résultants ont des bases assez nettement terminées, quoique striées dans différents sens. Dans le second, les modifications des prismes élémentaires se dessinent en creux et en relief sur les bases du groupe fig. 260.

5° Les prismes élémentaires qui se réunissent sont quelquefois modifiés profondément sur les arêtes latérales; il en résulte la configuration fig. 261, si tous les prismes ont la même étendue, ou fig. 262, si trois d'entre eux restent très-petits. Lorsque les prismes sont modifiés à leurs sommets, il en résulte une sorte de carcasse de prisme pyramidé, fig. 263.

6° Les prismes rhomboïdaux se réunissent quelquefois aussi par les modifications de leurs sommets; c'est ainsi que dans la *staurotide*, fig. 264 ou 265,

fig. 266, pourraient produire un groupe complet, fig. 267, présentant une double pyramide pentagonale, creusée au sommet, et avec des angles rentrants sur ses angles latéraux.

Cette pyramide n'est complète et régulière que dans le cas où les

faces par lesquelles les octaèdres se groupent sont inclinées entre elles de 72° : pour des angles plus petits, jusqu'à 60° , il reste un vide qui se remplit irrégulièrement; pour des angles plus grands, il ne peut se réunir que quatre cristaux, qui laissent un vide entre eux tant qu'ils n'atteignent pas l'inclinaison de 90° .

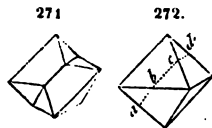
Transposition, hémitropie.

§ 53. *Définition.* — Il y a des groupements qui se font entre deux cristaux avec des circonstances particulières; les choses se passent comme si un cristal unique avait été coupé en deux, et qu'une moitié eût fait un sixième de révolution, ou même une demi-révolution sur l'autre : c'est ce qu'on nomme *transposition* pour le premier cas, et *hémitropie* (moitié de révolution) pour le second. Ces sortes de groupements prennent fréquemment le nom de *macles*, qu'on donne souvent aussi aux groupes précédents.

§ 54. *Groupe d'octaèdres.* — Lorsqu'on réunit deux octaèdres réguliers comme fig. 268, les faces de l'un étant parallèles à celles de l'autre, les sommets débordent en saillie. On a plus de régularité

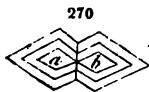
en les réunissant de manière que les arêtes de même espèce coïncident entre elles, fig. 269, et seulement, alors, les faces ne sont plus parallèles. Or, dans ce cas, l'un des solides a tourné sur l'autre de 60° , ou un sixième de circonférence, et il y a transposition.

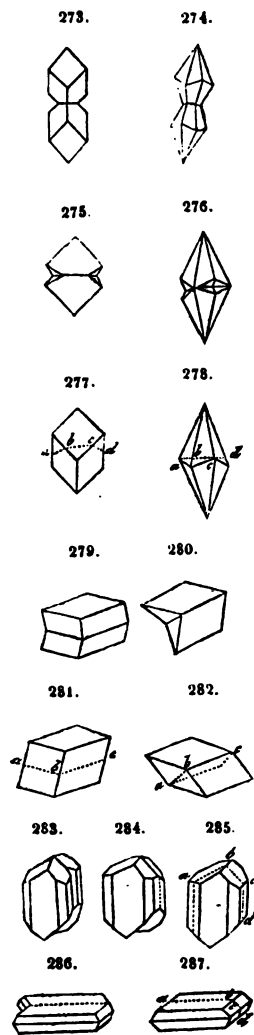
C'est ce dernier mode de groupement qui est adopté par la nature; mais il arrive que les solides ne conservent pas les proportions régulières de leurs faces, et que le plan de jonction s'élargit considérablement¹.



Le groupe se présente alors comme fig. 271, et les choses se passent comme si le cristal fig. 272 avait été coupé, entre deux faces opposées, par un plan parallèle, $a b c d$, et qu'une moitié eût tourné sur l'autre.

¹ Cette extension tient à l'accroissement qui se fait après la première réunion des deux petits solides. Par exemple, si deux petits cristaux a et b , fig. 270, se réunissent par le sommet, ils ne se touchent que par un point; mais si le groupe s'accroît ensuite par des couches qui l'enveloppent de toutes parts, le plan de jonction s'étendra successivement, et l'ensemble prendra une figure où l'on ne reconnaîtra bientôt plus les formes composantes.





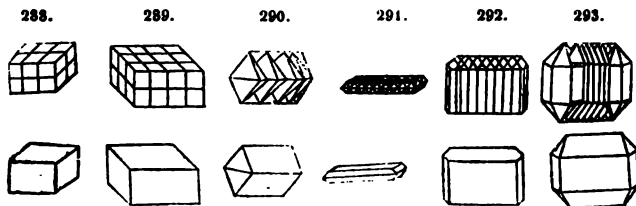
§ 55. **Groupes de rhomboédres et de scalénoédres.** — Dans tous les systèmes de cristallisation, on trouve diverses sortes de groupements analogues, mais les rhomboédres, les scalénoédres, etc., en offrent de particuliers. Ils se réunissent souvent deux à deux par des plans perpendiculaires à l'axe, fig. 273, 274; et les plans de jonction étant très-étendus, les groupes se présentent comme fig. 275, 276. Les choses se passent alors comme si les solides complets, fig. 277, 278, avaient été coupés par un plan *abcd*, perpendiculaire à l'axe, et qu'une des parties eût tourné d'un sixième de circonférence sur l'autre.

Lorsque les réunions se font par des plans obliques ou parallèles à l'axe, il y a demi-révolution. Ainsi, les prismes obliques, les rhomboédres, réunis par leurs faces, ou par des faces produites sur les arêtes, donnent des groupes, fig. 279, 280, où, par suite de l'extension du plan de jonction, les choses se passent comme si les solides, fig. 281 et fig. 282, avaient été coupés par les plans *abc*, et qu'une moitié eût fait une demi-révolution sur l'autre.

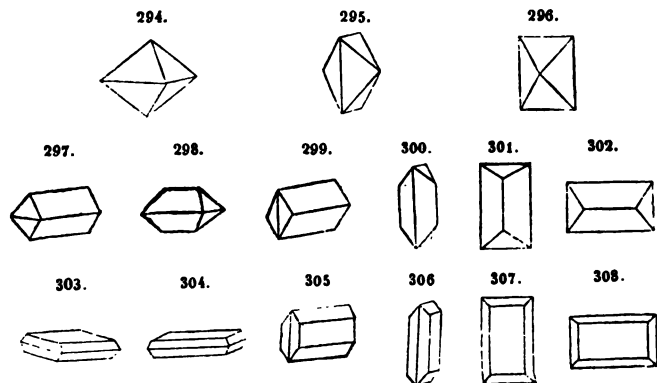
§ 56. **Groupes de prismes.** — Les prismes divers se groupent souvent aussi en sens inverse, par exemple, fig. 283; mais, par suite de l'extension du plan de jonction, le groupe se présente comme fig. 284, et les choses se passent comme si un cristal, fig. 285, avait été coupé par un plan *abcd*, et qu'une moitié eût fait une demi-révolution sur l'autre. C'est la même chose dans le groupe fig. 286, qui provient du solide fig. 287.

Cristaux déformés et oblitérés.

§ 57. **Cristaux élargis ou allongés.** — Il arrive souvent que les groupements de petits cristaux s'étendent plus d'un côté que d'un autre, et dès lors le cristal résultant prend aussi plus d'extension par certaines faces que par d'autres. C'est ainsi que des cubes peuvent se grouper de manière que le solide prenne l'apparence d'un prisme carré ou rectangulaire, fig. 288 ou 289 ; que des octaèdres, simples ou basés, s'allongent dans un sens ou dans l'autre, fig. 290 et 291 ; que des prismes, simples ou pyramidés, se présentent comme des plaques, fig. 292 ou 293, simples ou modifiés. Des cristaux prismatiques s'allongent de même en se plaçant les uns au bout des autres de manière à prendre la forme capillaire, etc.



C'est toujours par des groupements que les cristaux s'allongent ou s'élargissent, comme par exemple les octaèdres, fig. 294 à 296, qui se modifient comme fig. 297 et 298, 299 et 300, 304 et 302. Les configurations tabulaires, fig. 303 à 308, ne sont encore que ces



mêmes cristaux élargis ou allongés, qui se trouvent modifiés alors sur les arêtes et sur les angles, comme quand ils sont régulièrement proportionnés. Ces variations des mêmes formes, ainsi que les cristaux tabulaires qui s'y rattachent, se trouvent principalement dans les systèmes prismatiques, et surtout dans les divers octaèdres qui en dérivent.

§ 58. **Cristaux à faces creuses.** — Un autre genre de difformité des cristaux consiste en ce que les arêtes seules sont nettement constituées, fig. 309, et que les faces sont irrégulières, souvent

309.



même creusées jusqu'au centre du solide. Cet effet se produit souvent dans nos laboratoires, lorsque des solutions très-concentrées cristallisent avec rapidité. On l'obtient constamment aussi en faisant cristalliser une solution concentrée dans une matière pulvérulente un peu lourde. C'est probablement de cette dernière manière que la chose a lieu dans la nature ; car, tous les cristaux qui offrent cette particularité se trouvent au milieu des sables et des argiles, où ils se sont évidemment formés.

§ 59. **Macle de Bretagne.** — Si la cristallisation d'un sel se fait, dans nos laboratoires, au milieu d'une matière légère, celle-ci se trouve enveloppée dans le cristal et se place géométriquement dans des directions qui dépendent de la forme du polyèdre. C'est ce qu'on voit aussi dans plusieurs substances naturelles qui se trouvent

310.



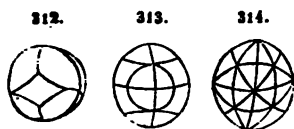
empâtées dans certains dépôts, et dont une des plus remarquables, qu'on nomme *macle*, fig. 310, a été trouvée d'abord en Bretagne, au milieu des schistes micacés. La matière noire de ces schistes s'est alors placée régulièrement au centre du cristal, comme aussi vers les angles, et suivant les diagonales. Beaucoup d'autres matières sont dans le même cas, telles que le *grenat*, l'*amphigène*, la *trémolite*, le *diamant*, etc.

§ 60. **Cristaux arrondis.** — Il arrive souvent aussi que les cristaux sont obliterés, que leurs faces, leurs arêtes, leurs angles, s'arrondissent et n'offrent plus cette régularité sous laquelle nous les avons jusqu'à présent étudiés. Les prismes hexagones ou octogones, dodécagones, présentent des configurations *cylindroïdes*, fig. 311, chargées, sur la longueur, de stries, parmi lesquelles on remarque çà et là quelques plans unis qui semblent indiquer que c'est à la multiplicité des facettes qu'on doit ce résultat. Les bases sont alors sensiblement circulaires.

311.

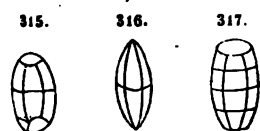


Dans les dodécaèdres rhomboïdaux, les trapézoèdres, etc., les faces



se bombent quelquefois, les arêtes deviennent curvilignes, et il en résulte des formes *sphéroïdales*, fig. 312 à 314, dont le grenat et surtout le diamant nous présentent de fréquents exemples.

Les rhomboédres obtus, les divers octaédres aplatis, et en général les solides surbaissés, prennent en se déformant des configurations *lenticulaires*; les scalénoédres, les dodécaédres bipyramidaux, les

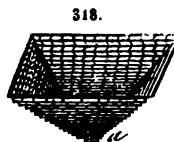


octaédres aigus, diversement modifiés, prennent des configurations *séminiformes*, *doliformes*, etc., fig. 315 à 317. Il existe une multitude de ces formes arrondies, dont le calcaire surtout nous offre de nombreux exemples.

§ 61. Les oblitérations paraissent assez souvent dues à la multiplicité des facettes sur les angles solides ou sur les arêtes; mais il paraît aussi y avoir d'autres causes. Dans nos laboratoires, il faut, pour obtenir des cristaux réguliers, que la solution soit concentrée à point et que la liqueur n'éprouve aucun trouble de la part des agents extérieurs; autrement tous les cristaux s'accroissent les uns sur les autres, et il en résulte soit une masse irrégulière, soit des cristaux élargis dans un sens ou dans l'autre. Pour que les cristaux déjà formés continuent à s'accroître régulièrement, il faut que l'évaporation se continue avec une rapidité convenable; si le degré de concentration reste stationnaire et, plus encore, si la liqueur attire l'eau d'une atmosphère humide, les cristaux formés sont attaqués; ils s'arrondissent alors sur les arêtes et sur les angles, et deviennent rugueux à la surface.

CONFIGURATIONS ACCIDENTELLES.

§ 62. *Trémies*. — Nous arrivons maintenant à des formes où la tendance des molécules matérielles à se réunir géométriquement est plus ou moins interrompue par des causes extérieures. La matière s'agrége alors sous des configurations irrégulières, qu'on peut regarder comme purement accidentelles relativement à celles dont nous venons de nous occuper.



Parmi ces formes, nous devons compter les *trémies*, fig. 318, qui tiennent encore à la cristallisation, en ce qu'elles sont composées de cristaux, mais dont

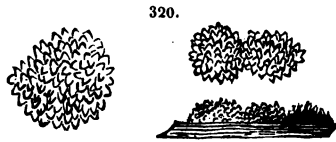
les circonstances étrangères règlent le groupement. Les trémi des pyramides creuses, composées de diverses zones de cr qui vont successivement en diminuant de la base au sommet se forment principalement à la surface des chaudières d'év tion, dans les ateliers où l'on prépare les sels en grand. C d'abord apparaît à la surface du liquide un petit cristal, s'enfonce plus ou moins suivant son poids spécifique relatif à celui du liquide. La partie de ce cristal qui reste à la surfa vient un centre autour duquel s'accroissent d'autres petits cr. qui s'arrangent en forme de cadres sur les bords du prem masse s'enfonce alors davantage, et il se forme un nouveau puis un troisième, un quatrième, etc. Enfin il en résulte la py creuse dont nous parlons, et dont l'angle dépend de la densi liquide où elle s'est formée. C'est de la même manière que



ment certains cornets calcaires, fig. 319, à la surface des eaux chargées de carbonate de chaux séjournent dans des cavités souterraines très profondes.

§ 63. **Forme par groupement.** — Si les cristaux se groupent souvent d'une manière régulière, il arrive fréquemment aussi qu'ils se réunissent au hasard, et produisent diverses configurations dentelles.

Rognons et mamelons cristallins. — On nomme ainsi des cristaux arrondis, ovoïdes, noueux, tuberculeux, etc., hérissés de



pointes cristallines, fig. 320, et qui sont composées de cristaux réunis vers un centre commun, déformés par la pression mutuelle, et de ce lieu à une structure lamellaire.

Quelquefois le groupement se fait à la surface des autres cristaux et produit alors ce qu'on nomme la *configuration mamelonnée ou lenticulaire*. Ces mamelons présentent quelquefois des formes lenticulaires ce qui a lieu surtout dans le groupement de certains cristaux lamellaires (sulfate de baryte, prehnite, etc.).

Les groupements en boules isolées ont probablement pour cause la résistance des milieux dans lesquels la matière cristalline agit, lorsque nous imbibons une matière terreuse assez légère d'une solution saline concentrée, il s'y forme soit des cristaux isolés soit des groupes sphéroïdaux de cristaux. Les groupes naturels paraissent être formés de même, car on les trouve toujours isolés dans des roches terreuses.

Dendrites. — On nomme dendrites des groupements irréguliers où les cristaux sont réunis en ramifications qui représentent plus ou

321.



moins celles des plantes : il en est qui sont saillantes de toutes parts, fig. 321 ; d'autres où les cristaux étendus à la surface des autres corps se dessinent légèrement en relief, comme la glace à la surface des vitres pendant l'hiver. Quelquefois ces cristaux sont allongés, déformés, creusés sur leurs faces, et la réunion forme alors ce qu'on nomme les configurations *spiculaires*.

C'est sans doute aussi par une cristallisation irrégulière, très-fine, que se forment certains dessins dendritiques, ou *herborisations*, ordinairement noirs, ou jaunâtres, sans épaisseur sensible, qu'on trouve entre les feuillets des matières schisteuses, ou dans des fissures étroites des matières compactes. Quelquefois ces dendrites pénètrent dans tout l'intérieur de la masse d'un corps, et c'est alors qu'on les a désignées sous le nom de *dendrites profondes*, en donnant aux autres, par opposition, le nom de *dendrites superficielles*.

Configurations coralloïdes. — Les dispositions qu'on nomme ainsi

322.



ne sont encore que des dendrites d'une nouvelle espèce ; elles sont produites par la réunion de petits cristaux que leur pression mutuelle a rendus capillaires, qui se disposent obliquement entre eux comme autour d'un axe, et dont il résulte des espèces de rameaux arrondis, entrelacés de toutes les manières, qu'on peut comparer aux branches du corail, tant par leur forme que par la manière dont ils s'anastomosent. Ces dispositions, fig. 322, se forment ordinairement sur les parois latérales ou sur le sol même des cavités souterraines.

Les configurations dendritiques se manifestent le plus souvent, dans nos laboratoires, par la fusion et par la volatilisation. Dans les solutions aqueuses peu concentrées, et dont une atmosphère humide retarde l'évaporation, ou même apporte constamment de nouvelle eau, il arrive aussi que les sels grimpent sur les parois des vases par un effet d'action capillaire ; ils y forment alors des végétations cristallines, qui se ramifient de diverses manières, surtout lorsque la substance parvenue au haut du vase, commence à se porter au dehors. Les cristaux sont alors plus ou moins déformés, et leurs groupements se rapprochent surtout des configurations coralloïdes.

§ 64. **Résultats du mouvement des eaux.** — Le mouvement imprimé au liquide au moment de la consolidation des matières qu'il tient en solution, détruit complètement la cristallisation, et produit des formes qui en sont indépendantes : c'est ce qui a lieu dans les *stalactites* et dans les *pisolites*.

Stalactites. — La stalactite est une masse configurée en cône plus ou moins allongé, tantôt pleine, tantôt creuse à l'intérieur, et dont la surface est lisse, ondulée ou tuberculeuse. Elle se forme de haut en bas à la paroi supérieure des cavités souterraines par le suintement des eaux chargées de matières en solution.



323.

Les premières gouttelettes, *a*, qui arrivent à la voûte de la cavité, fig. 323, laissent, en s'évaporant, un petit anneau de matière solide, qui s'accroît par les gouttelettes suivantes, et forme bientôt un tube mince. Les parois de ce tube se couvrent de nouvelles matières à mesure que le liquide passe sur elles ; mais l'intérieur, dont l'espace est limité, se remplit promptement, et l'extérieur seul prend de l'accroissement : il en prend davantage à la partie supérieure, où le

liquide commence toujours par déposer avant d'arriver plus bas, et de là la forme conique de la masse après quelque temps.

Les gouttes qui tombent de la stalactite sur le sol, n'étant pas entièrement privées de particules matérielles, forment encore d'autres dépôts nommés *stalagmites*, qui s'accroissent surtout sous la verticale ; il en résulte des protubérances qui finissent souvent par se joindre aux stalactites, et par produire des colonnes qui semblent faites exprès pour soutenir la voûte de la cavité.

Les suintements sur les parois latérales donnent aussi lieu à des dépôts saillants, isolés, en forme de draperies ondulées, festonnées et plissées de toutes les manières, qu'on désigne sous le nom de configurations *panniformes*.

Ces différents effets se manifestent surtout en grand dans les cavernes, ou grottes, des montagnes calcaires, qui attirent partout l'attention des curieux.

Pisolites. — Les pisolites sont des globules, formés de couches concentriques minces, fig. 324, qui sont produits par des eaux chargées de matières en solution, et douées d'un mouvement capable de soulever continuellement les grains de sable déposés sur leur passage. Chacun de ces grains se recouvre alors de pellicules successives de la



324.

matière dissoute, et s'accroît en prenant la forme sphéroïdale, jusqu'à ce que, devenu trop lourd pour être mis en mouvement, il tombe au fond du liquide, où plus tard il est agglutiné avec ceux qui l'ont précédé. Ce phénomène se présente habituellement aux eaux de Vichy en Auvergne, de Karlsbad en Bohême, de Saint-Philippe en Toscane, etc. Fréquemment, chaque pisolite a pour centre un grain de matière étrangère; mais ce n'est pas une condition essentielle, car ce grain initial peut être une particule même de la substance qui se dépose.

Cailloux roulés. — Les eaux en mouvement produisent aussi sur les matières qu'elles arrachent aux montagnes, et qu'elles charrient plus ou moins loin, un grenaillement qui les arrondit; de là l'origine des cailloux roulés, sous la forme desquels un grand nombre de substances se présentent: circonstance qu'il ne faut confondre ni avec la formation des pisolites, ni avec celle des cristaux arrondis dont nous avons parlé § 60, 61.

§ 65. *Résistance des milieux. Bombes volcaniques.* — La résistance des milieux dans lesquels les matières se consolident conduit aussi à des formes arrondies, noueuses, tuberculeuses, etc., quelquefois capillaires. C'est ainsi que les matières volcaniques, en coulant sur la pente des montagnes, y forment des espèces de stalactites et des scories torsées; que les portions de matières fondues lancées dans les airs y prennent des formes arrondies, qu'on a nommées *bombes volcaniques*, et que parfois, lorsqu'elles sont à l'état de fusion complète, elles s'y divisent en une multitude de filaments capillaires (verre capillaire de l'île Bourbon).

Rognons. — Les substances qui se consolident au milieu des matières molles doivent aussi à la résistance de celles-ci des configurations réniformes, qui sont lisses à la surface lorsque la matière ne cristallise pas, et hérissées de cristaux lorsqu'elle possède cette propriété. Le premier cas se fait remarquer, par exemple, dans les *silex de la craie*, le second se montre dans beaucoup de matières diverses, comme dans les groupements en boule que nous avons cités § 63.

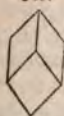
Géodes. — Quelquefois les rognons de silex, comme aussi de plusieurs autres matières, sont creux à l'intérieur, et on leur donne le nom de *géodes*. La cavité est assez souvent tapissée de cristaux ou de stalactites, ou remplie de matière pulvérulente; celle-ci, en se desséchant, subit fréquemment un retrait qui la sépare des parois de la cavité, où dès lors elle peut remuer: c'est ce qu'on a remarqué surtout dans certains minerais de fer, dont les rognons ont été nommés *pierres d'aigle*.

§ 66. **Filets capillaires.** — Si les cristaux, en s'allongeant, peuvent devenir capillaires, il existe aussi des filaments irréguliers qui se forment accidentellement. D'abord on trouve des filets métalliques dans les cellules de certaines scories de nos usines, dont on peut expliquer facilement l'origine. Ces scories, de nature vitreuse, se consolident plus vite que les globules métalliques liquides qu'elles renferment; diminuant alors de volume, la matière presse fortement sur le métal qui s'échappe dans les cellules vides voisines, à travers les pores qui se sont formés, et par lesquels il est configuré en filaments. C'est probablement ainsi que se sont formés les filaments d'argent, de cuivre, de sulfure d'argent, etc., qu'on trouve dans le sein de la terre.

Il se fait aussi quelque chose d'analogue par la voie humide. Si une solution saline se trouve enfermée dans un vase poreux, il se forme à la surface extérieure une multitude de filets déliés du sel. Dans ce cas, on conçoit qu'il arrive par chacun des pores une gouttelette liquide qui dépose une particule saline en s'évaporant; une autre gouttelette dépose une nouvelle particule sous la première, qui est alors poussée en avant, etc., et de cette manière il se forme bientôt un filet de plus en plus long. On reconnaît que c'est par la partie inférieure que ce filet s'accroît, en colorant son extrémité au moment où il commence à paraître. Le sel marin, la pierre à plâtre, la pierre calcaire, etc., nous offrent des filets, droits ou contournés, évidemment produits de cette manière.

§ 67. **Formes par agglutination.** — Lorsqu'un liquide chargé de matière en solution vient à passer ou à séjourner dans des dépôts de matières meubles, il en agglutine souvent une partie plus ou moins considérable, sous des configurations stalactitiques, réni-formes, ou même sous les formes cristallines propres à la substance dissoute. Le plus bel exemple de cette circonstance est celui que nous offrent les sables qui font partie des grès de Fontainebleau, et aussi des environs d'Apt en Provence. Des eaux chargées de carbonate de chaux, en s'infiltrant dans ces sables, les agglutinent de diverses manières, et fréquemment sous la forme de rhomboédres aigus, fig. 325, isolés ou groupés. Ce qui prouve que c'est bien à cette substance que la configuration est due, c'est qu'en dissolvant le calcaire par l'acide azotique, le sable reprend la forme pulvérulente. Beaucoup d'autres matières, telles que des argiles ferrugineuses, des oxydes de fer, certaines matières vertes nommées *chlorites*, ont de même été fréquemment entraînées par la cristallisation de diverses substances qui se sont

325.

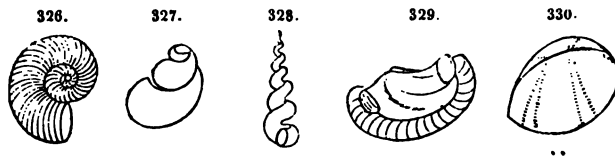


formées au milieu d'elles ; mais le plus souvent alors c'est la matière cristalline qui domine, tandis que dans l'exemple précédent la matière calcaire ne va quelquefois pas à vingt pour cent.

§ 68. **Formes par incrustation.** — Les eaux chargées de matières en solution déposent souvent sur les plantes, les animaux, les pierres, qui se trouvent sur leur passage, une couche solide plus ou moins épaisse, qui en conserve grossièrement la forme extérieure, c'est ce qui a lieu fréquemment par les eaux qui sourdent des montagnes calcaires, et qui sont chargées de carbonate de chaux. Plusieurs sources, en France et ailleurs, se trouvant à la portée des routes, sont particulièrement renommées pour ces effets, et les paysans ont soin d'y placer des nids d'oiseaux, de petits paniers de fruits, etc., qui s'incrusteront très-promptement, et qu'ils vendent aux curieux sous le nom fort impropre de pétrification. On profite mieux de ces eaux en les faisant jaillir sur des moules exécutés avec soin, où le dépôt se configure en jolis bas-reliefs. C'est ce qui a été fait jadis à Saint-Philippe en Toscane où les eaux déposent un calcaire pur et blanc, et dans ces derniers temps à Saint-Nectaire et Saint-Alyre près de Clermont-Ferrand.

On trouve fréquemment aussi des incrustations purement cristallines. Ce sont de petits cristaux symétriquement arrangés à la surface d'autres corps cristallisés, qu'ils recouvrent en totalité. Souvent les substances qui ont servi de support se trouvent accidentellement enlevées, et il ne reste que des carcasses creuses, formées par la matière qui les a incrustées.

§ 69. **Forme par moulage.** — Dans un grand nombre de cas, les formes que présentent les matières brutes sont le résultat d'un moulage dans des cavités préexistantes. Ici, ce sont des cavités produites par la destruction de certains cristaux, et remplies après coup de matières étrangères, qui offrent alors la configuration régulière d'autres minéraux; là, ce sont des cellules arrondies, remplies en tout ou en partie d'une matière ou d'une autre, qui présentent encore les configurations réniformes, amygdaloïdes, etc.; ailleurs, ce sont les cavités des corps organisés enfouis dans le sein de la terre, tels que diverses espèces de coquilles, fig. 326 à 329, des échinides, fig. 330, etc.



§ 70. **Épigénie.** — Il y a aussi des formes qui résultent de la substitution d'une substance à une autre par une opération chimique, et qu'on nomme plus particulièrement *épigénies*. Or certains faits que présentent les usages ordinaires, et d'autres que nous pouvons produire dans nos laboratoires, conduisent à concevoir ceux que nous offre la nature, quoique ici le principe réel nous soit souvent caché. Par exemple, les pièces d'argent qui ont séjourné longtemps dans les fosses d'aisances sont converties en sulfure d'argent, sans avoir perdu leur forme; un cristal de carbonate ou d'acétate de plomb, exposé pendant un temps suffisant dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, se trouve converti en sulfure de plomb, qui conserve la forme première; un cristal de sulfate de potasse, placé dans de la craie entretenue à un état légèrement humide, se convertit en sulfate de chaux, etc.

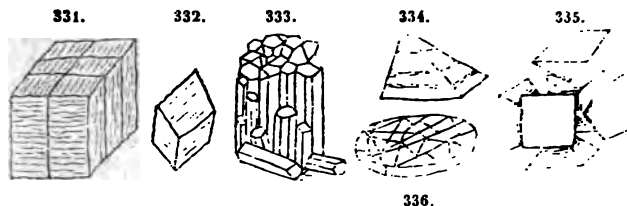
Il se fait des choses analogues dans la nature: des cristaux de carbonate, de sulfate, de phosphate de plomb, sont convertis en sulfure sans perdre leur forme; des cristaux d'oxyde de cuivre sont convertis en carbonate vert; des cristaux de sulfure de fer en peroxyde hydraté; des cristaux de carbonate et de sulfate de chaux en silice, etc.; par conséquent un grand nombre de substances offrent ainsi des formes qui ne leur appartiennent pas.

Véritables pétrifications. — C'est sans doute aussi par des substitutions analogues que le test des coquilles et des madrépores, qui sont de nature calcaire, certains animaux mous, les bois de diverses espèces, ont été convertis en silice dans le sein de la terre. La matière présente alors non-seulement la forme du corps, mais aussi tout son tissu intérieur, jusque dans ses parties les plus délicates; en sorte que les bois, par exemple, ont conservé toute la structure ligneuse, et, à la simple vue, pourraient être pris pour des bois à l'état naturel: c'est là ce qui distingue la véritable pétrification des matières incrustées ou moulées, auxquelles on donne improprement ce nom, § 68 et 69.

§ 71. **Formes par retrait.** — On sait que les matières pâteuses se gercent, et se fendent dans toutes les directions en se desséchant: c'est l'effet du retrait à mesure que l'eau s'échappe. Un grand nombre de matières exposées au feu présentent le même résultat, et les matières fondues, peu conductrices de la chaleur, produisent le même effet en se refroidissant.

On trouve beaucoup d'exemples de semblables phénomènes parmi les matières naturelles, qui se sont divisées, quelquefois sur une grande échelle (voyez les basaltes dans la *Géologie*), en parties polyédriques de diverses formes: il y a des espèces de

parallépipèdes droits ou obliques, fig. 331, 332; des prismes triangulaires, pentagones, hexagones, etc., fig. 333; des pyramides triangulaires, quadrangulaires, etc., fig. 334, qui quelquefois se réunissent vers un centre d'où le retrait semble avoir eu lieu, fig. 335.



Ce sont ces retraits, opérés dans des espèces de rognons terreux, qui ont produit ce qu'on nomme *ludus Helmontii*, fig. 336. Les vides occasionnés par les fentes se trouvent alors remplis par une matière étrangère plus ou moins dure, qui fait souvent saillie par suite de la destruction ou de l'usure de la matière fondamentale. Ailleurs, la matière première a été enlevée, et celle qui s'était déposée dans les fentes reste seule, en présentant alors une masse cellulaire comme un gâteau d'abeilles.

STRUCTURE DES CORPS BRUTS.

§ 72. De même qu'il y a deux sortes de formes, il existe deux sortes de structures : une *structure régulière polyédrique*, une *structure irrégulière ou accidentelle*.

§ 73. **Clivage.** — La structure régulière se manifeste lorsqu'on vient à briser certains cristaux : chaque fragment présente alors un petit polyèdre, et la poussière même de ces corps, considérée au microscope, est un assemblage de petits solides régulièrement terminés. C'est ainsi que le sel commun, le minerai de plomb, se brisent en petits cubes : que le fluor, le diamant, se brisent en octaèdres ; que le sulfate de baryte, la topaze, se brisent en prismes rhomboïdaux ; que la pierre calcaire cristallisée, le rubis et le saphir se brisent en rhomboèdres, etc. : ces divisions naturelles des corps sont généralement désignées sous le nom de *clivage* (de l'allemand *klöben*, fendre du bois).

Tous les corps bruts cristallisés n'ont cependant pas cette propriété : il en est beaucoup qui ne se brisent jamais qu'en fragments irréguliers, comme le cristal de roche, le grenat, l'émeraude, etc. Dans d'autres, il n'y a que deux directions de clivage, souvent

même une seule, et par conséquent point de solide déterminé. Souvent aussi les clivages ne se manifestent que par des miroitements qu'on aperçoit à l'intérieur du cristal.

L'observation des clivages est souvent très-utile pour distinguer les différents corps. C'est ainsi que le diamant, si caractérisé d'ailleurs, ne se confondrait pas avec le sel commun, quoique cristallisant dans le même système. A plus forte raison distinguera-t-on les substances de systèmes différents, lors même que les formes extérieures seront masquées ou détruites.

Le clivage détermine souvent des divisions en plaques plus ou moins épaisses, et l'on dit alors que la substance est *laminaire* ou même *feuilletée*. Il ne faut pas confondre ces divisions avec les structures analogues produites par agrégation, § 79.

§ 74. **Noyau central des cristaux.** — Nous ne devons pas négliger d'indiquer aussi un mode particulier de clivage, qui a conduit Haüy à l'idée d'un noyau central, dans les différents cristaux qu'un même corps peut présenter. Si l'on a, par exemple, un cristal cubique de fluorine, on trouve qu'il peut se cliver sur



chacun des huit angles solides, d'où, avec un couteau, on peut enlever une petite pyramide, à la place de laquelle apparaît une face triangulaire, fig. 337; on peut ensuite successivement enlever des lames parallèles à chacun de ces petits plans, et l'on arrive à former un octaèdre qui se trouve comme placé au centre du cristal.

Si l'on prend, au contraire, un octaèdre de galène (minerai de plomb), on remarque qu'il se clive sur les six angles solides, fig. 338, et qu'on peut également enlever des lames successives à chaque angle, ce qui conduit bientôt à un cube, qui, placé au centre



du cristal, semble avoir servi de point de départ. De même les scalénoèdres de carbonate de chaux (pierre calcaire) présentent trois clivages à leur sommet, fig. 339, et, en enlevant des lames suivant ces trois directions, on arrive à un rhomboèdre central qui semble avoir servi de base à la cristallisation. Tous les cristaux clivables présentent des phénomènes analogues.

D'après ces observations, Haüy a été conduit à concevoir dans chaque substance une *forme primitive*, ou *noyau*, et à expliquer l'existence de toutes les autres, qu'il a nommées *secondaires*, par des lames décroissantes diverses appliquées sur la première, précisément comme les lames qu'on peut enlever successivement.

§ 75. *Détermination des formes primitives.*—On sent maintenant que le choix de *a* forme type, ou primitive, qui doit représenter toute la cristallisation d'une substance, § 43, n'est pas indifférent. Il est naturel de prendre le solide de clivage dans les substances qui possèdent cette propriété; mais dans les corps qui ne se clivent pas, il faut généralement choisir la forme qui domine dans les cristaux qu'on connaît. Ainsi, on prendra l'octaèdre régulier pour l'alun, parce que c'est la forme généralement empreinte dans la cristallisation; tandis que, par la même raison, on prendra le dodécaèdre rhomboïdal pour le grenat, etc.

Dimensions relatives de la forme.—La forme primitive choisie, il faut en déterminer l'espèce, si elle n'appartient pas aux solides réguliers. Cela se fait en changeant en rapports de lignes les rapports angulaires qu'on trouve par la mesure de l'inclinaison des plans de modifications sur les faces de la forme adoptée.

Par exemple, dans l'idocrase, qui appartient au prisme carré, on trouve sur les arêtes supérieures, différents plans de modifications déterminés par les angles de $166^{\circ} 6'$, de $142^{\circ} 48'$, de $124^{\circ} 30'$, etc., qu'ils font avec la base. Soit donc *abcdef*, fig. 340, la coupe du prisme carré modifié sur les arêtes supérieures; *a b* sera un des plans modifiants dont nous venons de donner les inclinaisons sur la base *af*. Menons la verticale *ah* et l'horizontale *bh*, nous ferons un triangle dont l'angle en *a* aura pour mesure l'inclinaison donnée moins 90° . Pour le premier cas, l'angle *bah* vaut $76^{\circ} 6'$, et dès lors *abh* $13^{\circ} 54'$. Or, les sinus des angles étant comme les côtés opposés, on a sinus *bah* ($76^{\circ} 6'$) : sinus *abh* ($13^{\circ} 54'$) :: *bh* : *ah*.

Si l'on cherche les logarithmes de ces sinus, qu'on trouve de 9,987092 et 9,380624, puis les nombres correspondants qui sont 9707 et 2402, on aura le rapport numérique *bh* : *ah* :: 9707 : 2402, ou à peu près :: 12 : 3.

La seconde inclinaison donnée, diminuée de 90° , fournit pour *bah* $52^{\circ} 48'$, et pour *abh* $37^{\circ} 12'$; d'où l'on tire *bh* : *ah* :: 7966 : 6046 :: 4 : 3.

La troisième inclinaison donne *bh* : *ah* :: 5664 : 8241 :: 4 : 6.

Les plans de modification sont fixés par ces rapports de lignes tout aussi bien que par les angles, et d'une manière qui se prête mieux à la comparaison.

On voit que les longueurs *bh* et *ah* qui sont 12 et 3, 4 et 3, 4 et 6, sont liées entre elles numériquement, et que si on prend un des rapports pour point de départ, 4 à 3, par exemple, les autres se simplifieront. On peut regarder 4 à 3 comme le rapport de la base à la hauteur de la molécule prismatique, et dire alors que le plan incliné sur la base de $142^{\circ} 46'$, est déterminé par 1 molécule en largeur et 1 molécule en hauteur; que celui qui fait avec la base $166^{\circ} 6'$ est déterminé par 3 molécules en largeur et 1 molécule en hauteur, et enfin que le plan incliné de $124^{\circ} 30'$ est déterminé par 1 molécule en largeur et 2 en hauteur.

Le rapport 4 à 3 entre la base et la hauteur de la molécule caractérise donc le prisme carré de l'idocrase.

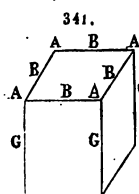
Dans l'oxyde d'étain, qui est du même système, les faces analogues présentent des angles de $150^{\circ} 34'$, de $136^{\circ} 30'$, de $97^{\circ} 40'$; or, en calculant comme précédemment on trouve :

$$\begin{aligned} bh : ah &:: 9430 : 3327 :: 11 \times 43 : 4 \times 41 \\ bh : ah &:: 7203 : 6883 :: 43 : 41 \\ bh : ah &:: 1334 : 9910 :: 43 : 8 \times 41 \end{aligned}$$

Le prisme de l'oxyde d'étain serait donc caractérisé, et distingué de celui de l'idocrase, par le rapport 43 à 41, de la base à la hauteur.

Nous nous bornerons à ces observations, qui doivent faire voir comment on peut prendre pour déterminer les dimensions des autres formes.

§ 76. *Signes des formes secondaires.* — Pour compléter l'idée de la cristallisation d'une substance, il ne faut plus qu'indiquer les lois suivant lesquelles se placent les différents plans de modification, et d'où résultent toutes les formes secondaires. Pour cela, il suffit de donner les rapports des lignes par lesquelles on peut fixer ces plans : par exemple, ayant établi pour l'idocrase un prisme carré dont la base est à la hauteur dans le rapport de 4 à 3, on ajoutera que pour l'un des plans de modification les lignes de position sont de 1 hauteur de molécule et 1 largeur ; pour une autre, 1 hauteur et 3 largeurs ; pour une troisième, 2 hauteurs et 1 largeur, etc.



Pour s'exprimer plus facilement, on désigne chaque espèce de partie de la forme primitive par une lettre particulière, comme fig. 341, et on place le rapport en exposant au-dessus de la lettre. Ainsi dans le cas présent, nous indiquerons les différents plans qui

se produisent sur les arêtes B par les signes $B^{\frac{1}{1}}$, $B^{\frac{1}{3}}$, $B^{\frac{2}{1}}$, etc., en convenant que le numérateur exprime toujours la hauteur. On peut même supprimer le dénominateur quand il est l'unité, et

écrire plus simplement B^1 , B^3 , etc. On indiquerait d'une manière analogue les modifications sur les autres parties.

Pour l'oxyde d'étain, dans lequel la base est à la hauteur dans le rapport de 43 à 41, on aurait pour expression des différentes lois de modifications sur les arêtes des

bases les signes $B^{\frac{43}{41}}$, B^4 , B^8 , etc.

En comparant ces deux séries de signes, on voit facilement que les lois qui régissent les modifications d'une des substances ne sont pas celles qui régissent les modifications de l'autre.

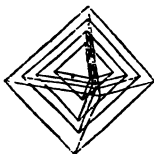
On conçoit qu'après avoir ainsi établi les lois des modifications qu'on connaît dans une substance, on peut théoriquement imaginer tous les intermédiaires, et calculer d'avance les inclinaisons des faces qu'il est possible de rencontrer.

§ 77. *Structure par groupement régulier.* — Outre le clivage régulier, on observe quelquefois encore dans les gros cristaux une autre sorte de structure, qui tient à la manière dont s'agrègent les petits cristaux qui les composent si souvent. C'est ainsi que, dans les groupements que nous avons indiqués, § 50, il peut exister d'un côté le clivage dans chacun des cristaux composants, de l'autre une structure particulière qui résulte et de leurs formes et de leur mode d'agrégation. Cette dernière structure, souvent invisible à l'œil, se manifeste dans les phénomènes optiques dont nous parlerons bientôt.

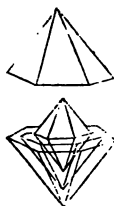
§ 78. *Structure par accroissement régulier.* — Nous avons fait observer que les cristaux s'accroissent souvent après leur première formation, § 3, soit en conservant leur forme première, fig. 342 et 343 ; soit en changeant successivement, comme fig. 344, où l'on voit d'abord un octaèdre, puis un cube, puis un dodécaèdre, qui lui-même est encore enveloppé dans un cube. Nous trouvons assez fréquemment des phénomènes de cette espèce dans la nature, et il s'en présente de semblables dans nos laboratoires, où les accroissements sans variation de formes s'obtiennent en conservant con-

stamment la même nature de solution saline, et les autres en faisant varier la nature du liquide dans lequel la cristallisation a lieu.

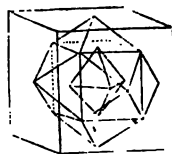
342.



343.



344.



Ces circonstances donnent lieu à des structures particulières, souvent très-compiquées, dans l'intérieur des cristaux. Quelquefois les divers accroissements peuvent se déboîter les uns des autres, comme fig. 343, lorsque la masse est brisée : c'est ce qu'on voit dans le quartz, dans la fluorine, etc., et ce qu'avec un peu de précaution on peut obtenir dans l'alun, en frottant la surface des cristaux avec un corps gras aux diverses époques d'accroissement. Fréquemment les diverses couches sont à distance l'une de l'autre : c'est ce qu'on voit encore dans le quartz, et ce qui a lieu dans le salpêtre, le sulfate de soude, etc., quand leurs cristaux se forment rapidement dans une solution très-concentrée. L'intervalle des couches se trouve alors rempli par le liquide.

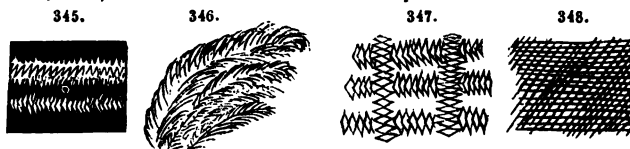
§ 79. **Structure irrégulière d'agrégation.** — Si, en se groupant par les faces homologues, les cristaux provoquent une structure régulière dans la masse qu'ils composent, il en est autrement lorsqu'ils sont jetés pêle-mêle les uns sur les autres : la masse ne peut avoir alors qu'une structure irrégulière, comme leur réunion ; mais il y a plusieurs distinctions à faire.

1° *Structure lamellaire.* — Si les cristaux sont clivables, la masse présente dans sa fracture une multitude de petits plans dirigés dans tous les sens, et qu'on reconnaît par leur miroitement. La structure est alors *lamellaire*, à grandes lames, ou à petites lames comme dans le marbre statuaire. Quelquefois les masses sont formées de paillettes peu adhérentes entre elles, et qui restent souvent aux doigts quand on les touche : c'est ce qu'on remarque dans le sulfate de chaux *niviforme*, dans certaines variétés de fer oligiste, dans les matières nommées *chlorites*, etc.

2° *Structure granulaire.* — Si les cristaux accumulés ne sont pas clivables, la masse présente la structure *granulaire*, à gros grains et à petits grains. Mais ces grains sont tantôt de véritables

cristaux déformés par leur pression mutuelle ; tantôt des grains de sable, des cailloux roulés, agglutinés entre eux : d'où l'on distingue les structures granulaires cristallines et arénacées ; c'est cette dernière qui présentent les grès.

3° *Structure dendritique*. — Il arrive souvent, dans les agrégations confuses, que les cristaux composent des groupes dendritiques entremêlés les uns avec les autres ; ces groupes se reconnaissent plus ou moins dans la masse, qui offre alors une *structure dendritique*. On a distingué, par des épithètes, diverses variétés qui tiennent à la disposition des dendrites, comme *tricoté*, *palmé*, *réticulé*, etc., fig. 345 à 348. La *galène*, le *bismuth*, le *cobalt gris*, les *micas*, etc., nous en offrent de beaux exemples.



4° *Structure fibreuse*. — Les cristaux allongés, minces, en se groupant sur leur longueur, produisent des structures bacillaires et fibreuses ; mais cette dernière résulte le plus souvent de la production des filets capillaires, dont nous avons parlé § 66. Les substances qui la présentent se trouvent alors dans les fentes des matières en grandes masses ; les fibres, toutes parallèles entre elles, sont perpendiculaires à la paroi d'où elles sortent, et viennent se réunir au milieu de la fente, en formant à leur rencontre un plan de jonction plus ou moins irrégulier.

Les cristaux bacillaires, ou capillaires, sont souvent divergents : c'est ce que montrent les configurations sphéroïdes ou mamelonées, où tout se dirige au centre, et les stalactites, où tous les cristaux sont dirigés vers l'axe. Les filaments capillaires sont quelquefois aussi entrelacés ou contournés de toutes les manières, ce qu'on voit surtout dans les masses coralloïdes, § 63.

Asbeste, amiante. — Les filaments capillaires ont quelquefois peu d'adhérence entre eux, et se détachent facilement les uns des autres. Ils produisent fréquemment alors des masses souples, soyeuses, des masses flexibles feutrées, ou des masses floconneuses. Telles sont les matières désignées sous les noms d'*asbeste* et d'*amiante*, qu'il faut se garder de considérer comme une seule et même substance, car un grand nombre de matières pierreuses, vitreuses, métalliques, présentent les mêmes phénomènes.

5° *Structure schisteuse*. — Il arrive souvent que les cristaux en

lamelles minces, ou les paillettes de mica, se déposent à plat les unes sur les autres, ou bien que de petits cristaux capillaires se couchent sur leur longueur, pour former des masses plus ou moins considérables. Ces masses se divisent alors, suivant le plan des lames ou des fibres, en feuillets plus ou moins épais : c'est ce qu'on voit dans les diverses espèces d'ardoises, qui ne sont que des réunions de paillettes disposées à plat, ou dans diverses espèces de grès et d'argiles, qui renferment des lits minces de semblables paillettes. On a désigné cette structure sous le nom de structure schisteuse, et les substances qui la présentent prennent souvent le nom de *schiste* ($\sigma\chi\iota\sigma\tau\acute{o}\varsigma$, aisé à fendre).

6° *Structure compacte*. — On nomme *compactes* les substances dans lesquelles on n'aperçoit à l'œil aucune espèce de structure. Cette compacité provient souvent d'une atténuation extrême des cristaux, des grains, des fibres, qui se sont agrégés, et l'on trouve alors des passages aux variétés lamellaires, granulaires, etc. Dans d'autres cas, elle est d'une autre espèce, car on ne reconnaît dans la masse aucune partie distincte, même au microscope, comme dans le verre, le cristal de roche, etc. Ailleurs, les matières compactes passent à des variétés terreuses ou gélatineuses, circonstance qui doit être encore distinguée des deux précédentes.

§ 80. *Structure irrégulière d'accroissement*. — L'accroissement ne se manifeste pas seulement dans les cristaux, où il produit une structure régulière polyédrique § 78 ; il a lieu également dans les pisolites, dans les configurations réniformes, où il détermine une structure sphéroïdale ; dans les stalactites, où la structure est cylindrique ou conique ; dans les stalagmites et les dépôts que les eaux forment çà et là, où elle est ondulée de diverses manières. Cette structure se manifeste souvent indépendamment des structures lamellaires, fibreuses, etc., que l'on distingue en même temps dans les corps.

§ 81. *Structure par retrait*. — Le retrait, en déterminant des divisions dans les masses minérales, y produit par cela même des structures lamellaires et fibreuses ; quelquefois il donne lieu à des structures schisteuses plus ou moins distinctes, ou à des divisions en couches concentriques, analogues aux structures d'accroissement qu'on remarque dans les rognons.

§ 82. *Structure par moulage*. — Les gerçures et les fentes produites par le retrait se trouvant remplies par des matières étrangères, déterminent dans celles-ci, lorsque la première est enlevée, des structures cloisonnées en tous sens et une multitude de cavités plus ou moins irrégulières : c'est ce qui est sensible dans certains

ludus, § 74, dont la matière de remplissage présente la forme de gâteaux d'abeilles, lorsque la partie terreuse où elle s'était infiltrée a été enlevée; c'est ce qu'on voit encore dans certaines variétés de quartz, qu'on a nommées *quartz haché*.

§ 83. **Structure cellulaire, poreuse, etc.** — Les substances gazeuses qui traversent les matières fondues, ou pâteuses, y produisent des cellules, tantôt arrondies, tantôt déchiquetées et crevées les unes dans les autres, ou des pores plus ou moins nombreux : c'est ce qu'on observe dans les scories et les matières volcaniques. Souvent les pores ou les cellules s'allongent dans le sens du mouvement de la masse fondue, et il en résulte une sorte de structure fibreuse, qu'on remarque surtout dans la ponce.

Quelques dépôts calcaires sont criblés de *tubulures*, placées verticalement, qui paraissent provenir des gaz produits par la décomposition des matières organiques placées au-dessous.

Il se produit quelquefois aussi une sorte de structure cellulaire ou poreuse, par suite de la décomposition de certains cristaux, ou de petits rognons, qui laissent leur moule en creux dans les masses où ils étaient renfermés : c'est ce qui arrive souvent par la destruction des cristaux et des rognons de pyrite.

§ 84. **Structure organique.** — Nous avons dit que dans les véritables pétrifications, § 70, tout le tissu organique se trouve nettement conservé. Il en résulte par conséquent des structures qui appartiennent aux corps organisés : telles sont celles des bois, des madrépores, de certains animaux mous, etc.

Il y a aussi des structures tubuleuses qui tiennent tantôt à des débris organiques tubulaires, tantôt à des corps cylindriques qui ont laissé leurs moules dans les matières minérales.

Il faut remarquer enfin que les pierres calcaires sont souvent percées par certains mollusques, et offrent dès lors une structure cellulaire tout à fait accidentelle. Non-seulement cette circonstance se présente dans les calcaires qui bordent nos mers, mais encore dans ceux qui se trouvent à l'intérieur des terres, qui par conséquent ont dû être jadis baignés par les eaux de l'Océan.

DE LA CASSURE.

§ 85. Les structures que nous venons de décrire ont été souvent indiquées sous le nom de cassures, parce qu'en effet c'est par la cassure qu'elles se manifestent : c'est ainsi qu'on dit souvent que tel corps a la cassure lamellaire, granulaire, fibreuse, compacte, etc. ; mais la structure compacte nous offre dans la cassure quelques variations qu'il n'est pas inutile d'indiquer.

Cassure conoïde et conchoïde. — Lorsqu'on frappe sur une matière compacte, homogène, le choc détermine dans l'intérieur une fissure en cône plus ou moins obtus : c'est ce qu'on voit, par exemple, sur une bille d'agate translucide, qu'on laisse tomber sur un corps dur. Lorsque le coup est assez fort, il se détache des fragments qui présentent en creux les empreintes du *mamelon conoïde* mis à découvert. Ces empreintes ont une certaine analogie avec l'intérieur d'une coquille bivalve, et l'on dit alors que la cassure est *conchoïde*; elle est plus ou moins creuse suivant les matières, qu'on peut ainsi distinguer les unes des autres.

Il y a aussi des substances compactes qui offrent dans leur cassure un nombre plus ou moins considérable d'esquilles prêtes à se détacher. On dit alors que la cassure est *esquilleuse*, et cette circonstance peut aussi faciliter quelques distinctions. Enfin, il y a des matières compactes dont la cassure est unie et plate : c'est, par exemple, le caractère des meilleures pierres lithographiques.

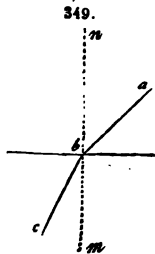
PROPRIÉTÉS OPTIQUES DES MINÉRAUX.

§ 86. Parmi les propriétés optiques des minéraux, les plus importantes sont la réfraction, simple ou double, la polarisation par réflexion, le polychroïsme, l'astérisme, les couleurs propres ou accidentelles. Quelques-unes paraissent être inhérentes à la nature du corps, mais le plus grand nombre tiennent à l'arrangement de ses particules, et servent souvent à le découvrir.

RÉFRACTION SIMPLE.

§ 87. *Définition, résultat.* — Toutes les fois qu'un rayon de lumière, ab ou cb , fig. 349, passe obliquement d'un corps dans un autre, il est dévié de sa direction et comme brisé (*refractus*) à la jonction des deux milieux; de là l'expression de *réfraction*, par laquelle on désigne le phénomène. La réfraction est *simple*, lorsque le rayon reste simple dans un milieu comme dans l'autre; elle est *double*, lorsqu'il se divise en deux par l'action de l'un des corps.

On nomme *angle d'incidence* et *angle de réfraction* les angles que le rayon lumineux fait avec la normale mn au point d'incidence, avant et après la réfraction. L'observation fait voir que les sinus de



ces angles sont dans un rapport constant entre deux substances déterminées, et qu'ils varient, au contraire, quand à l'une des substances réfringentes on en substitue une autre. Ainsi de l'air atmosphérique, où nous sommes constamment plongés, il y a constance de rapport relativement à une substance déterminée, et variation, au contraire, pour toute autre substance. Ce rapport constant pour chaque substance se nomme *indice de réfraction*.

§ 88. **Application.** — L'observation de l'indice de réfraction est importante dans l'étude des corps bruts, en cela qu'elle peut souvent conduire à distinguer nettement ces corps les uns des autres, du moins lorsqu'ils sont purs de tout mélange mécanique qui pourrait déranger la marche des rayons, et qu'ils sont dans des états de cristallisation comparable. En effet, on distinguerait facilement par ce moyen les substances suivantes, sur lesquelles on a des observations suffisamment exactes.

<i>Noms des substances.</i>	<i>Indices de réfraction.</i>
Diamant.....	2,439 2,755
Soufre.....	2,115
Zircon.....	1,950
Grenat.....	1,815
Rubis spinelle.....	1,812
Saphir bleu.....	1,794
Rubis oriental.....	1,779
Saphir blanc.....	1,768
Feldspath.....	1,764
Cymophane (chrysolite orientale).....	1,760
Calcaire cristallisé.....	{ rayon ordinaire..... 1,654
	{ rayon extraordinaire..... 1,483
Aragonite.....	{ l'un des rayons..... 1,693
	{ l'autre..... 1,535
Sulfate de baryte.....	{ l'un des rayons..... 1,635
	{ l'autre..... 1,620
Topaze jaune.....	{ l'un des rayons..... 1,640
	{ l'autre..... 1,632
Topaze blanche.....	1,610
Quarz.....	{ rayon ordinaire..... 1,548
	{ rayon extraordinaire..... 1,553
Sel commun.....	1,557
Calcédoine.....	1,553
Sulfate de chaux (pierre à plâtre).....	1,525
Opale.....	1,479
Borax.....	1,475
Alun.....	1,457
Fluorine.....	1,436

Les couleurs dont les substances peuvent être accidentellement

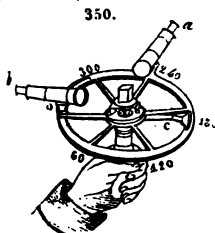
pourvues apportent toujours quelque différence dans l'indice de réfraction, et généralement l'élèvent. On voit en effet que le saphir blanc a pour indice 1,768, le saphir bleu 1,794, et le rubis oriental, qui est de la même nature, 1,779; la topaze blanche a pour indice de réfraction 1,640, et la topaze jaune 1,632.

On peut remarquer aussi, comme nous l'avons annoncé § 46, que l'indice de réfraction n'est pas le même lorsque la substance cristallise dans deux systèmes différents. Ainsi le calcaire cristallisé rhomboédrique a pour indices 1,654 et 1,483; tandis que l'aragonite présente 1,693 et 1,535. De là on voit que la réfraction ne dépend pas seulement de la nature des substances; mais encore de l'arrangement de leurs particules.

§ 89. **Moyen de détermination.** — Parmi les différents moyens qu'on peut employer pour déterminer l'angle de réfraction, le plus simple consiste à faire tailler la substance en prisme (ou à prendre un cristal transparent et à faces lisses), à mesurer l'incidence des deux faces et à chercher ce qu'on nomme la déviation minimum du rayon qui traverse ce corps, c'est-à-dire l'angle minimum que l'image réfractée peut faire avec l'image directe. Au moyen de ces données, on obtient le rapport cherché; car on démontre, α étant l'angle du prisme et Δ l'angle de déviation minimum, que l'indice de réfraction est représenté par la formule

$$\frac{\sinus \frac{1}{2} (\alpha + \Delta)}{\sinus \frac{1}{2} \alpha}$$

Le goniomètre de M. Babinet, au moyen duquel on peut avoir l'angle du prisme, § 10, sert aussi à mesurer la déviation minimum. Pour cela, le prisme étant sur le support central, on amène la lunette mobile *b*, fig. 350, à droite ou à gauche de la direction



de la lunette fixe α , et, en tournant le support on obtient bientôt une image du spectre solaire due au fil vertical de la lunette. En tournant alors doucement dans un sens ou dans l'autre, on voit généralement le spectre sortir de la lunette par un côté ou par l'autre.

En rapprochant alors la lunette *b* de la direction de α , et en tournant en même temps le support pour ne pas perdre le spectre de vue, on arrive après quelques tâtonnements à une position telle que les deux mouvements contraires donnent un spectre qui s'écarte toujours dans le même sens: c'est le spectre de la déviation minimum.

Parvenu à ce terme, on choisira un point du spectre, par exemple la ligne de démarcation du vert au rouge: on amènera le point de croisement des fils sur cette ligne de démarcation, et on notera l'angle indiqué par le nonius.

On portera alors la lunette mobile de l'autre côté de la direction de la lunette α : on cherchera de même le spectre limite, et on amènera le point de croisement des

file sur la même ligne de démarcation du vert au rouge. On aura alors entre les deux stations un angle dont la moitié est celui de la déviation minimum.

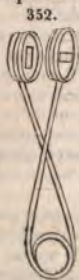
RÉFRACTION DOUBLE.

§ 90. **Exposé du phénomène.** — Il y a des substances dans lesquelles non-seulement le rayon de lumière incident se réfracte, mais encore se divise en deux rayons distincts; c'est-à-dire que quand on regarde un objet à travers un de ces corps, on le voit généralement double: c'est ce qu'on peut observer très-facilement, par exemple, avec un rhomboëdre de carbonate de chaux limpide (vulgairement spath d'Islande), et avec un grand nombre d'autres substances lorsqu'elles sont convenablement taillées.

Applications. — L'ensemble des observations fait voir que les corps qui ont la réfraction simple sont, ou privés de cristallisation, ou bien cristallisés dans le système cubique. Ceux qui ont la réfraction double sont, au contraire, tous cristallisés, et appartiennent aux autres systèmes.

Ce premier fait permet de distinguer beaucoup de substances, lors même qu'elles sont en lamelles, en fragments irréguliers, ou qu'elles ont été taillées. Jamais on ne confondra, par exemple, le verre et le cristal de roche, le rubis spinelle et le rubis oriental, le grenat et le zircon, etc., parce que les premiers corps de chaque exemple donnent la réfraction simple, et les seconds la réfraction double. Les premiers sont donc des corps non cristallisés (le verre), ou qui appartiennent au système cubique (le spinelle et le grenat); les seconds sont, au contraire, des corps cristallisés qui appartiennent à l'un des autres systèmes.

§ 91. **Moyen d'observation.** — Pour reconnaître si une substance possède ou ne possède pas la double réfraction, il suffit d'en placer un fragment entre deux lames de tourmaline taillées parallèlement à l'axe de cristallisation, et croisées à angle droit comme fig. 351. On a ordinairement pour cela des pinces élastiques, fig. 352, terminées par des montures qui enchâssent les lames de tourmaline, et qui peuvent tourner l'une sur l'autre avec facilité; la pièce d'essai placée entre ces deux lames y est alors maintenue naturellement par le ressort.



Si la substance qu'on veut essayer ne possède que la réfraction

simple, l'endroit du croisement des deux lames de tourmaline, $abcd$, qui est naturellement obscur, ne laisse encore passer aucune lumière après l'interposition; si, au contraire, la substance possède la double réfraction, l'endroit du croisement s'éclaircit d'une manière non équivoque.

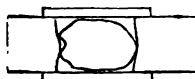
Pour comprendre ce qui se passe dans cette opération, il faut savoir qu'en traversant une substance douée de la double réfraction la lumière acquiert une propriété particulière qu'on a nommée *polarisation*. Cette propriété consiste en ce qu'un rayon ainsi modifié refuse plus ou moins, par un certain côté, de pénétrer dans un corps diaphane réfléchissant, tandis que par le côté opposé il y pénètre avec facilité.

Il faut remarquer encore que les deux rayons obtenus par un corps doublement réfringent sont en général polarisés en sens inverse.

Maintenant, la tourmaline, substance à double réfraction, possède, ainsi que plusieurs autres matières, lorsqu'elle est taillée parallèlement à l'axe en plaques suffisamment épaisses, la propriété d'éteindre un des rayons et de laisser passer l'autre, qui est alors polarisé dans un certain sens, conforme à la position de la plaque. Ce rayon ne peut alors passer dans une plaque de la même substance dont l'axe est en sens inverse, et il y a obscurité à l'endroit du croisement.

Cela posé, une substance qui ne possède que la réfraction simple ne peut rien changer au système d'obscurité des deux lames de tourmaline lorsqu'on la place entre elles; mais une substance biréfringente force en général le rayon polarisé par la première tourmaline à se partager en deux faisceaux, dont l'un, polarisé en sens inverse du premier, peut alors traverser la tourmaline tournée vers l'œil.

Lorsque le fragment est irrégulier, ou lorsque la matière est taillée à facettes, il peut rester quelque doute sur la double réfringence du corps. Dans ce cas, il est bon de noyer la pierre dans l'épaisseur d'une lame de liège, fig. 353, puis de coller une lame de verre sur chaque surface au moyen de térébenthine épaissie qui remplit les vides. On place l'appareil ainsi composé entre les lames de tourmaline.

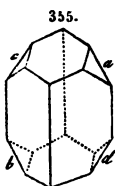
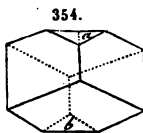


Remarque. — Il ne faudrait pas toujours conclure trop rigoureusement, de ce qu'une substance laisse passer la lumière entre les lames de tourmaline croisées, qu'elle est cristallisée régulièrement et n'appartient pas au système cubique. Le verre, par exemple, qui n'est pas cristallisé, acquiert, par l'effet de la trempe¹, la propriété de dépolariiser le rayon qui a traversé la première tourmaline, et, par conséquent, en dispose une partie à passer dans la seconde. Certains corps du système cubique, certains diamants, par exemple, produisent un résultat analogue, ce qu'on regarde aussi comme l'effet d'un certain arrangement forcé, et d'une

¹ On trempe le verre, c'est-à-dire qu'on fait prendre à ses molécules une sorte d'arrangement qui tend à la régularité cristalline, en le chauffant et le faisant refroidir rapidement.

sorte de trempe. Les observations que nous allons faire nous garantiront de ces erreurs.

§ 92. **Lignes neutres ou axes.** — Le phénomène de double réfraction, dans une substance déterminée, ne se manifeste pas indifféremment dans tous les sens. On reconnaît toujours, en faisant tailler convenablement les corps, que pour les uns il y a une direction dans laquelle on ne voit qu'une seule image, et que pour les autres il y a deux directions de cette espèce. Dans le spath d'Islande, par exemple, le phénomène de double réfraction disparaît dans la direction de l'axe du cristal; de manière que, si l'on fait tailler sur les sommets d'un rhomboèdre des faces perpendiculaires à l'axe, *a* et *b*, fig. 354, on ne voit que des images simples des objets qu'on regarde à travers. Dans la topaze, qui cristallise en prismes rhomboïdaux, on trouve une direction neutre inclinée à la droite de l'axe, et une seconde direction inclinée à la gauche : par exemple, entre les deux faces *a* et *b*, fig. 355, on voit les objets



simples, et de même entre les deux faces *c* et *d*.

Ces directions où la double réfraction cesse d'avoir lieu ont été nommées *lignes neutres*, *axes de double réfraction*, ou *axes optiques*. Une ligne neutre unique, ou un seul axe, se confond toujours avec l'axe de cristallisation; la ligne moyenne, entre deux lignes neutres, correspond à un des axes cristallins qu'on peut concevoir dans la substance.

Application. — Voici maintenant l'observation minéralogiquement importante. Toutes les substances qui ont une seule ligne neutre appartiennent au système rhomboédrique, ou au système prismatique à bases carrées; toutes celles qui en ont deux appartiennent à l'un des autres systèmes prismatiques. Il résulte de là que, par l'observation des phénomènes optiques, on ne confondra pas plus, par exemple, le cristal de roche et la topaze, le spath d'Islande et le gypse (pierre à plâtre), qu'on ne les confondrait par la forme des cristaux les mieux prononcés.

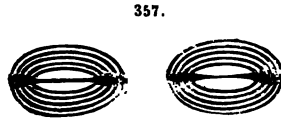
§ 93. **Recherche des axes.** — Il est donc important de pouvoir déterminer si une substance diaphane possède un seul axe, ou si elle en possède deux. Malheureusement, l'observation ne peut pas toujours avoir lieu immédiatement, et souvent il est nécessaire de faire tailler le corps qu'on veut examiner. Voici les faits qui établissent les caractères distinctifs.

Toutes les substances à un axe, taillées en plaque perpendiculairement à cette ligne, et placées alors entre deux lames de tourmaline, laissent voir des anneaux colorés circulaires et concentriques, généralement traversés par une croix noire, fig. 356, si elles ont l'épaisseur convenable. Le spath d'Islande en offre un bel exemple; mais le quartz a besoin d'être en



plaques excessivement minces pour laisser apercevoir une ombre bleuâtre de cette croix, qui disparaît entièrement pour une épaisseur un peu plus forte. Dans ce dernier cas le centre est simplement coloré, d'une manière ou d'une autre.

Les substances à deux axes, taillées perpendiculairement à la ligne moyenne, laissent voir deux séries d'anneaux colorés, fig. 357, l'une d'un côté de la ligne moyenne, l'autre du côté opposé: ces anneaux sont généralement elliptiques et traversés chacun par une bande noire.



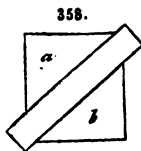
Les deux groupes d'anneaux sont alors plus ou moins écartés l'un de l'autre, suivant la nature des substances; c'est-à-dire que les axes de double réfraction font entre eux des angles plus ou moins ouverts.

Il faut remarquer que certaines substances, telles que l'émeraude, la tourmaline, l'anatase, l'idocrase, le zircon, etc., qui se rapportent aux systèmes à un axe, présentent quelquefois des phénomènes qui les rapprochent des matières à deux axes. Lorsqu'elles sont taillées en plaques perpendiculaires à l'axe, et placées entre les lames de tourmaline croisées, on reconnaît, pour certaines positions, la croix noire qui doit les caractériser; mais en les faisant tourner sur leur plan, on voit bientôt les branches de cette croix se tordre et donner lieu à des anneaux séparés. Souvent cet effet se produit dans certains points d'une même plaque, tandis qu'il n'a pas lieu dans les autres.

Généralement les substances cristallines ont besoin d'être taillées pour présenter les phénomènes que nous avons indiqués. Cependant il en est qui ont des clivages perpendiculaires à l'axe, ou à la ligne moyenne des axes, comme la topaze, les micas, le talc, etc., et il suffit d'en détacher une lame, de la placer entre les plaques de tourmaline croisées, pour apercevoir leurs propriétés, soit immédiatement, soit en inclinant l'appareil d'un côté ou de l'autre devant l'œil.

Lorsque le clivage n'est pas perpendiculaire à l'axe, il suffit

quelquefois, pour pouvoir observer les phénomènes, d'incliner plus ou moins les lames qu'on en obtient entre les plaques de tourmaline; mais quand l'indice de réfraction est un peu fort, le rayon sort du champ de la vision, et l'on n'aperçoit rien. Dans ce cas, on peut y accoler deux petits prismes de verre, *a* et *b*, fig. 358, d'un angle ou d'un autre, en les fixant par de la térébenthine épaisse; c'est ce qu'on peut faire par exemple, pour des plaques minces de spath d'Islande, qui ne montrent pas immédiatement l'indice de la ligne neutre qu'elles possèdent.

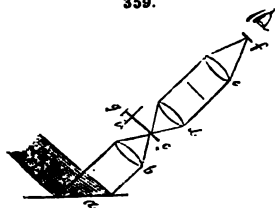


On peut quelquefois se servir aussi d'un fragment irrégulier pour observer les phénomènes, en y accolant des prismes dans un sens ou dans l'autre; mais ce procédé est souvent incertain, et, en général, il vaut mieux faire tailler dans la substance une plaque à faces parallèles.

§ 94. **Polariscope d'Amici.** — La pince à tourmaline a l'avantage de présenter un instrument peu volumineux et peu dispendieux; mais elle offre souvent peu de facilité pour l'observation des phénomènes, tant à cause de la coloration des lames qui la composent que par la petitesse des fragments de diverses matières qu'on peut avoir à essayer. M. Amici a imaginé un instrument, à la vérité assez coûteux, qui donne beaucoup plus de lumière et permet d'opérer sur de très-petites lames transparentes qu'il est toujours plus facile de se procurer. Le jeu des lentilles est d'ailleurs tel, qu'on peut apercevoir à la fois, sans être obligé de pencher le cristal à droite ou à gauche, tous les phénomènes qui sont dus à l'inclinaison des rayons polarisés dans leur passage à travers la substance.

§ 95. **Écart des axes.** — Nous venons de dire que les deux systèmes d'anneaux elliptiques sont plus ou moins écartés l'un de l'autre, suivant la nature des substances, ou, en d'autres termes, que les axes optiques font entre eux des angles plus ou moins ouverts. Cette circonstance permet encore de distinguer parfaitement un grand nombre de corps bruts les uns des autres; mais on conçoit alors que l'observation vague du plus ou du moins dans l'écartement ne peut faire distinguer que les extrêmes, et que, pour apprécier la différence dans tous les corps, il faut souvent évaluer les angles en degrés. On doit dès lors substituer à la pince à tourmaline, et même au polariscope d'Amici, un appareil susceptible de donner des mesures, sinon tout à fait exactes, ce qui est difficile, du moins comparables entre elles.

On peut se servir à cet effet de l'appareil de M. Soleil¹, fig. 359, qui remplace d'ailleurs avec avantage la pince à tourmaline. Il consiste en un plan noir *a*, par le



moyen duquel la lumière vague des nuées, réfléchié sous l'angle de 35° 25', se trouve polarisée, et vient traverser une lentille *b* qui réunit les rayons parallèles à son foyer. A ce foyer est une pince *c* sur laquelle on adapte la plaque du corps qu'on veut éprouver. De ce point, les rayons lumineux vont traverser une autre lentille *d*, qui les rend de nouveau parallèles; une troisième lentille *e* les reçoit alors et les fait converger en *f*, où se trouve une lame de tourmaline qui sert d'oculaire.

La pince *c* peut recevoir un mouvement de rotation au moyen de la rondelle *g*, de manière qu'on puisse incliner plus ou moins la plaque dans un sens ou dans l'autre; l'angle est alors indiqué sur un cercle divisé *i*. La plaque elle-même peut être tournée sur son plan, entre les pinces, comme on le désire.

Entre les deux lentilles *d* et *e* se trouvent deux fils fins croisés rectangulairement. Pour déterminer l'écartement des axes, on place la lame d'essai sur le support *c*; on la tourne sur son plan de manière que les deux centres des anneaux coïncident avec le fil vertical, puis on tourne la virole *g* pour amener successivement chaque centre sur le point de croisement des fils; l'arc qui se trouve alors décrit par la pince donne l'angle des lignes neutres entre elles. On obtiendra ainsi par exemple les angles suivants, qui distinguent nettement les substances auxquelles ils se rapportent.

Strontianite.....	6° 56'	Célestine.....	50°
Talc.....	7° 24'	Gypse.....	60° 6'
Cérouse.....	17° 30'	Cordierite ..	62° 50'
Aragonite.....	18° 18'	Orthose.....	63°
Barytine.....	37° 42'	Cyanite.....	81° 48'
Silbite.....	41° 42'	Epidote.....	84° 19'
Karsténite.....	44° 41'	Péridot.....	87° 56'

On reconnaîtra aussi que les matières qu'on nomme *topazes* présentent dans les diverses variétés d'assez grandes différences, comme de 43° à 65°, ce qui semble indiquer des espèces distinctes. Les *micas* présenteront des différences bien plus grandes encore, car on y observera une vingtaine d'angles différents entre 6° et 76°; ce qui conduit à y concevoir autant d'espèces.

§ 96. **Diamètre des anneaux.** — Les diamètres des anneaux colorés, soit circulaires, soit elliptiques, varient d'une substance à l'autre lorsque les plaques qui les produisent sont de la même épaisseur; par conséquent, si l'on faisait tailler toutes les substances en plaques de même épaisseur, on pourrait les distinguer par ces diamètres. Il est clair qu'on reconnaîtrait immédiatement à l'œil celles qui présentent les plus grandes différences, mais, pour beaucoup d'autres, il serait encore nécessaire de prendre des me-

¹ Cet habile opticien tient spécialement les substances taillées qui montrent les différents effets dont nous avons parlé; il tient aussi les appareils de polarisation, et ceux qui sont propres à projeter les figures sur des plans, pour les faire voir à un grand nombre de personnes à la fois, même avec la lumière d'une lampe Carcel.

sures qui puissent permettre la comparaison. L'appareil de M. Soleil peut encore servir ici; pour cela, on amène sur le fil horizontal le bord d'un anneau déterminé, puis l'autre bord, et l'on obtient la distance angulaire de l'un à l'autre sur le limbe divisé.

§ 97. **Cristaux attractifs et répulsifs.** — Il y a des cristaux à un axe où l'indice de réfraction ordinaire est plus grand que l'indice extraordinaire, et d'autres où c'est précisément le contraire: c'est-à-dire que dans les uns le rayon ordinaire est celui qui s'éloigne le plus de l'axe, comme s'il était repoussé, et que dans les autres il s'en rapproche le plus, comme s'il était attiré. Les premiers sont nommés cristaux *répulsifs* ou *négatifs*; les autres, cristaux *attractifs* ou *positifs*. Cette circonstance offre encore un moyen de distinguer certaines substances de diverses autres, malgré les analogies extérieures, par exemple:

Cristaux négatifs.

L'apatite.
Le calcaire.
Le cinabre
Le corindon
L'émeraude
La néphéline
La pyromorphite.
La tourmaline.
L'anatase
L'idocrase
La wernérite
La mellite.
La mélinose.

Cristaux positifs.

l'argyrose.
le quartz.
la diopase.
l'apophyllite.
la cassitérite.
le zircon.

Moyen d'observation. — Pour reconnaître si une substance à un axe est attractive ou répulsive, il suffit, après en avoir disposé une plaque dans l'appareil pour observer les anneaux, de lui superposer une plaque semblable d'une substance dont le mode d'action est connu (spath d'Islande, par exemple, qui est répulsif), et de remarquer si les anneaux s'élargissent ou se rétrécissent. S'ils s'élargissent, les deux substances sont d'action contraire, car les choses se passent comme si l'on diminuait l'épaisseur de la plaque: donc la substance est attractive. S'ils se rétrécissent, les actions s'ajoutent, puisque les choses se passent comme si l'on augmentait l'épaisseur de la plaque; par conséquent, les actions sont de même espèce: donc la substance est répulsive¹.

¹ C'est par des modifications dans les diverses propriétés optiques dont nous venons de parler qu'on s'aperçoit des changements de systèmes cristallins qui peuvent se manifester dans un corps par différents moyens (voyez § 46 et 48).

ANGLE DE POLARISATION.

§ 98. Si la lumière, en traversant certaines substances, acquiert cette propriété particulière qu'on a nommée polarisation, elle la prend aussi en se réfléchissant à la surface de tous les corps. Or, l'angle sous lequel le maximum d'effet a lieu est différent dans les diverses substances, ce qui fournit par conséquent de nouveaux moyens de les distinguer. Ainsi on ne confondra pas les substances suivantes d'après l'angle de polarisation.

	Angles de polarisation.
Verre.....	54° 35' ¹
Fluorine.....	55° 9'
Gypse.....	56° 45'
• Quartz.....	56° 58'
Brucite.....	57° 25'
Barytine.....	58° 29'
Topaze.....	58° 34'
Spath d'Islande.....	58° 51'
Spinnelle.....	60° 25'
Zircon.....	63° 0'
Soufre.....	63° 45'
Diamant.....	68° 1'
Crocoïse.....	68° 3'

M. Brewster a trouvé cette loi générale : que la tangente de l'angle de polarisation est égale à l'indice de réfraction, en sorte qu'on peut connaître l'un par l'autre.

On peut, pour déterminer l'angle de polarisation, se servir de tous les instruments propres à mesurer l'inclinaison d'un rayon réfléchi. Le goniomètre de M. Babinet, § 40, peut être employé pour cela avec facilité, en plaçant une tourmaline sur l'oculaire de manière que son axe soit perpendiculaire au plan du cercle. Il suffit alors, l'alidade étant à 0°, de faire mouvoir le support sur lequel le corps est fixé, en même temps que la lunette mobile, jusqu'à ce que l'image de la lunette fixe, réfléchi par le corps, soit éteinte par la tourmaline, ou amenée au minimum d'intensité. On obtient alors l'inclinaison du rayon polarisé sur le plan réfléchissant, dont il faut prendre le complément pour rentrer dans le mode d'indication que nous avons adopté.

¹ Ces angles sont ceux que le rayon réfléchi polarisé fait avec la normale.

POLYCHROÏSME.

§ 99. Les substances douées de la double réfraction nous offrent encore une autre propriété. Lorsqu'on les place entre l'œil et la lumière, elles présentent une couleur ou une autre suivant la direction dans laquelle les rayons lumineux les traversent. Parallèlement aux axes, aucune partie de lumière n'est polarisée, et on observe alors une teinte déterminée. Dans toutes les autres positions, la lumière émergente est un mélange de lumière polarisée et de lumière ordinaire, et la teinte est alors différente; elle varie avec les quantités respectives de ce mélange.

Lorsqu'on analyse la lumière transmise, au moyen d'une lame de tourmaline, tournée de manière à rejeter la lumière polarisée, on observe la même teinte dans toutes les directions.

Les teintes ne sont pas toujours nettement tranchées; mais, lorsqu'elles le sont, on trouve encore ici un moyen de déterminer la direction des axes: il suffit de chercher quelle est la direction où, à la vue simple, on observe la teinte semblable à celle qu'on obtient au moyen de la tourmaline analysante.

ÉCLAT.

§ 100. Lorsque la lumière se réfléchit à la surface d'un corps, il se produit deux effets: l'un qui reporte à l'œil l'image des objets, c'est la réflexion propre, l'autre, en vertu duquel l'œil aperçoit le corps lui-même, et, nonobstant les couleurs, en reçoit une impression particulière. C'est cette impression qu'on nomme l'éclat du corps, et au moyen de laquelle nous distinguons une multitude d'objets les uns des autres: par exemple, une plaque d'acier poli d'une plaque de verre, un morceau de cire d'un morceau de résine, etc. On a dû s'en servir également pour la comparaison des diverses substances minérales, et on distingue principalement alors l'éclat métallique, l'éclat vitreux, l'éclat résineux, l'éclat gras, l'éclat nacré, l'éclat soyeux, qui n'est que l'état nacré accompagné de la structure fibreuse. On admet aussi différentes variétés, qu'on désigne par des épithètes, comme demi-métallique, demi-vitreux, etc.; on dit encore éclat métalloïde pour désigner l'apparence métallique que présentent certaines substances pierreuses. L'éclat du diamant a quelque chose de particulier qu'on ne trouve que dans un très-petit nombre de substances.

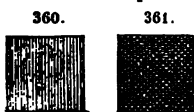
L'éclat est souvent fort variable dans le même corps, en sorte qu'il ne peut servir à distinguer exactement une substance de

toutes les autres. Cependant il ne varie jamais de l'éclat métallique à l'éclat vitreux; et, sous ce rapport, il peut avoir quelque utilité.

ASTÉRISME, CERCLES PARHÉLIQUES, COUBONNES.

§ 104. **Astérisme.** — On connaissait depuis longtemps une variété de saphir, qui montrait, par réflexion devant une vive lumière, une étoile brillante à six rayons. Plus tard, on s'est aperçu que le même phénomène avait lieu par réfraction, en regardant la lumière d'une bougie à travers la pierre. On vit ensuite que plusieurs substances donnaient également des étoiles, à branches plus ou moins nombreuses. M. Babinet a rattaché ces phénomènes à ceux des réseaux dont voici les faits analogues.

Lorsqu'on regarde la lumière d'une bougie à travers une lame de verre sur laquelle on a tracé des stries parallèles¹, fig. 360,



on voit des deux côtés de la flamme une bande lumineuse perpendiculaire à leur direction. Quand les stries sont croisées à angle droit, on aperçoit deux bandes lumineuses croisées de même, et, consé-

quemment, une étoile à quatre rayons rectangulaires; c'est ce qu'on peut voir en regardant la lumière à travers un linge fin. Avec trois séries de stries, fig. 364, on a trois bandes, et, conséquemment, une étoile à six rayons, etc. Généralement, il y a autant de bandes lumineuses que de directions de stries, et les angles des bandes entre elles sont précisément ceux que présentent les stries elles-mêmes.

Des structures semblables dans les minéraux produisent les mêmes effets. Ainsi, quand on trouve des substances susceptibles de *chatoiement* par réflexion, on reconnaît qu'elles sont fibreuses, à fibres plus ou moins fines, et que c'est perpendiculairement à ces fibres que se montre la ligne de reflet lumineux qu'elles présentent. Le gypse et le carbonate de chaux fibreux, le quartz fibreux, le quartz asbestifère (œil-de-chat), etc., présentent ces effets d'une manière saillante.

En examinant au microscope les corps astérisants, on y découvre aussi le plus souvent des structures correspondantes. Ainsi, une plaque coupée perpendiculairement à l'axe d'un prisme hexagone de saphir, présente des stries qui forment entre elles des triangles

¹ Une lame de verre sur laquelle on a passé le doigt légèrement humide produit le même effet.

équilatéraux : elles doivent donc donner des étoiles à six rayons ; un prisme d'émeraude est dans le même cas, etc. Un prisme carré d'idocrase présente sur ses bases, au microscope, des lignes rectangulaires, et il donne, en effet, des étoiles à quatre rayons rectangulaires. Un prisme de sulfate de baryte présente deux systèmes de lignes qui se croisent obliquement, et il produit une astérie à quatre branches qui se croisent de même, etc.

L'espèce d'astérisme que présente une substance peut donc nous donner sur sa structure intérieure des indices qui nous échappent de toute autre manière. Ainsi, on doit conclure que les prismes de saphir et d'émeraude sont formés de prismes triangulaires équilatéraux ; que les prismes d'idocrase sont formés de prismes carrés, que ceux de sulfate de baryte sont formés de prismes rhomboïdaux, etc. Ce qui prouve, en effet, qu'il en est ainsi, c'est qu'une plaque coupée dans ces corps parallèlement à l'axe ne produit qu'une seule ligne lumineuse ; ou tout au plus deux lignes rectangulaires dont l'une correspond au clivage de la base.

Les observations, en se multipliant, nous donneront sans doute quelque jour des résultats importants, et l'on verra probablement pourquoi certaines substances, le quartz, par exemple, malgré leur analogie avec d'autres, ne produisent pas d'astérismes ; on déterminera la forme et la disposition des molécules qui conviennent au grenat trapézoèdre pour produire des étoiles à six rayons inclinés de 60° , lorsqu'on le taille sur certains angles, et des étoiles à quatre rayons inclinés de 60 et 120° sur d'autres ; pourquoi il n'en est pas de même dans d'autres substances du système cubique, etc. ; pourquoi enfin les différentes formes d'une même substance offrent à cet égard des dispositions diverses, et quels sont les rapports qu'elles peuvent avoir entre elles.

§ 402. **Cercle parhélique.** — Toutes les substances astériques produisent encore un autre phénomène qui tient aux systèmes de stries parallèles à l'axe, déterminées par les arêtes des molécules prismatiques composantes, sur lesquelles la lumière se réfléchit aussi en traversant la pierre. Ce phénomène consiste en un cercle lumineux passant par la flamme qui sert de point de mire. Non-seulement il a lieu dans les substances cristallisées, mais il se voit encore dans toutes les matières irrégulièrement fibreuses, à fibres parallèles, taillées perpendiculairement à leur direction.

§ 403. **Couronnes.** — Lorsque les substances sont composées uniformément de fibres régulières, parallèles, et qu'on taille des plaques perpendiculairement à leur direction, on voit à travers ces *plaques* une couronne circulaire autour de la lumière qu'on prend

pour point de mire. Les couronnes sont plus ou moins grandes suivant la grosseur des fibres, qu'on peut parvenir à évaluer rigoureusement par la mesure du diamètre des cercles ¹.

COULEURS.

§ 104. **Couleurs propres.** — On doit distinguer dans les minéraux des *couleurs propres* et des *couleurs accidentelles*. Les premières tiennent à la nature même des corps et sont dès lors importantes pour leur distinction ; telles sont celles des métaux, du soufre, des sulfures, des oxydes et souvent de leurs composés. Ces couleurs sont toujours uniformes dans toute l'étendue du corps ; elles varient seulement d'intensité dans les oxydes, et jusqu'à paraître tout à fait noires, suivant qu'ils sont plus ou moins compactes ; mais alors la poussière a toujours la même teinte, et c'est pourquoi on en indique particulièrement la couleur dans l'exposé des caractères. Les couleurs propres varient quelquefois avec l'arrangement particulier des molécules : c'est ainsi que le soufre, fondu à 409° et refroidi, présente la couleur jaune, et devient cassant ; tandis que, porté au point d'ébullition (400°) et refroidi brusquement, il devient brun rouge et mou. Le phosphore refroidi lentement présente une couleur jaunâtre, et il est noir lorsqu'on le refroidit rapidement.

§ 105. **Couleurs accidentelles.** — Un grand nombre de corps, terreux, pierreux et vitreux, sont naturellement blancs ; mais ils se trouvent fréquemment mélangés de matières douées de couleurs diverses, qui les colorent dans tout ou partie de leur masse. Ces corps peuvent donc présenter éventuellement une multitude de couleurs différentes, suivant les circonstances où ils se sont formés : c'est ainsi que le cristal de roche est tantôt incolore, tantôt coloré en jaune, en vert, en brun, en noir, en violet, etc. ; que l'émeraude, qu'on se figure toujours comme une pierre verte, se trouve tantôt incolore, tantôt bleue, jaune, etc.

On voit fréquemment les matières qui ont cristallisé ensemble se pénétrer dans quelques parties, et celles qui sont colorées se disséminer dans la masse des autres en leur donnant une teinte particulière. Souvent ces sortes de mélanges troublent la transparence des corps, qui en deviennent même tout à fait opaques ; mais souvent aussi les corps restent alors plus ou moins diaphanes, ce qui indique ou que la matière étrangère est en particules extrêmement fines, ou

¹ On produit le phénomène des couronnes en projetant l'haleine sur une plaque de verre à travers laquelle on regarde une lumière.

qu'elle se trouve dans une sorte de combinaison chimique. Les effets du polychroïsme nous indiquent dans les corps des dispositions particulières des matières colorantes que peut-être un jour ils nous conduiront à expliquer.

Ces matières colorantes sont quelquefois des principes fugaces que le feu peut détruire, comme dans la plupart des quarz noirs; quelquefois ce sont des principes organiques, comme dans la cornaline, qui doit en grande partie sa couleur rouge à des globules organisés qu'on y voit quelquefois dispersés isolément.

Les couleurs accidentelles ne sont pas toujours uniformes comme les couleurs propres; d'une part, elles varient d'intensité et de nuances, de l'autre elles se mélangent fréquemment, de manière que la même masse, le même cristal, se colore de diverses manières dans ses différentes parties. On indique souvent les dessins que ces diverses couleurs forment entre elles, par les épithètes *rubanés*, *zonaires*, *tachetés*, *pointillés*, *veinés*, *nuagés*, *dendritiques*, *flambés*, *ruiniformes*, etc. Plusieurs de ces dispositions paraissent tenir aux circonstances qui ont accompagné la formation des corps, et peuvent s'expliquer, comme les marbrures du savon, par le plus ou moins de liquidité et de viscosité des matières au moment qui a précédé la consolidation. D'autres sont des résultats de décomposition de l'intérieur à l'extérieur, ou réciproquement. Les dispositions flambées et ruiniformes tiennent à des fissures dirigées dans tous les sens, et dans lesquelles ont pénétré des liquides ou des vapeurs qui ont occasionné des décompositions à plus ou moins de profondeur: le *marbre ruiniforme de Florence* n'est qu'une variété de pierres calcaires prise dans le voisinage des fentes, par lesquelles s'échappent les vapeurs qui constituent le phénomène des *fumarolles* (voy. *Géologie*).

§ 406. **Iris superficiels.** — Il y a des couleurs accidentelles qui n'existent en réalité qu'à la surface des corps. Souvent elles tiennent à des pellicules minces de matières étrangères qui y sont déposées; ce qui a lieu particulièrement pour certains minerais de fer qui présentent soit sur leurs cristaux (fer oligiste de l'île d'Elbe), soit sur les stalactites, des teintes irisées, très-vives et plus ou moins variées, que le lavage détruit quelquefois entièrement. Dans d'autres circonstances, ces iris tiennent à l'altération même de la surface, comme il arrive fréquemment dans le *cuivre pyriteux*.

§ 407. **Iris intérieur** — Il y a aussi des iris qui se manifestent à l'intérieur des corps, et dont les unes sont dues à des fissures plus ou moins étendues, les autres à des circonstances entièrement inconnues. Parmi ces dernières se trouvent, d'un côté, les belles iris

qui font rechercher l'*opale*; de l'autre, les teintes vives, et variables suivant le plus ou moins d'inclinaison du corps sur la lumière, qui ont fait remarquer la *Pierre de Labrador*.

PHOSPHORESCENCE.

§ 108. **Définition.** — Si la phosphorescence, comme diverses expériences semblent l'indiquer, se rapporte à l'électricité, elle nous présente des jeux de lumière comme effet, et peut dès lors être indiquée à la suite des phénomènes optiques. Cette propriété se manifeste par des lueurs plus ou moins vives de diverses couleurs qu'on aperçoit dans l'obscurité, et qu'on provoque dans les minéraux de diverses manières, savoir : par frottement, par percussion ou compression, par élévation de température.

§ 109. **Phosphorescence par frottement.** — Il y a des corps sur lesquels il suffit du plus léger frottement pour en faire jaillir une lueur plus ou moins vive : par exemple, certaines variétés de sulfure de zinc. D'autres, au contraire, ont besoin d'un frottement assez fort, tels que le cristal de roche, la plupart des matières vitreuses, certains marbres, etc., dont il faut souvent frotter avec force deux fragments l'un contre l'autre. Dans ces différents cas, c'est toujours une lumière blanchâtre.

La percussion produit des effets analogues, surtout dans les matières clivables : chaque fissure qu'on produit présente alors une lumière plus ou moins vive pendant quelques instants, et, lorsqu'on les broie dans un mortier, la masse paraît tout en feu.

§ 110. **Phosphorescence par la chaleur.** — La plupart des substances minérales produisent des lueurs phosphoriques plus ou moins vives par l'élévation de température. Il en est qu'on est obligé de chauffer fortement dans des creusets; mais d'autres ne demandent qu'une chaleur rouge sombre et même beaucoup moins. Parmi ces dernières, la plus remarquable est la fluorine. Il y en a des variétés, rares à la vérité, qui n'ont besoin que de la chaleur de la main; d'autres exigent la température de l'eau bouillante, et le plus grand nombre la chaleur rouge; les premières présentent, en général, des lueurs verdâtres, les autres des couleurs très-variées. Il est à remarquer que les fragments de ces matières, soumis à une température rouge, perdent leurs couleurs naturelles, et en même temps la propriété d'être phosphorescents à des températures plus basses. Lorsque ces matières sont devenues blanches par l'effet d'une certaine température, elles ne donnent plus que des lueurs blanches à des températures plus élevées.

La phosphorescence par la chaleur ne paraît avoir aucun rapport avec la phosphorescence par frottement ; celle-ci se conserve toujours quoique l'autre ait été perdue. L'état des surfaces influe considérablement sur la production des phénomènes. Un cristal de fluorine limpide qui n'est pas phosphorescent le devient lorsqu'on use ses faces sur un grès et qu'on l'expose alors sur une plaque échauffée pendant quelques secondes. Généralement les cristaux dont les faces naturelles sont vives et brillantes ne sont pas phosphorescents, et le deviennent au contraire quand les surfaces sont dépolies ou lorsqu'on les a brisés en fragments ; il est remarquable aussi que souvent ils deviennent phosphorescents lorsqu'on les expose sur la plaque chaude par des faces secondaires, tandis qu'ils ne le sont pas lorsqu'on les place sur les faces primitives. Le diamant acquiert la phosphorescence lorsqu'il est poli et n'en donne point lorsqu'il est en cristaux naturels.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DIVERSES.

POIDS SPÉCIFIQUE.

§ 111. *Définition, applications.* — Sous un volume déterminé, chaque corps a son poids particulier, ou, suivant l'expression reçue, son poids spécifique. Ainsi une balle de plomb pèse plus qu'une bille de marbre de même calibre, celle-ci plus qu'une bille d'ivoire, etc. ; une pièce d'or pèse plus qu'une pièce d'argent du même volume, et il en est de même de tous les corps. Il y en a qui sont tellement différents qu'il suffit d'en prendre deux morceaux à peu près égaux pour les distinguer à l'instant. On ne confondrait jamais, par exemple, le platine avec l'argent, qui pèse moitié moins, ni avec l'étain, qui ne pèse guère que le tiers ; l'or ne se confondrait pas davantage avec le cuivre jaune, la barytine avec le calcaire, la topaze avec l'ambre jaune, etc. Cependant il y a un grand nombre de substances qui diffèrent beaucoup moins les unes des autres, et qu'on ne peut dès lors distinguer que par des évaluations suffisamment précises.

Moyens d'évaluation. — Pour évaluer les poids spécifiques des différents corps, il faut en prendre un pour terme de comparaison ; on a choisi alors l'eau distillée par la raison que c'est un liquide, et que dès lors il est toujours facile, par le principe d'Archimède, de connaître le poids d'un volume exactement égal à celui de tout autre corps. Il est convenu de ramener les évaluations à la température

de 18° centigrades ou à 0^d. Les nombres indiqués dans les tables expriment donc que les corps auxquels ils se rapportent sont deux fois, trois fois..., vingt fois, etc., plus pesants que l'eau sous le même volume, ou qu'ils pèsent la moitié, le tiers, le quart, etc.

Pour prendre le poids spécifique d'un corps, on le pèse d'abord dans l'air pour avoir son poids réel, puis on le pèse dans l'eau pour connaître la perte qu'il y fait, ce qui donne le poids d'un volume d'eau égal au sien, et on prend le rapport des deux nombres. C'est ainsi qu'ont été construites les tables de poids spécifiques.

Observations. — Il faut remarquer que le poids spécifique varie dans le même corps avec les diverses structures qu'il peut avoir, parce que ces structures déterminent toujours de petits vides accidentels plus ou moins nombreux. Ce sont en général les petits cristaux qui donnent les poids spécifiques les plus forts, les gros étant formés par des groupements qui déterminent également des vides. Pour avoir des poids comparables, le moyen le plus sûr est de réduire toujours ces corps en poudre grossière, qu'il convient d'imbiber d'eau chaude pour dégager les bulles d'air qui pourraient y adhérer. Par ce moyen, on obtient toujours le même poids spécifique, quelle que soit la variété du corps sur lequel on opère.

Pour les usages de la vie, c'est le poids spécifique sous la structure réelle qu'il faut avoir, parce que c'est là ce dont on a besoin pour calculer, par exemple, le poids d'un volume déterminé d'un corps qu'on doit employer pour une construction. Dans ce cas, si le corps est susceptible de s'imbiber d'eau, il faut le peser après l'imbibition complète, pour reconnaître le poids de l'eau dont il a été pénétré, et ajouter ce poids à la perte observée.

ÉLASTICITÉ.

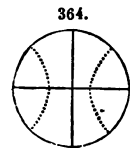
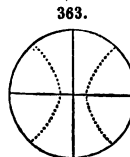
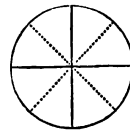
§ 112. *Définition.* — Beaucoup de substances minérales sont *élastiques*, c'est-à-dire que leurs molécules ont la propriété de se déplacer momentanément et de revenir bientôt à leurs premières positions. Cette propriété est l'inverse de la *ductilité*, où les molécules, une fois déplacées, restent d'une manière permanente dans les positions nouvelles qu'on leur a fait prendre : c'est ce qu'on remarque particulièrement dans les métaux, qu'on peut par cela même forger, laminier, étirer en fil à volonté.

L'élasticité se manifeste surtout dans les lames ou les plaques de certains corps, qui peuvent être plus ou moins courbées et qui reviennent ensuite à leur état naturel. Cette propriété les distingue de

beaucoup d'autres qui sont simplement *flexibles* et qui conservent la courbure qu'on leur a donnée artificiellement.

La flexibilité, opposée à la *rigidité*, qu'elle soit ou non accompagnée d'élasticité, se fait surtout remarquer dans les substances qui se divisent naturellement en lames, ou qui se trouvent en filaments très-déliés; elle se manifeste à un très-haut degré dans les matières qu'on nomme *asbeste* ou *amiante*, qui ne sont que des assemblages de fibres déliées et peu adhérentes, qu'on observe dans différentes substances, § 79. Il y en a des variétés qui sont aussi souples que de l'étope de soie.

§ 113. *Axes d'élasticité*. — Ce qui est surtout remarquable dans les corps cristallisés, relativement à l'élasticité, c'est que cette propriété n'est pas la même dans toutes les directions, et qu'il y a des lignes de *maximum* et de *minimum*, qu'on nomme axes d'élasticité. Cette circonstance s'est manifestée d'abord par les variations de température; car M. Mitscherlich a fait voir depuis longtemps que les inclinaisons mutuelles des faces d'un cristal qui n'appartient pas au système cubique, présentent alors des différences sensibles, ce qui ne peut provenir que de l'inégalité de dilatation en différents sens. On s'en aperçoit encore d'une manière plus frappante, par les modes de vibration que présentent les plaques taillées en différents sens dans un cristal, comme il résulte des expériences de Savart.



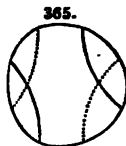
Une lame taillée perpendiculairement à l'axe d'un rhomboèdre donne deux modes de lignes nodales, composés chacun de deux lignes droites rectangulaires, comme fig. 362, qui produisent sensiblement le même son.

Une lame taillée parallèlement aux faces, produit aussi deux systèmes de lignes nodales, mais alors l'un est rectangulaire et l'autre est hyperbolique, fig. 363. C'est le système rectangulaire qui donne en ce cas le son le plus grave.

Si on taille une lame sur un des angles solides latéraux, parallèlement aux faces d'un rhomboèdre inverse du précédent, § 25, 4°, on en obtient aussi deux systèmes nodaux, l'un rectangulaire, l'autre hyperbolique; mais d'un côté les sommets de l'hyperbole sont plus écartés que les précédents, fig. 364, et de l'autre le système rectangulaire donne le son le plus aigu.

Lorsque la lame taillée sur l'angle est parallèle à l'axe, il se pré-

sente encore dans les lignes nodales un système rectangulaire et un système hyperbolique; mais c'est le premier qui donne le son le plus élevé.



Enfin, si l'on taille les lames sur les arêtes latérales et parallèlement à l'axe, elles présentent deux systèmes de lignes nodales hyperboliques, fig. 365, qui donnent des sons différents.

Application. — Ces expériences présentent déjà quelque utilité à la cristallographie. Lorsqu'une substance rhomboédrique n'est pas clivable, il est impossible de distinguer soit les deux rhomboèdres inverses identiques qu'elle peut présenter, § 25, 4°, soit les deux sortes de prismes hexagones dont elle est susceptible, § 27. Or, il sera toujours facile de reconnaître ces solides en taillant des plaques parallèlement à leurs faces, et en les faisant vibrer; car, pour le rhomboèdre direct, le système nodal rectangulaire donne le son le plus grave, et dans le rhomboèdre inverse il donne le son le plus aigu. Le prisme produit sur les angles donne un système rectangulaire et un système hyperbolique, et l'autre, au contraire, produit deux systèmes hyperboliques.

DURETÉ.

§ 114. **Définition.**—Dans les usages de la vie, on dit qu'un corps est dur, tantôt parce qu'il résiste à l'action du choc, tantôt par opposition à *mou* ou *flexible*, ou enfin parce qu'on ne peut l'entamer avec un instrument tranchant. En minéralogie, on entend par *dureté* le plus ou moins de résistance qu'un corps oppose à être entamé, rayé ou usé par un autre corps. C'est sous ce rapport que le diamant est le corps le plus dur que l'on connaisse, parce qu'il raye ou use tous les corps et n'est rayé ou usé par aucun; aussi faut-il employer sa propre poussière pour le tailler et le polir: il ne faudrait pas croire pour cela qu'il résistât de même au choc, car il est au contraire extrêmement fragile.

§ 115. **Rapport avec l'arrangement moléculaire.**—La dureté a beaucoup de rapport avec la forme et l'arrangement des molécules. Dans un même cristal, elle n'est pas exactement la même dans tous les sens; certaines faces se rayent plus facilement que d'autres, et certains angles solides possèdent à un plus haut degré la propriété de rayer tel ou tel corps. Des variétés cristallisées d'un corps ne sont pas comparables à celles qui sont formées par aggrégation confuse. La dureté n'est pas comparable non plus dans les cas de dimorphisme; ainsi l'aragonite raye fortement le carbonate de chaux or-

dinaire, et n'en est pas rayée ; de même l'acier trempé raye l'acier recuit et offre une résistance beaucoup plus considérable à tous les corps par lesquels on cherche à l'user.

§ 116. **Emploi du caractère.** — On se sert souvent de la dureté pour distinguer différents corps : c'est ainsi qu'on reconnaît le diamant, qui raye tous les corps, le rubis et le saphir, qui les rayent aussi et ne sont rayés que par le premier ; de même, on distingue clairement les pierres précieuses des verres colorés par lesquels on les imite ; car toutes rayent le verre et n'en sont pas rayées : le carbonate de chaux cristallisé ne peut se confondre avec le gypse, que l'ongle même raye avec facilité. Cependant la distinction n'est bien apparente que pour quelques extrêmes, et l'on ne connaît pas encore de moyens de l'évaluer pour des corps très-rapprochés. On a pris, pour y parvenir, dix substances de plus en plus dures pour termes de comparaison, savoir : 1 le talc, 2 le gypse, 3 le calcaire, 4 le fluor, 5 l'apatite, 6 le feldspath, 7 le quartz, 8 la topaze, 9 le corindon, 10 le diamant, et l'on indique souvent alors la dureté d'un corps par ces nombres ou par les intermédiaires : c'est ainsi que la dureté de l'émeraude est exprimée par 7-8, ce qui la place, sous ce rapport, entre le quartz et la topaze.

§ 117. **Choc du briquet.** — On donne quelquefois aussi comme caractère la propriété de faire feu avec le briquet. C'est un effet composé de la dureté et de la ténacité : de la dureté, parce qu'il faut que la substance puisse entamer l'acier, dont la parcelle, lancée rapidement dans l'air, s'enflamme et produit l'étincelle ; de la ténacité, parce qu'il faut que la pierre résiste suffisamment au choc. Le diamant ne produit pas d'étincelles, parce que, s'il est plus dur que les autres corps, il est trop fragile ; le cristal de roche ne donne pas autant d'étincelles que la pierre à fusil, qui est de même nature, parce qu'il a moins de ténacité.

FACULTÉ CONDUCTRICE.

§ 118. **Définition.** — Les divers minéraux ont pour la chaleur des facultés conductrices fort différentes ; de là résulte que, placés dans la main, ils produisent des impressions de froid plus ou moins marquées, dont on peut souvent se servir pour les distinguer. On ne confondra jamais, par exemple, le cristal de roche et le verre ; le premier produisant une impression de froid qui se prolonge, le second une sensation moins vive et de plus courte durée. Le diamant, le saphir ou le rubis, la topaze, les carbonates et sulfates de chaux, le succin, les bitumes, offrent sous ce rapport des différences très-

tranchées qui ne peuvent manquer de les faire reconnaître. Avec de l'habitude, on parvient par ce moyen, auquel se joint alors le poids spécifique, à distinguer un grand nombre de substances sans même les regarder.

§ 419. **Axes de conductibilité.** — M. Senarmont a fait voir que dans les corps cristallisés, la conductibilité n'est pas la même dans tous les sens, et qu'elle est en rapport avec les axes de symétrie cristalline. Pour le démontrer, il faut tailler des plaques en différents sens dans le cristal, et les percer perpendiculairement d'un petit trou. On enduit ces plaques d'une couche de cire vierge, puis on les enfle à l'extrémité d'un fil légèrement conique, courbé à angle droit, dont on chauffe la partie horizontale à la flamme d'une bougie. On voit bientôt la cire se fondre autour du fil, puis s'en écarter successivement en formant soit un cercle, si la conductibilité est la même dans tous les sens, soit une ellipse dans le cas contraire.

Dans le système cubique toutes les plaques donnent un cercle, en quelque sens qu'elles soient taillées; de sorte que la conductibilité est la même dans tous les sens.

Dans le système prismatique carré, ou dans le système rhomboédrique, les plaques taillées perpendiculairement à l'axe donnent un cercle, de sorte que la conductibilité est la même tout autour de l'axe de symétrie; mais les plaques parallèles à l'axe donnent des ellipses, qui indiquent une plus grande conductibilité dans ce sens.

Dans les autres systèmes, toutes les plaques donnent des ellipses, d'où il suit qu'il y a trois sens de conductibilité.

On voit que par ces expériences on peut reconnaître le système de cristallisation d'un corps aussi bien que par les propriétés optiques, § 90 à 96. Il y a plus, si l'on vient à pouvoir mesurer exactement les axes des ellipses, on aura par cela même les dimensions relatives des formes primitives, qui jusqu'ici sont fixées d'une manière un peu arbitraire, § 43, 75.

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME.

§ 420. **Peu d'importance de l'électricité.** — Toutes les substances minérales sont susceptibles de s'électriser, soit par l'un, soit par l'autre des moyens connus, et elles diffèrent en général les unes des autres, soit sous le rapport de la faculté conductrice, soit sous celui de l'espèce d'électricité acquise, ou du plus ou moins de facilité à l'acquérir, et enfin du temps pendant lequel elles conservent cet état.

Cependant ces caractères ont peu d'importance par suite de la difficulté que l'on trouve aujourd'hui à expliquer les nombreuses exceptions qu'ils présentent. Par le frottement, les variétés cristallines ne prennent pas toujours la même espèce d'électricité que celles qui sont produites par agrégations irrégulières. Il arrive encore que deux cristaux de la même substance prennent des électricités différentes, et qu'un même cristal acquiert par le frottement de l'une de ses faces une espèce d'électricité, tandis que par le frottement de l'autre il acquiert une électricité opposée.

Quant à la facilité à s'électriser il y a de grandes différences dans les corps ; il en est, comme le spath d'Islande et la topaze, qu'il ne faut pour ainsi dire que toucher, tandis que d'autres ne s'électrisent qu'avec la plus grande difficulté. Ceux que nous venons de citer conservent la vertu électrique pendant plusieurs jours, et d'autres, comme le quartz et le diamant, la perdent pour ainsi dire aussitôt. Ces faits seraient sans doute fort importants, mais ils présentent des exceptions analogues aux précédentes.

On ignore jusqu'à présent à quoi tiennent toutes ces différences ; seulement il est à présumer qu'elles sont en rapport avec l'état des surfaces qu'on ne sait pas suffisamment apprécier, ou en général avec l'état moléculaire du corps.

§ 121. **Électricité polaire.** — Un des phénomènes les plus remarquables est la propriété, qu'on trouve dans certaines substances, de manifester l'état électrique par une température uniformément croissante, en présentant alors une espèce d'électricité à l'une des extrémités et une espèce différente à l'autre, ou, comme l'on dit, en offrant des pôles électriques. Une température uniformément décroissante détermine les mêmes effets ; mais alors les pôles se trouvent renversés.

Ce qui est remarquable, c'est la relation de ces phénomènes avec les circonstances cristallographiques. Les substances qui présentent l'électricité polaire (boracite, tourmaline, etc.) offrent cette particularité que les deux pôles, qui sont géométriquement identiques, présentent des modifications tout à fait différentes, § 45. Cette singularité conduit à admettre des constitutions moléculaires particulières qui sont peut-être la cause du phénomène.

§ 122. **Électroscope.** — Malgré le peu d'importance de la plupart des phénomènes électriques, rappelons cependant les moyens d'observation. Pour reconnaître si un corps est électrisé, il suffit de le présenter à un corps mobile à l'état naturel, qui est alors attiré. Pour reconnaître l'espèce d'électricité, il faut donner au corps mobile une électricité connue : si alors le corps électrisé exerce

une répulsion, il a la même électricité que celle de l'instrument; s'il exerce une attraction, il possède l'électricité contraire.

§ 423. **Magnétisme.** — L'action sur le barreau aimanté est extrêmement limitée, car jusqu'ici il n'y a que le fer qui se trouve dans la nature à des états où il puisse produire quelque effet. A l'un de ces états il agit purement par attraction et de la même manière sur l'un et l'autre pôle : il est attirable. Sous les autres états (oxyde noir et sulfure magnétique), le même point du minéral agit par attraction sur l'un des pôles et par répulsion sur l'autre; c'est-à-dire que le minéral a lui-même des pôles.

ONCTUOSITÉ, APRETÉ.

§ 424. Il existe des corps qui présentent au toucher une onctuosité remarquable, très-développée : surtout dans la substance nommée *stéatite*, dont, à cause de cela, on emploie la poussière pour faire glisser les bottes : elle se retrouve à des degrés moindres dans beaucoup d'autres matières, telles que le *graphite*, dont on fait les crayons dits de mine de plomb, dans diverses espèces d'argiles, etc.; cette propriété varie peu dans la même substance, et avec l'habitude, elle peut servir à reconnaître différents corps.

Il y a aussi beaucoup de corps qui, soit en masse, soit en poussière, sont au contraire *après au toucher*, et que dès lors il est impossible de confondre avec les précédents.

On distingue comme intermédiaires des corps *maigres au toucher*. Ce sont le plus ordinairement des matières avides d'eau qui enlèvent à l'instant le peu d'humidité qui se trouve sur les doigts, et dès lors produisent une rudesse particulière. Ces matières se distinguent quelquefois par le *happement* à la langue, sorte d'adhérence qu'elles contractent avec l'organe en s'emparant rapidement de son humidité naturelle.

ODEUR, SAVEUR, DÉLIQUESCENTE, EFFLORESCENCE.

§ 425. **Odeurs propres.** — Les odeurs sont plus fréquentes et plus nombreuses dans le règne minéral qu'on ne le pense habituellement; il y a un grand nombre de corps qu'on peut distinguer par ce moyen, qui nous sera surtout très-utile dans les essais chimiques. Il y a des odeurs propres et des odeurs accidentelles : les unes et les autres se présentent tantôt immédiatement, tantôt par frottement, par élévation de température ou par combustion.

Les odeurs propres immédiates sont fournies par le naphtho et le

pétrole, le chlore, l'acide sulfureux, et même par certains métaux qui se distinguent facilement par ce moyen, comme l'étain, le fer et le cuivre. Beaucoup d'autres corps produisent une odeur caractéristique par la combustion, comme le soufre et les sulfures, le sélénium qui produit une odeur de raifort, l'arsenic, qui donne une odeur d'ail, le succin et quelques matières résineuses qui ont des odeurs tantôt agréables, tantôt fétides, les bitumes, etc.

Le frottement produit aussi le dégagement de certaines odeurs, comme dans quelques variétés de succins, dans le quartz et toutes les matières siliceuses, qui, frottées l'une contre l'autre, produisent toujours une odeur caractéristique. L'insufflation développe aussi diverses odeurs sur plusieurs substances terreuses; on ne confondra pas, par exemple, au moyen de ce caractère, la craie, le tripoli, la magnésie terreuse, la terre de Cologne, etc.

§ 426. **Odeurs accidentelles.** — Beaucoup de matières offrent des odeurs qui sont dues à des corps étrangers mélangés ou retenus dans leurs pores. Il en est qui se dégagent aussitôt que la matière est sortie du sein de la terre, et qui disparaissent après un certain temps; mais le plus souvent c'est par le frottement qu'elles se manifestent. Beaucoup de pierres calcaires dégagent alors une odeur fétide, bitumineuse et animale, comme cela a lieu dans l'espèce de marbre nommé *petit granite*, dont la plupart de nos meubles sont aujourd'hui couverts. Dans quelques autres matières, c'est une odeur d'hydrogène sulfuré, et même d'hydrogène arsénié. Ces odeurs sont souvent attribuées à la décomposition des matières organiques qui ont été enfouies dans le sein de la terre: mais il est à remarquer qu'il s'en produit d'analogues dans des substances, même cristallines, qui se trouvent dans les terrains de cristallisation, vraisemblablement produits par le feu, et que dès lors elles y sont dues à d'autres causes.

§ 427. **Saveurs.** — Il ne peut exister de saveur que dans des matières solubles, dont il ne se trouve qu'un très-petit nombre dans la nature, parce qu'elles sont tôt ou tard dissoutes par les eaux. Ainsi, ce caractère, si utile pour la distinction des sels artificiels, devient peu important pour la minéralogie. Nous nous contenterons d'indiquer la saveur acide que certaines eaux empruntent aux acides sulfurique et hydrochlorique, la saveur salée que présente le sel commun, la saveur astringente des sulfates d'alumine, de fer, de zinc, de cuivre, qu'on rencontre çà et là en efflorescence, et la saveur alcaline du sous-carbonate de soude.

§ 428. **Déliquescence.** — On nomme ainsi la propriété que possèdent certains corps d'attirer l'humidité de l'atmosphère et de se

dissoudre à mesure dans l'eau qui en résulte. Le sel commun est légèrement déliquescent; mais il y a beaucoup de sels qui le sont fortement, et c'est sans doute pour cela qu'on ne les trouve pas à la surface de la terre : ils sont tous entraînés dans les mers, où la plupart se trouvent à l'état de chlorure.

Efflorescence. — C'est la propriété qu'on trouve dans d'autres corps de tomber en poussière. Souvent elle est due à la perte d'une certaine quantité d'eau en proportion définie, et par conséquent à un changement chimique, ce qui a lieu, par exemple, dans les carbonates, sulfates et phosphates de soude; mais il y a des cas où il n'en est pas ainsi, et où le corps tombe en poussière sans rien perdre de sa composition. On suppose qu'alors le phénomène est dû à un changement dans l'arrangement géométrique des molécules, en se fondant sur ce que les sels soumis à des cristallisations forcées ne peuvent conserver longtemps leur forme, et que plusieurs autres, soumis à une température plus ou moins élevée, présentent dans leur intérieur des fissures dirigées sous un nouveau système de cristallisation, qui en diminuent la cohésion et permettent bientôt la réduction en poussière, § 48, 49.

COMPOSITION CHIMIQUE DES MINÉRAUX.

§ 129. — Quelques-uns des corps que l'on considère comme simples, § 2, se trouvent assez fréquemment à l'état libre dans la nature, ou, suivant l'expression reçue, à l'état natif. Tels sont :

Antimoine.	Carbone.	Oxygène.
Argent.	Chlore.	Palladium.
Arsenic.	Cuivre.	Platine.
Azote.	Mercure.	Soufre.
Bismuth.	Or.	Tellure.

Tous les autres n'ont jamais été observés qu'à l'état de combinaison, deux à deux, trois à trois, etc.; et c'est par l'art qu'on est parvenu à les obtenir à l'état de pureté. Ces combinaisons extrêmement variées constituent un très-grand nombre de corps, dont la nature est en général ce qu'il y a de plus important à connaître pour la distinction des minéraux.

Il y a trois parties essentielles dans les recherches qui sont nécessaires pour arriver à cette connaissance :

1° L'essai chimique, qui conduit à connaître la nature et le nombre des éléments qui constituent un corps ;

2° *L'analyse*, qui a pour objet de déterminer en poids les quantités relatives de chacun des corps ;

3° *La discussion des analyses*, qui, en partant des lois générales reconnues dans la combinaison des corps, a pour objet d'éliminer ce qu'il peut y avoir d'accidental.

§ 430. **Corps électro-positifs et électro-négatifs.** — Rappelons les principes les plus généraux de la composition des corps. Lorsque, par l'action de la pile voltaïque, on vient à détruire une combinaison, on observe toujours que l'un des composants, soit simple, soit même formé de plusieurs éléments, se porte au pôle positif, et l'autre, au contraire, au pôle négatif : d'où l'on conclut que le premier possède par lui-même l'électricité négative, en vertu de laquelle il se trouve attiré et fixé au pôle positif, tandis que l'autre possède l'électricité positive. D'après cela, on a nommé les premiers corps *électro-négatifs*, et les autres corps *électro-positifs*. La combinaison a été regardée comme le résultat de cette opposition, et l'on a conçu qu'il y avait combinaison entre deux corps toutes les fois que l'un pouvait être électro-négatif par rapport à l'autre, qui est alors électro-positif.

Les matières éminemment électro-négatives sont, parmi les corps simples : *l'oxygène*, le *chlore*, le *brome*, l'*iode*, le *fluor*, l'*arsenic*, le *sélénium*, l'*antimoine*, le *tellure*, le *mercure*, etc., dont le premier est le plus énergique. Parmi les corps oxygénés, ceux qui renferment le plus d'oxygène sont le plus souvent électro-négatifs par rapport à ceux qui en renferment le moins ; ceux qui sont doués des propriétés acides sont généralement les plus énergiques et se combinent avec la plupart des autres.

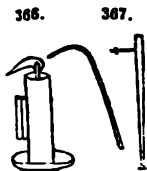
D'après cela, on distingue toujours deux sortes de corps dans une combinaison, quelque compliquée qu'elle soit : les *corps électro-négatifs*, qu'on nomme souvent *acides* dans les corps oxygénés ; et les *corps électro-positifs*, qu'on nomme généralement *bases*.

ESSAIS CHIMIQUES DES MINÉRAUX.

§ 434. **Observations générales.** — Les opérations nécessaires pour reconnaître la nature des corps peuvent toujours se faire sur des parcelles infiniment petites, de manière à n'avoir besoin que d'une petite table pour tout laboratoire, à n'employer qu'une goutte d'acide quand cet agent est nécessaire, à évaporer en quelques minutes les liquides surabondants, sans en redouter les vapeurs. Sous ces conditions, les essais les plus compliqués peuvent

se faire partout et dans un temps très-court, que l'habitude de distinguer les minéraux peut même infiniment réduire. Les instruments, les vases, les réactifs se réduisent alors à de si petites proportions, qu'on peut avec facilité les transporter en voyage.

§ 432. **Instruments.**— Pour opérer la fusion des corps, avec ou sans réactifs, on se sert du *chalumeau*, ou tube courbé employé par beaucoup d'ouvriers pour souder les métaux ; on en dirige la pointe sur la flamme d'une lampe ou d'une chandelle, et, en soufflant, on projette un dard de flamme extrêmement actif, fig. 366, devant lequel un grand nombre de corps peuvent se fondre. Le chalumeau, formé d'un tube conique de fer-blanc et d'un petit tube transverse placé à une certaine distance du fond, fig. 367, est très-convenable, parce que s'il s'introduit un peu de salive, elle n'est pas projetée sur la pièce d'essai : en renversant le tube, elle s'égoutte facilement.



Pour chandelier, on peut avoir un tube de fer-blanc rempli par un ressort à boudin, fig. 368, au-dessus duquel on place un bout de chandelle dont la mèche vient sortir par l'ouverture. La partie supérieure de ce tube doit présenter une cavité qu'on remplit de suif destiné à préserver la chandelle d'une trop grande chaleur.

Remarquons qu'en chauffant un corps à l'extrémité du jet de flamme et au contact de l'air, on l'oxyde de plus en plus s'il en est susceptible ; en le chauffant, au contraire, dans l'intérieur de la flamme, dont il est alors partout entouré, le corps se désoxyde par l'action de l'hydrogène carboné. Ces deux manières d'opérer se distinguent, la première sous le nom de *feu d'oxydation*, la seconde sous le nom de *feu de réduction*.



Pour soumettre un corps à l'action du feu, on le place quelquefois tout simplement à l'extrémité d'une pince, fig. 369, formée d'un fil de fer tourné de manière à faire ressort, et dont les bouts sont terminés par des fils de platine. Plus souvent encore on met ce corps sur un *charbon*, ou bien sur une feuille mince de platine qu'on emboutit en forme de capsule à une de ses extrémités, pour opérer plus facilement avec les réactifs. Quelquefois alors on emploie de très-petites coupelles, qu'on place dans un trou du charbon, et sur lesquelles on met la matière d'essai avec le fondant.

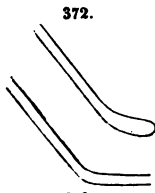
Ce dernier procédé a l'avantage de pouvoir conserver le résultat de l'essai en collant la coupelle sur un carton.



370.



371.



372.

373.

Si l'on a besoin de traiter une substance à chaud par un acide, on emploie, pour éviter une évaporation trop rapide, un *petit matras* en verre soufflé, fig. 374, ou simplement un tube droit fermé à l'extrémité; on soutient ce tube auprès de la flamme de la chandelle au moyen d'une pince de fil de fer fixée à un bouchon, *a*, qu'on enfle sur la branche du support précédent.

Pour récolter les matières susceptibles de se sublimer par la chaleur, on emploie des tubes courbés et fermés à l'extrémité la plus courte, fig. 372, où l'on place la pièce d'essai; on chauffe alors cette partie plus ou moins, et la matière volatilisée se condense à la partie supérieure qu'on tient à la main.

Souvent les matières renfermées dans le corps ne sont pas immédiatement volatiles, mais peuvent le devenir par l'oxydation; on emploie alors un tube ouvert, fig. 373, à l'extrémité inférieure duquel on place le corps, et on le chauffe au feu d'oxydation. La matière volatile formée se porte alors vers la partie supérieure, s'y dépose ou se fait reconnaître par son odeur.



374.



375.

Quand on a indispensablement besoin de filtrer, ce qu'on doit en général éviter, on se sert d'un très-petit entonnoir de verre soufflé dans lequel on place un cornet de papier. On soutient l'entonnoir sur un fil de fer coudé et terminé en anneau, qu'on fixe dans une plaque de liège qui sert de support à la capsule où l'on reçoit le liquide clair, fig. 374. On évite presque toujours la filtration en tirant le liquide à clair; pour cela, on met dans la capsule qui le renferme une petite bande de papier joseph, *a*, fig. 375, qui fait alors l'office de siphon. Quand on veut laver un précipité, on place une capsule d'eau distillée au-dessus de la première et on établit l'écoulement par un autre siphon.

Joignons à ces petits instruments un très-petit verre à patte, dont on a rarement besoin, quelques verres de montre, des lames de verre, de cuivre, d'étain, de zinc et de fer, dont nous verrons plus tard l'usage; enfin quelques petits tubes en verre plein, pour agiter. Un petit marteau n'est pas inutile; mais on peut toujours y suppléer; il en est de même d'un petit mortier d'agate pour pulvériser les corps durs.

On se procurera enfin la série des réactifs dont nous allons nous servir et dont la plupart peuvent être pris, si l'on veut, à l'état solide.

§ 433. **Conduite générale des essais.** — Pour arriver le plus promptement possible à la connaissance de la composition d'un corps, il est nécessaire de suivre une marche régulière dans les essais qu'il faut tenter. Parmi toutes les méthodes qu'on peut imaginer, j'ai préféré celle qui consiste à chercher d'abord la nature du corps électro-négatif que peut renfermer la substance, et à procéder ensuite à la recherche des bases. Je ne me suis pas borné uniquement à employer la voie sèche ou la voie humide; mais j'ai mêlé ces deux moyens d'exploration, pour lever les incertitudes de l'un ou de l'autre et éviter des longueurs ou des difficultés.

On commence souvent par essayer si le corps proposé est fusible ou infusible, ce qui suffit quelquefois pour se décider entre quelques substances à l'idée desquelles on a été conduit par la première vue du minéral. C'est ainsi, par exemple, qu'on peut se décider entre un rubis et un grenat, le premier étant infusible, le second fusible; ou bien entre le cristal de roche et l'émeraude incolore, qui sont dans le même cas; entre le platine et l'argent, etc. Mais cet essai ne dit rien de positif relativement à la nature du corps, qu'il faut examiner plus attentivement.

Les réactifs doivent être au plus grand degré de pureté possible, et il faut avoir la plus grande attention à ne pas les salir, soit en plaçant les bouchons au hasard sur des corps qu'ils pourraient enlever, soit en portant les tubes, dont on se sert pour les prendre, d'un flacon dans l'autre, sans les avoir exactement nettoyés. Pour éviter ce dernier inconvénient, chaque bocal ou chaque flacon doit avoir son tube particulier, et fixé dans le bouchon même lorsque celui-ci est en liège; il faut alors avoir soin de remettre chaque bouchon à sa vraie place, et pour cela il convient de tout numéroter. On ne doit jamais toucher les liqueurs d'essai avec les tubes, et il faut y faire simplement tomber les réactifs.

Nous avons fait faire, pour renfermer les acides et les réactifs liquides, des flacons terminés en pointe, avec une ouverture ca-

376. pillaire, qui se recouvrent par un capuchon de verre sur lequel ils sont rodés, fig. 376. Pour les remplir, il suffit de les chauffer et de plonger ensuite le bout dans le liquide. Pour s'en servir, on les prend à la main, dont la chaleur suffit pour dilater l'air et faire tomber une goutte de liquide en les renversant. Ces flacons ne laissent dégager aucune vapeur lorsqu'on a soin de graisser le capuchon par en bas¹.



RECHERCHE DES CORPS ÉLECTRO-NÉGATIFS.

§ 434. **Succession d'essais.** — Il y a sept espèces d'essais principaux à faire pour parvenir à reconnaître la nature des principes électro-négatifs qui peuvent se rencontrer dans un composé naturel, d'après les connaissances que nous avons, savoir :

1° Chauffer le corps dans le tube fermé; on reconnaît alors :

Hydrates..... par des gouttelettes d'eau².
 Hydrargures..... par des gouttelettes de mercure.
 Oxyde d'antimoine..... par un sublimé blanc non cristallin, qu'on peut faire volatiliser, en chauffant, d'un point à l'autre du tube.

2° Chauffer dans le tube ouvert pour reconnaître ce que l'oxydation peut produire; on distingue alors :

Sélénieuses..... par l'odeur de chou pourri.
 Arsenic et arsénieuses.. par l'odeur d'ail.
 Antimoine et antimo- par des vapeurs blanches qui produisent un sublimé
 niures..... volatilisable d'un point à l'autre du tube.
 Tellure et tellurieuses.. par une vapeur blanche qui, après s'être déposée, peut être fondue sur le tube en gouttelettes limpides par la chaleur.
 Soufre et sulfure..... par l'odeur de soufre brûlé³.

3° Chauffer dans le tube fermé, après avoir réduit le minéral en

¹ On trouve des boîtes d'ustensiles et de réactifs chez MM. Boyveau et Pelletier, rue des Francs-Bourgeois-Saint-Michel, n° 8.

² On peut essayer cette eau en introduisant dans le tube une bandelette de papier réactif. Le papier de tournesol, en rougissant, indique un acide; le papier de Fernambouc, en prenant une belle couleur jaune, indique particulièrement l'acide hydrofluorique. Le curcuma rougit avec les alcalis.

³ Certains sulfures ne produisent pas cet effet, et ne sont dès lors reconnus que par le quatrième essai.

poudre et l'avoir mêlé avec du charbon, dont l'effet est de désoxyder certains corps ; on reconnaîtra :

Acide arsénieux..... } par l'odeur d'ail.
Arsénites et arséniates. }
Acide sulfurique..... par l'odeur de soufre brûlé.
Quelques sulfates..... par la saveur d'œuf pourri.
Azotates..... parce qu'ils fusent (produisent l'effet d'une fumée) pendant l'opération ¹.

4° Chauffer le corps avec un mélange de charbon et de sous-carbonate de soude, pour opérer une désoxydation et une nouvelle combinaison ; on distingue dans ce cas :

sulfates et sulfures..... par la saveur d'œuf pourri du résidu, ou le dégagement d'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau acidulée sur ce résidu ².

5° Faire agir l'acide azotique, au moyen duquel on reconnaît :

Carbonates..... par l'effervescence qui se produit soit à froid, soit à chaud.

Quelques borates..... par un résidu blanc qui donne à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte.

Quelques silicates..... par la production d'une gelée qui n'est qu'un précipité gélatineux de silice.

6° Fondre le corps avec le double phosphate de soude et d'ammoniaque ³, pour reconnaître :

Fluor..... par des vapeurs qui corrodent le verre et jaunissent le papier de Fernambouc (si l'on opère dans le tube ouvert), ou par un anneau de corrosion autour de la pièce d'essai (dans le tube fermé).

Chlore..... par une flamme bleu pourpré qui se produit en fondant d'abord le double sel avec de l'oxyde de cuivre, puis ajoutant la matière d'essai.

Brome..... par une flamme bleue dans le même essai.

Iode..... par une flamme verte dans le même essai.

7° Chauffer, et quelquefois fondre réellement, avec le sous-carbonate de soude, pour décomposer certains sels par un échange de

¹ Quelques oxydes sont réduits dans ce traitement, mais nous ne nous servirons pas de ce caractère.

² Les sulfures produisent le même effet sans addition de charbon.

³ L'ammoniaque est alors dégagée, et l'acide phosphorique, mis à nu, réagit sur le corps. Il y a ici essai par la voie sèche au moyen d'un acide.

base. L'acide du minéral se porte sur la soude et forme un nouveau sel, qui est soluble ou insoluble dans l'eau.

S'il se fait un sel soluble, on ajoute un peu d'acide à la solution, pour décomposer le sous-carbonate de soude surabondant, et on reconnaît ensuite :

Acide phosphorique.....	si la liqueur précipite en jaune par l'azotate d'argent.
Acide chromique.....	si elle précipite alors en rouge.
Acide vanadique.....	si elle précipite en jaune qui blanchit promptement.
Acides molybdique, tungstique et tantalique. {	si la solution devient bleue sur une lame d'étain ¹ .
Silice (acide silicique).....	si la solution, ne bleuisant pas sur une lame d'étain, donne un précipité blanc par l'addition d'un acide, soit immédiatement, soit pendant l'évaporation.

Si le résultat du traitement est insoluble dans l'eau, il peut se dissoudre plus ou moins facilement dans l'acide chlorhydrique, et l'on reconnaît ensuite :

Silice.....	si la solution, évaporée et reprise par l'eau, laisse un résidu qui ne donne aucune couleur par la fusion avec le double phosphate.
Acide titanique.....	si le résidu de ce traitement donne, avec le double phosphate, un verre bleu violâtre au feu de réduction.
Alumine.....	s'il ne se fait pas de résidu, et si la solution donne par l'ammoniaque un précipité floconneux attaqué par la potasse caustique.

§ 435. **Notes sur ces essais.** — Nous réunirons ici quelques observations sur les essais que nous avons indiqués pour la recherche des corps électro-négatifs, et sur quelques autres qu'on pourrait faire :

1° En chauffant dans un tube fermé, on peut reconnaître aussi plusieurs autres corps ; savoir :

Séléniures.....	par un sublimé rouge.
Arsenic et arséniures..	par un sublimé de petits cristaux métalliques.
Acide arsénieux et arsénites.....	par un sublimé de petits cristaux blancs.
Tellure et telluriures..	par un sublimé gris non cristallin.

¹ La solution précipite en blanc par un acide, et en essayant le précipité on peut distinguer les trois corps. L'acide molybdique produit un verre vert en le fondant avec le double phosphate de soude et d'ammoniaque. L'acide tungstique produit un verre bleu, et l'acide tantalique un verre incolore.

Mais ces corps se distinguent plus facilement par le second mode d'essai, § 434.

2° Dans le tube fermé, avec du charbon, on peut reconnaître les acides antimonieux et antimonique, qui donnent alors les caractères de l'oxyde d'antimoine, § 434, 1°.

3° On pourrait faire un essai en chauffant le corps avec l'azotate de potasse, et en découvrirait alors :

Le carbone..... parce que le mélange fuse pendant l'opération.
L'osmium..... parce que la matière donne une vapeur blanche qui a l'odeur du chlore.

4° On pourrait essayer les corps par l'acide sulfurique dans le tube fermé, et on reconnaîtrait alors :

Le fluor..... par des vapeurs incolores qui corrodent le verre.
L'iodo..... par les vapeurs violettes qui se dégagent lorsque le corps a été préalablement mêlé avec le peroxyde de manganèse.
Le chlore.... par l'odeur particulière du gaz jaunâtre avec le même mélange.
Le brome..... par les vapeurs rutilantes qui se dégagent avec ce mélange.
L'acide azotique..... par les vapeurs rutilantes qui se dégagent lorsqu'on a ajouté de la limaille de cuivre.

5° Les chromites, traités au feu d'oxydation, produisent les mêmes résultats que les chromates, § 434, 7°. Pour les distinguer, il faut recommencer l'essai dans le tube fermé: la matière obtenue est verte pour le chromite, et jaune pour le chromate.

RECHERCHE DES BASES.

§ 436. *Série des essais.* — Les essais précédents auront déjà indiqué l'arsenic, l'antimoine et le sélénium, qui servent aussi quelquefois de bases principalement dans les sulfures. Pour les autres corps, il y a six sortes d'essais principaux à faire.

1° Chauffer la substance sur le charbon, au feu de réduction, pour reconnaître s'il y a

Du cadmium..... par l'aurole orangée qui se forme dès le premier coup de feu.

2° Chauffer sur la feuille de platine avec le sous-carbonate de soude ; on reconnaît alors :

Manganèse..... si la matière fondue est d'un vert bleuâtre.
Chrom e..... si la matière devient alternativement vert-pré au feu de réduction, et jaune au feu d'oxydation.

3° Fondre la matière avec le borax, après l'avoir préalablement grillée au feu d'oxydation ; on reconnaît alors les moindres traces de

Cobalt..... par la couleur bleue du verre qu'on obtient.

4° Traiter le minéral par l'acide azotique, soit immédiatement, soit après le traitement par le sous-carbonate de soude, § 134, 7°.

Si le corps renferme des matières non oxydées, on s'en aperçoit aussitôt par les vapeurs rutilantes qui se dégagent pendant la solution. Dans ce cas, la liqueur étant très-acide et chaude, s'il se fait un précipité, il dénote la présence du *molybdène*, de l'*antimoine* ou de l'*étain*.

Molybdène..... s'il a les caractères de l'acide molybdique, § 134, 7°.
Antimoine..... s'il a les caractères des oxydes d'antimoine, § 134, 2°.
Étain..... si ce précipité ne peut être ni volatilisé, ni fondu.

La solution faite, on y reconnaît facilement les diverses bases :

Bismuth..... si une goutte de la solution projetée dans l'eau la blanchit à l'instant.
Argent... si une goutte portée sur une lame de cuivre y forme un précipité blanc cristallin métallique.
Mercure..... s'il se fait alors un précipité gris qui se réunit en gouttelettes ou s'amalgame au cuivre, auquel il donne l'éclat de l'argent.
 Ce précipité est volatil au feu, et s'il s'est déposé de l'argent, celui-ci reste seul.
Cuivre..... si la solution laisse précipiter du cuivre sur une lame de fer.
Nickel..... si la liqueur qui a séjourné sur une lame de fer se colore immédiatement en bleu par l'addition de l'ammoniaque.
Zinc..... si la même liqueur donne par l'ammoniaque un précipité qui se redissout en partie par un excès de cet alcali ¹.

¹ Le cadmium se précipiterait et se redissoudrait de même ; mais d'abord on aurait reconnu sa présence, § 136, 1°, et en outre la potasse et la soude le précipiteraient d'une manière permanente, ce qui n'a pas lieu pour le zinc.

Après ces essais, on placera différentes gouttes de la solution primitive sur de petits verres de montre ou sur une lame de verre légèrement graissée; on reconnaîtra alors :

Fer	si quelques parcelles de ferro-cyanate de potasse déterminent un précipité bleu ¹ .
Plomb, baryte et strontiane	si quelques parcelles d'un sulfate quelconque déterminent un précipité blanc.
Plomb	si le précipité noir t par l'addition de quelques parcelles du sulphydrate de soude.
Baryte	si le précipité ne noircit pas, et si une goutte de la solution primitive, fortement étendue d'eau, continue encore à précipiter par le sulfate.
Strontiane	si la solution très-étendue ne précipite plus.
Alumine	si l'ammoniaque en excès, ajouté au reste de la liqueur, donne un précipité blanc, floconneux et permanent, qui se dissout dans la potasse caustique (voyez § 137, 2°).
Chaux	si la liqueur ammoniacale qui surnage précipite immédiatement par l'oxalate d'ammoniaque, même lorsqu'elle est chaude ² .
Magnésie	si le liquide, après s'être éclairci à chaud, se trouble de nouveau en refroidissant.

5° Rechercher les alcalis. Pour reconnaître la potasse, la soude, la lithine, il ne faut avoir employé aucun de ces corps pendant les opérations. Dès lors, si le minéral n'est pas immédiatement attaquer par un acide, il faut le disposer à l'action en le fondant avec le carbonate de baryte.

La solution faite et suffisamment étendue, on ajoute du carbonate d'ammoniaque, qui précipite tout, à l'exception des alcalis. On filtre, on évapore, on calcine au rouge, et s'il reste quelque chose dans la capsule, c'est un des trois alcalis, savoir :

La potasse	si la solution de chlorure de platine concentrée, portée sur une partie du résidu, détermine un précipité jaune.
-------------------------	--

¹ La plupart des autres métaux se précipitent en même temps, mais la couleur bleue produite par la présence du fer domine toutes les autres.

² La baryte, la strontiane, le cuivre, le nickel, le zinc, pourraient exister dans la liqueur ammoniacale. Il faudrait alors éliminer d'abord les deux premiers corps par un sulfate, et les deux suivants par la potasse : la solution ne renfermerait plus alors que du zinc, qui, par l'addition de l'oxalate, ne précipite que longtemps après la magnésie quand la liqueur s'évapore.

- La lithine..... si la substance a taché la feuille de platine pendant la calcination, et si une goutte d'ammoniaque étendue sur elle détermine un précipité blanc.
- La soude..... si aucun de ces effets ne se produit.

Quand il y a mélange des alcalis, il devient difficile de les distinguer dans ces essais.

Certains sels solubles renferment de l'ammoniaque, dont la présence est facilement reconnue par l'addition de quelques parcelles de potasse caustique qui en dégage les vapeurs.

6° Examiner les corps non attaqués par les moyens précédents.

Ces corps sont surtout l'or et le platine, le premier d'une belle couleur jaune, le second de couleur plombée. L'un et l'autre sont attaqués par l'eau régale. La solution d'or précipite en pourpre par le protochlorure d'étain; celle de platine précipite en jaune par un sel de potasse.

Le platine, dans le minerai de platine, est allié ou mélangé avec diverses substances qu'on ne peut pas encore caractériser dans les petits essais.

§ 437. Notes sur la recherche des bases. — Nous n'avons indiqué dans les essais destinés à la recherche des bases, que les substances qui sont communes dans la nature. Si l'on avait affaire à d'autres matières, on pourrait éprouver des embarras dont nous parlerons ici.

1° Dans le traitement par l'acide azotique, il pourrait se trouver :

- Du palladium..... Il précipite sur la lame de cuivre; mais la solution est rouge et précipite en noir par le chlorure d'étain.
- De la tharine..... Elle se manifesterait par l'ébullition, après l'addition d'un sulfate, car le sulfate de tharine se précipite à 100°.

2° Dans l'essai de solution par l'ammoniaque en excès, le précipité peut renfermer un grand nombre de substances, qui n'ont pas été indiquées, telles que :

- La glucyne..... Elle est enlevée avec l'alumine dans la solution potassique, qu'il faut alors saturer par un acide, pour traiter de nouveau par l'ammoniaque.
- Si le précipité est l'alumine pure, en y mettant une goutte de nitrate de cobalt, et calcinant, il prend une belle couleur bleue. Si c'est de la glucyne pure, la couleur devient noire; s'il y a mélange, on obtient un bleu sale.

- L'urane**..... Le précipité, ou le minéral même, donne au feu de réduction un verre vert avec le double phosphate. La solution première précipite en rouge foncé par le ferro-cyanate de potasse.
- Le cérium**..... Le résidu de l'action de la potasse peut renfermer ces trois substances. Repris par l'acide azotique, puis desséché pour chasser l'excès d'acide, et redissous dans l'eau, il donne un précipité blanc par l'oxalate d'ammoniaque.
- La zirconie.**
- L'yttria.**
- Pour la première, ce précipité devient brun-cannelle par calcination, et forme, avec le double phosphate, un verre rouge à chaud, et incolore à froid. Pour les autres le précipité ne brunit pas : il forme pour l'une un verre incolore opaque avec le double phosphate ; pour l'autre un verre transparent.

3° Nous ne parlerons pas des réunions fortuites qu'on pourrait rencontrer ; car alors les précipités pourraient être très-complicés, et, pour arriver à quelques résultats, il faudrait posséder des connaissances chimiques très-étendues, qu'on ne peut acquérir que par des études approfondies.

ANALYSE DES MINÉRAUX.

§ 438. **Nécessité.** — L'essai chimique suffit toujours pour distinguer un corps simple ; mais il n'en est pas de même d'un corps composé, la nature et le nombre des matières réunies ne suffisent plus, et il faut en connaître les quantités relatives. Par exemple, personne ne confondra le sucre et l'esprit-de-vin, et cependant ils sont l'un et l'autre uniquement composés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, et il n'y a de différence que dans le rapport des quantités. La même chose a lieu dans les minéraux ; il en est beaucoup qui sont formés des mêmes éléments, et qui présentent des différences aussi marquées que les deux corps précédents : d'où il résulte que, pour les caractériser chimiquement, il faut séparer exactement les matières, peser chacune d'elles, et rapporter tout à l'unité, pour établir la comparaison sous ce point de vue. C'est ainsi qu'on peut distinguer le minium et le jaune de plomb, si différents à l'extérieur, quoique formés des mêmes éléments ; savoir :

Jaune de plomb.	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td style="padding-right: 5px;">Oxygène. 0,07</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td style="padding-right: 5px;">Plomb... 0,93</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; border-top: 1px solid black;">1,00</td> </tr> </table>	{	Oxygène. 0,07	{	Plomb... 0,93		1,00	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td style="padding-right: 5px;">Oxygène. 0,10</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 5px;">{</td> <td style="padding-right: 5px;">Plomb... 0,90</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center; border-top: 1px solid black;">1,00</td> </tr> </table>	{	Oxygène. 0,10	{	Plomb... 0,90		1,00	Minium.
{	Oxygène. 0,07														
{	Plomb... 0,93														
	1,00														
{	Oxygène. 0,10														
{	Plomb... 0,90														
	1,00														
			..												

§ 439. **Moyens généraux.** — L'analyse se fait à peu près comme les essais, seulement avec des précautions qu'on pouvait alors négliger. Il faut peser exactement une certaine quantité du minéral réduit en poudre très-fine, et avoir soin de n'en rien perdre dans le cours des opérations. Après l'avoir calciné, si l'on y a reconnu de l'eau, et pesé de nouveau pour constater la perte, qui est le poids du liquide, on attaque par l'acide nitrique, par l'eau régale, ou par fusion préalable avec la soude, etc., puis on recueille successivement, par filtration, les précipités qu'on peut former dans la solution; on les lave soigneusement en faisant passer une suffisante quantité d'eau sur les filtres; on dessèche convenablement ces filtres, on les pèse exactement avec la matière qu'ils supportent, et l'on défalque le poids du papier, qu'on a dû peser auparavant. On recueille alors la liqueur filtrée et toutes les eaux de lavage, et on fait évaporer convenablement pour provoquer ensuite d'autres précipités sur chacun desquels on opère de même.

Le point principal est de bien conduire les opérations successives, d'employer des réactifs qui séparent en totalité une substance déterminée, et qui n'entraînent aucune partie des autres. C'est en cela que consiste la difficulté, et les moyens que nous avons employés dans les essais ne suffisent pas toujours. En effet, tant qu'il ne s'agit que de découvrir la présence d'un corps, peu importe que le précipité en entraîne d'autres, pourvu que ceux-ci soient masqués et que celui qu'on cherche se manifeste clairement. Il n'en est plus de même dans l'analyse, et il y a des cas où il faut tout le talent d'un chimiste consommé pour parvenir à une séparation exacte des éléments. Heureusement, beaucoup de cas aussi n'exigent que les plus simples éléments de la science, et ce sont généralement ceux qui se présentent le plus fréquemment dans les usages de la vie. Ainsi, l'analyse des pierres calcaires, des marnes, des argiles et des terres arables, des silicates les plus communs, des scories des usines, des minerais de fer, de cuivre ou de plomb, des sels employés dans les arts, des alliages les plus utiles, etc., peut se faire toujours avec facilité; ces corps, en effet, ne renferment que des matières parfaitement connues, dont la séparation se fait toujours assez nettement.

§ 440. **Exemples d'analyses.** — Il ne sera pas inutile d'indiquer ici quelques analyses faciles, pour donner une idée de ce qu'il y a à faire dans les cas qui se présentent le plus ordinairement.

4° *Marne.* — 5 grammes desséchés à 400° ont perdu 345 milligrammes, consistant en eau.

5 autres grammes, traités par l'acide azotique étendu, ont fait

effervescence pendant quelque temps et ont laissé un résidu argileux qui, lavé, puis desséché à 400°; pesait 3^{gr},879; il en résulte que le carbonate de chaux enlevé par l'acide est de 0^{gr},776; cette marne se compose donc de :

Carbonate de chaux.....	0,776	ou pour 1.....	0,1552
Argile et eau.....	<u>4,224</u>	.....	<u>0,8448</u>
	5,000		1,0000

D'où l'on voit que cette matière, employée en agriculture, est plus propre aux terrains sableux qu'aux terrains argileux.

2° *Pierre calcaire*. — 5 grammes ont été attaqués avec effervescence par l'acide azotique, et ont laissé un résidu insoluble de 45 centigrammes.

La solution traitée par l'ammoniaque a donné 204 milligrammes de peroxyde de fer qui offrait au chalumeau quelques traces de manganèse, § 436, 2°.

La liqueur, réunie aux eaux de lavage et suffisamment évaporée, a été traitée à chaud par du sous-carbonate d'ammoniaque et filtrée immédiatement; elle a donné un précipité de carbonate de chaux de 4^{gr},098 représentant 2^{gr},307 de chaux¹.

Enfin, après l'évaporation des eaux, et la calcination au rouge, il est resté 217 milligrammes de magnésie; ainsi la pierre se compose de :

Matière insoluble.....	0,150	ou pour 1....	0,0300
Peroxyde de fer.....	0,204	.....	0,0408
Chaux.....	2,307	.....	0,4614
Magnésie.....	0,217	.....	0,0434
Acide carbonique conclu par différence.	<u>2,122</u>	.....	<u>0,4244</u>
Total.....	5,000		1,0000

3° *Céruse*. — La céruse, ou *blanc de céruse*, est un carbonate de plomb; mais on falsifie cette substance en y mélangeant de la *craie* ou *blanc de Bougival*, qui en diminue la valeur et enlève beaucoup de solidité à la peinture. Il est donc utile de savoir quelle est la nature de la matière qu'un ouvrier emploie dans le travail qu'on lui fait faire; en voici l'analyse :

5 grammes de matière attaqués par l'acide azotique étendu ont laissé 40 centigrammes de résidu.

La solution traitée par le sulfate de soude a donné un précipité de

¹ 100 de carbonate de chaux renferment 56,29 de chaux, de sorte que la proportion 100 : 56,29 :: 4,098 : $x = 2,307$ donne la quantité de chaux dans le cas présent.

sulfate de plomb pesant 4^{sr},539, d'où l'on conclut 3^{sr},338 d'oxyde de plomb¹, ou 4 gr. de carbonate².

Le liquide filtré, réuni aux eaux de lavage et évaporé, ayant été traité par le sous-carbonate d'ammoniaque, a donné 0^{sr},902 de carbonate de chaux. Cette matière renferme donc :

Céruse pure, ou carbonate de plomb.....	4,	ou pour 1.....	0,80
Craie.....	{	Carbonate de chaux.....	0,90
		Matière insoluble.....	0,10
		5	1,00

c'est-à-dire que la céruse est mélangée avec un quart de craie.

Quand la fraude se fait par un mélange de sulfate de baryte, celui-ci reste insoluble.

4° *Scorie de haut fourneau.* — La matière a été fondue avec la soude, et le résultat traité par l'acide azotique. Les 5 grammes ont donné alors, après l'ébullition, 4^{sr},27 de silice.

L'ammoniaque a fait un précipité de peroxyde de fer qui, après avoir été lavé et traité par la soude, puis lavé de nouveau et séché, pesait 2^{sr},737.

La liqueur ammoniacale, réunie à ses eaux de lavage, a donné, par le carbonate d'ammoniaque, un précipité de carbonate de chaux de 4^{sr},805, ou 4^{sr},016 de chaux.

Les eaux sodiques évaporées, puis saturées d'acide et traitées par le sous-carbonate d'ammoniaque, ont donné un précipité d'alumine de 203 milligrammes. Le résultat de l'analyse est donc :

Silice.....	1,270
Peroxyde de fer.....	2,737
Alumine.....	0,203
Chaux.....	1,016
Total.....	5,226

L'augmentation de poids fait voir que le fer était ici à l'état de protoxyde, dont il faut alors réduire la quantité à 2,544.

Ce résultat montre qu'il faut modifier les opérations de l'usine, en ajoutant au minerai ce qu'on nomme de la *castine* (carbonate de chaux), afin de saturer la silice et d'éviter la perte en fer. L'analyse des minerais et celle de la castine du lieu détermineraient positivement la quantité de fondant à employer.

Ces exemples, joints aux observations que nous avons faites à

¹ 100 de sulfate de plomb renferment 73,56 d'oxyde de plomb. On a la quantité d'oxyde, dans le cas présent, par la proportion 100 : 73,56 :: 4,539 : x.

² 100 de carbonate de plomb renferment 83,46 d'oxyde de plomb; de sorte qu'on fait la proportion 83,46 : 100 :: 3,338 : x.

l'égard des essais, doivent suffire pour montrer comment on doit s'y prendre dans la plupart des cas ordinaires.

ÉNONCIATION ET COMPARAISON DES ANALYSES.

§ 141. **Difficulté de s'exprimer.** — Tant qu'il ne s'agit que de usages de la vie, on ne sent pas le besoin d'exprimer les compositions autrement que par les poids mêmes que fournit l'analyse; mais quand on considère les corps bruts sous le point de vue scientifique, on reconnaît bientôt qu'il est impossible de les comparer les uns aux autres en s'exprimant en poids, parce que les rapports sont trop compliqués. Par exemple, quoiqu'on aperçoive de grandes différences dans les compositions suivantes :

	1 ^{re} analyse.	2 ^e analyse.	3 ^e analyse.
Soufre.	0,192	0,162	0,173
Cuivre.....	0,189	0,318	0,455
Plomb.....	0,619	0,520	0,372

il est difficile de les énoncer de manière à en donner une idée bien nette. Aussi pendant longtemps a-t-on fait peu d'attention à la composition chimique, et s'est-on contenté de comparer les corps par des caractères extérieurs : ce n'est que du moment où l'on a connu les lois suivant lesquelles les corps se combinent qu'on a pu réellement en tirer tout le parti convenable. Voici les faits :

§ 142. **Lois de combinaison.**—L'ensemble de toutes les observations fait voir que les corps, simples ou composés, se combinent entre eux dans un certain nombre de proportions nettement déterminées, qui n'admettent aucun intermédiaire et qui ont entre elles des rapports simples, du moins quand il s'agit des minéraux. Par exemple, on reconnaît par expérience que :

100 d'oxygène sont combinés à	201,20	de soufre (acide hyposulfurique).
200	201,12	..... (acide sulfureux).
300	201,18	..... (acide sulfurique).
100 d'oxygène se combinent à	395,69	de cuivre.
100	791,39	(2 fois 395.69).
200	395,68	
100 de soufre se combinent à	393,39	de cuivre.
200	393,38	
100 de silice se combinent à	184,99	de chaux.
200	184,98	
300	184,98	

C'est-à-dire qu'une quantité déterminée de base, ou le double de cette quantité, se combine à une certaine quantité de corps électro-négatif, ou bien à deux fois, à trois fois, etc., cette quantité : c'est un fait d'analyse inorganique que toutes les observations confirment.

Énonciation atomique.—On exprime ce fait d'analyse d'une manière plus commode pour l'énonciation et pour la comparaison des différents composés. Au lieu de considérer le nombre 100, dans les corps oxygénés, comme le poids d'un certain nombre de particules d'oxygène, on a imaginé de le regarder comme le poids même d'une particule, en prenant en même temps le nombre correspondant pour poids d'une particule de base. Dès lors, on a dit : dans les composés de l'oxygène et du soufre, les choses sont telles qu'on trouve successivement 1 particule de soufre, pesant 204,16, réunie à 1, à 2, à 3 particules d'oxygène, pesant chacune 100. De même, dans les oxydes de cuivre, 1 particule de cuivre, pesant 395,69, se trouve réunie à 1, à 2 particules d'oxygène, ou bien 2 particules de cuivre à 1 particule d'oxygène, etc.

Maintenant ayant exprimé par 100 le poids de la particule d'oxygène, il n'a plus été possible d'employer ce nombre pour d'autres corps, pas plus qu'après avoir pris relativement 204,16 pour le soufre, 395,69 pour le cuivre, on n'a pu les changer. On a donc été conduit à chercher le poids de la particule de chaque corps en partant du nombre 100 admis pour l'oxygène, ou de tout autre déjà fixé relativement à cette unité, comme, par exemple, 204,16 fixé pour le soufre, etc. C'est à quoi on est parvenu en cherchant exactement la composition des oxydes, des sulfures, etc.¹.

Telles sont les bases de ce qu'on nomme la *théorie atomique*, ou la *théorie des équivalents*, car les noms d'*atomes* ou d'*équivalents* ont prévalu sur le nom de particule, qu'on aurait pu également adopter.

§ 443. **Transformations atomiques.** — Dans cette manière de s'exprimer, on peut énoncer avec facilité toutes les espèces de combinaisons, et surtout les comparer les unes aux autres ; mais il faut,

¹ Si l'on ne connaissait pas les oxydes de cuivre, par exemple, on pourrait avoir le poids de la particule de ce métal par les sulfures. Sachant qu'un sulfure est composé de 100 de soufre et 393,38 de cuivre, on dirait : le poids de la particule de soufre ayant été représenté par 201,165 (voyez les tables), si nous faisons la proportion 100 : 393,38 :: 201,165 : x , le quatrième terme sera le poids de la particule cherché, ou 791,34. Si l'on ne connaissait pas d'autres composés, il resterait à savoir si ce nombre représente 1 particule ou 2, etc.; de sorte qu'on pourrait admettre 791,34, ou 395,67, etc. On conçoit que ce n'est qu'à la longue et par l'ensemble de tous les faits relatifs à un corps qu'on peut se fixer à cet égard.

avant tout, transformer en rapports atomiques les rapports en poids qui sont fournis par l'analyse.

Cette transformation se fait en divisant le poids de chacun des composants par le poids atomique correspondant, et réduisant ensuite les rapports à leur plus simple expression. Par exemple, pour la première des analyses précédentes, § 441 :

	<i>Poids.</i>	<i>On trouvera les rapports atomiques.</i>
Soufre.....	0,192	0,00095 ou 2
Cuivre.....	0,189	0,00048 1
Plomb.....	0,619	0,00048 1

Pour cela on cherchera, dans les tables¹ les poids atomiques du soufre, du cuivre et du plomb (savoir : 201,165 — 395,695 — 1294,498), par lesquels on divisera les poids correspondants donnés par l'analyse² : on trouvera ici :

$$\text{Souf. } \frac{0,192}{201,165} = 0,00095; \text{ Cuiv. } \frac{0,189}{395,695} = 0,00048; \text{ Pl. } \frac{0,619}{1294,498} = 0,00048$$

nombres qui sont à peu près entre eux comme 2, 1 et 4. Le corps se trouve donc composé de 2 atomes de soufre, 1 atome de cuivre et 4 atome de plomb.

Les deux autres analyses données se transformeront de la même manière, et on aura :

<i>2^e analyse.</i>			<i>3^e analyse.</i>		
	<i>Poids.</i>	<i>Rapports atomiques.</i>		<i>Poids.</i>	<i>Rapports atomiques.</i>
Soufre.	0,162	0,0008 ou 2 atomes.	Soufre.	0,173	0,00086 ou 3 at.
Cuivre.	0,318	0,0008 2 atomes.	Cuivre.	0,453	0,00116 4 at.
Plomb.	0,520	0,0004 1 atome.	Plomb.	0,372	0,00029 1 at.

Il ne sera pas plus difficile de transformer des analyses de corps oxygénés. Ainsi, connaissant le poids atomique de la silice, 377,478;

¹ Voyez une table des poids atomiques à la fin de cet article.

² Les poids donnés par l'analyse signifient qu'il y a pour chacun des trois corps de certains nombres d'atomes n , n' , n'' , dont les relations sont $0,192 - 0,189 - 0,619$; c'est-à-dire qu'on a

$$0,192 : 0,189 : 0,619 :: n (201,165) : n' (395,695) : n'' (1294,498)$$

$$\text{Ou bien } \frac{0,192}{201,165} : \frac{0,189}{395,695} : \frac{0,619}{1294,498} :: n : n' : n'';$$

de sorte que les quotients donnent les rapports entre n , n' , n'' .

celui de l'alumine, 642,334 ; et celui de la chaux, 356,049 ; on trouvera pour les compositions suivantes :

4 ^e analyse.			5 ^e analyse.		
	Poids.	Rapports atomiques.	Poids.	Rapports atomiques.	
Silice.	0,403	0,00070 ou 2 atomes.	0,424	0,00073 ou 3 at.	
Alumine.	0,225	0,00035 1 atome.	0,314	0,00049 2 at.	
Chaux.	0,372	0,00104 3 atomes.	0,262	0,00073 3 at.	

On pourrait donc exprimer les cinq compositions précédentes comme il suit, en mettant les nombres atomiques en exposants au-dessus des noms des matières composantes :

- 1^{re} — Soufre¹, cuivre¹, plomb¹, ou par abréviation. So¹, Cu¹, Pl¹.
 2^e — Soufre², cuivre², plomb¹. So², Cu², Pl¹.
 3^e — Soufre³, cuivre³, plomb¹. So³, Cu³, Pl¹.
 4^e — Silice³, alumine¹, chaux³. Si³, Al¹, Ch³.
 5^e — Silice³, alumine³, chaux³. Si³, Al³, Ch³.

Il est facile maintenant de comparer ces corps les uns aux autres, d'en exprimer clairement les différences, enfin de s'en faire une idée nette.

§ 144. **Signes de composition.** — Pour peindre la composition des corps plus facilement, on emploie les initiales des noms au lieu des noms eux-mêmes, à peu près comme nous venons de le faire par abréviation, mais avec quelques conventions relativement aux détails : on est à peu près convenu de prendre pour cela les noms latins ; savoir :

Al.	Aluminium.	Gl.	Glucium ou Be.	Pl. ou Pt.	Platinum.
Ag.	Argentum.		Beryllium.	Pb.	Plumbum.
As. ou Ar.	Arsenicum.	Hg.	Hydrargyrum, ou	R.	Rhodium.
Au.	Aurum.		Me. Mercure.	Se.	Selenium.
Az.	Azotum, ou N. Nitricum.	Hy. ou H.	Hydrogenium.	Si.	Silicium.
		I.	Iodicum.	Sn.	Stannum.
Ba.	Baryum.	Ir.	Iridium.	Sb.	Stibium.
Bi.	Bismuthicum.	K.	Kalium ou Po.	Sr.	Strontium.
B. ou Bo	Boron.		Potassium.	S. ou Su.	Sulphur.
Br.	Bromium.	L.	Lithium.	Ta.	Tantalium.
Ca.	Calcium.	Ma ou Mg.	Magnesium.	Te.	Tellurium.
Cd.	Cadmium.	Mn.	Manganesium.	Th.	Thorium.
C.	Carbonicum.	Mo	Molybdænum.	Ti.	Titanium.
Ce.	Cerium.	Na.	Natrium ou So.	Tu	Tungstenium, ou
Ch. ou Cl.	Chlorum.		Sodium.	W.	Wolframium
Cr.	Chromium.	Ni.	Niccolum, nickel	U.	Uranium.
Co.	Cobaltum.	Os.	Osmium.	Vn.	Vanadium.
Cu.	Cuprum.	O.	Oxygenium.	Y.	Yttrium.
Fe.	Ferrum.	Pd.	Palladium.	Zn.	Zincum.
Fl.	Fluor.	Ph.	Phosphorus.	Z.	Zirconium.

Pour désigner une combinaison, on écrit les signes des composants l'un auprès de l'autre, et pour indiquer les nombres atomiques, on place des chiffres en exposants, en sous-entendant, comme en algèbre, l'exposant 1. Ainsi Fe Su indique la combinaison d'un atome de fer et d'un atome de soufre; Fe Cu Su² indique un atome de fer, un de cuivre et deux de soufre. On comprendra de même Fe³ Cu Su², ou bien Fe³ Cu² Su², etc.

Dans la combinaison de trois, ou d'un plus grand nombre d'éléments, on peut écrire la formule de plusieurs manières. Ainsi, au lieu de Fe Cu Su², on peut partager l'élément électro-négatif entre les deux bases, Fe Su, Cu Su, et écrire Fe Su + Cu Su.

De même Fe³ Cu Su², ou bien Fe³ Cu² Su², peuvent s'écrire Fe³ Su² + Cu Su, ou Fe³ Su² + Cu² Su², etc.; mais alors les exposants qui sont de même valeur, se transforment en coefficients, et l'on écrit, 2 Fe Su + Cu Su, et 3 Fe Su + 2 Cu Su.

Cette manière d'écrire s'appuie, théoriquement, sur ce que les composés ternaires de nos laboratoires sont le plus souvent le résultat de la combinaison de deux composés binaires.

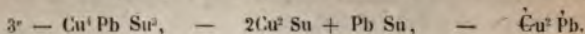
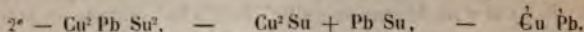
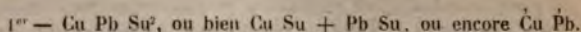
On pourrait écrire de même la composition des corps oxygénés. Ainsi, Ca O, Si O², etc., indiqueraient l'union de 1 atome de calcium et 1 atome d'oxygène, de 1 atome de silicium et 2 atomes d'oxygène, etc.; mais les corps oxygénés étant très-nombreux, on est convenu, pour éviter complication dans les formules, de supprimer le signe oxygène et de le remplacer par des points, au-dessus de la lettre, en nombre égal à celui du chiffre d'atomes. Ainsi on écrit Ca, Si, au lieu de Ca O, Si O², etc.

Quand il arrive que la base entre pour deux atomes dans l'oxyde, on est généralement convenu de couper la lettre en deux par une barre horizontale. Ainsi, au lieu de Fe² O², Cu² O, etc., on écrit $\overline{\text{Fe}}$, $\overline{\text{Cu}}$, etc. Cependant, la difficulté d'avoir de ces lettres barrées sur tous les corps, a fait aussi recourir à d'autres moyens: On a coupé la lettre par un trait de lime, comme $\text{F}\acute{\text{e}}$, $\text{C}\acute{\text{u}}$; on a mis une barre au-dessous, comme $\underline{\text{F}\acute{\text{e}}}$, $\underline{\text{C}\acute{\text{u}}}$: et enfin on a mis des chiffres en indices, comme $\text{F}\acute{\text{e}}_2$, $\text{C}\acute{\text{u}}_2$, ou des primes $\text{F}\acute{\text{e}}'$, $\text{C}\acute{\text{u}}'$.

Les sulfures étant aussi très-abondants, et souvent très-compliqués, on a imaginé de représenter les atomes de soufre par des virgules placées au-dessus de la base. Ainsi on écrit Pb^{\prime} , Fe^{\prime} , Sb^{\prime} , etc., au lieu de Pb Su, Fe Su², Sb² Su², etc.

D'après ces conventions, les cinq analyses que nous avons prises

pour exemples de transformations, § 143, devront s'écrire comme il suit :



Le partage des composants donne ici plus de facilité pour l'énonciation et la comparaison.

§ 145. **Autre loi pour la combinaison des corps binaires.** — Il existe relativement à la combinaison des corps binaires une autre loi, d'après laquelle on peut également arriver à une comparaison facile des analyses; elle consiste en ce que l'élément électro-négatif de l'un des composants est généralement un multiple, ou un sous-multiple, de la quantité du même élément dans l'autre. Cette loi est surtout utile pour les composés oxygénés, les plus nombreux comme aussi les mieux connus dans leur composition. On peut chercher quelles sont les quantités d'oxygène de chacun des corps dosés par l'analyse, et il en résulte des rapports qui offrent une expression très-nette de la composition sans aucune hypothèse. Les analyses de silicates que nous avons calculées ci-dessus donnent ainsi :

	Oxyg.	Rap.		Oxyg.	Rap.		
Silice,	0,403	0,209 ¹	2	Silice,	0,424	0,220	3
Alumine,	0,225	0,105	1	Alumine,	0,311	0,146	2
Chaux,	0,372	0,104	1	Chaux,	0,362	0,073	1

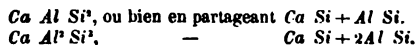
et les nombres 2, 1 et 1, ou bien 3, 2 et 1, sont alors des poids relatifs d'oxygène qui caractérisent très-bien les corps.

Signes minéralogiques. — On emploie également des signes pour indiquer ces sortes de rapports; mais on se sert alors des lettres italiques pour montrer que les éléments sont oxydés, et l'on écrit *Al, Ca, Si*, etc., au lieu de $\overset{\text{Al}}, \overset{\text{Ca}}, \overset{\text{Si}}$, etc. Lorsqu'il y a plusieurs oxydes d'un même corps, on emploie l'italique courante pour le protoxyde, et l'italique capitale, soit simple, soit avec un signe addi-

¹ 100 de silice renferment 51,95 d'oxygène (voyez la table, page 116), et l'on peut faire 100 : 51,95 : : 0,403 : x = 0,209 : on calculera de même pour les autres oxydes.

tionnel, pour des oxydes plus élevés. Ainsi *fe* et *Fe*, *mn* et *Mn*, *cr*, *Cr*, \overline{Cr} , etc., sont la même chose que $\dot{F}e$, $\ddot{F}e$, $\dot{M}n$, $\ddot{M}n$, $\dot{C}r$, $\ddot{C}r$, etc. L'eau s'exprime généralement alors par *Aq*, qui équivaut à $H_y^2 O$, ou $\ddot{H}y$.

Cela posé, nos deux combinaisons peuvent s'écrire aussi :



Ces espèces de signes, plus simples que les précédents, ont été nommés *signes minéralogiques*, parce que la plupart des substances minérales, étant des composés d'oxydes, peuvent être indiquées de cette manière. Par opposition, les autres signes ont été nommés *signes chimiques*, parce qu'ils indiquent à la fois tous les rapports chimiques.

§ 146. *Passage d'un signe à l'autre.* — Rien n'est plus facile que de passer d'un de ces signes à l'autre ; savoir :

1° *Passer du signe chimique au signe minéralogique.* Il suffit de compter les points qui indiquent l'oxygène, de les multiplier par les exposants et les coefficients, et de simplifier ensuite les rapports s'il y a lieu.

Soit, par exemple, la formule $\dot{C}a^3 \ddot{S}i + 3 \ddot{A}l \ddot{S}i$. Le premier terme équivaut à $Ca^3 Si^2$, ou $3 Ca Si$. Le second équivaut à $Al^2 Si^2$, ou $9 Al Si$. L'ensemble est donc $3 Ca Si + 9 Al Si$, ou bien en réduisant $Ca Si + 3 Al Si$.

2° *Passer du signe minéralogique au signe chimique.* Il faut d'abord multiplier les exposants par les coefficients, puis rétablir les points à chaque oxyde, et les exposants qui doivent les multiplier pour avoir les mêmes rapports ; enfin, repasser aux coefficients et simplifier s'il y a lieu.

Soit la formule $2 Ca Si^2 + 3 Al Si^2$; le premier terme équivaut à $Ca^2 Si^2$, ou $\dot{C}a^2 \ddot{S}i^2$, et $2 Ca \ddot{S}i$; le second terme équivaut à $Al^3 Si^2$, ou $\ddot{A}l \ddot{S}i^3$: l'ensemble est donc $2 \dot{C}a \ddot{S}i + \ddot{A}l \ddot{S}i^3$.

§ 147. *Rappel des corps isomorphes.* — On comprendra mieux maintenant l'isomorphisme, dont nous avons parlé § 46 : il consiste en ce que les composés de même formule, qui renferment un même élément électro-négatif, avec certains éléments électro-positifs différents, présentent des formes, sinon toujours identiques, du moins du même genre. Ainsi les sulfures Pb Su, Ag Su, Zn Su, etc., sont isomorphes malgré la différence des bases, et ont entre eux les plus grandes analogies ; il en est de même des sulfates

$Pb Su^2$, $Ba Su^2$, $Sr Su^2$, etc., des carbonates $mn C^2$, $Ma C^2$, etc., et d'un grand nombre d'autres substances. De là on conclut que certaines bases sont par elles-mêmes isomorphes; et il faut en dire autant de certains corps électro-négatifs, comme le soufre et le sélénium, ou bien le chlore, l'iode, le fluor, etc. Les corps oxygénés isomorphes sont, en général, ceux qui présentent les mêmes rapports atomiques: ainsi l'alumine $\ddot{A}l$, le peroxyde de fer $\ddot{F}e$, l'oxyde de manganèse $\ddot{M}n$, l'oxyde de chrome $\ddot{C}r$, sont isomorphes. Les oxydes $\ddot{C}a$, $\ddot{F}e$, $\ddot{M}n$, $\ddot{M}a$, etc., sont aussi isomorphes. Cependant il ne faudrait pas conclure *à priori* que tout ce qui a la même formule est isomorphe, et il faut consulter l'expérience à cet égard; en effet, il est reconnu que \ddot{K} , $\ddot{N}a$, \ddot{L} , ne sont pas isomorphes de $\ddot{C}a$, $\ddot{F}e$, etc., qui ont la même formule. Ces corps sont cependant susceptibles de se substituer l'un à l'autre dans les composés.

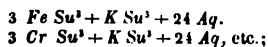
DISCUSSION DES ANALYSES.

§ 448. **Nécessité.** — Il n'arrive pas toujours que les analyses minérales puissent conduire aussi facilement que les précédentes à des rapports simples; fréquemment, au contraire, on n'obtient que des rapports compliqués et par suite peu satisfaisants. Cela tient principalement à ce que les matières minérales ont rarement cristallisé seules, et que dès lors l'une d'entre elles a entraîné une certaine quantité des autres; c'est, en effet, ce qui arrive dans nos laboratoires, lorsque plusieurs sels se trouvent ensemble dans la même solution. Or, ces mélanges masquent les proportions, et le travail qu'il faut faire pour les mettre à découvert, en séparant ce qu'il y a de propre au corps et ce qu'il y a d'étranger, est ce qu'on nomme *discussion de l'analyse*.

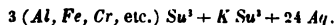
§ 449. **Bases de la discussion et application.** — Les observations de laboratoire nous font reconnaître deux sortes de mélanges: les uns se font entre des corps isomorphes et en toutes proportions; les autres, au contraire, se font entre des corps quelconques et toujours par petite quantité.

1^o *Mélanges de corps isomorphes.* — Ces mélanges ont lieu entre des sels qui ont la même formule de composition, quoiqu'ils puissent être à bases différentes. Ainsi, quand on mêle ensemble dans la même solution les aluns à base d'alumine et de potasse, d'alumine et d'ammoniaque, de peroxyde de fer et de potasse, d'oxyde de chrome (Cr) et de potasse, etc., ils se mélangent entre eux de

toutes les manières pendant la cristallisation, et de telle sorte qu'il n'y a pas un cristal qui ne renferme tous ces aluns, et à peu près comme la solution même. Chacun présente alors la composition $3 Al Su^5 + K Su^5 + 24 Aq$, qui est celle de l'alun ordinaire, avec une quantité plus ou moins grande de



ce qu'on peut représenter d'une manière générale sous la forme



en renfermant entre parenthèses les bases analogues et laissant chacune d'elles indéterminée; c'est-à-dire que c'est alors la somme des quantités d'oxygène renfermées dans ces bases qui est à la quantité d'oxygène renfermée dans l'acide dans le rapport de 4 à 3.

La même chose arrive précisément dans la nature, et en réunissant les quantités d'oxygène des diverses bases analogues, on parvient à trouver des formules régulières là où l'on ne pourrait rien avoir autrement. Par exemple, l'analyse ci-dessous ne présente rien de satisfaisant lorsqu'on cherche à comparer les quantités d'oxygène de chacun des corps; mais si l'on réunit d'un côté l'alumine et le peroxyde de fer, qui peuvent se remplacer dans les composés, de l'autre les protoxydes de fer et de manganèse, la chaux, la magnésie, qui se remplacent aussi, les sommes d'oxygène sont alors en rapports simples entre elles et avec l'oxygène de la silice, de manière qu'on a 4, 4 et 2 pour ces rapports :

		Poids.	Oxygène.	Sommes partielles.	Rapport
Silice	Si.	0,395	0,205	0,205	2
Alumine	Al.	0,149	0,069	0,101	1
Peroxyde de fer	Fe.	0,104	0,032		
Chaux	Ca.	0,118	0,833	0,102	1
Magnésie	Ma.	0,101	0,039		
Protoxyde de fer	fe.	0,092	0,021		
Protoxyde de manganèse.	mn.	0,040	0,089		
			0,999		

Cette substance compliquée est alors représentée par la formule très-claire $(Ma, Ca, mn, fe) (Fe, Al) Si^3$; c'est un mélange de diverses matières isomorphes, savoir : de $Ma Al Si^3$, composition non dénommée, de $Ca Fe Si^3$, qui forme ce qu'on nomme la *mélanite*, de $Ca Al Si^3$, ou le *grossulaire*, de $fe Al Si^3$, ou l'*almandine*, et de $mn Al Si^3$, qu'on nomme *spessartine*.

Pour calculer en poids les quantités relatives de ces corps, il faut composer d'abord chacun d'eux théoriquement par quantités d'oxygène, puis chercher d'après ces quantités celles des matières correspondantes. Ainsi on prendra :

Oxygène.					
<i>Ma</i>	0,039	tormant	Magnésie.	0,101	} 0,337 <i>Ma Al Si</i> .
<i>Al</i>	0,039	—	Alumine.	0,086	
<i>Si</i>	0,078	—	Silice.	0,150	
<i>Ca</i>	0,032	—	Chaux.	0,114	} 0,341 <i>Mélanite</i> .
<i>Fe</i>	0,032	—	Peroxyde de fer.	0,104	
<i>Si</i>	0,064	—	Silice.	0,123	
Reste de <i>Ca</i>	0,001	—	Chaux.	0,004	} 0,010 <i>Grossulaire</i> .
<i>Al</i>	0,001	—	Alumine.	0,002	
<i>Si</i>	0,002	—	Silice.	0,004	
<i>fe</i>	0,021	—	Protoxyde de fer.	0,092	} 0,218 <i>Almandine</i> .
<i>Al</i>	0,021	—	Alumine.	0,045	
<i>Si</i>	0,042	—	Silice.	0,081	
<i>mn</i>	0,008	—	Prot. de mang.	0,036	} 0,082 <i>Spessartitz</i> .
Reste de <i>Al</i>	0,008	—	Alumine.	0,015	
<i>Si</i>	0,016	—	Silice.	0,031	
Reste de <i>mn</i>	0,001	} <i>mn Si</i> ?	Prot. de mang.	0,004	} 0,010 <i>Kieselangan</i> ?
Reste de <i>Si</i>	0,003		Silice.	0,006	
				0,998	

Pour faire ces calculs, on se sert des tables de composition des oxydes. Trouvant par exemple, que 100 de magnésie renferment 38,71 d'oxygène, on fait pour la première substance $38,71 : 100 :: 0,039 : x = 0,101$; et de même pour toutes les autres.

2° *Mélanges de corps hétérogènes.* — Lorsque, dans nos laboratoires, plusieurs sels de formules différentes se trouvent dans la même solution, il est rare que l'un d'eux se précipite sans entraîner une petite partie des uns ou des autres. Si des sels cristallisent dans une matière en bouillie, ils en entraînent également, et quelquefois même en grande quantité, comme dans les formes accidentelles par agglutination, § 67.

Il est évident que la même chose doit avoir lieu dans la nature, et que dès lors l'analyse des minéraux, en nous présentant en bloc les oxydes qui appartiennent à diverses substances, ne doit plus nous offrir les rapports simples que nous avons indiqués. C'est par là que s'expliquent une multitude d'anomalies apparentes.

Pour discuter alors les analyses on ne peut plus suivre la marche précédente. Il faut se procurer par la visite des lieux, ou par l'examen des séries d'échantillons récoltés sur place, la connaissance des matières qui ont pu cristalliser ensemble, et par conséquent se mélanger. Il faut étudier la composition de toutes ces matières, en établir les formules, du moins approximativement, pour discuter ensuite tous les résultats et arriver enfin aux formules réelles.

Mélange de corps formés d'éléments divers. — Quand les matières mélangées renferment des bases différentes, il est toujours facile de les extraire. Par exemple, sachant qu'une substance dont la formule ordinaire est $Ca Ma^2 Si^2$ a cristallisé en même temps qu'une autre $Ca Al Si^2$, il sera facile de ramener l'analyse suivante à la véritable formule, qu'il est d'abord impossible d'établir.

		Oxygène.
Silice.....	0,582	0,302
Alumine.....	0,024	0,011
Chaux.....	0,151	0,042
Magnésie.....	0,241	0,093

En effet, l'alumine renfermant ici 0,044 d'oxygène, on formera le composé $Ca Al Si^2$ sur cette base, savoir :

	Oxygène.		Rapport.
Al.....	0,011	} et il restera {	oxygène de silice..... 0,280 9
Ca.....	0,011		— chaux..... 0,031 1
Si ²	0,022		— magnésie... 0,093 3

On voit que ces restes d'oxygène sont précisément dans le rapport qui constitue la première formule. On calculera si l'on veut les poids correspondants comme ci-dessus.

Mélange de corps formés des mêmes éléments. — La discussion devient en apparence plus difficile lorsque les substances mélangées sont formées des mêmes éléments en diverses proportions, par exemple de $Ca Si$ et $Ca Si^2$; mais on voit bientôt qu'il ne s'agit que de partager les nombres donnés chacun en plusieurs autres, suivant des rapports donnés. C'est alors un des plus simples problèmes d'algèbre.

$$\text{Soit l'analyse } \left\{ \begin{array}{l} \text{Silice. } 0,497 \text{ tenant oxygène } 0,258 \\ \text{Chaux. } 0,502 \quad \quad \quad 0,141 \end{array} \right.$$

que l'on suppose être un mélange de $Ca Si$ et $Ca Si^2$. Il s'agit de partager les nombres 0,258 et 0,141 chacun en deux autres, x et y pour le premier, x' , y' pour le second, et de manière que x soit à x' dans le rapport de 1 à 1 d'après la formule $Ca Si$, et que y soit à y' dans le rapport de 1 à $\frac{1}{2}$ suivant la formule $Ca Si^2$.

On aura donc d'une part $x + y = 0,258$, et de l'autre $x' + y'$, ou $x + \frac{1}{2} y = 0,141$. De ces deux équations en x et y , on tirera

$$\begin{array}{l} x = 0,024 \quad \text{Oxygène de la silice} \\ x = 0,024 \quad \text{Oxygène de la chaux} \\ y = 0,234 \quad \text{Oxygène de la silice} \\ y = \frac{1}{2} y = 0,117 \quad \text{Oxygène de la chaux} \end{array} \left. \begin{array}{l} \} \\ \} \\ \} \\ \} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{dans la formule } Ca Si. \\ \text{dans la formule } Ca Si^2. \end{array}$$

On calculera les poids correspondants de silice et de chaux comme ci-dessus, et on trouvera :

$Ca Si$	0,134
$Ca Si^2$	0,866

Tableau des poids atomiques et des compositions les plus us

NOMS.	POIDS atomiques.	SIGNES.	COMPOSITION	
			Corps élect-négatif.	Co élect.
Acide azotique.....	677,036	· · · Az	Ox. = 73,852	Az
— borique.....	872,409	· · · Bo	Ox. 68,78	Bo
— carbonique....	275,005	· · · C	Ox. 72,726	C
— phosphorique..	892,285	· · · Ph	Ox. 56,03	Ph
— sulfurique.....	501,165	· · · Su	Ox. 59,86	Su
Alumine	642,332	· · · Al	Ox. 46,70	Al
Antimoine	806,452	· · · Sb		
Argent.....	1351,607	· · · Ag		
Arsenic.....	470,042	· · · Ar		
Baryte.....	956,880	· · · Ba	Ox. 10,45	Ba
Bismuth.....	1330,377	· · · Bi		
Carbone.....	75,005	· · · C		
Carbonate de chaux..	631,024	· · · Ca C	· · · C 43,71	Ca
Chaux.....	356,019	· · · Ca	Ox. 28,09	Ca
Chlore.....	221,326	· · · Ch		
Chlorure d'argent...	1794,258	· · · Ag Ch'	Ch 24,67	Ag
Cobalt.....	368,991	· · · Co		
Cuivre.....	395,695	· · · Cu		
Eau.....	112,479	· · · Hy	Ox. 88,91	Hy
Étain.....	735,294	· · · Sn		
Fer.....	339,205	· · · Fe		
Fluor.....	116,900	· · · Fl		
Hydrogène.....	6,2398	· · · Hy		
Lithine.....	127,757	· · · L	Ox. 44,56	Li
Magnésie.....	258,352	· · · Ma	Ox. 38,71	Ma
Mercuré.....	1265,823	· · · Hg		
Nickel.....	369,675	· · · Ni		
Oxyde cobaltéux....	468,991	· · · Co	Ox. 21,32	Co
— chromique....	1003,631	· · · Cr	Ox. 29,89	Cr
— cuprique.....	495,695	· · · Cu	Ox. 20,17	Cu
— ferreux.....	439,205	· · · Fe	Ox. 22,77	Fe
— ferrique.....	978,409	· · · Fe	Ox. 30,66	Fe
— manganéux...	445,887	· · · Mn	Ox. 22,43	Mn
— manganique...	991,774	· · · Mn	Ox. 30,25	Mn
— permanganique	545,887	· · · Mn	Ox. 36,64	Mn
— plombeux....	1394,498	· · · Pb	Ox. 7,171	Pb
— stannique.....	935,294	· · · Sn	Ox. 21,38	Sn
— zincique.....	503,226	· · · Zn	Ox. 19,87	Zn
Plomb.....	1294,498	· · · Pb		
Potasse.....	589,916	· · · K	Ox. 16,95	K
Silice.....	577,312	· · · Si	Ox. 51,96	Si
Soude.....	390,897	· · · Na	Ox. 25,58	Na
Soufre.....	201,165	· · · Su		
Strontiane.....	647,285	· · · Sr	Ox. 15,45	Sr
Sulfate barytique...	1458,045	· · · Ba Su	Su 34,37	Ba
— plombeux....	1895,663	· · · Pb Su	Su 26,44	Pb
Zinc.....	403,226	· · · Zn		

CLASSIFICATION DES MINÉRAUX.

§ 450. **Définition et objet des classifications.** — Le mot classification s'étend à toute espèce d'arrangement qu'on peut faire entre un certain nombre de corps, soit qu'on ait pour but de retrouver facilement chacun d'eux au milieu des autres, soit qu'on veuille faire ressortir les analogies ou les différences qu'ils peuvent présenter.

Si l'on a seulement pour objet de retrouver chacun des corps au besoin, comme les livres dans une bibliothèque, la classification peut être quelconque, et il y a une infinité de manières de s'y prendre, toutes aussi bonnes les unes que les autres si l'on y met assez de soin : par exemple, on peut placer sur chacun des corps un signe distinctif, qu'on consignera ensuite sur un catalogue, ou bien se servir de l'un ou de l'autre des signes les plus apparents que les corps eux-mêmes peuvent offrir, comme la grandeur, la forme, la couleur, etc.

S'il s'agit de faire ressortir les analogies ou les différences de divers corps, il n'y a plus qu'un seul mode d'arrangement praticable, et qui résulte d'une comparaison aussi complète qu'il est possible de tous ces corps. L'arrangement sera d'autant plus parfait que la comparaison portera sur un plus grand nombre de points ; il se perfectionnera à mesure qu'on trouvera de nouveaux moyens de confrontation, et qu'on connaîtra mieux le degré d'importance des différents rapports, ceux qu'on doit soigneusement observer et ceux que l'on peut négliger sans inconvénient.

§ 451. **Classification naturelle.** — C'est évidemment à cette dernière classification qu'on doit s'arrêter pour l'histoire naturelle, qui procède toujours par analogies et différences, et dont le but est de coordonner rigoureusement les résultats des recherches auxquelles tant d'hommes célèbres se sont livrés. C'est, en effet, celle qui est adoptée partout aujourd'hui, et qu'on désigne sous le nom de *classification naturelle* ou *méthode naturelle*, par opposition à tous les arrangements arbitraires, nommés alors *méthodes artificielles*, qu'on a autrefois imaginés, pour faciliter la distinction et la reconnaissance des différents êtres d'après quelques-uns des signes apparents qu'ils présentaient.

Division de la classification. — Toute classification comporte des divisions et subdivisions successives par le moyen desquelles on ar-

rive, de la collection totale, à chacun des corps qui la composent. La classification naturelle en est susceptible comme toute autre; elle présente d'abord quelques grandes coupes fondées sur des analogies qui conviennent à un grand nombre d'êtres, puis dans chacune d'elles des divisions et subdivisions par des analogies qui conviennent successivement à un plus petit nombre, jusqu'à ce qu'enfin on arrive à l'individu, c'est-à-dire à un être dont il peut bien exister différents exemplaires, mais entre lesquels il n'est plus possible d'établir de différences importantes. C'est ainsi que toute l'histoire naturelle se divise en *trois règnes* (animal, végétal, minéral), chaque règne en *embranchements* et *classes*, chaque classe en *ordres*, chaque ordre en *familles* et en *tribus*, chaque famille en *genres*, et chaque genre en *espèces*.

On définit généralement l'*espèce*, l'ensemble des individus semblables, ou l'ensemble des individus qui ont entre eux plus d'analogie qu'ils n'en ont avec tous les autres.

Le *genre* est la réunion des espèces qui ont entre elles plus d'analogies de toute nature qu'elles n'en ont avec les autres.

Les *tribus*, les *familles*, etc., sont de même des réunions successives de genres, de tribus, etc., qui ont entre eux plus d'analogies qu'ils n'en ont avec tous les autres.

§ 152. **Moyens de comparaison des corps bruts.** — Pour classer les corps bruts dans l'ordre de leurs analogies, il faut les comparer soigneusement les uns aux autres, et cela se fait par les diverses propriétés physiques et chimiques que nous avons étudiées. Mais ces propriétés ne sont pas toutes capables d'établir des analogies ou des différences du même degré d'importance. Ce serait fort peu de chose, par exemple, que l'analogie qui serait tirée de l'état terreux, sous lequel, pour ainsi dire, toutes les substances peuvent se présenter; ce serait peu de chose encore que la couleur, à moins qu'elle ne fût inhérente à la nature même des corps, car on sait que souvent un même corps peut être accidentellement coloré de toutes les manières, § 405. Il faut donc faire un choix dans les diverses propriétés pour établir des comparaisons capables d'un résultat important.

Il suffit de se rappeler les détails divers que nous avons donnés, pour voir que les propriétés réellement importantes, pour la comparaison des corps bruts, sont les formes cristallines, le clivage, les phénomènes de réfraction simple ou double, la polarisation par réflexion, l'état élastique, la dureté, le poids spécifique, la composition chimique. Parmi les autres propriétés, les unes sont accidentelles et par conséquent inutiles à la comparaison, et les autres

sont ou variables suivant des lois que nous ne connaissons pas, ou applicables à trop peu de corps.

Remarquons aussi que les corps bruts sont fréquemment privés de formes régulières, et n'offrent que des structures d'agréation incapable de montrer le clivage; que souvent ils sont opaques, et par conséquent qu'on ne peut observer la réfraction; qu'ils sont ternes, et que dès lors l'angle de polarisation reste inconnu. Il en résulte que la composition chimique, après une discussion préalable des analyses, est souvent le seul moyen possible de comparaison, et que dès lors c'est en réalité ce qu'il y a de plus important dans les minéraux.

§ 153. **Individu minéralogique.** — Tant qu'il ne s'agit que des êtres organisés, on se fait toujours une idée parfaitement nette de l'*individu*, car, tous ces corps se composant de parties qui ont des formes et des positions relatives définitivement arrêtées, on ne peut en général les diviser sans les détruire: c'est là ce que signifie l'expression même individu (*indivisible*).

Dans les matières brutes, il n'est pas aussi facile d'acquérir l'idée d'individualité, et l'on ne peut même y parvenir tant qu'on les considère sous des rapports purement physiques. Cela tient à ce que ni la forme ni la structure ne sont essentielles à ces corps, § 3, et que dès lors ils peuvent être divisés et subdivisés à l'infini sans cesser d'exister: la moindre parcelle possède en effet les mêmes propriétés que le tout. Mais dès qu'on envisage les corps bruts sous des rapports chimiques, la question change de face, et l'individu devient manifeste. En effet, il y a certaines opérations chimiques que l'on ne peut pratiquer sur ces corps sans les dénaturer, sans les diviser en parties hétérogènes s'ils sont composés, sans les faire passer dans de nouveaux corps s'ils sont simples. Ces opérations sont donc les limites de la divisibilité des corps bruts, et pour elles ces corps deviennent des individus.

Il résulte de là que l'*individu minéralogique* ne peut être qu'un corps simple, un élément, ou bien un assemblage d'un certain nombre d'éléments en certaines proportions relatives.

§ 154. **Espèce minéralogique.** — D'après cela, l'espèce minéralogique, qui doit être la réunion des individus semblables, ou des individus qui ont entre eux plus d'analogies qu'ils n'en ont avec tous les autres, se définit naturellement la réunion des corps formés des mêmes principes et en mêmes proportions.

Les corps qui sont réunis d'après ce principe se ressemblent aussi le plus souvent par toutes les propriétés physiques importantes; toutefois, il faut excepter les cas de dimorphisme et d'iso-

morphisme, où il n'y a plus d'accord entre les caractères physiques et les caractères chimiques.

Quelques naturalistes, prenant le dimorphisme en considération, ont un peu modifié la notion précédente, et défini l'espèce minérale la *réunion des corps formés des mêmes éléments, en même proportion, et au même état d'agrégation moléculaire*. D'où il résulte qu'un même corps, sous deux systèmes de formes différentes, doit constituer deux espèces, qui sont alors caractérisées par les propriétés physiques.

§ 155. **Genres minéralogiques.** — Le genre doit être la réunion des espèces qui ont entre elles plus d'analogies qu'elles n'en ont avec toutes les autres. Or, sous le rapport chimique, les espèces les plus analogues sont celles qui renferment les mêmes principes combinés en proportions différentes; en sorte que des corps tels que $Pb\ Su$, $Pb\ Su^2$, $Pb\ Su^3$, etc., sembleraient former naturellement un genre, dont les espèces seraient caractérisées par les proportions relatives.

Cependant cette manière de grouper les espèces ne satisfait pas à la condition de réunir celles qui ont le plus de ressemblance sous tous les rapports. Il en est une autre où, avec des analogies chimiques d'un ordre différent, les espèces ont en même temps de telles analogies physiques qu'on ne peut souvent, au premier abord, les distinguer les unes des autres. C'est ce qui a lieu quand des corps isomorphes viennent à se remplacer dans une combinaison; ainsi, des corps tels que $Pb\ Su$, $Ag\ Su$, $Zn\ Su$, etc., dont les bases sont isomorphes et le principe électro-négatif commun, ont entre eux des analogies physiques très-étendues.

Il résulte de là que, pour réunir en genres les espèces les plus analogues par l'ensemble de tous leurs caractères, il faut rassembler celles qui renferment des bases isomorphes, combinées, suivant les mêmes relations atomiques, avec le même principe électro-négatif. Telle est la définition qu'on peut donner du genre naturel, qui est alors caractérisé par l'élément électro-négatif et par les propriétés physiques.

§ 156. **Tribus minéralogiques.** — Les espèces minérales isomorphes ne résultent pas seulement de la substitution d'une base à une autre, il s'en fait aussi par des substitutions de principes électro-négatifs isomorphes; de sorte qu'il y a des genres isomorphes qui ont par conséquent entre eux les plus grands rapports, et qu'il faut dès lors placer les uns auprès des autres. De là résultent encore de nouveaux groupes très-naturels, qui peuvent être désignés sous le nom de *tribus minéralogiques*. Par exemple, les corps :

Pb Su, Ag Su, etc., forment un genre de sulfures isomorphes.

Pb Se, Ag Se, etc., forment un genre de sélénitures isomorphes entre eux et avec les sulfures correspondants.

Pb Te, Ag Te, etc., forment un genre de telluritures isomorphes entre eux et avec les composés précédents.

Ces trois genres constituent un groupe de corps très-analogues, tant par les caractères physiques que par les formules de composition, et qu'on peut appeler une tribu. Des genres caractérisés par d'autres formules, comme $\text{Cu}^2 \text{Su}$ et $\text{Cu}^2 \text{Se}$, $\text{Ag Su} + \text{Cu}^2 \text{Su}$ et $\text{Ag Se} + \text{Cu}^2 \text{Se}$, etc., formeraient d'autres tribus, voisines des précédentes, et distinguées par d'autres analogies physiques.

§ 157. **Familles minéralogiques.** — L'idée de la famille se présente maintenant d'une manière toute naturelle; c'est la réunion de diverses tribus formées par les différents genres d'isomorphismes qui résultent des proportions diverses où les corps peuvent se trouver dans les composés. Ainsi, dans le tableau suivant les différents genres isomorphes de sulfures, sélénitures, telluritures, etc., simples, doubles ou triples, forment diverses tribus dont l'ensemble constitue une famille, ou même plusieurs en prenant en considération le nombre des éléments réunis.

		1 ^{re} espèce.	2 ^e espèce.	3 ^e espèce.		
	1 ^{re} tribu. ou groupe de genres isomorphes.	Pb Su,	Ag Su,	Zn Su, etc.,	1 ^{er} genre.	
		Pb Se,	Ag Se,		etc., 2 ^e genre.	
		Pb Te,	Ag Te,		etc., 3 ^e genre.	
					Composés binaires.	
	2 ^e tribu. autre groupe de genres isomorphes.	Cu ² Su, etc.,				1 ^{er} genre.
		Cu ² Se, etc.,			2 ^e genre.	
					Composés ternaires.	
	3 ^e tribu. autre groupe de genres isomorphes.	Ag Su + Cu ² Su,		1 ^{re} espèce		1 ^{er} genre.
		Fe Su + Cu ² Su,		2 ^e espèce		
		Ag Se + Cu ² Se,			2 ^e genre.	
					Composés quaternaires.	
	Types de diverses tribus.	Sb ² Su ³ + Ag Su,		1 ^{re} espèce		genre.
		Sb ² Su ³ + Pb Su,		2 ^e espèce		
		Sb ² Su ³ + 3 Ag Su,		1 ^{re} espèce		genre.
		Sb ² Su ³ + 3 Pb Su,		2 ^e espèce		
		Sb ² Su ³ + 3 Fe Su,		3 ^e espèce		
	Tribus diverses.	$(\text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 3 \text{Cu}^2 \text{Su}) + 2 (\text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 3 \text{Pb Su})$ $(\text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 9 \text{Cu}^2 \text{Su}) + 4 (\text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 9 \text{Ag Su})$ $2 (\text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 4 \text{Cu}^2 \text{Su}) + (\text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 4 \text{Fe Su})$				

Ordres. — La réunion de ces sortes de familles constituerait d'autres groupes de corps analogues, qui se trouveraient caractérisés par les principes électro-négatifs isomorphes, et qu'on pourrait appeler des *ordres*.

Classes. — Pour grouper les ordres, on aurait la considération de l'état où se trouvent les principes électro-négatifs dans les composés. Ainsi les sulfures, séléniures, telluriures formeraient des familles dont l'ensemble constituerait un ordre. Les sulfates, séléniates, telluriates formeraient un autre ordre, et ces sortes de groupes composeraient une *classe* facile à caractériser par les propriétés chimiques.

La disposition des classes entre elles résulterait de la comparaison des différents corps simples qui leur servent de types, et elle dépendrait de la classification même de ces corps d'après leur plus ou moins d'analogie.

Remarques. — Dans l'état actuel de nos connaissances, et quoique le nombre des composés naturels découverts soit déjà assez considérable, il est impossible d'établir complètement cette sorte de subordination des groupes; il s'y trouve des lacunes énormes, que nous ne pouvons pas même combler par les produits actuels de laboratoire. Très-fréquemment il n'y a qu'un seul corps pour tout représenter, depuis la classe jusqu'à l'espèce. Ailleurs, il y a une multitude d'espèces, dont chacune est le type d'un genre qui pourra se remplir par la suite; mais il y a peu de genres analogues, ou même pas du tout, et l'on ne peut établir ni tribus ni familles: ces espèces forment dès lors un grand tout à peu près indivisible qu'on ne sait comment nommer. De là il résulte que l'ensemble des minéraux connus ne présente que des groupes d'espèces isolées, souvent nombreuses, et çà et là quelques indices de classes avec quelques divisions incomplètes: c'est ce qu'on voit dans l'extrait du tableau des espèces qui termine cet article.

§ 158. **Nomenclature.** — Il résulte aussi des lacunes que nous venons d'indiquer dans la série des corps bruts, qu'il n'y a que les espèces qui aient reçu des noms; on ne s'est pas trouvé dans la nécessité de faire des noms de genres, et s'il en existe quelques-uns, c'est parce que les corps qui s'y rapportent avaient été considérés autrefois comme une seule espèce qui a été divisée plus tard par suite de l'avancement de la science. A plus forte raison n'existe-t-il pas de noms de tribus, de familles, d'ordres et de classes, puisque la plupart de ces divisions, que l'ensemble de nos connaissances fait apercevoir pour l'avenir, ne sont en réalité aujourd'hui que des cadres vides.

De là il résulte encore qu'en minéralogie les êtres ne sont plus désignés par deux noms, l'un de genre, l'autre d'espèce, comme dans les autres parties de l'histoire naturelle où ce système de nomenclature a rendu d'éminents services.

§ 159. **Variétés de l'espèce.** — Dans le règne minéral, comme dans toutes les autres parties de l'histoire naturelle, l'espèce peut se sous-diviser en variétés. La distinction est ici fondée sur la diversité des formes, qui peuvent être régulières, obliérées, empruntées et accidentelles d'un grand nombre de manières; sur les diverses sortes de structures, sur les degrés de transparence ou d'opacité, sur l'éclat, sur les couleurs accidentelles, sur les diverses sortes de mélanges, etc. Chacun est à peu près le maître de distinguer ce qu'il voudra, en se bornant toutefois à des choses d'une certaine importance.

Métis minéralogiques. — Il y a dans les animaux des espèces voisines qui peuvent se croiser de toutes les manières, et qui donnent lieu à des êtres qui participent de l'un et de l'autre de leurs parents, comme le mulet et le bardeau; on leur donne le nom de *Métis*, et on les place dans la méthode auprès de l'espèce avec laquelle ils ont conservé le plus de rapports.

Il y a aussi de véritables métis dans les minéraux, et ils résultent du mélange des matières isomorphes en toutes proportions. Lorsque dans ces mélanges il y a une matière qui domine, on doit placer évidemment le corps auprès de l'espèce que cette matière constitue; mais lorsque toutes les matières sont mélangées en parties à peu près égales, il n'y a plus d'autres moyens que de les placer en appendice à la fin du genre dont toutes les espèces mélangées font essentiellement partie.

§ 160. **Tableau des espèces.** — Dans le tableau suivant où nous avons réuni une grande partie des espèces minérales, nous avons moins songé à donner une nomenclature qu'à indiquer les diverses analogies que les matières peuvent avoir entre elles. On peut y lire à la fois dans le sens vertical et dans le sens horizontal; et il est impossible par cette double lecture qu'on n'aperçoive pas les relations de composition, qui donnent en général celles de tous les autres caractères. Nous avons indiqué aussi les réunions d'espèces qui forment des types de genres et de tribus, dans les diverses classes, plus ou moins artificielles, qui partagent l'ensemble des minéraux connus.

Palladium	Pa	
Platine	Pl	
Or	Au	
Argent	Ag	Amalgame Ag Hg ²
Mercure	Hg	Arquerite Ag Hg ⁴

PREMIER

Sidérides.		Manganides.	
Fer	Fe		
Types de tribus, Tribu.	Oligiste	Fe ou Fe	Pyrolusite Mn Braunite Mn ou Mn
	Limonite	Fe ² Aq	Acerdèse Mn ³ Aq
	Gæthite	Fe ³ Aq	Hausmanite mn Mn ³
	Aimant	fe Fe ³	Zinc oxydé rouge Zn Mn ³ ?
	Franklinite	(fe, Zn) Fe ³	Psilomélane Ba Mn ⁴ + 2

DEUXIÈME

Molybdides.		Tungstides.		Tantalides.
	Mo ou Mo		Tu ou Tu	
Acide molybdique	Pb Mo ³	Acide tungst.	(fe, mn) Tu ³	Columbite Bayerine
Mélinose		Wolfram		
Uranides.				
Pechurane	U ² U	Schelite	Ca Tu ³	Tantalite
Uraconise	U	Schelitine	Pb Tu ³	Yttrotan Pyrochlo Aeschyl

DES ESPÈCES MINÉRALES.

11

Plomb	Pb	Massicot	$\overline{\text{Pb}}$ ou Pb
		Minium	$\overline{\overline{\text{Pb}}}$
Cuivre	Cu	Zigueline	$\overline{\text{Cu}}$
		Mélaconise	Cu ou Cu
		Oxyde cobaltique	$\overline{\text{Co}}$ ou Co
		Oxyde cobaltique et manganique	Co , Mn , Ag

CLASSE.

Chromides.

Aluminides.

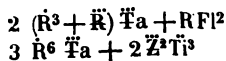
Oxyde chromique	$\overline{\overline{\text{Cr}}}$ ou Cr	Corindon	$\overline{\overline{\text{Al}}}$ ou Al
		Gibbsite	Al Ag
Sans nom	Cr^3 Ag	Sans nom	Al^2 Ag
Sidérochrome	$(\text{fe}, \text{Ma}) (\text{Cr}, \text{Al})^3$	Diaspore	Al^3 Ag
		Cymophane	Gl Al^3
		Spinelle	$(\text{Ma}, \text{fe}) \text{Al}^3$
		Gahnite	Zn Al^3
Mélanochroïte	P $\overline{\text{Cr}}^3$	Sans nom	Cu $\text{Al}^2 + 6$
Vauquelinite	$2 \text{Pb} \overline{\text{Cr}}^2 + \text{Cu} \overline{\text{Cr}}^2$	Plombgomme	Pb $\text{Al}^6 + 6$
Crocôïse	$\text{Pb} \overline{\overline{\text{Cr}}}^3$		

CLASSE.

Titanides.

Stannides.

$\overline{\text{Fe}}$, $\overline{\text{Ta}}$	Rutile	$\overline{\text{Ti}}$ ou Ti	Cassitérite	$\overline{\text{Sn}}$ ou
	Anatase		Traces de stannates	
	Brockite			
	Nigrine	$\overline{\overline{\text{Fe}}}$, $\overline{\overline{\text{Ti}}}$		
	Chrichtonite	$(\text{Z}, \text{Y}, \text{Ca}, \text{fe}, \text{Ti}) \text{Ti}?$		
Polymignite	Ca Ti^2			
Perowskite	Ca $\text{Ti}^2 \text{S}^2$			
Sphène				



TROISIÈME

Bismuth Bi
Oxyde de bismuth

Antimonides.

Antimoine Sb

Antimoniures.

Discrase Ag² Sb
Sans nom Ag³ Sb

Antimoniure de Nickel Ni Sb

Antimonickel Ni Sb² + Ni Su²

Oxydes.

Exitèle Sb̄

Stibiconise Sb̄, Aq

Antimoniates.

Iridosmine Os, Ir.

Arsénides.

Arsenic Ar

Arséniures.

Arséniure d'argent Ag, Ar
— d'antimoine. Sb² Ar³
— de bismuth. Bi, Ar
Smaltine Co Ar²
Autre Co Ar
Nickeline Ni Ar
Arsenickel Ni Ar²
Arséniure de fer Fe Ar³
Disomose Ni Ar² + Ni Su²
Cobaltine Co Ar² + Co Su²
Mispikel Fe Ar² + Fe Su²

Oxydes.

Acide arsénieux Ar̄

Arséniates.

Mimétèse 3 Pb³ Ar̄ + Pb Ch⁴

3 E.

Phosphorides.

Phosphures analogues aux arséniures dans les composés artificiels.

Phosphates.

Pyromorphite	$3 \text{Pb}^3 \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}\text{h} + \text{Ca Fl}^2$
Apatite	$3 \text{Ca}^3 \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}\text{h} + \text{Ca (Fl, Ch)}^2$
Wagnerite	$\text{Ma}^3 \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}\text{h} + \text{Ma Fl}^2$
Klaprothine	$2 \text{Ma}^3 \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}\text{h} + \text{Al}^4 \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}\text{h}^3 + 6 \text{Aq}$
Xenotime	$\text{Y}^3 \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}\text{h}$

Antimoniates.

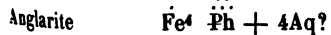
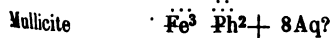
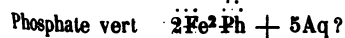
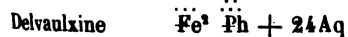
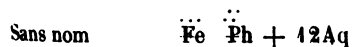
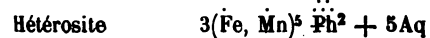
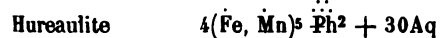
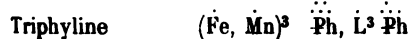
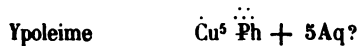
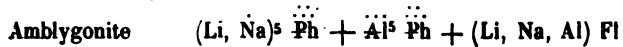
Plusieurs antimoniates des laboratoires correspondent aux arséniates. Il y en a des indices dans la nature.

Arséniates.

Pharmacolite	$\text{Ca}^2 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 6 \text{Aq}$
Haidingérite	$\text{Ca}^2 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 3 \text{Aq}$
Arsénicite	$\text{Ca}^5 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}}^2 + 15 \text{Aq}$
Olivénite	$\text{Cu}^4 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + \text{Aq}$
Euchroïte	$\text{Cu}^4 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 7 \text{Aq}$
Aphanèse	$\text{Cu}^6 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 2 \text{Aq}$
Erinite	$\text{Cu}^6 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 12 \text{Aq}$
Liroconite	$2 \text{Cu}^6 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + \overset{\cdot\cdot}{\text{Al}} \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 3$
Scorodite	$\overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}} \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 4 \text{Aq}$
Pharmacosidérite	$\overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}}^3 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + \overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}}^2 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}}^2 +$
Sidérette	$\overset{\cdot\cdot}{\text{Fe}}^2 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 12 \text{Aq}$
Nickelocre	$\text{Ni}^3 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 8 \text{Aq}$
Erytrine	$\text{Co}^3 \overset{\cdot\cdot}{\text{Ar}} + 8 \text{Aq}$

PIÈCES MINÉRALES.

Phosphates.



Mélangés.

Antimonites.

Antimonite de nickel
 Kermès $(\text{Sb}^2\text{Su}^3)^2 \ddot{\text{S}}\text{b}$
 Roméite $\text{Ca}^2 \ddot{\text{S}}\text{b}^3$

Arsénites

Condurite $\text{Cu}^6 \ddot{\text{A}}\text{r}^3$

QUA

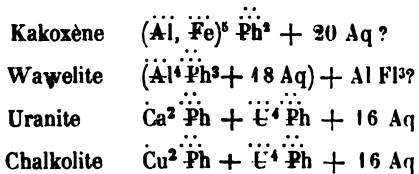
Tellurides.

Tellure Te

Telluriures.

Telluriure de plomb Pb Te
 — d'argent Ag Te

— de fer Fe, Te



Sélénides.

Sulfurides.

Soufre

Su

Sélénures.

Sulfures.

e Cu² Se
 lie Pb Se
 e d'argent Ag Se

Sulfures.

m Hg Se + 4Hg Su

Sulfure d'hydrogène

Chalkosine

Galène

Argyrose

Blende

Alabandine

Harkise

Covelline

Cinabre

Réalgar

Pyrite

Sperkise

Molybdénite

Coboldine

Bismuthine

Stibine

Orpiment

Hy² SuCu² Su

Pb Su

Ag Su

Zn Su

Mn Su

Ni Su

Cu Su

Hg Su

Ar Su

Fe Su²Mo Su²Co² Su³Bi² Su³Sb² Su³Ar² Su³

Telluriures doubles?

- Bornine $2\text{Bi}^2 \text{Te}^3 + \text{Bi}^2 \text{Su}^3$
- Elasmose $4\text{Pb} \text{Te} + 2\text{Pb} \text{Su} + \text{Au} \text{Te}$
- Blaugere $2\text{Au} \text{Te}^3 + \text{Sb}^2 \text{Su}^3 + 18\text{Pb}$
- Mullerine $2(\text{Pb}, \text{Ag}) \text{Te} + \text{Au}^2 \text{Te}^3$
- Sylvane $\text{Ag} \text{Te} + 2\text{Au} \text{Te}^3?$

* C'est pour ces sortes de composés surtout qu'on simplifie beaucoup les formules en représentant le soufre par des virgules au-dessus du signe. Ainsi on a

- Bournonite $\dot{\text{Cu}}^3 \overset{\text{''}}{\text{Sb}} + 2\overset{\text{''}}{\text{Pb}}^3 \overset{\text{''}}{\text{Sb}}$
- Panabase $\overset{\text{''}}{\text{Fe}}^4 \overset{\text{''}}{\text{Sb}} + 2\overset{\text{''}}{\text{Cu}}^4 \overset{\text{''}}{\text{S}}$
- Polybasite $\dot{\text{Cu}}^9 \overset{\text{''}}{\text{Sb}} + 4\overset{\text{''}}{\text{Ag}}^9 \overset{\text{''}}{\text{Sb}}$
- Stannine $\dot{\text{Cu}}^2 \overset{\text{''}}{\text{Sn}} + \overset{\text{''}}{\text{Fe}}^2 \overset{\text{''}}{\text{S}}$

Sulfures doubles.

ans nom	4Zn Se	+ Hg Se ³
—	Co Se ²	+ 6Fe Se
schairite	Cu ² Se	+ Ag Se
ans nom	Cu Se	+ Pb Se
—	Cu Se	+ 2Pb Se?
—	Cu Se	+ 4Pb Se
—	Hg Se	+ 3Pb Se

Sulfures doubles.

Marmatite	3Zn Su	+ Fe Su
Leberkise	Fe Su ²	+ 6Fe Su
Stromeyerine	Cu ² Su	+ Ag Su
Chalcopyrite	Cu ² Su	+ Fe Su
Phillipsite	2Cu ² Su	+ Fe Su
Sans nom	4Cu Su	+ Fe Su
Zinkenite	Sb ² Su ³	+ Pb Su
Myargyrite	Sb ² Su ³	+ Ag Su
Sans nom	Sb ² Su ³	+ Fe Su
—	Sb ² Su ³	+ Cu ² Su
Federerz	Sb ² Su ³	+ 2Pb Su
Argyritrose	Sb ² Su ³	+ 3Ag Su
Proustite	Ar ² Su ³	+ 3Ag Su
Géokronite	Sb ² Su ³	+ 5Pb Su
Psaturose	Sb ² Su ³	+ 6Ag Su
Jamesonite	2Sb ² Su ³	+ 3Pb Su
Haidingérite	2Sb ² Su ³	+ 3Fe Su
Berthierite	3Sb ² Su ³	+ 4Fe Su
Plagionite	3Sb ² Su	+ 4Pb Su

Sulfures multiples.

Bournonite	(Sb ² Su ³ + 3Cu ² Su) + 2(Sb ² Su ³ + 3Pb Su)*
Polybasite	(Sb ² Su ³ + 9Cu ² Su) + 4(Sb ² Su ³ + 9Ag Su)
Panabase	2(Sb ² Su ³ + 4Cu ² Su) + (Sb ² Su ³ + 4Fe Su)
Tennantite	(Ar ² Su ³ + 4Cu ² Su) + (Ar ² Su ³ + 4Fe Su)
Stannine	(Sn Su ² + 2Cu ² Su) + (Sn Su ² + 2Fe Su)

Acides du soufre.

Acide sulfureux $\ddot{S}u$ Acide sulfurique $\ddot{S}u$ ou Su

*Sulfates simples anhydres.**Sulfates simples hydrat*

Anglésine	$Pb Su^3$		
Barytine	$Ba Su^3$		
Célestine	$Sr Su^3$		
Karsténite	$Ca Su^3$	Gypse	$Ca Su^3 + Aq$
Thenardite	$Na Su^3$	Exanthalose	$Na Su^3 + 2Aq$
Aphthaloso	$K Su^3$		
		Epsomite	$Ma Su + 5Aq$
		Gallitzinite	$Zn Su^3 + 5Aq$
		Cyanose	$Cu Su^3 + 5Aq$
		Brochantite	$Cu^4 Su^3 + 3Aq$
		Rhodhalose	$Co Su_3 + 7Aq$
		Mélantherie	$fe Su + 7Aq$
		Coquimbite	$Fe Su^3 + 3Aq$
Sans nom	$Al Su^2?$	Sans nom	$Fe Su^2 + xAq$
		Pittizite	$Fe^2 Su + 2Aq$
		Sans nom	$Fe^4 Su + 4Aq$
		Alunogène	$Al Su^3 + 6Aq$
		Websterite	$Al Su + 3Aq$

CINQUI

Chlorides.**Bromides.**

Chlore	Ch	
Chlorure d'hydrogène	Hy Ch	
Calomel	Hg Ch	
Kérargyre	Ag Ch ²	Bromure d'argent Ag
Chlorure de calcium	Ca Ch ²	
Chlorure de magnésium	Ma Ch ²	
Salmare	Na Ch ²	
Sylvine	K Ch ²	
Kérasine	$Pb Ch^2 + 2Pb$	
Atakamite	$Cu Ch^2 + 3Cu + 4Aq$	
Salmiac	$(Az Hy^3)^2 + (Hy Ch)$	

Sulfates doubles anhydres.

Célestine de Moen	$2Sr\ Su^3 + Ba\ Su^3?$
— de Norton	$3Sr\ Su^3 + Ca\ Su^3$
Glaubérite	$Ca\ Su^3 + Na\ Su^3$
Polyhalites	$2(Ca, Ma)\ Su^3 + Na\ Su^3$ $2(Cu, Ma)\ Su^3 + K\ Su^3$

Sulfates doubles hydratés.

Alun de fer	$3Fe\ Su^3 + K\ Su^3 + 24Aq$
Voltaïte	$2(Fe, Al)\ Su^2 + (K, Na, fe)\ Su^3 + 4Aq$
Alun	$3Al\ Su^3 + K\ Su^3 + 24Aq$
Alunite	$3Al\ Su + K\ Su^3 + 9Aq$

E.

Iodides.

Fluorides.

de mercure Hg I²?
d'argent Ag I²

Fluorine	Ca F ¹²	
Ytrocérite	Y F ¹²	
Flucérine	Ce F ¹³	
Basicérine	$3Ce\ F^{12} + Aq$	} Hydrates.
Sans nom	$Ce\ F^{12} + Aq$	
Cryolite	$2Al\ F^{13} + 3Na\ F^{12}$	
Condrodite	$Ma\ F^{12} + 2Ma^3\ Si$	} Fluosilicates.
Topaze	$\ddot{A}l\ (Si\ F^{16})^3 + 3\ddot{A}l^2\ Si$	
Picnite	$(Si\ F^{16})^3 + 3\ddot{A}l^2\ Si$	

Hydrogénides.

Hydrogène	Hy
Eau	Hy ou Aq
Hydrates divers.	

Azotides.

Azote et air atmosphérique	
Ammoniaque	Hy ³ Az
Salpêtre	K Az
Azotate de soude	Na Az
— de chaux	Ca Az
— de magnésie	Ma Az

Sels organiques.

Mellite	Guano	Humboldtite
---------	-------	-------------

Carbonates anhydres rhomboédriques.

Genre	Calcaire	Ca C	Dolomie	Ca C ² + Ma C ²
	Giobertite	Ma C ²		
	Sidérose	fe C ²		
	Diallogite	mn C ²		
	Carbocérine	ce C ² , Ca Aq		
	Smithsonite	Zn C ²		

Carbonates hydratés.

Mysorine	Cu C	Malachite	2Cu C + Aq
		Sans nom	Ma C ² + Aq
		Sans nom	3Ma C ² + Aq
		Natron	Na C ² + Aq
		Urao	Na C ³ + 2 Aq

CLASSE.

Carbonides.

Carbone.

Diamant	C
Graphite	C
Anthracite	
Houille	
Lignite	
Bois altérés	
Terre de Cologne	
Tourbe	
Terreau	

Carbures.

Grisou	Hy ⁴ C
Naphte	Hy C
Scheererite	
Hatchetine	
Elatérite	
Dusodile	
Malthe	
Asphalte	
Rétinasphalte	
Succin	

Acides.

Acide carbonique C ou C

Acide oxalique C

Carbonates anhydres prismatiques.

Genre ?	Aragonite	Ca C ²	
	Junckerite	Fe C ²	
	Witherite	Ba C ²	Baryto-calcite Ba C ² + Ca C ²
	Strontianite	Sr C ²	
	Céruse	Pb C ²	

Carbonates sulfatifiés.

Stromnité	4Sr C ² + Ba Su ³
Lanarkite	Pb C ² + Pb Su ³
Leadhillite	3Pb C ² + Pb Su ³
Calédonite	2Pb C ² + Cu C ² + 3Pb Su ³

Carbonates hydratifiés.

Gay-Lussite		Azurite	2Cu C ² + Cu Aq
Na C ² + Cu C ² + 5Aq		Magnesia alba	3Mu C ² + Mu Aq ⁴
		Zinconise	3Zn C ² + Zn Aq ³

Silioides.

Quarz	Si ou Si
Calcédoine	
Opale	Si, Aq

Silicates magnésiens, calcaire

<i>Anhydres.</i>		<i>Hydratés.</i>	
Péridot	(Ma, fe) Si	Villarsite	4Ma Si + Aq
		Stéatite	Ma Si ² + Aq
		Pikrosmine	2Ma Si ² + Aq
		Pikrophyle	3Ma Si ² + 2Aq
		Monradite	4Ma Si ² + Aq
		Aphrodite	4Ma Si + 3Aq
Talc	Ma Si ³	Magnésite	Ma Si ³ + Aq
		Stéatite	2Ma Si ³ + Aq
		Dermatine	Ma Si ³ + 3Aq
Wollastonite	Ca Si ²		
Edelforse	Ca Si ³		
Rhodonite	mn Si ²	Opsimose	mn Si + Aq
Kieselmangan	mn Si ³	Sans nom	2mn Si ² + Aq
Photizite	mn Si ⁶	Sans nom	mn Si ⁶ + 2Aq
		Dioptase	Cu Si ² + Aq
		Chrysocole	Cu Si ² + 2Aq
Willelmine	Zn Si	Calamine	2Zn Si + Aq
		Cérérite	ce Si + Aq
Gadolinite	Y Si	Thorite	Th Si + Aq
Phénakite	Gl Si		
Zircon	Z Si		

TABLE.

Borides.

Sassoline

Bo Aq

Borates.

Borosilicates.

Boracite	$Ma Bo^4$	Datholite	$Ca Bo^3 + Ca Si^4 + Aq$
Borax	$Na Bo^6 + 40 Aq$	Botryolite	$Ca Bo^3 + 3Ca Si^2 + 2Aq$

Manganoux, ferreux, etc.

Hydratifiés.

Doubles.

Némalite	$Ma Si + Ma Aq$
Antigorite	$3Ma Si^2 + Ma Aq$
Chrysotil	$3(Ma Si^2 + Aq) + Ma Aq$
Serpentine	$(2Ma Si^2 + Aq) + Ma Aq$
Hydrophyte	$(2Ma Si^2 + Aq) + Ma Aq^2$
Callage	$(4Ma Si^2 + Aq) + Ma Aq$
—	$(4Ma Si^2 + Aq) + Ma Aq^3$
—	$Ma Si^3 + Ma Aq$
—	$3(Ma Si^3 + Aq) + Ma Aq^3$
Spadaïte	$2(2Ma Si^3 + Aq) + Ma Aq$

Hypersthène	$(Ma, fe...) Si^2$
Bronzite	$2Ma Si^2 + (fe, Cu) Si^2$
Anthophyllite	$3Ma Si^2 + fe Si^3$

{ Diopside	$Ca Si^2 + Ma Si^2$
{ Hedenbergite	$Ca Si^2 + fe Si^2$
{ Trémolite	$Ca Si^3 + 3Ma Si^2$
{ Actinote	$Ca Si^3 + 3fe Si^2$

Eudyalite $ZSi^3 + 3(Na, Ca) Si^2$

*Silicates aluminés**Anhydres.*

Staurotide	$Al^3 Si$
Disthène	$Al^3 Si^3$
Andalousite	$Al^4 Si^3?$
Sillimanite	$Al Si$

Sans nom $Fe Si^3$

Lœlité $Al Si^4$

Hydratés.

Lenzinite	$Al Si + Aq$
Kaolin	$Al Si + \alpha Aq$
Pholélite	$3Al Si + Aq$
Sans nom	$Fe Si + Aq$
Nontronite	$Fe Si^3 + Aq$
— du Hartz	$Fe Si^3 + 2Aq$
Severite	$Al Si^3 + 2Aq$

Cymolite	$Al Si^3 + Aq$
Felbol	$Fe Si^3 + 3Aq$
Anthosidélite	$3Fe Si^3 + 2Aq$

*Silicates doubles, alumineux**Anhydres calcaires, ferreux, etc*

Idocrase	$Al Si + Ca Si$
Grossulaire	$Al Si + Ca Si$
Almandine	$Al Si + fe Si$
Spessartine	$Al Si + mn Si$
Mélanite	$Fe Si + Ca Si$
Uwarovite	$Cr Si + Ca Si$
Ilvaïte	$Fe Si + 2Ca Si$
Méionite	$2Al Si + Ca Si$
Zoisite	$2Al Si + Ca Si$
Thallite	$2Al Si + fe Si$

Anhydres à base de glucine.

Euclase	$Al^3 Si + 2Gl Si$
Émeraude	$Al Si + Gl Si$

ferriques, etc.

Hydratiferes.

Allophane de Styrie	$(Al^2 Si + 3Aq) + Al Aq$
{ Ochrane, Miloschine Allophane de Firmy Collyrite	$(Al Si + Aq), Al^2 Aq$ ou $Al Aq$
	$(Al Si + 2Aq), Al Aq$
	$(Al Si + 3Aq), Al Aq$ ou $Al Aq^2$
Nontronite d'Autun	$(Fe Si^2 + 2Aq), Fe Aq^2$
Halloysite de Guatéqué	$2Al Si^2 + Al Aq^2$
— de Silésie	$2Al Si^2 + Aq + Al Aq^2$
— de Liège	$2(Al Si^2 + 2Aq) + Al Aq$
— de Bayonne	$(Al Si^2 + Aq) + Al Aq$
— de Nontron	$[(Fe, Al) Si^2 + 2Aq] + (Fe, Al) Aq^2$
Wolchonskite	$[(Cr, Fe) Si^2 + Aq] + (Cr, Fe) Aq^2$

ferriques, avec diverses bases.

Hydrates.

Conichrite	$Al Si + (Ma, Ca) Si + Aq$
Pyrosklérite	$Al Si + 2Ma Si + 2Aq$
Gigantolite	$2Al Si + (fe, Ma...) Si + Aq$
Carpholite	$3Al Si + mn Si + 2Aq$

*Silicates dou**Anhydres calcaires, etc.*

Wernérite	$3Al Si + Ca Si$
Anortite	$3Al Si + (Ca, K, Na) Si$
Cordiérite	$3Al Si + Ma, Si^2$

Labradorite	$3Al Si + Ca Si^2$
Isopyre	$3 Fe, Al) Si + Ca Si^2$
Dipyre	$2Al Si^2 + Ca Si$

Carnatite	$3Al Si^2 + Ca Si^2$
-----------	----------------------

Anhydres alcalins.

Néphéline	$3Al Si + Na Si$
-----------	------------------

Ryacolite	$3Al Si + (Na, K) S$
-----------	----------------------

Gabronite	$3Al Si^2 + Na Si$
Amphigène	$3Al Si^2 + K Si^2$
Andésine	$3Al Si^2 + (Ca, Na)$

Oligoclase	$3Al Si^2 + Na Si^2$
Triphane	$3Al Si^2 + L Si^2$
Achmite	$3Fe Si^2 + Na Si^2$

Orthose	$3Al Si^2 + K Si^2$
Albite	$3Al Si^2 + Na Si^2$
Petalite	$3Al Si^2 + L Si^2$

Silicates et aluminates.

Chamoisite	$2fe Si + fe^2 Al + 4Aq$
Berthiérine	$2fe Si + fe^2 Al + Aq$
Pagodite	$4Al Si^4 + K Al^3 + 4Aq ??$
Margarite	$Al Si^3 + Ca Al^{12}?$
Saphirine	$Al Si + (Ma, Ca, fe) Al^3$

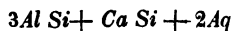
Silicates et carbonates, sulfates, phosphates.

Cancrinite	$3(3Al Si + Na Si) + Ca C^2$
Hauyne	$4(Al Si + Ca Si^2) + Na Su^5$
Sordawalite	$3[2(Al Si + fe Si) + 3Aq] + Ma^1$

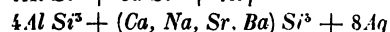
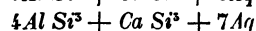
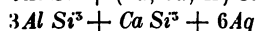
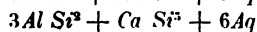
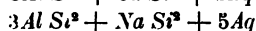
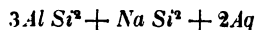
x, ferriques, etc.

ratés, calcaires, alcalins.

Hydratés, magnésiens, etc.



agonale



ites borurifères, fluorifères, chlorurifères, sulfurifères.

aline (Al, Fe), (Na, Li, K, Ma, Ca), (Si, Bo)

(Al, Fe, Mn), (Ca, Ma, K), (Si, Bo)

à 1 axe { $(\bar{Al}, \bar{Fe}) \bar{Si} + (Ma, K, Ca)^3 Si?$
 $3(\bar{Al}, \bar{Fe}, \bar{Gr}) \bar{Si} + (K, Na, Ma) \bar{Si}$

a 2 axes { $(\bar{Al}, \bar{Fe}) \bar{Si}^2 + (K, Na, Li) Fl^2$
 $(\bar{Al}, \bar{Fe}, \bar{Mn}) \bar{Si}^2 + (K, Na, Li) Fl^2$
 $2(\bar{Al}, \bar{Mn}) \bar{Si} + K Fl^2$

e $(3\bar{Al} \bar{Si} + Na^3 \bar{Si}) + Na Ch^2$

nalite $4(\bar{Fe}, \bar{Mn})^3 \bar{Si}^2 + \bar{Fe} Aq^6 + 2 Fe Ch^3?$

e $3(\bar{Mn}, \bar{Gl}, \bar{Fe})^3 \bar{Si} + Mn Mn Su$

DESCRIPTION DES MINÉRAUX

LES PLUS UTILES A CONNAÎTRE.

DE QUELQUES MÉTAUX NATIFS.

§ 161. Peu de corps simples se trouvent à l'état natif dans la nature, § 128 ; mais parmi eux il en est quelques-uns qui, pour ainsi dire, ne se rencontrent jamais autrement : tels sont surtout le *platine* et l'*or*, dont l'histoire présente d'ailleurs un intérêt général.

Platine.

§ 162. **Caractères.** — Le platine est un métal malléable, dont la couleur, à l'état de pureté, se trouve entre le blanc d'argent et le gris de plomb. C'est le plus lourd des corps connus, son poids spécifique allant jusqu'à 22,069 lorsqu'il a été travaillé ; mais c'est aussi le plus inaltérable, complètement infusible au feu le plus violent de nos fourneaux, inattaquable par la plupart des agents chimiques, et ne pouvant être dissous que par l'eau régale.

Etat naturel et gisement. — Le platine n'a pas été trouvé jusqu'ici dans des gisements qu'on puisse regarder comme originaires ; on en a reconnu seulement des indices dans des filons aurifères qui traversent des roches de fusion, comme à Antioquia en Colombie, ou dans des schistes micacés qui passent au grès par leur partie supérieure, comme dans les montagnes d'Itacolumi, province de Minas-Geraës au Brésil ; on l'a vu enfin à Bornéo en petits feuilletés dans des fragments de quartz détachés des roches anciennes. Son gîte spécial actuel est dans des dépôts fragmentaires ou arénacés qui se lient plus ou moins intimement à des terrains de cristallisation dioritiques ou serpentiniteux ¹, des débris desquels ils sont formés ;

¹ On distingue en général deux sortes de terrains : les *terrains de cristallisation*, qui comprennent les matières de fusion et les dépôts modifiés par leur présence, et les *terrains de sédiment* (voyez *Géologie*). Les premiers n'offrent généralement ni cailloux roulés ni débris organiques, et les matières qu'ils présentent ont presque toujours un caractère cristallin : tout concourt à démontrer qu'ils ont été produits par le feu, ou du moins modifiés profondément par cet agent. Les seconds, formés

il s'y trouve disséminé, en paillettes, en grains, rarement en rognons, ou *pépites*, d'un certain volume, dans les matières terreuses ou sableuses qui réunissent tous ces fragments. Il y est accompagné d'or au même état, et de diamants.

Ce métal a été découvert dans l'Amérique méridionale en 1744; il s'y trouve en grande quantité au Brésil, dans les provinces de Minas-Geraës et de Matto-Grosso, et en Colombie dans les provinces de Choco et de Barbacoas. Il existe aussi dans les dépôts aurifères et diamantifères de Bornéo, qui consistent en matière argileuse remplie de fragments de quartz, et liées à des roches de serpentine, d'euphotide et de diorite. On l'a trouvé en 1824, sur la pente orientale des monts Ourals, dans des circonstances tout à fait analogues à celles que nous venons de citer.

On extrait le platine des matières terreuses et sableuses, dans lesquelles il se trouve, par des lavages qui enlèvent les parties les plus légères. On soumet le résidu à l'amalgamation pour retirer l'or, et le reste forme ce qu'on nomme le *minerai de platine*, qui se présente au Brésil en petites paillettes d'un éclat argentin, et en Sibérie en gros grains irréguliers, souvent comme scoriacés, d'un gris noirâtre et peu éclatants.

§ 463. *Métaux mélangés.* — Le platine, dans ces gisements, est généralement mélangé, ou même allié avec diverses matières, notamment avec les métaux nommés *palladium*, *rhodium*, *iridium*, et une substance métalloïde, l'*osmium*.

Le Palladium est quelquefois en grains isolés avec le platine, c'est un métal blanc, malléable, infusible, mais attaquable par l'acide nitrique, qui en forme une solution rouge.

Le Rhodium est allié au platine; mais inattaquable même par

évidemment sous les eaux, présentent au contraire des cailloux et des sables roulés, et un grand nombre de débris organiques: on y distingue plusieurs étages bien caractérisés par diverses circonstances.

Les diverses matières minérales forment dans ces terrains des couches, des amas et des filons; ou bien s'y trouvent disséminées.

Une *couche* est un dépôt, horizontal ou incliné, qui présente deux faces parallèles, et qui peut s'étendre indéfiniment, n'étant borné que par les escarpements des montagnes.

Un *amas* est un dépôt limité en tous sens par les matières environnantes, soit sous trois dimensions à peu près égales, soit étendu sous la forme lenticulaire entre deux couches. Les rognons (§ 63, 65) sont en quelque sorte des amas en petit.

Un *filon* est un dépôt en forme de coin, quelquefois ramifié, qui donne toujours l'idée d'une fente remplie, traversant obliquement les couches, les amas, les montagnes, et qui présente tantôt une seule matière, tantôt une réunion de matières diverses, pierreuses ou métallifères. Les très-petits filons prennent le nom de *veines*, mais les veines ne sont pas toujours des fentes remplies.

l'eau régale, il reste sous forme de poussière grise après l'action de cet agent. Cette poussière peut être agglomérée en masse métallique très-cassante.

L'Iridium est combiné avec l'osmium sous la forme de petits grains métalliques ou de lames hexagones, plus éclatants que les grains de platine, et que dès lors on en distingue assez facilement. La combinaison est inattaquable par tous les acides. L'Iridium pur est dans le même cas, et ne s'obtient qu'en agrégeant la poussière, qui forme alors une masse grisâtre extrêmement aigre.

§ 164. **Préparation et usage du platine.** — Par suite de l'infusibilité du platine et de l'inaltérabilité des matières mélangées, ce métal ne peut être préparé comme les autres. On attaque la mine de platine par l'eau régale, et on précipite par le chlorhydrate d'ammoniaque. Ce précipité calciné produit ce qu'on nomme le *platine en éponge* : on broie cette matière, on la réduit en poudre fine qui puisse former une boue avec l'eau, et on place cette boue dans un moule, où on la comprime graduellement, jusqu'à en rapprocher enfin les particules autant qu'il est possible. Cette première opération donne un gâteau assez solide, que l'on chauffe fortement, et qu'on martelle rapidement sur une enclume pour en rapprocher de nouveau les parties. Après cette opération, la masse peut être forgée comme le fer, puis laminée, étirée en fil, etc.

Le minerai de platine, qu'on rejetait autrefois comme inutile, dont on redoutait même l'introduction, dans la crainte qu'on ne s'en servit pour falsifier l'or, est aujourd'hui exploité avec soin, et par cela même moins coûteux; mais la longueur et la difficulté des opérations auxquelles il faut le soumettre rendent encore ce métal assez cher. Cependant son inaltérabilité le rendant très-propre à une foule d'usages, on l'emploie dans beaucoup de circonstances : on en fait des chaudières, des alambics, fort utiles dans les fabriques de produits chimiques, des creusets, des tubes et des capsules pour des laboratoires. On a essayé de l'employer en bijouterie, mais son poids, son peu d'éclat, sa couleur peu avantageuse, l'ont fait abandonner. On en fait en Russie des pièces de monnaie. On l'applique sur porcelaine, surtout en couverte totale, qui donne alors l'apparence de l'argenterie.

Faisons observer que l'inaltérabilité du platine n'est pas absolue; la potasse et la soude, les nitrates de ces bases, altèrent ce métal à la chaleur rouge; le plomb fondu et beaucoup d'autres métaux, le phosphore, ne peuvent être introduits dans les vases de platine, qu'ils perforent en quelques instants.

Or.

§ 165. **Caractères.** — Tout le monde a vu de l'or, ne fût-ce que sur les cadres dorés, et connaît la belle couleur jaune qui distingue ce métal de tous les autres. C'est de plus un corps très-lourd, car son poids spécifique va jusqu'à 19,36. Son inaltérabilité est aussi remarquable que celle du platine; car il résiste de même à presque tous les agents, et n'est attaqué que par l'eau régale; mais il est fusible. Ce métal est extrêmement ductile, ce qui permet de le réduire en feuilles excessivement minces, qu'on emploie pour la dorure sur bois ou autres matières analogues.

L'or se présente quelquefois en petits cristaux, cubiques ou octaédres, diversement modifiés, souvent groupés sous formes dendritiques; on le trouve quelquefois en lames minces plus ou moins étendues à la surface de diverses matières, ou en filaments qui pénètrent dans leur intérieur. Du reste, il est souvent en paillettes, et quelquefois en pépites plus ou moins volumineuses. Fréquemment il est allié avec une certaine quantité d'argent, qui varie depuis 0,14 jusqu'à 72 pour 100.

§ 166. **Gisement; usage.** — Ce métal se trouve rarement dans des gîtes spéciaux, où il est en cristaux, en lames, en filaments, dans des filons de quartz; le plus souvent il est disséminé dans d'autres gîtes métallifères, principalement dans les minerais d'argent ou dans les matières terreuses qui les accompagnent. En Europe, ces minerais aurifères sont peu riches, et les plus renommés sont ceux de Hongrie et de Transylvanie, qui aujourd'hui couvrent à peine les frais d'exploitation. Au Mexique et au Pérou, ils sont au contraire très-riches, et surtout répandus en quelque sorte avec profusion. Certains minerais de cuivre, certains gîtes de pyrites en renferment également, et ces derniers quelquefois en quantité assez notable pour fournir aux frais d'exploitation.

C'est surtout dans certains terrains de détritiques ou d'alluvion proprement dits, que ce métal se trouve en quantité considérable, comme en Colombie, au Brésil, au Chili, et sur la pente occidentale des monts Ourals. Ces dépôts, les mêmes qui renferment aussi le platine et le diamant, sont ceux qui fournissent, vu la facilité de l'exploitation, la plus grande partie de l'or qui entre annuellement dans la circulation. Dans un grand nombre de lieux il existe des sables aurifères; et c'est du milieu d'eux que les ruisseaux arrachent quelques paillettes d'or qu'ils roulent dans différentes contrées et qu'ils isolent par un lavage continu. En France, le Rhin et l'Ariège

sont les rivières les plus renommées sous ce rapport, et quelques *orpailleurs* peuvent y gagner de 20 à 30 sous par jour. M. Daubrée, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, a fait voir que le lit du Rhin doit renfermer pour au moins 166 millions d'or, et qu'il en a été porté plus de 140 kilogrammes dans l'espace de trente ans à la monnaie de Carlsruhe. Le Pactole, comme on sait, avait une grande réputation chez les anciens. Il y a également des sables et des ruisseaux aurifères dans l'intérieur de l'Afrique, ce dont on juge du moins par le commerce de poudre d'or qui s'y fait journellement. Quelques parties de l'Asie australe paraissent aussi fort riches en or, mais on a peu de renseignements sur les gisements et les lieux d'exploitation.

L'Amérique équatoriale est en quelque sorte le pays de l'or, et généralement des métaux précieux : sur une valeur de 113 millions de francs que produisent annuellement 33 000 kilogrammes d'or extraits dans les lieux connus, elle en donne environ 63. L'Amérique septentrionale, avant qu'on connût les richesses de la Californie, en produisait à peu près 8 ; l'Asie australe 17, dont Bornéo fournit une grande partie ; la Sibérie 8, l'Afrique 13. En Europe, la Hongrie et la Transylvanie en fournissent tout au plus 4, et le reste produit à peine une centaine de mille francs. Heureusement le prestige de l'or est ici dissipé par les autres produits ; le fer fournit, à lui seul, un produit annuel de plus de 600 millions, et les combustibles charbonneux près de 300.

Outre son usage comme monnaie, l'or est employé pour la bijouterie, et surtout pour la dorure. On l'a appliqué longtemps sur les métaux peu fusibles par l'intermédiaire du mercure, avec lequel on l'amalgamait, qu'on étendait ensuite sur la pièce et qu'on soumettait à la chaleur pour chasser le métal volatil : c'était la dorure à l'or *moulu*, aujourd'hui abandonnée pour la méthode galvanoplastique, dans laquelle on fait à froid précipiter l'or dissous sur les pièces qu'on veut en couvrir. On emploie aussi des précipités d'or qu'on fait fondre sur la couverte des poteries, et enfin, des feuilles excessivement minces qu'on colle à la surface des corps. On se sert de quelques préparations d'or en médecine.

Argent.

§ 167. Métal blanc, ductile, fusible, dont le poids spécifique est 10,47, ce qui le distingue immédiatement de l'étain, avec lequel il a quelques rapports, et qui pèse un tiers de moins. Il n'est nullement attaqué par les acides végétaux, ce qui le rend très-pré-

cieux pour les usages de la vie; il est très-peu oxydable, et conserve en conséquence son brillant à l'air; l'hydrogène sulfuré le ternit et le noircit, et c'est pour cela que les œufs noircissent l'argenterie dont nous nous servons habituellement.

L'argent se présente naturellement en petits cristaux octaèdres ou cubiques, presque toujours groupés sous formes dendritiques; souvent il est en filaments, qui sont quelquefois très-minces, et fréquemment entremêlés ou comme feutrés.

À l'état métallique, l'argent se trouve à peu près dans tous les gîtes de sulfure d'argent, où quelquefois on le rencontre en masses considérables; il est surtout très-abondant dans certaines matières argilo-ferrugineuses, qu'on nomme *pacos* au Pérou et *colorados* au Mexique, où il se trouve avec du chlorure d'argent.

L'argent natif est extrait avec soin partout où il se trouve; mais c'est surtout le sulfure en Europe, le sulfure et le chlorure au Mexique et au Pérou, qui fournissent la plus grande partie de ce métal (§ 209, 244). La quantité d'argent extraite annuellement du sein de la terre est d'environ 4 million de kilogrammes, dont la valeur est à peu près de 200 millions de francs; l'Amérique en fournit à elle seule les neuf dixièmes. On emploie ce métal pour les monnaies, pour les couverts, la vaisselle et beaucoup d'ornements. L'argenture se fait par les mêmes moyens que la dorure. On se sert en médecine du nitrate d'argent fondu sous le nom de *Pierre infernale*, pour cautériser certaines excroissances charnues, etc.

Mercure.

§ 168. Métal liquide à la température ordinaire; blanc d'argent, volatil. Poids spécifique, 13,60 à 0^d.

Ce métal à l'état natif existe en petite quantité dans les dépôts du sulfure, ou *cinabre*. Ceux-ci, peu nombreux, se trouvent dans les parties moyennes des terrains de sédiment, près des terrains de cristallisation, et les principaux gîtes sont ceux d'Idria, près de Trieste, d'Almaden en Espagne, du Palatinat sur la rive gauche du Rhin, et de Huanca-Velica au Pérou.

L'exploitation annuelle du mercure est évaluée à 2 millions et demi de kilogrammes, dont l'Europe fournit au moins les neuf dixièmes, et dont la valeur est de 42 à 45 millions de francs. La plus grande partie est employée pour le traitement de certains dépôts aurifères, car le mercure dissout facilement l'or et l'argent, et il suffit de le triturer avec les matières où ces précieux métaux sont mélangés pour les en extraire. C'est sur cette propriété qu'est fondé

ce que l'on nomme le *procédé d'amalgamation*. Une grande partie du mercure de l'Europe passe pour cela dans l'Amérique équatoriale.

L'étamage des glaces est un amalgame de mercure et d'étain ; on sait qu'on emploie le mercure pour les baromètres et les thermomètres, qu'il y a dans tous les laboratoires une cuve à mercure pour récolter les gaz, et que quelques sels, quelques préparations mercuriels sont employés en médecine.

Cuivre.

§ 169. Métal de couleur rouge, d'une odeur désagréable, ductile, fusible, facilement attaqué par tous les corps ; et se couvrant à l'air d'un enduit d'oxyde, ou de carbonate vert ; produisant facilement du vert-de-gris (sous-acétate de cuivre). Poids spécifique, 8,87, lorsqu'il est écroui.

Le cuivre se présente quelquefois en cristaux octaédres et cubiques ou en prismes rectangulaires (§ 48), le plus souvent groupés en dendrites, quelquefois en lames irrégulières, en filaments, en rognons, en petites veines dendritiques dans plusieurs matières. Il se trouve aussi en masses roulées, souvent très-pures, quelquefois d'un grand volume, et très-abondantes dans les alluvions qui avoisinent le lac Supérieur en Amérique. C'est dans ces dernières localités seulement que le cuivre natif est exploité ; partout ailleurs, on le tire des sulfures, simples ou doubles, qui existent en un grand nombre de lieux. Il en entre annuellement environ 20 millions de kilogrammes dans le commerce, dont la valeur est à peu près de 76 millions de francs. Malheureusement la France est à peine pour 5 à 600 mille francs dans ce produit, et elle en tire annuellement pour 8 à 9 millions de l'étranger.

CLASSE DES SIDÉRIDES, MANGANIDES, etc.

§ 170. **Caractères du groupe.** — Nous avons ici un groupe de corps très-naturel, qui sont tous isomorphes à l'état d'oxydes du même ordre, et qui peuvent en conséquence se remplacer mutuellement dans les diverses combinaisons.

Les oxydes naturels et simples de ce groupe présentent tous trois atomes d'oxygène, et deux atomes de bases ; un seul forme en outre un oxyde plus élevé Mn. Deux d'entre eux qui se trouvent nettement cristallisés, le *Corindon* et l'*Oligiste*, non-seulement se rapportent au même système, mais encore sont réellement iden-

iques, l'un offrant un rhomboèdre de $86^{\circ} 40'$ et $93^{\circ} 50'$, et l'autre la même forme de $86^{\circ} 4'$ et $93^{\circ} 56'$. L'oxyde de chrome donne par la fusion de petits rhomboèdres que nous n'avons pu mesurer. La forme de la *Braunite* est un octaèdre à base carrée, et celle de la *Pyrolusite* un prisme rhomboïdal.

Les hydrates *Gæthite* et *Acerdèse*, qui ont la même formule chimique, cristallisent dans le même système. Les *ferrates*, *manganates*, *chromites* et *aluminates* désignés sous les noms d'*Aimant*, *Franklinite*, *Hausmanite*, *Sidérochrome*, *Spinelle*, qui ont la même formule, cristallisent en octaèdres réguliers, et plusieurs ont d'ailleurs tant d'analogie, qu'il est presque impossible de les distinguer immédiatement à l'œil. Le sidérochrome est souvent même un mélange de chromite et d'aluminate de fer de même formule.

Les analogies seraient encore plus évidentes et plus remarquables, si nous mettions en comparaison tous les produits de laboratoire qui se rapportent à cette division.

Parmi les corps que nous réunissons ici, il en est quelques-uns qui méritent plus particulièrement notre attention. Ce sont le *corindon* et le *spinelle*, qui fournissent à la joaillerie le rubis oriental, le saphir et le rubis spinelle; le *fer*, l'*oligiste*, la *limonite* et l'*aimant*, dont le premier nous offre une origine remarquable, et dont les autres sont des minerais importants; enfin la *pyrolusite* et l'*acerdèse*, qui servent à la préparation du chlore.

1° Groupe des Aluminides.

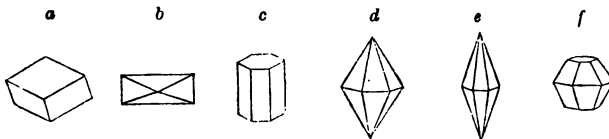
Ceux de ces corps qui donnent de l'eau par calcination peuvent être attaqués par les acides; ceux qui sont anhydres ont besoin d'être préalablement fondus avec la potasse ou la soude. La solution donne par l'ammoniaque un précipité abondant d'alumine, § 134, 7°.

Corindon.

§ 174. **Caractères.** — Substance anhydre, vitreuse ou pierreuse, cristallisable, et se clivant alors en rhomboèdre de $86^{\circ} 4'$ et $93^{\circ} 56'$. Poids spécifique, 4,28, dans la variété connue sous le nom de *rubis*; 3,99 ou 4, dans celles qu'on nomme *saphir* et *topaze orientale*, et descendant à 3,66 dans les variétés grossières. Elle est infusible au chalumeau; sa dureté, qui ne cède qu'à celle du diamant, est assez grande pour rayer tous les autres corps. Le corindon est essentiellement formé d'alumine, mais il est souvent mélangé de diverses matières étrangères.

Les cristaux que présente cette substance sont tantôt des rhomboèdres, simples ou tronqués plus ou moins profondément au som-

met, fig. *a* et *b*; tantôt des prismes hexagones réguliers, *c*, des dodécaèdres à triangles isocèles plus ou moins aigus, *d*, *e*, ou enfin ces



mêmes dodécaèdres tronqués, *f*. On trouve aussi le corindon en rognons clivables et en masse granulaire. Quelquefois limpide, il est souvent jaune, bleu ou rouge, et plus rarement vert.

§ 172. **Gisement; emploi.** — Cette substance appartient aux terrains de cristallisation; elle s'y trouve disséminée et particulièrement dans le granite ¹. Cependant elle existe aussi dans ce qu'on nomme les basaltes ² et dans la dolomie. On la trouve souvent hors de place, en cristaux isolés, dans les sables qui proviennent de la destruction des roches, et qui sont entraînés par les torrents et les ruisseaux.

C'est dans l'Asie méridionale (Malabar, Tibet et Chine) que le corindon se trouve en plus grande quantité, et c'est de ces contrées qu'il nous arrive en pierres toutes taillées; mais il existe aussi dans les granites des Alpes, et surtout dans les dolomies du Saint-Gothard, dans le ruisseau d'Expailly, près du Puy en Velay, où il provient des dépôts volcaniques de la contrée, etc.

Les variétés jaune, bleue et rouge, et surtout les deux dernières, sont recherchées pour la joaillerie, et désignées sous les noms de *topaze orientale*, *saphir*, et *rubis*; la variété verte, fort rare lorsqu'elle est d'une belle teinte, s'emploie aussi sous le nom d'*émeraude orientale*. Le rubis, d'une belle teinte de feu, est une superbe pierre dont la valeur dépasse celle du diamant : le saphir bleu bar-

¹ Les *granites* sont des roches composées de trois substances, *mica*, *feldspath*, *quartz* (voyez les *silicates*), réunies en parties à peu près égales et constituant un tout à structure granulaire. Quand ces substances sont réunies par feuillets entremêlés, la roche prend le nom de *gneiss*. Quand il n'y a que du *quartz* et du *mica*, la roche schisteuse prend le nom de *schiste micacé*. Quand le quartz disparaît aussi, on donne souvent à la roche le nom de *schiste argileux*, composé de petites lamelles empilées, et passant à l'argile schisteuse. Ces trois dernières roches résultent souvent de l'action des agents ignés sur les dépôts de sédiment, et sont, à cause de cela, nommées *roches métamorphiques*.

² Les basaltes sont des matières pierreuses plus ou moins compactes, noires ou grises, qui forment des buttes isolées, des plateaux souvent très-étendus, quelquefois des coulées qui se rattachent à des cônes volcaniques. Ils sont souvent accompagnés de scories plus ou moins abondantes (voyez la *Géologie*).

beau ou bleu indigo est le plus estimé, et aussi d'une grande valeur. Les variétés grossières sont recherchées pour les réduire en poudre plus ou moins fine, qu'on nomme *éméri*, et qui sert à tailler et polir les corps durs ; mais on donne souvent ce nom dans le commerce à des matières tout à fait différentes.

Spinelle, gahnite, cymophane.

§ 173. Les deux premiers de ces aluminates anhydres, à base de magnésie, de zinc et de fer se trouvent cristallisés en octaèdre régulier avec ses diverses modifications. Ce sont encore des matières vitreuses, infusibles, très-dures, qui rayent toutes les autres et ne sont rayées que par le corindon. Elles appartiennent aussi aux terrains de cristallisation, y sont disséminées comme le corindon, et se trouvent, comme lui, dans les sables des ruisseaux.

Le *Spinelle*, lorsqu'il est d'un beau rouge, est aussi employé dans la joaillerie, et connu sous le nom de rubis spinelle ; les teintes rosâtre, lie de vin, etc., sont beaucoup moins estimées et prennent le nom de rubis balais ; les variétés bleues sont quelquefois assez agréables et vont de pair avec les saphirs pâles. C'est aussi de l'Inde que ces spinelles nous arrivent tout taillés.

La *Gahnite*, ou aluminate de zinc, est verdâtre ou grisâtre, généralement opaque, disséminée dans des matières talqueuses. On ne la connaît encore qu'en Suède, ou près de la ville de Franklin, dans l'Amérique septentrionale,

On a nommé *Pléonaste* une matière noire où l'alumine est remplacée en tout ou en partie par le peroxyde de fer. On la trouve dans les détritits basaltiques et trachytiques, ainsi que dans certaines dolomies dont les unes font partie des débris qui enveloppent le Mont-Somma, base du Vésuve, et dont les autres sont entremêlées çà et là avec certains dépôts d'origine ignée.

Le *Cymophane* offre aussi une pierre très-recherchée dans la joaillerie, qui est susceptible d'un beau poli et qui produit un fort bel effet lorsqu'elle est taillée à facettes. On le connaît dans le commerce de pierreries sous le nom de *chrysolite orientale* et de *topaze orientale*, et on le confond souvent avec le corindon jaune qui porte les mêmes noms.

Le cymophane est une pierre jaune ou d'un vert jaunâtre, rayant le quartz, mais rayée par le spinelle, infusible au chalumeau. On le trouve cristallisé en prismes rectangulaires, souvent modifiés sur les arêtes et sur les angles, et offrant surtout des prismes hexagones qu'on a quelquefois pris pour des corindons jaunes. Ailleurs il est

en petite masse informe. Cet aluminat, quelquefois pur et quelquefois mélangé de silice, se trouve disséminé dans les pegmatites de l'Amérique septentrionale, ou en cristaux roulés dans les sables du Brésil et de Ceylan.

2° Groupe des Sidérides.

Corps attaquables par l'acide azotique, soit avant, soit après avoir été calcinés avec la poussière de charbon. Solution précipitant abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

Fer natif.

§ 174. **Dans les pierres météoriques.** — Le fer à l'état métallique se présente en grains isolés dans les pierres qui tombent parfois de l'atmosphère, ou en masses erratiques, dont quelques-unes sont aussi tombées à la vue d'un grand nombre de personnes, et dont les autres, d'après tous leurs caractères, ont eu très-probablement la même origine.

Les chutes de pierres de l'atmosphère ont été observées de toute antiquité, mais reléguées parmi les contes populaires, jusqu'à celles qui eurent lieu à Sienne, en Toscane, le 16 juin 1794; à Wold-Cottage, dans le Yorkshire, le 13 décembre 1795; à Bénarès, dans l'Inde, le 19 novembre 1798. Plusieurs savants acceptèrent alors le fait, surtout en Angleterre; mais on conserva des doutes en France, jusqu'à la chute des pierres de l'Aigle, le 26 avril 1803. Celle-ci fut constatée de telle manière, qu'il ne fut plus possible de nier, et on crut enfin aux faits nombreux qu'on avait jusqu'alors rejetés, malgré les détails les plus circonstanciés et les témoignages les plus authentiques.

Ces pierres météoriques sont des masses arrondies plus ou moins volumineuses, couvertes d'une écorce noire, quelquefois brillante et vitreuse. L'intérieur est une matière grise, composée de diverses substances terreuses ou métalliques, dont quelques-unes sont cristallisées et les autres en globules ou en petites veines. Le fer s'y trouve toujours allié avec du nickel et du chrome.

En blocs erratiques. — La chute de certains blocs de fer n'est pas moins constatée que celle des pierres. Il en tomba un à Hrašina, près d'Àgram, en Croatie, le 26 mai 1754; un autre à Lahore dans l'Indoustan, le 17 avril 1624; un troisième dans la forêt de Naundorf, en Misnie, etc. La matière en est cristalline et caverneuse; elle renferme du nickel et du chrome à l'état d'alliage, comme le fer des pierres météoriques. Or, il existe aussi çà et là des masses

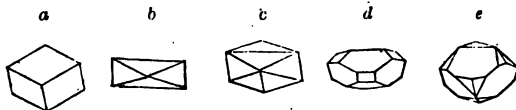
de fer plus ou moins considérables, reposant sur toute espèce de dépôts, même sur la terre végétale, également cavernueuses, renfermant du nickel et du chrome, qu'on ne trouve dans aucun fer de fabrication, et il devient infiniment probable qu'elles sont aussi tombées de l'atmosphère. La plus renommée est celle qui se trouve près de la ville de Jenisseik, en Sibérie, où elle a été examinée par Pallas, et qu'on nomme à cause de cela fer de Pallas : elle est évaluée à 700 kilogrammes. Il y en a de bien plus remarquables : par exemple, une de 14000 kilogrammes à Olumpa, près de Saint-Yago, dans le Tucuman ; une de 19000 kilogrammes aux environs de Durango, au Mexique ; enfin sur les bords du Sénégal on en cite une d'un volume énorme, qu'on regarde comme la plus considérable de toutes.

Dans d'autres gisements et dans les houillères embrasées.

— On a cité de petites quantités de fer natif dans diverses matières, dans du quartz, dans du peroxyde de fer, dans du carbonate de ce métal, et dans certains produits volcaniques ; mais il n'y a rien là de bien positif. Il s'en est trouvé qui est plus ou moins aciéré dans les produits des houillères embrasées, par exemple à Labouiche, près de Nérès, en Auvergne.

Oligiste. — *Fer spéculaire ; peroxyde de fer.*

§ 175. **Caractères.** — Substance douée de l'éclat métallique, et gris de fer, à l'état de cristaux : rouge plus ou moins foncé à tout autre état, et dans tous les cas à poussière rouge ; cristallisant en rhomboèdre de $86^{\circ} 40'$ et $93^{\circ} 50'$; infusible au chalumeau au feu d'oxydation, fondant au feu de réduction, et donnant alors un globe noir magnétique : renfermant 69. pour 100 de fer lorsqu'elle est pure.



Les cristaux sont le plus souvent des rhomboèdres, qui sont tantôt simples, fig. a, et tantôt tronqués profondément au sommet, fig. b, même jusqu'à se réduire à des lames minces, ou enfin terminés par des rhomboèdres plus obtus, et modifiés sur les angles latéraux, fig. c, d, e. On trouve aussi des prismes hexagones, ordinairement très-courts, des dodécaèdres tronqués au sommet, et parfois modifiés sur trois arêtes alternes.

Les grandes masses douées de l'éclat métallique sont laminaires, lamellaires, granulaires, quelquefois schisteuses, à feuillets plus ou moins épais, composés de petites écailles, et ressemblant à l'ardoise; ailleurs elles sont formées de petites écailles entremêlées, et souvent elles sont tout à fait compactes.

Les variétés non métalloïdes sont quelquefois modelées sur du carbonate de chaux, dont elles conservent les formes d'une manière plus ou moins nette; ailleurs elles sont stalactitiques à structure fibreuse, et prennent souvent alors le nom d'*hématite rouge*; enfin elles sont en masses compactes ou terreuses.

§ 176. **Gisement; usage.** — L'oligiste constitue des dépôts plus ou moins considérables dans les terrains de cristallisation, où il présente le plus souvent l'éclat métallique, et dans les dépôts de sédiment, inférieurs ou moyens, où il est presque toujours lithoïde ou terreux. Dans les premiers, il forme quelquefois des montagnes entières, comme à Gellivara en Laponie, des amas ou des filons puissants; quelquefois il remplace le mica dans les schistes micacés, sur des étendues considérables, comme à la montagne d'Itacolumi au Brésil, et dans quelques points de la Bretagne. Dans les dépôts de sédiment, il se trouve particulièrement dans les parties qui avoisinent les terrains de cristallisation¹.

¹ Pour fixer les idées, citons quelques divisions des terrains de sédiment.



Les parties les plus basses, composées de matières schisteuses, de calcaires et de roches arénacées particulières, forment ce qu'on nomme les *dépôts cambriens, siluriens et dévoniens*; ils sont caractérisés par des débris d'animaux dont les genres et les espèces sont perdus. Au-dessus viennent les *dépôts carbonifères*, caractérisés par l'abondance de la houille, par des matières arénacées qu'on nomme particulièrement *grès houiller*, et différents dépôts calcaires. Plus haut se présentent diverses alternances de grès et de calcaire, *grès rouge, calcaire pévien, grès bigarré, calcaire conchylien, marnes irisées*, jusqu'aux grands dépôts qu'on a désignés sous le nom de *formation jurassique*. Celle-ci présente à sa base le calcaire nommé *lias*, au-dessus duquel se trouvent des alternances nombreuses de calcaire compacte et oolitique; elle se termine à des dépôts particuliers de calcaire et d'argile qui préludent à la *craie*. C'est dans les bassins limités par la craie que se sont formés les *calcaires parisiens*, base des terrains tertiaires, qui sont recouverts par diverses formations, les unes marines, les autres fluviales.

Chacune de ces divisions peut se trouver plus ou moins rapprochée des terrains de cristallisation, et souvent se présente comme enclavée au milieu d'eux, en offrant alors des caractères et des circonstances dignes d'attention.

On trouve ce minéral en petites parties dans les granites alpins, dans les fissures des trachytes¹ et des laves², dans les cratères de quelques volcans anciens ou modernes; il est alors à l'état métalloïde. Il existe à l'état terreux dans un grand nombre de lieux, où presque toujours il est mélangé de substances alumineuses; c'est alors qu'il forme ce qu'on appelle les *ocres rouges*.

L'oligiste est un des minerais de fer les plus importants, qui donne, en général, des fers très-purs. Il forme une source de richesses considérables, en quelque sorte inépuisables, pour la Suède, où il existe en abondance, et surtout à l'état métalloïde. En Toscane, il faut citer les mines célèbres de l'île d'Elbe, d'où proviennent la plupart des beaux échantillons cristallisés qu'on trouve dans les collections. En France, nous avons les mines de la Voulte, dans l'Ardeche, qui nous offrent des minerais lithoïdes et terreux, et celles de Framont, dans les Vosges, qui renferment beaucoup de parties métalloïdes au milieu des minerais compactes; il en existe aussi dans les Pyrénées.

Les variétés terreuses sont souvent employées pour les peintures grossières, sous le nom de *rouge de Prusse* et d'*ocre rouge*; les plus argileuses forment le *crayon rouge* ou la *sanguine*. Les variétés stalactitiques, qu'on nomme hématites, sont recherchées pour faire des *brunissoirs*, au moyen desquels on donne le dernier brillant à l'argenterie et à quelques métaux.

Limonite. — *Fer hydraté, mine de fer en grains.*

§ 177. **Caractères.** — Substance non métalloïde, brune ou jaune, à poussière jaune, donnant par calcination de l'eau et un résidu d'oxyde rouge, qui se conduit comme l'oligiste au feu de réduction.

La limonite est un hydrate renfermant 80 pour 400 de peroxyde de fer, et par conséquent 55 de métal. Elle présente quelquefois de *très-petits cristaux* aciculaires en prismes rhomboïdaux, portant un grand nombre de modifications sur les arêtes et les angles. Souvent elle se trouve sous des *formes empruntées*, les unes offrant des

¹ Les *trachytes* sont des roches plus ou moins âpres, plus ou moins poreuses, scorifiées même dans quelques parties, qui se lient avec des roches vitreuses, poreuses, etc.

² On nomme *laves* les matières pierreuses que les volcans émettent dans leurs paroxysmes, et qui à l'état de fusion pâteuse s'étendent, sous forme de courants, sur les flancs de la montagne en se portant quelquefois jusqu'à de grandes distances.

cubes et des octaédres dus à la décomposition du sulfure de fer, ou des boules formées autrefois par ces mêmes cristaux; les autres présentant soit des rhomboédres groupés qui proviennent de la décomposition du carbonate de fer, soit même des formes de carbonate de chaux dont la matière première est détruite. Fréquemment aussi la limonite se présente sous forme de coquilles et de madrépores.

Cette substance se trouve aussi en *stalactites*, à structure fibreuse ou compacte, qui prennent le nom d'*hématite brune*. Souvent elle se présente en gros *rogons* creux à l'intérieur, et renfermant un noyau libre, ce qu'on nomme vulgairement *pièce d'Aigle*. Elle est très-commune sous la *forme oolitique*, à globules tantôt libres, tantôt étroitement réunis entre eux; quelquefois elle est *schisteuse* à feuillets compactes séparés par des enduits micacés. Elle se présente souvent aussi en masses compactes, tantôt pleines, tantôt cavernueuses ou cloisonnées. Enfin on la trouve à l'état terreux, où elle est souvent mélangée de matière argileuse, et quelquefois d'hydrate d'alumine de la même formule, $Al^2 Ag$, qui lui donne beaucoup de douceur; elle constitue alors l'*ocre jaune*.

§ 178. **Gisement; usages.** — La limonite appartient tout entière aux terrains de sédiment; elle y forme des amas puissants qui commencent à se montrer dans les parties les plus anciennes et au voisinage des terrains de cristallisation; elle s'étend ensuite jusque dans les dépôts les plus modernes. Elle est extrêmement abondante vers le milieu de la série sédimentaire, où la variété oolitique forme d'un côté des couches puissantes, et de l'autre des amas qui ont rempli les cavernes et les fentes des dépôts jurassiques. On en trouve plus haut des couches de même espèce qui préparent à la craie, ainsi que des dépôts terreux plus ou moins mélangés; enfin il en existe de diverses variétés, à tous les étages des terrains tertiaires, et jusque dans les alluvions superficielles les plus modernes, où elle constitue la *mine de marais*.

Cette espèce est encore un minéral précieux pour diverses contrées, et c'est elle, surtout à l'état oolitique, qui alimente la plupart des usines de la France, dans la Normandie, le Berry, la Bourgogne, la Lorraine, la Franche-Comté. On remarque en général que les couches intercalées dans les calcaires produisent des fers plus cassants que les dépôts formés dans les cavernes et les fentes du terrain, ou à la superficie du sol tertiaire. On attribue cette différence à la présence des phosphates provenant des débris organiques que renferment les premières, et qui fournissent du phosphore pendant le traitement. Lorsqu'il reste plus d'un centième de cette substance dans

le fer, ce métal n'est plus propre à aucun usage; mais, à très-petite dose, il en résulte une certaine dureté qui n'est pas sans avantage dans quelques cas.

Ces sortes de minerais, étant rarement purs, ont plus besoin que l'oligiste d'être partout bien connus de composition, pour pouvoir appliquer à leur traitement les doses convenables de fondants, qui consistent en chaux ou en silice, et dont l'objet est de former avec les matières étrangères des combinaisons fusibles qui s'écoulent en scories et laissent dégager le métal.

Les variétés terreuses, plus ou moins argileuses, sont exploitées pour la peinture, soit qu'on les emploie à l'état naturel, soit qu'on les ait préalablement lavées avec soin. La terre d'Italie, la terre d'Ombre, ne sont que des variétés mélangées d'hydrate de manganèse, qui donne à la masse un ton brunâtre; la terre de Sienne est aussi une ocre argileuse qui renferme un peu de peroxyde de fer sans eau, et qui prend alors une teinte rougeâtre, ce qu'on produit souvent par une simple calcination. On calcine l'ocre jaune pour produire l'ocre rouge en enlevant ainsi son eau.

Aimant. — Fer oxydulé, fer oxydé magnétique.

§ 179. **Caractères.** — Substance noire, douée de l'éclat métallique, à poussière noire; attirable au barreau aimanté et magnétique; fusible au chalumeau au feu de réduction, et n'éprouvant alors aucune altération.

Cette substance, comme l'indique le signe, est formée de peroxyde de fer combiné avec du protoxyde, environ 69 de l'un et 31 de l'autre, et offrant en tout 72 pour 100 de métal; c'est par conséquent le minerai de fer le plus riche. Sa cristallisation, toute différente de celle de l'oligiste, se rapporte au système cubique; les cristaux sont le plus souvent des octaèdres simples ou modifiés, quelquefois des dodécaèdres rhomboïdaux. En masse, cette matière est laminaire, lamellaire ou compacte, quelquefois terreuse.

§ 180. **Gisement et usage.** — L'aimant appartient exclusivement aux terrains de cristallisation. Souvent il est disséminé en cristaux dans diverses roches, et surtout dans les roches magnésiennes; mais il forme aussi dans diverses localités des dépôts immenses, tantôt en montagnes entières, comme à Taberg, en Smolande, tantôt en bancs épais qui se succèdent et se répètent plusieurs fois sur une hauteur considérable. C'est surtout en Suède et en Norvège qu'il est abondant, où il offre le plus excellent minerai, et le plus facile à traiter. Le fer qu'on en obtient est le plus pur

que l'on connaisse, ce qui le fait rechercher dans toutes les parties de l'Europe pour certains ouvrages auxquels il est le plus propre par sa douceur; c'est le seul qui produise de bon acier fondu. Mais on conçoit que par cette douceur même il soit impropre à tout ce qui exige un peu de roideur, et qu'on préfère alors les fers plus ou moins impurs de diverses localités.

Les variétés compactes de cette substance, surtout celles où l'on ne trouve plus l'éclat métallique, et dans lesquelles il existe fréquemment des mélanges soit de peroxyde de fer, soit d'hydrate de ce peroxyde, constituent ce qu'on nomme la *Pierre d'aimant*, plus recherchée autrefois qu'aujourd'hui.

Observation. — Nous verrons plus tard d'autres espèces de minerais de fer qui ont aussi leur importance; savoir: d'une part le carbonate, de l'autre un alumino-silicate, qui forme de grands dépôts confondus jadis avec le minerai de fer en grains.

3° Groupe des Manganides.

Corps donnant tous plus ou moins de chlore par l'action de l'acide chlorhydrique. Donnant par la fusion avec la soude une fritte verte, soluble dans l'eau, qu'elle colore en vert, et dont il se précipite peu à peu de l'oxyde brun.

Pyrolusite. — Peroxyde de manganèse.

§ 181. **Caractères.** — Matière douée de l'éclat métallique, gris d'acier, et à poussière d'un noir décidé, qui la distingue de toutes les autres espèces; cristallisant en prismes rhomboïdaux obliques; infusible au chalumeau et devenant rouge brun au feu de réduction: produisant une vive effervescence par la fusion avec le verre de borax, et donnant ensuite un verre violet améthyste.

La pyrolusite, Mn_2O_3 , est celui des oxydes de manganèse qui renferme le plus d'oxygène, dont il perd 12 pour 100 par l'action de la chaleur rouge suffisamment prolongée, pour se transformer en oxyde rouge, désigné par les minéralogistes sous le nom d'hausmanite, et analogue par sa composition, $m_2n_2O_3$, au ferrate de fer que nous venons de décrire.

Cette substance se trouve assez souvent en cristaux prismatiques allongés, groupés en masses bacillaires ou fibreuses; elle se présente aussi sous forme mamelonnée, et constitue en grand des masses compactes, quelquefois cavernueuses, dont les cavités sont remplies par la variété à l'état terreux.

§ 182. **Gisement; usages.** — Les gîtes de pyrolusite appartiennent aux terrains de cristallisation comme aux terrains de sédi-

ment : ce sont des amas plus ou moins considérables, exploités partout où ils se trouvent à proximité des routes. Les localités les plus connues en France sont la Romanèche, près de Mâcon, les environs de Périgueux, Calvéron dans le département de l'Aude, etc. Les dépôts renferment quelquefois aussi un hydrate du même oxyde. $Mn Aq$, qui en constitue parfois la presque totalité; surtout à Groröi dans la Mayenne, à Vic Dessos dans l'Ariège, etc.

La pyrolusite est la matière avec laquelle on prépare le chlore et l'eau de Javelle dans les fabriques de toiles peintes et les blanchisseries. On l'emploie dans les verreries pour purifier le verre des teintes jaunes produites par le charbon, qui se trouve alors brûlé par l'oxygène que la chaleur dégage; mais si l'on dépasse la dose nécessaire, le verre prend une couleur violette, ce que l'on voit souvent dans les verres blancs communs. C'est en chauffant la pyrolusite dans une cornue qu'on prépare l'oxygène dans les laboratoires, lorsqu'il n'est pas nécessaire de se le procurer au plus grand état de pureté.

Pour ces divers usages, il faut, autant que possible, se procurer les minerais purs, non-seulement exempts de matières étrangères, mais encore de toutes les autres espèces manganiques distribués dans le tableau; celles-ci, renfermant beaucoup moins d'oxygène, diminuent d'autant l'action du minerai auquel elles sont associées. On a soin d'essayer ces matières pour fixer leur valeur commerciale, ce qui se fait en cherchant d'un côté combien une quantité donnée de minerai produit de chlore, et de l'autre, combien elle dépense d'acide chlorhydrique; on calcule par là le prix du litre de chlore pour chaque matière. Le peroxyde de manganèse pur ne doit consommer qu'une quantité d'acide chlorhydrique double de celle que produit le chlore obtenu; or, certains mélanges de pyrolusite avec l'acerdèse, les oxydes de fer, le calcaire, etc., en dépensent plus du quadruple, ce qui montre immédiatement la différence de prix que ces matières doivent avoir.

Acérdèse ($\acute{\alpha}\kappa\epsilon\rho\delta\acute{\eta}\varsigma$, non profitable).

§ 483. **Caractères.** — Substance d'un éclat métallique lorsqu'elle est cristallisée, et mate dans le cas contraire; toujours à poussière brune, ce qui la distingue immédiatement de la précédente; donnant de l'eau par calcination, et faisant peu d'effervescence quand on la fond avec le borax.

On trouve quelquefois l'acérdèse en prismes rhomboïdaux droits, fréquemment groupés entre eux et composant des masses bacillaires

ou fibreuses, quelquefois à fibres très-fines peu agrégées. Elle se trouve aussi en petites masses mamelonnées, en stalactites, ou en enduit plus ou moins épais sur les stalactites de limonite. Elle existe également en globules formés de couches concentriques, comme la limonite en grains, dont elle est alors plus ou moins mélangée. Quelques petits nids, ou certains enduits, sont composés d'écaillés brillantes, métalloïdes, plus ou moins agrégées, et passent à des variétés terreuses. C'est cette matière qui produit les herborisations noires à la surface de certains calcaires.

La composition de cette espèce est fort différente de la première, car non-seulement c'est un hydrate, mais encore l'eau s'y trouve combinée avec un oxyde inférieur à celui qui constitue la pyrolusite. C'est pour cela qu'il y a peu d'effervescence avec le borax : aussi la substance ne dégage-t-elle que 3 pour 100 d'oxygène à la chaleur rouge; il en résulte qu'elle doit avoir moins de valeur commerciale, en la supposant même à l'état de pureté, et qu'elle est surtout très-impropre pour la préparation de l'oxygène.

Cette substance forme encore des gîtes considérables dans tous les terrains; elle est même plus abondante que la pyrolusite, avec laquelle d'ailleurs elle est souvent mélangée. Les dépôts de Laveline dans les Vosges, de la Voulte dans l'Ardèche, de Saint-Jean-de-Gardonnenne dans les Cévennes, de l'abbaye de Sept-Fonts dans l'Allier, etc., en sont presque entièrement composés.

Observation. — Nous ne parlerons pas de la *Braunite*, oxyde anhydre analogue à l'oligiste, parcequ'elle est peu abondante; ni de l'*Hausmanite*, qui n'est que l'oxyde rouge qu'on obtient par la calcination, et qui est encore plus rare. La *Psilomélane* n'a d'intérêt que comme combinaison naturelle encore peu connue d'un oxyde de manganèse avec une base; elle accompagne surtout la pyrolusite de Romanèche, mais se trouve aussi avec celle de Périgueux, et dans plusieurs autres localités. Ce qu'on a nommé l'*oxyde rouge de zinc* est une autre combinaison du même genre avec les oxydes de fer et de zinc.

4° Groupe des Chromides.

Corps donnant par la fusion avec la soude une matière d'un beau vert-pré au feu de réduction, et une matière jaune au feu d'oxydation.

§ 184. L'oxyde de chrome pur, qui est de couleur verte, est peu commun et peu important dans la nature. Sa combinaison avec le protoxyde de fer, ou *Sidérochrome*, qui est plus abondante, présente un corps analogue à l'aimant où l'oxyde de chrome joue le rôle du peroxyde de fer. C'est une matière noire, métalloïde, cristalli-

sant en octaèdre, infusible au chalumeau et y devenant attirable à l'aimant. Elle forme des nids ou des amas dans les serpentines du département du Var, et en Amérique près de Baltimore, etc. On la connaît aussi hors de place sous la forme de sable noir, à l'île aux Vaches à Saint-Domingue, et on l'a confondue alors avec les titanates de fer.

On exploite ce chromite de fer pour fabriquer le chromate de potasse, qui sert à préparer le chromate de plomb, ou *jaune de chrome*, dont on fait usage en peinture et même dans la teinture, où il donne un jaune solide. On en fabrique aussi l'oxyde vert de chrome, dont on se sert sur émail et sur porcelaine.

Le *chromate de plomb*, ou *Crocoïse* semblable à celui qu'on prépare artificiellement, se trouve dans la nature en cristaux prismatiques allongés, obliques, d'une couleur rouge orangé assez intense. On ne le rencontre qu'en petites quantités, en veines, dans des roches quarzeuses micacées, aurifères, à Bérésif en Sibérie, où il est accompagné de Vauquelinite et de Mélanochroïte.

CLASSE DES URANIDES, MOLYBDIDES, TANTALIDES.

TUNGSTIDES, TITANIDES, STANNIDES.

§ 485. Nous réunissons ici des matières qui ont quelques analogies avec les précédentes par les oxydes à trois atomes, et qui en présentent surtout entre elles, comme on le voit dans les tantalides, les tungstides, les titanides et les stannides, dont les oxydes paraissent pouvoir se remplacer mutuellement dans les combinaisons. Il y a dans ce groupe peu de corps importants pour quiconque ne doit pas s'occuper spécialement des minéraux; et quelques mots seront suffisants pour la plupart d'entre eux.

§ 486. Les URANIDES nous offrent l'urane à deux degrés d'oxydation. Le plus élevé présente une matière jaune pulvérulente sous forme de légers enduits à la surface de l'autre. Le plus bas, qui provient principalement de quelques dépôts argentifères de Saxe et de Bohême, est une matière noirâtre, d'un éclat gras, fort pesante, infusible au chalumeau, soluble dans l'acide azotique, et précipitant en rouge sanguin par le cyanure ferroso-potassique. C'est l'espèce qui fournit à toutes les préparations d'urane de nos laboratoires.

§ 487. Les MOLYBDIDES ne renferment que l'*acide molybdique*, en enduit pulvérulent sur le sulfure de molybdène, et le molybdate de plomb $Pb Mo^3$, nommé *plomb jaune*, à cause de sa couleur. Celui-ci provient particulièrement de Bleyberg, en Carinthie, où il se trouve dans un gîte de minerai de plomb; il est en cristaux du sys-

ème prismatique carré, et le plus souvent en prismes très-courts ou en lamelles oblitérées qui en dérivent.

§ 188. Les TANTALIDES n'offrent jusqu'ici que des substances très-rares, à base de fer, de manganèse, d'yttria, de cérium, de zircon, etc., qui se trouvent disséminées dans les terrains de cristallisation en Bavière et en Suède.

§ 189. Les TUNGSTIDES nous présentent trois combinaisons d'acide tungstique, toutes trois très-pesantes : la Scheelite $Ca Ta^2$, la Scheelitine $Pb Ta^2$, qui sont isomorphes, toutes deux blanches et en octaèdres à bases carrées, et le Wolfram ou scheelin feruginé, combinaison double à base de protoxyde de fer et de protoxyde de manganèse. Le wolfram présente une matière noire et vitro-métalloïde, cristallisée en prismes rhomboïdaux obliques clivables sur les diagonales. Il est assez commun, et se trouve abondamment en France dans les granites de Chanteloube et de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne), où d'ailleurs on trouve aussi la scheelite. Ces trois matières accompagnent souvent aussi les dépôts de minerai d'étain, et en ont été fréquemment regardées comme les indices. C'est du wolfram qu'on extrait l'acide tungstique, pour l'usage des laboratoires.

§ 190. Les TITANIDES renferment d'abord trois substances, *Rutile*, *Anatase*, *Brookite*, qui ne paraissent être autre chose que l'acide titanique sous deux formes différentes et peut-être même sous trois.

Le Rutile, ordinairement d'un rouge brun, cristallise dans le système prismatique à base carrée, et ses cristaux, ordinairement prismatiques, offrent souvent des groupements plus ou moins analogues à ceux de l'oxyde d'étain, quelquefois comme ceux que nous avons indiqués fig. 267. Il se trouve abondamment disséminé dans les terrains granitiques, comme à Saint-Yrieix (Haute-Vienne), et à Gourdon (Saône-et-Loire), dans les Alpes, et dans un grand nombre de lieux.

L'Anatase, beaucoup plus rare, est ordinairement de couleur bleue et toujours en octaèdre à base carrée. La Brookite est en lames minces, brunâtres, qui se rapportent au système prismatique rectangulaire.

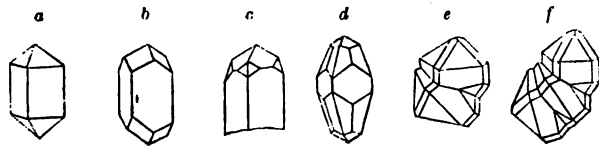
Il n'y a de titanate bien déterminé que la Perowskite qui est à base de chaux, et vient de l'Oural. Le Sphène est un silicio-titanate qui offre des prismes rhomboïdaux extrêmement variés dans leurs modifications. Il se trouve abondamment disséminé dans certains dépôts granitiques des Alpes, principalement autour du Saint-Gothard, ou dans diverses roches amphiboliques qui font partie des terrains granitiques, comme en Auvergne, en Bretagne, etc.

On pense aujourd'hui que les matières qu'on a nommées titanates de fer, sont des mélanges de peroxyde de fer avec un oxyde de titane de même formule qui lui serait isomorphe. La Chrichtonite, qui en est peut-être la cristallisation ordinaire, se trouve en petits rhomboïdes aigus profondément tronqués, et le plus souvent en lames minces rappelant l'oligiste disséminé dans les terrains de cristallisation, et avec lequel elle se trouve à Saint-Christophe en Oisan. La Nigrine (iserine, ilmenite, ménakanite) cristallise dans le système cubique, peut-être par effet de dimorphisme; elle est tantôt disséminée dans les roches de cristallisation, tantôt sous la forme de sables noirs, composée de petits octaèdres, dans les ruisseaux des terrains basaltiques et trachytiques.

Oxyde d'étain. — *Cassitérite, mine d'étain.*

§ 191. **Caractères.** — L'oxyde d'étain naturel est une matière ordinairement brune, rarement blanche, cristallisant dans le système prismatique à base carrée comme le rutile, dont il est isomorphe; il est infusible au chalumeau, se réduit difficilement, à moins qu'on n'ajoute de la soude. Il est attaqué, quoique difficilement, par l'acide chlorhydrique, et la solution donne un précipité pourpre par le chlorure d'or. A l'état de pureté, il renferme 79 pour 100 d'étain métallique.

Les cristaux sont le plus souvent des prismes à bases carrées, terminés par des sommets à quatre faces, et modifiés de diverses manières, fig. *a, b, c*; quelquefois ils offrent des pyramides à huit faces à chaque sommet, tantôt simples, tantôt modifiées sur les angles ou les arêtes, fig. *d*. Très-fréquemment les cristaux sont groupés deux à deux, et même en plus grand nombre, fig. *e, f*.



L'oxyde d'étain se trouve aussi en stalactites et en stalagmites à structure fibreuse, qui, le plus souvent, sont en fragments roulés, où les diverses couches d'accroissement se distinguent par des teintes différentes et imitent assez bien les couches de certains bois; de là le nom d'*étain de bois*.

§ 192. **Gisement; usage.** — L'oxyde d'étain appartient aux terrains de cristallisation, où il est assez souvent disséminé; mais où il forme aussi des amas puissants, et rarement des filons. Il existe même dans la partie inférieure des terrains de sédiment, mais toujours dans le voisinage des roches cristallines qui s'y rattachent. Dans diverses localités il se trouve en cailloux roulés dans certains dépôts d'alluvion; c'est ainsi qu'il est dans tous les dépôts exploités au Mexique, et qu'on le connaît en Cornouailles, aussi bien que sur la côte de Piriac en Bretagne.

L'oxyde d'étain est partout le minerai dont on retire l'étain. Il est assez abondamment répandu dans la nature, mais la France n'en possède que des indices sur la côte de Piriac en Bretagne, et à Vaulry près de Limoges. L'Angleterre, et principalement le Cornouailles, est, sous ce rapport, le pays le plus riche de l'Europe; elle livre annuellement au commerce environ trois millions de kilogrammes d'étain; la Saxe et la Bohême n'en produisent pas trois cent mille kilogrammes. Il en vient beaucoup de l'Asie méridionale, de la Chine, du pays de Malacca, de Sumatra, de Banca, etc., où le minerai paraît être extrêmement abondant. L'étain de Malacca est le plus pur.

CLASSE DES ANTIMONIDES, ARSENIDES, PHOSPHORIDES.

§ 193. **Caractères généraux.** — L'étain, dont nous venons de voir les minerais, établit une liaison entre le groupe actuel et le précédent: d'un côté, par les combinaisons oxygénées, qui font de part et d'autre fonction d'acide; de l'autre, par les chlorures, qui jouent le même rôle. Les chlorures d'étain, d'antimoine et de bismuth ont de grandes analogies, quoique le premier cependant ne paraisse pas être isomorphe des deux autres.

L'antimoine et l'arsenic jouent le même rôle dans les combinaisons où ils se trouvent à l'état métallique. Les antimoniures et les arséniures de même formule sont isomorphes, ce que nous présente l'*Antimonickel*, la *Disomose*, la *Cobaltine*, et ce qu'on observe encore dans les produits artificiels; c'est aussi par ces derniers qu'on peut comparer les phosphures avec les arséniures et les antimoniures, dont ils sont également isomorphes. Les arséniates et les phosphates ont de telles analogies qu'on ne peut les distinguer au premier moment, et le peu d'antimoniates que nous connaissons dans les *laboratoires* nous présentent les mêmes résultats.

Les matières qui composent cette classe de corps nous offrent surtout trois groupes dans lesquels nous distinguerons quelques substances qui sont particulièrement utiles aux arts, ou remarquables comme objets d'histoire naturelle.

1° Groupe des Antimonides.

Corps offrant immédiatement, ou donnant par calcination, une matière blanche, volatile par la chaleur, § 134, 1° et 135, 2°, attaquant par l'acide chlorhydrique, dont elle précipite en blanc par l'eau et en jaune par les sulfhydrates.

§ 494. Antimoine. — Ce métal se trouve à l'état libre dans la nature. Lorsqu'il est pur, il approche du blanc d'argent; mais lorsqu'il s'y trouve une petite quantité d'arsenic, il prend une teinte bleuâtre, et surtout noircit à l'air. Il n'est connu qu'en petites masses lamellaires dans les minerais arsénifères.

L'antimoine du commerce est extrait du sulfure d'antimoine. Son emploi le plus remarquable est pour la composition des caractères d'imprimerie, formés de 1 d'antimoine et de 4 de plomb. On l'allie avec l'étain pour les couverts de composition; 48 d'antimoine et 400 d'étain forment ce qu'on a appelé *métal du prince Robert*, qui est dur, blanc d'argent, et reçoit un beau poli. L'oxyde d'antimoine entre dans la composition de l'émétique, dans la poudre d'Algaroth, le kermès minéral, etc.

Il existe peu d'antimoniures naturels. Celui d'argent (*Discrase*) cristallise en prismes rectangulaires, et se trouve en petite quantité dans les mines d'argent arsénifères. On connaît un oxyde naturel de ce métal en aiguilles nacrées, de même nature que ce qu'on nomme les fleurs argentines d'antimoine dans les fabriques de produits chimiques, qui correspond à l'acide arsénieux. Le même oxyde hydraté forme des enduits terreux blancs à la surface des sulfures d'antimoine. Comme *antimonites*, on trouve le *Kermès*, dont la base même est le sulfure d'antimoine; c'est une substance rouge brun, souvent en aiguilles cristallines qui se rapportent au prisme rhomboïdal. La *Roméite* est un exemple de composé d'un autre ordre.

§ 495. Bismuth. — Nous devons réunir ici le bismuth par suite de l'analogie que ses composés artificiels présentent avec les antimoniures de même formule; mais dans la nature on ne connaît ce corps qu'à l'état libre, ou combiné sous le rôle électro-positif dans les sulfures et les telluriures.

Le bismuth est un métal d'un blanc rougeâtre, très-fusible, disséminé en petits nids dendritiques dans les dépôts d'arséniures de

cobalt, qui font partie des gîtes argentifères. Il est peu commun dans la nature, et surtout peu employé dans les arts. On s'en sert principalement pour former l'alliage de Darcet, qui fond à la température de l'eau bouillante, et dont on fait des plaques de sûreté dans les chaudières à vapeur.

2° Groupe des Arsénides.

Matières dégageant des vapeurs arsenicales, qu'on reconnaît à l'odeur d'ail, soit par simple grillage, soit par calcination avec de la poussière de charbon.

Arsenic.

§ 496. Substance d'un éclat métallique dans la cassure fraîche, et noircissant promptement à l'air; volatil à l'état métallique dans le tube fermé, et donnant de l'acide arsénieux en petits cristaux lorsqu'on la grille dans le tube ouvert.

L'arsenic se trouve en petites masses bacillaires et fibreuses, ou mamelonnées à la surface, et composées de couches concentriques. C'est une substance assez commune, quoique peu abondante, qui se trouve dans les gîtes métallifères, principalement dans ceux de sulfure d'argent et d'oxyde d'étain.

ARSÉNIURES.

§ 497. Smaltine. — Les arséniures les plus importants sont ceux de cobalt, dont il y a au moins deux espèces. Le biarséniure porte particulièrement le nom de *smaltine* ou *cobalt arsenical*. C'est une substance métallique gris d'acier dans la cassure fraîche, et qui se ternit à l'air; elle cristallise en cubes diversement modifiés, ou se trouve en petites masses dendritiques qui forment ce qu'on nomme le *cobalt tricoté*. Ailleurs elle est mamelonnée ou globulaire, à structure fibreuse, ou enfin en masses compactes. Celles-ci, qui en général noircissent à l'air, paraissent renfermer souvent des arséniures de la formule Co^3Ar^5 .

Le biarséniure, à l'état de pureté, renfermerait 28 de cobalt et 72 d'arsenic; mais il est souvent mélangé d'arséniures de différents ordres, qui font varier les quantités de cobalt; d'où résultent des minerais de plus ou moins de valeur, et d'ailleurs très-souvent salis par des arséniures de nickel, de fer, etc.

Ces arséniures ne forment pas de gîtes à eux seuls; ils font partie des dépôts de sulfure d'argent et de chalkopyrite, principalement dans

les terrains de cristallisation, comme en Saxe, en Bohême, etc., et rarement dans les terrains de sédiment entremêlés avec les premiers, comme à Sainte-Marie-aux-Mines dans les Vosges, dans la Hesse, le Hanau et la Thuringe. Partout ils sont exploités ou au moins récoltés pour la préparation de l'oxyde de cobalt, et, le plus souvent, pour en fabriquer des verres bleus nommés *smalt*, qu'on emploie comme couleurs. Les produits les plus beaux, réduits en poudre fine, se débitent sous le nom d'*outremer*, qu'il ne faut pas confondre avec l'*outremer* proprement dit, § 352; les autres se vendent sous le nom d'*azur*. On débite aussi sous le nom de *safre* le résidu du grillage des minerais de cobalt, mélangé de sable siliceux, qui, par la fusion ultérieure, produisent des verres bleus. Tous les bleus sur porcelaine, sur émail, sur les poteries, même les plus communes, et tous les verres bleus, sont formés avec des préparations de cobalt. Le *bleu Thénard* est un aluminat de cobalt, qu'on obtient en mêlant des dissolutions d'alun et de cobalt, précipitant par un alcali et calcinant : c'est ce bleu qu'on obtient dans l'essai des substances alumineuses, § 437, 2°.

Le cobalt extrait du sein de la terre, et converti en *smalt*, en oxyde, en préparations diverses, offre un produit annuel d'environ 3 millions de francs. La Saxe et la Suède en fournissent la plus grande partie : mais dans la dernière de ces contrées la matière qu'on travaille est en général le sulfarséniure, substance plus pure dont nous parlerons tout à l'heure.

§ 498. Nickéline. — Il se trouve dans la nature des arséniures de nickel qui correspondent aux arséniures de cobalt, dont sans doute ils sont isomorphes. Le plus commun est un simple arséniure NiAr , qu'on nomme *nickel arsenical* ou *Nickéline*. C'est une matière douée de l'éclat métallique, rougeâtre, se ternissant lentement à l'air. On ne la connaît pas cristallisée. Elle est attaquable par l'acide azotique, auquel elle communique une belle couleur verte; la solution devient bleue par l'addition de l'ammoniaque, et précipite en vert par la potasse.

On connaît aussi un biarséniure NiAr^2 , qui présente les mêmes caractères chimiques, mais qui est gris d'acier, assez brillant et inaltérable à l'air. Il cristallise en cube, par conséquent comme la *smaltine* à la formule de laquelle il correspond.

Les diverses analyses qu'on connaît, et qui sont souvent fort compliquées par des mélanges divers, semblent indiquer aussi comme pour le cobalt l'existence d'un composé Ni^2Ar^3 , qu'on n'a pas encore trouvé isolé.

Ces substances accompagnent presque partout les arséniures de

cobalt, et s'exploitent en même temps qu'eux. On en prépare par la fusion une matière métallique rougeâtre nommée *speiss*, qui entre dans le commerce et sert à toutes les préparations du nickel, dont elle renferme une grande quantité avec de l'arsenic, du soufre, quelques traces de cobalt et de cuivre.

Le nickel, allié en petite quantité au laiton, forme le *maillechort*, matière connue depuis longtemps en Chine sous le nom de *pack-fung*, qui imite parfaitement l'argent et qu'on emploie beaucoup aujourd'hui. Si elle se ternit un peu à l'air, elle se nettoie avec la plus grande facilité et reprend tout son brillant.

SULFO-ARSÉNIURES.

§ 199. Cobaltine. — On connaît dans la nature plusieurs combinaisons d'arséniures et de sulfures des mêmes bases. La plus intéressante est le sulfo-arséniure de cobalt, qu'on nomme aussi *cobalt gris*, *cobalt éclatant* et *Cobaltine*. C'est une matière d'un éclat métallique assez vif, blanc d'argent ou blanc rougeâtre, qui cristallise dans le système cubique, et se clive en cube. C'est à cet état qu'on la rencontre le plus souvent, et les cristaux offrent les défauts de symétrie dont nous avons parlé, § 45, 3°; c'est-à-dire qu'ils sont en cubes passant au dodécaèdre pentagonal, en dodécaèdres, en icosaèdres, où les faces de l'octaèdre sont plus ou moins développées. Elle possède à peu près les caractères chimiques de la smaltine, si ce n'est qu'on y reconnaît aussi l'indice du soufre par le grillage.

La cobaltine se trouve particulièrement en Suède et en Norvège, en amas plus ou moins considérables, dans les terrains cristallins, avec la chalkopyrite. Elle est généralement plus pure que la smaltine, et aussi plus riche en cobalt, dont elle renferme 35 pour 400 : elle est partout exploitée avec soin et employée aux mêmes préparations que le simple arséniure.

§ 200. Disomose. — C'est une substance gris d'acier à base de nickel, qui, par les indices de cristallisation et de clivage, rappelle la cobaltine et en est isomorphe. Elle n'est encore connue qu'en Suède, où elle accompagne la cobaltine. On l'a nommée aussi *nickel gris*.

§ 201. Mispikel. — Ce sulfarséniure de fer, composé comme les précédents, ne cristallise plus dans le système cubique; il se trouve, peut-être comme effet de dimorphisme, en prismes rhomboïdaux droits, tantôt isolés, tantôt groupés en petites masses bacillaires; on le connaît aussi à l'état compacte ou granulaire. Il a

l'éclat métallique et la couleur blanc d'argent ou jaunâtre. Attaquable par l'acide nitrique, sa solution précipite abondamment en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

Ce minéral se trouve souvent disséminé dans certains dépôts des formations cristallines, ou dans divers amas métallifères, particulièrement ceux d'oxyde d'étain; mais il forme aussi des gîtes en quelque sorte à lui seul, soit en amas, soit en filons. Il est exploité dans quelques endroits pour en tirer l'arsenic, avec lequel on prépare le *réalgar* et l'*orpiment* des peintres, ou l'acide arsénieux, qui sert à fabriquer le vert de Scheele (arsénite de cuivre), employé en peinture et sur les papiers peints.

ARSÉNIATES.

§ 202. Il n'y a pas un corps important à connaître dans les minéraux de cette série: cependant quelques-uns peuvent fixer l'attention par leurs compositions, leurs formes ou leurs couleurs.

L'*arséniate de plomb*, ou Mimétèse, est une substance ordinairement jaunâtre, cristallisée en prismes hexagones réguliers très-nets, qui nous offrent un arséniate combiné avec un chlorure.

Les *arséniates de chaux* présentent de très-petits cristaux ou des houppes blanches cristallines, le plus souvent accompagnés et même colorés par l'arséniate rose de cobalt.

Les *arséniates de cuivre* sont remarquables par leurs couleurs vert-pré, vert sombre, vert bleuâtre, ou par les dispositions des variétés fibreuses.

Le plus commun des *arséniates de fer* est la Sidérétine, matière brune très-fragile, brillante dans la cassure et qui rappelle la colophane. Elle se forme journellement dans les mines, et se trouve souvent mélangée de sulfate de peroxyde de fer, ce qui montre qu'elle est due à la décomposition des sulfo-arséniures.

L'*arséniate de cobalt*, ou Érythrine, est d'une belle couleur violette lorsqu'il est en cristaux, et rose dans les variétés pulvérulentes. Parmi celles-ci, il en est qui sont mélangés d'une assez grande quantité d'acide arsénieux qui leur donne une teinte plus pâle et tirant sur le lilas. L'*arséniate de nickel*, de couleur vert-pomme, forme des enduits ternes sur la nickéline.

Les arséniates paraissent être généralement des produits modernes qui résultent de la décomposition des arséniures divers dans l'intérieur des mines.

3° Groupe des Phosphorides.

Corps non métalliques donnant par la fusion avec le carbonate de soude un sel soluble, dont la solution précipite en blanc par le nitrate de plomb et en jaune par le nitrate d'argent.

PHOSPHATES.

§ 203. Le groupe des phosphorides ne renferme encore que des phosphates dont quelques-uns correspondent aux arsénates, mais qui sont encore plus variés. Il ne présente rien d'important sous le rapport des arts; mais quelques espèces méritent l'attention sous d'autres points de vue.

Le *phosphate de plomb*, ou *Pyromorphite*, isomorphe de la mimitèse et de même formule, est une combinaison de phosphate avec un chlorure ou un fluorure. Souvent en prismes hexagones réguliers diversement modifiés, il se présente aussi en cristaux aciculaires dont la réunion produit des masses fibreuses, ou bien en stalactites et sous forme mamelonnée. Cette substance, remarquable par la variété et le ton de ses couleurs accidentelles, se trouve dans les gîtes métallifères, et principalement avec le sulfure de plomb: nous avons en France quelques localités remarquables sous ce rapport, le Huelgoat en Bretagne, la Croix-aux-Mines dans les Vosges, et Pontgibaud dans le Puy-de-Dôme.

Le *phosphate de chaux*, ou *Apatite*, est un autre composé isomorphe, en cristaux vitreux, blancs, transparents ou opaques, et quelquefois colorés, qui est en général disséminé dans le gneiss et le micaschiste. On le trouve quelquefois, mais rarement, dans les gîtes métallifères.

On connaît aussi une variété lithoïde, entremêlée avec des couches ou des filons de quartz, qu'on exploite comme pierre à bâtir, et qui constitue des collines à Logrosso dans l'Estramadure. Il se trouve encore des rognons à structure terreuse dans le terrain houiller, dans la craie et dans les argiles inférieures; mais il paraît que ces matières n'offrent pas le même phosphate que dans les cristaux.

Les *phosphates de cuivre* sont aussi variés que les arsénates, auxquels ils ressemblent beaucoup par leurs compositions, leurs formes, leurs couleurs, et qui la plupart se trouvent aussi dans les gîtes métallifères.

Les *phosphates de fer* sont mal connus de composition. L'un d'eux paraît être l'analogue de la sidérite; un autre peut être comparé à l'érythrine. Les deux premiers sont bruns, le suivant de cou-

leur verte et les trois autres bleus. Ceux-ci sont tantôt cristallisés, tantôt en petites masses terreuses, souvent nommées *bleu de Prusse natif*, dont la matière, quelquefois blanche à l'intérieur, bleuit promptement par l'exposition à l'air. Ces phosphates se trouvent, les uns dans les gîtes métallifères, comme en Cornouailles, d'autres dans les fissures des basaltes; la plupart des variétés terreuses se rencontrent dans des dépôts argileux de sédiment, même assez modernes.

Les *phosphates de manganèse*, ou peut-être de manganèse et de fer, sont aussi de diverses sortes : les uns (la Triplite), bruns, en masses clivables; les autres, rougeâtres et violets. Ils se trouvent dans les terrains de cristallisation, et c'est dans les granites du Limousin qu'on les a particulièrement rencontrés.

On doit distinguer aussi les *phosphates uranite et chalkolite* : le premier, jaune serin, se trouve dans les granites de Marmagne près d'Autun, de Saint-Yrieix près de Limoges; le second, vert-pré, s'est trouvé principalement dans les gîtes stannifères de Cornouailles et de Bohême. Ces deux substances cristallisent en petits prismes carrés, groupés les uns sur les autres.

C'est aux *phosphates d'alumine* que se rapporte la Turquoise, matière opaque, d'un bleu verdâtre, assez recherchée dans la joaillerie. Il y en a deux espèces : l'une, la *turquoise de vieille roche*, se trouve sous forme de petites veines ou de petits rognons, dans des matières argileuses à Nichabour en Perse : c'est une matière purement minérale. L'autre, *turquoise de nouvelle roche*, provient des dents ou des os de mammifères enfouis dans le sein de la terre, et accidentellement colorés en bleu verdâtre; elle est beaucoup moins dure, et beaucoup moins estimée.

CLASSE DES TELLURIDES, SELÉNIDES, SULFURIDES.

§ 204. **Caractères généraux.** — Le tellure, le sélénium, le soufre, sont des corps qui jouent le plus souvent le rôle électro-négatif, et qui dans tous les cas paraissent être isomorphes. C'est ce qu'on observe surtout dans les laboratoires, car il y a peu de composés naturels qui soient exactement comparables entre eux. Ainsi les telluriures, les séléniures, les sulfures, lorsqu'ils sont composés suivant la même formule, sont identiques par les formes, et tellement analogues par les autres caractères physiques, qu'on ne peut les distinguer. Les séléniates sont isomorphes des sulfates, et le

peu de telluriates que nous connaissons nous présentent encore la même similitude.

Dans la nature, les telluriures, les sélénieuses et les sulfures de plomb et d'argent ne se distinguent pas à la vue. Ces substances ne sont pas toutes cristallisées; mais celles qui sont à base de plomb offrent toutes des clivages rectangulaires également nets, et selon toute probabilité, cubiques, comme le sulfure de plomb. *L'Euchairite* présente de même les plus grandes analogies avec la *Stromeyerine*, composée suivant la même formule.

Toutes ces circonstances suffisent certainement pour rapprocher ces différents corps. Leur ensemble forme d'ailleurs un intermédiaire entre les arsénides dont nous venons de parler et les chlorides que nous verrons ensuite; en effet, d'un côté, le tellure, le sélénium, le soufre se volatilisent comme l'arsenic à l'état simple, et forment aussi des oxydes volatils; d'un autre côté, si le tellure forme, comme l'arsenic et le phosphore, des composés gazeux avec l'hydrogène, le sélénium et le soufre sont susceptibles de former des hydracides, aussi bien que l'iode, le chlore, etc.

1° Groupe des Sulfurides.

Corps solides pour la plupart, quelques-uns liquides ou gazeux; dégageant des vapeurs d'acide sulfureux, soit immédiatement, soit par combustion, soit par l'action de la poussière de charbon à l'aide de la chaleur; ou bien donnant de l'hydrogène sulfuré lorsqu'après les avoir traités par le carbonate de potasse, seul ou mêlé de charbon, on projette le résidu dans de l'eau acidulée.

Soufre.

§ 205. **Caractères.** — Substance jaune, quelquefois verdâtre, brunâtre, rougeâtre, par suite de mélange; appartenant au système cristallin prismatique rectangulaire droit; facilement fusible, même volatile; très-combustible, et se transformant en gaz acide sulfureux sans laisser de résidu lorsqu'elle est pure.

Le soufre se trouve assez fréquemment en cristaux, qui sont des octaèdres à base rhombe, assez aigus, diversement modifiés, quelquefois en cristaux aciculaires ou en stalactites. Souvent aussi il est en masse compacte, translucide ou opaque, et dans quelques circonstances à l'état terreux, pulvérulent ou agrégé, présentant alors une teinte pâle.

§ 206. **Gisement; usage.** — Le soufre se trouve dans tous les terrains. Il existe en Hongrie, au Brésil, au Pérou, dans des couches de quartz subordonnées aux roches micacées et feldspathiques. On le

connait aussi dans quelques gites métallifères qui traversent des roches analogues et dans certaines laves. Il est surtout abondant dans les dépôts de sédiment, où il se trouve à tous les étages, et où presque toujours il est accompagné de sulfate de chaux, d'argiles diverses, et souvent de sel commun : on en a trouvé jusque dans la pierre à plâtre des environs de Paris. C'est dans les parties de ces terrains qui avoisinent les volcans en activité qu'il est le plus répandu ; ainsi en Sicile, outre les veines et les nids disséminés en grand nombre dans tout le terrain de sédiment, le soufre forme des couches régulières plus ou moins épaisses, mêlées d'argile, de sulfate et de carbonate de chaux, qui atteignent jusqu'à dix mètres d'épaisseur, et dont l'extraction est considérable. En Islande, il forme aussi des dépôts très-étendus du même genre, où il est en grains peu adhérents entre eux, qu'on peut exploiter à la pelle comme du sable. La quantité en est si grande, que cette île en pourrait fournir à elle seule le monde entier, quoique, à cause de la chaleur qui se dégage, on soit obligé de s'arrêter à un mètre ou deux de profondeur.

Tous les volcans en activité produisent du soufre ; il s'en dégage en abondance des fissures qui se trouvent dans leurs cratères, et toutes les matières environnantes s'en recouvrent journellement. Les solfatares, sortes d'anciens cratères possédant encore quelque activité, en fournissent aussi en grande quantité, qui se dégage des fissures du terrain en même temps que de l'acide sulfureux, de l'acide chlorhydrique et de la vapeur d'eau.

Les eaux chargées d'hydrogène sulfuré qui sourdent de l'intérieur de la terre, laissent des dépôts de soufre terreux ou pulvérulent sur leur passage : c'est sans doute à des circonstances semblables que sont dus les dépôts de soufre au fond de certains lacs observés en Sibérie. Il se forme journellement du soufre par la décomposition des sulfates, dans les lieux où ces sortes de sels se trouvent en contact avec des matières organiques susceptibles elles-mêmes d'altération convenable.

Les échantillons de soufre cristallisé qui se trouvent dans les collections proviennent tous des terrains de sédiment, soit de Girgenti en Sicile, où ils sont quelquefois d'un grand volume, soit de Césène, à six lieues de Ravenne, sur l'Adriatique, ou de Conilla, à huit lieues de Cadix, en Espagne, deux localités où ils sont d'une grande netteté et d'une belle transparence. Il y en a aussi d'assez beaux à Saint-Boès, près de Dax, dans les Landes.

Le soufre est employé particulièrement pour la fabrication de la poudre à canon, et pour la préparation de l'acide sulfurique qui en

consomme des quantités prodigieuses : on en prépare aussi l'acide sulfureux, qui sert au blanchiment des tissus. On sait qu'il sert à la fabrication des allumettes, et qu'il est aussi employé en médecine sous différentes formes. Il peut être très-utile dans les feux de cheminée; car il suffit de jeter une poignée de soufre en poudre dans le foyer pour qu'il se développe une grande quantité d'acide sulfureux, qui a la propriété d'éteindre les corps enflammés et peut arrêter à l'instant l'incendie.

SULFURES.

§ 207. **Caractères généraux.** — Le plus grand nombre des sulfures sont solides et doués de l'éclat métallique; la plupart donnent l'odeur sulfureuse par le grillage, et laissent un résidu qui décele les substances avec lesquelles le soufre est combiné. Dans quelques-uns, les bases elles-mêmes, ou leurs oxydes, sont volatiles et se dégagent aussi par l'action de la chaleur.

Par la fusion avec la soude, ils donnent tous une matière qui laisse dégager de l'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau acidulée. Ils sont aussi attaquables par l'acide azotique, avec dégagement de gaz nitreux; la solution précipite alors par l'azotate de baryte, qui indique l'acide sulfurique formé, et ensuite par divers réactifs qui dénotent la nature des bases.

Il y a des sulfures de divers ordres de composition : les uns simples, les autres doubles ou même triples, quelquefois plus compliqués encore par suite des substitutions isomorphes. Les sulfures simples sont composés :

La plupart de	1	atome de base	1	atome de soufre.
Quelques-uns de	1	atome de base	2	atomes de soufre.
Rarement de	2	atomes de base	1	atome de soufre.
Ailleurs de	2	atomes de base	3	atomes de soufre.

Les composés doubles ou triples sont extrêmement variés.

Analogies des espèces. — Tous ces composés, simples, doubles ou triples, ont entre eux les plus grandes analogies physiques. La plupart sont doués de l'éclat métallique; un grand nombre cristallisent dans le système cubique, et surtout les sulfures *Argyrose*, *Galène*, *Blende*, qui sont de même formule de composition. La pyrite commune, qui est un bisulfure, est dans le même cas. Quelques-uns appartiennent au système rhomboédrique, comme la *Chalkosine*, le *Cinabre*, la *Molybdénite*, l'*Argyritrose* et la *Proustite*. Les autres

appartiennent aux systèmes prismatiques droits ou obliques, ou ne manifestent aucune trace de cristallisation.

Gisement; importance. — La plupart des sulfures forment des filons, ou des amas, dans les terrains de cristallisation; quelquefois aussi dans les terrains de sédiment, et surtout dans les points où ceux-ci avoisinent les premiers. Il en est un grand nombre qui sont très-importants, parce qu'ils offrent les minerais dont on extrait les métaux les plus utiles, argent, plomb, cuivre, zinc, mercure, antimoine, etc. Ce sont ceux qui nous occuperont spécialement.

Hydrogène sulfuré.

§ 208. Corps gazeux, incolore, d'une odeur d'œuf pourri; soluble dans l'eau, à laquelle il communique la même odeur. Combustible au contact d'un corps enflammé, et se convertissant alors en eau et en acide sulfureux.

Cette matière se dégage fréquemment, à l'état gazeux, dans les phénomènes volcaniques, et aussi par les crevasses du sol lors des tremblements de terre. Mais c'est principalement en solution dans l'eau qu'elle se trouve en un grand nombre de lieux, où elle constitue les *eaux minérales hépatiques* ou *sulfureuses*. Telles sont les eaux de Baréges, de Bagnères, etc., dans les Pyrénées, de Bourbon-l'Archambault dans l'Allier, de Greoux (Basses-Alpes), d'Enghien près de Paris, ou les boues de Saint-Amand près de Valenciennes, etc. Ces eaux sont administrées avec avantage dans certaines maladies, et principalement à l'extérieur. On les rend plus faibles pour l'intérieur.

Ce gaz est quelquefois condensé dans les pores de certaines matières. Les masses de soufre, par exemple, en dégagent une grande quantité au moment où on les tire du sein de la terre, ainsi que les dépôts terreux dans lesquels elles se trouvent.

Argyrose. — Argent sulfuré, mine d'argent.

§ 209. Substance métalloïde, gris d'acier et gris de plomb, peu éclatante, cristallisant dans le système cubique, mais non clivable; légèrement ductile, et se coupant facilement avec un instrument tranchant.

Fusible au chalumeau et réductible sur le charbon en un bouton d'argent métallique; soluble dans l'acide azotique, et donnant un précipité d'argent sur une lame de cuivre.

Ce minéral, à l'état de pureté, renferme 87 pour 100 d'argent.

L'argyrose est quelquefois en cristaux cubiques ou octaèdres, groupés fréquemment en dendrites, ou bien en filaments droits ou contournés, et en petites masses mamelonnées.

Cette substance se trouve en filons, en amas plus ou moins riches, dans les terrains de cristallisation, ou dans les terrains de sédiment qui les avoisinent; elle est presque toujours accompagnée de sulfure de plomb, qui fréquemment est la partie dominante. Les dépôts les plus célèbres en Europe sont ceux de Hongrie et de Transylvanie; viennent ensuite les mines de Kongsberg en Norvège, de Sala en Suède, des environs de Freyberg en Saxe, du Mansfeld, de la Westphalie. C'est encore l'Amérique équatoriale qui présente à cet égard les richesses les plus considérables: le Mexique et le Pérou offrent des dépôts d'argyrose prodigieux de puissance, de pureté et d'étendue, et qui pourraient fournir des millions de quintaux d'argent, si les bras, l'eau et les combustibles n'y manquaient. Du reste, presque tous les dépôts de galène renferment soit du sulfure d'argent, soit de l'argent disséminé qu'on extrait par différents procédés.

Galène. — Plomb sulfuré, minerais de plomb.

§ 210. **Caractères.** — Substance métalloïde, gris de plomb, brillante, cristallisant en cube et clivable parallèlement aux faces de ce solide; non ductile, se raclant au lieu de se couper avec un instrument tranchant.

Facilement réductible en plomb métallique sur le charbon; soluble dans l'acide azotique, et donnant alors des lamelles métalliques brillantes, gris de plomb, par l'action d'un barreau de zinc; renfermant 87 pour 100 de plomb à l'état de pureté.

La galène se trouve assez fréquemment cristallisée en cubes, en octaèdres, diversement modifiés; elle se présente aussi sous des formes empruntées au carbonate et au phosphate de plomb, qui, par la décomposition, sont passés à l'état de sulfure, § 70; mais c'est en masses lamellaires, à lamelles plus ou moins fines, qu'elle se trouve principalement.

§ 211. **Gisement; usage.** — Cette substance appartient à tous les terrains; elle se trouve dans les dépôts de cristallisation comme dans les dépôts de sédiment, et elle s'arrête seulement dans la partie moyenne de la série de ces derniers, dans ce qu'on appelle le lias, § 176, note. Elle forme des filons, des amas et des couches, où elle est presque toujours accompagnée de sulfure de zinc, de différents sels de plomb, de sulfate de baryte, de fluor, etc. Quelquefois

elle est disséminée par petits nids nombreux dans des matières arénacées. Ailleurs, elle se trouve entièrement mélangée avec des matières siliceuses, ou autres, en particules si fines qu'il en résulte un tout homogène et compacte.

Les dépôts de galène sont abondants, mais inégalement répartis à la surface de la terre. La France en renferme peu, et nos plus grandes exploitations sont celles de Poullaouen et du Huelgoat en Bretagne; cependant il s'en trouve encore dans les Vosges, l'Isère, la Lozère, le Tarn, le Lot, le Cantal et le Puy-de-Dôme. La production du plomb ne suffit pas à nos besoins, et il en entre annuellement pour 3 ou 4 millions de l'étranger. C'est l'Angleterre, surtout le Derbyshire et le Northumberland, qui en fournit le plus : cette contrée produit à elle seule plus de la moitié de ce que donne l'Europe, dont la production annuelle est à peu près de 38 millions de kilogrammes, d'une valeur moyenne de 30 millions de francs.

La galène brute, réduite en poudre, et désignée alors sous le nom d'*alquifoux*, sert à former le vernis des poteries grossières; elle est réduite, dans l'opération, en litharge qui se fond à la surface de la poterie, et y forme un vernis jaune, qu'on colore aussi en vert, en brun, par des oxydes de cuivre et de manganèse. C'est avec cette même poudre qu'on fait les papiers métallifères dont on couvre les boîtes, les coffrets, etc.

Blende. — *Sulfure de zinc, zinc sulfuré.*

§ 212. **Caractères.** — Substance non métalloïde. jaunâtre, ou brune, cristallisant dans le système cubique, mais clivable en tétraèdres, en octaèdres ou en dodécaèdres rhomboïdaux.

Infusible au chalumeau, non réductible; solution azotique assez difficile, donnant par l'ammoniaque un précipité blanc qui se redissout par un excès d'alcali.

Contenant, à l'état de pureté, 67 pour 100 de métal; mais fréquemment combinée avec du protosulfure de fer, qui la colore en brun plus ou moins foncé.

Dans les collections, on voit souvent la blende en cristaux tétraèdres et octaèdres diversement modifiés. Les grandes masses qu'elle forme dans le sein de la terre sont, en général, à structure lamellaire plus ou moins prononcée.

§ 213. **Gisement; usage actuel.** — Cette substance forme rarement des gîtes à elle seule; elle se trouve principalement avec la galène, où elle est quelquefois en quantité considérable. Elle a été

rejetée pendant longtemps comme inutile ; mais aujourd'hui on l'exploite pour en tirer le métal qu'on emploie lui-même à un grand nombre d'usages, et qui sert à la fabrication du *laiton*, ou *cuivre jaune*, alliage de 35 parties de zinc et de 65 de cuivre, éminemment utile dans les arts, et qu'autrefois on préparait uniquement avec la calamine, dont nous parlerons plus tard.

La blende est donc devenue un minéral important, et le deviendra de plus en plus, car l'usage du zinc s'étend journellement. On en prépare peu en France, et il en entre annuellement plus de 4 millions de quintaux, qui proviennent en général de la Belgique. Nous nous sommes seulement affranchis en grande partie de l'importation du laiton, dont la consommation annuelle s'élève à près de 2 millions de kilogrammes. Il y a beaucoup de choix à faire dans le zinc métallique qu'on emploie, car il y a des différences très-considérables de durée. Celui qui renferme du fer, qui le rend toujours aigre et cassant, doit être en général rejeté, non-seulement par suite de cet inconvénient, mais encore parce qu'il s'oxyde plus promptement. C'est le zinc pur qui doit être particulièrement recherché.

§ 214. Le *sulfure de cadmium* est souvent mélangé en très-petite quantité avec la blende. On l'a trouvé en Écosse en petits prismes hexagones réguliers, orangés, dans les amygdaloïdes de Renfrew, et en petits mamelons dans les mines de Leadhills. Pour l'usage des laboratoires on tire le cadmium des matières dites *cadmies*, qui s'amasent dans les cheminées des usines où l'on traite les minerais de zinc, et où ses composés se subliment plus abondamment que ceux de ce dernier métal.

Cinabre. — *Mercuré sulfuré, vermillon.*

§ 215. Substance non métalloïde, rouge ou brune, à poussière d'un beau rouge, très-pesante, cristallisant dans le système rhomboédrique, clivable en prismes hexagones. Volatile sans résidu dans le tube fermé, et donnant des globules de mercure lorsqu'on l'a préalablement mêlée de carbonate de soude; attaquable par l'eau régale, et précipitant alors du mercure sur une lame de cuivre. Composée de 86 pour 100 de mercure et de 14 de soufre.

Les cristaux de cinabre sont généralement petits et rares : ceux d'Europe présentent toujours des combinaisons de rhomboèdres ; ceux de la Chine, plus volumineux, sont en prismes hexagones et clivables sur leurs faces.

On trouve le plus souvent le cinabre en masses granulaires ou compactes, quelquefois à l'état terreux, et colorant les matières

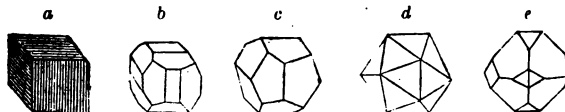
argileuses ou autres qui l'accompagnent. C'est du cinabre, dont nous avons indiqué les principaux gîtes, § 168, qu'on retire le mercure.

Pyrite et Spérkise. — *Fer sulfuré, pyrite martiale, marcassite.*

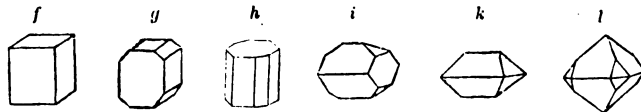
§ 216. **Caractères généraux.** — Substances métalloïdes jaune d'or ou jaune verdâtre; solution chlorhydrique complète, ne laissant pas surnager de soufre.

Sous la même formule de composition $Fe\ Su^2$, se présentent ici deux systèmes de cristallisation : le système cubique (dans la pyrite) et le système prismatique rhomboïdal.

1° *Dans le système cubique*, la couleur est jaune d'or, et l'éclat très-vif; les cristaux, très-variés, sont souvent en cubes striés sous trois directions, fig. *a*, fréquemment modifiés par le dodécaèdre pentagonal, fig. *b*. On trouve souvent aussi ce dodécaèdre complet, fig. *c*, et l'icosaèdre, fig. *d, e*; l'un et l'autre modifiés d'un grand nombre de manières, et offrant en général de beaux polyèdres.



2° *Dans le système prismatique*, la couleur est d'un jaune verdâtre et terne. La matière se présente en prismes rhomboïdaux, diversement modifiés, fig. *f, g, h*, ou en octaèdres, fig. *i, k, l*, modifiés d'un grand nombre de manières. Les groupements sont aussi très-remarquables dans cette espèce où se trouvent les réunions d'octaèdres déformés dont nous avons parlé, § 52, fig. 266.



Le sulfure cubique se conserve en général très-bien; mais le sulfure prismatique se décompose avec la plus grande facilité, et ne peut être gardé longtemps dans les collections; il se fendille d'abord, puis se gonfle, et se réduit en sulfate de fer. C'est cette variété qu'on nomme *pyrite blanche, fer sulfuré blanc et sperkise.*

Outre les formes cristallines, les sulfures de fer, et principalement le second, se présentent en groupements dendritiques, en boules couvertes de cristaux à la surface, en masses mamelonnées, en stalactites, et sous des formes empruntées aux coquilles, principalement aux ammonites, sous la forme de bois, etc. On les trouve aussi en petites masses fibreuses et compactes.

Fréquemment les sulfures de fer ont été décomposés dans la nature sans perdre les formes sous lesquelles les matières s'étaient primitivement agrégées; leurs cristaux, leurs pseudomorphoses, se trouvent alors convertis en hydrate de peroxyde de fer.

§ 217. **Gisement et usages.** — Les sulfures de fer sont abondants à la surface du globe; ils sont disséminés partout, en cristaux, en nids, en rognons, en boules, en petits amas, en veines, dans les roches cristallines comme dans les dépôts de sédiment, et dans tous les gîtes métallifères où ils offrent en général de belles cristallisations: on peut dire, sans trop généraliser le fait, que le sulfure prismatique appartient plus que l'autre aux terrains de sédiment. C'est à la pyrite que se rapportent le plus souvent les prétendues découvertes d'or dont le peuple se berce quelquefois.

Dans les lieux où les pyrites sont abondantes, on les rassemble pour la fabrication du sulfate de fer et de l'alun, en aidant quelquefois à la décomposition par un grillage préalable, surtout pour l'espèce non altérable à l'air. On s'en est aussi servi pour en retirer le soufre par une sorte de distillation en vase clos. Lorsqu'elles sont aurifères, comme à Macugnaga en Piémont, autour de Freyberg en Saxe, à Bérézof en Sibérie, on les exploite pour en tirer l'or, soit par lavage, soit par amalgamation.

Autrefois on travaillait l'espèce non altérable, et sous le nom de *marcassite*, on en faisait des boutons, des plaques d'ornements à facettes, qui produisaient un assez bel effet à la lumière. Les bijoux d'acier ont détruit cette industrie. On en a trouvé des plaques polies dans les tombeaux des anciens Péruviens, et l'on a supposé qu'elles leur servaient de miroirs; de là le nom de *miroir des Incas*. A l'invention des armes à feu, on a employé le sulfure de fer au lieu de pierre à fusil dont on s'est ensuite servi; de là les noms de *pyrite* et de *Pierre d'arquebuse*.

§ 218. **Leberkise.** — Il y a une autre espèce de sulfure de fer fort distincte des précédentes par tous ses caractères. Elle est magnétique (de là le nom de *pyrite magnétique*), brun de foie, d'où est venu le nom allemand de *leberkies*, avec éclat métallique. Elle se trouve cristallisée en prismes hexagones qu'on regarde comme réguliers. Elle laisse surnager du soufre par la solution dans l'acide

chlorhydrique. Enfin sa composition présente une combinaison de persulfure et de protosulfure. Elle se trouve en petites masses lamellaires, quelquefois en cristaux, dans les roches cristallines, et principalement à Bodenmais en Bavière.

Molybdénite. — *Molybdène sulfuré.*

§ 219. Substance métalloïde, gris de plomb, onctueuse au toucher, offrant de petits cristaux rares, en prismes hexagones réguliers, ou de petites masses lamellaires composées de lamelles flexibles.

Infusible au chalumeau, laissant par le grillage un résidu blanc d'acide molybdique : attaquant par l'acide azotique, et laissant aussi un précipité insoluble d'acide molybdique.

Cette substance se trouve en petits amas dans les terrains cristallins, où quelquefois aussi elle est disséminée ; parfois on la rencontre dans les dépôts métallifères d'étain, de fer magnétique et de cuivre. Elle est assez commune dans les Alpes, les Pyrénées, etc., mais elle n'a d'autre emploi que dans les laboratoires pour la préparation du molybdène et de ses composés.

Chalkosine. — *Cuivre sulfuré, cuivre vitreux.*

§ 220. Substance métalloïde, gris d'acier, presque ductile ; se rompant facilement avec un instrument tranchant ; cristallisant en prismes hexagones réguliers diversement modifiés.

Fusible au chalumeau, donnant des grains de cuivre lorsqu'on traite la matière grillée sur le charbon avec de la soude ; soluble dans l'acide azotique, solution devenant bleue par un excès d'ammoniaque, et ne donnant alors que peu ou point de précipité.

La chalkosine, qui renferme 80 pour 100 de cuivre, est en général une matière accidentelle des gîtes de cuivre pyriteux ; mais elle est assez abondamment disséminée, en petits rognons, dans les schistes du grès rouge, § 476, note, aux pays de Mansfeld et de Hesse ; elle forme aussi presque à elle seule les dépôts cuivreux de l'Oural, où elle se rattache encore aux dépôts sédimentaires. Elle est d'autant plus importante alors que le cuivre pyriteux manque entièrement dans les provinces russes.

Chalkopyrite. — *Cuivre pyriteux, pyrite cuivreuse.*

§ 221. **Caractères.** — Substance métalloïde, jaune de bronze, cristallisant dans le système prismatique à base carrée : fusible au

chalumeau en globules attirables à l'aimant, et qui donne ensuite des globules de cuivre avec la soude. Attaquable par l'acide azotique; solution devenant bleue lorsqu'on y ajoute un excès d'ammoniaque, et donnant en même temps un abondant précipité jaune qui est de l'oxyde de fer.

Le cuivre pyriteux pur, beaucoup moins riche que la chalkosine, renferme 35 de cuivre, 30 de fer et 35 de soufre.

Cette matière se trouve quelquefois cristallisée; on la connaît en tétraèdres et en octaèdres que l'on a crus longtemps réguliers. Il était, en effet, facile de se tromper dans des mesures peu rigoureuses; car, par exemple, le tétraèdre de cette substance a ses faces inclinées de 110° et $71^{\circ} 10'$, ce qui est très-près de $109^{\circ} 28' 16''$, et $70^{\circ} 34' 44''$ que présente le solide régulier de la géométrie. Du reste, la chalkopyrite se trouve en masses compactes, très-brillantes dans la cassure fraîche, souvent mélangées ou entremêlées de matières étrangères.

§ 222. **Gisement; importance.** — Ce minerai de cuivre appartient en général aux terrains granitiques, où il forme souvent des filons ou des amas puissants. On le trouve cependant aussi dans les terrains de sédiment, particulièrement dans les *schistes cuivreux* que nous venons de citer dans le Mansfeld en y indiquant la chalkosine.

Ce sulfure est le principal minerai de cuivre; et partout où il existe, du moins en quantité suffisante, on l'exploite avec activité. Mais la France est peu riche sous ce rapport: nous ne possédons que les mines de Chessy et Saint-Bel, près de Lyon; celles de Baignorrey, dans les Pyrénées, sont actuellement épuisées; celles des Vosges, où le cuivre n'était qu'accidentel, n'ont jamais produit beaucoup; et s'il en existe des indices dans d'autres lieux, ils ne paraissent pas pouvoir suffire aux dépenses que nécessiteraient des établissements: aussi tirons-nous annuellement de l'étranger pour 8 à 9 millions de ce métal.

Les pays qui possèdent les mines de cuivre les plus abondantes sont l'Angleterre, la Russie, l'Autriche et la Suède. La première de ces contrées fournit près de la moitié de la masse totale qu'en produit l'Europe, et qui s'élève à 24 millions de kilogrammes. Il nous vient aussi du cuivre de la Chine, du Japon, du Mexique et du Chili.

Stibine. — *Antimoine sulfuré.*

§ 223. **Ses caractères.** — Substance métalloïde, gris de plomb, cristallisant en prismes rhomboïdaux clivables parallèlement au plan des petites diagonales.

Très-facilement fusible au chalumeau, et donnant par le grillage des vapeurs blanches abondantes; attaquant par l'acide azotique, avec précipité immédiat d'oxyde d'antimoine.

La composition $Sb^3 Su^2$ de cette substance correspond à 73 d'antimoine et 27 de soufre.

Les cristaux de stibine sont de longs prismes terminés au sommet par quatre faces, et le plus souvent groupés en masses bacillaires. La substance se trouve aussi en masse lamellaire et quelquefois compacte.

Cette matière, quoique peu abondante, se trouve cependant assez communément, et constitue à elle seule des filons particuliers dans le granite ou dans les roches qui s'y rattachent; elle est aussi subordonnée à d'autres gîtes métallifères, et principalement aux dépôts d'argyrose. Elle est exploitée pour en tirer le métal dont nous avons précédemment indiqué les usages, § 194. Nous en avons en France dans l'Ardèche, le Gard, la Lozère, la Haute-Loire, le Cantal, le Puy-de-Dôme, etc.

§ 224. *Ses combinaisons avec d'autres sulfures.* — La stibine se trouve souvent combinée avec d'autres sulfures, comme on le voit dans le tableau des espèces, en formant divers composés de même formule, avec des bases différentes. La plupart de ces substances offrent peu d'importance, mais celles qui renferment de l'argent attirent l'attention sous le rapport des arts; telles sont :

1° L'Argyritrose, ou *argent rouge, argent antimonisé sulfuré*, substance non métalloïde, de couleur rouge, cristallisant dans le système rhomboédrique. Elle est fusible au chalumeau, dégage des vapeurs d'antimoine par la calcination, et laisse en définitive un bouton d'argent. Elle renferme 59 pour 100 d'argent.

La cristallisation de l'argyritrose est très-variée; elle offre des prismes à bases d'hexagones réguliers, des scalénoèdres, des dodécèdres à triangles isocèles, souvent groupés en dendrites ou en petites masses botryoïdes.

Cette substance ne se trouve qu'en petite quantité dans les mines d'Europe, et subordonnée aux gîtes d'argyrose, § 208; mais au Mexique et au Pérou elle forme la partie la plus importante de certains dépôts et la source de produits considérables.

2° La Psaturose, ou *argent sulfuré aigre, argent antimonisé sulfuré noir*. Substance métalloïde, gris de fer, cristallisant en prismes rhomboïdaux; elle est très-riche en argent, dont elle renferme 69 pour 100, et se trouve avec la précédente.

3° La Miargyrite, qu'on ne connaît encore qu'à Braunsdorf en Saxe, dans les minerais argentifères; elle est aussi en — hom-

boîdeaux, comme la psaturose, mais d'un éclat moins prononcé, d'une couleur plus noire ; elle diffère aussi par ses proportions, la quantité d'argent n'allant qu'à 36 pour 100.

Il existe aussi des combinaisons triples de sulfure d'antimoine avec des sulfures de cuivre et de plomb, le dernier remplacé quelquefois par le sulfure d'argent. Ce sont elles qui ont porté et portent souvent encore le nom de *cuivre gris*, groupe qu'on a déjà divisé en *burnonite*, *polybasite*, *panabase*, et qui renferment sans doute encore beaucoup de matières différentes.

La Bournonite est en cristaux qui se rattachent au prisme rectangulaire. La Polybasite, qui renferme 64 pour 100 d'argent, est en prismes hexagones accolés les uns aux autres, et qui pourraient bien être réguliers ; elle provient surtout des mines de Guanaxato et de Guarisamey au Mexique ; ce serait une substance précieuse si elle était en masse considérable. La Panabase cristallise en tétraèdres réguliers. Toutes ces substances sont des matières de filons : cependant la dernière forme çà et là des gîtes particuliers où elle est exploitée comme minerai de cuivre, et recherchée surtout pour l'argent qu'elle renferme le plus souvent ; mais elle est difficile à traiter à cause de l'antimoine.

§ 225. **Remplacé par l'arsenic.** — L'arsenic remplace quelquefois l'antimoine dans les combinaisons ; c'est ce qui arrive à la *Proustite*, espèce d'argent rouge par tous les caractères physiques, et à la *Tennantite*, espèce de panabase, où se trouve de l'arsenic au lieu d'antimoine. Ce métal se mêle dans toutes les espèces, et c'est en le rassemblant avec l'antimoine qu'on parvient aux formules indiquées.

Réalgar et Orpiment.

§ 226. Ces deux substances ne présentent pas l'éclat métallique ; la première est rouge lorsqu'elle est en masse, et la seconde jaune. Elles donnent une forte odeur d'ail par le grillage, et ne laissent aucun résidu.

Le Réalgar se trouve en prismes rhomboïdaux obliques assez nettement prononcés, réunis quelquefois en petites masses bacillaires ; le plus souvent il est en petites masses compactes.

L'Orpiment se trouve en cristaux peu distincts, rhomboïdaux, avec des clivages parallèlement aux plans des diagonales, dont un beaucoup plus distinct que l'autre, comme dans la stibine. On le rencontre plus fréquemment en petites masses lamellaires, quelquefois oolitiques, ou bien compactes et terreuses.

Ces substances, très-peu abondantes, sont des matières accidentelles de filons; quelquefois elles se trouvent disséminées dans certains dépôts cristallins, dans les produits immédiats des volcans ou dans les solfatares. Elles sont employées en peinture sous les noms d'*orpin rouge* et d'*orpin jaune*; mais celles du commerce se préparent artificiellement avec l'arsenic et le soufre.

ACIDES SULFUREUX ET SULFURIQUE.

§ 227. Le premier de ces corps, qui se trouve à l'état gazeux, ou dissous dans l'eau, donne immédiatement l'odeur du soufre. Le second, qui est à l'état liquide, donne la même odeur par l'action de la poussière de charbon, à l'aide de la chaleur, lorsqu'il est suffisamment concentré.

L'acide sulfureux à l'état de gaz est rejeté en abondance pendant les phénomènes volcaniques; il s'en dégage en tout temps des cratères des volcans actifs et des solfatares en activité.

L'acide sulfurique est à l'état de solution dans l'eau; le plus bel exemple est offert par le ruisseau nommé *Rio Vinagre*, au volcan de Purazé, dans le Popayan. C'est cet acide qui, en désagréant les roches trachytiques, les réduisant en bouillie, prépare les terribles éruptions boueuses de Java. On le cite aussi dans certaines eaux hépatiques, où il provient de la décomposition de l'hydrogène sulfuré.

SULFATES.

§ 228. *Idee générale.* — Les sulfates sont faciles à reconnaître lorsqu'on les traite au feu avec un mélange de charbon et de sous-carbonate de soude; la matière qui en résulte dégage de l'hydrogène sulfuré par l'eau acidulée.

La plupart des sulfates sont hydratés; plus des deux tiers sont solubles dans l'eau, qui précipite alors de diverses manières, selon la nature des bases. Ceux qui sont insolubles, traités par la méthode § 434, 7°, laissent leurs bases à l'état de carbonate, qu'on peut dissoudre dans un acide pour en examiner la nature.

Il n'y a que deux sulfates qui forment des dépôts assez considérables à la surface de la terre: plusieurs autres sont le plus souvent des matières accidentelles des gîtes métallifères, et le plus grand nombre se forment journellement en petites quantités.

Sous le rapport des usages, la pierre à plâtre, qui appartient à ce groupe, est peut-être la matière la plus importante; car, si l'on

trouve dans la nature beaucoup de sulfates utiles dans les arts, ils n'y sont pas assez abondants pour suffire à nos besoins, et il faut les préparer artificiellement.

Nous nous occuperons spécialement ici de ceux des sulfates qui ont le plus d'importance sous différents rapports.

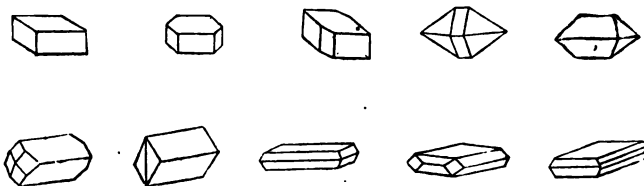
Anglésite, Barytine, Célestine.

§ 229. Ces trois sulfates ont de très-grandes analogies. Tous trois remarquables par leur poids, et naturellement incolores, ils présentent les mêmes genres de formes cristallines, qui peuvent être ramenées à des prismes rhomboïdaux peu différents, savoir :

Pour la barytine, à un prisme rhomboïdal de..	101° 42' et 78° 18'
Pour l'anglésite	103° 42' et 76° 18'
Pour la célestine.....	104° 30' et 75° 30'

L'anglésite n'est pas clivable; mais les deux autres substances se clivent avec facilité, suivant les prismes indiqués.

Les formes sont très-nombreuses, surtout dans la barytine, qui est plus commune : ce sont des formes du troisième groupe cristallin, et particulièrement des prismes rhomboïdaux, simples ou modifiés de diverses manières, des octaèdres d'une espèce ou de l'autre, et toutes leurs modifications tabulaires. Les figures suivantes donnent une idée générale de ces formes.



L'Anglésite noircit au contact de l'hydrogène sulfuré; elle est fusible au chalumeau, et réductible sur le charbon par l'intermédiaire du carbonate de soude. La Barytine et la Célestine ne noircissent pas, et ne donnent aucun globule métallique; la première est difficilement fusible; la seconde fond avec facilité. La solution barytique précipite toujours par un sulfate, quelque étendue qu'elle soit, et non la solution strontianique.

Outre les variétés cristallines, la barytine se présente sous des

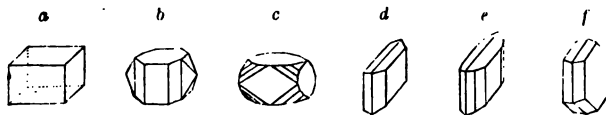
formes mamelonnées et stalactitiques, en masses bacillaires et fibreuses, en masses lamellaires, grenues et compactes. Ces variétés, quoique existant dans la célestine, y sont cependant moins communes; les variétés fibreuses y sont fréquemment alors de couleur bleuâtre, d'où leur est venu le nom que nous avons conservé.

L'anglésite se trouve uniquement, et généralement en petits cristaux, dans les gîtes métallifères de plomb et de cuivre. La barytine, qui est très-abondante dans cette position, constitue aussi des veines et des filons à elle seule dans les roches granitiques, comme à Royat en Auvergne; elle existe également dans les terrains de sédiment, et cependant elle s'arrête dans les formations jurassiques. La célestine, au contraire, paraît appartenir aux dépôts plus récents; elle se trouve surtout assez abondamment avec les dépôts de soufre que nous avons cités en Sicile, § 206, et c'est de là que viennent les beaux groupes qui décorent nos collections. Partout ailleurs elle ne se trouve guère qu'en rognons à structure lamellaire, ou en petites veines fibreuses. Elle existe, et assez abondamment, jusque dans les argiles qui accompagnent la pierre à plâtre de Paris, en rognons compactes ou terreux, ordinairement aplatis.

Karsténite et Gypse. — *Anhydrite, muriacite, sélénite.*

§ 230. **Caractères.** — Ces deux substances sont l'une et l'autre du sulfate de chaux; mais la première est anhydre, et la seconde hydratée, renfermant 21 pour 100 d'eau. Celle-ci est très-tendre et se raye avec facilité par l'ongle; l'autre est plus dure, mais facilement attaquable par une pointe d'acier.

La karsténite, rarement cristallisée, se présente en petits prismes rectangulaires droits, modifiés sur les arêtes ou sur les angles solides, fig. *a, b, c*, et clivables parallèlement à leurs pans et à leurs bases. Le gypse, qu'on rencontre souvent en cristaux, fig. *d, e, f*,



appartient, au contraire, à un prisme oblique, qui se clive avec beaucoup de facilité, parallèlement aux pans latéraux, en feuillets

aussi minces que l'on veut ; les clivages parallèles à la base et aux autres pans sont beaucoup moins nets, et ne se manifestent bien que dans les lames minces, qui se brisent alors en espèces de paralléogrammes obliquangles.

Les cristaux de gypse sont le plus souvent des tables obliquangles biselées sur les arêtes, fig. *d, e, f*, et modifiées de diverses manières. Ces cristaux sont fréquemment arrondis sur quelques-unes de leurs parties ; et il en résulte souvent des formes lenticulaires qui, réunies deux à deux, présentent dans la fracture ce qu'on nomme le *gypse en fer de lance* : disposition très-commune dans les carrières de pierre à plâtre des environs de Paris.

Outre les formes cristallines, ces deux substances se présentent en masses laminaires, et le gypse surtout offre fréquemment alors des plaques d'une belle transparence, qu'on peut diviser et subdiviser à l'infini : elles sont aussi en masses lamellaires, granulaires, compactes, fibreuses.

§ 231. **Gisement ; usages.** — La karsténite forme quelquefois des masses considérables qui se trouvent particulièrement à la jonction des terrains de cristallisation et des terrains de sédiment. Elle disparaît entièrement dans les derniers lorsqu'ils sont éloignés des formations cristallines.

Le gypse est beaucoup plus répandu, et se trouve aussi bien dans l'une des positions que dans l'autre. Par places, il est comme intercalé dans les roches de cristallisation, mais il n'y forme guère de couches réglées ; souvent même il se présente sur les flancs des vallées, sur les bords des grands cirques qu'on trouve dans les hautes montagnes, et disparaît dans l'épaisseur du terrain, de sorte que, là où il semblait devoir se continuer, on ne trouve plus que des couches de carbonate de chaux, qui en sont la suite. Il accompagne aussi certains dépôts cristallins (amygdaloïde, serpentine, diallage [voy. *Géologie*]), qui forment des collines allongées dans les terrains calcaires, et autour desquelles, à une distance peu considérable, il n'y a plus encore que du carbonate de chaux.

Du reste, loin des terrains de cristallisation, le gypse est aussi très-abondant, et forme des amas plus ou moins considérables à tous les étages de ces dépôts, jusque dans les plus modernes, où il paraît avoir été produit par des sources. Il constitue aux environs de Paris, parallèlement au calcaire grossier, § 176, note, des dépôts qui présentent des caractères de formation fluviale ; autour d'Aix en Provence ainsi qu'entre Narbonne et Sijean il s'en trouve encore de plus récents.

La karsténite, qui est assez dure, assez solide, peut être employée

comme marbre dans les intérieurs; on se sert ainsi d'une variété lamellaire, blanc bleuâtre de Vizille près Grenoble, qui est d'un assez bon effet en chambranles de cheminée et même en statues. Une variété légèrement siliceuse, et d'un gris bleuâtre assez agréable, est employée en Italie pour des tables et des cheminées, sous le nom de *marbre de Bergame* ou de *Bardiglio*. On la tire de Vulpino, à 45 lieues de Milan.

Le gypse compacte et blanc, qui se travaille avec une grande facilité, est employé sous le nom d'*albâtre*, *albâtre gypseux*, ou *alabastrite*, pour former des vases, des socles de pendule, des statuettes, qu'on voit fréquemment dans nos habitations. Quelques variétés, veinées et ondulées de diverses teintes brunâtres, sont aussi employées de la même manière. C'est de Volterra, en Toscane, qu'on tire cette matière, et c'est généralement en Italie que se fabriquent, à bas prix, tous les ouvrages que nous voyons. Il ne faut pas confondre cet albâtre gypseux avec l'*albâtre calcaire*, beaucoup plus solide, susceptible d'un beau poli, dont les diverses variétés sont beaucoup plus agréables (voyez le Carbonate calcaire). Celui-ci, très recherché, et travaillé avec soin, est toujours d'un prix assez élevé; l'autre n'a aucune valeur, et pas plus de renommée que de solidité et d'éclat.

Le gypse fibreux, qui est remarquable par l'éclat soyeux qu'il présente, se taille quelquefois en perles dont on fait de charmants colliers; mais il faut les conserver sous verre, le moindre frottement étant susceptible de les détruire.

Le gypse des environs de Paris est une matière extrêmement précieuse par la propriété qu'elle possède de prendre rapidement une masse solide lorsque, après avoir été calcinée et réduite en poudre, on lui rend, par le *gâchage*, l'eau qu'elle avait perdue. Malheureusement cette propriété ne se trouve au même degré dans aucun des autres dépôts de gypse des divers terrains, si ce n'est dans ceux d'Aix en Provence; on l'a attribuée à la présence d'une très-petite quantité de carbonate de chaux que les variétés de ces deux localités renferment. Quoi qu'il en soit, c'est à cette pierre que Paris doit, en très-grande partie, son extension: on l'exploite avec activité, et on l'exporte même très-loin, dans la France et à l'étranger, pour construire au moins les plafonds, qui n'ont aucune solidité avec toute autre variété. Çà et là dans la masse même de nos carrières se trouvent des variétés cristallines qu'on nomme *gypse en fer de lance*, *grignard*, *Pierre à Jésus*, *miroir d'âne*, etc., qui sont recherchées par les modeleurs en plâtre, parce qu'elles donnent une matière plus fine: Mais ce plâtre fin,

qu'on n'emploie que pour la couche la plus extérieure des statues, ne prend que lentement et possède infiniment moins de solidité; il est précisément de l'espèce qu'on peut obtenir avec les gypses qu'on rencontre partout.

Le gypse, fort utile en agriculture pour les prairies artificielles, est exploité aussi pour cet usage unique, dans les diverses localités où il se trouve.

Alunite, Alun, Sels d'alumine.

§ 232. **Caractères de l'Alunite.** — Le seul sulfate capable de rayer le verre est l'alunite. C'est une substance pierreuse, qu'on trouve quelquefois en très-petits rhomboédres, tapissant les cavités des masses compactes. Elle est infusible au chalumeau, donne de l'eau par calcination, et devient alors en partie soluble dans l'eau, qui produit par l'ammoniaque un précipité floconneux.

Elle est composée d'acide sulfurique, d'alumine, de potasse et d'eau, dans des proportions peu déterminées par suite du mélange dont la masse est susceptible.

Cette matière se trouve en masses compactes assez étendues, quelquefois cavernueuses, et présentant çà et là des veines et des rognons où la matière est fibreuse. Partout où on la connaît, elle est dans le voisinage des terrains trachytiques et au milieu des détritiques de ponce. C'est ainsi qu'elle se présente à Tolfa dans les États Romains, à Piombino sur la côte de Toscane, en Hongrie, dans quelques îles de l'archipel Grec, au Mont-Dore en France. Elle semble placée dans d'anciennes solfatares, et il s'en produit journellement dans les solfatares actives, comme à Pouzzoles près de Naples, à la Guadeloupe, par suite de l'action des vapeurs sulfureuses sur les matières environnantes.

L'alunite est une matière précieuse pour la fabrication de l'alun. Il suffit de la calciner, de l'arroser ensuite d'eau pour la réduire en pâte, de lessiver à chaud, et de concentrer les eaux pour faire cristalliser. Le sel ainsi produit, qu'on nomme *alun de Rome*, a été recherché pendant longtemps, jusqu'à ce qu'on l'ait enfin fabriqué de toutes pièces.

§ 233. **Alun.** — Il existe aussi de l'alun tout formé dans la nature : c'est un sel composé de sulfate d'alumine et de sulfate de potasse, ou d'ammoniaque, d'une saveur astringente, soluble immédiatement dans l'eau, qui donne alors, par l'ammoniaque, un précipité floconneux blanc très-abondant.

On assure qu'on trouve l'alun potassique en petites couches recou-

vertes de sable, au milieu des déserts de l'Égypte, où des caravanes en vont chercher tous les ans. L'alun ammoniacal se trouve en petites veines fibreuses dans les dépôts de lignite de Tschermig en Bohême. Il se forme aussi journellement de l'alun dans les solfatares, dans les houillères embrasées et à la surface de certaines matières schisteuses qu'on nomme *schistes alumineux*. Ces matières sont exploitées dans différents lieux pour la fabrication de ce sel; on se contente de les laisser exposées à l'air, où elles se désagrègent et s'altèrent, et de les lessiver ensuite.

Dans beaucoup de localités, on provoque la décomposition des terres pyriteuses, pour se procurer du sulfate d'alumine, auquel il suffit d'ajouter un alcali pour obtenir de l'alun; mais les sels qu'on obtient alors renferment beaucoup de sulfate de fer, qui les rend impropres à différents usages.

L'alun est un sel employé très-fréquemment dans la teinture, et dans la mégisserie pour la préparation des peaux blanches. On s'en sert en médecine comme astringent, et on en imprègne les toiles et les bois qu'on veut rendre difficilement combustibles.

§ 234. **Sels alumineux divers.** — Outre l'alunite et l'alun, on trouve dans la nature le sulfate simple qui entre dans la composition de ce sel; il s'en forme ainsi dans les solfatares et dans certaines matières schisteuses.

Fréquemment aussi il se forme divers sulfates alumineux composés, ferrugineux, manganésiens, cuivreux, etc., qui se présentent en petites veines fibreuses ou en efflorescence dans certains schistes, dans des argiles diverses, dans certaines cavernes, dans les anciens travaux des mines. Ce sont ces espèces de matières qu'on désigne fréquemment sous le nom d'*alun de plume*.

Il existe aussi un sulfate d'alumine insoluble, nommé *Webstérite*, qui se trouve en petits rognons blancs, doux au toucher et très-tendres, dans les argiles situées au-dessus de la craie.

Sulfates divers.

§ 235. **Sulfates métalliques.** — Il se forme journellement des sulfates métalliques dans les gîtes métallifères par la décomposition des sulfures qui s'y trouvent. Tels sont surtout les sulfates de zinc, de cuivre, de cobalt, de fer, qu'on rencontre en petites quantités dans l'intérieur des mines, et qui, tantôt seuls, tantôt mélangés, y forment des touffes coralloïdes, des veines fibreuses, des stalactites, des dépôts compactes ou pulvérulents.

L'un des sulfates de fer est à base de protoxyde, mais il en est aussi

à base de peroxyde ; parmi ceux-ci le sulfate *Pittizite* est un des plus communs, et il s'en forme dans quelques mines en assez grande quantité pour qu'on soit obligé de l'enlever. Ce corps est tantôt pulvérulent et d'un jaune d'ocre, tantôt en stalactites brunes et ressemblant à la limonite. Quelquefois il est translucide, brillant dans la cassure, et ayant comme la sidérite l'aspect de la résine. Ces sulfates de peroxyde de fer remplacent quelquefois les sulfates d'alumine dans les sels doubles ; de là l'*alun de fer* et divers autres composés dont la *Voltaïte* est un exemple.

§ 236. **Sulfates terreux et alcalins.** — Si les sels précédents ont peu d'importance, quelques autres ont un certain degré d'utilité. Tels sont les sulfates de magnésie et de soude.

Le *sulfate de magnésie*, ou *Epsomite*, se trouve quelquefois en veines, ou petits filons à structure fibreuse, soit dans les dépôts salifères, comme à Calatayud en Aragon, soit dans les gypses comme à Fitou (Aude), dans les gîtes métallifères, ou bien en efflorescence à la surface de certains schistes alumineux. Il se trouve aussi en solution, constituant alors des eaux minérales purgatives qu'on trouve particulièrement à Epsom, dans le comté de Surrey en Angleterre, à Sedlitz et Egra en Bohême.

Le *sulfate de soude anhydre* ou *Thénardite*, qui cristallise en prismes rhomboïdaux, forme journellement des croûtes cristallines au lieu nommé *les salines d'Espartine*, à cinq lieues de Madrid ; on l'exploite pour préparer du carbonate de soude.

Le *sulfate de soude hydraté* se trouve en efflorescence sur les lavas du Vésuve et à la solfatare de Pouzzoles ; on le cite, à la surface du sol, autour de certains lacs de Sibérie, dont les eaux en renferment une assez grande quantité. Il existe aussi en solution dans les mers, dont on peut l'extraire par cristallisation, pendant les temps froids, dans les marais salants.

2° Groupe des Sélénides.

Corps donnant l'odeur de chou pourri par le grillage dans le tube ouvert, et sublimé rouge pulvérulent dans le tube fermé.

SÉLÉNIURES.

§ 237. On ne connaît qu'un petit nombre de sélénures, peu abondants, dont trois sont simples, et les autres doubles.

Le *sélénure de plomb*, ou *Clausthalie*, est gris de plomb, métallique, et se présente en petites masses lamellaires fragiles, fort analogues à

galène ; fusible au chalumeau, il donne sur le charbon un oxyde jaune de plomb et des grains de plomb. Il se trouve au Harz, aux environs de Klausthal, soit dans les dépôts ferrugineux, soit dans la dolomie. Il s'y présente aussi en combinaison avec des sélénures de cobalt, de mercure et de cuivre.

Le *sélénure d'argent*, autre matière gris de plomb, mais ductile, analogue à l'argyrose, a été observé parmi les minerais de Tasco au Mexique. On y a aussi indiqué un sélénure de zinc.

Le *sélénure de cuivre*, ou Berzéliine, est blanc d'argent, et ductile comme le sulfure de même formule. Il se trouve dans la mine de cuivre de Skrickerum en Smoland, en même temps que l'Euchairite, substance gris de plomb, ductile, qui est disséminée dans le calcaire ou les roches magnésiennes.

3° Groupe des Tellurides.

Corps doués de l'éclat métallique, donnant un sublimé gris dans le tube fermé et répandant, par le grillage dans le tube ouvert, une fumée blanche piquante, sans odeur, qui se dépose sur la partie froide du tube sous la forme d'une poudre blanche, fusible en gouttelettes limpides par la chaleur ¹.

§ 238. Les substances de ce groupe, peu répandues dans la nature, n'ont été connues pendant longtemps qu'en Transylvanie, dans les mines de Nagy-ag, de Offenbanya et de Zalathna, qui sont des dépôts argentifères et aurifères des terrains trachytiques. On en a trouvé depuis à Sawodinski dans l'Altaï. Il y a peu d'espèces, du moins déterminées avec précision, parce que les matières sont rares à l'état de pureté et à l'état cristallin.

Le *tellure natif* est blanc d'étain ou gris d'acier, fragile, presque entièrement volatil par le grillage, et laissant cependant 7 à 8 pour 100 de résidu qu'on regarde comme à l'état de mélange; on l'a indiqué en petits prismes hexagones, mais rien ne prouve que ces prismes soient du tellure pur : on le voit souvent dans les collections en petites masses lamellaires ou granulaires.

Le *telluriure de plomb* est gris de plomb, en petites masses lamellaires assez analogues à la galène. Le *telluriure d'argent* est en petites masses à gros grains malléables, se coupant facilement, comme le sulfure d'argent.

Les autres espèces paraissent être des combinaisons de ces deux telluriures, et même du telluriure d'or; mais elles sont très-peu

¹ Il y a souvent un peu de sélénium qui donne son odeur particulière ou sa couleur, mais qui ne se sublime qu'après l'oxyde de tellure.

connues. Elles ont des teintes de couleurs particulières, et se présentent en petits cristaux peu déterminables, qui paraissent avoir des formes différentes pour chaque composition.

Les variétés argentifères et aurifères sont recueillies pour en extraire les deux métaux précieux; l'espèce *Sylvane*, qui renferme jusqu'à 70 pour 100 d'or, a même été désignée sous le nom d'*or blanc*, et aussi d'*or graphique*, à cause de sa structure. La *Mullerine*, qui en renferme 26, a été nommée *or gris*.

CLASSE DES CHLORIDES, FLUORIDES; IODIDES, BROMIDES.

§ 239. **Caractères généraux.** — Le chlore, le brome, l'iode, le fluor ont entre eux la plus grande somme possible d'analogies: d'un côté par eux-mêmes sous le rapport de diverses propriétés physiques; de l'autre par toutes leurs combinaisons, qui se font dans les mêmes proportions, qui ont une foule de propriétés communes, et souvent les mêmes caractères extérieurs; enfin par la facilité de se substituer l'un à l'autre dans les composés. Ils se rapprochent, d'ailleurs, du soufre et du sélénium, qui les lient avec l'arsenic et le phosphore.

Les corps naturels de cette division sont peu nombreux, et la plupart même ne sont que des raretés à peine connues. Les plus abondants, comme aussi les plus importants, sont le *Salmare* (sel marin ou sel commun) et la *Fluorine*, auxquels il faut ajouter la *Kérargyre*, qui, du moins au Pérou, a de l'importance comme minéral d'argent. Nous aurons donc peu à nous occuper des autres.

1° Groupe des Chlorides.

Corps solides pour la plupart (un seul gazeux), solubles ou insolubles dans l'eau. Solution donnant par l'azotate d'argent un précipité blanc soluble dans l'ammoniac, et qui se colore à la lumière.

Donnant tous du chlore, reconnaissable à l'odeur, par l'action de l'acide sulfurique sur leur mélange avec le peroxyde de manganèse.

Acide chlorhydrique.

§ 240. Corps gazeux, incolore, d'une odeur piquante, acide, donnant des vapeurs blanches au contact de l'air; très-soluble dans l'eau à laquelle il communique une forte acidité.

Ce gaz se dégage souvent en grande quantité dans les phénomènes volcaniques, notamment au Vésuve, et se condense avec les vapeurs

aqueuses en formant alors des sources d'acide liquide, quelquefois assez abondantes. On le retrouve dans quelques eaux minérales, et quelquefois il se dégage des dépôts salifères.

Le chlore lui-même imprègne quelquefois les roches poreuses de certains épanchements volcaniques; par exemple, au Puy-Sarcouy en Auvergne.

L'acide chlorhydrique est un des acides les plus employés dans la teinture, pour faire *virer* les couleurs, pour composer certains mordants, pour préparer le chlore et les chlorures; mais c'est toujours par l'art qu'on se le procure alors.

Kérargyre. — *Argent corné.*

§ 241. Substance blanche ou brunâtre, demi-transparente, se coupant au couteau comme de la cire ou de la corne; attaquable par l'ammoniaque, déposant de l'argent métallique lorsqu'on la frotte sur une lame de fer avec un peu d'eau.

Cette matière, qui renferme 75 pour 100 d'argent, se trouve en petits cristaux qui sont des cubes, ou des octaèdres réguliers, ou en légers enduits à la surface de divers corps; quelquefois elle est en petites masses disséminées, et plus souvent en particules invisibles mélangées dans des matières terreuses ou ferrugineuses dont on peut l'extraire par l'ammoniaque.

La kérargyre est peu commune dans les mines d'Europe, mais elle existe en grande quantité au Mexique et au Pérou; elle y est mélangée avec des minerais de fer hydraté connus sous les noms de *pacos* et de *colorados*, renfermant aussi de l'argent natif, § 467, et formant des masses d'une très-grande richesse à la partie inférieure des terrains de sédiment.

Salmare. — *Sel commun, sel marin, sel gemme.*

§ 242. **Caractères.** — Chacun connaît sommairement cette substance; elle cristallise en cubes, creusés en trémie sur leurs faces quand la cristallisation s'est faite rapidement, mais qu'on trouve souvent très-nets dans la nature, et avec diverses modifications. Elle se présente aussi en masse compacte susceptible de clivage cubique, en masse lamellaire à grandes et à petites lames, en masse granulaire, en masse fibreuse.

Naturellement incolore, cette substance se trouve souvent dans le sein de la terre colorée en gris, en rouge, quelquefois en bleu par

des matières étrangères accidentellement mélangées. La matière rouge est le plus ordinairement de nature organique.

La composition du sel commun est 40 de sodium et 60 de chlore. L'acide sulfurique en dégage de l'acide chlorhydrique, et le liquide restant donne des aiguilles cristallines efflorescentes.

§ 243. **Gisement; usages.** — Le salmare se présente à nous en dépôts plus ou moins étendus renfermés dans le sein de la terre; il se trouve aussi en solution dans les eaux de certaines sources, de certains lacs, et dans les eaux des mers.

Les dépôts salifères se trouvent à tous les étages des terrains de sédiment, depuis les dépôts pénéens jusque dans les terrains tertiaires, § 176, note. Partout ils sont formés en grande partie de matières argileuses, qu'on nomme *argiles salifères*, grisâtres ou rougeâtres, au milieu desquelles le sel est tantôt disséminé, tantôt en nids, en veines ou en amas plus ou moins considérables, avec du sulfate de chaux, dont la quantité est plus ou moins grande. Ces assemblages de matières diverses se présentent en général comme des masses adventives au milieu de la formation géologique qui constitue la contrée. Dans certaines localités, les dépôts en sont immenses, et forment des montagnes entières, où le sel se présente quelquefois à nu, et peut être exploité à ciel ouvert comme les carrières de pierres à bâtir.

Il y a des contrées extrêmement riches en dépôts salifères; telles sont les deux pentes des Karpathes, d'un côté depuis Cracovie, où l'on trouve les fameuses salines de Williczka et de Bocnia, jusqu'en Moldavie, où l'on remarque surtout les salines d'Okna; de l'autre dans la Hongrie et la Transylvanie, où il en existe aussi de très-importantes. Dans toutes ces contrées, le sel lui-même forme des amas immenses qui appartiennent aux terrains tertiaires, comme je l'ai fait voir le premier en 1818, et il est exploité par blocs, qui, par suite de la pureté de la masse, sont livrés immédiatement au commerce. Le Salzbourg, la Bavière, le Wurtemberg, en renferment aussi de grands dépôts salifères qui appartiennent au terrain pénéen; mais le sel est alors disséminé dans les argiles ou introduit dans les fissures du calcaire, et l'on ne peut plus extraire de blocs comme dans les localités précédentes; on introduit simplement des eaux dans la mine, et on les sort ensuite au dehors pour les évaporer et faire cristalliser.

En France nous n'avons encore de mines exploitées que celles de Vic et de Dieuze en Lorraine, où le sel forme aussi des bancs puissants au milieu des argiles enclavées alors dans le grès bigarré. Au pied des Pyrénées les dépôts de sel sont en relation intime avec les

roches ignées, désignées sous le nom d'*ophites*, qui ont disloqué tous les dépôts de sédiment jusqu'aux derniers dépôts tertiaires. Il s'en trouve plus ou moins, avec des gypses, partout où l'on rencontre ces roches, et les masses salifères, çà et là très-considérables, se sont arrêtées, comme elles, dans les diverses formations qui ont été traversées, tantôt dans les terrains crétacés, tantôt dans les dépôts tertiaires.

En Angleterre, on cite surtout les salines de Norwich dans le grès bigarré, en Suisse celles de Bex qui sont dans le lias, en Espagne celles de Cardona encaissées dans la craie, et qui sont néanmoins de l'âge tertiaire, etc.

Les sources salifères sont très-nombreuses, et généralement dans les contrées où se trouvent des dépôts de sel que sans doute les eaux traversent avant d'arriver au jour. Nous en avons beaucoup en Lorraine, en Franche-Comté, au pied des Pyrénées, etc. Il en existe de même dans un très-grand nombre de localités, soit en Europe, soit dans les autres parties du monde.

Les lacs salés sont aussi très-nombreux, et se trouvent principalement dans les grandes plaines de nos continents. La Russie d'Asie, la Sibérie, en renferment un grand nombre ainsi que les plaines de l'Afrique. Le sol même des contrées où se montrent ces lacs est tout imprégné de sel, et l'on en cite des masses solides, qui se présentent à fleur de terre, dans les lieux où la sécheresse habituelle du climat permet leur conservation. Il est à remarquer que dans ces lacs, comme dans les eaux des mers, le sel commun se trouve accompagné de chlorure de calcium et de magnésium, de sulfate de soude, etc.

Le sel commun est tellement nécessaire à l'homme, qu'on l'exploite avec soin partout où il s'en trouve, et que partout les eaux des mers sont évaporées pour en tirer cette matière importante. Dans les parties favorisées par de riches dépôts, on en donne constamment aux bestiaux, qui en deviennent extrêmement friands, ce qui contribue beaucoup à les entretenir en santé; on en trouve alors des blocs à la portée de toutes les étables.

Outre la consommation journalière, il y a des contrées où l'on se sert du sel commun pour préparer du sous-carbonate de soude, si nécessaire pour les savonneries et les verreries. On en tire aussi tout l'acide chlorhydrique nécessaire aux arts.

Le sel commun, malgré son peu de valeur lorsqu'on défalque les droits, offre en Europe un produit brut de 150 millions de francs, qui s'accroîtrait énormément si une exemption d'impôt permettait d'en donner partout aux bestiaux.

Chlorures divers.

§ 244. Citons encore quelques autres matières de ce groupe sur lesquelles il n'est pas inutile d'avoir quelques notions.

Le Calomel se trouve avec le cinabre, en petits enduits et en petits cristaux blanchâtres, qui sont des prismes carrés.

La Kérasine. fort rare, qu'on trouve dans quelques mines de plomb, et qui est en cristaux prismatiques à bases carrées, a cela surtout de remarquable qu'elle nous offre une combinaison de chlorure de plomb avec l'oxyde de ce métal, circonstance dont nous connaissons plusieurs exemples dans les laboratoires.

L'Atakamite est dans le même cas; c'est un chlorure de cuivre combiné avec l'oxyde de cuivre, et hydraté. Cette matière, d'une belle couleur verte, se trouve au Pérou dans certains gîtes de minerais de cuivre: on la réduit en poudre, et elle est alors employée comme sable à mettre sur l'écriture dans tout le pays.

La Sylvine, ou *sel de Sylvius*, est mélangée en très-petites quantités avec le sel commun, dans les mines de Hallein et de Berchtesgaden en Salzbourg.

Les Chlorures de calcium et de magnésium, qui sont très-déliquescents, se trouvent dans les eaux des mers et celles de certains lacs, auxquelles ils donnent une saveur amère.

Le Salmiac, *sel ammoniac*, se trouve dans quelques hotières embrasées, dans les volcans, à la surface des laves, et dans des espèces de solfatares de l'Asie centrale, où des caravanes viennent l'exploiter en certains temps de l'année.

2° Groupe des Bromides et des Iodides.

§ 245. On a découvert le *bromure d'argent* dans les *pacos* et *lorados* du Pérou et du Mexique, et on l'a reconnu depuis dans des matières semblables à Poullaouen en Bretagne. Il est assez abondant dans les premiers, et en petits cristaux cubiques de couleur verte dans les seconds.

Les eaux mères des marais salants et de diverses salines du continent renferment des *bromures*. Privées de sel marin, elles donnent, par l'azotate d'argent, un précipité jaunâtre, qui, par sa couleur, se distingue du chlorure d'argent. On a annoncé du *bromure de zinc* dans les dépôts de calamine de Silésie.

L'*iodure d'argent* a été annoncé autrefois par Vauquelin dans des minerais argentifères qu'on disait être du Mexique; mais depuis

peu M. Domeyco l'a retrouvé en masses jaune verdâtre composant à lui seul un gîte abondant à Coquimbo au Chili.

On a indiqué des *iodures de zinc et de mercure*, le premier en Silésie, le second au Mexique.

Il y a des *iodures de sodium et de magnésium* dans les eaux des mers et dans certaines eaux minérales, telles que celles de Voghera, de Sales et de Castel Nuovo d'Asti, en Piémont, qui sont connues pour le traitement des maladies scrofuleuses. Les eaux mères des salines de Schœnbeck en Magdebourg, celles de Guaca en Colombie, en renferment également. Toutes ces eaux précipitent par l'azotate d'argent; mais le précipité est insoluble dans l'ammoniaque, ce qui le distingue des chlorures et des bromures.

3° Groupe des Fluorides.

Corps donnant par la fusion avec l'acide phosphorique une vapeur qui corrode le verre du tube dans lequel on fait l'opération.

Fluorine. — *Fluor, spath fluor, chaux fluatée.*

§ 246. **Caractères.** — Substance vitreuse ou pierreuse offrant souvent des couleurs vives, cristallisant dans le système cubique; se clivant en tétraèdres ou en octaèdres réguliers; rayée par le verre; donnant généralement une phosphorescence très-marquée par l'action de la chaleur.

Fusible au chalumeau; attaquable par les acides, et surtout l'acide sulfurique, qui la décompose; solution subséquente précipitant abondamment par les oxalates et non par l'ammoniaque.

La fluorine, souvent cristallisée, affecte presque toutes les formes du système cubique, si ce n'est le tétraèdre, qu'on n'obtient que par clivage. Souvent aussi elle se trouve en masse lamellaire ou bacillaire, quelquefois compacte, et enfin à l'état terreux. Rarement incolore, elle offre le plus souvent des couleurs vives, jaune, vert, rose, violet, plus ou moins foncées, souvent réunies par bandes et par zones sur le même morceau.

§ 247. **Gisement; usages.** — Cette substance, assez commune, est en général subordonnée aux gîtes métallifères, surtout à ceux de minerai de plomb; mais elle forme aussi des filons à elle seule, tant dans les terrains granitiques que dans les dépôts de sédiment qui en sont voisins.

Les variétés à couleurs vives, disposées en zones, en zigzags, ou entremêlées agréablement, sont employées pour faire des vases, des coupes, une multitude d'objets de fantaisie, d'un très-bel effet.

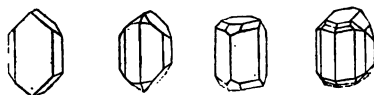
et souvent d'un prix fort élevé : c'était la substance des *vases Murrhins*, si célèbres dans l'antiquité. Aujourd'hui la plupart de ces objets se fabriquent en Angleterre; en France, on a quelquefois employé, sous le nom de *prime d'émeraude*, des variétés verdâtres entremêlées par couches en zigzag avec du quartz, pour des incrustations qui ne sont pas sans agrément.

C'est avec la fluorine qu'on prépare l'acide fluorhydrique, dont on se sert pour la gravure sur verre comme de l'eau-forte pour la gravure sur cuivre. On couvre le verre d'une légère couche de cire, puis on dessine, avec une pointe, les objets qu'on veut graver, et on expose la plaque à la vapeur de l'acide, qu'on dégage par un mélange de fluorine en poudre et d'acide sulfurique.

§ 248. Il existe des *fluorures de cérium et d'yttria* qui se trouvent en très-petits nids dans les pegmatites de Brodbo et de Finbo en Suède. On connaît aussi une substance blanche, la *Cryolite*, clivable en prismes rectangulaires, qui se fond avec une grande facilité au chalumeau, et qui est un double composé de fluorure d'aluminium et de sodium. Elle se trouve au Groënland, en filons, dans des roches de cristallisation.

Topaze.

§ 249. Substance vitreuse, rayant le quartz, cristallisant en prismes rhomboïdaux clivables perpendiculairement à l'axe. Infusible au chalumeau, attaquant par les acides après la fusion avec le sel de soude; solution donnant un précipité floconneux par l'ammoniaque.



La topaze, presque toujours cristallisée, offre des prismes rhomboïdaux diversement modifiés, comme dans les figures ci-jointes, qu'on trouve souvent roulés et brisés dans les ruisseaux de diverses contrées, ou même réduits en cailloux arrondis, qu'on distingue des cailloux de quartz par le clivage dont ils sont susceptibles. Quelquefois les cristaux sont assez gros, et quand ils sont empâtés dans la roche, il arrive qu'en se brisant ils offrent des masses laminaires qui sont alors blanchâtres et plus ou moins opaques. Ailleurs ils sont au contraire très-petits, entassés les uns sur les autres, et produisent de petites masses granulaires.

Le plus ordinairement la topaze est jaunâtre ; mais on la trouve aussi limpide, ou bien rosâtre et bleuâtre.

Cette substance appartient essentiellement aux terrains de cristallisation ; elle en tapisse les fissures, ou bien s'y trouve disséminée, et surtout dans les pegmatites ; elle existe aussi dans quelques amas métallifères, et particulièrement dans ceux d'étain. Elle est souvent abondante dans les terrains d'alluvion, comme au Brésil, où elle se trouve avec beaucoup d'autres substances.

La topaze est employée dans la joaillerie ; elle nous vient aujourd'hui toute taillée du Brésil, et il n'y a plus qu'à assortir les pierres pour les parures. On nomme *topazes brûlées* des variétés rosâtres qu'on obtient le plus souvent en soumettant quelques variétés jaunes à l'action de la chaleur.

§ 250. On nomme Picnite une substance pierreuse, en masses bacillaires, des mines d'étain d'Altenberg en Saxe, qui renferme aussi de la silice, du fluor, et de l'alumine dont les proportions diffèrent de celles qu'on trouve dans la topaze. La Condrodite, fluosilicate de magnésie, est une substance du système prismatique rhomboïdal qu'on a rencontrée en Suède et en Amérique disséminée dans des calcaires grenus.

HYDROGÉNIDES, AZOTIDES.

§ 251. L'hydrogène et l'azote sont des corps qu'on ne sait trop où placer dans la série des corps simples. Ils ont quelque analogie d'un côté avec le carbone, de l'autre avec le soufre et le phosphore, ce qui conduit à les placer entre ces substances.

Nous avons peu de matières naturelles dans ce groupe, mais celles qui existent jouent un rôle assez important pour ne pas les passer sous silence. Dans les hydrogénides nous avons l'hydrogène et l'eau ; dans les azotides, l'azote, l'air atmosphérique, et quelques azotates, dont le salpêtre est le plus important.

Hydrogène.

§ 252. Corps gazeux, incolore, inodore, très-léger, combustible. et donnant de l'eau pour résultat de la combustion.

L'hydrogène, qui est rare à l'état libre, paraît se dégager quelquefois par les crevasses qui se manifestent pendant les tremblements de terre ; c'est peut-être là l'origine des flammes qu'on a quelquefois indiquées dans ces grandes catastrophes, et qui cependant pourraient être dues à de l'hydrogène carboné ou sulfuré. Il s'en

dégage, dit-on, quelquefois pendant les éruptions volcaniques, qui se trouve presque aussitôt brûlé par suite de l'élevation de température. Il est toujours mêlé aux vapeurs de naphte et à l'hydrogène carboné qui se dégage des salzes, § 279.

Eau.

§ 253. **Eau solide, glace, glaciers, glacières.** — L'eau, comme chacun le sait, se trouve dans la nature à trois états : solide, liquide, et gazeuse.

A l'état solide, l'eau cristallise dans le système rhomboédrique; ce qu'on observe en parcourant les hautes montagnes pendant l'hiver. Elle donne alors la double réfraction attractive, qui, comme on sait (§ 97), n'est encore connue que dans peu de substances. Elle forme à cet état les glaces perpétuelles des pôles au niveau même des mers, et au sommet des montagnes les neiges éternelles, qui commencent à différentes hauteurs, suivant la latitude. L'observation donne à cet égard les résultats suivants :

Vers 70° de latitude la limite inférieure des neiges perpétuelles est à environ.....	1050 mètres.
Vers 60° à.....	1500
Vers 45° à.....	2550
Vers 20° à.....	4600
Vers l'équateur à.....	4800

Ces neiges éternelles, ou amas de grésil, constituent ce qu'on nomme les *glaciers*, dont il faut distinguer deux espèces : ceux qui commencent aux limites indiquées, et qui sont à peu près invariables, et ceux que forment les neiges qui tombent en certains temps dans les vallées plus basses, ou les *avalanches*, qui se détachent des premiers. Ceux-ci, qui se consolident par l'infiltration journalière des eaux provenant de la fusion de quelques-unes de leurs parties, et qui se meuvent constamment sur la pente du terrain, descendent même à 4000 mètres au-dessus des mers dans nos climats, au milieu des prairies et des terres labourables de nos montagnes. Leur masse est très-variable, tantôt augmentant, tantôt diminuant, suivant le degré de chaleur et la durée des étés; quelquefois décroissant pendant plusieurs années de suite, puis augmentant de même pendant quelques autres. Ce sont ces glaciers accidentels qu'on a le plus souvent visités, et qui offrent les circonstances les plus remarquables. La neige agglutinée y forme des dépôts dont l'épaisseur est quelquefois de 8 à 900 mètres, qui sont traversés irrégulièrement par des cre-

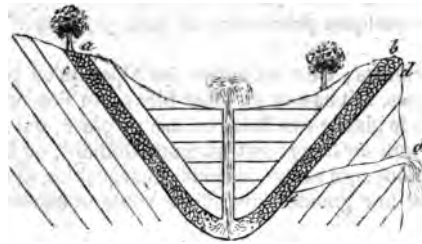
vasses profondes, et percés de puits dans lesquels s'engouffrent de petits ruisseaux provenant de la fonte journalière de la surface. Des glaçons taillés en pyramides aiguës, en espèces de crêtes percées à jour, toutes prêtes à s'écrouler, en hérissent de toutes parts la surface et arrêtent à chaque pas le voyageur attiré par la curiosité : ce sont les plus grands, comme les plus effroyables spectacles de la nature. On a quelquefois comparé ces glaciers à une mer agitée par la plus violente tempête, et qui tout à coup se serait congelée pendant que ses lames écumantes semblaient menacer la terre d'un bouleversement général. Quelquefois cependant la surface est plus unie, et avec quelques précautions on peut y voyager en toute sécurité.

Dans nos climats, c'est au milieu des Alpes qu'on peut voir sur-tout les glaciers, soit autour du mont Blanc, où l'on remarque particulièrement le glacier des Bois, ou *mer de glace*, qui a cinq lieues de long sur une de large ; soit au Saint-Gothard, où l'on trouve le glacier du Rhône, qui est un des plus remarquables, et d'où le fleuve sort déjà avec une grande force d'une voûte immense et profonde de glace.

Il se trouve aussi de la glace dans certaines cavernes, qu'on nomme à cause de cela des *glacières naturelles* ; elle y est produite par l'évaporation rapide occasionnée par les courants d'air sur les eaux qui suintent dans ces cavités, et dont une partie dès lors se solidifie. Il se trouve de ces glacières naturelles dans les montagnes du Jura et principalement près de l'abbaye de Grâce-Dieu, à six lieues à l'est de Besançon.

§ 254. *Eau liquide. Puits absorbants et artésiens.* — Outre les mers qui enveloppent nos continents, les lacs qui existent partout et jusqu'au sommet des montagnes, les ruisseaux et les rivières qui sillonnent la surface de la terre, l'eau se trouve en amas plus ou moins considérables dans l'intérieur même du globe, et forme des rivières souterraines dont le courant même est quelquefois très-rapide. D'un côté, on voit quelquefois les eaux sortir en abondance du sein même des rochers, comme à la source du Loiret, à celle de l'Orbe, à ce qu'on nomme la fontaine de Vaucluse, la fontaine de Nîmes, etc., ce qui annonce des courants souterrains plus ou moins longs ; d'un autre côté, les sondages qu'on a faits en tant de lieux différents pour les puits artésiens ont fait découvrir, à diverses profondeurs, des courants rapides, qui ont donné l'idée d'amener au trou de sonde les eaux dont on voulait se débarrasser : de là l'origine des *puits absorbants*, qui ne sont pas moins précieux pour certaines contrées que les puits artésiens eux-mêmes.

On nomme *puits artésiens*, parce qu'ils sont depuis longtemps en usage en Artois, des trous de sonde verticaux au moyen desquels, en certains lieux, les eaux situées à la profondeur remontent jusqu'à la surface, et quelquefois même y jaillissent à de grandes hauteurs. La condition essentielle pour obtenir un puits artésien est la présence d'une couche graveleuse relevée suffisamment de toutes parts, et comprise entre deux couches imperméables dont on perce la supérieure. Il est clair qu'une telle couche aboutissant à la surface du sol, en *a* et *b*, par exemple, absorbera continuellement les eaux



pluviales par tout son pourtour qui peut être quelquefois très-grand, et se remplira dès lors, entre les deux couches imperméables jusqu'à un certain niveau *c d*; si on vient alors à percer tous les dépôts qui recouvrent la couche aquifère, l'eau jaillira par le trou et s'élèvera au dehors jusqu'au niveau qu'elle atteint dans cette espèce de vase naturel. L'écoulement se continuera à la même hauteur s'il y a absorption suffisante au pourtour extérieur de la couche, et mieux encore, si en quelques points, *a*, *b*, etc., de ses affleurements, il passe quelque rivière qui puisse fournir constamment. C'est ainsi que la Creuse et la Vienne fournissent probablement aux puits artésiens de Tours, comme l'Yonne, l'Armançon, la Haute-Seine, l'Aube, la Haute-Marne et ses affluents, l'Aisne, etc., en roulant sur les grès verts qui nous entourent, fournissent au puits artésien de Grenelle à Paris.

Il est clair que ce qu'on fait ici artificiellement peut avoir lieu dans la nature par des fentes, soit, dans le terrain qui recouvre la couche aquifère, soit dans celui qui la supporte, comme de *f* en *d*; et de là l'explication de la source du Loiret, des fontaines de Vaucluse, de Nîmes, etc., des puits passagers qui débordent en certains moments dans le Jura; toutes circonstances qui peuvent se lier à la disparition des eaux de pluie et des ruisseaux dans les sables de certaines contrées plus élevées.

Les puits artésiens ramènent à la surface de la terre des eaux qui seraient complètement perdues pour diverses localités, et qui nous offrent alors de grandes ressources. On a proposé d'augmenter ainsi la masse des eaux de certains ruisseaux, ce qui offrirait souvent un avantage immense; on a même pensé qu'il serait possible de rendre à la culture certaines parties des déserts de l'Égypte, en amenant ainsi des eaux à la surface du sol, comme il paraît qu'on l'a pratiqué autrefois dans quelques oasis.

§ 255. **Sources ordinaires et thermales.** — Les sources ordinaires résultent en général de la filtration des eaux pluviales à travers le terrain, jusqu'à une profondeur peu considérable, où



elles sont arrêtées par les couches imperméables, comme *a b*, sur lesquelles elles glissent jusqu'au dehors. Ces eaux sont en général assez

pures, ou ne renferment que les matières du terrain superficiel qu'elles ont traversé; elles sont ordinairement à la température moyenne de la contrée. Il y a d'autres sources qui présentent des caractères fort différents, dont les eaux sont chargées de matières étrangères aux terrains dont elles sortent immédiatement, ou qui sont à une température plus ou moins élevée: ce sont celles qu'on nomme *sources minérales* et *sources thermales*. Ces dernières ont de tout temps attiré l'attention, et on en a souvent cherché l'explication, dans la décomposition des pyrites, ou dans la proximité des volcans. Aujourd'hui l'accroissement reconnu de la température à mesure qu'on descend dans l'intérieur de la terre, qui est d'environ 1° par 33 mètres au-dessous du point de température moyenne, fait naturellement conclure que la chaleur des eaux thermales tient à ce qu'elles viennent, comme celles des puits artésiens, d'une profondeur plus ou moins considérable, et qu'on peut même calculer dans chaque lieu ¹. On conçoit qu'à ces profondeurs, et à une température convenable, les eaux puissent agir sur beaucoup de corps, et en extraire des matières qui les distinguent de celles qui proviennent des filtrations superficielles.

Les eaux minérales sont assez variées par la nature des principes qu'elles renferment, et se présentent dans un grand nombre de localités, où elles sont plus ou moins renommées sous le rapport médical. Les eaux chaudes sont également assez communes; mais celles

¹ Il n'a fallu percer que 548 mètres au milieu de la plaine de Paris pour avoir un puits artésien dont l'eau est constamment à la température de 27°.

dont la température arrive jusqu'à l'ébullition sont rares, et l'on ne connaît en France que les eaux de Chaudes-Aigues et de Vic, dans le Cantal, qui soient dans ce cas; il y a même fort peu d'autres localités connues à la surface du globe.

§ 256. **Eau en vapeur.** — L'air atmosphérique est constamment mélangé de vapeur d'eau, qui tantôt y reste à l'état invisible, tantôt se condense en gouttelettes fines qui s'interposent dans l'air et constituent alors les brouillards et les nuages. Il se fait aussi, par les fissures des roches, tant dans les volcans et les solfatares qu'à travers certains terrains calcaires, des éruptions de vapeur à 400° qui s'élèvent en colonnes blanches, quelquefois très-hautes, en produisant dans quelques cas un bruit assez fort, comme si elles sortaient d'une chaudière à vapeur. C'est le phénomène des *fumarolles* ou *sufflards*, qui ne présente nulle part une plus grande intensité qu'en Toscane dans les collines calcaires de Monte Cerboli, Castel Nuovo et Monte Rotondo.

§ 257. **Eau combinée.** — A l'état de combinaison, l'eau se trouve dans un grand nombre de corps naturels, que l'on nomme à cause de cela des *hydrates*. La limonite et le gypse en sont des exemples importants dans les corps que nous avons étudiés, et ce sont eux probablement qui en présentent la plus grande quantité ainsi fixée à la surface du globe.

Azote et Azotates.

§ 258. L'*azote* est un gaz incolore, inodore, n'entretenant ni la combustion ni la vie, incombustible, insoluble dans l'eau. Il se dégage quelquefois des fentes de la terre pendant les secousses de tremblement de terre, et c'est à cela qu'on attribue l'asphyxie des animaux qui a lieu quelquefois dans ces grandes convulsions de la nature; suivant Humboldt et Parrot, il s'en dégage aussi des salzes, § 279, avec l'hydrogène carboné.

Le mélange de 78 d'azote et 22 d'oxygène constitue l'air atmosphérique. La combinaison de ces deux gaz, dans la proportion de 26 à 74, donne l'acide azotique, qu'on trouve quelquefois libre, dans les pluies d'orage, le plus souvent combiné avec l'ammoniaque; ailleurs il est à l'état d'azotate de potasse, de soude, de chaux, de magnésie.

§ 259. L'*azotate de potasse*, ou Salpêtre, qui cristallise en prismes rhomboïdaux, se trouve en efflorescence dans un grand nombre de lieux, surtout au milieu des grandes plaines de nos continents: comme en Hongrie, dans l'Ukraine et la Podolie, dans les plaines de

la mer Caspienne, en Perse, en Arabie, dans les déserts de l'Égypte. Il existe aussi dans diverses cavernes tant des terrains calcaires que des terrains feldspathiques. Il paraît dû en général à une formation journalière, mais dont il est difficile d'assigner la cause. Dans nos écuries, et autour de nos habitations, où il s'en forme journellement d'assez grandes quantités, on en trouve l'origine dans la décomposition des matières animales qui fournissent l'azote; mais partout ailleurs, cette explication ne paraît plus suffire et c'est dans l'air même qu'il faut chercher l'azote : on sait à cet égard qu'il faut le contact de l'air avec des matières poreuses calcarières, et le concours de l'humidité pour que la combinaison avec l'oxygène puisse s'effectuer.

Le salpêtre est récolté partout où il se trouve sous la main de l'homme, et la plus grande partie est employée pour la fabrication de la poudre à canon. On le prépare souvent au moyen des vieux plâtras des écuries et des caves qui renferment quelquefois beaucoup d'azotate de chaux, qu'on décompose par le carbonate de potasse; mais le sel qu'on obtient ainsi revient beaucoup plus cher que celui qu'on pourrait se procurer par la voie du commerce, eu le tirant des contrées où il est naturellement tout formé.

§ 260. L'*azotate de soude*, nommé aussi *nitre cubique*, parce qu'il cristallise en rhomboèdres qu'on a pris dans le principe pour des cubes, se trouve naturellement en couches de deux à trois pieds d'épaisseur, à structure granulaire, dans les environs de la baie d'Yquiqué, au Pérou, sur une étendue de plus de quarante lieues, dans les districts de Tarapaca et d'Atakama; il est quelquefois à nu, ou seulement recouvert par une couche d'argile ou de sable. On l'exploite pour la préparation de l'acide azotique, et la fabrication de l'acide sulfurique; il ne peut être employé pour la poudre, parce qu'il est un peu déliquescent.

GRUPE DES CARBONIDES.

Corps solides, liquides ou gazeux : les uns combustibles et donnant alors de l'acide carbonique, d'autres attaquables par les acides et dégageant avec effervescence du gaz acide carbonique; un autre enfin à l'état même d'acide carbonique, gazeux ou dissous dans l'eau.

§ 261. Les corps renfermés dans ce groupe sont le carbone et un assez grand nombre de combinaisons mal définies de carbone avec l'hydrogène et l'oxygène, quelques carbures, enfin l'acide carbonique libre et des carbonates.

Nous ne trouvons le carbone pur que dans le diamant ou le gra-

phite, qui ne diffèrent que par le mode d'agrégation moléculaire et qui sont les seules espèces charbonneuses définies. Les combinaisons de carbone avec l'hydrogène et l'oxygène, constituent les matières qu'on désigne vulgairement sous le nom de *charbon de terre*, et celles qu'on appelle *bitume*. Les charbons de terre proviennent d'une accumulation de débris végétaux qui ont subi diverses modifications en vertu desquelles il s'est formé des combinaisons particulières de leurs éléments¹. Ils ne peuvent, du moins actuellement, former en aucune manière des espèces minéralogiques distinctes; mais, vu leur importance dans les arts, nous devons les décrire, à la suite du diamant, sous les noms par lesquels ils sont habituellement connus dans les usages de la vie ou dans le commerce.

Le peu de carbures que nous connaissons dans le règne minéral sont des carbures d'hydrogène. L'un d'eux est important à connaître, par suite du rôle qu'il joue çà et là dans la nature, ou des dangers qu'il présente quelquefois dans les mines; les autres semblent nous donner la clef par laquelle nous arriverons à classer les matières bitumineuses et les charbons de terre.

Les carbonates nous présenteront des observations importantes d'analogies; l'un d'eux mérite toute notre attention, à cause de son abondance dans les terrains de sédiment, et un autre comme mine-
rai de fer riche et facile à traiter.

Carbone, Combustibles charbonneux, et Carbures.

Diamant.

§ 262. **Caractères.** — Corps vitreux, doué d'un éclat particulier, très-dur, et rayant tous les corps sans être rayé par aucun; toujours en cristaux dont les faces sont le plus souvent arrondies. Clivages faciles, parallèlement aux faces de l'octaèdre régulier, et donnant beaucoup de fragilité à la matière; poids spécifique, 3,52. Se déposant facilement au feu d'oxydation; fusant au feu, aussi bien que toutes les matières charbonneuses, lorsque, réduit en poudre, il est mêlé avec du salpêtre.

La limpidité parfaite est rare; le plus souvent elle est salie par des teintes jaunâtres ou brunâtres. Rarement aussi on trouve des

¹ Il résulte de diverses expériences que nous avons commencées, et que les circonstances ne nous ont pas permis de finir, que les végétaux exposés à des températures comprises entre 100 et 200 degrés, sous des pressions convenables, se *changent en matières* tout à fait analogues au lignite, à la houille et au bitume.

couleurs bien décidées et vives. Il y a des diamants noirs et complètement opaques qui ont néanmoins un éclat extraordinaire quand ils sont polis.


§ 263. **Cisement.** — On a trouvé au Brésil le diamant disséminé dans les roches micacées nommées itacolumite, § 462, ainsi que dans les grès supérieurs qui y passent par toutes les nuances, où il a été même exploité pendant quelque temps. Néanmoins, depuis la découverte, on l'a recueilli dans les alluvions formées aux dépens de ces premiers dépôts, où se trouvent en même temps l'or et le platine, avec des débris de fer oligiste et magnétique, de rutile, de zircon, et divers autres silicates en cristaux roulés qui proviennent de l'itacolumite. A Bornéo, on a reconnu cette substance dans des débris de serpentine où se trouvent aussi de l'or et du platine. Dans l'Inde, c'est dans des espèces de grès qu'elle se rencontre; et en Sibérie elle paraît provenir des dolomies carbonifères.

Le diamant se trouve disséminé en petite quantité dans ces dépôts, et fréquemment enveloppé d'une pellicule terreuse assez adhérente qui empêche de le reconnaître avant qu'il ait été lavé : aussi procède-t-on à sa recherche par un lavage à grande eau, capable d'entraîner les parties terreuses; on enlève les cailloux grossiers, puis on cherche dans le résidu.

On ne connaît le diamant que dans un petit nombre de localités. C'est aux Indes, dans le Dekan, et particulièrement dans les vallées du Pannar et de la Krichna qu'on l'a d'abord connu. Il existe également à l'île de Bornéo; on l'a trouvé au Brésil au commencement du XVIII^e siècle, et en 1829 en Sibérie.

§ 264. **Quantité, valeur, usages.** — La quantité de diamants fournie annuellement au commerce par le Brésil, qui depuis la découverte en a eu à peu près seul le privilège, ne s'élève pas à plus de 6 ou 7 kilogr. (le volume de deux litres) qui ont coûté plus d'un million de frais d'exploitation : aussi cette matière, même à l'état brut, est-elle toujours fort chère. Les diamants défectueux, reconnus pour ne pouvoir pas être taillés, se vendent déjà moyennement à raison de 156 fr. le gramme ¹ (15 fois la valeur de l'or), soit pour faire la poussière de diamant, ou *égrisée*, dont on se sert pour tailler et polir les autres, soit pour garnir les outils avec lesquels on grave les pierres fines, ou enfin pour couper le verre. Les très-petits diamants, susceptibles d'être taillés, valent en lots jusqu'à 230 fr. le gramme; mais à peine pèsent-ils chacun 50 milligrammes, que lo

¹ Depuis longtemps on a l'habitude, dans la vente du diamant, de prendre pour unité un poids, qu'on nomme *karat*, qui équivaut à 212 milligrammes.

prix augmente considérablement, et que pour les poids au-dessus la progression est très-rapide : à $\frac{1}{2}$ gramme, un diamant brut vaut 260 à 280 fr. ; à 1 gramme il vaut plus de 4000 fr. On conçoit que le diamant taillé soit beaucoup plus cher ; car d'un côté il a coûté du temps et a perdu de son poids, et de l'autre on a pu apercevoir alors beaucoup de défauts qui en font rejeter un grand nombre. Un diamant taillé de 1 gramme  qui est déjà une belle pierre, et de la grosseur ci-contre vaut à peu près 3500 fr.

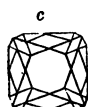
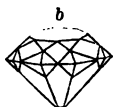
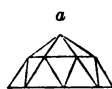
Plus les diamants sont volumineux, plus ils sont rares, et aussi plus leur prix est proportionnellement élevé. On n'en connaît que quelques-uns dont le poids soit au-dessus de 20 grammes. Les plus gros diamants connus sont :

Celui d'Agrah, pesant environ	133 grammes.
Celui du radjah de Mattan à Bornéo.....	78
Celui de l'ancien empereur du Mogol.....	63
Celui de l'empereur de Russie.....	41
Celui de l'empereur d'Autriche.....	29,53
Celui du roi de France (qu'on nomme <i>le Régent</i>).....	29,89

Les cinq premiers sont de mauvaise forme. Le dernier est parfait sous tous les rapports ; il pesait, avant la taille, 87 grammes, et a coûté deux années de travail ; il a été acheté dans le principe pour 2 250 000 fr., et il est estimé plus du double.

Ces beaux diamants viennent de l'Inde ou de Bornéo. Le plus gros qu'on ait trouvé au Brésil, et qui conserve la forme naturelle octaèdre, pèse 25^{es},52 suivant les plus fortes estimations ; il appartient au Portugal.

Dans l'Inde, on taille le diamant de manière à lui conserver tout son volume. En Europe, on sacrifie beaucoup du volume de la pierre pour enlever un défaut et se procurer une belle forme. Les formes



admises sont la *rose*, fig. *a*, pour les pierres de peu d'épaisseur qu'on ne veut pas trop diminuer, et le *brillant*, fig. *b* et *c*, pour les pierres

épaisses, qu'on monte alors entièrement à jour.

On sait combien le diamant est recherché pour la joaillerie, tant par sa rareté que par son éclat et les jeux de lumière qu'il produit, surtout aux bougies. On imite cette dernière propriété par des verres chargés d'oxyde de plomb, et qu'on désigne sous le nom de *strass* : il en est dont la perfection est telle, que l'œil le plus habile y peut être trompé si le toucher ne vient à son secours. On recherche en

général les diamants limpides ; la moindre teinte leur ôte du prix, et ce n'est qu'avec des couleurs vives, surtout le rose, le bleu et le vert, qu'il reprend sa valeur ordinaire, ou même un peu plus, à cause de la rareté.

Graphite. — Plombagine.

§ 265. Matière gris de plomb, ou gris de fer, douée de l'éclat métallique, douce au toucher, et tachant les doigts ; rayée par tous les corps quand elle est pure ; fusant avec le salpêtre, brûlant très-difficilement au feu d'oxydation du chalumeau, ne donnant aucune matière volatile à la distillation, aucune trace d'hydrogène dans sa composition ; poids spécifique, 2,45.

Le graphite se trouve dans les terrains de cristallisation, ou dans les dépôts de sédiment voisins. Il est quelquefois disséminé dans les premiers en petits nids ou en lamelles ; mais il forme aussi dans les uns et les autres des amas de filons. Souvent il est mélangé avec les schistes argileux, auxquels il donne une couleur noire, un éclat métalloïde, et la propriété de tacher. Il existe dans un grand nombre de lieux ; mais le plus beau gisement connu, par l'étendue du dépôt, par la pureté, l'homogénéité et la compacité de la matière, est celui de Borrowdale en Cumberland. Viennent ensuite les gîtes de Passau en Bavière, où le graphite est souvent très-pur, mais à texture lâche et grossière.

Le graphite s'emploie principalement pour la fabrication des crayons dits *de mine de plomb*. Les belles variétés d'Angleterre, par leur pureté, leur compacité, l'adhésion mutuelle des particules, sont jusqu'ici les seules qui donnent les crayons fins, et il suffit de les diviser en petites baguettes qu'on enchâsse dans du bois. Mais ces crayons simples sont rares et toujours fort chers ; tous les autres sont composés avec du graphite réduit en poudre, et mêlé avec des matières propres à l'agglutination ; il en est encore de bons quand on emploie du graphite bien pur. Les crayons les plus communs renferment des matières étrangères, et souvent du sulfure d'antimoine. Parmi les crayons anglais fabriqués avec la mine pure, les meilleurs sont ceux de Passau, dont quelques-uns sont faits de la même matière, mais manquent souvent de ténacité.

On emploie aussi le graphite pour adoucir le frottement des machines en bois ; on en enduit le fer pour le préserver de la rouille. On en fait des creusets, dits *creusets de mine de plomb*, qui sont très-réfractaires.

Anthracite. — *Houille éclatante.*

§ 266. Matière noire, le plus souvent brillante, sèche au toucher, brûlant avec difficulté sous l'action du chalumeau, sans flamme ni fumée, et se couvrant d'un léger enduit de cendre blanche; poids spécifique, 1,4.

L'anhracite ne donne presque rien à la distillation, et les fragments ne subissent alors aucun changement. A la calcination en plein air, elle devient friable, sans changer encore de forme, et perd alors de 5 à 40 pour 100 de matière volatile. Sa composition ne présente que 2 à 3 d'hydrogène et autant d'oxygène. Les cendres sont quelquefois à peu près nulles, et ne s'élèvent pas en général à plus de 5 à 6 pour 100.

Cette substance est tantôt compacte, tantôt feuilletée, quelquefois granulaire, et même tout à fait terreuse. Elle se présente en masses et en couches dans les terrains de sédiment, mais particulièrement dans ceux qui sont rapprochés des terrains de cristallisation, ou enclavés au milieu d'eux. Elle appartient surtout aux terrains dévoniens, § 176, note, quoiqu'on en rencontre aussi au milieu des Alpes, dans des terrains beaucoup plus modernes. Les dépôts se composent de lits alternatifs de matières arénacées ou schisteuses, et de combustibles. Les schistes renferment des débris végétaux ordinairement peu caractérisés, qui appartiennent déjà, comme ceux des dépôts houillers, à la famille des fougères et à celle des équisétacées.

Les gîtes d'anhracite les plus considérables en France sont ceux des bords de la Loire, entre Angers et Nantes, qui se prolongent dans l'Ille-et-Vilaine, et qu'on retrouve dans la Mayenne et dans la Sarthe. Il s'en trouve aussi dans les montagnes de Tarare, qui pourraient être d'une grande ressource dans cette position.

Cette matière charbonneuse peut être employée comme combustible, et produit une chaleur très-intense; mais elle est souvent difficile à allumer, et exige, pour la combustion, des fourneaux où il puisse passer une grande quantité d'air. On l'a employée avec succès dans les fonderies, et elle est très-avantageuse dans toutes les opérations qui exigent une haute température; mais elle ne peut servir que dans les travaux en grand, car elle ne brûle qu'autant qu'elle est en grande masse, et on ne peut parvenir à en allumer une petite quantité; si même on en tire un morceau du brasier le plus ardent, il s'éteint à l'instant.

Un inconvénient fréquent de l'anhracite est de se briser au feu en

petits fragments, qui, en se tassant les uns sur les autres, interceptent trop le passage de l'air. Il n'est plus possible alors de les faire brûler, et il faut en débarrasser le fourneau.

Houille. — *Charbon de pierre, charbon de terre.*

§ 267. **Caractères.** — Substance noire plus ou moins brillante, s'allumant et brûlant avec facilité au chalumeau, avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse.

Donnant à la distillation des matières bitumineuses, de l'eau, des gaz, fréquemment de l'ammoniaque, et laissant pour résidu un charbon poreux, le plus souvent brillant, où les fragments sont soudés entre eux, et qui souvent a pris plus ou moins parfaitement la forme du vase.

À la calcination en plein air pendant quelques minutes, il se dégage de 20 à 40 pour 100 de matières volatiles.

Ces combustibles sont formés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans des proportions qui sont assez variables, avec une légère quantité d'azote. Les variétés pures de mélanges terreux ne donnent pas plus de 2 à 4 pour 100 de cendres.

Les houilles ont des propriétés très-différentes, suivant les quantités relatives d'hydrogène et d'oxygène qu'elles renferment; par là se trouvent très-bien caractérisées les diverses variétés que l'industrie a depuis longtemps distinguées, savoir :

La *houille forte* ou des *hauts fourneaux*, qui renferme à peu près 5 pour 100 d'hydrogène et un peu moins d'oxygène; qui perd 20 à 25 pour 100 de matières volatiles par une calcination de quelques minutes à l'air libre¹, et donne un charbon dur, plutôt poreux que boursoufflé, d'un éclat métalloïde. Elle est excellente pour les travaux qui demandent un feu vif et soutenu.

La *houille maréchale*, dont les fragments s'agglutinent fortement et se fondent ensemble pendant la combustion, renferme encore à peu près 5 d'hydrogène, mais un peu plus d'oxygène. Elle perd de 25 à 30 pour 100 par la calcination, et laisse pour résidu un charbon très-boursoufflé.

La *houille des foyers, à longue flamme*, où l'augmentation de l'hydrogène est peu de chose, renferme déjà 7 à 9 pour 100 d'oxygène;

¹ M. Regnault (*Annales des Mines*, 1837., à qui nous empruntons les données de composition, calcine la matière réduite en petits fragments pendant 7 à 8 minutes dans un creuset de platine. C'est un excellent essai pratique pour juger de la qualité de la houille.

elle perd au moins 30 pour 100 à la calcination, et donne pour résidu un charbon poreux, où les fragments, quoique bien soudés, sont distincts les uns des autres. Elle convient au chauffage domestique, à la fabrication du gaz, et pour la grille dans les opérations qui demandent un bon coup de feu.

La *houille sèche, à longue flamme*, où l'oxygène augmente encore jusqu'à 16 et 18 pour 100, et où le carbone diminue à proportion. Elle perd au moins 40 pour 100 de matières volatiles à la calcination, et donne un charbon poreux, où les fragments restent à peu près isolés. Ces houilles, qui donnent moins de chaleur, sont bonnes pour les chaudières d'évaporation.

Si nous connaissons bien les quantités relatives de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, dans un assez grand nombre de houilles, nous ignorons encore comment ces éléments sont réunis pour en former les principes immédiats. Il est probable qu'il y a ici mélange de divers composés formés à la manière des substances organiques, dont les uns sont de simples carbures d'hydrogène peut-être de diverses espèces, et les autres des carbures oxygénés. C'est quand on pourra séparer ces diverses matières qu'on connaîtra réellement les différents combustibles charbonneux qui se trouvent dans le sein de la terre.

§ 268. **Gisement.** — La houille appartient aux terrains de sédiment, et principalement à cette partie que sa présence a fait nommer groupe carbonifère, § 176, note, qui se compose de lits alternatifs de grès, d'argile schisteuse et quelquefois de calcaire. Le combustible forme dans les grès des couches plus ou moins puissantes, souvent enchevêtrées avec celles des matières arénacées, et dont il existe ordinairement plusieurs les unes au-dessus des autres : il y a des localités où l'on en compte plus de soixante ainsi superposées. Les grès qui les séparent sont souvent remplis eux-mêmes de matières charbonneuses, et surtout dans le voisinage des couches ; ils passent à des matières fines schisteuses, qu'on nomme *schistes charbonneux* ou *schistes bitumineux*. L'épaisseur des couches de la houille varie considérablement, depuis quelques centimètres jusqu'à un mètre ou deux, quelquefois jusqu'à six ou sept mètres, mais ces derniers ne sont que des assemblages de couches minces, séparées par des lits minces de matières étrangères très-fines et toujours très-chargées de charbon.

Il y a cependant aussi de véritables houilles dans les terrains supérieurs, et jusqu'à la fin des terrains jurassiques ; mais ce sont en général des houilles sèches, et qui ne forment pas des dépôts aussi considérables que ceux du terrain carbonifère.

Les débris végétaux sont nombreux, et en général bien caractérisés dans les dépôts de houilles, et c'est dans les matières terreuses et schisteuses qu'ils se rencontrent particulièrement. Ce sont le plus souvent des empreintes de feuilles, mais quelquefois aussi des tiges de diverses espèces, le plus souvent écrasées. Le plus grand nombre de ces débris appartient à la famille des fougères et à des espèces de haute taille, comme on en connaît sous l'équateur; mais il y en a beaucoup aussi de la famille des équisétacées, même des lycopodiacées et des aroïdées, tous de haute taille. Les conifères, dont on trouve diverses espèces qui se rapprochent des araucaria, paraissent surtout, d'après la consistance de leur bois, avoir eu une grande part dans la formation du combustible. Dans les dépôts supérieurs au terrain carbonifère, où les espèces de fougères sont généralement différentes, il se trouve en outre des débris de cycadées qui ont fait donner le nom de *stipite* au combustible; mais ce nom est aujourd'hui abandonné, parce que la matière ne présente pas de caractères assez saillants pour être distinguée de la houille.

Les couches de houille, du moins dans la formation carbonifère, ne sont pas toujours planes dans toute leur étendue; elles sont fréquemment *en forme de bateau*, c'est-à-dire qu'à partir du point le plus bas elles se relèvent plus ou moins rapidement de tous côtés, conformément aux pentes des montagnes environnantes. Souvent elles sont repliées sur elles-mêmes, en formant un nombre plus ou moins considérable de zigzags plus ou moins ouverts. Dans beaucoup de cas, il arrive que les couches les mieux réglées se trouvent tout à coup bouleversées; combustibles et matières terreuses, tout se trouve brisé, et les fragments sont alors entremêlés de manière que l'exploitation devient impossible.

Les gîtes de houilles de cette grande formation se trouvent indifféremment à toutes les hauteurs; on en cite à 4600 mètres, tandis que d'autres se trouvent au niveau des mers, comme en Flandre, ou même au-dessous, comme à Whitehaven en Angleterre, où l'exploitation s'avance à plus d'un quart de lieue sous la mer, et à plus de 400 mètres au-dessous de son fond. Ils se présentent souvent en bassins particuliers, isolés les uns des autres, mais réunis sur une zone d'une certaine étendue: c'est ce qu'on voit dans le centre et dans le midi de la France. Ailleurs les gîtes qu'on observe semblent se rattacher plus directement les uns aux autres, et avoir fait partie d'un même tout, morcelé et disloqué de diverses manières. Telles sont les houillères du nord de la France, de la Belgique et de l'Angleterre, qui semblent appartenir à un seul et même dépôt qui aurait couvert un espace immense.

Les dépôts de houille sèche des terrains supérieurs offrent moins d'irrégularité que ceux des terrains carbonifères ; ils paraissent plus indépendants les uns des autres, et offrent toujours des amas entre deux couches sédimentaires successives.

§ 269. Localités principales ; usages. — La houille est abondante dans un grand nombre de lieux ; et probablement on la trouvera dans toutes les contrées dont le sol appartient aux dépôts de sédiment inférieur, à mesure que l'industrie s'y développera. Il y a que les régions formées par les terrains de cristallisation, ou par des dépôts de sédiment trop modernes, qui en soient pour toujours privées ; sous ce rapport une grande partie du nord de l'Europe, le Suède, la Norvège, la Russie, etc., se trouve dans une position très-désavantageuse ; il en est de même de l'Italie.

Le centre de l'Allemagne présente une assez grande quantité de houille exploitée activement. L'Angleterre en renferme une abondance extrême, et nous en possédons en France des gîtes considérables. Les dépôts du département du Nord se rattachent à ceux de Belgique, et se montrent depuis le Pas-de-Calais jusqu'au delà d'Arras la-Chapelle ; à la suite se trouvent les terrains houillers des départements de Luxembourg et de Deux-Ponts, qui se prolongent peut-être jusqu'à la Moselle, et ceux du Haut-Rhin qui sont peu considérables.

Il existe une quantité prodigieuse de houille autour du granitique qui s'élève au centre de la France : dans le département de Saône-et-Loire, où se trouvent, le long du canal du Centre, les mines du Creuzot, de Montcenis, etc. ; dans la Nièvre, où il y a des exploitations à Decize ; dans l'Allier, le long de la vallée de la Queune, où sont les mines de Noyant, de Fins, etc., et dans le Puy-de-Dôme. Les dépôts se prolongent, par Roanne, Montbrison, Saint-Étienne, Rive-de-Gier, dans le département de la Loire et du Rhône, puis dans l'Ardèche, le Gard, l'Hérault et l'Aude, jusqu'au pied des Pyrénées. De là on retrouve la houille, et quelquefois en quantité immense, dans le Tarn, l'Aveyron, le Lot, la Dordogne, et dans le Cantal. Nous en retrouvons aussi dans les départements de la Vendée, du Finistère et de la Manche, et il en existe quelques dépôts dans le département du Var.

La houille est une des matières minérales les plus précieuses, et l'industrie lui doit la plus grande partie de ses progrès. C'est, en effet, à ce combustible qu'est due la propagation des machines à vapeur, qui suppléent aux cours d'eau, dont tant de contrées sont privées. Les fonderies, les usines de tout genre en font une consommation prodigieuse autour des lieux d'extraction, et dans tous les lieux où elle peut arriver à bon compte. Il s'en extrait annuellement

France, pour 30 millions de francs. Malheureusement nous avons beaucoup à désirer relativement aux moyens de transport, qui sont souvent trop dispendieux pour diverses localités.

On augmente le nombre des applications de la houille en la carbonisant, c'est-à-dire en la privant, par une distillation plus ou moins parfaite, du bitume qu'elle renferme, et d'où résulte le charbon poreux, brillant, dur, nommé *coke*, qui produit une grande chaleur par la combustion, et qui est très-important dans une multitude d'opérations. La matière bitumineuse qu'on en retire est employée à divers usages, et très-utile dans la marine.

C'est aussi par la distillation de la houille qu'on obtient le gaz d'éclairage, qui se dégage tout formé, mais qu'il est nécessaire d'épurer avant de le livrer à la consommation. On lui fait pour cela traverser de l'eau de chaux ou des matières incohérentes imprégnées de chaux délayée.

Certains schistes bitumineux très-riches en matières charbonneuses, sont encore employés comme combustibles, mais ils ont l'inconvénient de donner une grande quantité de cendres. Il en est d'autres dont on peut tirer un parti plus avantageux par la distillation ; on en obtient alors, après plusieurs opérations successives, des goudrons, des matières grasses, des huiles plus ou moins épurées qui peuvent servir pour préparer des vernis, parce qu'elles dissolvent les résines, et pour l'éclairage. Ce sont les *huiles de schistes*, qui donnent, dans des lampes fort simples, une lumière plus belle que celle des huiles ordinaires dans les appareils les plus parfaits.

§ 270. *Inflammation des houillères.* — Les dépôts de houilles sont sujets, dans le sein même de la terre, à s'enflammer spontanément. Il s'en fait alors ordinairement une combustion lente, parce que l'air arrive difficilement dans ces masses ; mais quelquefois aussi il se fait des crevasses dans le terrain, et l'air venant à pénétrer librement, il en résulte une inflammation très-vive, qu'on a souvent beaucoup de peine à arrêter, soit en bouchant les ouvertures, soit en faisant arriver des ruisseaux pour éteindre l'incendie. La chaleur dégagée par ces combustions calcine toutes les matières environnantes, réduit les parties schisteuses en *tripoli* ou bien en matières à demi vitrifiées, qu'on nomme *porcellanites*, quelquefois même en *matières scoriacées*. Il se forme fréquemment aussi des *matières aluminifères*, et dans quelques points il se dégage du sel ammoniac des fissures du terrain, quelquefois en assez grande quantité pour mériter d'être récolté.

Les lignites, dont nous allons parler, sont sujets aux mêmes embrasements et produisent les mêmes effets.

.Lignite. — *Houille maigre, bois bitumineux.*

§ 271. **Caractères.** — Matière noire ou brune, généralement moins brillante que la houille, s'allumant et brûlant facilement avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse; donnant à la distillation des matières bitumineuses et de l'eau, qui renferme souvent de l'acide acétique; laissant un charbon brillant, compacte, qui conserve sensiblement la forme des fragments employés.

A la calcination à l'air libre, il se dégage de 50 à 70 pour 100 de matières volatiles; et il reste un charbon assez analogue à la braie, qui conserve la forme des morceaux, et continue à brûler seul jusqu'à se réduire en cendre.

La quantité d'hydrogène est encore de 5 à 6 dans ces combustibles, mais l'oxygène va de 48 à 27. C'est avec les houilles sèches à longue flamme que les lignites ont le plus d'analogies; mais le carbone diminuant encore, la chaleur produite est moindre. Il y a aussi des variétés où l'hydrogène augmente beaucoup; l'oxygène diminue alors en proportion, et la matière se rapproche des bitumes. Dans ce cas elle se fond facilement et ne laisse qu'un charbon boursouflé, très-léger, qui ne produit pas de chaleur.

Le lignite se présente quelquefois sous la forme de branches d'arbres, qui, à l'intérieur, offrent le tissu ligneux des conifères ou des dicotylédones; mais les grandes masses sont compactes ou schistoïdes, sans aucune apparence de tissu organique: la matière présente alors une certaine analogie extérieure avec la houille, dont elle diffère cependant par moins d'éclat.

§ 272. **Gisement; usage.** — Les débris organiques végétaux qui accompagnent les dépôts de lignites sont tout différents de ceux de la houille; les cryptogames vasculaires ont ici complètement disparu, et ce sont des bois de conifères qui composent uniquement la masse du combustible, dans laquelle on trouve souvent des bois parfaitement conservés; les impressions de feuilles, qui sont communes dans les argiles schisteuses, ont toutes un certain air de ressemblance avec celles de nos dicotylédones actuelles. On trouve dans les matières terreuses environnantes des débris de coquilles analogues à celles qui vivent dans nos eaux douces.

Ces combustibles commencent à se montrer dans les couches terreuses et sableuses qui préludent à la craie, § 476, note. Mais c'est surtout au-dessus qu'ils deviennent abondants, et forment des dépôts considérables à divers étages de la série et dans toutes les contrées de la terre. Il en existe une grande quantité en France, et qui s

exploités en divers lieux. Il s'en trouve quelques indices aux environs de Paris ; mais des dépôts étendus se présentent en divers points du département de l'Aisne, à Voreppe dans l'Isère, à Saint-Paul-et dans l'Ardèche, à Piolen en Vaucluse, à Gardanne et Roquevaire dans les Bouches-du-Rhône, à Sisteron et Forcalquier dans les Basses-Alpes, etc.

Ce combustible est encore très-précieux dans tous les points où il se trouve. Il donne plus de chaleur que le bois, et il peut être employé avec avantage pour chauffer et évaporer des liquides, pour la cuisson de la chaux et celle des poteries communes. Les variétés qui ne répandent pas de mauvaise odeur sont très-agréables pour le chauffage des appartements. On assure qu'il ne peut servir dans les fonderies, même en remplacement du bois.

Les variétés chargées de pyrite, comme celles du département de l'Aisne, sont employées pour la préparation de l'alun et du sulfate de fer ; les résidus de ces fabrications, ou les lignites mêmes, ont été appliqués à l'agriculture, sous le nom de *cendres rouges* et de *cendres noires*, et ont produit des résultats très-avantageux dans les terres stériles de la Champagne et de la Thiérache.

Le *jayet*, dont on a fait pendant longtemps des bijoux de deuil, et divers objets de fantaisie, n'est que du lignite compacte. C'était tout à Sainte-Colombe-sur-l'Hers, dans le département de l'Aude, qu'on le travaillait ; il y occupait 1000 à 1200 ouvriers. L'emploi des bijoux d'acier bronzé a perdu cette industrie.

Bitumes. Matières résineuses.

§ 273. **Caractères des bitumes.** — On nomme *bitumes* des matières glutineuses, visqueuses, ou sèches et fragiles, ordinairement brunes ou noires, qui se fondent assez facilement, les unes à 400 degrés ou même au-dessous, les autres à une température plus élevée. On les désigne, d'après la consistance, sous les noms de *goudron minéral*, *poix minérale*, *pisasphalte*, et *asphalte*, espèce la plus sèche.

L'asphalte pur est insoluble dans l'alcool ; les autres bitumes sont partie solubles, partie insolubles. La plupart sont attaqués par l'éther ou par l'essence de térébenthine ; ils laissent souvent alors pour résidu des matières charbonneuses, ou une autre matière bitumineuse inattaquable, dont le point de fusion est différent.

À la distillation, tous les bitumes mous donnent des huiles volatiles plus ou moins salées par des matières entraînées, et qu'on peut épurer par de nouvelles opérations. Elles deviennent alors plus ou moins limpides et ne présentent plus qu'un carbure d'hydrogène.

On trouve pour résidu tantôt un charbon brillant très-boursoufflé, tantôt un bitume sec, oxygéné, analogue à l'asphalte.

Les bitumes paraissent donc être des mélanges en toutes proportions de carbure d'hydrogène huileux, plus ou moins abondant, avec des composés formés de carbone, hydrogène et oxygène, dont les uns sont analogues à l'asphalte, qu'on trouve quelquefois pur, et dont les autres ont quelques rapports avec le combustible charbonneux précédent. Quand ces derniers dominent, la matière bitumineuse se rapproche de la houille sèche et du lignite.

On commence à trouver des bitumes en globules dans les dépôts sédimentaires siluriens; mais il s'en présente ensuite dans tous les sédiments postérieurs, où ils deviennent de plus en plus abondants, et dans les dépôts qui recouvrent la craie, où ils se trouvent en très-grande quantité. Dans les parties les plus anciennes ils se présentent surtout en petits nids, ou en petits mamelons dans les filons métallifères qui traversent le terrain; plus haut ils imprègnent, en quantités plus ou moins considérables, soit les matières schisteuses du terrain houiller, soit divers dépôts analogues qui se trouvent au-dessus. Dans les formations jurassiques et crétacées, ils se trouvent mélangés avec des calcaires en couches plus ou moins puissantes; dans les dépôts postérieurs, ils imprègnent des matières arénacées. Souvent de l'intérieur de la terre il sort des sources de bitume, ou des eaux à la surface desquelles cette matière se rassemble; le lac Asphaltite est depuis longtemps connu par la quantité de bitume qu'on récolte à sa surface; il en est de même des étangs bitumineux de l'île de Zante décrits par les anciens.

La France possède un assez grand nombre de dépôts bitumineux; il s'en trouve dans les tufs basaltiques en Auvergne, dans les sables tertiaires à Gabian près de Pézenas, à Lobsann et Beschelbrunn dans le Bas-Rhin, dans les dépôts crétacés supérieurs à Orthez et Caupenne près de Dax, à Seyssel près de la porte du Rhône dans l'Isère, etc. Il s'en trouve de même une grande quantité en Suisse, dans différentes parties de l'Allemagne, de la Pologne, de la Russie, etc., et dans toutes les parties du monde.

Les différentes sortes de bitumes sont employées à divers usages. Ceux qui sont naturellement huileux, plus ou moins visqueux, comme à Beschelbrunn et dans un grand nombre de lieux de l'Allemagne, sont employés immédiatement pour graisser les voitures, pour enduire les cordages et tous les agrès de la marine, comme le goudron végétal artificiel. On mélange les bitumes avec des calcaires en poudre, avec des sables, des graviers, pour le dallage des trottoirs, des terrasses, pour des tuyaux de conduite, des réservoirs, etc.

On en imprègne des toiles pour faire des couvertures légères; on les fait entrer dans certains vernis dont on couvre le fer pour le préserver de la rouille; on s'en sert pour des peintures grossières qui sont très-solides, etc.

Les anciens Égyptiens se sont servis du bitume du lac Asphaltite pour embaumer les corps et en faire ce qu'on nomme des *momies*, expression qui rappelle le *moum* des Persans, espèce de naphte, § 273, très-odorant et fort renommé. C'est ce mot *momie* ou *moum* qui a valu au bitume le nom de *baume de momie*. On nomme aussi *momie* une couleur brune qu'on tire de cette substance.

§ 274. *Matières résineuses.* — Ce sont, comme l'asphalte pur, des matières formées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, qui sont fusibles, qui brûlent avec une odeur tantôt aromatique, tantôt fétide, et qui ont de l'analogie avec les résines ordinaires.

Le *Succin* ou *ambre jaune* est la plus remarquable et la plus répandue de ces matières. C'est une substance jaunâtre, rougeâtre ou brunâtre, tantôt transparente, tantôt opaque, qui renferme quelquefois des insectes, des débris de plantes, etc., comme les résines qui découlent encore de nos arbres conifères.

Plusieurs des variétés donnent à la distillation des aiguilles cristallines, qui sont de l'*acide succinique*; mais il en est d'autres qui n'en donnent pas. Il en est qui sont insolubles dans l'alcool; d'autres qui s'y dissolvent en partie. Toutes sont plus ou moins solubles dans l'éther ou dans l'essence de térébenthine.

On a nommé *Rétina asphalté* une matière analogue, attaquable en partie par l'alcool, et qui donne pour résidu une sorte d'asphalte. Il y a encore diverses autres matières résineuses généralement peu étudiées qu'on range à la suite du succin.

Toutes ces matières appartiennent à des dépôts sédimentaires assez modernes; souvent elles se trouvent avec les lignites, ou dans les matières terreuses qui les renferment.

Le succin est employé comme objet d'ornement. A diverses époques on l'a taillé en perles à facettes, dont on faisait des colliers. Dans le Levant il est encore très-estimé; on en fait des chapelets pour les musulmans, des poignées de couteaux et de poignards, des embouchures de pipes, etc. Il sert à la préparation de l'acide succinique, et pour la confection de certains vernis gras, auxquels il donne beaucoup d'éclat et de solidité.

C'est surtout sur les bords de la Baltique qu'on recueille le succin; il est arraché par les ruisseaux et par la mer même, aux terrains sableux qui s'étendent de Memel à Dantzig, et on le récolte sur la côte; on cherche aussi les dépôts de lignite qui le renferment.

Carbures d'hydrogène divers.

§ 275. Nous réunissons ici des corps qui ne renferment que du carbone et de l'hydrogène, et dont la composition est à peu près la même (86 carb., 14 hyd.), quoique les caractères physiques soient tout à fait différents.

§ 276. *Matérite*. — Cette substance, nommée aussi *bitume élastique*, offre une grande analogie avec la gomme élastique ou caoutchouc, qui est composée de même. Elle renferme le plus souvent une huile qui la rend adhérente aux doigts, et qui s'en sépare à la température de l'eau bouillante, ou par l'action de l'alcool bouillant. Ce minéral a été observé d'abord dans les mines de plomb du Derbyshire, où il est accompagné de matières résineuses, quelquefois de bitume en globules, puis dans les dépôts charbonneux de Montrelais en Bretagne et dans diverses localités.

§ 277. *Onocérite*. — Les matières grasses, plus ou moins fusibles, blanchâtres, jaunâtres ou brunes, qu'on a nommées *cire fossile*, *azocérite*, *hatchétine*, *scheerérite*, ont toutes plus ou moins d'analogie avec la *parafine* qu'on obtient du goudron. Elles se trouvent à Slanick en Moldavie, Truskavictz en Gallicie, Zicnitzka en Moravie, Gresten, près de Gaming, en Autriche, Usnac en Suisse, etc., dans le voisinage des dépôts charbonneux, quelquefois dans le combustible même. On en a extrait en assez grande quantité dans quelques localités pour en faire des bougies.

§ 278. *Naphte et pétrole*. — Nous ne connaissons dans le règne minéral qu'un carbure liquide naturel, c'est le *naphte*, matière très-volatile, d'une odeur pénétrante particulière, qui par distillation peut être obtenue sous forme de liqueur jaunâtre transparente, où l'on trouve encore la composition précédente.

Dans la nature, le naphte est toujours souillé par des matières étrangères qui le colorent en brun plus ou moins foncé, et il porte alors le nom de *pétrole*. Il appartient encore à des dépôts de sédiment assez modernes, ou du moins il les traverse souvent pour arriver à la surface de la terre. En France, on n'en connaît qu'au village de Gabian près de Pézenas; mais il se trouve en assez grande quantité dans le duché de Parme, et sur toute la pente des Apennins, dans le Modenais; il en existe une immense quantité sur les bords de la mer Caspienne, en Perse et en Chine.

Cette matière est utilisée pour l'éclairage dans les divers lieux où elle se trouve assez abondamment; c'est ainsi que le pétrole du village d'*Ammiano* est employé pour l'éclairage de la ville de Parme;

en Perse, le peuple ne se sert que de pétrole pour se procurer de la lumière, depuis Mossul jusqu'à Bagdad. On le regarde aussi dans toute cette contrée comme un spécifique puissant contre les douleurs rhumatismales. Quelques variétés pures, qu'on nomme *moum*, sont particulièrement recherchées comme un baume souverain pour les blessures les plus graves. Il est aussi employé comme vermifuge, et dans le midi de la France le *pétrole* ou *huile de Gabian* a sous ce rapport une grande renommée.

§ 279. **Grisou.** — Le gaz détonant des houillères est un carbure d'hydrogène gazeux qui se compose de 75 de carbone et de 25 d'hydrogène; mais il est souvent mélangé avec d'autres combinaisons des mêmes principes. Il brûle tranquillement, avec une flamme jaunâtre, tant qu'il n'est pas mêlé avec l'air atmosphérique; mais dans le cas contraire il détone avec violence. Il est moitié plus léger que l'air, et se tient dès lors à la partie supérieure des cavités souterraines. Les mineurs le désignent, en général, en France sous le nom de *grisou*, *brisou* ou *terrou*, et l'inflammation prend le nom de *feu grisou*.

Ce gaz est abondant à la surface de la terre. Dans certaines mines de houille, qui sont, en général, celles des meilleures qualités, il se dégage continuellement de la masse de combustible; il y a des couches dans lesquelles il existe en si grande quantité, qu'il suffit d'y percer un trou pour en provoquer un jet violent, continu, que dans quelques endroits les mineurs tiennent toujours allumé pour s'en débarrasser. Il se dégage en outre dans un grand nombre de lieux de l'intérieur de la terre, tantôt par les fissures de diverses couches solides, tantôt à travers les pores des matières sableuses, ou enfin à travers l'eau des marais qui recouvrent ces terrains. Quelquefois il se dégage seul, mais souvent il est mélangé de pétrole plus ou moins épais et de bitume. Ailleurs il sort avec une grande quantité d'argile délayée par l'eau, et souvent imprégnée de sel marin, ce qui a fait donner à ces sources le nom de *salzes*. Il y en a qui vomissent ou ont vomi une grande quantité de matières terreuses dont l'accumulation a formé des cônes, du sommet desquels il en sort encore assez communément. On a donné alors à ces phénomènes le nom de *volcans vaseux*, *volcans de boues*. Lorsque ces jets de gaz, de pétrole et de bitume se trouvent accidentellement enflammés, ils continuent à brûler pendant plus ou moins de temps, jusqu'à ce que de grandes averses, de grands coups de vent viennent les éteindre. Il en résulte ce qu'on nomme les *feux naturels*, les *fontaines ardentes*, etc. La chaleur est assez forte pour calciner le terrain, et former en diverses localités de grands espaces

arides, privés de toute végétation. Il y a de ces feux qui brûlent depuis les temps les plus anciens ; tels sont ceux du mont Chimère, sur les côtes de l'Asie Mineure, cités par Pline et reconnus de nouveau, en 1844, par le capitaine Beaufort. Le plus souvent c'est par les fentes de la terre que le gaz et les flammes s'échappent ; mais quelquefois il en sort par l'orifice des cavernes, comme auprès de Cumana, où M. de Humboldt a vu parfois les flammes s'élever à plus de 30 mètres.

Ces sources d'hydrogène carboné sont assez communes à la surface du globe ; il en existe un grand nombre au pied des Apennins, dans le Parmesan, le Modenais, le Bolognais. C'est là que se trouvent les feux de Velleja, de Pietra Mala, de Barigazzo, etc., qui sont les plus connus, et un grand nombre de salzes plus ou moins puissantes. Il existe aussi des salzes considérables en Sicile, entre Arragona et Girgenti, où on les nomme *Maccalubes* ; mais c'est surtout autour de la mer Caspienne, particulièrement près de Bakou, que les phénomènes se présentent en grand, et on les cite également sur une grande échelle dans l'Hindoustan : il suffit, dans ces localités, de percer un trou d'un mètre ou deux de profondeur pour se procurer des jets de gaz.

Les lieux de l'Asie où se dégagent ainsi des matières inflammables ou enflammées, ont été en grande vénération parmi les adorateurs du feu, et le sont encore pour un petit nombre de *Parsis* ou *Guèbres*, dont quelques-uns se sont établis pour cela autour de Bakou, lieu saint, d'où ils expédient du gaz en bouteille à leurs coreligionnaires de la Perse et de l'Indoustan. Généralement on utilise ces feux naturels pour la cuisson de la chaux, des briques, des poteries, pour l'évaporation des liquides. Dans quelques contrées le peuple les emploie pour faire cuire ses aliments, et souvent il provoque le dégagement du gaz, qu'il enflamme ensuite, par des trous plus ou moins profonds.

§ 280. *Lampe de sûreté.* — L'inflammation de l'hydrogène carboné mélangé d'air atmosphérique, dans l'intérieur des mines, produisant des explosions excessivement dangereuses pour les ouvriers. Il est de la plus haute importance de se débarrasser de cette matière, ce à quoi on parvient en partie par un bon système d'aération. Cependant il s'en accumule toujours dans certaines parties moins aérées que les autres, et il ne faut y pénétrer avec des lumières qu'en prenant les plus grandes précautions. Davy, célèbre chimiste anglais, est parvenu, après de savantes recherches, à construire une lampe capable de préserver de tout accident, et qu'on nomme *lampe de sûreté* : c'est une lampe à l'huile, dont la flamme est entourée de tous

côtés par une toile métallique. Davy a fait voir qu'en enflammant un mélange détonant enfermé dans une telle enveloppe, la flamme ne pouvait se communiquer au dehors; par conséquent un tel appareil peut être porté dans les mines les plus infectées de grisou sans craindre aucun accident.

Ce savant, à la suite de nouvelles recherches, a ajouté un perfectionnement important, en mettant une spirale de platine à 4 ou 5 centimètres au-dessus de la mèche. Ce métal, échauffé, a la propriété de devenir incandescent dans des mélanges détonants formés en certaines proportions; de sorte que quand on arrive avec une telle lampe dans un endroit où le gaz est assez abondant pour l'éteindre, le fil devient tout à coup lumineux, et répand assez de lumière pour permettre à l'ouvrier de se retirer. Il y a plus : lorsque le mineur est revenu dans une partie où le gaz et l'air atmosphérique se trouvent en proportions convenables, le fil incandescent détermine une inflammation dans l'intérieur de la lampe, et le gaz enflammé rallume la mèche.

Bois altéré et tourbe.

§ 281. *Mots altéré.* — Outre le lignite proprement dit, où l'on observe des caractères qui se rapprochent de ceux de la houille, on trouve fréquemment des bois qui conservent tout le tissu ligneux, qui s'allument et brûlent comme les bois ordinaires, avec dégagement d'une fumée piquante qui fatigue les yeux, ayant quelquefois une odeur bitumineuse ou une odeur fétide, plus rarement une odeur balsamique.

Ces bois se trouvent quelquefois dans le même gisement que le lignite; mais le plus souvent ils forment des dépôts particuliers dans les terrains les plus modernes, et constituent ce qu'on a appelé des *forêts sous-marines*; on les a quelquefois employés pour la charpente comme le bois ordinaire, ou bien comme combustible.

La *terre de Cologne* est une autre altération des bois enfouis dans le sein de la terre; elle est à l'état terreux, et se réduit facilement en poudre par le dessèchement; elle brûle sans flamme, comme le bois pourri, et sans fumée. C'est encore une matière importante comme combustible dans les environs de Cologne, où elle forme des dépôts considérables de 42 à 43 mètres d'épaisseur, étendus sur plusieurs lieues, et dans lesquels on reconnaît des conifères et des palmiers qu'on observe encore debout comme sur la place même où ils ont vécu. On l'exploite activement et on la moule, après l'avoir humectée, pour la transporter plus facilement. Il s'en fait une grande

consommation dans le pays. Les cendres qui en proviennent sont recherchées pour l'agriculture ; on les transporte jusqu'en Hollande, et sur les exploitations on brûle même le combustible tout exprès pour cet objet.

§ 282. **Tourbe.** — On nomme *tourbe* une matière brune, plus ou moins foncée, qui se forme sous les eaux par l'accumulation et l'altération de diverses plantes. Elle est homogène et compacte dans les parties inférieures du dépôt, grossière et remplie de débris visibles d'herbes diverses dans les parties supérieures. Elle brûle facilement, avec ou sans flamme, en donnant une odeur particulière. A la distillation, il s'en dégage de l'eau chargée d'acide acétique, une matière huileuse et des gaz.

La tourbe est formée par l'accumulation des plantes aquatiques, et particulièrement par les sphaignes et les conferves, qui sont toujours submergées : il s'en fait encore journellement dans nos marais. Cette matière couvre quelquefois des espaces immenses dans les parties basses de nos continents, remplissant les bas-fonds des larges vallées dont la pente peu considérable empêche l'écoulement des eaux. Souvent ces dépôts sont encore couverts d'eau ; mais dans divers lieux ils sont à sec, et il s'est formé au-dessus d'eux des couches de sable et de limon qui ont suffi pour donner naissance à de belles prairies.

Les plus grandes tourbières de France sont celles de la vallée de la Somme, entre Amiens et Abbeville. Il y en a aussi de considérables dans les environs de Beauvais, dans la vallée de l'Ourcq, dans les environs de Dieuze. Il y en a en exploitation dans la vallée d'Essonne, près de Paris. La plupart des belles prairies de la Normandie sont sur la tourbe. La Hollande, qui n'a pas d'autre combustible, en renferme une grande quantité, ainsi que la Westphalie, le Hanovre, la Prusse et la Silésie.

La tourbe est encore un combustible précieux dans toutes les contrées où elle se trouve, et elle y est exploitée avec activité ; il s'en extrait pour plus de 3 millions en France. On l'emploie à tous les usages auxquels le bois lui-même pourrait servir. On la carbonise aussi dans des fourneaux construits à cet effet, et elle produit un charbon plus durable que le charbon de bois, qui sert souvent avec avantage à tous les usages auxquels celui-ci peut être employé.

Acide carbonique.

§ 283. Corps gazeux, incolore, inodore, non inflammable, soluble dans l'eau, à laquelle il communique une saveur aigrelette, la

propriété de mousser, celle de précipiter par l'eau de chaux, comme aussi de redissoudre le carbonate de cette base, etc.

Ce gaz se trouve à l'état libre au fond des puits, dans les mines abandonnées, dans l'intérieur de quelques cavernes naturelles, telles que les *Estouffis* des environs de Clermont en Auvergne, la grotte d'Aubenas dans l'Ardèche, la moufette de Pérault près de Montpellier, la grotte du Chien près de Naples, plusieurs des *mol-fette* de la Campanie, les cavernes de Bolsena dans les États Romains, l'autre de Typhon en Cilicie, etc. C'est du sol de ces cavernes que le gaz s'échappe ordinairement, et il suffit d'y remuer la terre pour qu'il s'en dégage souvent en quantité prodigieuse : c'est ce qui arrive fréquemment autour de Clermont en Auvergne, lorsqu'on creuse dans les masses de pouzzolanes que les anciens volcans y ont accumulées. Il s'en dégage souvent en quantité immense des cratères volcaniques éteints, comme au volcan de Pasto dans la contrée de Quito, ou des anciennes solfatares, comme à Java, dans la vallée du Poison ou *Guevo-Upas*, où tout être vivant est immédiatement asphyxié.

Le gaz acide carbonique est fréquemment dissous dans les eaux, et en quantité beaucoup plus grande que ne le comporte la pression ordinaire de l'atmosphère. Il en résulte des *eaux minérales gazeuses* qu'on trouve dans un grand nombre de lieux, et particulièrement dans le pays de Nassau où elles sont très-abondantes et remarquables par leur pureté. Elles sont connues sous le nom d'*eau de Seltz*, de celui d'une petite ville sur le Rhin qui en est l'entrepôt. Non-seulement il y a des eaux froides chargées de cet acide, mais encore beaucoup d'eaux chaudes ; telles sont celles de Vichy et du Mont-Dore en Auvergne, de Vals dans l'Ardèche, qui ont jusqu'à 55° ; de Wiesbaden, près de Mayence, qui vont à 68°, etc.

§ 284. *Sels organiques.* — Parmi les sels organiques, le *guano* est la seule matière qui ait quelque importance ; elle est le résultat de l'accumulation de la fiente d'une multitude innombrable d'oiseaux qui fréquentent les îles qu'on trouve sur les côtes du Pérou. Elle y forme des dépôts qui ont jusqu'à 50 et 60 pieds d'épaisseur sur une étendue très-considérable : on assure qu'on en a trouvé également dans les îles de l'Amérique du Nord.

Le guano est exploité comme un engrais précieux, et c'est à cette matière que les côtes stériles du Pérou doivent la fertilité qu'on leur procure par le travail. On en a transporté jusqu'en France dans ces derniers temps, où malheureusement on l'a souvent falsifié par des mélanges de diverses matières étrangères.

Carbonates.

§ 285. **Caractères généraux.** — Les carbonates sont faciles à reconnaître en ce qu'ils font toujours effervescence avec l'acide azotique, soit à froid, soit à chaud.

A l'exception de trois espèces, tous ces corps sont des bicarbonates, où l'acide renferme deux fois l'oxygène de la base; les uns sont simples, les autres composés de diverses manières; il en est qui sont anhydres, d'autres hydratés, ou hydratifères.

Les carbonates anhydres, tous de même formule, se partagent en deux groupes à chacun desquels se rattachent des carbonates doubles ou sulfatifères. Les uns appartiennent au système rhomboédrique, les autres au système prismatique droit rectangulaire; mais à la tête de chacune de ces divisions se trouve le carbonate de chaux, qui présente les deux formes, et semble indiquer qu'il y a là un exemple en grand de dimorphisme.

Les carbonates rhomboédriques cristallisés ont entre eux les plus grands rapports par tous les caractères extérieurs; et tellement, que pendant longtemps la plupart ont été confondus en une seule espèce. L'analogie se soutient jusque dans les variétés de structures; en sorte que les carbonates de chaux, de fer, de manganeuse, etc., qui n'ont point été altérés, ne peuvent en aucune manière se distinguer à l'œil. Tous ces carbonates sont susceptibles de clivages, et donnent pour résultats des rhomboèdres fort rapprochés les uns des autres; savoir :

Diagénite. Rhomboèdre de	103°	et 77° ?
Calcaire	103° 5'	et 74° 55'
Dolomie ¹	106° 15'	et 73° 45'
Sidérose	107°	et 73°
Giobertite	107° 25'	et 72° 35'
Smithsonite	107° 40'	et 72° 20'

Les carbonates prismatiques présentent des circonstances analogues. Aucun de ceux que nous connaissons n'est susceptible de clivage; mais dans toute leur manière d'être, ils ont la plus grande analogie, soit sous le rapport des groupements, § 54, soit sous le

¹ L'angle de la dolomie est précisément la moyenne entre l'angle de 105° 5' du carbonate de chaux et 107° 25' du carbonate de magnésie; or la dolomie est formée de 1 atome de l'un et 1 atome de l'autre. Cette moyenne, proportionnelle aux nombres atomiques, se soutient dans toutes les réunions cristallines de plusieurs corps que j'ai pu examiner.

rapport des cristaux, qui peuvent tous être rapportés à des prismes rhomboïdaux très-rapprochés : savoir :

Aragonite. Prisme rhomboidal de.....	116° 5' et 63° 55'
Céruse.....	117° et 63°
Strontianite.....	117° 32' et 62° 28'
Withérite.....	118° 57' et 61° 3'.

De tous les carbonates, il n'y en a qu'un petit nombre qui puissent nous intéresser spécialement : ce sont, d'un côté, ceux qui sont abondants à la surface du globe ; de l'autre, ceux qui sont importants comme minerais métalliques ou comme matières éminemment utiles dans certaines industries. Tous les autres sont des substances accidentelles des gîtes métallifères dont il suffit en quelque sorte de connaître l'existence.

Calcaire. — *Chaux carbonatée, spath d'Islande.*

§ 236. **Caractères.** — Corps donnant de la chaux vive par calcination, sans gonflement ni décrépitation ; soluble avec une vive effervescence dans l'acide azotique ; solution précipitant abondamment par l'oxalate d'ammoniaque, peu ou point par les autres réactifs. Poids spécifique, 2,72. Réfraction double, à un seul axe républic. Dureté peu considérable, la matière se rayant très-facilement par une pointe d'acier.

Cette substance est une des plus remarquables sous le rapport de la cristallisation. Elle réalise à elle seule tout ce que peut offrir le système rhomboédrique, § 25 à 27, 41 : des rhomboèdres de toute espèce, depuis les plus obtus jusqu'aux plus aigus ; des scalénoèdres de tous les genres de dérivation, obtus ou aigus ; des dodécaèdres à triangles isocèles, et des prismes à bases d'hexagones réguliers. Tous ces genres de formes sont modifiés de toutes les manières, et réunis les uns avec les autres sous toutes les combinaisons imaginables. Il s'y trouve aussi des groupes de toute espèce de cristaux deux à deux, § 54, de rhomboèdres, de dodécaèdres et de leurs combinaisons.

Le carbonate de chaux ne présente pas des formes accidentelles moins variées que les formes régulières. Tous les genres d'oblitération des cristaux, tous les groupements irréguliers, les stalactites et stalagmites, ou les configurations panniformes, les concrétions pisiformes, les rognons, les incrustations sur des plantes, sur toute espèce de corps, ou dans les aqueducs ; les pseudomorphoses de bois, de coquilles et de madrépores ; les polyèdres par retrait ; toutes les

formes accidentelles enfin, se trouvent dans cette substance, qui à elle seule offre en quelque sorte tous les exemples de modification de la matière par les circonstances extérieures : § 60 à 71.

Sa structure est également très-variée, et l'on trouve le calcaire en masses laminaires susceptibles de se cliver en plaques plus ou moins épaisses; en masses lamellaires, à grandes ou à petites lames, bacillaires, fibreuses, compactes ou terreuses. Les variétés en grands dépôts renferment souvent des matières étrangères, tantôt plus ou moins cristallines, tantôt terreuses, disséminées par paquets, ou répandues uniformément dans toute la masse, et lui donnant des couleurs de toute espèce. Les variétés mélangées d'argile se nomment *marnes*, et on les distingue en *marne calcaire*, où le mélange est peu considérable, et en *marne argileuse*, où au contraire la matière étrangère est en grande quantité.

§ 287. **Gisement.** — Le calcaire est la matière la plus répandue à la surface du globe, et celle qui constitue la plus grande partie de nos continents. Appartenant essentiellement aux formations sédimentaires, il se trouve en dépôts immenses à tous les étages de la série, depuis les dépôts siluriens jusqu'aux formations les plus récentes, § 476, note. Tantôt il compose des couches plus ou moins puissantes qui alternent avec des dépôts divers, arénacés ou argileux, tantôt il forme des montagnes et même des chaînes entières. Quelques-uns de ces grands dépôts se distinguent par le mode d'aggrégation de leurs particules, les uns ayant une structure compacte, les autres étant terreux et plus ou moins grossiers. Tous sont remplis de débris organiques dont la nature varie considérablement des plus anciens aux plus modernes, et qui fournissent des caractères importants pour les distinguer les uns des autres, même dans les collections (voy. la *Géologie*).

Dans les formations inférieures on trouve, en général, des calcaires compactes, le plus souvent de couleur sombre; plus haut, les teintes deviennent plus claires, et le plus souvent la texture est moins serrée, l'aspect généralement plus grossier. Dans les formations jurassiques, les parties compactes alternent avec des dépôts oolitiques. Dans la formation de craie, les matières, ordinairement terreuses, présentent plusieurs divisions qu'on distingue en *craie blanche*, qui est la plus pure; en *craie tuffeau*, qui offre quelquefois assez de solidité pour servir de pierre à bâtir; et en *craie chloritée*, remarquable par la quantité de petits grains verts qui s'y trouvent mélangés. Au-dessus, les dépôts plus ou moins consistants deviennent tout à fait grossiers, à texture lâche, et souvent mêlés de sable dans la plus grande partie de leur étendue.

Les débris organiques, dont le plus grand nombre ont appartenu aux mollusques, présentent le plus souvent des formes complètement étrangères à celles des êtres qui vivent aujourd'hui. Ce n'est qu'après la craie qu'ils se rapprochent de ceux de notre époque, avec lesquels ils deviennent même tout à fait identiques dans les couches les plus modernes. Les genres ou les espèces varient le plus souvent d'un dépôt à l'autre; c'est-à-dire que ceux d'une certaine époque disparaissent à la suivante, et font place à d'autres qui se perdent à leur tour. La plupart sont des débris marins, souvent accumulés par milliers, et composant à eux seuls des dépôts immenses; mais il y en a beaucoup aussi des eaux douces, ordinairement disséminés dans une pâte calcaire, compacte ou terreuse. Ceux-ci se montrent déjà dans les terrains houillers, mais ils ne deviennent abondants qu'après la formation jurassique, et surtout après la craie, dans les terrains tertiaires.

Un fait important à remarquer, c'est que quand les divers dépôts calcaires dont nous venons de donner une idée générale se trouvent rapprochés des produits de cristallisation, et surtout entremêlés avec eux, ils prennent des caractères entièrement différents de ceux qu'ils offrent partout ailleurs. Les débris organiques se trouvent souvent alors entièrement détruits; l'état compacte ou même terreux fait place à divers états plus ou moins cristallins, lamellaires ou saccharoïdes, en même temps que les argiles et les grès qui séparent ailleurs les diverses couches deviennent des schistes argileux, des micaschistes, des quartz schisteux, etc. Les teintes sombres ou pâles sont remplacées par des teintes vives, tantôt uniformes, tantôt entremêlées. Des matières nouvelles s'introduisent dans la masse par veines, par paquets ou disséminées, etc., toutes circonstances du plus haut intérêt pour la géologie, et sur lesquelles nous devons revenir plus tard.

Tufs calcaires. — Indépendamment des dépôts continus qui, se succédant d'âge en âge, ont formé la série sédimentaire, le calcaire se trouve çà et là en dépôts adventifs produits par des sources, et dont quelques-uns s'accroissent encore de nos jours. Ce sont les *tufs calcaires*, qu'on trouve en un grand nombre de lieux différents, et qui ont formé quelquefois des dépôts immenses. Ils renferment presque toujours des débris organiques, particulièrement des végétaux qui vivent dans les environs, et quelquefois des coquilles fluviatiles et terrestres.

C'est dans des eaux calcarifères que se forment les pisolites, § 64, et par les infiltrations que sont produites les stalactites qui encombrant souvent les cavités souterraines des pays calcaires, dont quel-

ques-unes ont une grande célébrité ; telles sont la grotte d'Antiparos dans l'archipel Grec, la grotte d'Auxelle en Franche-Comté, celle de Pool's Hole en Derbyshire, etc.

§ 288. **Situation géographique.** — Toutes les contrées de la terre offrent des dépôts plus ou moins considérables des diverses sortes de calcaires. La plus grande partie du sol de la France en est formée. Les dépôts tertiaires, comprenant des calcaires grossiers marins et des calcaires fluviatiles, couvrent ce qu'on appelait l'Ile-de-France et l'Orléanais, ainsi que la Touraine, la Guienne et la Gascogne, jusqu'au pied des Pyrénées. Beaucoup de calcaires fluviatiles se retrouvent en outre, par lambeaux, dans l'Auvergne, dans le Cantal, dans le Languedoc et la Provence.

La craie qui entoure le grand dépôt parisien se prolonge dans la Champagne, la Picardie, l'Artois ; constitue toutes les falaises depuis Calais jusqu'à Honfleur, et se retrouve également sur les côtes d'Angleterre. Elle se continue dans le Maine, la Touraine, une partie du Berri, du Poitou ; se retrouve dans l'Angoumois, la Saintonge et la partie méridionale du Périgord, et en Provence.

Les autres calcaires, et plus particulièrement ceux de la formation jurassique, qui couvrent la Franche-Comté et la Bourgogne, constituent la plus grande partie du reste de la France, où ils sont limités par les terrains cristallins des Ardennes, des Vosges, des Alpes, du Dauphiné, des Pyrénées, de la Bretagne ; ils entourent de tous côtés le groupe cristallin qui constitue le Limousin, l'Auvergne, le Lyonnais et une partie du Languedoc.

C'est dans le Dauphiné et tout autour des Alpes, ainsi que dans les Pyrénées, que se trouvent surtout les dépôts modifiés plus ou moins profondément par la présence des terrains cristallins.

§ 289. **Usages. Pierre à bâtir.** — Le calcaire est une matière d'un usage journalier. D'abord, comme pierre à bâtir, il présente le grand avantage de se laisser tailler facilement et de conserver néanmoins les arêtes, les moulures et les ornements les plus délicats. Cependant il y a beaucoup de choix à faire : la craie est le plus souvent trop tendre ; les variétés lamellaires, simples ou micacées, résistent peu à la charge ; beaucoup de calcaires compactes sont secs, suivant le terme reçu, et d'ailleurs sont fréquemment remplis de fissures qui leur ôtent beaucoup de solidité. Les variétés qui conviennent le mieux sont celles qui sont compactes, à cassure inégale, plate ou irrégulière, qui sont mates et souvent ont quelque chose de terreux. On en trouve d'excellentes sous ce rapport dans les formations analogues à celles de Paris et dans les dépôts jurassiques : *ce sont ces formations qui ont fourni des matériaux à la plupart des*

monuments du monde civilisé. On emploie quelquefois aussi les tufs calcaires, et à cet égard on peut citer surtout ceux des États Romains, connus sous le nom de *travertins*, employés dans une grande partie de l'Italie, et dont, en cette contrée, tous les monuments antiques, aussi bien que la plupart des monuments modernes, se trouvent formés.

Pierres gélives. — Il y a des pierres qui ne peuvent rester exposées aux intempéries de l'air sans se désagréger plus ou moins promptement et tomber en fragments ou en poussière : ce sont surtout les variétés susceptibles de s'imbiber lentement d'eau que les gelées viennent surprendre avant qu'elle ait pu s'évaporer, et qui, augmentant alors de volume en se consolidant, fait éclater la masse. Ces variétés se nomment *pierres gélives*, et l'on conçoit qu'il faut en éviter soigneusement l'emploi.

On a proposé, pour connaître d'avance si une pierre est gélive ou non, d'en plonger un morceau dans une solution saline et de le retirer après l'imbibition. Le sel, en cristallisant dans l'intérieur et augmentant alors de volume, produit l'effet de la congélation de l'eau ; et si la pierre résiste à l'épreuve, on doit être certain qu'elle résistera de même aux intempéries de l'air. Cet essai, décisif pour faire un excellent choix, a cependant l'inconvénient de faire rejeter quelquefois de très-bons matériaux, parce qu'il n'y a pas parité entre une solution saline qui laisse nécessairement un corps dans la pierre et l'eau pure qui s'évapore sans rien laisser derrière elle. Certaines pierres poreuses ne résistent pas à l'épreuve que nous venons d'indiquer, et cependant ne se désagrègent jamais à l'air, parce que l'eau dont elles se sont imbibées se dégage aussi rapidement qu'elle peut pénétrer.

Chaux et mortiers. — La calcination du calcaire produit la *chaux*, matière très-importante pour la préparation des *mortiers*. Mais il faut encore distinguer avec soin les variétés sous ce rapport : les calcaires les plus purs produisent ce qu'on appelle la *chaux grasse*, qui prend beaucoup d'eau à l'extinction, supporte une grande quantité de sable, et fournit par suite beaucoup de mortier ; mais cette chaux est très-lente à durcir à l'air, n'y prend jamais même une grande consistance, et ne durcit pas dans les lieux humides. Les calcaires mélangés de silicates alumineux, et principalement de silicates hydratés, produisent au contraire la *chaux maigre* ou la *chaux hydraulique*. Moins productive que la chaux grasse, en ce qu'elle absorbe beaucoup moins d'eau et supporte peu de sable, elle a l'avantage immense de durcir promptement à l'air et dans les endroits humides, et doit être employée lorsqu'on tient à la solidité

plutôt qu'à l'économie. La chaux hydraulique durcit même sous l'eau; circonstance qui la rend indispensable pour toutes les constructions hydrauliques, où les mortiers de chaux grasse se délayeraient complètement.

On ne trouve pas partout des calcaires capables de produire de la chaux maigre ou de la chaux hydraulique; mais on parvient à en faire artificiellement lorsqu'on peut se procurer de la craie ou des marnes calcaires susceptibles de se délayer à l'eau. On les réduit en bouillie épaisse, qu'on mélange avec des matières argileuses délayées ou des scories volcaniques, des scories de forges, des briques ou des poteries réduites en poudre fine; on fait alors des pains qu'on laisse sécher, et qu'on cuit ensuite comme le calcaire lui-même. Lorsqu'on n'a pas de calcaire délayable, on peut employer la chaux ordinaire de la localité, qu'on laisse éteindre à l'air: on en mêle ensuite la poussière avec des silicates argileux délayés ou broyés; on fait une pâte du tout avec un peu d'eau, et on forme comme précédemment des pains qu'on laisse sécher pour les recuire de nouveau. Ce procédé a l'inconvénient de la cherté à cause de la double cuisson.

§ 290. **marbres.** — On nomme *marbres* les variétés de calcaire à grains fins susceptibles de poli, et qui, par leur blancheur, ou par leurs couleurs plus ou moins vives, peuvent être employées à la décoration des édifices ou dans l'ameublement¹. Il en existe en quelque sorte partout, et principalement depuis les dépôts jurassiques jusqu'aux calcaires siluriens; c'est dans les parties de ces dépôts qui avoisinent les terrains de cristallisation que se trouvent en général les variétés les plus riches en couleurs et les plus agréablement nuancées de veines.

On distingue de nombreuses variétés de marbres, à chacune desquelles on donne un nom particulier; et il suffit souvent aux marbriers du moindre accident pour imposer un nom à quelques plaques débitées dans le même bloc que beaucoup d'autres. Les plus beaux marbres se nomment *marbres antiques*, expression qui, dans le principe, indiquait des matières dont les carrières étaient perdues, et qu'on tirait des anciens monuments, mais qui, dans l'état actuel, s'applique aux variétés choisies parmi celles qu'on exploite journellement. Cet amour d'antiquité a fait souvent ramener à grands frais d'Italie des marbres que les Romains y avaient transportés de France, et dont les carrières sont encore connues.

¹ Les *marbres durs* sont des granites ou des porphyres.

Parmi les nombreuses variétés de marbre qu'on a établies, il faut principalement distinguer les suivantes :

1° Les *marbres simples*, qui, pour être estimés, doivent être exactement unicolores et de couleurs nettement décidées. Ce sont les *marbres blancs* statulaires qui nous viennent aujourd'hui de Carrare, sur la côte de Gènes; les *marbres noirs* de Dinan, de Namur, etc.; les *marbres rouges*, parmi lesquels on distingue surtout la *griotte d'Italie*, qu'on exploite encore près de Narbonne en Languedoc; les *marbres jaunes*, qu'on nomme jaune antique ou jaune de Siègne, etc.

2° Les *marbres simples veinés*, dont il existe beaucoup de variétés de tous les fonds de couleur. Les dépôts calcaires de la Flandre sont depuis longtemps en possession de nous en fournir un grand nombre qu'on nomme *marbres de Flandre* et qu'on emploie très-fréquemment à Paris. Un des plus communs est le *Sainte-Anne*, à fond gris et veines blanches; mais il en existe de beaucoup plus agréables à fond brun et rouge, à fond bleuâtre, etc. Parmi les belles variétés qui proviennent de différents lieux, on distingue le *grand antique* à fond noir et veines blanches nettement tranchées; le *portor*, à fond noir et veines jaunes; le *bleu turquin* à fond bleuâtre et veines plus foncées, dont le plus beau provient de Carrare; le *languedoc*, qui vient de Narbonne, à fond rouge et grandes veines blanches ondulées, qu'on emploie surtout pour les décorations monumentales, etc.

3° Les *marbres-brèches*, qui ne sont souvent que des variétés de marbres veinés, dans lesquelles les veines coupent la masse de manière qu'elle semble composée de fragments réunis. Les plus renommés sont : le *grand deuil* et le *petit deuil*, qui offrent des éclats blancs sur un fond noir, et qu'on tire de l'Ariège, de l'Aude et des Basses-Pyrénées; la *brèche d'Aix*, ou *brèche de Tolonet*, à grands fragments jaunes et violets réunis par des veines noires, qu'on exploite à Aix en Provence; la *brèche violette*, à fond violet avec de grands éclats blancs, un des marbres les plus riches, qui provient de la côte de Gènes, mais dont les carrières sont depuis longtemps épuisées.

4° Les *marbres composés*, qui proviennent généralement des lieux où les dépôts de sédiment sont enclavés dans les terrains de cristallisation; ils renferment des matières étrangères distribuées par feuillets, par paquets, ou disséminées. On distingue principalement les *marbres cypolin* de la côte de Gènes, qui renferment du mica verdâtre disséminé dans une pâte blanchâtre et saccharoïde; les *marbres campan*, dans les Pyrénées, qui renferment des feuillets

ondulés de matières analogues de diverses couleurs dans des pâtes de calcaire compacte de diverses teintes. Enfin, les diverses variétés de *vert antique*, qui sont des marbres saccharoïdes, blancs ou verdâtres, mélangés de diallage et de serpentine (voyez les Silicates) de couleur verte. Certaines variétés offrent des marbres de la plus grande beauté pour la décoration des édifices, et qui proviennent en général de la côte de Gênes.

5° Les *marbres lumachelles*, qui renferment des coquilles, des madrépores, etc. On distingue surtout des variétés à fond noir sur lequel se dessinent des taches de calcaire blanc, dont chacune est une coquille; on en tire de la Flandre et des environs de Narbonne. Le *petit granite*, ou marbre des Écaussines, près de Mons, qui couvre la plupart de nos meubles, et qui est rempli d'encrinites, en est un exemple commun.

Albâtres. — Nous avons déjà parlé, § 231, des albâtres calcaires. Ils proviennent des dépôts de stalactites et de stalagmites qui remplissent les cavernes des pays calcaires. On recherche surtout ceux qui sont d'un blanc légèrement jaunâtre, d'une belle demi-transparence, avec des veines d'un blanc laiteux : c'est là l'albâtre oriental ou albâtre antique. Viennent ensuite les variétés jaunâtres, présentant des zones de diverses teintes qui ne tranchent pas trop sur la masse : c'est ce qu'on nomme *albâtre veiné*, *marbre onyx*, *marbre agate*, employés pour des revêtements de chapelle, des objets de grand luxe monumental.

§ 294. **Pierres lithographiques; marnes.** — Parlons d'applications plus humbles. La pierre lithographique est un calcaire compacte à grain fin et serré, capable de se laisser imbiber légèrement d'eau, et qui est fourni principalement par les dépôts jurassiques. Les pierres les plus renommées sont celles de Pappenheim, sur les bords du Danube, en Bavière; mais on en tire aussi de France, particulièrement de Châteauroux (Indre), de Belley (Ain), de Dijon, de Périgueux, etc.

Dans l'agriculture, les marnes, qui ont la propriété de se diviser facilement à l'air et de tomber en poussière, nous offrent des amendements extrêmement précieux, qu'il faut choisir suivant la nature du terrain : les marnes calcaires pour les terrains naturellement trop forts, et les marnes argileuses pour les terrains trop meubles. Il y a des marnes dans toutes les formations, mais particulièrement depuis les dépôts tertiaires jusqu'au calcaire conchylien; au-dessous, ce sont plutôt des argiles que des marnes.

Aragonite.

§ 292. L'aragonite est chimiquement le même carbonate de chaux que celui dont nous venons de parler, mais cristallisé dans le système prismatique rectangulaire non susceptible de clivages. Cette matière est alors à cassure vitreuse très-brillante; sa dureté est assez grande pour rayer fortement le calcaire. Au feu, l'aragonite cristallisée se délite et tombe en poussière; mais cette propriété diminue dans les variétés à fibres fines agglomérées, et disparaît complètement à mesure que les traces de cristallisation s'effacent: on retombe alors sur le calcaire ordinaire.

L'aragonite, qu'on trouve assez souvent en cristaux réguliers prismatiques à bases rhombes diversement modifiées, se présente plus fréquemment encore en cristaux groupés, comme ceux que nous avons indiqués fig. 253 à 262. C'est cette substance que l'on trouve le plus souvent sous la forme coralloïde, fig. 322; on la rencontre aussi en petites masses bacillaires, fibreuses, qui offrent des passages à l'état compacte et même terreux, où dès lors ce n'est plus que du carbonate de chaux ordinaire.

Cette substance se trouve principalement dans les gîtes de minerais de fer, dans les fentes des dépôts basaltiques et des roches serpentineuses, et en cristaux groupés dans les argiles gypseuses des dépôts salifères. Certains tufs calcaires, ceux de Vichy, par exemple, sont entièrement à l'état d'aragonite.

Dolomie.

§ 293. La dolomie a les plus grandes analogies avec le calcaire: seulement, le rhomboèdre de clivage est plus obtus, § 285. Le caractère distinctif le plus apparent est la lenteur de l'effervescence avec l'acide azotique, ce qu'elle a de commun avec la giobertite et la sidérose. La solution précipite d'abord abondamment à chaud par l'oxalate d'ammoniaque, puis elle se trouble de nouveau en refroidissant, et produit encore un précipité abondant. Le poids spécifique est 2,86 dans les variétés les plus pures.

Cette substance se trouve assez fréquemment en cristaux rhomboédres semblables à celui du clivage, qui sont toujours assez simples; on ne la connaît passés d'autres formes, si ce n'est à l'état de légers dépôts cristallins sur des cristaux de calcaire. Les formes accidentelles, à l'exception des variétés mamelonnées ou globulaires, manquent également, et c'est en masses finement granulaires

ou saccharoïdes, quelquefois compactes, qu'on la connaît principalement.

A l'état cristallin, la dolomie se trouve dans les gîtes métallifères, et c'est du Mexique que proviennent les plus belles variétés. En masses, sans offrir nulle part des dépôts très-étendus, elle se présente à peu près à tous les étages de formation. En Angleterre elle remplace entièrement le terrain pénéen, § 176, note, dont elle n'est qu'une légère partie accidentelle dans la Thuringe. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que le plus souvent elle présente des phénomènes de position où l'on reconnaît qu'elle doit son origine au métamorphisme des dépôts calcaires. Au Saint-Gothard elle forme des dépôts intercalés dans les micaschistes, § 172, note. Dans les Pyrénées elle se présente en amas adventifs, irréguliers et tuberculeux, au milieu des calcaires subordonnés au schiste argileux. En Tyrol on la voit partout au contact des porphyres pyroxéniques, et à distance elle fait corps avec les calcaires ordinaires. Dans l'Aveyron, au plateau de Larzac entouré et percé de basaltes, elle se montre en abondance, tandis que partout ailleurs dans les Cévennes on ne voit que les calcaires compactes du Jura.

Les diverses variétés sont à peu près sans emploi; on redoute même dans l'agriculture la chaux qui en provient, et ce n'est que depuis quelques années qu'on a reconnu que certaines variétés, mêlées de silicates, pouvaient donner des chaux hydrauliques, qui cependant n'ont pas la force qu'on a voulu leur attribuer.

Sidérose. — *Fer carbonaté, fer spathique, mine d'acier.*

§ 294. **Caractères.** — La sidérose, dont le poids spécifique va jusqu'à 3,84, présente encore peu de formes cristallines; on ne la connaît qu'en rhomboédres semblables à celui que produit le clivage, en petits rhomboédres aigus, en prismes hexagones, et fréquemment sous la forme lenticulaire. Elle se trouve souvent en rognons, en petits dépôts mamelonnés dans les cavités des roches basaltiques, et aussi sous la forme de tiges de plantes, ou avec des impressions de fougères, dans les grès houillers. Elle se présente aussi en masses lamellaires, à grandes ou à petites lames, quelquefois granulaire ou oolitique, et alors assez semblable à la limonite en grains, § 177; ou bien en masse compacte, ou même terreuse, et alors plus ou moins mélangée de matières étrangères.

La calcination donne une matière noire ou rouge, fusible en globe noir attirable à l'aimant. La solution se fait lentement à froid, et donne un précipité abondant par le ferro-cyanure.

§ 295. *Extrêmement usagé.* — A l'état de cristaux, la sidérose se présente dans différents gîtes métallifères. Les variétés lamellaires en masses, qu'on nomme plus particulièrement *fer spatitique*, se trouvent en filons et en amas dans les terrains de cristallisation, ou dans les calcaires de différents âges qui les recouvrent immédiatement; les variétés réniformes, compactes, terreuses, plus ou moins salies par des matières étrangères, appartiennent au terrain houiller et y forment souvent des dépôts assez considérables, soit dans les grès, soit au milieu des couches de houille. Les variétés oolitiques appartiennent aux formations jurassiques.

Cette matière offre encore des minerais de fer importants, et assez communs dans diverses contrées. En France on exploite les minerais spatitiques à Allevard en Dauphiné, à Baigorry, Vicdessos, etc., dans les Pyrénées; ils sont généralement traités par une méthode particulière, qu'on nomme *méthode catalane*, par laquelle on obtient immédiatement du fer sans passer par l'état de fonte. On remarque que les minerais qui renferment de la magnésie donnent du mauvais fer, que les variétés plus ou moins décomposées sont les meilleures, et que celles qui renferment du manganèse donnent des fers qu'on transforme facilement en acier, d'où le nom de *mine d'acier*.

Les variétés compactes et terreuses du terrain houiller offrent un excellent minerai, et d'autant plus précieux qu'il se trouve auprès du combustible qui convient le mieux à son traitement. Ce sont les seules qu'on exploite en Angleterre; on les traite aussi en France aux environs de Saint-Étienne, et à Aubin dans l'Aveyron. Les variétés oolitiques des terrains supra-jurassiques sont employées à Hayanges, dans la Moselle, et dans plusieurs usines de la Côte-d'Or et de la Marne.

Smithsonite. — *Zinc carbonaté, zinc oxydé, calamine.*

§ 296. Rarement en cristaux, qui sont toujours très-petits; quelquefois en stalactites ou sous des formes empruntées au carbonate de chaux, ou bien en masses compactes.

A la calcination, ce minerai donne une fumée blanche qui se dépose autour de la pièce d'essai. La solution, qui se fait avec une vive effervescence dans l'acide azotique, donne, par l'ammoniaque, un précipité qui se redissout par un excès de cet alcali.

Les variétés cristallines ou stalactitiques se trouvent dans divers gîtes métallifères: mais les variétés en masses forment des couches avec le silicate de zinc dans les terrains de sédiment, depuis la for-

mation carbonifère jusqu'au lias. C'est dans ce dernier qu'il se trouve particulièrement en France, à Combecave (Lot), à Montalet près d'Uzès, à Saint-Sauveur en Languedoc, etc. Ces minerais sont exploités, dans diverses localités, en même temps que le silicate (voy. Calamine).

§ 297. La *zincconise*, carbonate hydraté, se trouve en petite masse terreuse dans les mines de plomb de Bleyberg en Carinthie.

Malachite et Azurite. — *Vert de montagne, cendre verte; cuivre azuré, azur de cuivre, bleu de montagne.*

§ 298. L'une de ces substances est verte, et cristallise en prismes rhomboïdaux droits; l'autre est bleue et présente des prismes obliques. Toutes deux donnent de l'eau par calcination et noircissent; leur solution précipite du cuivre abondamment. La première est un simple carbonate hydraté; la seconde est un bicarbonate combiné avec un hydrate de la même base.

Il faut joindre à ces deux espèces un carbonate anhydre, brun, comme tous les sels de cuivre anhydres, et qui a été observé dans l'Inde, au pays de Mysore.

La malachite, qui se trouve rarement sous sa forme cristalline naturelle, se présente souvent en cristaux octaèdres diversement modifiés, qui proviennent de la décomposition du protoxyde. Elle se montre aussi en prismes obliques, fibreux à l'intérieur, qui résultent de la décomposition de l'azurite. Du reste, elle se trouve en petites masses mamelonnées ou stalactitiques, souvent fibreuses à l'intérieur, et montrant en outre des couches d'accroissement qu'on distingue par la variation des teintes. Quelquefois elle est pulvérulente et alors fréquemment mélangée avec des matières terreuses et sableuses.

L'azurite est au contraire presque toujours cristallisée ou en boules formées de cristaux groupés. On la trouve aussi à l'état terreux, et souvent alors plus ou moins mélangée de matières étrangères. Ce qu'on appelle la *Pierre d'Arménie* n'est qu'un de ces mélanges, qui est compacte et assez dur.

Ces deux substances sont en général des matières subordonnées aux gîtes métallifères cuivreux. La malachite se trouve quelquefois en masses assez abondantes dans les mines des monts Ourals en Sibérie. L'azurite s'est trouvée, pendant un temps, en abondance à Chessy, près de Lyon, dans le grès bigarré.

Les variétés stalactitiques fibreuses de malachite, lorsqu'elles composent des masses suffisamment volumineuses, sont débitées en

feuilles minces, dont on fait des placages en pièces de rapport pour construire des tables, des vasques, des chambranles de cheminées, etc., qui sont d'une rare beauté.

Dans les lieux où les carbonates de cuivre sont abondants, on les emploie avec les autres minerais pour la préparation du cuivre : c'est une mauvaise manière d'en tirer parti ; il vaudrait beaucoup mieux en fabriquer des sels de cuivre, et surtout le sulfate, dont on se sert fréquemment en teinture.

Natron et Urao. — *Soude, alcali minéral, soude carbonatée.*

§ 299. Le natron, tel qu'il se trouve dans la nature, est une matière effleurie, d'une saveur caustique et urineuse. Il est soluble dans l'eau, d'où il se dépose ensuite en cristaux qui renferment une plus grande quantité de ce liquide à l'état de combinaison. Ces cristaux retombent promptement en poussière à l'air.

L'urao est au contraire cristallisé en prismes obliques rectangulaires, sa saveur est moins caustique, et il est peu altérable à l'air. Il se présente en masses granulaires et quelquefois fibreuses.

La première de ces espèces se trouve à la surface de la terre dans les plaines basses de nos continents, aux environs de certains lacs dont les eaux en renferment toujours une certaine quantité. Elle est abondante dans les temps secs, et couvre la terre d'efflorescences qui ressemblent à de la neige ; c'est ainsi qu'on la voit dans les plaines de Hongrie autour de Debreczin, dans la vallée des lacs de Natron en Égypte, dans l'Arabie, dans l'Inde, etc.

L'urao forme des dépôts solides dans les matières argileuses de formation assez moderne. On le connaît à cet état en Colombie, autour du village de Lagunilla, à une journée de Mérida, et il renferme disséminés des cristaux de gay-lussite. Il paraît qu'il se trouve de même en Afrique dans le Fezzan, sur le bord du grand désert, et probablement dans la vallée des lacs de Natron, à vingt lieues du Caire ; du moins en tire-t-on de cette dernière localité des masses considérables qui sont inaltérables à l'air, et dont on a même bâti des murailles qui se conservent dans ces contrées sèches. Il est à présumer que c'est de sa décomposition que provient l'espèce qu'on nomme natron.

Les carbonates de soude se trouvent quelquefois aussi en efflorescences à la surface des laves et des scories dans les volcans actifs. Il en existe en solution dans un assez grand nombre d'eaux minérales, parmi lesquelles on doit citer particulièrement celles de Vichy en Auvergne et de Contrexeville dans les Vosges.

Ces sels de soude sont des matières importantes dans tous les lieux où elles se trouvent, pour la fabrication du savon et pour les verreries. Il s'en faisait autrefois une grande importation en France, et particulièrement de l'Égypte, pour cet objet ; mais aujourd'hui tout ce qui nous est nécessaire est préparé artificiellement par la décomposition du sel marin, et il en est de même dans presque toutes les parties de l'Europe.

Carbonates divers.

§ 300. Les autres carbonates appartiennent la plupart aux gîtes métallifères, et sont toujours en petites quantités. La *Céruse*, la *Witthérite*, la *Strontianite*, appartiennent plus spécialement aux dépôts de minerais de plomb ; elles ont entre elles une très-grande analogie, et se trouvent tantôt en cristaux, tantôt en petites masses aciculaires, fibreuses, compactes, quelquefois terreuses. La *Céruse* est la plus abondante, et offre les cristaux les plus nets et les plus variés ; elle présente surtout un grand nombre de groupes comme ceux que nous avons indiqués fig. 261 à 263.

C'est aussi dans les minerais de plomb de Leadhills en Écosse que se trouvent les carbonates de plomb sulfatifères, en petits cristaux plus ou moins distincts, dont les formes ne peuvent se rapporter à la *Céruse*. C'est dans les mêmes gisements qu'on rencontre aussi la *Stromnité* et la *Baryto-calcite*.

La *Giobertite* se trouve en rhomboèdres simples, disséminés dans les silicates magnésiens désignés sous le nom de talc. Tous les carbonates hydratés de la même base se trouvent à l'état terreux, en petites veines dans les serpentines.

BORIDES.

Corps donnant immédiatement à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte, ou laissant après l'action de l'acide azotique une matière qui possède cette propriété.

§ 301. Nous n'avons à parler ici que d'un très-petit nombre de substances, savoir :

1° *L'acide borique hydraté*, ou *Sassoline*. Cette substance se trouve en solution dans les eaux qui proviennent des fumarolles de Toscane, § 256, dans lesquelles elle cristallise ; on la rencontre aussi en petites masses mélangées de soufre dans le cratère de Vulcano. Elle est à l'état d'hydrate, qui ne renferme que 56 pour 100 d'acide

sec. On la récolte et on l'emploie aujourd'hui pour la fabrication du borax.

2° Le Borax, ou borate de soude, que l'on dit tout formé dans les eaux de certains lacs de l'Inde, ou en petites couches cristallines à quelques pieds de profondeur dans les terres meubles. On le cite aussi à Ceylan, en Perse, dans la Tartarie méridionale, et en solution dans les eaux de certaines mines du Potosi. C'est de l'Inde qu'est venu tout le borax en Europe jusqu'au moment où l'on en a fabriqué avec l'acide borique de Toscane. Ce sel sert de fondant dans diverses opérations de petite métallurgie.

3° La Boracite, ou borate de magnésie, qui cristallise en cubes, remarquables par leur défaut de symétrie, § 45. Cette substance peu commune, se trouve en cristaux disséminés dans le gypse de Lunebourg en Brunswick, et de Sageberg en Holstein.

4° Des borosilicates de chaux qui se trouvent dans le fer magnétique d'Arendal en Norvège; l'un, cristallisé en prismes rhomboïdaux droits, et un autre en petites masses botryoïdes.

GRUPE DES SILICIDES.

Corps composés de silice, soit seule, soit combinée avec divers oxydes.

Fusibles avec le sel de soude et attaquables ensuite par l'eau et les acides; solution acide donnant une grande quantité de silice, soit immédiatement, soit après l'évaporation et le traitement subséquent par l'eau.

§ 302. Ce groupe, qui ne renferme cependant que la silice et ses combinaisons avec diverses bases, est le plus étendu de tout le règne minéral. Il renferme aujourd'hui plus de deux cents espèces qu'on peut assez bien définir, et peut-être autant qu'on est sur la voie de reconnaître. Tous les jours, l'examen chimique des matières minérales fait découvrir de nouvelles combinaisons. Il en est ici de la silice et des diverses bases comme du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, dont les combinaisons, dans les matières dites organiques, peuvent s'effectuer sous un nombre presque infini de rapports déterminés.

Les substances qui entrent dans ce groupe ont un assez grand nombre de caractères physiques communs, et qui servent souvent à les reconnaître au premier moment. La plupart offrent l'éclat vitreux, du moins dans les variétés cristallisées; il n'en est aucune qui offre l'éclat métallique. Leur dureté est presque toujours considérable; un grand nombre rayent le quartz, et presque toutes les autres rayent ou usent le verre lorsqu'elles sont cristallisées. On ne peut guère les confondre sous ces différents rapports qu'avec les

fluosilicates topaze et picnite, le borosilicate datholite, le corindon et les spinelles, § 171, 173, 249, 304.

C'est aux terrains de cristallisation qu'appartiennent presque toujours ces corps : un petit nombre y forment, à eux seuls, des dépôts plus ou moins considérables ; quelques-uns, en se réunissant d'une manière remarquable par la constance, constituent des roches qu'on nomme, à cause de cela, *roches composées*. La plupart des autres sont disséminés, ou en noyaux, dans diverses roches. Il y en a peu dans les terrains de sédiment.

Nous avons déjà indiqué plusieurs pierres employées dans la bijouterie et la joaillerie. C'est à la famille des silicides qu'appartiennent toutes les autres, tant celles qui conservent encore un prix élevé que quelques-unes plus communes qui sont cependant employées fréquemment.

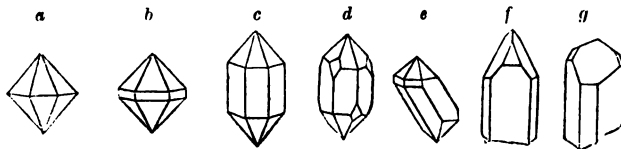
Dans l'impossibilité de décrire ici toutes les espèces qui appartiennent à ce groupe, nous choisirons celles qui sont les plus abondantes à la surface du globe, et sur lesquelles il est indispensable d'avoir quelques idées générales.

Silice pure.

Matières infusibles seules ; insolubles dans les acides, mais rendues solubles par la fusion avec l'alcali. Solution ne renfermant rien ou presque rien après la séparation de la silice.

Quartz, calcédoine et opale. — *Cristal de roche, agate, silex, etc.*

§ 303. **Caractères du quartz.** — De ces trois matières et de toutes leurs variétés, le quartz seul est susceptible de cristallisation. C'est une substance vitreuse, non altérable au feu, qui se rattache au système rhomboédrique, dont les cristaux offrent toujours des dodécaèdres à triangles isocèles, soit simples, fig. *a*, soit avec les faces du prisme hexagonal, *b*, et *c*, et diverses modifications non symétriques aux angles, *d*. Le plus souvent les cristaux sont extrêmement déformés par l'élargissement de quelques-unes de leurs faces, soit comme fig. *e*, soit, et plus fréquemment, comme fig. *f* et *g*.



Le quartz se présente aussi sous des formes empruntées au carbonate de chaux scalénoèdre, au fer oligiste rhomboèdre, ou à la fluorine octaèdre. Nous avons déjà indiqué l'agglutination cristalline des sables quarzeux par du carbonate de chaux, § 67; mais un autre genre d'agglutination des sables a lieu par les coups de foudre, qui y produisent, en les traversant, des tubes plus ou moins irréguliers, qu'on nomme *fulgurites*, et qui se prolongent quelquefois fort loin dans la terre.

On trouve aussi le quartz en petites masses bacillaires ou fibreuses; mais fréquemment il est en grande masse compacte, tantôt transparent et limpide, tantôt plus ou moins opaque. Ailleurs les masses ont une sorte de structure grenue, peu distincte, et passent à l'état lithoïde. Enfin, on trouve le quartz sous la forme de sables plus ou moins agglutinés, qui dans ce cas constituent souvent des *grés*, tantôt simples, tantôt mélangés de diverses matières.

Naturellement incolore, le quartz prend souvent des couleurs plus ou moins vives, par des mélanges de matières étrangères, tantôt en conservant sa transparence, tantôt en devenant opaque. Il se mélange ainsi de peroxyde de fer, d'hydrate jaune de ce peroxyde, ou d'argile ferrugineuse, rouge et jaune, et de matière amphibolique ou chloritique¹, qui le colore en vert. L'*améthyste* est un quartz transparent violet, coloré par l'oxyde de manganèse; il y a aussi des quartz transparents de diverses teintes jaunes, des quartz bruns ou enfumés, etc.

§ 304. *Caractères de la calcédoine.*—La calcédoine, l'agate, la cornaline, le silex, sont toutes des matières de même nature, et entièrement siliceuses. Elles ont toutes pour caractère de blanchir au feu, et de s'y désagréger même entièrement. Elles n'offrent pas de traces de cristallisation extérieures, et ne présentent aucun signe de double réfraction lorsqu'elles sont réduites en lames qu'on puisse considérer comme homogènes; par conséquent elles ne sont pas non plus cristallisées à l'intérieur, et doivent être considérées comme une agglutination mécanique de particules siliceuses. Elles sont plus tenaces que le quartz et font plus facilement feu avec le briquet. Leur éclat, plutôt lithoïde que vitreux, a toujours quelque chose de gras ou de céroïde; quelques variétés, qui se rapprochent de l'opale par un éclat résineux, sont en partie attaquées par la potasse caustique lorsqu'elles sont réduites en poudre fine.

La calcédoine a souvent des formes empruntées; elle incruste

¹ Voyez plus loin les *amphiboles*, *chlorites*, *micas*, etc.

quelquefois des cristaux de quartz d'une pellicule plus ou moins épaisse, et en présente entièrement la forme. Ailleurs elle est substituée à différents cristaux de calcaire; plus souvent elle est sous la forme de branches de bois, de polypiers, dont elle conserve tout le tissu, ou bien se trouve moulée dans les cavités des coquilles ou des échinides. Elle se trouve en petites stalactites, en rognons plus ou moins volumineux, quelquefois creux à l'intérieur, tapissés ou remplis de cristaux de quartz, ou renfermant des matières terreuses.

La calcédoine, translucide ou opaque, est tantôt incolore, tantôt colorée par suite du mélange de quelques matières étrangères. Les variétés translucides portent fréquemment le nom d'*agate*, celles qui sont en même temps colorées portent les noms de *sardoine* lorsqu'elles sont jaunâtres ou brunâtres, et de *cornaline* lorsqu'elles sont rouges, couleur qui est due à des matières organiques, § 405. Lorsque diverses couleurs se trouvent réunies par zones ou par bandes, la matière prend fréquemment le nom d'*onyx*. Quelquefois la matière colorante se trouve en dendrites, il en résulte les *agates herborisées*.

Les *jaspes* sont des calcédoines opaques mélangées de diverses matières étrangères qui les colorent; ces matières sont le peroxyde de fer ou son hydrate, tantôt purs, tantôt mélangés d'argile, ou bien des silicates de couleur verte: c'est ce qui produit les jaspes rouges, jaunes, verts, etc., de diverses variétés où les couleurs sont tantôt uniformément répandues, tantôt disposées par bandes, par zones, par taches, etc. Les jaspes calcédoniens se distinguent des quartz colorés opaques, qui leur ressemblent souvent, en ce qu'ils se désagrègent au feu. Il faut remarquer aussi que quelques jaspes qui renferment une grande quantité d'argile ferrugineuse, ou de calcaire, ce qui arrive quelquefois dans les silex des parties supérieures des terrains secondaires, deviennent fusibles au chalumeau; circonstance qui les a fait quelquefois confondre avec d'autres substances.

La *pierre meulière* n'est qu'une variété lithoïde et opaque de calcédoine, souvent criblée de cavités irrégulières qui lui ont valu le nom de *silex carié*.

Silice pulvérulente. - Dans les cavités de certains dépôts siliceux, ou dans les rognons de silex, on trouve assez souvent de la silice eu poussière fine. Il existe aussi des rognons à texture très-lâche, qui semblent être formés par des matières pulvérulentes agrégées, et qui sont assez légers pour nager sur l'eau comme la ponce, ce qui leur a fait donner le nom de *silex nectique*.

Fréquemment aussi les rognons siliceux de la craie ont à la partie extérieure une couche plus ou moins épaisse de matière siliceuse opaque, blanche, peu agrégée; tandis que le centre est compacte et solide. Quelquefois on trouve plusieurs couches alternatives de matières solides et de matières pulvérulentes.

§ 305. Caractères de l'opale. — Comme la calcédoine, l'opale blanchit au feu, mais elle donne toujours alors une quantité notable d'eau. Elle est le plus souvent attaquable par la potasse caustique, précisément comme les précipités gélatineux encore hydratés que nous formons dans les laboratoires. Elle n'offre aucune trace de cristallisation ni de double réfraction. Beaucoup moins tenace que la calcédoine, elle donne moins d'étincelles par le choc du briquet. L'éclat est presque toujours plus ou moins résineux.

L'opale se présente quelquefois en petites stalactites ou en mamelons limpides et nacrés. Plus souvent elle est sous forme de rognons plus ou moins volumineux, ou sous la forme de branches d'arbres dont elle conserve aussi la structure. Certaines sources minérales renferment de la silice, qu'elles déposent çà et là en produisant de l'opale incrustante plus ou moins grossière.

Quelquefois l'opale est sensiblement pure, et présente alors plus ou moins de transparence ou d'opacité. Certaines variétés demi-transparentes offrent dans leur intérieur des couleurs irisées extrêmement vives, qui les font rechercher et en rendent le prix très-élevé. Souvent aussi l'opale se colore par des mélanges de matières étrangères, et les variétés opaques, mélangées d'oxyde de fer, d'argile ferrugineuse, de matière verte, etc., forment ce qu'on nomme les *jaspes-opales* ou les *jaspes-résinites*.

On rencontre aussi des hydrates de silice, véritables opales, à l'état gélatineux ou pâteux et presque pulvérulent, qui sont quelquefois susceptibles de se délayer dans l'eau. Il y a des circonstances où l'opale semble avoir été altérée, où les rognons, les fragments, sont devenus blancs à la surface, se sont même réduits en poussière qui a dès lors perdu toute son eau. Quelques variétés reprennent par imbibition dans l'eau le liquide qu'elles ont perdu et en même temps leur translucidité; ces variétés se nomment *hydrophanes*.

Il paraît, sous le rapport de la composition, qu'il y a plusieurs hydrates très-différents les uns des autres par les quantités d'eau qu'ils renferment, et qui formeront peut-être autant d'espèces par la suite.

§ 306. Gisement du quartz. — On peut admettre généralement que le quartz proprement dit appartient aux terrains de cristallisa-

tion; il y forme à lui seul des filons considérables qui traversent toutes les roches, des amas étendus, des couches puissantes, où il est tantôt limpide, à l'état vitreux, tantôt plus ou moins opaque avec une sorte de texture grenue. Dans d'autres cas, il est mélangé de mica, qui s'y trouve par paquets, ou disséminé plus ou moins uniformément; ce sont alors des roches composées qu'on a nommées *hyalomictes*, et qu'on distingue en *granitoïdes* lorsqu'elles ont l'apparence du granite, et *schistoïdes* lorsque le mica, disposé en petites couches, donne à la masse une structure schisteuse. Lorsque le mica est très-abondant, en feuillet distincts qui alternent avec des feuillet de quartz, c'est le *micaschiste*.

Le quartz est aussi une partie essentielle du *granite*, où il se trouve réuni non-seulement au mica, mais encore au feldspath, le tout mélangé plus ou moins uniformément par petites parties. On nomme *protogyne* une sorte de granite qui se trouve en abondance dans les Alpes, où le mica est en général très-magnésien. On nomme *pegmatite* un granite où les trois éléments forment des espèces d'amas distincts réunis et accolés les uns aux autres.

Dans les terrains de cristallisation, on trouve souvent des fentes, des cavités irrégulières, où le quartz a cristallisé; c'est ce qu'on nomme des *fours* ou *poches à cristaux*, et c'est là qu'on récolte les groupes de quartz cristallin qui décorent les collections.

Dans les terrains de sédiment, le quartz forme çà et là quelques filons qui traversent plusieurs dépôts de bas en haut; mais il ne se montre plus en couches qu'à l'état sableux, plus ou moins agglutiné, où il est tantôt assez pur, tantôt mélangé de matières étrangères, ou sali par de la limonite, etc. Si çà et là on rencontre encore du quartz cristallisé dans les dépôts sédimentaires, c'est en petits cristaux qui tapissent les cavités des amas de calcédoine ou des matières argilo-siliceuses qui séparent les bancs calcaires. Il est à remarquer que, dans les dépôts sédimentaires enclavés au milieu des terrains de cristallisation, les couches sableuses sont remplacées par des quartz compactes, tantôt purs, tantôt plus ou moins micacés comme les hyalomictes.

§ 307. **Gisement de la calcédoine.** — La calcédoine est beaucoup moins abondante dans les terrains de cristallisation, où elle est quelquefois en filons; mais à l'état de jaspe, elle forme aussi des couches peu épaisses qui alternent un grand nombre de fois avec des matières amphiboliques, dialligiques et serpentineuses (voy. ces mots). Elle se trouve en rognons plus ou moins volumineux, fréquemment à couches concentriques, dans certaines roches, en dépôts ou en buttes isolées, qu'on a nommées *amygdaloïdes*, parce

que les rognons de diverses substances s'y présentent comme des amandes enfermées dans une pâte.

En rognons opaques, où la matière prend plus particulièrement le nom de *silex*, elle est très-abondante dans les diverses couches calcaires ou marneuses de toutes les époques. Mais c'est particulièrement dans la craie que ces rognons sont nombreux et quelquefois très-volumineux, souvent très-étendus en largeur, et ressemblant alors à de petites couches; ils sont réunis par lits horizontaux, qui se répètent souvent un grand nombre de fois, à des intervalles de 2 ou 3 mètres, comme on le remarque surtout dans les falaises qui bordent le canal de la Manche.

Dans les terrains tertiaires on trouve des dépôts assez étendus de *pierre meulière*. Il en existe d'abord dans la partie inférieure, dans ce qu'on nomme le calcaire siliceux, comme dans toute la Brie, où l'on ne trouve pas de débris organiques; plus haut, sur la plupart des plateaux des environs de Paris, il s'en trouve des amas qui reposent sur les sables quarzeux par lesquels se termine la masse principale de nos collines: celles-ci renferment fréquemment des *lymnées*, des *planorbes*, etc., qui sont des coquilles d'eau douce.

§ 308. *Gisement de l'opale*. — C'est encore dans des positions un peu différentes que se trouve l'opale. On rencontre la plus grande partie des variétés dans les débris des terrains trachytiques, comme autour du Mont-Dore, dans le Siebengebirge, en Hongrie, dans les monts Eganéens, au Mexique, etc. Les roches trachytiques elles-mêmes en renferment aussi, les unes de petites veines, les autres des nids; on en trouve quelquefois encore dans les dépôts basaltiques, et aussi en rognons plus ou moins volumineux, ordinairement assez pure, dans des roches amygdaloïdes, comme on le voit particulièrement à l'île Fero.

Hors de ces gisements, l'opale forme des filons dans les dépôts de serpentine et de diallage, où elle offre ordinairement des variétés blanches, translucides ou opaques; c'est ce qu'on observe particulièrement à Mussinet, Baldissero, etc., en Piémont, à l'île d'Elbe, en Silésie, etc. On en trouve aussi dans les parties supérieures des terrains de sédiment, soit en nids dans les calcaires fluviatiles, comme dans l'Orléanais, à Gergovia en Auvergne, soit en rognons dans les couches marneuses des environs de Paris, où la matière est bleuâtre à la surface et brune dans l'intérieur, comme par exemple à Méallmontant, d'où est venu à ces variétés le nom de *ménélite*. Fréquemment aussi l'opale est alors mélangée de marne, qui la rend blanche et complètement opaque, comme les silex des mêmes localités, et comme eux susceptible de se fondre au chalumeau.

Il y a aussi des *tufs d'opale* qui sont produits par les eaux de certaines sources, comme les eaux thermales de l'Islande, qui ont formé des dépôts de trois ou quatre mètres d'épaisseur, étendus sur d'assez grands espaces; il s'en trouve de même à l'île Saint-Michel, dans les Açores. Plusieurs sources minérales en déposent également de petites quantités, et l'on en a trouvé ainsi dans les conduits des eaux minérales du Mont-Dore en Auvergne. Probablement les dépôts de silice terreuse et légère de Randanne et de Ceyssat, également en Auvergne, ont été produits de la même manière. Ce sont sans doute aussi des eaux thermales chargées d'opale qui ont donné naissance aux nids et filons de cette nature qu'on trouve dans certains grès (voyez les Arkoses en *Géologie*), et qui ont fourni la pâte opaline qui en réunit çà et là les fragments.

§ 309. *Usages des matières siliceuses.* — Les variétés limpides de quartz ont été autrefois travaillées comme objets de luxe; on en faisait des coupes, de petits vases, divers ornements, des lustres, etc.; mais tous ces objets, fort chers à cause de la difficulté du travail, sont aujourd'hui passés de mode, et leur fabrication est tombée depuis l'introduction de l'espèce de verre nommé *crystal*, qui est à la fois plus limpide, plus éclatant et plus facile à travailler. On n'emploie plus guère que l'améthyste, surtout lorsque, mélangée avec le quartz blanc, elle produit des dessins en zigzag; on l'associe souvent alors avec les mélanges de fluor et de quartz pour composer en pièces de rapport de jolis guéridons. On emploie aussi l'améthyste dans la joaillerie, et elle est même d'un prix assez élevé lorsque la pierre est grosse, d'une couleur foncée et bien uniforme; elle est alors recherchée pour les bagues d'évêques. Les teintes claires n'ont de valeur que quand les pierres réunies dans une parure sont exactement de la même teinte, ce qu'il faut choisir dans un très-grand nombre de pierres taillées. Certaines variétés de quartz, mêlées d'asbeste à fibres parallèles, et connues sous le nom d'*œil-de-chat*, § 404, sont quelquefois d'un assez grand prix. L'*aventurine*, qui est le plus souvent une variété d'hyalomictes, où de petites paillettes de mica très-brillantes sont uniformément disséminées, est encore assez recherchée en plaques; il y en a une autre, moins belle, qui est un quartz grenu coloré, dans lequel quelques cristaux, autrement tournés que les autres, brillent d'un plus grand éclat. On taille aussi en pierres à facettes les diverses variétés de quartz coloré, mais qui n'ont point de valeur. Ces pierres nous arrivent aujourd'hui du Brésil toutes taillées, et à des prix extraordinairement bas.

Les grès de diverses époques et de divers grains sont employés

pour faire des meules et des pierres à polir ou à aiguiser, ou des meules à moudre le blé, lorsqu'ils sont assez solides et à gros grains. Les sables blancs et purs servent dans les verreries pour fabriquer le verre blanc. Enfin les sables siliceux, quels qu'ils soient, sont partout mélangés avec les argiles pour la fabrication des poteries communes.

Diverses variétés de calcédoine, comme sardoine, cornaline, agate herborisée, ont été souvent fort recherchées, mais n'ont aujourd'hui que peu de valeur. Une autre variété, connue sous le nom de *chrysoptase*, qui, avec la demi-transparence, offre une jolie teinte verte, qu'elle doit à un silicate de nickel, est la seule qui soit encore demandée, et d'un prix élevé : elle fait de charmantes parures avec des entourages de diamants.

On emploie particulièrement les diverses variétés de calcédoine pour la gravure sur pierres fines; les onyx sont surtout recherchés pour les camées, et l'on exécute alors le petit bas-relief sur l'une des couches, en laissant l'autre pour le fond.

Un des emplois les plus importants, mais qui baisse encore aujourd'hui de plus en plus depuis l'usage des poudres fulminantes, est celui des silex pour la fabrication des pierres à fusil. Nous possédions en France les meilleures variétés pour cet usage, et pendant longtemps on en a exporté une très-grande quantité; mais ce commerce a ensuite été prohibé. Nos plus grandes fabrications étaient dans le département de Loir-et-Cher.

Le silex molaire, ou pierre meulière, est aussi une matière importante, non-seulement comme excellente pierre à bâtir pour les constructions qui demandent de la solidité, mais encore pour la confection des meules de moulin, pour lesquelles aucune autre matière ne peut être mise en comparaison. Il s'en fait une grande quantité dans le bassin de Paris, d'où elles sont transportées dans tous les points de la France, et même en pays étranger. Les plus renommées sont celles de La Ferté-sous-Jouarre dans le département de Seine-et-Marne.

L'opale n'est employée que comme objet d'agrément. Les variétés irisées, qui sont souvent d'un très-haut prix, sont très-recherchées dans la joaillerie; on taille quelquefois aussi certaines variétés jaunâtres, qu'on nomme *opale de feu* et *girasol*. Les bois pétrifiés et opalisés, surtout les palmiers, sont quelquefois taillés en cachets, en boîtes, etc.

poudre onctueuse qui sert à faire glisser les bottes, ou que les tailleurs emploient pour tracer sur le drap la coupe des habits.

§ 315. Magnésite. — C'est encore un talc hydraté, mais où la quantité d'eau est beaucoup plus grande. Au lieu d'être onctueuse, la poussière est, au contraire, sèche au toucher; du reste, la matière est plus ou moins terreuse et toujours très-tendre, le plus souvent blanchâtre ou grisâtre, ce qu'elle a de commun avec l'*Aphrodite* et la *Dermatine*.

La magnésite se trouve d'abord dans les serpentines, où elle forme des veines ou des rognons; comme en Piémont; mais elle existe aussi dans les dépôts de sédiment supérieurs, et surtout dans les calcaires fluviatiles, comme aux environs de Paris, à Salinelle près de Montpellier, et près de Madrid en Espagne; elle est partout accompagnée de matières siliceuses et surtout d'opale, et la masse terreuse qui enveloppe les opales de Ménilmontant, près de Paris, en est presque entièrement formée.

Certaines variétés homogènes, compactes, qui proviennent de l'Asie Mineure, sont employées, sous le nom d'*écume de mer*, à cause de leur légèreté, pour fabriquer des pipes fort estimées dans le Levant, et qui sont toujours fort chères.

§ 316. Serpentes. — Les serpentines avec lesquelles les autres silicates hydratifiés ont beaucoup d'analogies extérieures, ainsi que plusieurs hydrates simples, sont des matières compactes, tendres, mais tenaces, à cassure plus ou moins esquilleuse et d'un éclat gras, dont la poussière, et souvent la masse même, est généralement douce au toucher. Elles sont presque infusibles au chalumeau, ne se fondant, et avec difficulté, que sur les bords des écailles fort minces. Elles prennent de la dureté en perdant l'eau combinée.

Les couleurs de ces matières, généralement sombres, varient du vert au noir et au brun plus ou moins foncé; toutes les teintes se trouvent souvent réunies par taches, ou par espèces de veines, sur le même échantillon, ce qui donne à la masse quelque ressemblance avec une peau de serpent, d'où est venu le nom de serpentine. On nomme en général *serpentes nobles* les variétés dont les couleurs sont plus vives et plus tranchées, et qui ont un certain degré de translucidité.

Ces matières, ainsi que les congénères qui se distinguent par les proportions atomiques, se trouvent dans toutes les positions géologiques. Souvent elles sont au milieu des terrains de cristallisation, soit isolées, soit mélangées avec des calcaires qui y sont enclavés, et formant des marbres composés, § 290. Ailleurs, plus ou moins

éloignées des dépôts ordinaires de cristallisation, elles sont en liaison avec des calcaires de divers âges, et qui paraissent même quelquefois assez modernes; elles forment des collines plus ou moins élevées, souvent alignées sur une même direction, et dans le voisinage desquelles se trouve fréquemment du gypse, § 230. Souvent elles accompagnent les dépôts des minerais de fer, surtout le fer magnétique, ou leur servent de gisement, § 480.

Les serpentines sont abondantes à la surface de la terre; il en existe en Bretagne, en Limousin, dans les Pyrénées; les Alpes en renferment dans un grand nombre de lieux et surtout dans les parties qui regardent l'Italie; toute la côte de Gènes en est en quelque sorte formée. La Saxe en présente des dépôts considérables, surtout aux environs de Zœblitz. L'Angleterre, l'Écosse, l'Amérique septentrionale, etc., en offrent également beaucoup; on en cite en Afrique, en Asie, etc.

Dans les lieux où les serpentines sont abondantes, on les emploie à divers usages. Nous avons d'une part les marbres serpenteux et diallagiques, § 290; de l'autre, les serpentines pures qu'on emploie en tables, en plaques, en colonnes, qui sont d'un assez bel effet lorsqu'on choisit les variétés des plus vives couleurs; on en fait aussi beaucoup de petits ouvrages, comme vases de diverses sortes, socles de pendules, etc., qui forment surtout un objet d'industrie important pour la contrée de Zœblitz. Une variété grise, qui a beaucoup de ténacité, qui se taille encore plus facilement que les autres, surtout en sortant de la carrière, et qu'on nomme *Pierre ollaire*, est employée, de temps immémorial, à la confection d'une poterie particulière d'un très-bon usage: on la taille, on la tourne, et on en fait ainsi des marmites, des poêlons, etc., fort solides, quoique minces et légers, qui résistent bien au feu et ne donnent aucun goût aux aliments. Il s'en fait surtout une grande quantité dans la Valteline et dans les Grisons; c'est la ville de Côme qui en est l'entrepôt, et de là il s'en répand dans plusieurs parties de l'Italie et dans la Suisse.

§ 347. Diallages. — Les diallages sont des matières fort analogues aux serpentines, mais qui, aussi bien que la *Monradite*, sont susceptibles d'un clivage suivant lequel elles sont plus ou moins nacrées; dans les autres sens, la cassure est compacte, plus ou moins esquilleuse, terne ou céroïde. Ils sont aussi très-tendres, à poussière douce au toucher; la plupart plus fusibles au chalumeau que la serpentine, surtout dans les variétés où le protoxyde de fer, qui remplace la magnésie, devient plus abondant. Il y a évidemment ici, comme dans les serpentines, plusieurs espèces particulières

qui diffèrent par l'ordre de l'hydrate ou du silicate, mais qui ont à l'extérieur beaucoup d'analogies.

Les diallages ne forment pas à eux seuls de dépôts à la surface du globe; ils appartiennent aux dépôts de serpentines, dans lesquels ils sont en général disséminés, ou en nids tellement empâtés qu'il est souvent impossible de les distinguer. Ils forment aussi, avec l'albite compacte ou avec le labradorite, des roches désignées sous le nom d'euphotides, § 342.

C. *Silicates calcaires ou calcaréomagnésiens.*

§ 348. Nous ne connaissons que deux silicates simples à base de chaux; un bisilicate qui se clive en prismes rhomboïdaux, et un trisilicate qui paraît aussi se rapporter au même système de cristallisation. La plupart des autres pourraient être considérés comme des bisilicates simples, où la chaux, la magnésie, le protoxyde de fer se substituent les uns aux autres, pour former des substances qui se clivent aussi en prismes rhomboïdaux et qui dès lors paraîtraient isomorphes. Cependant les analyses semblent aussi offrir des rapports assez constants entre les silicates de diverses bases, pour avoir fait penser qu'il en résulterait des combinaisons comme nous les avons tracées dans le tableau des espèces.

Plusieurs de ces corps sont peu importants, et ne se trouvent qu'en nids accidentels au milieu de certaines roches; d'autres, au contraire, se rencontrent très-fréquemment, et méritent en conséquence qu'on s'en occupe plus spécialement: ce sont d'une part le diopside et l'hédenbergite, réunis jadis sous le nom de *pyroxène* qu'on peut considérer comme formant un genre de minéraux; de l'autre, la trémolite et l'actinote réunies sous le nom d'*amphibole*, qui forment encore un genre à côté du premier.

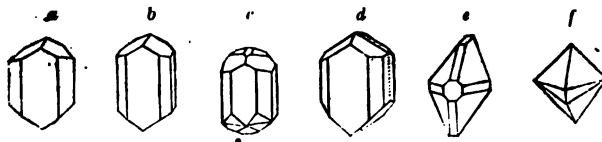
Genre Pyroxène.

§ 349. On nomme *pyroxène* des substances blanches, vertes ou noires, qui cristallisent en prismes obliques, qui se clivent, les unes parallèlement aux pans d'un prisme rectangulaire, les autres à ceux d'un prisme rhomboïdal de $92^{\circ} 55'$; les bases du prisme que le clivage présente quelquefois aussi, sont inclinées à l'axe de 406° à $406^{\circ} \frac{1}{4}$. Ces substances rayent difficilement le verre et sont toutes rayées par le quartz; elles sont fusibles au chalumeau, en verre incolore ou coloré, suivant qu'elles sont privées d'oxyde de fer ou qu'elles en renferment plus ou moins.

On nomme *Diopside* des variétés blanches ou d'un vert clair, qui ne renferment que de la chaux et de la magnésie, ou une légère quantité de protoxyde de fer. L'*Hedenbergite*, d'un vert foncé et presque noir, ne renferme au contraire que du protoxyde de fer avec peu de magnésie ou même pas.

On désigne sous le nom d'*Augite* des variétés noires, toujours à poussière brune, dont le clivage rhomboïdal est plus apparent, et qui se trouvent particulièrement dans les laves et les produits basaltiques; la composition en est généralement altérée, mais les caractères cristallographiques sont les mêmes, si ce n'est qu'en général les formes sont plus simples.

Les pyroxènes se présentent presque toujours cristallisés; les cristaux les plus communs sont des prismes divers terminés par des sommets obliques, fig. *a, b, c*, et souvent des cristaux groupés de ces espèces, *d*: ce sont là en général les cristaux noirs des volcans. Il en existe aussi en octaèdres irréguliers plus ou moins modifiés, *e, f*, et telles sont les variétés vertes du Tyrol, qui ont reçu le



nom de *fassaite*. On connaît aussi les pyroxènes, et particulièrement les variétés vertes, en petites masses bacillaires, lamellaires, granulaires et compactes; mais alors il faut une grande habitude pour les distinguer de beaucoup d'autres substances; il n'y a même que l'analyse qui puisse réellement fournir un caractère net et précis.

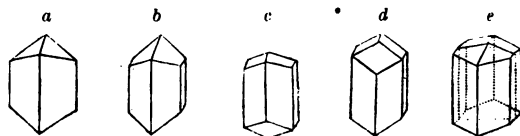
Les pyroxènes forment quelquefois des veines, des filons, dans les roches de cristallisation; ailleurs ils sont disséminés dans des calcaires enclavés au milieu de ces terrains, dans les dolomies, dans les grands dépôts de fer magnétique. L'*augite* se trouve particulièrement dans les laves anciennes et modernes, dans les basaltes, rarement dans les roches trachytiques. Les volcans en ont quelquefois rejeté avec profusion des cristaux isolés, qu'on trouve sur leurs flancs. Ces pyroxènes noirs sont parties constituantes de la roche plus ou moins granitoïde, nommée *dolerite*, où ils sont mélangés avec le labradorite, § 342; ce sont eux qui colorent les basaltes et les mélaphyres en noir.

Genre Amphibole.

§ 320. On nomme amphibole des substances blanches, vertes ou noires, fort analogues aux pyroxènes, clivables aussi en prisme rhomboïdal, mais où les faces sont inclinées de 124° à 127° . La composition présente aussi les mêmes éléments que les pyroxènes, mais réunis dans des proportions différentes.

On nomme particulièrement *Trémolite* des variétés blanches ou légèrement verdâtres, qui ne renferment que de la chaux et de la magnésie. On désigne sous le nom d'*Actinote* les variétés d'un vert foncé où la magnésie est remplacée en tout ou en partie par le protoxyde de fer. On donne le nom de *Hornblende* aux variétés noires qui, comme l'augite, se trouvent particulièrement dans les laves, les basaltes et les roches trachytiques, et dont la composition est généralement altérée.

La trémolite se trouve en prismes rhomboïdaux plus ou moins allongés, mais dont les sommets sont toujours frustes; l'actinote est en prismes du même genre plus ou moins modifiés, et à sommets dièdres. La hornblende est en cristaux réguliers et bien proportionnés, qui ressemblent beaucoup à ceux du pyroxène augite, fig. a, b, c, d. Les groupements que l'on connaît se distinguent de



ceux des pyroxènes, en ce qu'ils n'ont pas d'angles rentrants, et se présentent, fig. e, comme résultant de la réunion de deux cristaux, fig. c, en sens inverse.

On trouve aussi les amphiboles en masses bacillaires ou fibreuses, à fibres droites, divergentes ou entrelacées; à cet état, l'actinote surtout forme quelquefois des masses considérables, des dépôts ou des couches; il s'en trouve aussi en masses lamellaires.

Les amphiboles appartiennent à peu près à tous les dépôts de cristallisation, et l'actinote surtout y forme quelquefois des couches subordonnées ou des dépôts plus ou moins étendus où il se trouve en même temps du mica, du feldspath, des grenats, etc. Le quartz est fréquemment rempli d'actinote disséminée, et forme des roches

particulières plus ou moins schistoïdes; quelquefois les calcaires enclavés dans les terrains cristallins en sont aussi remplis. Nous verrons que mêlée avec l'orthose ou l'albite, l'amphibole forme les siénites et les diorites, § 342. Cette matière est beaucoup plus commune dans les terrains trachytiques que les pyroxènes.

Il est à remarquer qu'en fondant de l'actinote dans un creuset, on obtient, par un refroidissement lent, une matière qui présente les clivages des pyroxènes, d'où il semble résulter une grande analogie entre les deux substances, qui peut-être ne diffèrent réellement que par la cristallisation, malgré les proportions différentes que présentent les analyses. On connaît des cristaux d'amphibole qui présentent le clivage du pyroxène, ce qui tend à rappeler l'effet de la chaleur sur le sulfate de zinc, etc., § 48.

§ 321. *Asbeste et amiante*. — C'est en grande partie aux substances magnésiennes que nous venons de citer que se rapportent les matières fibreuses qu'on désigne sous les noms d'*asbeste* et d'*amiante*. Les dépôts de serpentine présentent souvent des fissures qui sont remplies de ces matières, tantôt à fibres assez grossières, tantôt, au contraire, à fibres fines et souples comme de l'étoffe de soie : ces matières sont des silicates magnésiens, la plupart hydratés ou hydratifères, et quelques-uns anhydres. On voit quelquefois les passages de la serpentine ou des diallages à ces sortes de substances.

Les pyroxènes offrent aussi des passages à des matières fibreuses souples qui semblent en être des variétés; mais ce sont surtout les trémolites qui présentent assez fréquemment ces sortes de modifications; il en résulte des masses fibreuses à fibres peu adhérentes qui sont de véritables asbestes. Celles-ci diffèrent beaucoup de celles qui proviennent des matières purement magnésiennes, en ce que les fibres en sont toujours très-roides, cassantes, et telles qu'en les brisant les mains se remplissent de petites pointes qui font éprouver une certaine douleur. Il paraît cependant que ces asbestes roides n'appartiennent pas toutes à la trémolite, et qu'elles en contiennent seulement les éléments réunis en d'autres proportions. Nous verrons aussi des asbestes qui proviennent de l'épidote, § 337.

D. *Silicates divers.*

§ 322. Les silicates de manganèse, simples ou hydratés, ont jusqu'ici peu d'importance. La *Rhodonite* est la seule espèce bien établie; elle est de couleur rose, et sa cristallisation, peu commune,

aussi bien que sa composition, en font une isomorphe de la wollastonite, et de toutes les substances qui s'y rattachent.

Dans les silicates de cuivre, qui se font remarquer par la couleur verte, ou vert bleuâtre, il n'y a que la *Dioptase*, substance très-rare, qui soit cristallisée; elle est en prismes hexagones terminés par des rhomboèdres.

§ 323. Calamine. — La calamine est importante comme minéral de zinc abondant et très-pur. C'est une matière blanchâtre ou jaunâtre, rayant seulement la fluorine; donnant de l'eau par calcination, mais infusible au chalumeau; soluble en gelée dans les acides, dont la solution donne les indices du zinc, § 436, 4°. Elle cristallise dans le système prismatique rectangulaire, et le plus souvent en petites tables rectangulaires biselées de diverses manières. On la trouve aussi en petites masses stalactitiques et mamelonnées, en petites masses fibreuses, qui ressemblent fréquemment aux zéolites, § 347, en masse lamellaire compacte, souvent caverneuse, ou enfin en masse terreuse.

Cette substance se trouve assez souvent comme matière accidentelle dans les gîtes métallifères, principalement avec les minerais de plomb et de cuivre; mais elle forme aussi de grands amas à elle seule dans les terrains de sédiment depuis la formation carbonifère jusqu'au lias. Elle est alors exploitée avec avantage pour la préparation du zinc et du laiton, et elle présente un minéral facile à traiter, qui renferme jusqu'à 68 pour 100 d'oxyde de zinc. Il en existe de grands dépôts dans la haute Silésie, en Belgique, principalement près d'Aix-la-Chapelle, où se trouvent les mines de la Vieille-Montagne, et dans le pays de Juliers. Nous en avons en France, à Montalet près d'Uzès, à Combecave près de Figeac, dont on pourrait peut-être tirer parti. C'est cependant encore de Belgique que nous arrive tout le zinc métallique dont nous nous servons.

La *Willelmine*, même silicate anhydre, cristallisant dans le système rhomboédrique, tapisse les cavités de la calamine de la Vieille-Montagne.

§ 324. Zircon. — Substance vitreuse, presque toujours transparente, le plus souvent rouge, quelquefois jaunâtre, bleuâtre et même incolore; d'un éclat gras particulier qui rappelle l'éclat du diamant; toujours cristallisée, et offrant des prismes à bases carrées, ordinairement pyramidés et modifiés de diverses manières, très-rarement des octaèdres.

Assez dure pour rayer le quartz, mais rayée par la topaze; infusible au chalumeau, mais perdant ses couleurs par l'action du feu.

GROUPE DES SILICIDES.—SILICATES ALUMINEUX SIMPLES. 263

Le zircon ne se trouve que disséminé; il existe dans les siénites et dans les gneiss qui en dépendent, dans les basaltes et les tufs basaltiques, et rarement dans les trachytes. Il se trouve, et souvent en assez grande quantité, dans les sables des ruisseaux qui traversent ces divers terrains: c'est ainsi qu'on en rencontre près du Puy-en-Velay, au Riou-Pézoulion, et qu'il existe à Ceylan, où on l'a d'abord remarqué.

Cette substance est quelquefois employée dans la joaillerie; mais, à l'exception de quelques pierres bien choisies, elle produit en général très-peu d'effet. C'est du zircon qu'on extrait la zircone pour l'usage des laboratoires.

§ 325. Gadolinite.—Substance noire, vitreuse, rayant le verre avec facilité, fusible au chalumeau, en verre opaque: indiquée en prismes obliques rhomboïdaux, qui sont du moins très-rares.

Elle ne se trouve dans la nature qu'en très-petite quantité, disséminée dans les pegmatites, et n'a encore été observée qu'en Suède, aux environs de Fahlun et à Ytterby. C'est la substance dont on tire l'*yttria*; elle en renferme de 45 à 55 pour 100, suivant qu'elle est plus ou moins mélangée de matières étrangères.

§ 326. Cérélite.—Substance rosâtre, ou violâtre, tirant au brun ou au gris, très-pesante, rayant difficilement le verre, donnant de l'eau par calcination et infusible au chalumeau.

C'est de cette matière qu'on extrait principalement l'oxyde de cérium, dont elle renferme 68 pour 100. Elle se trouve avec la *Cérine*, qui n'en renferme que 28, dans les mines de cuivre de Saint-Gorans, à Ryddarhytta en Suède. Les autres matières cérifères sont encore moins riches.

§ 327. Thorite. — C'est une substance noire, vitreuse, rayant le verre, qui donne de l'eau par calcination, et prend alors une couleur jaune. Elle forme des nids dans les siénites de l'île de Loewen en Norvège; c'est encore la seule matière dans laquelle on ait trouvé l'oxyde de thorinium, qui se rapproche de la zircone et de l'alumine.

Silicates alumineux simples.

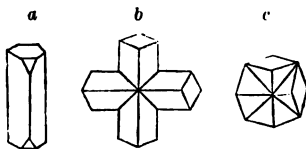
Solution, privée de silice, donnant le plus souvent, par l'ammoniaque, un précipité floconneux abondant et attaqué par la potasse caustique.

§ 328. — L'alumine est en général abondante dans tous les minerais de ce groupe; mais souvent aussi elle se trouve remplacée soit en partie soit en totalité par le peroxyde de fer, ou par les

oxydes isomorphes de chrome et de manganèse. Il en résulte que le caractère de donner par l'ammoniaque un précipité floconneux attaqué par la potasse caustique, n'est pas absolu, mais on le trouve le plus communément.

§ 329. *Staurotide*, *Disthènes*, *Andalousite*. — Les silicates alumineux simples sont tantôt anhydres, tantôt hydratés, ou hydratifères. Dans les premiers nous n'avons guère à remarquer aujourd'hui que la *staurotide*, le *disthène*, l'*andalousite*, substances disséminées dans les terrains de cristallisation,

La *staurotide*, de couleur brune, tantôt transparente, tantôt opaque, difficilement fusible, est en général cristallisée, et en prismes



rhomboïdaux plus ou moins modifiés, fig. *a*; fréquemment en groupes cruciformes, *b* et *c*, qui, dans le principe, l'ont fait particulièrement remarquer et désigner sous le nom de *Pierre de croix*, ce que signifie encore le nom actuel.

Le *disthène*, fréquemment de couleur bleue, ce qui lui a valu aussi le nom de *cyanite*, est totalement infusible; il se trouve en cristaux prismatiques allongés, minces, mal conformés au sommet, et clivables en un sens, ou bien en petites masses bacillaires et même fibreuses très-denses.

Ces substances appartiennent généralement aux roches métamorphiques. Elles se trouvent toutes deux réunies dans les micaschistes du Saint-Gothard; mais la *staurotide* se présente seule en Bretagne, dans les schistes argileux, et le *disthène* seul dans les roches quarzeuses du Tyrol, dans diverses roches porphyriques, etc.

L'*andalousite*, ordinairement opaque, blanche, grisâtre, rougeâtre, cristallise en prismes rhomboïdaux très-rapprochés du prisme carré. Elle présente aussi de petites masses à fibres fines, avec lesquelles on a confondu certaines variétés de *disthène*. Sa variété la plus remarquable est celle dont nous avons parlé sous le nom de *macle*, § 59. Cette substance se trouve dans les terrains cristallins, ou métamorphiques, en Bretagne, en Forez, en Tyrol, en Bavière, etc.

§ 330. *Silicates hydratés ou hydratifères*. — Ces silicates hydratés sont tous des matières compactes, très-tendres, quelquefois translucides et d'un éclat résineux, le plus souvent opaques et ternes, passant à l'état terreux. On n'en connaît pas de cristallisés, et ce n'est que par l'analyse qu'on peut les distinguer les uns des au-

tres. On voit dans le tableau des espèces qu'ils se rapportent à trois types, silicates, bisilicates et trisilicates, et qu'ils ne diffèrent dans chaque ordre que par les quantités relatives d'eau, ou d'hydrate, et de silicate. Ceux qui sont hydratifères se distinguent surtout en ce que les acides leur enlèvent facilement une certaine quantité d'alumine.

Ces matières se trouvent en petits nids dans certains dépôts métallifères, en noyaux dans des roches amygdaloïdes, en rognons dans les calcaires, ou dans les matières arénacées qui en séparent les couches; quelquefois elles forment des amas assez considérables, ou des espèces de filons dans ces dernières; elles constituent, en grande partie, les dépôts argileux qu'on trouve dans les terrains de sédiment, où fréquemment elles sont mêlées de matières sableuses plus ou moins abondantes.

Les silicates ferriques qui se rapportent à ce groupe sont aussi tantôt simplement hydratés, tantôt hydratifères; on ne les connaît jusqu'ici qu'en nids plus ou moins volumineux, dans des dépôts de minerais de fer ou de manganèse.

§ 334. *Argiles*.—C'est aux silicates alumineux hydratés, ou hydratifères, qu'appartiennent les matières désignées sous le nom d'*argile*, ainsi que les terres labourables qu'on nomme *terre forte*, *terre franche*, etc. Ce sont toujours au fond des silicates déterminés. mais souvent salis par des mélanges de toute espèce, qui fréquemment consistent en sables quarzeux, tantôt purs et tantôt impurs, parce qu'ils proviennent de la destruction de diverses espèces de roches.

Les argiles, qui se trouvent en dépôts assez considérables à la surface de la terre sont des matières éminemment utiles. D'un côté, elles arrêtent les eaux de pluie qui filtrent dans les terrains de sédiment, et les forcent d'aller s'écouler au jour sous la forme de sources, § 255. D'un autre côté, elles sont employées à un grand nombre d'usages, et surtout à la fabrication des briques et des diverses sortes de poterie, objet d'une haute importance, qui procure l'existence à un nombre infini de familles. Les argiles grossières servent pour les poteries communes; d'autres, plus pures, sont employées pour les *terres de pipe* ou *terres anglaises*, et une sorte de porcelaine commune d'un excellent usage. Les belles porcelaines sont fabriquées avec la terre particulière nommée *kaolin*, qui résulte d'une décomposition des matières feldspathiques.

Les *terres à foulon* ne sont encore que des argiles calcarifères, grasses au toucher, et se polissant sous l'ongle, qui se dilatent dans l'eau et s'y délayent en rendant ce liquide plus ou moins savonneux. Elles sont de la plus grande importance pour les fabriques de

draps, où on les emploie pour débarrasser les tissus de l'huile dont on a été obligé d'imbiber la laine pour la travailler. En France, les plus renommées sont celles d'Issoudun (Indre), de Villeneuve et de Septôme (Isère), de Flavin (Aveyron), de Rittennau en Alsace.

La *Pierre à détacher* qu'on vend à Paris est une argile calcaireuse de la formation gypseuse, § 230, qu'on emploie tantôt seule, tantôt mélangée avec un peu de carbonate de soude, qui lui donne la propriété de raviver les couleurs altérées par les acides.

Les allophanes et les halloysites, qui sont abondantes dans quelques localités, comme celles de Beauvais et de Bayonne, pourraient être employées avec avantage pour la fabrication du sulfate d'alumine pur, qui est si important dans l'art de la teinture.

Silicates alumineux doubles.

Solution acide renfermant diverses matières en même temps que l'alumine, et précipitant dès lors par divers réactifs.

§ 332. Cette division dans laquelle l'alumine est aussi remplacée par ses isomorphes, peroxyde de fer, Fe_2O_3 , oxyde de chrome Cr_2O_3 et oxyde de manganèse Mn_2O_3 , renferme un nombre immense de corps, dont le tableau ne présente que les plus communs, ou les plus utiles sous le rapport de la classification. On voit qu'il y en a d'anhydres, d'hydratés, et même d'hydratifiés. Dans les premiers, un grand nombre sont à base de chaux, de protoxyde de fer et de manganèse; d'autres renferment de la potasse, de la soude ou de la lithine. Plusieurs, quoiqu'à bases différentes, présentent les mêmes formules de composition, et forment en conséquence des groupes particuliers, ou *genres*, qu'il importe de distinguer.

Plusieurs silicates hydratés ont leurs correspondants parmi les silicates anhydres comme la Conichrite dans les Grenats, la Thomsonite dans la Wernérite, la Scolézite dans le Labradorite, la Stilbite dans la Carnatite. Le plus grand nombre sont à base de chaux. Il en est qui renferment plus ou moins de protoxyde de fer, et présentent alors des substances fort analogues, de couleur verte qu'on a désignées sous les noms de *chlorite* ou de *terre verte*. Quelques composés magnésiens qui ont plus ou moins de rapports avec le talc et les micas, renferment des hydrates de magnésie.

Il y a aussi des composés dans lesquels l'alumine paraît faire fonction de corps électro-négatif, et il en résulte des combinaisons de silicates et d'aluminates. Cette même substance y est quelquefois encore remplacée, en tout ou en partie, par ses isomorphes.

SYNOPSIS DES SILICIDES. — SILICATES ALUMINEUX DOUBLES. 267

Enfin, certains silicates alumineux renferment du fluor, du chlore, du soufre, dont les fonctions sont peu connues, et d'autres des carbonates, des phosphates, des sulfates de diverses bases, ce qui rappelle les carbonates sulfatifiés, § 300.

A. Silicates alumineux doubles anhydres.

§ 333. Parmi les nombreuses espèces de cette division, nous avons particulièrement à considérer : le groupe de formules analogues à la tête duquel se trouvent l'*Idrocase* et le *Grossulaire*, et qui constitue ce qu'on a appelé les *Grenats*, puis le groupe *Zoisite* et *Thalite* qui forme les *Epidotes* et auquel se joint la *Méionite*; enfin le groupe dans lequel se trouvent l'*Orthose*, l'*Albite*, etc., de même formule de composition, et qui forment ce qu'on nomme, en général, le *Feldspath*, auquel il faut joindre le *Labradorite*, le *Ryacolite*, l'*Andésine* et l'*Oligoclase*, désignés sous le même nom, quoique de formules différentes. Ce dernier groupe nous intéresse en ce que ses espèces jouent un rôle important dans les terrains de cristallisation; les autres, parce qu'ils s'y rencontrent fréquemment. Nous y ajouterons l'*Émeraude*, dont le nom bien connu doit faire désirer quelques détails sur les matières qui le portent.

Émeraude. — Béril, aigue marine.

§ 334. Substance vitreuse, rayant le quartz et rayée par la topaze, cristallisant en prismes à base d'hexagone régulier.

Fusible au chalumeau en émail blanc. Renfermant de la glucyne.

Cette substance se trouve généralement cristallisée, et c'est toujours le prisme hexagone qui domine. Ce prisme est très-rarement terminé par des pyramides, mais souvent il se trouve déformé et devient cylindroïde.

Les couleurs sont variées; il y a des émeraudes limpides, ou opaques et incolores; d'autres sont jaunes, vert bouteille et bleuâtres. Rarement elles présentent un beau vert, qui est dû alors à l'oxyde de chrome.

Gisement. — L'émeraude se trouve en général disséminée; elle appartient particulièrement à l'espèce de granite nommée pegmatite. Quelquefois on la trouve dans le gneiss. La belle émeraude verte se trouve au Pérou dans un schiste argileux lié avec des calcaires. Assez souvent l'émeraude est hors de place dans des dépôts arénacés qui proviennent de la destruction des roches que nous venons d'indiquer. C'est une matière assez commune, qu'on trouve

en France en grande quantité dans les pegmatites du Limousin ; il n'est pas rare dans le pays de la trouver en morceaux brisés dans les tas de pierres réunies pour l'entretien des routes.

Usage. — On emploie pour la bijouterie l'émeraude verte du Pérou, certaines variétés bleuâtres qu'on nomme *aigues marines*, et les variétés vert jaunâtre qu'on nomme *bénil*. La première est la seule qui ait quelque valeur ; elle est même d'un prix très-élevé lorsque, étant assez grande, elle ne présente aucun défaut.

Genre Grenat.

§ 335. On nomme *grenats* des matières qui cristallisent dans le système cubique, et généralement en dodécaèdres rhomboïdaux, ou en trapézoèdres ; qui sont toutes susceptibles de rayer le quartz, et qui sont fusibles au chalumeau. Elles présentent la même formule de composition, quoique les bases soient très-variables ; l'une étant tantôt la chaux, tantôt le protoxyde de manganèse, etc., l'autre tantôt l'alumine, tantôt le peroxyde de fer ou l'oxyde de chrome correspondant. Souvent tous ces composés sont mélangés ensemble dans le même cristal, et les couleurs sont, par suite de cela, très-variables. Le plus communément ce sont des teintes rouges plus ou moins foncées, qui appartiennent particulièrement à l'*Almandine* ; mais il y a aussi des grenats jaunâtres ou verdâtres qui sont, le plus souvent, des *Grossulaires*, des grenats vert-émeraude qui forment l'*Uwarovite* ; enfin des grenats bruns et noirs qui constituent la *Spessartine* et la *Mélanite*.

Les grenats sont presque toujours cristallisés, et alors abondamment disséminés dans les diverses roches de cristallisation, principalement dans les micaschistes, les gneiss, les pegmatites, les schistes argileux, les roches serpentineuses, les calcaires qui avoisinent les terrains de cristallisation. On en trouve aussi dans les terrains trachytiques, basaltiques et volcaniques modernes ; dans ces derniers, ce sont le plus souvent des grenats à base de peroxyde de fer, c'est-à-dire l'espèce qu'on a nommée *mélanie*. On trouve aussi le grenat en petites masses granulaires, et même à l'état compacte et lithoïde ; quelquefois il constitue alors de petites couches au milieu des micaschistes.

Les grenats des diverses teintes rouges sont très-recherchés par les bijoutiers ; ceux qui sont d'un rouge de feu, ou violâtres, d'une belle teinte veloutée, sont désignés sous le nom de *grenat styrien*, *grenat oriental*, et forment probablement ce que les anciens appelaient *escarboucle* ; ceux qui sont d'un rouge tirant plus ou moins

sur l'orangé sont désignés sous le nom d'*hyacinthe*. Toutes ces pierres sont souvent d'un prix assez élevé.

§ 336. Idocrase. — Les idocrases, de même composition que les grenats, ne diffèrent que par le système de cristallisation, qui est alors le prisme carré. Comme les grenats, il y en a de diverses bases, mais qui sont toujours plus ou moins mélangées. Elles sont en général à base de chaux et de protoxyde de fer, et vertes ou brunes; quelquefois à base de magnésie, et alors blanches ou jaunâtres; à base d'oxyde de cuivre et présentant une teinte bleue qui leur a valu le nom de *cyprine*.

Ces matières, qu'on connaît le plus souvent cristallisées, mais qu'on trouve aussi en masses bacillaires, fibreuses, granulaires et compactes, se rencontrent dans les mêmes gisements que les grenats, et fréquemment avec eux. On en trouve beaucoup dans les blocs de dolomie qui existent dans les tufs ponceux dont la base du *Vésuve*, ou ce qu'on appelle la *Somma*, est entourée. Elles forment quelquefois, comme le grenat, des couches minces au milieu des micaschistes, et principalement en Piémont.

Genre Épidote.

§ 337. Les épidotes se trouvent partagées en deux espèces, dont l'une, le *Zoisite*, à base de chaux, est grisâtre, et dont l'autre, la *Thallite*, ou *pistacite*, à base de protoxyde de fer, est d'un vert foncé. C'est celle-ci qui est la plus commune, et qu'on rencontre très-fréquemment dans les terrains granitiques alpins. Elle cristallise en prismes obliques ordinairement allongés, le plus souvent groupés les uns sur les autres et formant des masses bacillaires qui remplissent les fissures des roches. Quelquefois elle est en filaments extrêmement ténus, qui forment une espèce d'amiante ou d'asbeste qu'on a nommée quelquefois *amiantoïde*. A l'état compacte elle se mélange parfois avec le quartz et constitue des couches ou des amas plus ou moins puissants. Elle forme aussi de petits nids disséminés dans les roches, et de petits rognons dans les amygdaloïdes de diverses localités.

On connaît cette substance presque partout; mais en France les environs du bourg d'Oisan ont fourni de belles masses bacillaires. En Suède, en Norvège, les mines de fer, qui appartiennent aux formations cristallines, en ont présenté souvent de beaux cristaux plus ou moins volumineux.

§ 338. La *Méionite* qui a la même composition que le *zoisite* en diffère par la cristallisation qui offre un prisme à base carrée. Elle

s'est trouvée dans les dolomies de Sterzing en Tyrol, et dans les blocs de la même substance qui sont empâtés dans les débris dont la Somma est entourée, etc.

Groupe feldspathique.

§ 339. **Caractères généraux.** — Les matières qui reçoivent collectivement le nom de *feldspath* sont la plupart aussi abondantes dans les terrains de cristallisation que le calcaire dans les terrains de sédiment. Elles y constituent quelquefois des dépôts à elles seules, et sont généralement parties constituantes essentielles des roches composées qu'on y trouve. Ces matières sont toutes assez dures pour rayer au moins le verre; toutes sont plus ou moins fusibles, en émail blanc ou en verre bulleux. Leurs cristaux, souvent nombreux et variés, présentent au premier abord beaucoup de ressemblance; cependant les uns, comme ceux d'orthose et de ryacolite se rapportent au prisme rhomboïdal oblique, tandis que les autres, comme ceux d'albite, d'oligoclase, de labradorite, etc., appartiennent au prisme oblique obliquangle, § 40; tous présentent des clivages plus ou moins faciles, mais dans ceux de la première série deux des faces produites se rencontrent à angle droit, tandis que dans les autres toutes ces faces se rencontrent obliquement.

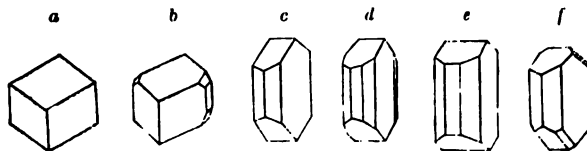
Sous le rapport de la composition ces matières sont toutes formées de telle sorte que la quantité d'oxygène de l'alumine, ou de ses isomorphes, est triple de celle de l'autre base; mais cette condition n'empêche pas qu'elles ne se divisent en plusieurs genres qui se distinguent par le degré de saturation des silicates réunis, et où les quantités d'oxygène sont successivement de 12, 9, 8, 6, 4. Chacun de ces genres peut renfermer plusieurs espèces caractérisées par les différents éléments isomorphes.

§ 340. **Genre feldspath.** — On peut comprendre sous ce nom les matières du plus haut degré de saturation, qui appartiennent à l'un des systèmes prismatiques obliques et qui se trouvent formées par une réunion de trisilicates, entrant chacun pour un atome dans le composé, suivant la formule $\bar{A}l \bar{S}i^3 + \bar{R} \bar{S}i$ ou $3 Al Si^3 + K Si^3$, \bar{R} ou R désignant les bases à 1 atome d'oxygène. Ce genre renferme les espèces suivantes :

1° Orthose ou Orthoclase, $3 Al Si^3 + K Si^3$. — Les cristaux d'orthose assez communs dans les diverses sortes de granite sont quelquefois des prismes rhomboïdaux, simples ou modifiés, fig. *a* et *b*; mais le plus souvent des prismes hexagones irréguliers termi-

GRUPE DES SILICIDES.—SILICATES ALUMINEUX DOUBLES. 271

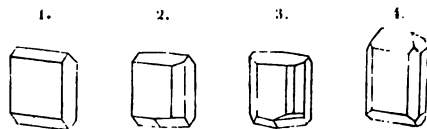
nés par des sommets dièdres et diversement modifiés, *c, d, e, f*, quelquefois très-complicés. Il y a aussi beaucoup de cristaux groupés.



On trouve aussi l'orthose sous des formes globulaires, engagées dans de l'orthose compacte plus ou moins de matières étrangères, et dont quelquefois elles peuvent se détacher. Ces globules, quelquefois assez gros, sont généralement striés du centre à la circonférence. Du reste, on rencontre cette substance en masses laminaires, divisibles en plaques plus ou moins épaisses; en masses lamellaires; en masses schisteuses, composées de feuillets compactés plus ou moins épais, souvent séparés par des enduits micacés; en masses granulaires à grains fins, et enfin à l'état compacte.

Naturellement blanc, l'orthose se colore de diverses manières par des substances mélangées très-variées. Il est quelquefois limpide, mais le plus souvent opaque; dans le premier cas, il présente quelquefois des reflets nacrés très-agréables.

2° Albite, $3 Al Si^3 + Na Si^3$. — Les cristaux d'albite offrent aussi des prismes à sommets dièdres, mais modifiés inégalement sur les arêtes ou sur les angles, fig. *a, b, c, d*, ce qui montre leur rapport au système oblique obliquangle. Ils sont souvent groupés en sens inverse par des plans parallèles à celui des petites diagonales du prisme; et ce plan n'étant plus perpendiculaire à la base, il en résulte des angles rentrants très-ouverts, qu'on remarque encore dans le clivage.



L'albite se trouve aussi en masse laminaire, quelquefois feuilletée; en masse lamellaire, granulaire, quelquefois fibreuse et palmée, ou enfin en masse compacte.

3° Pétalite, $3 Al Si^3 + L Si^3$. — Cette substance à base de lithine n'est encore connue qu'en masses laminaires qui se clivent en prismes obliques obliquangles. On ne l'a rencontrée qu'à Utö en Sudermanie dans des blocs isolés qui paraissent appartenir à la pegmatite.

Le pétalite est une des substances dont on peut extraire la lithine, mais on emploie plus souvent à cet effet le triphane qui l'accompagne et qui est un peu plus commun.

4° Carnatite, $3 Al Si^3 + Ca Si^3$. — Ici la chaux prend la place des alcalis ; mais on ne connaît que de très-petits cristaux rectangulaires de cette matière, qui, du reste, paraît entrer dans la composition des granites et des gneiss de Coromandel. Cette substance diffère des précédentes en ce qu'elle est attaquable immédiatement par les acides, comme le labradorite dont nous parlerons plus tard.

§ 344. **Autres genres.** — Les autres matières feldspathiques diffèrent nettement des précédentes par l'ordre des silicates réunis, où le degré de saturation diminue successivement. Elles forment aujourd'hui quatre genres distincts sous ce rapport, quoique par la cristallisation elles aient les plus grandes analogies les unes avec l'orthose, comme le ryacolite, les autres avec l'albite, dont elles diffèrent cependant par les angles dièdres correspondants. On distingue aujourd'hui les genres et espèces suivants :

1° Oligoclase, $3 Al Si^3 + Na Si^3$. — Déjà on ne voit plus ici qu'un bisilicate alumineux avec un trisilicate de la seconde base, ce qui forme le type d'un des genres que nous avons annoncés.

L'oligoclase, substance blanchâtre ou gris verdâtre, présente un éclat gras particulier qui la fait distinguer au premier moment. Ses cristaux n'ont offert jusqu'ici que des surfaces onduleuses ou raboteuses qui permettent peu d'en mesurer les inclinaisons mutuelles ; mais ils ont une grande analogie avec ceux de l'albite avec lesquels on les a d'abord confondus. On ne connaît cette substance qu'en petites masses lamellaires, formées de cristaux qui s'isolent çà et là, et en masse compacte remplie de matières diverses qui en font une roche composée.

Le Triphane est une autre espèce du même genre où la lithine remplace la soude ; c'est une substance de couleur verdâtre d'un éclat un peu nacré qu'on n'a trouvée encore qu'en masse lamellaire assez facilement clivable suivant les pans du prisme. Ces deux espèces ont été longtemps confondues ensemble.

2° Andésine, $3 Al Si^3 + (Ca, Na) Si^3$. — Cette substance, confondue aussi avec l'albite, nous offre encore un nouveau genre, en

GRUPE DES SILICIDES. — SILICATES ALUMINEUX DOUBLES. 273

ce que la seconde base se trouve aussi à l'état de bisilicate. Elle n'a été observée jusqu'ici qu'en très-petits cristaux blancs, disséminés dans des porphyres amphiboliques qu'on a nommés *andesite* parce qu'ils constituent la base des Andes dans l'Amérique équatoriale. Ces porphyres ont leurs analogues en Hongrie où ils se présentent dans les mêmes relations géologiques.

3° *Rya colite*, $3 Al Si + (Na, K) Si^2$. — Ici, comme dans les substances suivantes, le silicate alumineux se simplifie encore, et se combinant tantôt avec un trisilicate de la seconde base, tantôt avec un simple silicate, il donne lieu aux deux autres genres dont il nous reste à parler.

Le *ryacolite*, comme nous l'avons dit, cristallise en prisme oblique rhomboïdal, comme l'*orthose*, dont il diffère légèrement par les angles. On ne le connaît encore positivement que dans les laves de l'abbaye de Laach dans l'Eiffel, et dans les blocs de dolomie de la Somma, accompagné de *pyroxène*. Ses cristaux ont cet éclat particulier, cette espèce de fendillement qui ont fait imaginer le nom de *feldspath vitreux*, mais qu'on trouve également dans l'*albite* et l'*orthose*.

4° *Labradorite*, $3 Al Si + (Ca, Na) Si^2$. — C'est le même genre de formule que précédemment; mais ici la soude est remplacée par la chaux, et la cristallisation se rapporte au prisme oblique obliquangle : la substance est attaquable par les acides comme la *carnatite*.

La variété la plus remarquable de *labradorite*, déjà connue depuis longtemps, est en masse laminaire susceptible de clivage, qui offre de beaux reflets de couleurs variées et changeant avec l'inclinaison de la pierre par rapport à l'œil. Mais on connaît aussi le *labradorite* en petits cristaux offrant ordinairement des pans très-élargis parallèles à la petite diagonale des prismes primitifs. Ces cristaux empâtés surtout dans les laves de l'Etna et de Stromboli, se distinguent immédiatement par la facilité avec laquelle ils se cliquent suivant les grandes faces, et qui est telle qu'ils paraissent comme schisteux sur la cassure transversale; quand la roche les présente à plat, leur surface offre une multitude d'écaillés qui se détachent avec la plus grande facilité. Cette substance paraît aussi exister à l'état compacte dans les *euphotides*, et dans certains *basaltes* où elle est colorée en noir par le *pyroxène*.

5° *Anorthite*, $3 Al Si + (Ca, K, Na) Si$. — C'est le type du quatrième genre. Cette substance est en cristaux très-brillants; on l'a nommée aussi *spath de glace*, *eisspath*, et on la trouve avec *pyroxène* et *mica* dans les blocs de dolomie de la Somma.

§ 342. **Gisement des matières feldspathiques.**—De toutes les matières feldspathiques, l'orthose paraît être encore aujourd'hui la plus abondante. D'abord cette substance se trouve en cristaux qui sont disséminés dans diverses espèces de roches, simples ou composées, ou qui en tapissent les fissures et les cavités. Elle est partie constituante essentielle des granites et des gneiss, § 172, 306, qui sont les roches les plus abondantes des terrains de cristallisation, où elle offre toujours une structure lamellaire, résultat d'une accumulation de cristaux clivables. Réunie à l'amphibole, elle forme la *siénite* qui offre au premier abord une grande ressemblance avec le granite et qui constitue aussi de très-grands dépôts.

Légerement grenu et mélangé de mica, l'orthose forme encore la roche composée nommée *leptinite*, qu'on distingue en granitoïde et schisteuse. A l'état compacte, il constitue aussi des couches ou des amas considérables, où le plus souvent il est coloré par des mélanges de matières étrangères. Souvent alors il se trouve rempli de cristaux disséminés, tantôt d'orthose, tantôt d'albite, quelquefois des autres espèces, qui forment sur la pâte des taches parallélogrammiques. On a alors des *porphyres*, qu'on distingue par la couleur de leur fond ; il y en a de bruns, de rouges, de verts, de noirs, etc. Les cristaux disséminés sont tantôt grands, tantôt petits, souvent blancs, et dans tous les cas d'une teinte moins foncée que le reste de la masse. Les porphyres sont encore des roches très-communes non-seulement dans les grandes formations cristallines, mais encore dans certains dépôts de sédiment au travers desquels ils se sont fait jour. Dans certains cas les cristaux sont remplacés par des nodules de même matière, ou des globules striés du centre à la circonférence : de là résulte ce qu'on a nommé *variolites*, parce que les matières disséminées, souvent blanchâtres, font saillie à la surface des morceaux roulés, des masses dégradées par le temps, et rappellent les pustules de la petite vérole.

L'albite présente à peu près les mêmes circonstances que l'orthose ; on la trouve en cristaux dans les fissures des roches granitiques, surtout des protogynes, § 306, ou bien empâtée dans les porphyres. Réunie à l'*amphibole*, elle forme les *diorites*, roches composées fort analogues à la siénite, qui, par le mélange intime des éléments, passent à des matières compactes, vertes ou noires, d'apparence homogène, qu'on trouve en filons dans les dépôts cristallins ou sédimentaires, en amas ou sous la forme apparente de couches. Ce sont ces diorites compactes qui forment la pâte des porphyres verts des diverses variétés. Cette substance plus ou moins mélangée des autres espèces feldspathiques, forme aussi la plus

grande partie des roches que leur épreté a fait désigner sous le nom de *trachyte*, et qui ont produit des épanchements considérables à la surface du globe.

L'*éligoclase* ne s'est guère présentée en Europe que disséminée dans certaines roches granitoïdes, comme dans l'Ariège, en Silésie, en Suède, en Norvège; on la cite cependant au cap Lizard en Cornouailles; en association avec l'hyperstène et constituant une roche analogue à l'euphotide. Elle remplace l'albite dans certaines diorites des monts Oural. On l'a citée dernièrement en petits cristaux dans les roches trachytiques de Ténériffe.

Le labradorite a été d'abord observé sur la côte de Labrador, en morceaux roulés qui paraissaient provenir de certaines siénites dans lesquelles on rencontre aussi l'hyperstène. On l'a reconnu depuis avec cette dernière substance dans les monts Oural, et constituant alors une roche particulière qu'on a nommée *hyperite*. On le regarde aujourd'hui comme formant le fond des roches qu'on nomme *euphotide*, où il est associé, à l'état compacte, avec certaines variétés de diallage. Réuni au pyroxène, il constitue la *dolérite*, roche analogue à la siénite et à la diorite, qui est tantôt granitoïde, tantôt compacte par suite de l'atténuation des parties constituantes. A ce dernier état cette réunion paraît être la pâte des porphyres noirs nommés *mélaphyre*, et de la plupart des *basaltes*. Il constitue enfin les laves de l'Etna et du Stromboli.

§ 343. Usages des matières feldspathiques.—Certaines variétés d'orthose, qui offrent plus ou moins de transparence avec des reflets nacrés, sont employées dans la joaillerie sous le nom de *Pierre de lune*, dont les plus belles viennent de Ceylan. On nomme *Pierre de soleil* une variété analogue, remplie de petites paillettes de mica disséminées, qui est beaucoup plus rare et d'un prix très-élevé. Un feldspath laminaire d'une belle couleur verte, connu sous le nom de *Pierre des amazones*, est employé pour de petits objets de fantaisie, tels que boîtes, socles, pendules, etc. C'est au même usage qu'on emploie les belles variétés chatoyantes de labradorite. On se sert aussi de plusieurs roches feldspathiques composées; c'est ainsi qu'on emploie le granite pour les bornes, pour les bordages de trottoir dans les grandes villes où le transport peut s'effectuer facilement. Cette même roche, ainsi que les siénites et les porphyres de diverse sorte, a été employée par les anciens en colonnes, en baignoires, en urnes sépulcrales, en tables, en plaques, etc., que l'on voit encore dans les édifices modernes; c'est ce qu'on nomme assez improprement les *marbres durs*. On ne fabrique guère de ces objets aujourd'hui, parce que les matières exigent

de grands frais pour être taillées et polies; on fait seulement quelques plaques, quelques chambranles, de petites colonnes, des vases, que des particuliers même se donnent rarement à cause de leur prix élevé. Une des belles matières de ce genre est celle qu'on nomme le *granite orbiculaire de Corse*: c'est une roche d'albite et d'amphibole vert entremêlés, dans laquelle se dessinent de gros globules radiés et à couches concentriques formés de ces deux mêmes matières. Ce qu'on nomme *porphyre orbiculaire de Corse* est un feldspath compacte, jaunâtre ou brunâtre, dans lequel se trouvent aussi de gros globules de même nature, radiés du centre à la circonférence; fort belle, sans doute, cette matière est cependant beaucoup au-dessous de la première. On pourrait employer le feldspath, vu sa fusibilité, pour fabriquer du verre blanc dans certaines localités; je ne sache pas cependant qu'on en ait fait usage sous ce rapport, mais on emploie les *perlites*, dont nous parlerons tout à l'heure, et les verres blancs qu'ils produisent ont beaucoup de solidité.

§ 344. **Appendice aux matières feldspathiques.** — On est conduit à placer ici beaucoup de matières dont la composition est assez mal connue, mais qui renferment à peu près les mêmes éléments que les feldspaths, et sont comme eux fusibles en émail blanc. Ce sont l'*obsidienne*, la *marékanite*, le *perlite*, la *sphérolite* et la *ponce*, qui toutes appartiennent aux dépôts trachytiques, ainsi que le *rétinite*, qu'on trouve en filons ou en amas dans les terrains de sédiment inférieur.

Les *obsidiennes* sont des matières vitreuses, le plus souvent noires, qui se boursoufflent presque toujours très-fortement au feu, et qui dans la nature passent à des ponces boursoufflées. Le *perlite* est une matière à structure testacée, plus ou moins nacrée, et qui tient de la nature vitreuse. La *marékanite* se présente en globules plus ou moins vitreux dans le perlite, et la *sphérolite* s'y trouve en globules lithoïdes striés du centre à la circonférence. La *ponce* se rattache à l'une et à l'autre de ces matières, et en outre à beaucoup d'autres roches trachytiques; elle forme quelquefois de grands amas et surtout se trouve en fragments plus ou moins volumineux constituant autour des groupes trachytiques de grands dépôts nommés *conglomérats ponceux*, qui ont été souvent remaniés par les eaux.

Les *rétinites* sont en principe des matières vitreuses qui se trouvent dans les grès houillers et les grès rouges, § 472, *note*, et en relation avec des épanchements porphyriques. Jamais les *rétinites* ne passent à la ponce, mais bien à des matières lithoïdes, à des *mélaphyres*, etc.

GRUPE DES SILICIDES. — SILICATES ALUMINEUX DOUBLES. 277

§ 345. *Décomposition naturelle.* — Les matières feldspathiques ainsi que plusieurs de celles que nous y rattachons par appendice, se trouvent aussi dans la nature à l'état de décomposition et réduites en matières terreuses qui ont quelquefois conservé toute la structure des roches dont elles proviennent. Ce n'est pas seulement une désagrégation, car il ne reste qu'un simple silicate $Al\ Si$, plus ou moins hydraté; par conséquent il y a eu soustraction, pour l'orthose et l'albite, d'un silicate alcalin de la formule, $(K, Na) Si^2$. Or, il est à remarquer que ce dernier silicate est soluble dans l'eau à 200 degrés, car à cette température le feldspath est décomposé et il reste le corps insoluble $Al\ Si$. Cette remarque, importante sous le rapport théorique, peut conduire à l'idée que la décomposition ne se fait pas journellement, comme on l'a pensé, et qu'elle a eu lieu dans l'intérieur même de la terre, avant le soulèvement de ces masses, sous la pression d'environ 45 atmosphères.

Quoi qu'il en soit, l'orthose, l'albite, la ponce, sont fréquemment décomposés, et produisent des substances assez analogues entre elles, qu'on nomme en général *kaolin*: c'est l'espèce d'argile qu'on emploie pour la fabrication de la porcelaine en France. Il y a de grands dépôts de kaolin dans le Limousin, surtout dans les environs de Saint-Yrieix, et c'est ce qui a donné lieu aux nombreuses fabriques du pays. La porcelaine, la plus belle des poteries, a pour couverture ou vernis, le feldspath lui-même; non altéré, que l'on désigne alors sous le nom de *pétunzé*.

Dans quelques localités la ponce a subi des modifications beaucoup plus grandes encore, et il s'est formé de nouveaux composés. C'est ainsi que les tufs ponceux qui ont recouvert Herculanium, ceux qui forment la masse du Pausilippe, sont en partie convertis en une espèce d'allophane qui pourrait être très-utile pour la préparation de l'alun.

Amphigène, Néphéline, Wernérite.

§ 346. A côté de l'anhésine et de l'anorthite, nous trouvons des substances qui offrent la même formule de composition, et qui dès lors sembleraient devoir entrer dans le groupe feldspathique; mais aucune d'elles n'a les formes prismatiques obliques, et n'est susceptible de clivage.

L'Amphigène, substance grisâtre ou rougeâtre, appartient au système cubique et cristallise en trapézoèdre. Elle se trouve en cristaux disséminés, assez abondants, dans les roches qui consti-

tuent la Somma, dans celles des anciens épanchements volcaniques de la campagne de Rome, dans diverses roches trapéennes du Brisgau.

La Néphéline, ordinairement blanche, plus ou moins transparente, se présente en prisme hexagone régulier. Elle se trouve comme l'anorthite dans les blocs de dolomies de la Somma, et paraît constituer plusieurs des anciennes laves de la campagne de Rome.

La Wernérite, en prismes à base carrée, plus souvent en petites masses bacillaires qui résultent de leur groupement, se trouvent dans les gîtes métallifères de Norwége, de Suède, ou dans les roches de gneiss, ou de calcaire, qui les avoisinent.

B. Silicates alumineux doubles hydratés, à base calcaire ou alcaline.

§ 347. Toutes les matières de ce groupe ont entre elles beaucoup de ressemblance, et dans le principe ont été toutes confondues sous le nom de *zéolite*, parce qu'elles fondaient au chalumeau avec bouillonnement. Elles donnent toutes de l'eau par calcination, sont toutes solubles en gelée dans les acides, soit à froid, soit à chaud; la plupart sont à base de chaux. Elles sont généralement blanches, et quelquefois seulement colorées en rouge par le mélange de peroxyde de fer. Leur dureté est peu considérable, car presque toutes sont incapables de rayer le verre.

Sous le rapport de la cristallisation, une seule de ces substances, l'*Analcime*, appartient au système cubique, et en offre la plupart des modifications; une autre la *Chabasie*, se trouve en rhomboèdres, et l'*Herschélite* ou *Hydrolite* en prisme hexagone régulier. Deux, la *Scolézite* et la *Thomsonite*, se rapportent au prisme à bases carrées; plusieurs au système droit rectangulaire, comme la *Stilbite* et la *Mésotype*, et trois au système prismatique oblique, telles que la *Laumonite*, la *Heulandite*, la *Brewstérite*. On peut donc les distinguer en plusieurs groupes lorsqu'elles sont cristallisées; mais elles se trouvent fréquemment en petites masses fibreuses, et il n'y a plus alors que l'analyse pour les caractériser.

Ajoutons maintenant que ces matières se trouvent toutes dans le même gisement, et que souvent elles sont réunies ensemble. Elles appartiennent en général aux amygdaloïdes, aux basaltes, aux tufs basaltiques, et en remplissent les cellules.

Quelques-unes cependant se trouvent aussi dans les fissures du granite protogyne, comme la stilbite et la laumonite, ou dans les filons métallifères qui offrent aussi les deux substances que nous venons de citer, et en outre l'harmotome et la brewstérite.

GRUPE DES SILICIDES.—SILICATES ALUMINEUX DOUBLES. 279

Les plus communes de ces matières sont la mésotype, la scolézite, l'analcime, la chabasie et la stilbite. Ce sont aussi celles qu'on rencontre le plus fréquemment dans les collections.

Q. *Silicates alumineux doubles hydratés, magnésiens, terreux, etc.*

§ 348. La plupart des substances rangées dans ce groupe renferment plus ou moins de silicates de protoxyde de fer, qui leur donnent une couleur verte; de là le nom général de *chlorites* appliqué à celles de ces matières qui sont composées de petites lamelles entremêlées, et celui de *terre verte*, aux matières purement terreuses.

Parmi les chlorites, on distingue aujourd'hui la *Pennine* et la *Chlorite hexagonale*, qui sont régulièrement cristallisées toutes deux dans le système rhomboédrique, et constituent deux espèces bien caractérisées. La pennine est en rhomboèdres aigus, souvent tronqués profondément au sommet, et qu'on a pris souvent pour des prismes triangulaires; la chlorite est en lames hexagonales. La première, qui jouit au plus haut degré du dichroïsme, se trouve dans des schistes micacés ou chloritiques des environs du Mont-Rose, au pied du Simplon, dans la vallée de Binnen, dans les moraines du glacier de Findelen près de Zermatt. La chlorite hexagonale accompagne le grenat et le pyroxène de la vallée d'Alo en Piémont, et se trouve fréquemment dans les fissures de l'espèce de granite alpin qu'on a nommé protogyne; on la cite aussi dans les Pyrénées. La *Ripidolite*, autre matière analogue, est en cristaux minces, peu déterminables, accolés entre eux et formant des espèces de mamelons flabelliformes; la nature en est aujourd'hui indéterminée. On voit que ces matières ne diffèrent les unes des autres, que par l'ordre des silicates magnésiens qu'elles renferment et par les quantités relatives d'hydrate de magnésie; il est possible dès lors qu'il s'en trouve un grand nombre d'espèces, comme dans les simples silicates, § 343 à 346.

La Gigantolite, ainsi nommée, à cause de la grosseur des cristaux, est encore une matière analogue aux précédentes. Elle se trouve en prismes à 12 pans du système rhomboédrique, d'une couleur gris d'acier, dans des gneiss très-micacés de Tammela en Finlande.

Toutes ces matières ont été confondues avec les micas, et aussi avec les talcs cristallisés.

§ 349. Les Terres vertes sont des matières plus ou moins terreuses, n'ayant aucune trace de cristallisation. La nature en est aujourd'hui indéterminée sous le rapport de la quantité des éléments,

le protoxyde de fer, la magnésie en font partie, quelquefois la potasse ou la soude. Ces matières se trouvent, en rognons plus ou moins volumineux, dans les roches amygdaloïdes, où quelquefois elles enveloppent d'une couche plus ou moins épaisse les rognons zéolitiques et siliceux. Elles s'y présentent aussi, quoique rarement, sous des formes empruntées aux minéraux cristallisés, surtout au pyroxène. On les trouve encore dans les terrains de sédiment; elles sont abondantes, en petits grains disséminés, dans les sables qui préludent à la craie, ainsi que dans les parties inférieures de ce dépôt qu'on nomme alors *craie chloritée*, § 287. Elles existent à la base des calcaires parisiens, tantôt en petits dépôts sableux entre leurs couches, tantôt disséminés; mais souvent alors elles sont entièrement privées d'alumine et se rapportent aux silicates non alumineux.

Les terres vertes ont été quelquefois employées en peinture, où elles produisent de beaux effets: la plus renommée est la *terre de Vérone*, qui, broyée et lavée, fournit une couleur fort belle et fort recherchée.

§ 350. La Pyrosklérite, substance tendre, vert pomme ou vert émeraude, en petite masse à structure cristalline du système rhomboédrique, se trouve à l'île d'Elbe avec la Conichrite qui est une matière compacte formée des mêmes éléments en d'autres proportions.

L'Hysingérite, qui ne renferme que du peroxyde et du protoxyde de fer, offre quelques indices de cristallisation dans les aiguilles dont elle est formée; elle vient du Brésil où elle accompagne la pyrite magnétique.

La Carpholite, remarquable par la présence du protoxyde de manganèse, est une substance fibreuse jaune paille qui se trouve dans les granites de Schlackenwald en Bohême où elle est accompagnée de fluor.

La Pimélite est compacte, d'un vert émeraude dans les parties pures, ce qu'elle doit au silicate de nickel; elle accompagne le silex chrysope de Kosemutz en Silésie.

Silicates et aluminates.

§ 354. Ici la silice seule ne suffit pas pour saturer les autres oxydes, suivant les lois connues, et l'on est obligé de supposer que l'alumine fait elle-même fonction d'acide dans les composés, comme nous l'avons vu dans d'autres cas, § 473, et s'y trouve combinée avec diverses bases. Les aluminates jouent alors le même rôle que les carbonates, sulfates, etc., dans les groupes suivants.

GROUPÉ DES SILICIDES. — SILICATES ET SELS DIVERS. 281

Nous ne mentionnerions pas ce groupe, si deux des substances qu'il renferme, la *Chamoisite* et la *Berthiérine*, ne présentaient des minerais de fer exploités. Le premier forme des gîtes dans le calcaire de la montagne de Chamoison dans le Valais, et dans les environs de Quintin en Bretagne; l'autre est mélangé, et souvent en assez grande quantité, dans les minerais de fer en grains de la Champagne, et particulièrement dans ceux de Hayange (Moselle). Ils sont l'un et l'autre en grains, d'un gris verdâtre et d'un noir blématique, et tous deux attirables à l'aimant.

Il n'est pas inutile de citer aussi la Pagodite, matière des petites figures qu'on nomme *magot* et qui nous viennent de la Chine. C'est une substance compacte grasse au toucher, dont il parait y avoir diverses espèces d'après les analyses; quelques matières analogues se présentent en Europe dans diverses localités.

Silicates et carbonates, sulfates, etc.

§ 352. Il y a encore peu de substances pour lesquelles on soit conduit positivement à admettre la combinaison de différents sels avec des silicates; mais il est probable qu'on en reconnaîtra beaucoup d'autres où l'on regarde encore les matières étrangères aux silicates comme étant à l'état de mélange.

La Cancrinite est une substance rose clair, d'un éclat vitreux dans le sens du clivage et gras dans les autres. Elle se trouve en petites masses clivables sous trois directions qui se coupent sous l'angle de 120°. Sa formule de composition indique une néphéline combinée avec du carbonate de chaux.

La Hauyne, de couleur bleue, cristallisant en dodécaèdres rhomboïdaux, est en petits nids, ou en cristaux, disséminée dans les laves, les basaltes, les tufs basaltiques et dans certaines roches trachytiques.

Le Lazulite ou *ouïremer*, d'une nature analogue, mais peut-être avec des proportions différentes, appartient aux terrains granitiques. On le cite en Sibérie, près du lac Baïkal, dans la Petite-Bucharie, au Tibet et dans plusieurs provinces de la Chine. Cette substance est fort recherchée et toujours d'un prix élevé lorsqu'elle est en masse un peu étendue. On l'emploie en placage, formé de pièces de rapport, pour des ornements intérieurs de chapelles ou autres objets; on recherche tantôt les variétés de teintes uniformes, tantôt celles qui sont mélangées de parties blanches, et quelquefois les variétés remplies de pyrites inaltérables, § 246, qui, se dessinant en jaune d'or sur le fond bleu, produisent un assez bel effet.

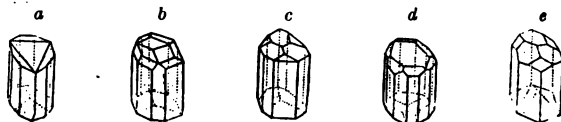
La Sordawalite, de Sordawala en Finlande, où elle a été observée en petites couches dans des roches argilo-ferrugineuses, est une substance noire, compacte, à cassure rhomboïdale, qui paraît renfermer du phosphate de magnésie; il y a du moins de l'acide phosphorique, sans qu'on sache bien positivement avec quoi il est combiné.

**Silicates borifères, fluorifères, chlorurifères
et sulfurifères.**

§ 353. On ne sait trop jusqu'à présent quel est le rôle que jouent les divers corps étrangers que renferment ces silicates. Les uns pensent que le fluor se trouve combiné avec une partie de la silice, comme nous l'avons admis dans la topaze; les autres, qu'il est uni à l'une des matières alcalines, et que le corps résultant se combine avec les silicates comme les différents sels du groupe précédent. C'est cette dernière manière de voir qu'on admet pour le bore, le chlore et le soufre.

§ 354. *Tourmaline*. — Cette substance, depuis longtemps connue sous le nom de *schorl électrique*, est une des plus remarquables sous le rapport de la propriété de s'électriser par la chaleur, en prenant l'électricité positive à l'une des extrémités et l'électricité négative à l'autre. C'est encore une des plus caractérisées sous le rapport de la faculté d'éteindre une des deux images produites par la double réfraction; il ne lui faut pour cela qu'une très-faible épaisseur, même dans des variétés assez transparentes.

Cette substance se trouve toujours cristallisée, soit régulièrement, soit en cristaux déformés, tantôt isolés, tantôt groupés en masse bacillaire; la cassure est vitreuse et n'offre aucun indice de clivage. Les cristaux, dont il y a de très-volumineux, appartiennent au système rhomboédrique, et se font remarquer par le défaut de symétrie géométrique, § 45, 2°. Les prismes hexagones qu'ils présentent ne sont souvent modifiés que sur trois arêtes latérales, fig. *a*, et les sommets sont toujours différents l'un de l'autre, *b*, *c*, *d*, *e*, l'un présentant, par exemple, un rhomboèdre simple, l'autre un rhomboèdre modifié profondément à l'angle culminant ou sur les arêtes qui y concourent.



La tourmaline raye le quartz, mais elle est rayée par la topaze. Elle est difficilement fusible dans certaines variétés.

Sa composition est très-mal connue ; l'acide borique, qui se trouve dans toutes les analyses, y varie depuis un centième jusqu'à neuf unités, sans qu'on sache encore quel rôle il joue dans la composition. Dans certaines variétés, il y a de la lithine, dans les autres de la potasse ou de la soude, quelquefois deux de ces alcalis, et souvent de la chaux, de la magnésie, des oxydes de fer et de manganèse ; et le tout sans qu'on puisse établir de formule de composition commune.

Il y a des tourmalines de toutes couleurs : de bleues, de vertes plus ou moins foncées, de rouges et de noires. Les variétés bleues sont nommées *indicolites*, et les rouges *rubellites* ; l'une et l'autre renferment de la lithine, et elles sont souvent mélangées dans le même cristal, même par accroissements alternatifs. Les variétés noires ne paraissent renfermer que de la soude et de la potasse, et ce sont celles dans lesquelles on trouve le plus de magnésie.

La tourmaline noire est la plus commune, et se trouve disséminée dans toutes les roches cristallines. C'est aux dépôts de pegmatites qu'appartiennent particulièrement les variétés bleues et vertes, quoique les noires s'y trouvent aussi abondamment. Les dolomies du Saint-Gothard nous en présentent d'un beau vert clair que l'on ne trouve pas même ailleurs. Les débris des roches de cristallisation renferment aussi de grandes quantités de tourmalines, et c'est du milieu d'eux qu'on tire surtout celles qu'on emploie dans la bijouterie ; elles nous arrivent toutes taillées du Brésil, quelquefois aussi de Ceylan, où on les recueille dans les ruisseaux en même temps que les corindons et les spinelles.

Ces sortes de pierres sont en général peu estimées dans la joaillerie, et en effet la plupart ne produisent aucun effet, étant presque toujours très-sombres ; cependant quelques variétés bleues, vertes et rouges, sont assez claires, assez transparentes pour imiter jusqu'à un certain point le saphir, l'émeraude, le rubis, et sont alors assez recherchées. La dernière surtout, lorsqu'elle est d'une belle teinte, exempte de glaces et de fibres, ce qui est très-rare, se vend aussi cher que le rubis lui-même.

§ 355. Axinite. — Cette substance qui renferme également du bore est remarquable par ses cristaux tranchants, en forme de hache, ce qui lui a valu son nom, et par sa couleur le plus souvent violette, qu'elle doit au manganèse. C'est une belle substance de collection, surtout dans les variétés qui proviennent de l'Oisan, où elle se trouve dans les fissures des protogynes.

Il y a des micas qui n'ont qu'un axe de double réfractif pour les uns et répulsif pour les autres, § 97. Il y en a au contraire, où il y a deux axes qui présentent divers caractères. Ces caractères, faciles à observer parce qu'ils sont naturellement perpendiculaires à l'axe, ou à la direction des axes, indiquent des différences essentielles de composition nécessairement diverses espèces.

La composition n'offre pas moins de différences : les uns renferment de la lithine, d'autres de la potasse, de la magnésie, ou une quantité plus ou moins considérable de magnésie et de silice ; quelquefois toutes ces bases se trouvent réunies, et d'autres fois un grand nombre d'analyses que nous connaissons, indiquent une multitude de divisions et de sous-divisions sous le rapport des proportions relatives. Il y a des micas, qui sont alors noirs ou d'une couleur en couleur, où l'on trouve une grande quantité de peroxide ou d'oxyde correspondant de manganèse, comme au lieu de quoi ils remplacent, à ce qu'il paraît, l'alumine.

Le fluor, dont on ignore ici le rôle, se trouve en quantité variable, depuis 0 même, à ce qu'il paraît, jusqu'à 80 pour cent pendant il en existe dans la plupart des analyses et d'autres indices dans presque tous les essais, § 134, 6°. Les micas à un axe sont ceux qui en renferment le plus, et qui n'en ont même pas du tout ; de là des formules qu'on a adoptées pour les représenter. Ce serait alors la présence d'un fluorure de manganèse à base alcaline, qui caractériserait les micas à un axe.

On voit dans le tableau des espèces, par les formules,

ver parmi eux quelques espèces à un axe, mais la plupart cependant en présentent deux.

Les micas à base de lithine ont été souvent désignés sous le nom de *lépidolite*, parce que les petites masses qu'ils présentent sont en général composées de lamelles très-brillantes, nacrées, blanches, roses, violettes, verdâtres, qu'on a comparées aux écailles que portent les ailes des papillons.

On trouve assez souvent le mica cristallisé, mais rarement en cristaux nets; il y a de ses formes qui paraissent présenter des prismes hexagones réguliers, d'autres qui sont en prismes rhomboïdaux, presque toujours obliques. Quelquefois les cristaux sont réunis en masses globulaires, qui sont comme composées d'écailles brillantes plus ou moins étendues; ailleurs ce sont des lamelles entremêlées, et formant ce qu'on nomme les *chlorites écailleuses*, ou réunies de manière à former des fibres ou des dispositions palmées. Enfin, le mica se trouve quelquefois en grandes feuilles qui ressemblent à du verre à vitres.

Les couleurs des diverses matières appelées micas varient du noir au vert foncé, au vert clair, au brun, au rouge; d'autres offrent des teintes qui vont du blanc au grisâtre, au jaunâtre, au rose, au violet, etc.

Gisement et usages. — Les micas appartiennent essentiellement aux terrains de cristallisation. Ils entrent dans la composition des granites, des gneiss, des micaschistes, des hyalomictes, des leptinites, § 472, 306, 350, et ils forment, par l'accumulation d'une multitude de paillettes disposées à plat, la plupart des schistes argileux; on distingue ces paillettes jusque dans l'ardoise. Ils se trouvent fréquemment en quantités plus ou moins grandes dans les calcaires qui sont enclavés dans les terrains de cristallisation, § 290, 4°. On les trouve encore dans les trachytes, les basaltes, les tufs basaltiques.

Presque toutes les matières sableuses des dépôts de sédiment renferment des paillettes de mica disséminées, qui se distinguent par leur éclat argenté ou doré; ce sont ces paillettes que le vulgaire a prises souvent pour de l'argent ou de l'or; les sables mêmes des derniers dépôts tertiaires en sont remplis dans certains points, et pour ainsi dire formés.

Le mica est de peu d'usage; on emploie les grandes feuilles comme verre à vitres sur les bâtiments de la marine russe, et il s'en fait sous ce rapport une grande exploitation en Sibérie. Du reste, c'est le mica, et particulièrement la variété nommée *lépidolite*, qui forme les poudres brillantes, argentées, dorées, rosâtres, dont on se sert pour sécher l'écriture.

§ 357. Sodalite. — Ici c'est le chlore qui entre dans la composition, et l'analyse conduit à concevoir que le chlorure de sodium se trouve combiné à la néphéline comme le carbonate de chaux dans la cancrinite. La sodalite est une substance blanche, quelquefois colorée en bleu, cristallisant en dodécaèdre rhomboïdal; elle se trouve dans les cavités des blocs de dolomie de la Somma, et paraît faire partie constituante des laves du Vésuve. On la cite en couches épaisses au Groenland au milieu des mica-schistes.

§ 358. La Pyrosmalite et l'Helvine sont des substances fort rares, mais remarquables par leur composition. La première, en prisme oblique rhomboïdal, renferme dans sa composition 44 pour 100 de chlorure de fer. Elle provient des minerais de fer magnétique de Bjelke près de Nordmark en Vermeland. La seconde, en tétraèdre, de couleur jaune, renferme 45 pour 100 de sulfure de manganèse, combiné avec un silicate de manganèse, de glucine, etc. Elle a été trouvée près de Schwarzenberg en Saxe, dans une gangue chloritique qui traverse le gneiss, et accompagnée de blende, de fluor, etc.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DE LA MINÉRALOGIE.

A

- Accroissement, des corps bruts.** Page 3.
— des cristaux de diverses formes. 58.
Structure d'accroissement. 61.
- Acérées.** 124, 161.
- Acides divers, leurs caractères, 95 à 97.**
Acide arsénique et ses combinaisons. 126, 171. — carbonique. 228. — borique. 129, 244. — chlorhydrique. 196. — molybdique et ses combinaisons. 124, 163. — phosphorique et ses combinaisons 127, 172. — succinique. 223. — sulfurique, ses combinaisons. 134, 187.
- Acier natif.** 155. — Mine d'acier. 240.
- Actinote.** 139, 260.
- Actinote.** 124.
- Agate (voyez Calcédoine).** 247.
- Agglutination (forme d').** 52.
- Aigue-marine.** 267.
- Aimant.** 124, 159.
- Albâtre calcaire.** 238. — gypseux 191.
- Albite.** 142, 271.
- Alcalis, comment on reconnaît leur présence.** 99. — Alcali minéral. 243.
- Allophane.** 141, 266.
- Almandine.** 140, 268.
- Alquifoux.** 179.
- Alumine, comment on reconnaît sa présence.** 96, 99. — ses combinaisons. 125, 138, 140 à 143, 153, 192, 263.
- Aluminates divers.** 125, 142, 280.
- Alun, alun de plume.** 135, 193.
- Alunite.** 192. — Matières alumifères. 219.
- Alunogène.** 134, 193.
- Amalgame.** 124.
- Amas, définition.** 145.
- Amblygonite.** 129.
- Ambre jaune.** 223.
- Améthyste.** 247.
- Amiante, à quoi tient sa souplesse.** 60. — Sa nature. 261.
- Amiantoïde.** 269.
- Ammoniacque, moyen de reconnaître sa présence.** 100. — sa nature. 136. (Voyez Sel ammoniac.)
- Amphibole.** 138, 260.
- Amphigène.** 142.
- Analcime.** 143, 278.
- Analyse des minéraux.** 101. — comparaison des analyses. 105. — transformations atomiques. 107. — leur discussion. 112.
- Anatase.** 125, 164.
- Andalousite.** 140.
- Andésine.** 142, 272.
- Anglarite.** 129.
- Angles des cristaux.** 8. — Angle de polarisation. 73.
- Anglésite.** 134, 168.
- Anhydrite.** 189.
- Anneaux colorés des substances biréfringentes.** 69. — leurs diamètres. 71.
- Anortite.** 142.
- Anthophyllite.** 139.
- Anthosidérite.** 140.
- Anthracite.** 214.
- Antigorite.** 139.
- Antimoine, comment on reconnaît sa présence.** 94, 97, 98. — Ses combinaisons. 126, 133. — Leurs caractères. 167, 164.
- Apatite.** 127, 172.
- Aphanèse.** 128.
- Aphérese.** 129.
- Aphrodite.** 138.
- Aphalose.** 134.
- Apreté de certains minéraux.** 87.
- Aragonite, ses groupements.** 41. — fournit un exemple de dimorphisme. 38. — Ses caractères. 137, 231, 239.
- Argent, moyen de reconnaître sa présence.** 98. — comment il se trouve dans la nature. 148. — ses combinaisons avec le mercure, l'antimoine, l'arsenic, le chlore, le soufre, le sélénium. 124, 126, 130, 133, 134, 177, 185, 197, 200.
- Argent corcé.** 197.
- Argent rouge.** 185.
- Argiles, salifères.** 198. — diverses. 139, 265.

Argyritrose, argyrose. 131, 133, 177, 185
 Arquérite. 124.
 Arséniate divers. 128, 171.
 Arsenic, moyen de reconnaître sa présence. 94, 96. — ses combinaisons. 126. — comment il se trouve dans la nature. 168.
 Arséniures divers. 126, 168.
 Asbeste, sa structure. 60 — sa nature. 261.
 Asphalte. 221.
 Astérie, astérisme dans certains cristaux. 75.
 Atakamite. 134, 200.
 Atomes, système atomique 106.
 Augite (pyroxène). 139, 258.
 Aventurine. 252.
 Axes, d'élasticité. 82. — de conductibilité. 85. — de réfraction. 68, 70.
 Axinite. 143, 285.
 Azotates, comment on les reconnaît. 95, 97. — leurs espèces naturelles. 136, 208.
 Azur de cobalt. 169.
 Azurite. 137, 242.

B

Bardiglio. 191.
 Baryte, moyen de reconnaître sa présence. 99. — ses combinaisons. 134, 137, 188.
 Barytine. 134, 188.
 Baryto-calcite. 137, 244.
 Bas-relief de St-Philippe, etc. 53.
 Basalte, ce que c'est. 152, 259, 275.
 Basicérine. 135.
 Baume de momie. 223.
 Bayerine. 124.
 Bénil. 267.
 Berthiérine et Berthièrite. 133, 142, 281.
 Berzeline. 131, 195.
 Bismuth, ce qui fait découvrir sa présence. 94, 98. — ses combinaisons. 126, 131, 132, 167.
 Bitume, matières huileuses données à la distillation. 221. — élastique. 224.
 Blattererz. 132.
 Blende. 131, 179.
 Bleu de montagne 242. — de Prusse natif. 173. — Thénaril. 169.
 Bois altérés. 227. — bitumineux. 220. — pétrifiés. 54.
 Bombes volcaniques. 51.
 Boracite, son défaut de symétrie 35. — son électricité. 86. — sa composition, ses caractères. 139, 245.
 Borates, comment on les reconnaît. 95. — leur nombre. 139. — leurs caractères. 245.
 Borax. 199, 245.
 Bornina. 132.
 Boro-silicates. 139, 245.

Bouryolite. 139, 245.
 Bournonite. 133, 186.
 Braunite. 124, 162.
 Brewsitérite. 143, 278.
 Brillant, taille de diamant. 212.
 Brochantite. 134.
 Brockite. 125.
 Brome, indice de sa présence. 95, 97. — ses combinaisons. 134.
 Bromures. 134, 200.
 Bronzite. 139.

C

Cadmies. 180.
 Cadmium, indice de sa présence. 97. — son sulfure. 180.
 Cailloux roulés. 51.
 Calamine. 138, 241, 262.
 Calcaire, de diverses époques de formation. 156. — ses caractères, ses variétés. 136, 231.
 Calcédoine. 138, 247, 250.
 Calcul des analyses. 112.
 Calédonite. 137, 244.
 Calomel. 134, 200.
 Camées agate. 255.
 Cancrinite. 142, 281.
 Caoutchouc fossile. 224.
 Caractères des corps bruts. 2. — des différents groupes cristallins. 21. — optiques. 63. — électriques. 85. — chimiques. 89. — des diverses espèces minérales. 124, 144.
 Carbo-cérine. 137.
 Carbonates, comment on les reconnaît. 95. — leur nombre. 136, 230. — Carbonate de chaux. 231. — de cuivre. 242. — de fer. 240.
 Carbone, indice de sa présence. 97. — ses divers états. 137. — Caractères des espèces. 210.
 Carbures. 137.
 Carnate. 142, 272.
 Carpholite. 241, 280.
 Cassitérite. 125, 165.
 Cassure, ses diverses formes 62. (Voyez Structure. 55.)
 Causes des variations des formes. 38.
 Célestine. 134, 188.
 Cendres noires et rouges. 221.
 Cendres bleues et vertes. 242.
 Cercle parhélique dans les minéraux. 76.
 Cérérite. 138, 263.
 Cérine. 263.
 Cérium, ses caractères. 101. — ses combinaisons 135, 136, 138, 263.
 Céruse (son analyse). 103. — ses caractères. 137, 231, 244.
 Chabasie. 143, 278.
 Chaleur et froid au contact des minéraux. 86.

- Chalkolite.** 131, 173.
Chalkopyrite, Chalkosine. 131, 133, 183.
Chaluzema, son emploi. 91.
Charoïsité. 142, 281.
Charbon de terre. 215.
Chaux, son indice. 99. — carbonatée. 231. — fluatée. 201. — sulfatée. 189.
Chaux grasse, maigre, hydraulique. 235.
Chlore, indices de sa présence. 94, 97. — ses combinaisons. 134, 197.
Chlorites. 143, 179.
Chlorures. 134, 197.
Choc du briquet. 83.
Chrichtonite. 125, 165.
Chromates et chromites. 96, 123, 162, 198.
Chrome, indices de sa présence. 98. — ses composés. 125, 162.
Chrysocolle. 138.
Chrysolite orientale ou cymophane. 125, 153. — des volcans. 254.
Chrysoprase. 253.
Chrysoïle. 139.
Cinabre. 131, 180.
Cire fossile en ozocérite. 224.
Classification, théorie générale. 117. — Espèces, genres, familles. 119 à 121.
Clausthalie. 131, 194
Clivage, ses diverses espèces. 55.
Cobalt, indices de sa présence. 98. — ses arsénures, arsénites, sulfates. 126, 128, 131, 168, 170, 193.
Cobaltine, ou cobalt gris. 126, 170.
Coboldine, sulfure de cobalt. 131.
Coke. 219.
Collyrite. 141.
Colombite. 124.
Colorados, matière argentifère. 149, 197, 200.
Comparaison des analyses. 105.
Composition chimique des minéraux. 89.
Condrodite. 135.
Condurite. 130.
Conichrite. 141.
Coquimbite. 134.
Coralloïdes (formes). 49.
Cordiérite. 142.
Corindon. 125, 151.
Cornaline, sa couleur. 78. (Voyez Calcédoine. 247.)
Corps vivants et corps bruts. 1. — Corps simples. 1. — Comment se forment les corps bruts. 5. — Corps bruts métalliques natifs. 89. — électro-positifs et électro-négatifs. 90. — Classification des corps bruts. 118.
Couches, amas, filons, leur définition. 145.
Couleurs dans les minéraux. 77.
Couperose (voyez Sulfates de fer ou de cuivre. 134, 193.)
Couronnes dans les minéraux. 76.
Craie, sa position dans la série des dépôts sédimentaires. 156, 232, 234. — Craie chloritée. 232, 280. — Craie de Briançon. 255.
Crayons de mine de plomb. 213. — rouges. 157.
Cristal de roche (voyez Quartz). 246.
Cristallisation, comment elle se fait. 7. — Moyens de la faire varier. 38. — (Systèmes de). 21. — Étude des cristaux. 8 à 47.
Cristallographie, faits fondamentaux. 12. — Modification des formes. 13. — Formes primitives et secondaires. 33, 57.
Cristaux, définitions. 7. — Mesure des angles. 8. — sont des polyèdres géométriques. 11. — leurs modifications. 12. — leurs réunions en groupes, ou systèmes. 21. — Lois de symétrie. 33. — Causes de leurs variations. 38. — leurs groupements. 40. — transpositions et hémotropies. 43. — leurs obliérations. 45. — leurs clivages. 55. — Cristaux secondaires, leurs lois. 57. — A un axe ou deux axes de réfraction. 68. — Attractifs ou répulsifs. 72. — leurs axes d'élasticité. 82. — de conductibilité. 85.
Crocoïse. 123, 163.
Croisette (voyez Staurotide). 42.
Cryolite. 135, 202.
Cube, son système de cristallisation. 21.
Cuivre, indices de sa présence. 98. — natif. 150. — pyriteux et vitreux. 163. — gris (panabase). 133, 186. — jaune. 180. — (arséniat de). 128, 171. — (carbonat de). 136, 212. — phosphate de). 129, 171. — ses oxydes. 124. — Sélénures, sulfures, chlorures. 131 à 134, 183, 195, 200.
Cyanite ou Disthène. 140, 264.
Cyanose. 134.
Cymolite. 140.
Cymophane. 125, 153.
Cyprine (voyez Idocrase). 269.

D

- Datholite.** 139, 245.
Décroissement, hypothèse relative aux formes secondaires. 56.
Déliquescence. 88.
Delvauxine. 139.
Dendrites, formes et structures dendritiques. 49, 60.
Dermatine. 138.
Destruction des corps bruts. 1.
Diallage. 139, 257.
Diallogite. 136, 230.
Diamant, sa dureté. 82. — son angle de polarisation. 73. — son indice de réfraction. 64. — ses caractères, son gissement. 210.
Diaspore. 125.

Nichrosisme. 74.
Diomorphisme. 37.
Dioptase. 130, 250.
Diopside. 138.
Diorite (roche). 261.
Bypyre. 142.
Duclasse. 126, 167.
Discussion des analyses. 105.
Disomose. 126, 170.
Disthène. 140, 264.
Dodécèdre rhomboïdal. 14. — **bi-pyrami-**
dal. 20. — **pentag.-a.** 1. 36.
Dolomite (roche). 250, 275.
Dulomie. 126, 230, 230.
Durure. 148.
Double réfraction. 66.
Durété. 83.

E

Eau, indices de sa présence dans les
corps. 94. — **sa composition.** 136. — **sa**
manière d'être. 204. — **Eaux minérales.**
 177, 194, 207, 229, 244.
Eau de Seltz. 229.
Eclat des minéraux. 74.
Ecume de mer (magnésite). 256.
Edeforse. 138.
Efflorescence. 88.
Egrisée, poussière de diamant. 211.
Élastose. 132.
Elasticité. 81.
Elatérite (bitume élastique). 121.
Electricité. 95. — **Electroscope.** 86.
Éléments, leur nombre. 1.
Émeraude orientale (voyez Corindon).
 125, 151. — **Émeraude.** 140, 267.
Emeri ou Emeril. 152.
Énonciation des analyses. 105.
Epidote, genre de minéraux. 140, 269.
Épigénie. 54.
Epsomite. 134, 194.
Équivalents chimiques. 105.
Éfinite. 128.
Érytrine. 128, 171.
Escarboucle. 268.
Espèces minérales. 119. — **ses variétés,**
metis. 123.
Essais chimiques des minéraux. 90.
Étain, indices de sa présence. 98. — **Ses**
minerais. 125, 165.
Euclase. 140.
Euchairite. 133, 174, 195.
Euchroite. 128.
Eudyalite. 130.
Euphotide (roche). 258.
Exanthalose. 134.
Existence indéfinie des corps bruts. 4.

F

Faculté conductrice des minéraux. 84.
Familles minéralogiques. 121.
Fassaité. 259.
Felbol. 140.
Federerz. 153.
Feldspath, genre de minéraux. 142, 270.
 — **Vitreux.** 273.
Fer, indices de sa présence. 99. — **natif**
ou météorique. 154. — **oligiste.** 124,
 153. — **oxydulé ou magnétique.** 159. —
hyarste et en grains. 157. — **ses divers**
oxydes. 124. — **(arséniaté de).** 128,
 171. — **chromite de.** 125, 162. —
(phosphate de). 129, 172. — **(carbonate**
de). 136, 240. — **(sulfure de).** 131, 181.
 — **sulfate de.** 134, 193. — **carbone**
(voyez Graphite). 213. — **spathique.**
 240. — **Berthièrite et Chamoisite.** 142,
 281.
Ferrates divers. 124.
Feu d'oxydation et de réduction. 91. —
gr. sou. 225. — **naturel.** 226.
Filets capillaires, leur production. 51.
Filons, définition. 145.
Fluérine. 135.
Fluor, indices de sa présence. 95, 97. —
Ses combinaisons. 135, 201.
Fluorine, son indice de réfraction. 64. —
son angle de polarisation. 73. — **sa**
phosphorescence. 90. — **ses caractères,**
son gisement. 135, 201.
Fontaines ardentes. 225.
Forêts sous-marines. 227.
Forme, n'est pas essentielle aux corps
bruts. 2. — **Formes régulières ou cris-**
tallines. 8. — **primitives et secondaires.**
 33, 57. — **Lois de symétrie.** 33. — **Caus-**
ses des variations des formes. 38. —
Isomorphisme. 37. — **Formes obli-**
quées. 45. — **irrégulières.** 47 à 55.
Formules atomiques. 108.
Fours à cristaux. 250.
Franklinite. 124.
Froid des minéraux. 86.
Fulgurite. 247.
Fumarolles. 208.

G

Gabronite. 142.
Gadolinite. 138, 263.
Gahnite. 125, 153.
Galène. 131, 178.
Gallitzinite. 134.
Gay-Lussite. 137.
Gaz, acide carbonique. 228. — **sulfureux.**
 187. — **hydrogène simple, carbone,**
sulfuré. 136, 137, 177, 203.
Genres minéralogiques. 120.

Géodes. 51.
 Gémronite. 133.
 Gigantolite. 141.
 Giobertite. 136, 200, 244.
 Girasol. 284.
 Glaciers et glaciers. 204.
 Glauberite. 138.
 Glucine, indices de sa présence. 100 (voyez Émeraude, Enclase, Phénakite).
 Goëss, définitions. 152, 274.
 Gothite. 124.
 Goniomètres divers. 8.
 Goudron minéral. 221.
 Granite, définition. 152. — composition. 274. — orbiculaire. 276.
 Graphite. 213.
 Gravure sur verre. 202.
 Grenaillement des matières minérales. 51.
 Grenat (genre de minéraux). Exemple de mélange. 113. — Caractère, gisement. 268.
 Grès cristallisé. 52. — de diverses sortes. 156.
 Grison et feu grison. 225.
 Grossulaire. 140, 268.
 Groupes cristallins. 21.
 Groupements des cristaux réguliers et irréguliers. 40 à 47.
 Guano. 136, 229.
 Gypse. 134, 189.

H

Haldingérite. 133.
 Halloysite. 141.
 Happement à la langue. 87.
 Harmotome. 143, 278.
 Hatchetine. 224.
 Haussmannite. 124.
 Hannyne. 142, 281.
 Hédenbergite. 139, 259.
 Hématite rouge et brune. 156, 158.
 Hémitropie et transposition. 43.
 Herborisation ou dendrites. 49.
 Herschelite. 143.
 Hétérosite. 129.
 Heulandite. 143, 278.
 Hisingérite. 143, 280.
 Huile de gaban ou pétrole. 225.
 Huile de schiste. 219.
 Hureaultite. 129.
 Hyacinthe. 269.
 Hyalomite (roche). 250.
 Hydrates, comment on les reconnaît. 64.
 Hydrogène, 203. — carboné. 225. — sulfuré. 177.
 Hydrophane. 249.
 Hydrophyte. 139.
 Hypérite (roche). 275.
 Hypersthène. 139.

I

Icosèdre naturel. 37.
 Idocrase. 140, 269.
 Ilvaite. 140.
 Incrustation. 53.
 Indices de réfraction. 64.
 Indicolite. 280.
 Individu minéralogique. 119.
 Inflammation des houillères. 219.
 Iode, indices de sa présence. 95, 97.
 Iodures divers. 135, 200.
 Iridium mélangé avec le minéral de platine. 146.
 Iridosmine. 126.
 Iris intérieur et superficiel. 79.
 Isomorphisme. 37. — éclairé par les formules atomiques. 111.
 Isopyre. 142.

J

Jais (voyez Jayet). 221.
 Jamesonite. 133.
 Jaspe. 248. — Jaspe-opale. 249.
 Jaune de chrome. 163.
 Jayet. 221.
 Junckérite. 137.

K

Kaolin. 140, 277.
 Karat, poids pour la vente du diamant. 211.
 Karsténite. 134, 189.
 Kérargyre. 134, 197.
 Kérasine. 134, 200.
 Kermès minéral. 130, 167.
 Kieselmangan. 138.
 Klaprothine. 129.

L

Labradorite, ses iris. 79. — ses caractères. 142, 275. — Base des laves. 275.
 Lacs salés. 199.
 Laiton. 180.
 Lampe de sûreté. 226.
 Lanarkite. 137.
 Lapis-lazuli (voyez Outremer). 261.
 Laumonite. 143, 278.
 Laves. 157.
 Lazulite. 281.
 Leadhillite. 137, 244.
 Leberkiese. 133, 182.
 Lenzinite. 140.
 Lépidolite. 285.
 Ligne neutre de réfraction. 66.
 Lignite. 230.
 Limonite. 124, 187.

Liroconite. 128.
Lithine, indice de sa présence. 100. —
Matière dont on la retire. 272.
Lœlite. 140.
Lois, de symétrie. 33. — de cristallisa-
tion. 58. — de combinaison. 105, 110.
Ludus Helmontii. 55.

M

Macles (voyez Transposition et Hémitropie). 40, 43.
Maclé de Bretagne. 46.
Magnésie, indices de sa présence. 99. —
(carbonate de). 136, 250, 244. — (sul-
fate de). 134, 194.
Magnésite. 138, 256.
Magnétisme. 87.
Maillechort. 170.
Malachite. 136, 242.
Malthé. 137.
Mamelons, ou configuration mamelonnée.
48.
Manganates divers. 124.
Manganèse, indice de sa présence. 98. —
Ses oxydes. 124, 160. — (phosphate de).
129, 173. — (silicates de). 138.
Marbre ruiniiforme. 78. — marbre de
Bergame. 191. — diverses espèces de
marbres. 236.
Marbres durs. 236, 275.
Marcassite (voyez Pyrite). 181.
Marécantite. 276.
Margarite. 142.
Marmatite. 133.
Marne (analyse de). 102. — variétés et
emploi. 232, 238.
Meionite. 140.
Mélange de divers composés, leur discus-
sion. 112.
Mélanite. 140, 268.
Melanochroïte. 125.
Mélaphyre, porphyre à base de labrado-
rite. 259, 275.
Mélinose. 124, 163.
Mémite. 251.
Mer de glace. 205.
Mercure, indice de sa présence. 94, 98. —
ses combinaisons. 124, 131, 134, 180,
200. — son gisement. 149, 181.
Mésotype. 143, 278.
Mesure des cristaux. 8.
Métaux natifs. 89, 144.
Méthode naturelle. 117.
Métis minéralogiques. 123.
Micas, action sur la lumière. 71. — na-
ture. 143, 284.
Micascriste, définition. 152, 250.
Miloschine. 141.
Mimétèse. 126, 171.
Minéraux, définition. 5. — leurs proprié-
tés physiques. 7. — leur composition.

89. — leur essai chimique. 94. — leur
analyse. 101. — leur classification. 117.
— description des espèces. 144.
Mine de plomb (voyez Graphite). 213.
Mine de... minéral de... (voyez le nom
du métal).
Mine de marais (Limonite). 158.
Minium. 101, 125.
Miroir des Incas (voyez Pyrite). 182. —
d'âne (voyez Gypse). 191.
Mispikel. 126, 170.
Modification des cristaux. 12.
Mofète et Molfète. 229.
Molybdène, indice de sa présence. 98. —
son sulfure. 131, 183. — combinaison
de son acide. 124, 163.
Momie. 223.
Monradite. 138.
Mortiers. 235.
Moulage (formes par). 53.
Mullerine. 132, 196.
Mullite. 129.
Muriate. 189.
Myargyrite. 133, 185.
Mysorine. 136, 242.

N

Naphte. 224.
Natifs (corps). 89.
Natron. 136, 243.
Neiges éternelles. 204.
Némalite. 139.
Népheline. 142.
Nickel, indice de sa présence. 98. — (ar-
sénure de). 126, 169. — (arséniate de).
128. — silicate. 280.
Nickeline. 126.
Nickelore. 128.
Nitrates (voyez Azotates). 208.
Nitre cubique. 209.
Nontronite. 140.
Noyau, ou forme primitive des cristaux.
56.

O

Oblitération des cristaux. 45.
Obsidiennes. 276.
Ochrane. 141.
Ocre rouge et jaune. 157, 158.
Octaèdres de diverses espèces. 13 à 29. —
octaèdre régulier. 23. — à base carrée.
25. — à base rectangulaire et rhom-
boïdale. 27.
Odeur et saveur. 87.
Oeil-de-chat (quartz). 252. — action sur
la lumière. 75.
Oligiste, ou Fer oligiste. 124, 155.
Oligoclase. 142, 272, 275.
Olivénite. 128.
Olivine, ou Péridot. 138, 254.

Oncuosité de certains minéraux. 87.
 Onyx. 248, 253.
 Opale, ses couleurs. 79. — ses caractères. 139, 249, 251. — son emploi. 253.
 Opimose. 138.
 Or et ses usages. 147. — Or blanc ou platine. 144, et tellure aurifère. 196. — Or graphique. 196.
 Origine des corps bruts. 2, 5.
 Orpailleurs. 146.
 Orpiment. 131, 171, 186.
 Orpin. 187.
 Orthose. 142, 270. — ses roches. 274.
 Osmium, indice de sa présence. 97. — sa combinaison avec l'iridium. 126.
 Oxydes, leurs caractères chimiques. 94 à 101. — Oxyde d'étain. 125, 165. — de fer. 124, 155. — de manganèse. 124, 160.
 Outremer de cobalt. 169. — naturel. 281.
 Ozocérite et Ozokérite. 224.

P

Pacos et Colorados, matières argentifères. 149, 197, 200.
 Pagodite. 142.
 Palladium. 100, 145.
 Panabase. 133, 186.
 Paraffine. 224.
 Parallépipèdes naturels de diverses espèces. 13 à 30.
 Pegmatite (roche). 250.
 Pennine. 143, 279.
 Péridot. 138, 254.
 Perlite. 276.
 Peroxyde de fer. 124, 155. — de manganèse. 124, 160.
 Perowskite. 125.
 Pesanteur spécifique. 83.
 Pétalite. 142, 272.
 Pétrification. 53, 54.
 Pétrole. 224.
 Pharmacolite. 128, 171.
 Pharmacosidérite. 128, 171.
 Phénakite. 138.
 Phillipsite. 133.
 Pholérie. 140.
 Phosphates, leurs caractères. 96. — leurs espèces. 127, 172.
 Phosphorescence. 79.
 Phosizite. 138.
 Picnite. 135, 203.
 Pikrophyle. 138.
 Pikrosmine. 138.
 Pierre d'aigle. 51, 158. — d'aimant. 159. — d'alun. 192. — des amazones. 275. — d'arquebuse. 182. — calcaire. 231. — à fusil. 253. — gelive. 235. — à jésus. 191. — de Labrador, ses couleurs. 79, sa nature. 273. — lithographique. 63. 238. — à plâtre. 191. — à détacher. 266. — de lune, de soleil. 275. — ponce.

276. — météorique. 154. — meulière. 248, 251, 253.
 Pimélite. 743, 280.
 Pince à tourmaline. 66.
 Pisolites, leurs formations. 50. — de fer. 158. — de calcaire. 231.
 Pissasphalte. 221.
 Pitzizite. 134, 194.
 Plagionite. 133.
 Platine. 144. — ses usages. 146.
 Pléonaste. 157.
 Plomb, indice de sa présence. 99. — (arséniate de). 126, 171. — (molybdate de). 124, 162. — (phosphate de). 127, 172. — (chlorure de). 134, 200. — sélénure. 131, 194. — sulfate, 134, 188. — sulfure. 131, 178.
 Plomb blanc (voyez Céruse).
 Plomb jaune (voyez Mélinose). 160.
 Plombagine, ou Graphite. 213.
 Plomb-gomme. 125.
 Poches à cristaux. 250.
 Poids atomiques. 106, 116.
 Poids spécifiques. 80.
 Poix minérale. 221.
 Polarisation, ce que c'est. 87. — (angle de). 73.
 Polariscope d'Amici. 70. — de Soleil. 71.
 Polybasite. 133, 186.
 Polychroïsme. 74.
 Polyhalite. 135.
 Polymignite. 125.
 Ponce, sa structure. 62, — sa nature. 276.
 Porcellanite. 219.
 Porphyre. 274. — orbiculaire. 276.
 Potas-e, indices de sa présence. 99. — ses sels divers. 191, 200, 208.
 Prime d'émeraude. 202.
 Prismes de diverses espèces. 15 à 31.
 Prisme carré. 24. — rectangulaire et rhomboidal. 26. — oblique. 28. — hexagone régulier. 30. — Groupements de prismes. 11.
 Protogyne, sorte de granite. 250.
 Proustite. 133, 186.
 Psautrose. 133, 185.
 Psilomélane. 124, 162.
 Puits absorbants. 205.
 Puits artésiens. 206.
 Pyramides de diverses espèces. 16, 20.
 Pyrite. 131, 181. — blanche. 181. — de cuivre. 133, 183. — magnétique. 182.
 Pyrochlore. 124.
 Pyroclustite. 124, 160.
 Pyrosklérite. 141.
 Pyroxène. 139, 258.

Q

Quartz, ou cristal de roche, exemple du système rhomboédrique. 33. — cou-

- ches d'accroissement. 59. — sa cassure conique et conchoïdale. 63. — sa compacité. 61. — son indice de réfraction. 64. — sa double réfraction. 66, 68, 72. — son angle de polarisation. 73. — ses caractères. 246. — son gisement. 249. — ses usages. 252.
- Quartz haché. 62.
- R** ●
- Réalgar. 131, 171, 186.
 Réfraction simple et double. 63, 66.
 Rétinasphalte. 223.
 Rétinite. 279.
 Retrait, formes et structures qu'il produit. 55, 61.
 Rhodhalose. 134.
 Rhodium. 145.
 Rhodouite. 138.
 Rhomboèdres et rhomboides. 32.
 Ripidolite. 143, 279.
 Rognons cristallins. 48. — compactes. 51.
 Romeite. 130.
 Rose, taille du diamant. 212.
 Rouge de Prusse. 157.
 Rubellite. 283.
 Rubis, corindon rouge. 151.
 Rubis balais. 153.
 Rutile. 125, 164.
 Ryakolite. 142, 273.
- S**
- Safre, préparation de cobalt. 169.
 Salmare. 134, 197.
 Salmiac. 134, 200.
 Salpêtre. 136, 208.
 Sanguine. 157.
 Saphir, corindon. 125, 162.
 Saphirine. 142.
 Sassoline (acide borique). 244.
 Saveur. 87.
 Schéelite, schééline. 124, 164.
 Schéelin calcaire, ferruginé. 124, 164.
 Schéverite. 224.
 Schiste alumineux. 193. — argileux et micacé. 152. — bitumineux. 216. — cuivreux. 184. — Structure schisteuse. 60.
 Scolézite. 143, 278.
 Scorodite. 128.
 Sel ammoniac. 200, 219. — d'Epsom. 194. — gemme ou sel marin, son indice de réfraction. 64. — ses caractères. 134, 197.
 Sélénite. 189.
 Sélénium, indice de sa présence. 94, 96.
 Sélénures divers. 131, 194.
 Serpentine. 139, 256.
 Sévélite. 140.
 Sideréline. 126, 117.
 Sidérochrome. 123, 162.
 Sidérose. 136, 230, 246.
 Siénite (roche). 274.
 Signes atomiques. 108 — chimiques et minéralogiques. 110.
 Signes cristallographiques. 58.
 Silex, ou calcédoine. 247. — carié et nectique. 248.
 Silicates, leurs caractères chimiques. 95. — leurs espèces. 138, 254.
 Silice, ses caractères. 96. — ses variétés. 246.
 Smalt, verre de cobalt. 169.
 Smaltine. 126, 168.
 Smithsonite. 136, 241.
 Sodalite. 143, 282.
 Solides réguliers ou cristaux. 7, 13.
 Sordawallite. 142.
 Soude, indice de sa présence. 100. — ses sels. 194, 197, 209, 243.
 Soufflards ou fumarolles. 208.
 Soufre, indice de réfraction. 64. — angle de polarisation. 73. — indice de sa présence. 94. — ses variétés. 174. — ses combinaisons. 131, 176.
 Sources. 207 — salifères. 199.
 Spadaïte. 139.
 Spath calcaire. 231. — fluor. 201.
 Spath d'Islande, sa double réfraction. 66.
 Sperskise. 131, 181.
 Spessartine. 140, 268.
 Sphère. 125, 164.
 Sphérolite. 276.
 Spinelle. 125, 153.
 Spodumène (voyez Oligoclase et Triphane). 142, 272, 275.
 Stalactites. 3, 50.
 Stannine. 133.
 Staurotide. 140, 264.
 Stéatite. 138, 253.
 Stibine. 131, 184.
 Stilbite. 143, 278.
 Stipite. 217.
 Strass, imitation du diamant. 212.
 Stromeyerine. 133.
 Stromnite. 137, 244.
 Strontiane, indice de sa présence. 99. — ses combinaisons. 188, 231, 244.
 Strontianite. 137, 231, 244.
 Structure, régulière. 55. — irrégulière. 59. — schisteuse. 60.
 Sucre. 223.
 Sulf fossile. 224.
 Sulfates, comment on les reconnaît. 95. — leurs espèces. 134, 137 à 194.
 Sulfures, comment on les reconnaît. 94. — leurs espèces. 131, 176.
 Sylvane. 132, 196.
 Sylvine. 134, 200.
 Symétrie des modifications. 33.
 Système atomique. 106.
 Systèmes de cristallisation. 32. — leurs variations. 39.

T

Table des poids atomiques. 116.
Tableau des espèces. 124.
Tables cristallines. 45.
Talc. 138, 254.
Tantale et tantalates, leurs caractères. 96. — leurs espèces. 124, 164.
Tellure, caractères. 94, 96. — natif et ses combinaisons. 130, 195.
Température, son influence sur la cristallisation. 38, sur les systèmes de cristallisation. 40.
Tennantite. 133.
Terrains de cristallisation et de sédiment. 144. — leurs divisions. 156.
Terre d'Italie, terre d'Ombre, terre de Sienna. 159. — de Cologne. 227. — à foulon. 265. — à porcelaine. 277. — de Véronne et terre verte. 280. — de pipe. 265.
Terres fortes, terres franches. 265.
Tétraèdre, ses modifications. 13. — régulier. 23.
Thallite. 140, 269.
Théorie atomique. 106.
Thénardite. 134, 194.
Thomsonite. 143, 278.
Thorine, ses caractères. 100. — substance qui la renferme. 263.
Thorite. 139, 263.
Titane, titanates. 98, 125, 164.
Topaze orientale (voyez Corindon). 151, et Cymophane. 153.
Topaze, son indice de réfraction. 64. — son angle de polarisation. 73. — sa composition. 135. — ses caractères. 202. — Topaze brûlée. 203.
Tourbe. 227.
Tourmaline, ses défauts de symétrie. 36. — son électricité. 86. — ses caractères. 143, 282.
Trachytes. 157, 275.
Transformation atomique des analyses. 107. — Transformation des signes minéralogiques en signes chimiques. 111.
Transposition et Hémitropie. 43.
Trapézoèdre. 13.
Trémies, leur production. 47.
Trémolite. 139, 260.
Tribus minéralogiques. 120.
Triphane. 142, 272.
Triphylline. 129.
Triphlité. 129, 173.
Tripoli des bouillères enflammées. 219.
Tuf calcaire. 233. — d'opale. 249, 252.
Tungstène et tungstates. 96, 124, 164.
Turquoise. 173.

U

Urane, indice de sa présence. 101. — ses combinaisons. 124, 163.
Uranite. 131, 173.
Urao. 136, 243.
Uwarovite. 140.

V

Vanadium, caractères de son acide. 96.
Variations des formes cristallines. 33.
Variétés de l'espèce minérale. 123.
Variolite. 274.
Vases murrhins. 202.
Vauquelinite. 125, 163.
Végétaux fossiles du terrain houiller. 217.
Vermillon. 180.
Verre capillaire de Bourbon. 51.
Verre trempé. 67.
Vert de montagne. 242.
Vert de Schéele. 171.
Villarsite. 138.
Vivianite. 129.
Volcan de boue. 225.

W

Wagnerite. 127.
Wawelite. 131.
Webstérite. 134, 193.
Wernerite. 142.
Withérite. 137, 231, 244.
Willelmine. 138.
Wolchonskite. 141.
Wolfram. 124, 164.
Wollastonite. 138.

Y

Ypopleime. 129.
Yttria, caractères. 101. — substances qui la renferment. 263.
Ytrocérite. 135.
Ytrotantale. 124.

Z

Zéolites. 278.
Zinc, indice de sa présence. 98. — carbonaté. 136, 241. — sulfaté. 134, 193. — sulfuré. 131, 179. — (silicate de). 138, 262.
Zinconise. 137, 242.
Zinkénite. 133.
Zircon, son indice de réfraction. 64. — son angle de polarisation. 73. — ses caractères 138. usages. 262.
Zircon, ses caractères. 101. — substances qui la renferment. 125, 138, 139, 262.
Zoisite. 140, 269.



COURS ÉLÉMENTAIRE
D'HISTOIRE NATURELLE

LE COURS ÉLÉMENTAIRE
D'HISTOIRE NATURELLE

se compose de

LA ZOOLOGIE

PAR M. MILNE-EDWARDS

1 volume in-12, figures. — Prix : 6 francs.

LA MINÉRALOGIE ET LA GÉOLOGIE

PAR M. F.-S. BEUDANT

1 volume in-12, figures. — Prix : 6 francs.

LA BOTANIQUE

PAR M. A. DE JUSSIEU

1 volume in-12, figures. — Prix : 6 francs.

COURS ÉLÉMENTAIRE
D'HISTOIRE NATURELLE

A l'usage des Lycées, Collèges, Séminaires et Maisons d'Éducation

PAR

MM. MILNE-EDWARDS, A. DE JUSSIEU, ET F.-S. BEUDANT

GÉOLOGIE

PAR M. F.-S. BEUDANT

Membre de l'Institut, Inspecteur général de l'Instruction publique

Ouvrage adopté

PAR LE CONSEIL DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES LYCÉES ET COLLÈGES

et approuvé

Par Monseigneur l'Archevêque de Paris

POUR L'ENSEIGNEMENT DANS LES ÉTABLISSEMENTS RELIGIEUX

CINQUIÈME ÉDITION

PARIS

LANGLOIS ET LECLERCQ
Rue de la Harpe, 81



VICTOR MASSON
Place de l'École de Médecine. 1

1851

3.8.10

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
340486
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
1904

TABLE ANALYTIQUE

DE LA GÉOLOGIE

PAR ORDRE DE LEÇONS.

PREMIÈRE LEÇON.

PHÉNOMÈNES ACTUELS.

Notions préliminaires. — Isolement de la terre, sa forme. Peu d'importance des montagnes relativement au volume du globe. Gravitation, aplatissement de la terre aux pôles. Densité moyenne de la terre. Chaleur centrale. Page 1 à 6.

Étendue relative des terres et des mers; relief des parties solides du globe. Fond des mers. Forme des montagnes, chaînes de montagnes et leur croisement. Caractères des vallées: celles-ci sont plus larges dans le haut que dans le bas. Plaines basses et plaines hautes ou plateaux. 6-16.

Distribution de la chaleur à la surface du globe; lignes isothermes, isochimènes, isothères. Climats extrêmes. 16-19.

Tremblements de terre. — Caractères de ces phénomènes, leurs effets, crevassements, soulèvements et affaissements subits de terrain. 19-24.

Constance du niveau des mers. Soulèvements et affaissements lents et progressifs de diverses parties du globe. 24-26.

Phénomènes volcaniques actuels. — Idée générale, exemple d'explosion; conduit permanent. Éruptions sous-marines. 27-33.

Cratères de soulèvement, leurs caractères; effondrements corrélatifs. Effets postérieurs, cônes et volcans au milieu de ces cratères. 33-40

Diverses époques dans la formation d'un volcan. Variation du cône terminal de scories. Intérieur des cratères; Stromboli, etc. Solfatares 40-44.

Commencement des éruptions volcaniques, cendres, rapilli. Éruption des matières fondues. Forme des courants suivant les pentes, variation corrélative de la ave. Filons des laves, dikes. Estimation de l'énergie volcanique. 44-51.

Nature des produits volcaniques solides. Étendue de leurs dépôts. Produits gazeux. Éruptions boueuses de Java et de Quito. Gaz dégagé des laves. 51-57.

Salzes ou volcans d'air. Fumaroles et geysers. Sources thermales. 57-60.

Influence des agents extérieurs à la surface du globe. — Effets atmosphériques. Action des vents, dunes 60-65.— Effet des eaux; action dissolvante, action délayante; effets du poids; action des eaux courantes, des chutes d'eau, débâcles des lacs; torrent boueux. 65-71.—Pentes des torrents et des rivières. Action des vagues et des marées, exemple de ruptures produites. 71-75.

Cailloux roulés. Transport par les glaces flottantes et les glaciers. Stries, cannelures, polissage des roches. 76-80.

Dépôts formés par les eaux; levées et cordons littoraux, deltas, amas de débris végétaux. Dépôts de matières tenues en solution, tufs, calcaires, tufs siliceux. 80-85.

Structure des dépôts de sédiment. Effets de chutes, effets d'entraînement, effets des mouvements oscillatoires, stratification. Nature des dépôts, débris organiques. 85-90.

Rescifs madréporiques. Iles madréporiques et rescifs soulevés. Tourbières, leurs caractères, leurs positions. 90-96.
Résumé des phénomènes actuels. 96-101.

DEUXIÈME LEÇON.

APPLICATION AUX PHÉNOMÈNES ANCIENS.

Conséquences de la chaleur centrale. — Premier effet du refroidissement du globe. Modification et caractères des premiers sédiments. Effet du refroidissement intérieur actuel. Origine des sources chaudes. Ancienne élévation de la température de l'Europe. Causes présumées de cette élévation. 102-110.

Dépôts anciens attribuables à des sédiments. — Dépôts d'eau douce. Dépôts marins, caractères des débris organiques qu'on y trouve. Dépôts de foraminifères et d'infusoires. Dépôts charbonneux, leurs analogies avec les tourbières. Dépôts adventifs formés par des sources. 110-123.

Effets anciens attribuables à des soulèvements ou des affaissements. — Comment cette idée est la seule admissible. Dépôts coquilliers et plages soulevées, temple de Sérapis. Dépôts affaissés, forêts sous-marines, couches de boue de Portland, empreintes de pieds d'animaux. Affaissement de la mer Caspienne et de la mer Noire. Cratères d'effondrement, cratères-lacs, restes d'anciens continents. 123-132.

Redressements et dislocations attribués à d'anciens soulèvements. — Pourquoi il faut supposer des redressements. Failles, dispositions cratériformes dans les terrains granitiques et calcaires, aussi bien que dans les terrains volcaniques. Redressements et contournements sans dislocation. Plissements des couches schisteuses et des houilles. 132-141.

Origine des vallées, influence des eaux sur elles. Trois espèces de vallées. Origine des cavernes. 141-146.

Dépôts anciens attribuables à l'action volcanique. — Cônes volcaniques et courants de laves. Dépôts basaltiques en coulées, en nappes, en buttes, en filons. Action des basaltes sur les roches adjacentes. Étendue des basaltes. Chaussées des géants. Grottes basaltiques. 146-156.

Formation trachytique, ses caractères; détails sur quelques groupes trachytiques. 157-161.

Diorite, roches trappéennes, amigdaloides. Analogie avec les dispositions des basaltes et des trachytes. Action sur les roches adjacentes. 161-164.

Serpentine, diallage, porphyres divers. Action sur les roches de sédiment. 164-165. Roches granitiques. Preuves de l'ancien état de fusion; action sur les roches traversées. 165-168.

Gîtes métallifères, filons, amas, formés par l'action ignée. 168-171.

Métamorphisme. 171-174.

Effets attribuables à l'érosion des eaux. — Morcellement des terrains meubles, rupture des roches diverses; usure et sillonnement des montagnes, transport des blocs. 174-178.

TROISIÈME LEÇON.

COMPOSITION DE LA CROUTE TERRESTRE.

Terrains de sédiment. — Coup d'œil général. Tableau des dépôts de sédiments principaux. Difficulté de se reconnaître dans ces dépôts, moyens. Diverses

sortes de stratifications, difficultés d'observation. Caractères fournis par les débris organiques, exemples de leur importance. Nature des dépôts de sédiment. 179-191.

Étude des dépôts de sédiment. — Terrains sédimentaires anciens, terrains cumbriens, grapholites; calcaire de Bala; terrain silurien, ses débris organiques. Terrain dévonien, ses restes organiques, ses dépôts de combustibles. Calcaire carbonifère, ses débris animaux, ses dépôts d'anthracite. 191-200.

Terrain houiller. Grès houiller, ses débris végétaux, son étendue, carte des dépôts houillers de la France. 200-207.

Terrain pénéen, grès rouge, schiste cuivreux, zechstein et sel commun, calcaire magnésien de l'Angleterre, débris organiques. 207-209.

Grès vosgien. 209.

Terrain de trias, grès bigarré, marnes irisées, calcaire conchylien. Débris organiques. Dépôts adventifs et sel commun. 210-213.

Terrain jurassique. Système du lias, ses coquilles caractéristiques, reptiles, poche d'encre, débris végétaux et lignites. 213-219. — Système oolitique; groupes de la grande oolite, oxfordien, corallien, portlandien, débris organiques de ces divisions, végétaux, lignites. Carte des dépôts jurassiques en France. 219-228.

Terrains crétacés inférieurs; dépôt wealdien, dépôt néocomien, grès vert et craie tuffeau. Débris organiques de ces divers dépôts. 229-234.

Terrain crétacé supérieur, ses débris organiques. Calcaire à hippurites, calcaire à nummulites. Étendue des terrains crétacés, dépôts adventifs. 234-242.

Terrain parisien de diverses contrées. Calcaire siliceux, meulière et gypses subordonnés, débris de coquilles et de pachydermes. Étendue de ses dépôts. 242-247.

Terrain de molasse, ses débris fluviatiles et marins, débris de mammifères, végétaux, lignites. Gypse d'Aix et dépôts adventifs. Étendue de ce terrain. 247-253.

Terrain subalpennin, ses débris organiques analogues à ceux des mers, ses dépôts fluviatiles; lignites. Cavernes à ossements. Apparition des éléphants. 252-258.

Plaine de la Crau. Derniers débris d'éléphants, megatherium. Rochers polis et striés, dépôts erratiques. Alluvions modernes. 252-259.

Terrain diluvien. Ses divers dépôts. Débris animaux. Dépôts erratiques. Roches polies, striées, sillonnées; leur théorie. 258-267.

Terrains modernes. 267-268.

QUATRIÈME LEÇON.

Terrains de cristallisation. — Caractères des principales espèces de roches. Époques diverses d'apparition. Influence sur les dépôts sédimentaires. 260-272.

Composition géologique de la France. 268-287.

Âges relatifs des principales catastrophes du globe. — Moyen de distinction. Systèmes de soulèvements. Directions, positions géographiques en France, époques relatives, extension sur le reste du globe. 287-308.

État de l'Europe aux diverses époques de formation. — Détails sur l'étendue des terres et des mers à chaque époque. Cartes de l'Europe, ou de la France, à ces époques. Animaux et végétaux de chacune d'elles. 308-330.

Résultats généraux. — Déluge. Avenir du globe. Géogénie génésiaque, la seule digne d'attention. 330-337.

OBSERVATIONS.

Nous croyons devoir encore présenter ici quelques-uns des moyens que l'on peut prendre pour employer avec fruit le peu de temps réservé à la Géologie.

1° Pour ce qui regarde les phénomènes actuels, il est nécessaire d'avoir de grands

deuxième des principales faits observés, et les reliefs de Vézère et de l'Elle, par M. Dufrénoy et Elie de Beaumont. Le leçon ne doit être en quelques jours que l'explication de ces figures.

Quelques coupes vivantes, marines, fluviales et terrestres, quelques madrépores des rivières, quelques échantillons de tourbe et de produits volcaniques, tous bien étiquetés, après avoir été seulement indiqués pendant la leçon, doivent être liés aux yeux des élèves jusqu'à la leçon suivante.

2° Pour la leçon d'application aux phénomènes anciens, il faut quelques échantillons bien choisis et bien étiquetés de coquilles fossiles, d'encrinures, d'échinides, de madrépores, qu'on puisse comparer à ce qui existe actuellement. On se procurera des débris de failles et de crevassements, le relief des crevassements du Jura, par H. Agassiz; des débris de filons, d'injections de roches, de laves basaltiques et des érosions attribuables aux eaux. On aura des échantillons des principales roches qu'on est obligé de citer, des passages des dépôts sédimentaires aux roches métamorphiques; et ces collections bien étiquetées seront mises sous les yeux des élèves lors de la leçon.

3° Pour faire connaître la composition de la croûte terrestre, on doit, dans la leçon, se borner à décrire les principales roches de sédiment, à indiquer par des figures les diverses stratifications, à donner les généralités sur les variations des fossiles d'une époque à l'autre, enfin à présenter le tableau des terrains qu'on aura fait tracer en grand.

On devra se procurer une collection bien composée, bien étiquetée, des terrains; mais non pour la décrire en classe, ce qui ne produirait aucun résultat. On la placera dans un endroit convenable, où les élèves puissent facilement l'étudier dans l'intervalle des leçons.

4° On donnera de même les généralités sur la composition des principales roches de cristallisation ou de métamorphisme, dont la série aura été mise sous les yeux des élèves avec la collection précédente.

Quant à la géologie de la France, aux principales catastrophes du globe, aux différents états de l'Europe pendant les diverses périodes de formation, l'explication doit s'en faire sur des cartes convenablement disposées, dont la vue seule fournira plus de la moitié.

Par tous ces moyens les leçons peuvent devenir assez courtes, et laisser du temps pour diverses interrogations. On doit veiller encore ici à ce que dans l'intervalle des leçons les élèves lisent avec soin la partie de l'ouvrage qui a rapport à la dernière.

QUESTIONS PRINCIPALES A FAIRE AUX ÉLÈVES.

Parmi les nombreuses questions que l'on peut faire en Géologie, les suivantes nous paraissent être les plus utiles, comme se rapportant aux principes fondamentaux de la science, et comme offrant un moyen de vérifier si les élèves ont bien ce qu'il y a de plus important à retenir, soit dans les leçons ou les lectures prescrites, soit dans les collections mises sous leurs yeux :

A. Sur la première leçon. — 1° D'après quels faits pense-t-on que la terre a été primitivement à l'état pâteux, et surtout à l'état pâteux igné? § 1 à 7 (129 A).

2° Quels sont les effets des tremblements de terre sur le sol? § 29 à 34 (129 B).

3° Peut-on avoir une idée de la force expansive qui s'exerce de l'intérieur de la terre à l'extérieur? § 73.

4° Citez les faits de soulèvements et d'affaissements lents. § 35 à 38.

5° Quelle liaison y a-t-il entre les tremblements de terre et les phénomènes vol-

aniques? — Citez des exemples de ce qui se passe dans ces phénomènes, tant à la surface des terres que sous les mers. § 38 à 48.

6° Qu'entendez-vous par cratères de soulèvement, et à quoi peut-on les reconnaître quand il n'y a pas de faits historiques de leur formation? — N'y a-t-il pas aussi des effondrements? § 50 à 52.

7° Que se passe-t-il quelquefois postérieurement dans ces cavités? — Qu'est-ce que c'est qu'un volcan? § 43, 55 à 57.

8° Citez les diverses époques de formation d'un volcan, les parties fixes, les parties variables. § 58 à 60.

9° Décrivez ce qui se passe dans les éruptions volcaniques (tômes, flons et nappes des laves, cônes adventifs, forme des courants suivant les pentes parcourues, variations corrélatives de la lave). § 65 à 72.

10° Donnez une idée de l'étendue des dépôts volcaniques (volcans actifs, volcans éteints). § 75, 76.

11° Parlez des solfatares, des éruptions boueuses, des fumaroles et des geysers. § 84, 77 à 82.

12° Donnez une idée des dégradations causées journellement par les influences atmosphériques et par l'action des eaux à la surface de la terre. § 84 à 102 (129 D.).

13° Quels sont les caractères des dépôts formés journellement sous les eaux (structure, nature, débris organiques). § 108 à 117.

14° Dites un mot des cordons littoraux, des deltas, des rescifs madréporiques et des tourbières. § 120 à 124.

B. Sur la deuxième leçon. — 1° Quelles sont les conséquences à tirer de la chaleur centrale? — A-t-on des preuves que la température de l'Europe fût plus élevée primitivement qu'aujourd'hui? — Quelle en a pu être la cause? § 131 à 140.

2° Y a-t-il, parmi les anciennes couches terrestres, des dépôts comparables à ceux qui se forment de nos jours? § 142 à 147.

3° Que pensez-vous de l'origine des dépôts charbonneux? § 148 à 150.

4° Y a-t-il d'anciens dépôts comparables à ceux que forment aujourd'hui les sources ou les salzes? § 151.

5° Peut-on prouver qu'il y a eu anciennement des soulèvements, des affaissements et effondrements comme il y en a de nos jours? § 152 à 164.

6° Y a-t-il des faits qui proviennent que les couches terrestres aient été en tout temps disloquées, redressées, par les actions souterraines? § 165 à 172.

7° Quelle peut être l'origine des vallées et des cavernes? § 172 à 176 — La forme des vallées (§ 18 à 21) s'accorde-t-elle avec l'idée de crevassement du sol? — Combien de sortes de vallées faut-il distinguer?

8° Y a-t-il des dépôts anciens comparables à des éjections volcaniques? — Sur quoi se fonde-t-on pour admettre l'origine ignée des basaltes et des trachytes? § 178 à 196.

9° Y a-t-il d'autres roches auxquelles on puisse attribuer une origine ignée, et quelles sont les raisons? § 197 à 206.

10° Quelle est l'origine des filons et des amas métallifères? § 207 et 208, 209 et 210.

11° Qu'entendez-vous par métamorphisme, et à quoi peut-on l'attribuer? § 211 et 212, 213.

12° Y a-t-il des effets qu'on puisse attribuer à d'anciennes érosions des eaux? § 214 à 218.

C. *Sur la troisième leçon.* — 1° Quelle est la division des terrains de sédiment; comment est-on parvenu à en établir la série, et comment distingue-t-on les formations les unes des autres? Quelle est la nature des dépôts? § 219 à 227.

2° Comment se composent les terrains sédimentaires anciens, les terrains cambriens, de Bala, les terrains siluriens et dévoniens; quels sont les débris organiques; s'y trouve-t-il des dépôts charbonneux; où s'en trouve-t-il en France? Où se trouve placé le calcaire carbonifère; ne passe-t-il pas à des grès? § 229 à 236.

3° Comment se compose le terrain houiller en Angleterre, en Belgique; comment se compose-t-il en France, et comment les dépôts sont-ils placés; quels sont les débris organiques? § 236 à 246.

4° Donnez une idée des terrains compris entre le terrain houiller et le terrain jurassique, de leurs débris organiques, des lieux où ils se trouvent, des matières subordonnées ou adventives. § 247 à 254.

5° Donnez une idée du terrain jurassique, de ses divisions, de son étendue, surtout en France. § 255 à 269.

6° Indiquez les caractères du lias, ses débris organiques, et donnez les différences caractéristiques des autres divisions. § 256 à 267.

7° Donnez une idée des terrains crétacés, de leurs divisions, des débris organiques qui caractérisent chacune d'elles, et de leur étendue. § 270 à 282.

8° Donnez une idée du terrain parisien, de son étendue, de ses variations, des dépôts subordonnés, des débris organiques. § 283 à 288.

9° Donnez une idée du terrain de molasse, de ses variétés, de ses débris organiques, de ses combustibles. § 289 à 294.

10° Donnez une idée du terrain subapennin, de ses débris marins, des cavernes à ossements. § 295 à 301.

11° Donnez une idée des terrains diluviens et des terrains modernes, des débris organiques, des roches sillonnées, des dépôts erratiques. § 303 à 310.

D. *Sur la quatrième leçon.* — 1° Indiquez les principales roches de cristallisation ou de métamorphisme, et les époques d'apparition des premières à travers les dépôts de sédiment. § 311 à 318.

2° Donnez les traits les plus généraux de la géologie de la France. § 322 à 334.

3° Quels sont les faits les plus généraux sur lesquels on peut se fonder pour déterminer les âges relatifs des principales catastrophes du globe. § 325 et 326.

4° Qu'entendez-vous par système de soulèvement; quelles sont les directions et les positions géographiques des principaux soulèvements en France; quelles en sont les époques relatives? § 327 à 333.

5° Donnez des détails sur quelques-uns de ces soulèvements, sur leur étendue en France et sur le globe en général. § 334 à 351.

6° Donnez quelques détails sur l'état de l'Europe aux époques des principales formations, et sur les animaux qui habitaient alors la terre ou les mers. § 352 à 376.

7° Que pensez-vous du déluge de Moïse, de l'avenir du globe et de la narration de la Genèse? § 377 à 381.

COURS ÉLÉMENTAIRE DE GÉOLOGIE.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES SUR LE GLOBE TERRESTRE.

1° DU GLOBE EN GÉNÉRAL.

§ 1. **Isolément dans l'espace, forme.** — La manière dont les objets se montrent successivement en mer, du moment où ils commencent à paraître à l'horizon jusqu'à celui où ils s'aperçoivent tout entiers, conduit invinciblement à reconnaître que la masse aqueuse du globe est convexe dans tous les sens. L'expédition de Magellan, et tous les voyages faits depuis trois siècles par mer et par terre, confirment en tous points les conséquences de cette première observation, et nous montrent, du moins de l'est à l'ouest, que la terre est complètement isolée dans l'espace. Si les glaces accumulées aujourd'hui vers les pôles ont empêché de faire le tour du globe du nord au sud, la convexité générale qu'on remarque en ce sens dans toute la partie qu'on peut parcourir, l'apparition successive de nouvelles étoiles lorsqu'on va d'un pôle à l'autre, la projection limitée de l'ombre de la terre sur le disque lunaire pendant les éclipses de lune, sont plus que suffisantes pour établir, en toute rigueur, que l'isolément est complet dans ce sens comme dans l'autre. C'est donc pour nous un fait irrévocablement acquis que la terre est un globe isolé de toutes parts dans l'espace. La forme de ce globe est à peu près celle d'un ellipsoïde de révolution, et les montagnes qui se trouvent à sa surface, n'étant rien relativement à son diamètre, en altèrent peu l'uniformité : les plus hautes y produisent en réalité beaucoup moins d'effet que les rugosités qu'on remarque à la surface d'une orange.

§ 2. Le peu de hauteur relative des montagnes est une vérité dont il est nécessaire de se bien pénétrer, pour ne pas donner à ces rides du globe plus d'importance qu'elles n'en ont en réalité. Nous en prenons toujours des idées exagérées, parce que, les voyant de trop près et trop indépendamment de l'étendue de la terre, c'est à tous les objets qui nous entourent que nous les comparons : aussi une montagne de 3000 mètres de hauteur, comme l'Etna, par exemple, nous paraît-elle quelque chose de gigantesque ; mais si, comme dans la fig. 4, la vue peut embrasser seulement 40 à 42 lieues d'étendue, nous sommes surpris du peu d'effet qu'elle produit : que serait-ce si nous pouvions voir tout un hémisphère !



Fig. 4. Vue et profil de l'Etna et de la contrée environnante jusqu'au niveau de la mer, en proportions exactes.

Il résulte de là que, pour tracer le profil des montagnes et y indiquer leur composition, il faut se garder de prendre des échelles différentes pour les hauteurs et les distances, en doublant ou triplant les premières, comme on le fait presque toujours, parce que cette méthode n'est propre qu'à fausser de plus en plus nos idées. A la vérité, il n'est pas possible, dans nos livres, de peindre le relief des montagnes, sans l'exagérer considérablement, ce qui prouve d'une autre manière qu'il est insensible ; mais il vaut mieux y renoncer que de donner à l'esprit des habitudes qui l'empêcheront toujours de voir juste en cette matière.

§ 3. **Gravitation.** — De l'isolement de la terre dans l'espace découle nécessairement le principe de la tendance de tous les corps vers son centre ; car rien ne s'échappe de notre globe pour se porter dans l'immensité, et les corps qui se trouvent accidentellement lâchés hors de sa surface y reviennent toujours avec rapidité. Cette tendance de tous les corps au centre de la terre est ce qu'on nomme la pesanteur, et l'expression d'attraction terrestre, qu'on regarde souvent comme indiquant la cause, réellement inconnue, du phénomène, n'est qu'une autre manière d'énoncer le même fait, qu'on rapporte alors à la terre ; c'est comme si l'on disait : La terre a la propriété d'attirer constamment vers son centre toutes les parties matérielles qui la composent, tous les corps qui sont à sa surface, et tous ceux qui peuvent être placés autour d'elle à distance. L'exemple des observations permet d'ajouter que l'intensité de cette

action diminue, non pas comme l'augmentation de distance au centre, mais en proportion des carrés de ces distances; ou, comme on le dit, que la force attractive agit en raison inverse du carré des distances, en s'étendant jusqu'à l'infini.

La terre est donc comme un amas de particules qui seraient réunies et condensées par cette tendance générale de la matière au centre; et la forme sphéroïdale qu'elle présente semble indiquer qu'en un certain moment les particules ont eu assez de liberté pour glisser les unes sur les autres, et se concentrer sous la condition la plus stable d'équilibre.

§ 4. **Aplatissement vers les pôles.** — Il n'est pas moins constaté, par la mesure directe des portions de méridiens terrestres qui correspondent à un degré de latitude sur différents parallèles, que la terre est aplatie vers les pôles, ou, si l'on veut, renflée à l'équateur. En effet, les arcs mesurés à différentes latitudes vont constamment en augmentant de l'équateur aux pôles, et le calcul montre que le globe terrestre est un sphéroïde qui présente environ 42 kilomètres de différence entre ses deux diamètres ¹.

Cette observation ramène encore à l'idée que les particules matérielles du globe n'ont pas toujours été à l'état d'agrégation qu'on observe aujourd'hui; il faut en effet qu'elles aient eu, à une certaine époque, assez de mobilité pour glisser les unes sur les autres et céder à l'action de la force centrifuge, produite par la rotation diurne, qui a fait gonfler la masse à l'équateur; c'est après l'effet accompli qu'elles ont dû définitivement se consolider. Il faut donc de toute nécessité admettre primitivement un état pâteux du globe, sauf à chercher ensuite quel en a été l'agent, § 7.

§ 5. **Variations de densité de la surface au centre.** — La pesanteur diminue graduellement du pôle à l'équateur, d'un côté, parce que les rayons terrestres sont inégaux, et que les corps pèsent moins à mesure qu'ils sont plus éloignés du centre, § 2; de l'autre, parce que la force centrifuge, opposée à l'action de la pesanteur, est nulle aux pôles, situés sur l'axe de rotation, tandis qu'elle atteint son maximum à l'équateur. Cette diminution graduelle est mise en évidence par l'observation du pendule, qu'il faut

¹ En calculant les dimensions du sphéroïde capable des arcs mesurés, on trouve que :

Le rayon de l'équateur est de.....	6 376 986 mètres.
Le rayon du pôle.....	6 356 324 mètres.
Le rayon moyen.....	6 366 745 mètres.
La surface de.....	5 094 321 myr. carrés.
Le volume de.....	1 079 235 800 myr. cubés.

raccourcir successivement sur les différents parallèles, en allant du pôle à l'équateur, pour avoir des oscillations de même durée. Mais si l'on calcule les effets de l'accroissement de distance au centre et de la force centrifuge, en supposant le globe homogène, on trouve à l'équateur une diminution de pesanteur moindre que celle qui résulte de l'observation directe; et ce n'est qu'en admettant que la densité du globe va successivement en augmentant de la surface au centre, qu'on peut arriver à faire cadrer le calcul avec les résultats de l'expérience. Plusieurs autres phénomènes conduisant à la même hypothèse, on a lieu de penser que le globe est composé de couches concentriques de différentes matières, dont les poids spécifiques, ou densités, sont progressivement croissants. Ceci ne peut provenir encore que d'un état primitif de fluidité assez parfaite pour permettre aux molécules matérielles de se placer dans l'ordre de leurs densités respectives.

§ 6. **Densité moyenne du globe terrestre.** — Newton a été conduit, par l'ensemble des phénomènes astronomiques, à penser que l'attraction était une propriété générale de la matière, et que tous les corps s'attiraient en raison directe de leur masse, et en raison inverse du carré des distances. Cette idée a été depuis vérifiée par la déviation du fil à plomb près des grandes masses de montagnes, et, plus nettement encore, par les expériences de Cavendish au moyen de la balance de torsion.

On a fait servir ces observations à la recherche de la densité moyenne du globe; pour cela, on a déterminé la force attractive des corps dont on a pu évaluer la masse (produit du volume par la densité), on l'a comparée à la force attractive du globe, dont on peut avoir approximativement le volume, et par conséquent la masse qui comprend la densité inconnue, que par là on peut déterminer ¹. La densité moyenne a été évaluée par Maskeline à 4,56, que la correction de Playfair porte à 4,7, l'eau étant prise pour unité; mais l'expérience de Cavendish a donné 5,48. Des expériences plus ré-

¹ Cavendish, faisant osciller le levier de la balance de torsion devant deux sphères de plomb qui l'attiraient, a déterminé l'intensité de la force attractive de ces masses. Il l'a comparée alors à l'intensité de la pesanteur déterminée dans le même lieu par les oscillations du pendule. Soit g l'intensité de la force attractive des masses de plomb, G l'intensité de l'attraction terrestre, m la masse des sphères dont le rayon est r , M la masse de la terre du rayon R ; on a $g : G :: \frac{m}{r^2} : \frac{M}{R^2}$. Si d est

la densité du plomb, D la densité cherchée de la terre, on a $m = \frac{4}{3} \pi r^3 d$ et

$M = \frac{4}{3} \pi R^3 D$. De ces relations on tire $D = \frac{Gr^2}{gR^2} = 5,48$.

centes et très-nombreuses, faites avec beaucoup de soin par M. Riech, ont donné pour résultat 5,44, et celle de M. Bailly, 5,67. On peut, d'après ces données, calculer approximativement le poids même du globe terrestre, qu'on trouve de 6 259 534 milliards de milliards de kilogrammes. Toutes ces expériences font voir que la densité moyenne du globe est plus grande que celle des matières qui en composent principalement la surface; car le calcaire, le quartz, le feldspath, qui en sont les éléments principaux, n'ont guère pour poids spécifique que 2,5 : il faut donc que le centre du globe soit occupé par des matières fort pesantes pour arriver à la moyenne que nous venons d'indiquer. L'observation du pendule à de grandes profondeurs fait porter cette densité jusqu'à 42, et en montre ainsi l'accroissement rapide à mesure qu'on descend au-dessous de la surface terrestre.

§ 7. **Chaleur centrale.** — L'observation démontre que les variations de température produites par les saisons ne se font sentir qu'à une faible distance dans l'intérieur de la terre; elle fait voir aussi qu'à une petite profondeur, variable suivant les lieux, la température du sol est stationnaire et égale à la température moyenne de la localité. Au-dessous de ce dernier point un autre phénomène se présente; la température s'accroît successivement à mesure qu'on descend plus avant, et le résultat des observations faites jusqu'ici donne un accroissement de 4 degré par chaque 33 mètres de profondeur. De là il résulte que vers 3 kilomètres au-dessous du point de température stationnaire, on doit trouver déjà 100 degrés, température de l'eau bouillante; et que, si la loi se continue régulièrement, on aurait à 20 kilomètres 666 degrés, température à laquelle la plupart des sulfures ainsi qu'un grand nombre de corps sont en pleine fusion. Vers le centre, à 6366 kilomètres, en supposant le même accroissement, on aurait par conséquent une température de 200 000 degrés dont nous ne pouvons nous faire aucune idée; mais il n'est guère probable que la chaleur s'accroisse toujours uniformément; il est à croire que bientôt il se fait un équilibre général, et qu'à une profondeur de 150 à 200 kilomètres il s'établit une température uniforme de 3000 à 4000 degrés, la plus forte que nous puissions produire, et à laquelle rien ne résiste.

De ces observations il résulte, non-seulement que la terre aurait été fluide à une certaine époque, comme nous l'avons déduit ci-dessus de sa forme, § 3, mais même qu'elle le serait encore, et que sa surface seule se serait consolidée, en perdant dans l'espace sa chaleur primitive, sur une épaisseur de 20 à 40 kilomètres, suivant la fusibilité des substances.

§ 8. Cette croûte consolidée, est fort peu de chose relativement au rayon terrestre, qui est de plus de 6000 kilomètres. Sur un globe artificiel de 1 mètre de rayon, elle serait proportionnellement de 3 à 6 millimètres, et elle ne ferait pas l'épaisseur d'une feuille de papier sur nos globes ordinaires. Or, si de telles enveloppes remplies d'un liquide cinq à six fois plus pesant que l'eau, n'offraient pas plus de ténacité que les matières qui composent l'écorce terrestre, elles ne pourraient évidemment supporter la moindre oscillation dans leur forme. Pourquoi n'en serait-il pas de même de la terre? la faiblesse relative de l'écorce, d'ailleurs fort crevassée, conduit à penser qu'elle ne peut supporter toujours les changements de forme et de volume dont une telle masse incandescente doit être susceptible, surtout quand la température centrale est capable de tout réduire en vapeur à la moindre communication avec une atmosphère de si faible pression relative? Si l'on peut être étonné de quelque chose, c'est que cette disproportion entre l'épaisseur de la croûte solide et le diamètre de la matière liquide ne donne pas lieu à plus de catastrophes qu'on n'en éprouve aujourd'hui à la surface de notre planète.

2° SURFACE DU GLOBE.

§ 9. **Étendue relative des terres et des mers.** — Sur environ 5 millions de myriamètres carrés, ou 50 milliards d'hectares, que présente la surface du globe, les trois quarts à peu près sont formés par les mers, du sein desquelles s'élèvent çà et là des parties solides plus ou moins étendues, qu'on nomme *terres*. C'est autour du pôle nord que les terres sont particulièrement groupées, fig. 2;

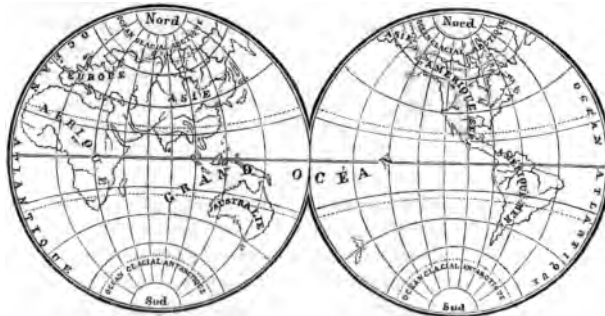


Fig. 2. Mappemonde sur le méridien de l'Île de fer.

elles constituent deux immenses masses, nommées *continents*, découpées irrégulièrement de différentes manières, et qui se prolongent en pointes au delà de l'équateur. Au sud on ne connaît jusqu'à ce jour d'autres grandes terres que l'Australie, ou Nouvelle-Hollande. Ça et là, du reste, il existe, au milieu des mers, une multitude d'*îles*, qui sont tantôt isolées les unes des autres, tantôt rassemblées, sur une faible étendue, en nombre plus ou moins considérable, formant des *groupes*, des *archipels*, et enfin alignées quelquefois suivant certaines directions.

Les contours des terres sont extrêmement irréguliers, découpés de toutes les manières, et souvent très-profondément. Ils présentent ainsi les saillies qu'on nomme *presqu'îles*, *caps*, *pointes*, et les enfoncements désignés sous les noms de *criques*, *anses*, *baies*, *golfs*, *mers intérieures* ou *méditerranées*.

§ 10. Il n'est pas inutile de remarquer que la limite du Grand Océan est formée par une série de montagnes qui, de la pointe sud d'Amérique, s'étendent jusqu'à son extrémité nord, en formant toute la côte occidentale, puis se continuent à travers l'Asie jusqu'à l'extrémité de l'Indoustan, et enfin longent toute la côte orientale d'Afrique. Il résulte de cet ensemble un énorme bourrelet montagneux qui sépare la partie éminemment continentale du globe de la partie la plus maritime : c'est ce qu'on voit immédiatement sur une projection réduite de Mercator, quoique ce ne soit pas encore celle qui convienne le mieux pour faire apercevoir ce fait.

§ 11. **Relief des parties solides.** — La hauteur des terres au-dessus des mers est extrêmement variable. Il y a des îles qui sont à fleur d'eau, et qu'on désigne sous les noms d'*écueils*, de *récif*s, de *vigies*, fig. 3, *a*. D'autres, au contraire, s'élèvent à des hauteurs plus ou moins considérables, tantôt formant dans toute leur étendue un plateau, *b*, dont les bords offrent des pentes plus ou moins rapides; tantôt présentant des plans plus ou moins inclinés qui se réunissent en une arête irrégulière au point *c*, ou bien des cônes, *d*, des surfaces bombées, ondulées, etc., comme en *e*.



Fig. 3. Formes et élévations de diverses îles.

Les grandes îles présentent le plus souvent sur leur étendue toutes ces dispositions à la fois, et les continents sont exactement

dans le même cas, fig. 4; on y observe alors toutes les formes, toutes les hauteurs, depuis le niveau des mers jusqu'à 7800 mètres, la plus grande élévation qu'on connaisse aujourd'hui. Les parties diversement saillantes comprennent entre elles des parties plus basses, et l'ensemble constitue un relief extrêmement varié dont les accidents présentent les *plaines*, les *vallées*, les *montagnes*, etc.



Fig. 4. Groupement des montagnes dans les grandes îles.

§ 42. **Fond des mers.** — Le fond des mers est aussi très-irrégulier. Quelquefois il est à peu de distance sous les eaux, et constitue des *bancs*, des *hauts fonds*; ailleurs on trouve des profondeurs diverses autour d'un point plus saillant qui indique une montagne sous-marine. Souvent on reconnaît à peu près la même profondeur sur une très-grande étendue, et par conséquent de vastes plaines, dont on trouve aussi successivement plusieurs en gradins les unes au-dessus des autres. Il y a aussi des parties où la sonde descend à 2000, 4000 et même 8000 mètres, et nous indique en conséquence des profondeurs considérables. Près des côtes plates, la mer est peu profonde, et le fond s'abaisse lentement en pente douce, jusqu'à de très-grandes distances; près des côtes escarpées, au contraire, la profondeur est fréquemment considérable, et s'accroît rapidement au large. On voit ainsi que le relief supérieur se continue avec la partie submergée, et enfin que le fond des mers est aussi irrégulier que la surface des continents.

La plus grande profondeur moyenne qu'on puisse supposer aux mers paraît être de 4800 mètres, d'où il résulte que la masse totale des eaux, qui couvre une si grande partie du globe terrestre, ne va pas à 2 millions de myriamètres cubes: c'est un volume infiniment petit relativement à celui de la terre, § 4, *note*, et qui ne permet guère de concevoir une fluidité aqueuse de notre planète, du moins par les eaux actuelles, qui n'offrent pas la millionième partie de ce qu'il faudrait pour dissoudre une telle masse dans les circonstances les plus favorables qu'on puisse imaginer.

§ 43. **Formes diverses des montagnes.** — On emploie différentes dénominations pour désigner les diverses protubérances du relief que présentent les terres. On nomme *collines* des éminences

peu considérables, mollement arrondies, dont les pentes se confondent doucement avec le sol environnant, pris comme niveau de la contrée. Un *tertre* ou une *butte* est une colline détachée, isolée au milieu de la plaine, ou surmontant tout à coup une colline plus surbaissée et plus large. Un *rocher* est souvent un tertre de matières solidement agrégées, pouvant se soutenir sous toutes les formes, et dont les flancs sont plus ou moins irréguliers, quelquefois à pic. Enfin, sous le nom de *montagnes*, on comprend toujours une masse très-élevée au-dessus du plan qui sert alors de niveau. On conçoit que toutes ces dénominations n'ont rien de nettement déterminé et que leur application est souvent fort arbitraire.

Une montagne, quelle qu'elle soit, s'élève presque toujours en pente douce depuis son pied jusqu'à une certaine hauteur, ce qui tient souvent à l'accumulation de ses débris, qui ont formé des talus plus ou moins inclinés. Plus haut les flancs deviennent plus rapides, tantôt unis, tantôt déchiquetés de toutes les manières, souvent abrupts ou taillés en gradins. Vers le sommet se présentent encore, quelquefois successivement, de nouvelles pentes, des escarpements à pic, des cimes enfin de toute espèce. Les variations que présentent ces différentes parties donnent aux montagnes des configurations diverses, le plus souvent en rapport avec la nature des matières qui les composent, et dont quelques-unes ont reçu des noms particuliers.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.



Diverses formes de montagnes.

Lorsque le sommet d'une montagne présente une masse conique, fig. 5, plus ou moins rapide, comme on l'observe surtout dans les pays volcaniques, on lui donne le nom de *piton*, de *pic* ou de *puy*, qui s'applique souvent alors à la montagne entière. S'il est arrondi en boule, comme on le voit fréquemment dans les Vosges, il prend le nom de *ballon*. Les sommets terminés en pointes aiguës, en crêtes dentelées, fig. 6, qui appartiennent aux terrains de gneiss (*Minéralogie*, § 174, note), élevés à de grandes hauteurs, comme dans les Alpes, prennent le nom d'*aiguilles*, de *dents*, de *cornes*, suivant les aspects qu'ils présentent. On nomme *tour* ou *cylindre* des sommets taillés à pic, fig. 7, qui ressemblent de loin à des fortifications; c'est ce qu'on observe souvent dans les pays calcaires,

dont les montagnes sont aussi caractérisées par des flancs taillés en gradins, fig. 8, par des escarpements formés d'assises horizontales, et par des terminaisons en plateaux.

§ 14. **Massifs découpés par les vallées.** — Les collines ou les montagnes qu'on aperçoit au loin, à l'extrémité d'une plaine, ne sont fréquemment que les flancs d'un plateau plus ou moins élevé au-dessus de celui qu'on occupe soi-même. Or, ces plateaux, et particulièrement ceux qui sont très-élevés, nous offrent encore une circonstance importante à remarquer. Il est rare qu'ils soient entiers dans toute leur étendue, et le plus souvent le massif qu'ils constituent se trouve découpé par des entailles profondes, fréquemment ramifiées, rayonnant en différents sens, qui le partagent de diverses manières en se prolongeant sur le plateau inférieur, où elles viennent déboucher. C'est cette circonstance qui les a fait considérer comme des groupes de montagnes, tandis que, dans le fait, ils ne forment souvent, dans toute leur étendue, qu'une seule et même masse, morcelée par des vallées plus ou moins nombreuses. Les plates-formes des différentes pièces dont ils paraissent composés, tantôt entièrement séparées, tantôt réunies par des lambeaux irréguliers, se trouvent sensiblement sur un même plan, et les coucches qui composent la masse se correspondent sur les pentes des ravins qui les sillonnent. Quelquefois aussi le massif se trouve divisé par des vallées rayonnantes qui se réunissent en un point central où se présente un vaste enfoncement; on remarque alors sur le bord de ce bassin, des montagnes plus ou moins élevées, qui ne sont que les extrémités des masses partielles dans lesquelles le massif total se trouve partagé.

§ 15. **Chaînes de montagnes.** — Il existe aussi, parmi les protubérances de la surface du globe, des dispositions allongées qui s'étendent à de grandes distances, et qu'on donne le plus souvent encore comme le résultat d'un groupement de montagnes à la file les unes des autres : c'est ce qu'on nomme les *chaînes de montagnes*. On dépeint souvent une chaîne, pour la représenter dans sa plus grande simplicité, comme formée par deux plans inclinés réunis en une arête, tels que sont les deux pentes d'un toit; mais cette simplicité, tout au plus applicable à quelques rides allongées de la surface terrestre, est tout idéale, et dans la réalité il y a plus de complication. On a comparé plus heureusement une chaîne de montagnes à une arête de poisson; en effet, on y observe une *masse centrale* dirigée suivant une certaine ligne, et des *branches latérales* ou *chaînons*, à peu près perpendiculaires à la direction générale, qui se correspondent de part et d'autre, et s'avancent à

des distances plus ou moins grandes. Ce n'est qu'aux extrémités d'une chaîne que les branches deviennent divergentes et forment ce qu'on nomme la *patte-d'oie*, caractère qu'il est bon de remarquer, en ce qu'il assigne des limites locales aux phénomènes qui ont produit ces dispositions de montagnes.

Les branches d'une chaîne sont le plus souvent divisées comme la chaîne elle-même; elles présentent des *rameaux* perpendiculaires à leur direction et divergents à l'extrémité. Ces rameaux se subdivisent encore, et souvent il en est de même de leurs différentes parties, pour ainsi dire à l'infini.

Généralement le centre de la chaîne est la partie la plus élevée, et les branches latérales s'abaissent successivement jusqu'à leur extrémité; on peut en dire autant des rameaux relativement aux branches. Cependant il arrive fréquemment que, dans certaines parties d'une branche ou d'un rameau, quelquefois à l'extrémité, le terrain se relève brusquement, et même à une hauteur plus grande que partout ailleurs.

On remarque aussi que les pentes sont rarement égales sur les deux versants d'une chaîne; c'est ce qu'on observe dans le Jura, dont les pentes sont extrêmement douces du côté de la France, et pour ainsi dire abruptes vers la Suisse; dans les Pyrénées, où les pentes sont généralement plus rapides du côté de l'Espagne que du côté de la France; dans les Alpes, dans les Vosges, et mieux encore dans les Andes, qui s'inclinent si rapidement du côté de l'océan Pacifique, etc.

Le faite d'une chaîne présente ordinairement une ligne plus ou moins onduleuse dans toute son étendue. Son élévation est aussi extrêmement variée: ici les sommets se portent brusquement jusqu'à plusieurs milliers de mètres; là ils restent à quelques centaines seulement, et ailleurs ils prennent toutes les hauteurs intermédiaires de manière à produire les plus grandes inégalités. C'est en général à l'endroit où se rattachent deux branches latérales opposées que se trouvent les plus grandes hauteurs, et entre deux branches voisines il existe le plus souvent une grande dépression qu'on nomme *col*. Nous reconnâtrons plus tard à quoi tiennent toutes ces circonstances quand nous aurons acquis des données suffisantes sur la composition et la formation des montagnes.

§ 16. **Croisement des chaînes.** — Les chaînes de montagnes sont nombreuses à la surface du globe, et dirigées dans tous les sens; d'où il arrive qu'en certains lieux elles se coupent mutuellement de toutes les manières, et forment des réseaux plus ou moins compliqués. Les points de croisement, qu'on nomme *nœuds*, pré-

sentent souvent des élévations subites beaucoup plus considérables que partout ailleurs.

Quelquefois plusieurs chaînes marchent à peu près parallèlement, et l'espace qu'elles laissent entre elles offre une vaste plaine élevée dont elles forment les limites. Un des plus beaux exemples de cette disposition est fourni par les chaînes de Mouztagh et de Kouenloun, par le Katchi et l'Himalaya, au centre de l'Asie; les Alpes et le Jura, qui laissent entre eux les plaines de la Suisse, en sont un faible exemple en Europe.

§ 47. Les chaînes, en se croisant de toutes les manières, forment ce qu'on nomme en géographie des *systèmes de montagnes*, auxquels se rapporte la topographie des diverses contrées; mais ces prétendus systèmes, auxquels l'imagination a fréquemment ajouté, n'offrent souvent que peu d'importance sous les rapports géologiques, si on les considère isolément. Nous verrons qu'il faut y ajouter des considérations particulières qui conduisent à des idées d'un ordre plus élevé, et qui se lient aux grands phénomènes dont le globe terrestre a dû être le théâtre, § 329 à 354. Ces faits conduisent à reconnaître que les chaînes du même ordre sont placées à la surface du globe de manière à se trouver sur un grand cercle, ou parallèlement, et à occuper la moitié de sa circonférence. Les chaînes d'un autre ordre sont disposées sur un grand cercle différent, plus ou moins incliné sur le premier, etc. Citons quelques exemples : si l'on veut jeter les yeux sur un globe, on verra que les Alleghanys, les Pyrénées, les Apennins, les montagnes de la Croatie, les Karpathes, le Zagros de la Perse, les Ghates du Malabar, sont autant de chaînes qui offrent la même direction, et sont toutes parallèles à un grand cercle qui passerait par la première. Si l'on considère la partie des Alpes qui se dirige du Valais en Autriche, on verra qu'un grand nombre d'autres chaînes lui sont parallèles, telles que les montagnes de l'Espagne, le Taurus, le Caucase, l'Atlas, le Balkan et les chaînes qui viennent à travers la Perse se lier à l'Himalaya, § 354, fig. 373.

§ 48. **Caractères des vallées.** — On nomme *vallées* les espaces vides qui séparent les différentes parties d'un massif, les diverses branches d'une chaîne, ou enfin deux chaînes elles-mêmes.

Considérées dans une chaîne, les vallées sont, comme les chaînons, perpendiculaires à la direction générale, et se nomment *vallées transversales*, parce qu'elles coupent les chaînes en travers. A ces vallées viennent aboutir perpendiculairement les *vallons*, qui séparent les rameaux de chaque branche, comme à ces vallons viennent se rendre les *gorges* diverses qui séparent les subdivisions.

Les grands espaces situés entre deux chaînes sont fréquemment nommés *vallées longitudinales* ; c'est là que viennent déboucher, à peu près à angle droit, les vallées transversales qui se trouvent de part et d'autre.

Les vallées des grands massifs, ou des grandes chaînes, sont quelquefois étroites, profondes et à parois escarpées ; c'est ce qui est surtout remarquable dans les hautes régions de l'Asie centrale et de l'Amérique équatoriale, où certaines vallées présentent des fissures verticales effroyables, de 1500 à 2600 mètres de profondeur, fréquemment si étroites qu'il suffit de quelques blocs roulés en travers pour y former des ponts naturels. Ces fissures abruptes forment généralement un caractère des pays à plateaux élevés, où toutes les rivières sont fortement encaissées ; non-seulement on les observe en Asie et en Amérique, mais la presque île scandinave nous en offre encore de beaux exemples, quoique la hauteur des parois soit moins considérable ; la Croatie, la Carniole, nous en présentent également, quoique sur une échelle moins étendue.

Cette configuration n'est cependant pas celle que présentent le plus ordinairement les vallées ; presque toujours il arrive que leurs pentes, quoique fréquemment escarpées, deviennent du moins abordables en divers points ; leurs fonds et leurs flancs peuvent souvent recevoir des habitations, et des chemins qui servent de passages habituels à travers les montagnes.

Nous avons fait remarquer que les branches latérales d'une chaîne se correspondent de chaque côté du faite ; il en est de même des vallées, et il arrive généralement qu'après en avoir suivi une sur l'un des versants, on en trouve une autre au sommet pour descendre sur le versant opposé ; cette correspondance a lieu par l'échancrure que nous avons indiquée entre les sommets qu'on observe à la correspondance des chaînons, § 45. Ce sont ces échancrures qu'on nomme *cols* dans certaines localités, *passages* ou *ports* dans d'autres, et quelquefois *brèches*.

§ 49. On juge presque toujours, en parcourant une vallée, qu'elle va en s'élargissant de sa partie supérieure à son extrémité ; mais c'est une pure illusion, qui tient à ce qu'on prend, dans le haut, le pied de l'escarpement pour point de départ, sans faire attention à l'écartement des sommités. La véritable forme est précisément inverse, c'est-à-dire plus étroite dans le bas que dans le haut, ce qu'on voit clairement en l'observant de ces sommités mêmes.

Les vallées présentent sur leur longueur des évasements et des étranglements successifs ; leur fond offre souvent des alternatives de pentes douces et de pentes rapides, ou même des parties abruptes,

et celles-ci correspondent aux étranglements, tandis que les autres se montrent là où la vallée s'élargit. Il en résulte qu'une vallée se compose souvent d'une série d'amphithéâtres ou de bassins placés les uns au-dessus des autres, et qui communiquent entre eux par des passages étroits dont le sol présente une pente rapide ou un escarpement. Souvent il arrive que, dans la partie supérieure, la vallée se termine par un cirque dont les parois sont à pic, et dont le centre est quelquefois occupé par un lac.

§ 20. Les vallées longitudinales, par lesquelles les grands fleuves s'écoulent, présentent fréquemment les mêmes caractères; elles offrent aussi de grands bassins successifs, qui communiquent entre eux par une échancrure plus ou moins profonde des montagnes qui les entourent, et dans laquelle le fleuve se trouve tout à coup resserré. C'est ainsi que le Rhin, après être sorti du lac de Constance, qui forme son premier bassin, traverse les montagnes qui lient le Jura et la forêt Noire, où il est bordé et obstrué par les rochers. Arrivé à Bâle, il passe, en changeant de direction, dans le vaste bassin d'Alsace; puis à Bingen, après avoir serpenté dans la plaine, il coupe les montagnes de l'Eifel, qu'il traverse par une gorge étroite qui ne laisse guère que son passage, et dont il sort à Coblenz. Le Rhône, le Danube, l'Elbe et un grand nombre de fleuves sont exactement dans le même cas; et ce qui étonne surtout dans ces accidents, c'est que le plus souvent la communication d'un bassin à l'autre se fait à travers les parties les plus élevées, comme aussi les plus solides, des montagnes qui les entourent. Cette circonstance s'oppose à l'idée de digues rompues par le seul poids des eaux; car s'il en était ainsi, il est clair que la rupture se serait faite au point le plus bas de l'enceinte, comme aussi dans les parties les moins résistantes.

§ 21. Les passages bordés d'escarpements à pic, que présentent les vallées en divers points, prennent en général le nom de *défilés*, et souvent aussi de *portes des nations*, parce qu'ils ont fréquemment séparé des peuplades qui y trouvaient une défense facile, comme à la porte d'une muraille. Il en est qui sont célèbres dans l'histoire; tels sont les défilés du Taurus et du Caucase, connus sous les noms de Porte Ibérienne, Porte Caspienne, Porte Albanienne, Passe d'Isus, célèbre par le passage d'Alexandre; telles sont encore les Thermopyles, où les 300 Spartiates arrêtrèrent l'armée de Xerxès; les Fourches Caudines, où les Samnites forcèrent les Romains à passer sous le joug, etc. Les parois de ces passages taillées à pic ont quelquefois des hauteurs considérables; il y en a dans les Andes qui s'élèvent jusqu'à 4600 mètres.

§ 22. **Écoulement des eaux.** — C'est par les vallées que s'écoulent les eaux produites par les brouillards, les pluies, la fonte des neiges. Ces eaux se rassemblent dans les gorges, les vallons, les vallées transversales, et forment les torrents, les ruisseaux, les rivières et les fleuves, pour se rendre à la mer ou dans quelque grand lac. Ces courants présentent dans leur marche des circonstances complètement en rapport avec celles des vallées par lesquelles ils se dirigent ; ils sont d'une rapidité effrayante dans les parties où les vallées se rétrécissent, et reprennent un cours lent et tranquille là où elles s'élargissent, en y formant quelquefois des lacs plus ou moins étendus. Les pentes rapides, les escarpements, produisent sur ces courants ce que l'on nomme *rapides, sauts, chutes, cascades et cataractes*, dont tous les pays de montagnes nous offrent des exemples.

§ 23. **Plaines situées à diverses hauteurs.** — On nomme plaine tout espace sensiblement uni, n'offrant que des ondulations peu marquées relativement à son étendue. Il en existe à toutes les hauteurs depuis le niveau des mers jusqu'au milieu des montagnes les plus élevées. On les distingue en *plaines basses* et en *plaines hautes* ou *plateaux*, sans qu'on puisse fixer positivement où finissent les unes et où commencent les autres, tant il y a de hauteurs intermédiaires. C'est en quelque sorte par des plaines successives, et comme de terrasse en terrasse, que s'élèvent principalement les continents au-dessus de l'Océan ; les grandes chaînes qui les traversent ne sont, pour ainsi dire, que des accidents au milieu des terrains plats élevés, comme on le voit, par exemple, sur le plateau central de la France, dans les montagnes de la Margeride et de la Lozère, qui dominent toute la contrée.

Parmi les plaines basses, on peut citer, sur les confins de l'Europe, les steppes des Kirghiz, où 1800 lieues carrées de pays se trouvent au niveau de l'Océan, ou même au-dessous, car Astrakan et tous les bords de la Caspienne se trouvent plus bas que le niveau de la mer Noire. C'est la plus vaste dépression que nous connaissons ; car la mer Morte, et les plaines environnantes, qui sont également au-dessous de la Méditerranée, ne peuvent être mises en comparaison. Ces plaines se lient par des pentes insensibles à celles de l'Ukraine et de la Lithuanie, jusqu'à celles du Holstein, du Jutland, etc., de manière à offrir en Europe une immense étendue de pays plats. Toutes les parties du monde offrent également des plaines basses très-considérables, et l'Amérique renferme peut-être les plus vastes du globe, comme celles où se dessinent les nombreuses ramifications de l'Amazone, de la Plata, etc.

§ 24. Les plaines hautes les plus élevées au-dessus des mers se trouvent au centre de l'Asie, où elles ne le cèdent en rien aux plaines basses des autres continents. Celles qui forment la haute vallée comprise entre la chaîne du Kouenloun et celle de l'Himalaya, et qui constituent le Tibet proprement dit, se trouvent à 3600 mètres au-dessus du niveau des mers. C'est la plus haute que nous connaissons, car toutes celles qu'on avait confondues sous le nom général de plateau du Tibet sont beaucoup plus basses; l'immense désert de Cobi, entre le Kouenloun et la chaîne volcanique de Thian-Chan, n'a pas plus de 1200 mètres dans ses parties les plus élevées. En Amérique, le plateau de Quito se trouve à 3000 mètres d'élévation, et celui du Mexique à 2000. Ce dernier, qui a 50 lieues de large, se prolonge à 150 lieues vers le nord sans presque subir d'abaissement. Nous n'avons rien de comparable en Europe, ni pour l'étendue ni pour la hauteur, et cependant on peut citer le plateau qui couronne les montagnes de la presqu'île scandinave, les plateaux de la Croatie et de la Carniole, ceux des Ardennes, du Limousin et de l'Auvergne, des Cévennes, etc., qui en sont du moins des exemples en petit.

§ 25. *Distribution de la chaleur à la surface du globe.* —

Si la surface terrestre était partout homogène, la distribution de la chaleur y serait déterminée par les latitudes, le mouvement du soleil et les phénomènes qui en sont la suite. Les lignes qui joindraient les points d'égale température, en quelque partie de l'année que ce fût, seraient toutes parallèles entre elles et se confondraient avec les parallèles terrestres; mais il n'en peut être ainsi pour une surface composée de parties hétérogènes, de terres et de mers, qui agissent différemment par leurs pouvoirs émissifs et absorbants. Les configurations de ces parties, leurs positions, leurs étendues relatives, la hauteur des terres au-dessus des eaux, la nature du sol, l'abondance ou l'absence de la végétation, etc., changent nécessairement la distribution théorique, et c'est par l'observation seule qu'on peut reconnaître ce qui en advient.

Forme des lignes thermales. — Les recherches de M. de Humboldt font voir que, dans l'état actuel de la terre, les lignes d'égale température ne conservent le parallélisme entre elles et à l'équateur que dans le voisinage de la zone torride. A partir à peu près du trentième parallèle, ces courbes se relèvent vers les pôles, et plus ou moins suivant le degré de chaleur auquel elles correspondent, ce qui fait qu'elles sont plus ou moins inclinées entre elles. Cela se fait dans l'hémisphère boréal par deux inflexions dont l'une porte les sommets convexes des courbes sur l'Europe occidentale, et

l'autre les seconds sommets du même genre sur la côte occidentale d'Amérique; les sommets concaves se forment d'une part en Asie, et de l'autre sur la côte orientale de l'Amérique. C'est ce qui résulte surtout du tracé des lignes d'égal température moyenne annuelle, qu'on nomme plus spécialement *lignes isothermes*.

Les autres lignes d'égal température moyenne de tel ou tel point de l'année se comportent de même, en oscillant autour des précédentes; mais les *lignes isochimènes* et *isothères* (d'égal hiver et d'égal été) s'écartent encore plus des parallèles terrestres: les premières, comme les lignes isothermes, d'autant plus qu'on se porte davantage à l'est; les secondes, exactement en sens contraire. C'est vers les sommets convexes des lignes isothermes que se trouvent les plus petites différences entre les saisons; vers les sommets concaves, au contraire, il s'en manifeste d'énormes, comme de $- 42^{\text{a}}$ à $+ 49^{\text{a}}$, de $- 17^{\text{a}}$ à $+ 43^{\text{a}}$, etc.

§ 26. *Froid des parties orientales des continents.* — Ces dispositions des lignes thermales sont l'expression de divers faits remarquables dans la physique actuelle du globe: elles montrent que les parties orientales des deux grands continents sont aujourd'hui plus froides que les parties occidentales, comme on le voit au Labrador et au Canada d'un côté, et en Sibérie de l'autre. Sur l'ancien continent la température moyenne annuelle diminue de plus en plus sur un même parallèle à mesure qu'on s'avance de plus en plus vers l'est, comme on le voit dans le tableau ci-dessous:

<i>Lieux.</i>	<i>Latitudes</i>	<i>Longit. orient.</i>	<i>Température moyenne.</i>
{ Amsterdam.	52° 22'	2° 30'	11 ^a ,9
{ Varsovie.	53° 14'	18° 43'	8 ^a ,2
{ Copenhague.	55° 41'	10° 15'	7 ^a ,6
{ Moscou.	55° 45'	35° 12'	4 ^a ,6
{ Kasan.	55° 48'	46° 44'	1 ^a ,3
{ Christiana.	59° 56'	8° 28'	6 ^a ,0
{ Upsal.	59° 51'	15° 18'	5 ^a ,6
{ Petersbourg.	59° 58'	27° 59'	3 ^a ,8
{ Tobolsk.	58° 12'	65° 58'	— 0 ^a ,6

Il en est de même en Amérique, où le climat est beaucoup plus doux à l'ouest des Alleghany qu'à l'est. Les deux continents offrent de même, entre leurs côtes, des différences considérables: ainsi le Labrador, le Canada, les États-Unis sont beaucoup plus froids que la Scandinavie et toute la côte européenne, comme on le voit dans les exemples suivants:

AMÉRIQUE ORIENTALE.			EUROPE OCCIDENTALE.		
Lieu.	Latitude.	Température moyenne.	Lieu.	Latitude.	Température moyenne.
Main.	57° 8'	3 ^d , 1	Stockholm.	59° 20'	5 ^d , 7
Québec.	45° 47'	5 ^d , 6	Nantes.	47° 13'	12 ^d , 6
New-York.	40° 40'	12 ^d , 1	Naples.	40° 50'	17 ^d , 4

§ 27. *Froid de l'intérieur des continents.* — L'intérieur de grands continents est généralement plus froid que les côtes, les îles ou les contrées avancées en pointes au milieu des mers. En Bretagne, en Écosse, en Irlande, etc., on cultive en pleine terre les plantes du midi, et les hivers sont plus doux qu'à Milan et dans toute la Lombardie ; mais par la même cause les étés sont moins chauds, fréquemment brumeux, pluvieux, et quelquefois même neigeux. Dans les îles des mers australes on trouve des fougères arborescentes, des palmiers, toutes les plantes des pays chauds jusqu'à des latitudes de 53°, tandis qu'il n'en existe pas traces sur les continents du nord, et qu'il faut remonter jusqu'aux tropiques pour les retrouver. Voici quelques exemples :

CLIMAT CONTINENTAL.					CLIMAT MARITIME.				
Lieu.	Latit.	Temp. moy.	Hiver.	Été.	Lieu.	Latit.	Temp. moy.	Hiver.	Été.
Bude.	47° 29'	10 ^d , 6	— 0 ^d , 6	21 ^d , 4	Nantes.	47° 13'	12 ^d , 6	4 ^d , 7	19 ^d
Vienna.	48° 12'	10 ^d , 3	+ 0 ^d , 4	20 ^d , 7	St. Malo.	48° 39'	12 ^d , 1	5 ^d , 7	19 ^d
Kasan.	55° 48'	3 ^d , 1	— 16 ^d , 6	18 ^d , 8	Edimb.	55° 57'	8 ^d , 8	3 ^d , 7	14 ^d

§ 28. *Climats extrêmes.* — Les directions inverses des lignes isochimènes et isothermes nous donnent ces climats extrêmes, où des hivers rigoureux succèdent des étés brûlants ; c'est ainsi qu'à New-York, par 40° 40', on trouve les hivers de la Norvège et les étés de l'Italie ; à Moscou, à Kasan, on trouve les hivers de la Laponie et les étés de la Touraine ; à Pékin, par 39° 54', on a les hivers d'Upsal et les étés du Caire. Voici des exemples en chiffres

Lieux.	Latitude.	Température moyenne.	Moy. d'hiver.	Moyenne d'été.
Pékin.	39° 54'	17 ^d , 7	— 3 ^d , 1	28 ^d , 1
New-York.	40° 40'	12 ^d , 1	— 1 ^d , 2	26 ^d , 2
Québec.	46° 47'	5 ^d , 6	— 9 ^d , 9	20 ^d , 0
Zurich.	47° 22'	8 ^d , 8	— 1 ^d , 2	17 ^d , 8
Bude.	47° 29'	10 ^d , 6	— 0 ^d , 6	21 ^d , 4
Prague.	50° 5'	9 ^d , 7	— 0 ^d , 3	20 ^d , 5
Gœttingue.	51° 32'	8 ^d , 3	— 0 ^d , 9	18 ^d , 2
Varsovie.	52° 14'	9 ^d , 2	— 1 ^d , 8	20 ^d , 6
Moscou.	55° 45'	4 ^d , 6	— 11 ^d , 8	19 ^d , 5

Toutes ces circonstances thermiques sont le résultat de l'arrangement actuel des terres et des mers, et il est évident que quelque

changements dans leur étendue, leur forme, leurs dispositions relatives, leur nature, en amèneraient aussi dans toutes les lignes isothermes. La réduction de nos continents du nord en îles éparses au milieu des mers, amènerait partout des températures moins différentes entre l'été et l'hiver, et, tout en rendant nos climats plus brumeux, entraînerait une végétation semblable à celle des terres australes.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES DE L'ÉPOQUE ACTUELLE.

4° TREMBLEMENTS DE TERRE.

§ 29. **Description du phénomène.** — Chacun a entendu parler du terrible fléau qui, en un instant, fait un monceau de ruines des plus florissantes cités, et bouleverse parfois tout le sol environnant. Son apparition est souvent précédée par des bruits sourds, des roulements souterrains, qui fréquemment se font entendre longtemps avant la catastrophe à laquelle ils préludent. Des trépidations plus ou moins violentes se font ensuite sentir pendant quelques secondes, ou quelques minutes seulement, et souvent se succèdent un certain nombre de fois avec plus ou moins de rapidité et plus ou moins de force : dans certains cas même, elles se continuent à divers intervalles pendant plusieurs jours, plusieurs mois, et même des années entières. Ces mouvements du terrain sont de diverses sortes ; tantôt ce sont des oscillations horizontales saccadées, plus ou moins rapprochées, tantôt des secousses verticales, c'est-à-dire des soulèvements rapides et des affaissements successifs du sol ; ailleurs, ce sont des tournoiemens divers. Souvent toutes les espèces d'ébranlemens se réunissent à peu près dans le même temps, et rien alors ne peut échapper à la dévastation.

Quelquefois un tremblement de terre se trouve circonscrit dans un espace assez resserré : par exemple, celui qui eut lieu à l'île d'Ischia, le 2 février 1828, ne fut ressenti en aucune manière ni dans les îles voisines ni sur le continent. Dans d'autres cas il ébranle une surface immense : témoin celui de la Nouvelle-Grenade, du 17 juin 1826, qui exerça son action sur plusieurs milliers de myriamètres carrés. Ailleurs il se propage à des distances énormes, comme le fameux tremblement de Lisbonne en 1755, qui s'étendit jusqu'en Laponie d'une part, et jusqu'à la Martinique de l'autre ; il

se fit sentir en travers de cette direction du Groënland en Afrique, où Maroc, Fez, Méquinez furent détruites : l'Europe entière en éprouva les effets au même moment. Généralement on peut reconnaître, dans les narrations diverses, beaucoup d'exemples de propagation du même genre sur des longueurs plus ou moins considérables, et des largeurs diverses. On peut même conclure, de l'exposé et de la comparaison des faits, que l'ébranlement s'est souvent étendu suivant un grand cercle, plus ou moins incliné sur l'équateur, et occupant peut-être tout un hémisphère.

§ 30. **Effets des tremblements de terre.** — Non-seulement les tremblements de terre renversent souvent des cités entières avec les édifices les plus solidement établis, mais encore ils font subir au sol même d'importantes modifications. Ceux de la Calabre, en 1783, nous en fournissent des exemples d'autant plus précieux que les faits ont été décrits par les hommes les plus distingués du temps, tels que Vicencio, médecin du roi de Naples, Grimaldi, Hamilton, etc., et enfin, par une commission de l'Académie royale de Naples. Tout fut bouleversé dans ce malheureux pays; le cours des rivières fut interrompu et changé; des maisons furent soulevées au-dessus du niveau de la contrée, tandis que d'autres, souvent à peu de distance, s'enfoncèrent plus ou moins; des édifices d'une grande solidité furent lézardés du haut en bas; certaines parties en furent élevées au-dessus des autres, et les fondations poussées hors de terre. Le sol s'entr'ouvrit de toutes parts, souvent en longues crevasses, dont quelques-unes avaient jusqu'à 450 mètres de large; il y en avait d'isolées, quelquefois bifurquées et montrant fréquemment d'autres fissures perpendiculaires à leur direction, fig. 9; quelquefois on voyait une série de crevasses parallèles, et dans d'autres cas elles se réunissaient en rayons divergents autour d'un centre, comme une vitre brisée, fig. 10. Certaines crevasses ouvertes au

Fig. 9.

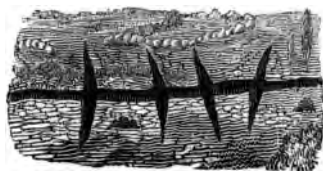
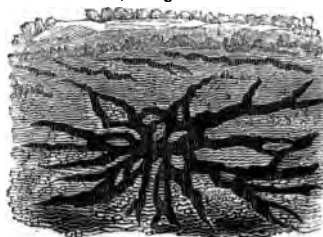


Fig. 10.



Crevasses produites par les tremblements de terre.

moment de la secousse, se refermaient subitement, en broyant entre leurs parois les habitations qu'elles venaient d'engloutir; d'autres restaient invariablement béantes après la commotion, ou bien, commencées par un premier ébranlement, s'élargissaient par les suivants. Dans un cas comme dans l'autre on observa tantôt que les deux bords de la fente se trouvaient sur le même plan, ou plutôt qu'il s'y manifestait un bombement plus ou moins saillant, fig. 11; tantôt qu'une des parties était beaucoup plus haute, fig. 12 et 13, de manière à montrer nécessairement que l'une d'elles s'était soulevée ou l'autre affaissée.

Fig. 11.



Fig. 12.

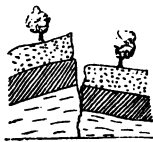
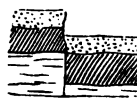


Fig. 13.



Changements de niveau produits par les tremblements de terre.

Ailleurs, il arriva que des étendues plus ou moins considérables de terrain s'enfoncèrent tout à coup, entraînant plantations et habitations, et laissant des gouffres à parois verticales de 80 à 100 mètres de profondeur. Dans certains cas, on vit surgir immédiatement du fond de ces cavités une immense quantité d'eau; et il en résulta des lacs plus ou moins considérables, tantôt sans écoulement apparent, et tantôt fournissant d'énormes torrents. Dans d'autres cas, au contraire, des ruisseaux furent absorbés par les crevasses du sol, où ils s'engouffrèrent, soit pour un temps, soit pour toujours.

Enfin, si la principale action des tremblements de terre eut lieu sur le continent entre Oppido et Soriano, les phénomènes se manifestèrent aussi jusqu'à Messine, à travers le détroit; plus de la moitié de la ville fut détruite, et vingt-neuf bourgs et villages furent engloutis. Le fond de la mer s'abaissa et fut bouleversé en diverses places; le rivage fut déchiré par des fentes, et tout le sol, le long du port de Messine, s'inclina vers la mer en s'affaisant subitement de plusieurs décimètres; tout le promontoire qui en formait l'entrée fut en un instant englouti.

§ 34. Outre les crevasses diverses, les affaissements qui se manifestèrent dans ces catastrophes, les gouffres qui interceptèrent les eaux, ou qui en fournirent de nouvelles, il arriva aussi que des

masses de roches, tombant en travers des vallées, en arrêtaient les eaux, qui bientôt formèrent des lacs dans la partie supérieure. Or, ces eaux accumulées se frayèrent de nouveaux passages, soit en rompant les flancs de la vallée dans d'autres points, soit en élargissant quelques fissures des montagnes, ou enfin en dégradant l'obstacle qui les avait retenues, et le renversant en tout ou en partie. De là des débâcles épouvantables, des torrents impétueux roulant des quartiers de roc énormes, dont le ravage devint aussi désastreux que les commotions elles-mêmes, et qui, se creusant de nouveaux lits, élargissant ou approfondissant ceux que les eaux suivaient auparavant, marquèrent leur passage par les débris qu'ils roulaient et déposaient successivement.

§ 32. **Soulèvements et affaissements divers.** — Les tremblements de terre qui ont eu lieu sur les côtes du Chili, en 1822, 1835 et 1837, ont produit des effets non moins remarquables. Diverses parties de la côte, depuis Valdivia jusqu'à Valparaiso, c'est-à-dire sur une étendue de plus de 200 lieues, se sont manifestement élevées au-dessus des eaux, ainsi que plusieurs îles voisines, et jusqu'à celle de Juan-Fernandez; tout le fond de la mer, jusqu'à une distance considérable, participa au même phénomène. Sur les côtes, des rochers jadis cachés sous l'eau se sont élevés de 2 à 3 mètres au-dessus de son niveau avec les coquillages qui vivaient à leur surface; des rivières qui débouchaient sur ces côtes sont devenues guéables là où de petits bricks pouvaient autrefois naviguer; en mer, des mouillages bien connus ont diminué de profondeur dans la même proportion, et divers points où l'on passait facilement opposent aujourd'hui des hauts-fonds aux bâtiments qui tirent beaucoup d'eau.

Des circonstances analogues se sont manifestées dans l'Inde en 1819; une colline de 20 lieues de longueur sur 6 de largeur s'éleva du sud-est au nord-ouest, au milieu d'un pays jadis plat et uni, en barrant le cours de l'Indus. Plus loin, au contraire, au sud et parallèlement à la même direction, le pays s'affaissa, entraînant le village et le fort de Sindré, qui resta néanmoins debout, à demi submergé. L'embouchure orientale du fleuve devint plus profonde en plusieurs points, et diverses portions de son lit autrefois guéables cessèrent tout à coup de l'être.

Les narrations de tous les temps, de tous les lieux, nous présentent des faits exactement du même genre. Partout il est question de crevassements du sol, de gouffres profonds dans lesquels des cités, des contrées entières s'engloutissent, d'où s'élèvent des gaz méphitiques, des masses énormes d'eau, tantôt froides, tantôt chaudes,

quelquefois même des flammes. Ailleurs, ce sont des plaines tout à coup transformées en montagnes, des bas-fonds soulevés au milieu des mers, des montagnes crevassées, bouleversées, des terrains montueux, des centaines de lieues de rochers tout à coup aplanis et remplacés par des lacs. Des cours d'eau sont détournés, engouffrés dans la terre; des lacs se dessèchent en renversant leurs digues, ou se perdent dans des conduits souterrains formés tout à coup. Par opposition, il se manifeste ailleurs d'énormes sources, véritables puits artésiens, qui produisent de nouveaux ruisseaux sortant subitement du rocher par une crevasse, ou par un entonnoir. Des sources thermales sont à l'instant refroidies ou tariées; d'autres, au contraire, se manifestent là où il n'en existait pas. Tous ces phénomènes sont autant d'indices des fissures qui se forment dans le sol, et qui fournissent de nouveaux conduits aux eaux qui pouvaient y circuler auparavant.

Les effets divers que les tremblements de terre ont produits sous nos yeux, et ceux qui se trouvent dans les relations les plus authentiques, tendent à donner toute probabilité à ce qui nous est transmis des temps les plus reculés, quoique souvent nous puissions être conduits à indiquer les faits en d'autres termes. Qui oserait porter aujourd'hui un démenti formel à Pline rapportant, selon les historiens, que la Sicile fut séparée de l'Italie par un tremblement de terre, que l'île de Chypre fut séparée de même de la Syrie, et celle d'Eubé (Négrepont) de la Béotie, etc. ? Nous ne saurions même nier positivement l'existence de l'Atlantide ensevelie sous les eaux, suivant les traditions égyptiennes, en un jour et une nuit. Disons mieux, l'ensemble des observations que nous avons à faire connaître, montre évidemment que des affaissements et des soulèvements immenses ont fait longtemps partie du mécanisme de la nature, pour arriver à la configuration que nous voyons aujourd'hui à la surface du globe.

§ 33. Relativement aux côtes de la mer, les phénomènes sont souvent exprimés par les auteurs d'une manière particulière; rarement on trouve explicitement l'énoncé d'un soulèvement, et c'est en d'autres termes que l'événement est indiqué, en rapportant l'effet à l'élément le plus mobile. C'est ainsi que les auteurs annoncent tantôt que la mer s'est retirée plus ou moins loin, laissant son lit à sec, soit pendant quelques instants, soit d'une manière permanente; tantôt, au contraire, qu'elle a envahi tout à coup des côtes plus ou moins élevées. Nous traduisons ces indications par les expressions *oscillation du sol*, si le phénomène n'est que passager, et par celles de *côtes soulevées* ou de *côtes affaissées*, s'il est permanent, parce que

nous rapportons ces effets aux parties solides du globe, et non à la mer, dont le niveau est invariable, § 34. Il faut cependant distinguer, car, si ces phénomènes passagers peuvent être attribués quelquefois à des oscillations du sol, ils peuvent provenir aussi d'un mouvement réel imprimé aux eaux de la mer, et tenir peut-être à l'une et à l'autre cause. Nous savons, en effet, que pendant les tremblements de terre, la mer, perdant tout à coup sa surface d'équilibre, se trouve soumise à de violentes oscillations, que ses eaux font alors d'affreuses irruptions dans les terres, s'avancant et se retirant tour à tour, et portant la dévastation sur un espace plus ou moins considérable. Ces mouvements impétueux d'aller et retour, se joignant aux dislocations subites que les commotions souterraines produisent dans l'écorce solide du globe, peuvent donner lieu aux dégâts les plus épouvantables. L'histoire de l'archipel grec, des îles du Japon, d'une multitude de localités, se trouve remplie des désastres produits par ces catastrophes.

§ 34. **Constance du niveau des mers.** — Nous venons d'admettre des côtes affaissées et des côtes soulevées, et de poser en principe que le niveau des mers est invariable; mais cette dernière assertion étant contraire aux idées répandues dans le monde et à ce qu'on trouve même dans la plupart des traités de géologie, il est nécessaire de l'appuyer de la démonstration dont elle est susceptible. Les lois de l'hydrostatique nous apprennent que ce que nous appelons le niveau des mers n'est autre chose qu'une surface d'équilibre, peut-être très-compiquée, qui est déterminée par les forces attractives diverses qu'exercent les parties solides sur la masse des eaux. Elles nous font voir qu'un point quelconque de cette surface ne peut conserver une position invariable sans que tous les autres conservent également la leur, et que les eaux ne peuvent ni s'élever ni s'abaisser quelque part d'une manière permanente, sans qu'il y ait des changements correspondants dans toutes les autres parties. Or, d'un côté, nous connaissons un très-grand nombre de localités où les mers n'ont pas subi la moindre variation depuis les temps historiques; donc leur surface générale n'a pas changé, et la constance du niveau devient le fait le plus positif que nous puissions avoir, puisqu'il a subi l'épreuve de tous les âges. D'un autre côté, si l'on peut être conduit, comme les habitants du Chili, en voyant la différence qui s'est manifestée sur la côte, à penser que la mer s'est abaissée dans ces parages, de 1822 à 1837, il faudra conclure, aussi avec ceux de la Californie, du Pérou, de la Patagonie, etc., que dans le même temps elle n'a subi en ces lieux aucune variation: deux conclusions incompatibles entre elles, et avec les lois hydro-

statiques. On serait de même conduit à admettre que la mer s'est élevée au fond du golfe d'Arabie en 1849, comme à diverses époques sur les côtes de Portugal, en 1783, dans le détroit de Messine, etc., sans subir de changement dans les parages voisins. De toutes ces circonstances inconciliables, nous concluons qu'au lieu de l'immuabilité du sol, qu'une erreur analogue à l'idée d'immobilité du globe a fait imaginer, il faut admettre celle des mers, en reconnaissant que la surface solide de notre planète est susceptible de soulèvements, d'affaissements et de bouleversements de toute espèce.

§ 35. **Soulèvement lent de la Suède, etc.** — L'idée de la diminution des eaux de la mer, ou, en d'autres termes, de l'abaissement de son niveau, fut celle des plus anciens naturalistes; mais ce n'était qu'une manière de voir, et en 1731 l'Académie d'Upsal entreprit de vérifier ce fait important. On fit alors des entailles sur les rochers au niveau de la mer, et au bout de quelques années il fut démontré que ces marques se trouvaient de plusieurs centimètres au-dessus des eaux, d'où l'on conclut l'abaissement de la Baltique, ce qui entraînait celui des mers voisines. Cependant cette conclusion trouva au moment même des contradicteurs, et l'on multiplia les observations, qui ont été même continuées jusqu'à nos jours. Il en est résulté qu'en effet il y a dans plusieurs points une dépression apparente et continue du niveau de la mer; mais il est aussi constaté que cette dépression n'est pas la même partout. Dans quelques points elle a été de plusieurs centimètres dans l'espace de peu d'années, et dans d'autres seulement de quelques millimètres; si dans certaines parties, les faits semblent indiquer un abaissement du niveau de la mer, il en est d'autres, comme sur les côtes de Scanie, où le niveau paraît au contraire s'être élevé, car les marques faites jadis à fleur d'eau se trouvent maintenant au-dessous. La conclusion évidente de ces faits contradictoires, c'est que le niveau de la Baltique n'a pas plus changé que celui de toutes les mers; mais qu'en Finlande, et dans une grande partie de la Suède, le terrain s'élève graduellement, sans secousse apparente, tandis que dans la partie méridionale de la presqu'île il s'affaisse de la même manière.

§ 36. **Affaissements lents et progressifs.** — Outre cet affaissement lent et progressif des côtes de Scanie, qui se trouve attesté, d'une manière irrécusable, par des épreuves commencées du temps de Linné, on a des exemples du même fait sur une échelle plus étendue. Il est hors de doute aujourd'hui que depuis quatre siècles la côte occidentale du Groënland s'est continuellement affais-

sée, sur une longueur de plus de 200 lieues du nord au sud ; d'anciennes constructions, tant sur des îles basses que sur le continent, ont été graduellement submergées, et fréquemment on a été dans la nécessité de repousser plus loin dans les terres divers établissements formés près du rivage. On a également indiqué des affaissements dans certaines îles du Grand Océan, et particulièrement dans la mer des Indes et dans les îles de la Sonde ; mais, dans ces lieux si rarement visités par les géologues, les faits ne sont pas encore suffisamment établis (voy. § 121 et 164).

Il est fort remarquable aussi que les mesures barométriques prises dans les Andes par M. Boussingault indiquent toutes des hauteurs moindres que celles qui ont été observées 30 ans auparavant par M. de Humboldt ; les différences se trouvent toutes dans le même sens, ce qui montre assez qu'on ne peut les attribuer à des erreurs d'observation. Il semble en résulter que dans les montagnes de ce continent il s'est opéré un affaissement dans cet espace de temps, ce qui s'accorderait d'ailleurs avec une autre observation importante, celle de l'élévation apparente de la limite inférieure des neiges dans ces contrées.

§ 37. **Conclusion générale.** — Il doit paraître maintenant bien établi que les tremblements de terre sont capables de produire de grandes modifications à la surface de la terre, puisque de nos jours de vastes contrées ont pu être soulevées sensiblement au-dessus du niveau des mers. Il n'est pas moins évident qu'il se fait un travail lent, en vertu duquel diverses parties de nos continents peuvent aussi s'élever successivement, et que, par opposition, il s'opère des affaissements graduels aussi bien que des enfoncements subits, qui sont sans doute des phénomènes corrélatifs.

Toutes ces circonstances, si remarquables, ne paraissent cependant avoir rien de bien étonnant, lorsqu'on réfléchit à l'énorme disproportion qui existe entre l'épaisseur de la croûte solide du globe et la masse de matière fondue qu'elle recouvre. Est-il surprenant qu'une telle écorce, relativement plus mince qu'une feuille d'or battu sur une orange, puisse être tourmentée de toute manière au moindre mouvement de la masse sous-jacente, surtout si l'on observe que, des mouvements semblables ayant eu lieu, sans doute, depuis que la première pellicule est consolidée à la surface, toutes les croûtes successives ont dû être crevassées dans tous les sens, et que par conséquent leur masse ne peut avoir la résistance d'une enveloppe continue ? Nous allons en voir encore d'autres effets dans les paragraphes suivants.

2° PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.

§ 38. **Idées générales. Explosion, éruption.** — Les phénomènes volcaniques ont la plus étroite liaison avec les tremblements de terre, et en sont en quelque sorte les derniers résultats. Lorsque dans les trépidations et les soulèvements du sol, la croûte terrestre se trouve crevassée profondément, il s'établit une communication de l'intérieur du globe à l'extérieur, et il se dégage diverses matières du sein de la terre. Les gaz de diverses espèces, les eaux chaudes ou froides, simples ou sulfureuses, chargées quelquefois de boue, offrent les résultats passagers les plus simples. Mais fréquemment aussi, à travers le sol soulevé et crevassé, il se fait, au milieu de détonations violentes, des explosions qui lancent au loin tous les débris du terrain, comme il paraît être arrivé à Saint-Michel des Açores en 1522, où les débris de deux collines couvrirent toute la ville de Villa-Franca. Le plus souvent il se fait en même temps des éruptions plus ou moins considérables de matières incandescentes, scoriacées, ponceuses, ou à l'état de fusion, qui tantôt sont projetées au loin ou s'écoulent sur les pentes, tantôt s'accablent sur place à des hauteurs plus ou moins considérables : c'est ce qui s'est passé dans un grand nombre de localités dont nous citerons quelques-unes pour exemples.

§ 39. **Éruption de l'île Saint-Georges.** — Au mois de mai 1808, à Saint-George des Açores, au milieu des champs cultivés, le terrain, après s'être soulevé, s'entr'ouvrit sur plusieurs points avec un bruit effroyable. Il se forma d'abord une vaste cavité, ou *cratère*, de 9 à 10 hectares, puis une plus petite à une lieue de distance, et enfin 12 à 15 petits cratères sur la surface crevassée. Une énorme quantité de scories et de ponces furent projetées au loin, et le terrain en fut couvert jusqu'à un mètre et demi d'épaisseur sur une étendue de 4 lieues de long et 1 de large. On vit ensuite des courants de matière fondue qui, pendant plus de trois semaines, ne cessèrent de couler du grand cratère jusqu'à la mer.

§ 40. **Monte Nuovo.** — Le Monte Nuovo, formé en 1538 au fond de la baie de Baia, sur la côte de Naples, nous offre un autre exemple d'une semblable éruption. De violents tremblements de terre duraient depuis deux ans : *le 27 et 28 septembre ils ne laissèrent aucun repos ni jour ni nuit ; la plaine qui se trouve entre le lac Averno, le Monte Barbaro et la mer, fut alors soulevée, et diverses crevasses s'y manifestèrent, etc.* (Pietro Giacomo di Toledo). *On vit alors une grande étendue de terrain s'élever, et prendre subi-*

tement la forme d'une montagne naissante ; dans la nuit du même jour ce monticule de terre s'ouvrit avec grand bruit et vomit des flammes considérables, ainsi que des ponces, des pierres et des cendres (Porzio). Les ponces provenaient du soulèvement du sol, qui est composé de débris de ces matières dans toute la Campanie ; et quant aux pierres et aux cendres, elles provenaient de l'éruption qui se manifesta dans le moment : on voit encore sur la pente sud de la montagne une trainée de scories, et au sommet les restes du cratère qui les a produites. L'éruption dura sept jours, et les matières projetées et rejetées comblèrent en partie le lac Lucrin. Depuis, la tranquillité la plus parfaite a constamment régné.

§ 44. **Jorullo.** — Nous trouvons quelque chose d'analogue, avec des circonstances particulières, dans ce qui arriva au Méchoachan, près de la ville d'Ario, le 29 septembre 1759, après deux mois de tremblement de terre. Au milieu d'une plaine couverte de cannes à sucre et d'indigo, traversée par deux ruisseaux, il se forma en une nuit, dit M. de Humboldt, une gibbosité de 160 mètres de hauteur vers le centre, couverte par des milliers de petits cônes fumants, au milieu desquels s'élevèrent six grandes buttes placées sur une même ligne, fig. 44, dans la direction des volcans de Colima et de Popocatepelt. La plus haute de ces buttes, nommée *Jorullo*, était de plus de 500 mètres de hauteur au-dessus de la plaine ; de ses flancs il s'échappa une assez grande quantité de laves.

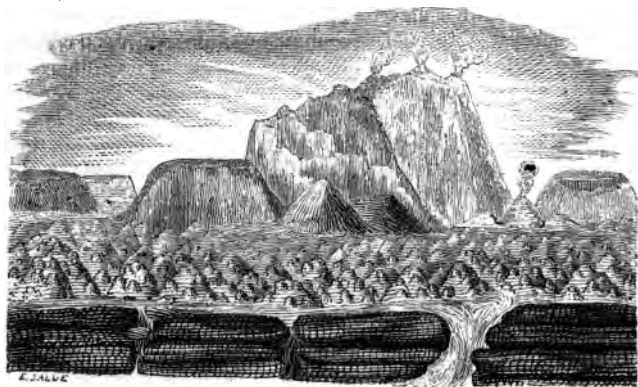


Fig. 14. Volcan de Jorullo.

§ 42. **Vésuve.** — Quelque chose de semblable a dû se passer au Vésuve, car Strabon décrit la montagne ainsi nommée par les anciens sans parler en aucune manière du cône si remarquable qui s'y trouve aujourd'hui, fig. 15, et qu'il n'aurait pas manqué d'indiquer. Il est donc évident que ce cône n'existait pas alors ; mais les crêtes qui s'élèvent en demi-cercles au nord, en formant ce qu'on nomme aujourd'hui la *Somma*, faisaient probablement partie d'un cirque complet, rempli peut-être de débris, dont la moitié sud, beaucoup plus surbaissée, séparée de l'autre par une fente diamétrale qui passe par l'axe du cône actuel, n'offre plus qu'une trace à l'est et un indice à l'ouest par les tufs ponceux du Salvatore. La montagne, qui se présentait peut-être comme fig. 16, était, dit Strabon, *d'une grande fertilité sur ses pentes ; elle offrait un*



Fig. 15. Vue du Vésuve actuel.



Fig. 16. Vésuve du temps de Strabon.

sommet tronqué en grande partie uni, entièrement stérile, d'un aspect brûlé, montrant des cavités remplies de crevasses et de pierres calcinées : d'où l'on pouvait conjecturer que ces lieux avaient été autrefois des cratères brûlants. Tout porte à croire que le cône qui seul porte aujourd'hui le nom de Vésuve, dont tous les produits sont différents des roches de la Somma, ne s'est formé que beaucoup plus tard, et probablement lors de la fameuse éruption de l'an 79, qui coûta la vie au naturaliste romain ; il s'est fait sans doute alors un conduit permanent au milieu des matières qui se sont élevées sous la forme de dôme, et que les scories subséquentes ont enveloppées, § 58. Cette catastrophe paraît avoir alors produit peu de laves, mais un horrible bouleversement qui, suivant Pliny le Jeune, *précipita une grande partie de la montagne dans la mer, et ensevelit Herculanium et Pompéi, non sous des torrents de matières fondues, comme on le dit vulgairement, mais sous des avalanches de débris ponceux qui existaient auparavant sur la pente de la montagne, car le Vésuve lui-même n'en a jamais produit un atome.* Si toute la pente sud, tournée vers la mer, est maintenant occupée par des laves, il est évident qu'avant la formation du volcan permanent elle était couverte de tufs ponceux dont on voit encore les traces en divers points, comme l'est aujourd'hui jusqu'à une grande hauteur toute la pente extérieure de la Somma et même toute la Campanie, § 40.

§ 43. **Définition d'un volcan.** — Dans ces événements, dont nous ne multiplierons pas les exemples, il arrive souvent que la crevasse qui a donné lieu aux effets observés s'obstrue dans la profondeur, et que la tranquillité se rétablit complètement, comme au *Monte Nuovo*. Dans d'autres circonstances, au contraire, il se fait un conduit permanent, soit immédiatement, soit après plusieurs secousses, et il s'établit quelquefois un foyer continu d'activité, où la lave bouillonne constamment, d'où se dégagent incessamment des matières gazeuses et même des scories : c'est ce qui a lieu à *Stromboli* depuis la plus haute antiquité, § 60. Ailleurs, le conduit



Fig. 17. Conduits volcaniques.

s'obstrue momentanément dans la partie supérieure ; mais il suffit du moindre effort pour le débarrasser, ou pour produire une nouvelle ouverture dans le voisinage, par quelque fissure, qui s'anastomose avec le conduit principal, fig. 47. Dans tous les cas, il en résulte un centre de communication facile de l'intérieur de la terre à l'extérieur, et c'est là ce qu'on nomme un *volcan*.

§ 44. Ces communications sont peut-être des préservatifs contre la violence des tremblements de terre, et l'on remarque en effet que, du moment qu'il s'opère une éruption quelque part, les secousses qui jusque-là s'étaient manifestées deviennent à la fois moins fortes et moins nombreuses, ou même cessent entièrement. C'est ainsi que le tremblement de terre de Caracas, en 1842, se termina par l'éruption du volcan de Saint-Vincent dans les Antilles ; que les éruptions de Jorullo, du Monte Nuovo, terminèrent les tremblements qui désolaient les contrées environnantes, etc. Par opposition, quand un volcan devient inactif, il semble que les tremblements de terre se déclarent : c'est ainsi qu'en 1797, quand le volcan de Puracé, près de Popayan, eut cessé de jeter des flammes et de la fumée, la vallée de Quito fut agitée de violentes secousses. Les volcans sont donc comme des *événements* naturels préparés par la Providence pour prévenir le bouleversement complet du globe, et sa rupture inévitable en pièces, qui, lancées dans l'espace, pourraient y décrire de nouvelles orbites.

§ 45. **Éruptions sous-marines.** — Ce n'est pas seulement au milieu des terres que les phénomènes volcaniques se manifestent ; ils ont également lieu sous les mers. De nos jours nous avons vu se former ainsi l'île Julia en 1831, au sud-ouest de la Sicile ; Bogoslaw en 1844, dans l'archipel Aleutien ; Sabrina, et une autre qui ne fut

pas dénommée, en 1844, dans les Açores, où, d'ailleurs, il s'en forma à différentes époques, suivant les narrations les plus authentiques. Il s'en éleva de même à plusieurs reprises autour de l'Islande; et les relations diverses en indiquent également dans les îles de la Sonde, dans les Philippines et les Moluques, dans tout le Grand Océan, dans les Kuriles, au Kamtschatka, etc.

§ 46. *Volcan d'Unalaska*. — Un des plus beaux exemples nous est fourni par l'île qui s'éleva en 1796, à environ 40 lieues de la pointe septentrionale d'Unalaska, l'une des îles Aleutiennes. On vit d'abord une colonne de fumée s'élever du sein de la mer; puis apparut, à la surface des eaux, un point noir, du sommet duquel des gerbes de matières incandescentes s'élançèrent avec violence. Ce phénomène continua pendant plusieurs mois, pendant lesquels l'île s'accrut successivement en largeur et en hauteur; plus tard il ne sortit plus que de la fumée, qui cessa même tout à fait quatre ans après. Cependant l'île continua encore à s'agrandir et à s'élever, sans déjection apparente; en 1806, elle formait un cône qu'on apercevait d'Unalaska, sur lequel il s'en trouva quatre autres plus petits du côté du nord-ouest.

§ 47. *Santorin*. — La Méditerranée nous offre aussi un bel exemple d'éruptions sous-marines au centre de l'espace compris entre les îles *Santorin*, *Therasia* et *Aspronisi*, fig. 48, qui, suivant les an-



Fig. 18. Carte de Santorin et des îles adjacentes.

ciens, apparurent au-dessus des eaux plusieurs siècles avant Jésus-Christ, à la suite de violents tremblements de terre. Dans cette enceinte s'éleva d'abord *Hiera*, 186 ans avant notre ère, qui s'accrut ensuite par des flots soulevés sur ses bords en 49, 726, 1427; puis se formèrent de même *Micra-Kameni* en 1573, et *Nea-Kameni* en 1707, s'accroissant successivement en 1709, 1714 et 1712, etc. Il ne s'est formé de cratère dans aucune de ces îles, et nous y voyons seulement une apparition de matières volcaniques, sous la forme de *dôme*, qui semblent avoir couvert l'orifice par lequel elles sont sorties. Il n'y a donc pas là de volcan suivant la définition que nous avons donnée, mais tendance peut-être à en former un par la suite. Les îles de *Milo*, *Argentiera*, *Polino*, *Policandros*, *Poros*, etc., sont formées des mêmes matières, et ont eu probablement la même origine; c'est d'ailleurs ce que rapportent aussi les anciens historiens.

§ 48. **Ce qui se passe dans ces phénomènes.** — Ces phénomènes sous-marins sont annoncés par des matières incandescentes lancées au-dessus des eaux, par des scories et des ponces qui nagent à la surface, par des rochers brûlants qui apparaissent au milieu des flots de vapeurs et par le bouillonnement des eaux de la mer, dont la température devient alors très-élevée : c'est ce que nous avons vu de nos jours à Julia, à Sabrina, etc., et ce que les auteurs indiquent avec les plus grands détails dans toutes les relations. Le père Gorée nous a donné celle de l'élévation de Nea-Kameni de Santorin, en 1707, et toutes les circonstances qu'il indique sont d'accord avec ce que Strabon, Pline, Plutarque, Justin, nous rapportent de l'apparition de Hiera au milieu des flammes et d'une violente ébullition des eaux de la mer.

Cependant les circonstances que nous venons d'indiquer ne se trouvent pas toujours toutes réunies. Quelquefois aucun rocher solide ne se présente au-dessus des eaux : c'est ce qui arriva au Kamtschatka, en 1737, où des jets de vapeurs, une grande ébullition de la mer, des pierres ponces nageant à sa surface, furent tout ce qu'on aperçut; mais quand on put approcher, on reconnut une chaîne de montagnes sous-marines, là où il y avait auparavant une profondeur de 200 mètres. Dans d'autres cas il n'y a pas même de jets de vapeurs; le phénomène se manifeste par la chaleur des eaux et par l'élévation subite des dépôts qui existaient au fond des mers : c'est ce qu'on vit en 1820 à l'île de Banda, dans les Moluques, où la baie, qui avait plus de 100 mètres de profondeur, fut remplie par un soulèvement tranquille de matières compactes basaltiques préexistantes, § 342 †, qui formèrent un promontoire composé de

gros blocs entassés les uns sur les autres, sans autre phénomène accessoire que l'échauffement des eaux.

§ 49. Il paraît même qu'après les éruptions il se fait souvent un soulèvement paisible et lent, comme nous l'avons indiqué à l'île formée devant Unalaska, § 46, et comme il résulte des observations de M. Virlet à Santorin. En effet, entre Micra-Kameni et le port de Phira, fig. 48, espace où se trouve une montagne sous-marine assez abrupte, il y avait, au commencement du siècle, 30 mètres d'eau au-dessus de la partie la plus haute; mais il n'en restait plus que 8 mètres en 1830, et 4 en 1834. Il est à présumer qu'incessamment une nouvelle île, c'est-à-dire la pointe d'un nouveau cône, apparaîtra dans cette partie du golfe, et peut-être avec tous les phénomènes ignés qui se sont manifestés à diverses époques dans d'autres points de la localité.

Ajoutons que les îles qui s'élèvent à la surface des mers ne se conservent pas toujours indéfiniment. Beaucoup d'entre elles disparaissent après plus ou moins de temps, soit qu'elles se trouvent rasées plus ou moins profondément par les vagues, comme on le suppose pour l'île Julia, soit que leur masse s'enfonce dans des abîmes formés au-dessous d'elles; c'est cette dernière circonstance qui eut lieu sans doute pour une île soulevée en 1719 près de Saint-Michel des Açores, et qu'on vit disparaître en 1723, laissant une profondeur de 133 mètres. Il y a mieux encore : à la place d'une île soulevée dans les mêmes parages, en 1638, on ne trouve plus aujourd'hui qu'un abîme sans fond.

§ 50. **Cratères de soulèvement.** — Le premier effet d'une éruption est de briser avec violence la croûte terrestre sur la direction que les matières intérieures ont prise pour se dégager. Le terrain, quel qu'il soit, est d'abord soulevé sur une étendue plus ou moins considérable, ou bombé sous forme de cloche; souvent fendillé de toutes les manières; bientôt, l'explosion se déclarant, il se fait, comme par l'action d'une mine formidable, une ouverture en forme d'entonnoir, par laquelle se dégagent souvent ensuite les matières gazeuses et autres qui ont causé l'événement, § 38 à 44. C'est à ces ouvertures initiales, qui peuvent avoir lieu dans toute espèce de terrain, qu'on a donné le nom de *cratères de soulèvement*, par la nécessité de les distinguer, dans la série des phénomènes volcaniques, de tout ce qui peut se faire ultérieurement. La butte elle-même qui se produit à la surface du sol, par ce premier effet, se nomme souvent *cône de soulèvement*, pour la distinguer des buttes analogues qui se forment aussi par l'accumulation des matières incandescentes rejetées hors du volcan, § 58, 59.

§ 51. **Caractères de ces ouvertures.** — Ce qui caractérise les cratères de soulèvement, et les fait reconnaître dans les lieux mêmes où il ne reste aucun souvenir d'éruption, c'est la disposition des couches du terrain soulevé, fort différente de ce qu'elle offre partout ailleurs. Ces couches se trouvent alors inclinées de toutes



Fig. 19. Dispositions des couches autour d'un cratère de soulèvement.

parts autour de l'axe du cône, comme dans la coupe fig. 49, se relevant de plus en plus de la base au sommet, et présentant leurs tranches abruptes vers l'intérieur de la cavité. Le Monte Nuovo nous

en offre un exemple en petit : la montagne s'est formée par soulèvement, § 40, s'est crevée au sommet en projetant au dehors des gaz et des matières incandescentes; et la cavité présente à son pourtour, sous l'inclinaison de 30 degrés, les diverses couches de terrain qu'on trouve déposées horizontalement dans tout le reste de la Campanie. Le demi-cirque de la Somma, § 42, présente le même fait dans les nappes inclinées de ses porphyres amphigéniques, et beaucoup de localités nous en offrent d'analogues.

Un autre caractère non moins important, et surtout utile quand les matières soulevées ne se divisent pas en couches, nous est fourni, dans les grands cratères de soulèvement, par les crevasses qui s'étendent du bord des escarpements jusqu'à la base extérieure de la montagne, et qui forment ce qu'on nomme des *barancos* dans les îles Canaries, où elles sont si remarquables; c'est ce qu'on voit parfaitement dans l'admirable carte de l'île Palma, dressée par M. de Buch, et dont nous donnons ici la réduction, fig. 20. L'un de ces *barancos*, beaucoup plus profond que les autres, se prolonge du pied de la montagne jusqu'au fond du cratère, comme on le voit sur la carte, et peut-être mieux encore dans la vue que représente la fig. 21. Ce dernier caractère se voit presque toujours dans les



Fig. 21. Vue de l'île Palma. .

différentes localités où se sont produits de semblables événements, ainsi que dans la plupart des îles qui se sont élevées de nos jours au milieu des mers; souvent même il y a plusieurs vallées de la même espèce.

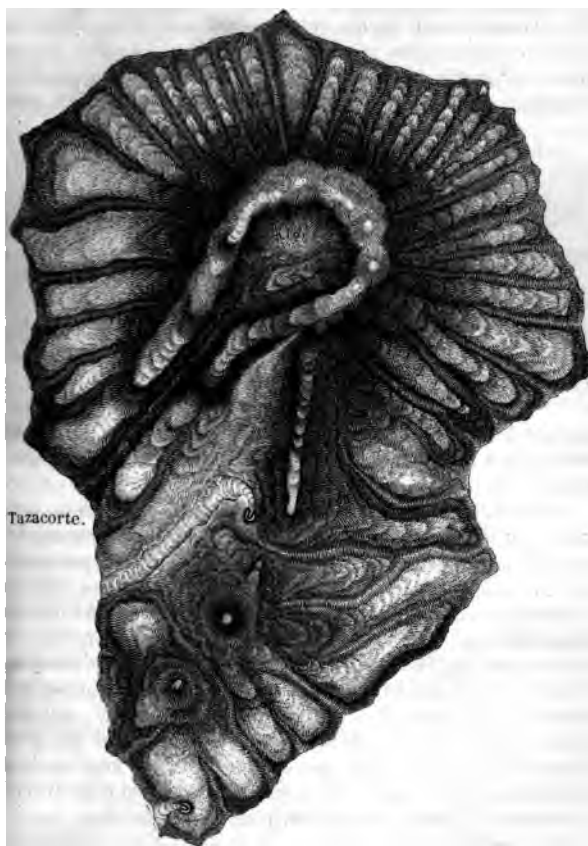


Fig. 20. Carte de l'île Palma.

§ 52. Remarques sur la formation de ces cratères. —
 Nous venons d'indiquer l'explosion comme déterminant la formation de la cavité cratériforme au sommet de la masse soulevée; pendant il n'est pas probable que cette circonstance, qui s'applique aux événements du Monte Nuovo, de l'île Saint George, etc., § 39 et 40, se soit constamment présentée dans tous les cas; et même

elle paraît inadmissible pour certains cratères d'une vaste étendue que nous connaissons en un grand nombre de lieux. Mais cette explosion n'est pas même nécessaire : on conçoit en effet, qu'après certains crevassements, fig. 22, qui sont des résultats corrélatifs des soulèvements, § 30, il puisse arriver que toutes les quilles restées

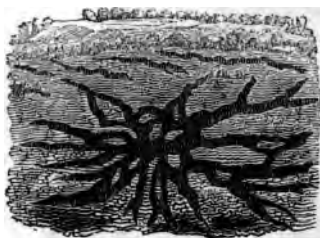


Fig. 22.

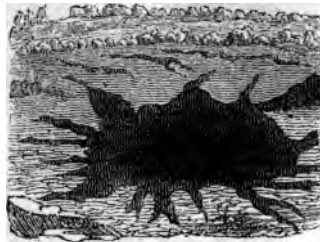


Fig. 23.

debout, et toutes les pointes allongées entre les fentes, se trouvent culbutées, soit au moment même, soit par une nouvelle action. Il en résulte dès lors une cavité libre, fig. 22, dont le fond est formé par l'accumulation de tous les débris, et dont la profondeur est en rapport avec la somme des vides formés par les fractures. D'un autre côté, il est clair que le soulèvement est produit par quelque matière, liquide ou gazeuse, qui pousse la croûte terrestre et la force à se tuméfier; or, s'il arrive que ces matières trouvent une issue quelque autre part, ou se retirent ailleurs dans les entrailles de la terre, la masse soulevée, se trouvant sans appui, peut s'affaisser en partie dans les abîmes laissés au-dessous d'elle, et par conséquent occasionner un vide immense au milieu de la gibbosité, qui n'offre plus alors qu'un massif évidé au centre et crevassé sur ses bords : c'est ce qui paraît devoir être arrivé dans un certain nombre de cas, et notamment au massif de l'Etna, fig. 24 et 25, dont la pente orientale présente un vaste enfoncement nommé *Val del Bove*, bordé de crêtes crevassées en divers points.

§ 53. Qu'on ne croie pas ce commentaire une pure spéculation théorique; nous avons un grand nombre d'exemples positifs d'effondrements comparables, en dehors même des effets produits par les tremblements de terre, § 30. Au sommet de l'Etna, il s'en est fait un de 400 mètres de profondeur en 1832, et plusieurs autres ont été produits au commencement de notre siècle ou à la fin du précédent. Fréquemment il s'est fait tout à coup des lacs, quelquefois d'eau bouillante, par l'enfoncement subit du terrain à la suite des

éruptions volcaniques, comme en 1835 près de l'ancienne Césarée de Cappadoce, en 1820 à Saint-Michel des Açores, etc. Il est arrivé même que de hautes montagnes volcaniques se sont affaissées subitement et ont été remplacées par des lacs profonds, comme le volcan de Papandayan à Java, en 1772, qui entraîna quarante villages dans ses flancs; comme aussi, en 1638, le pic des Moluques, qu'on apercevait jadis de 12 lieues en mer. Le sommet du Carguaraizo, dôme volcanique qui rivalisait de hauteur avec le Chimborazo, s'écroula en 1698; il en fut de même du Capac-Urcu, également situé sur le plateau de Quito, peu de temps avant l'arrivée des Espagnols en Amérique. De tels faits, dont nous pourrions citer encore un assez grand nombre, suffisent certainement pour justifier les idées théoriques que nous avons exposées.



Fig. 24. Vue et profil de l'Etna et de la contrée environnante.



Fig. 25. Plan de l'Etna et de ses environs.

§ 54. **Configurations des îles volcaniques modernes.** — Les différentes îles volcaniques qui se sont formées çà et là sous nos yeux, au milieu des mers, nous présentent des circonstances tout à fait analogues à celles que nous venons de décrire. En effet, l'île Sabrina, § 45, au moment de son apparition, présenta un cra-

tère qui s'ouvrait au sud, fig. 26 et 27, et se terminait par une crevasse

Fig. 26.



Fig. 27.



Apparition et forme de certaines îles volcaniques.

d'où sortait un courant d'eau bouillante; l'île Julia dut offrir quelque chose d'analogue, d'après les narrations, et c'est encore ce que montre un récit du capitaine Thayer. En effet, le 6 septembre 1835, au nord de la Nouvelle-Zélande, ce navigateur rencontra un rocher annulaire nouvellement formé presque à fleur d'eau, au milieu duquel se trouvait une lagune n'ayant qu'une seule issue, et dans laquelle l'eau était brûlante.

Toutes ces îles paraissent n'être autre chose que des pointes de dômes soulevées comme ceux d'Unalaska, de Santorin, soit instantanément, soit avec lenteur, et dont le sommet s'est crevé, comme au Monte Nuovo, § 40. Ce sont alors de véritables cratères de soulèvement, ou d'explosion, qui peuvent offrir des roches quelconques aussi bien que des tufs ou des scories. L'archipel des Açores, qui tant de fois a vu naître de semblables îles du fond des mers, en présente une qui semble avoir échappé à la destruction pour montrer comment se sont formées toutes celles qui ont disparu. C'est le rocher de *Porto de Ilheo*, qui présente un vaste cirque dans lequel les vaisseaux viennent se mettre à l'abri, et dont les parois, élevées de 430 mètres, sont composées de tuf volcanique.

§ 55. **Îles diverses de même forme.** — Les phénomènes dont nous sommes ainsi les témoins nous conduisent à reconnaître l'origine d'un assez grand nombre d'îles qui se trouvent dans nos mers, tant par l'analogie de leurs formes avec celles des îles que nous venons de citer, que par leur nature. Les unes sont en forme

de fer à cheval, fig. 28, offrant une ouverture plus ou moins large par laquelle on peut pénétrer dans l'intérieur du bassin profond qu'elles renferment, et au centre duquel se trouvent quelquefois des buttes isolées volcaniques. D'autres nous présentent des cirques complètement fermés, plus ou moins écornés sur

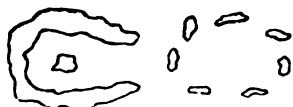


Fig. 28. Dispositions de certaines îles de la mer du Sud.

quelques points de leur pourtour, ou bien des groupes de petites îles réunies circulairement qui sont plus ou moins saillantes au-dessus des eaux. Ce sont autant de circonstances qui rappellent les différents faits que nous venons de citer.

§ 56. Effets postérieurs au soulèvement. — Les cratères de soulèvement sont quelquefois restés tels que le premier événement les a produits; mais souvent aussi divers phénomènes volcaniques s'y sont postérieurement manifestés, en différents temps et de diverses manières. C'est ainsi que le cône du Vésuve, § 42, fig. 15, s'est formé en 79, dans l'ancien cratère de soulèvement de la Somma; que le pic de Ténériffe se trouve dans un cirque dont les parois verticales s'élèvent de 300 à 600 mètres; que le volcan de Taal, dans l'île Luçon, l'une des Philippines, est placé au centre d'un bassin rempli d'eau, et entouré de rochers élevés qui ne laissent qu'un seul passage pour entrer, etc.

Quelque chose de semblable se présente dans le golfe de Bengale, à l'île Barren, reconnue en 1787. C'est un vaste cirque, fig. 29, formé de hautes montagnes, dans lequel la mer pénètre

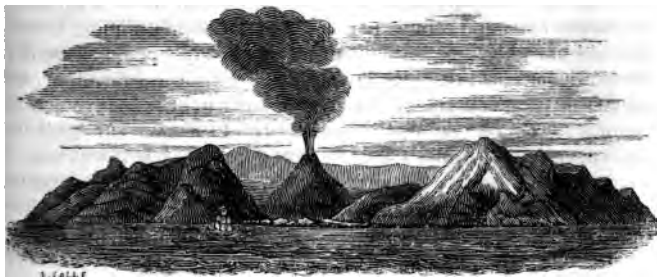


Fig. 29. Vue de l'île Barren dans le golfe de Bengale.

par une seule ouverture, et dont le centre est occupé par un volcan de 600 mètres de hauteur, qu'on trouva en pleine activité au moment de la découverte.

§ 57. Les îles Santorin, Theresia, Alpronisi, § 47, paraissent aussi appartenir aux bords d'un vaste cratère de soulèvement; d'un côté, les anciens les citent comme étant apparues longtemps avant l'ère chrétienne, à la suite de violents tremblements de terre; de l'autre, elles offrent des couches inclinées en dehors, fig. 30,

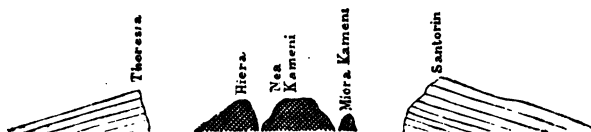


Fig. 30. Coupe de Santorin et des îles adjacentes.

qui présentent leurs tranches abruptes, § 54, vers la partie centrale de la baie. Or, c'est au milieu de ce cirque, dont la profondeur est considérable sur les bords, que se sont produits tous les phénomènes volcaniques subséquents, qu'ont apparus successivement les sommets des cônes qui constituent les trois îles modernes, § 47, et que se préparent encore des éruptions nouvelles, § 49.

§ 58. **Diverses époques de la formation d'un volcan.** — Il faut souvent distinguer, dans une montagne à volcan, plusieurs parties différentes, qui correspondent chacune à une époque particulière et à un mode spécial de formation. La première gibbosité est, en général, l'effet d'un soulèvement du sol préexistant, dont la nature peut être quelconque. A la suite, il se fait tôt ou tard un crevassement qui produit soit un cratère de soulèvement, soit un dôme de matière pâteuse, § 41, distingué nettement de la première butte, par l'étendue comme par la forme, au milieu duquel il reste souvent une cheminée permanente. C'est alors que peut commencer un troisième effet, celui de la formation d'un cône terminal, au moyen des matières scoriacées soulevées par le bain de lave dont le conduit se remplit; ces matières se trouvent poussées sur les bords de l'ouverture, ou lancées dans les airs d'où elles retombent autour du centre d'éruption, s'accumulant alors en cônes sous les pentes maximum de 30 à 35°. Ces scories se ressoudent vers l'intérieur de la cheminée, qu'elles rétrécissent alors de plus en plus par des encorbellements successifs et dont elles masquent ainsi le diamètre véritable.

Il est rare qu'on trouve ces trois sortes de formations réunies dans un même volcan; mais on reconnaît toujours la gibbosité produite par soulèvement, et l'une ou l'autre des buttes secondaires. A *Ténériffe*, un dôme crevé au sommet s'est élevé au milieu du cratère

de soulèvement. Au Vésuve proprement dit, d'après l'invariable solidité de la base et diverses autres observations, on peut soupçonner dans le cône actuel, un noyau central produit à la manière d'un dôme en 79, puis enveloppé de matières incohérentes, et au sommet duquel il s'est formé un véritable cône de scories qui seul a subi diverses modifications successives. A l'Etna, fig. 24, on distingue clairement la gibbosité primitive, offrant des nappes de laves anciennes soulevées au milieu de la surface légèrement bombée que présente toute cette partie de l'île : elle est terminée par une surface presque plane, le *Piano del Lago*, au milieu de laquelle s'élève le cône terminal de scories, circonscrit régulièrement de tous côtés, et séparé nettement de la base sur laquelle il s'est formé. Sur les pentes se présentent des petits cônes d'éruption, qui se sont depuis formés çà et là à diverses époques, et qui ont contribué au bombement de tout le terrain d'alentour.

§ 59. **Variations du cône terminal.** — Il est clair que des cônes de scories, construits comme nous venons de le dire au-dessus des gouffres volcaniques, ne peuvent avoir que peu de solidité : aussi changent-ils souvent de forme à chaque éruption ; fréquemment il s'en écroule des lambeaux plus ou moins considérables, et de là des cônes profondément ébréchés de toutes les manières. Dans d'autres circonstances, toute la masse est engloutie à la fois dans les abîmes qu'elle recouvrait, puis elle se réédifie par les éruptions subséquentes : c'est ce qui est arrivé au cône terminal de l'Etna, qui a disparu plusieurs fois complètement, laissant un immense soupirail sans parapet au milieu du petit plateau qui termine la gibbosité initiale. Au Vésuve, il n'y a jamais eu, à ce qu'il paraît, que la partie terminale même du cône général qui se soit modifiée, ce qui semble indiquer que le reste de la masse a été formé d'une autre manière. Il arrive aussi que l'édifice s'élève de plus en plus, ce qui semble résulter de l'injection des laves dans les fentes qui s'y forment au moment des éruptions.

§ 60. **Intérieur des cratères.** — L'intérieur des cratères n'offre souvent que peu d'intérêt à l'observation. Après les éruptions, pendant lesquelles on ne peut approcher, ces cavités, de forme conique, dont le diamètre supérieur est plus ou moins considérable, dont le fond paraît souvent formé par une calotte de lave consolidée qui couvre la cheminée principale, ne présentent ordinairement que des jets de vapeurs sulfureuses, qui se dégagent des fissures du sol, des interstices des blocs éboulés, ou de divers petits cônes soulevés çà et là. Quelquefois on observe un ou plusieurs gouffres, tantôt remplis de vapeurs qui se dégagent continuellement,

et laissent voir parfois la lave incandescente à la profondeur ; tantôt silencieux et obscurs, capables d'inspirer la terreur, mais sans rien dire à l'imagination, sans porter le moindre intérêt à l'observation. Dans les longs intervalles des crises, les traces de volcanicité disparaissent souvent tout à fait : dans certains cas même, les parois des cratères se couvrent de végétation, comme on le rapporte du Vésuve avant l'éruption de 1631.

Il y a cependant quelques observations qui méritent d'être rapportées. Le cratère de Stromboli, en activité continuelle depuis les temps les plus anciens, présente encore aujourd'hui des phénomènes identiques avec ceux qui ont été décrits par Spallanzani en 1788. Il est constamment rempli de lave en fusion, qui, sans interruption, s'élève et s'abaisse successivement dans la cavité. Parvenue à 8 ou 10 mètres des bords, cette lave se gonfle, se couvre de grosses bulles, qui bientôt éclatent avec fracas, en laissant échapper une énorme quantité de gaz, et projetant des matières scoriacées de tous côtés. Elle s'abaisse bientôt après l'explosion, puis elle remonte pour reproduire les mêmes effets, qui se répètent ainsi régulièrement à des intervalles de quelques minutes.

§ 61. Si la lave de Stromboli était moins fluide, on conçoit que, parvenue à sa plus grande hauteur, elle pourrait s'arrêter, prendre la forme bombée, se consolider en dôme plus ou moins élevé ; et qu'alors, s'il se faisait une explosion, il pourrait se former un nouveau cône à cratère au milieu de l'ancien. Cela nous explique ce qui est arrivé fréquemment au fond des cratères, et par exemple au Vésuve, fig. 31, où se sont élevés des dômes qui ont subsisté plus ou moins de temps, se sont ensuite crevés, ont donné passage à des laves, et ont fini par s'écrouler dans les abîmes restés au-dessous d'eux. Certains cratères dont le fond présente une assez grande étendue renferment souvent des collines plus ou moins hautes, qui ont eu probablement une origine analogue à celle que nous venons d'indiquer : soit qu'une lave, arrêtée sous forme de calotte à une certaine hauteur, ait été gonflée en différents points, soit que des soulèvements aient eu lieu dans les matières diverses qui avaient comblé la cavité.

§ 62. Quelquefois, au lieu de lave, on trouve au fond des cratères du soufre en ébullition, comme à Vulcano, ou sur une plus grande échelle au volcan de Taal, dans l'île Luçon, § 56, et à celui d'Azufra, au nord de Quito, dans les Andes ; on y cite aussi des collines, et même des dômes de soufre, comme M. Boussingault l'a observé au volcan de Pasto.

§ 63. Un des cratères les plus remarquables et les plus vastes

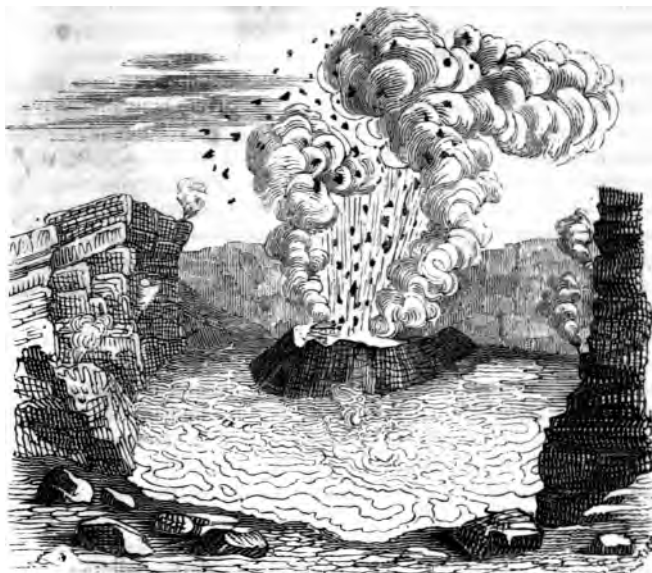


Fig. 31. Cratère adventif dans le cratère du Vésuve en 1829.

que nous connaissons est celui de la montagne de Kirauéah, dans l'île d'Havaï, l'une des Sandwich, dont le sommet est à 4178 mètres. Cette immense cavité, à laquelle on a donné 3 à 4 lieues de tour, offrait à l'intérieur, en 1840, trois étages plus ou moins abrupts, dont le plus central avait 325 mètres de hauteur, tout remplis de fissures par lesquelles s'échappaient des vapeurs sulfureuses. Au dire des habitants, cette cavité descendait autrefois jusqu'à la mer, qui y laissait filtrer ses eaux, et présentait alors quatre étages, dont le plus bas est aujourd'hui comblé par les matières volcaniques. Il paraît même que trois ont été successivement remplis, et qu'en 1835, il n'en restait plus qu'un; mais il y aura eu ensuite des effondrements successifs. Le fond du dernier escarpement était, en 1840, comme une immense chaudière remplie de laves en fusion, tantôt assombries par les scories qui les couvraient, tantôt éclairées par des colonnes jaillissantes de feu, des lacs et des rivières de matières fondues, à la surface desquelles les scories nageaient comme des glaçons. Plusieurs cônes étaient en pleine activité dans cette enceinte.

§ 64. **Solfatares.** — Il existe un grand nombre de cratères qui, depuis longtemps, sont réduits à des dégagements plus ou moins abondants de gaz, ordinairement sulfureux, qui s'échappent des fissures du sol, et souvent avec de la vapeur d'eau. C'est de là qu'on a tiré le nom de *solfatares*, par lequel on désigne les divers lieux où ces phénomènes sont plus ou moins développés. Il en est qui paraissent avoir toujours été dans cet état : telle est, par exemple, sur la côte de Naples, la solfatare de Pouzzoles, vaste cratère de soulèvement, § 468, au fond duquel se trouvent des roches volcaniques journellement décomposées par les vapeurs. Cette solfatare remonte à la plus haute antiquité, et paraît avoir présenté rarement d'autres effets que ceux qu'on y observe aujourd'hui. Dans les moments de repos, les cratères des volcans deviennent des solfatares plus ou moins énergiques.

Il n'est pas rare de trouver le fond des cratères et des solfatares occupé par un ou plusieurs lacs qui sont fréquemment d'une grande profondeur. Les eaux qu'ils renferment sont quelquefois assez pures, mais souvent aussi elles sont chargées de sels divers, ou même d'acides sulfureux et sulfurique, comme on le voyait au volcan de Teschem, ou mont Idiène, dans l'île de Java, avant 1847, époque où cette montagne fut entièrement bouleversée par l'action des gaz, comme nous le verrons plus tard, § 78.

§ 65. **Commencement des éruptions.** — Il ne faut pas confondre les émissions continuelles de gaz ou de matières scoriacées de certains volcans, comme le Stromboli, § 60, avec les éruptions, qui sont des événements subits, heureusement passagers, amenant souvent la désolation dans toute une contrée. Lorsqu'une éruption se prépare, elle s'annonce ordinairement par des tremblements de terre, à la suite desquels elle se déclare avec plus ou moins de fracas. S'il existe un volcan dans la contrée, il commence par lancer des *fumées* abondantes composées de gaz divers et de vapeurs d'eau, puis des matières pulvérulentes dont la quantité devient quelquefois immense, et qu'on nomme *cendres volcaniques*; il s'y joint ensuite, et souvent dès le principe, des fragments de pierres poreuses incandescentes nommées *rapilli* ou *lapilli*, et *pouzzolanes*, des blocs plus ou moins considérables de matières solides qui sont quelquefois lancés à de grandes distances, enfin des portions de matière fondue arrachées à la lave dont le cratère est rempli, et qui, s'arrondissant par leur mouvement dans l'air, forment ce qu'on nomme les *bombes volcaniques*. Il résulte de tout cela, au milieu de détonations violentes, d'immenses gerbes de matières lancées à de grandes hauteurs, éclairées par la réverbération de la lave en fusion, de ma-

nière à figurer des flammes, et dont les parties retombent plus ou moins loin du foyer, suivant leur poids et leur force d'impulsion. Les cendres, les rapilli ou les ponces produisent alors dans les environs du volcan, quelquefois même au loin, des dépôts considérables qui forment ce qu'on nomme des *tufs volcaniques*, des *tufs ponceux*, des *conglomérats* divers.

Les vapeurs et les cendres lancées des volcans forment quelquefois des nuages énormes, souvent assez épais pour intercepter la lumière du soleil et couvrir de ténèbres toute une contrée. Ces nuages, poussés par les vents, sont portés parfois à de très-grandes distances; ainsi, en 1794, les cendres du Vésuve furent poussées jusqu'au fond de la Calabre, et l'on trouve dans Procope que pendant l'éruption de 452, elles furent portées jusqu'à Constantinople; en 1812, celles du volcan de Saint-Vincent, dans les Antilles, furent portées à l'est jusqu'à la Barbade, et y répandirent une telle obscurité qu'en plein jour on ne voyait pas à se conduire; en 1845, celles de l'éruption de Sumbawa furent portées jusqu'aux îles d'Amboine et de Banda, à 290 lieues.

On ne peut voir ce qui se passe au fond des mers dans les éruptions sous-marines; mais il est clair que les projections de matières terreuses, de rapilli ou de ponce ne peuvent être moins considérables, puisqu'on en voit presque toujours des quantités énormes à la surface des eaux pendant les moments de crise, et que, dans les parties de terrain soulevées, on aperçoit distinctement des dépôts de tufs volcaniques, de tufs ponceux et de conglomérats, tout à fait semblables à ceux qui se forment à la surface des terres.

§ 66. *Apparition des matières fondues.* — Les phénomènes que nous venons de citer sont quelquefois les seuls effets de l'éruption; mais souvent ils ne sont que les avant-coureurs, ou les annexes de l'expulsion des matières en fusion, qui bientôt apparaissent sous différentes formes. Quelquefois ces matières, en masses pâteuses, s'élèvent en *dômes* au-dessus de l'orifice même qui leur donne issue, et constituent des montagnes plus ou moins élevées, tantôt pleines, tantôt perforées verticalement au centre, susceptibles quelquefois d'être poussées de plus en plus au dehors: c'est ce qui est arrivé à Jorullo, § 44, ce qui s'est passé à Unalaska, § 46, et se passe encore dans le golfe de Santorin, § 49, et ce qui dut avoir lieu dans un grand nombre de localités que nous connaissons.

Dans d'autres circonstances le cratère antérieurement formé au sommet d'un volcan se remplit complètement de matières fondues; celles-ci en écornent bientôt alors une partie plus ou moins profondément, puis se déversent en torrents qui sillonnent le flanc de

la montagne et s'écoulent jusque dans la plaine où elles s'étendent plus au moins.

Ailleurs, et surtout lorsque le cône se trouve déjà à une grande hauteur, comme à l'Etna, à Ténériffe, dans les volcans des Andes, etc., c'est rarement par le cratère terminal que les matières fondues se dégagent. Il se forme sur le flanc de la montagne, à son pied, ou dans la plaine environnante, quelquefois même à de grandes distances, des crevasses plus ou moins larges, qui se trouvent toujours dans un plan vertical passant par l'axe de la cheminée principale, et c'est par là que les matières liquides se font jour à la surface du terrain, § 43. Quelquefois la fente donne immédiatement issue à la lave par tous les points de son étendue, mais le plus souvent il se produit, sur sa direction, un ou plusieurs cônes successifs par lesquels la matière en fusion s'échappe. Il arrive même qu'il se fait ainsi de ces cônes adventifs sur plusieurs crevasses à la fois, soit immédiatement, soit successivement, et que tout le terrain s'en trouve couvert.

§ 67. **Forme des courants suivant les pentes.** — S'il arrive que les crevasses d'éruption se fassent au pied du volcan, dans un pays plat, la lave qui en sort s'étend en larges nappes horizontales au milieu de la plaine : c'est ce qui eut lieu en Islande en 1783 ; des crevasses se formèrent dans la plaine au pied du Skaptar-Jokul, haute montagne volcanique de la contrée, et il s'en échappa un volume immense de matières en fusion. Celles-ci s'étendirent immédiatement sur le terrain, dont elles couvrirent plus de 80 lieues carrées, remplissant tous les bas-fonds et formant un vaste lac de feu dont la profondeur était considérable.

Mais les choses ne se passent pas toujours ainsi ; l'écoulement se fait souvent sur des pentes plus ou moins inclinées, et les laves forment à leur surface de véritables courants, plus ou moins longs, dont une partie reste sur le terrain, par suite du refroidissement, et comme témoin de leur passage. Après sa sortie du sein de la terre, la matière en fusion se refroidit bientôt à l'extérieur, se solidifie, en se ridant et se gerçant de toutes les manières, et acquiert ainsi une croûte, ordinairement poreuse, dont l'épaisseur devient de plus en plus considérable. Cette croûte empêche le liquide, ou la pâte qu'elle enveloppe, de s'étendre en largeur, et permet dès lors au courant de conserver une certaine épaisseur ; de plus, elle préserve, par son peu de faculté conductrice, la partie inférieure de la lave contre le refroidissement, qui par là peut devenir **extrêmement** lent. On a vu, en effet, des laves rester liquides ou pâteuses, et conserver une température très-élevée à l'intérieur, pendant des

temps très-considérables ; les auteurs en indiquent qui coulaient encore, sur des pentes très-faibles, dix ans après leur éjection, et l'on en cite même à l'Etna qui répandaient des vapeurs vingt-six ans après leur émission du sein de la terre.

Si, après le refroidissement extérieur, la source volcanique continue à fournir, l'écoulement se fait dans le sac consolidé qui s'est formé ; sac qui se tourmente alors de toutes les manières, se disloque et se rétablit successivement : de là, torsion, cordellement, irrégularités diverses dans le courant. Quand la source vient à tarir, la matière qui en est sortie continue à s'écouler dans le sac qui la renferme ; mais celui-ci s'aplatit successivement, et le milieu s'affaisse en laissant un bourrelet plus ou moins élevé sur ses bords : c'est ce qui se manifeste d'abord à la partie supérieure de la coulée ; puis successivement jusqu'au point où la matière liquide, devenant de



Fig. 32. Culot de lave arrêté sur une pente.

plus en plus visqueuse, n'a plus la force de tirer après elle les parties solides qui se forment, de les briser et de les pousser en avant. La lave s'arrête alors au fond du sac, qui se termine par un culot plus ou moins épais, fig. 32.

§ 68. Il est à remarquer que, quand la pente du terrain sur lequel la lave s'écoule est fort inclinée, la matière, liquide ou pâteuse, forme toujours un courant étroit et de peu d'épaisseur, une lanière seulement sur le flanc de la montagne. Lorsque la source se tarit, il ne reste à la surface du sol, derrière le torrent écoulé, que la pellicule solidifiée de sa surface, qui présente alors une couche mince de matière poreuse, en fragments incohérents, plus ou moins contournés. Les laves pierreuses, susceptibles de prendre la structure porphyrique, ne laissent même presque rien sur des pentes qui s'abaissent jusqu'à 7 à 8 degrés, et ce sont toujours des matières poreuses extrêmement disloquées. Il résulte de là que ce n'est pas par l'écoulement des laves à la surface, comme on le dit quelquefois, que les cimes volcaniques peuvent s'être accrues, et avoir pris surtout cette forme élancée que nous voyons fréquemment ; c'est dans des soulèvements, dans des émissions de matières pâteuses restées sur place, dans des injections subséquentes de laves dans les flancs d'un cône antérieur, § 59, qu'il faut en chercher l'origine ; les déjections sous forme de lave ou de scories incohérentes, en s'accumulant vers leur base, tendent plutôt à diminuer la saillie qu'à l'augmenter.

Sur des pentes de 3 à 5 degrés, où la vitesse se ralentit beaucoup, le courant s'élargit et se gonfle tout en cheminant ; mais dans ce cas l'écorce augmente aussi d'épaisseur et de solidité, et il se fait alors de violentes dislocations dans le sac pierreux qui enveloppe la matière liquide ; les morceaux qui en résultent se soulèvent à la surface du courant, se culbutent les uns sur les autres, tirillés qu'ils sont par la pâte encore en mouvement à laquelle ils adhèrent, et le dépôt qui reste successivement en arrière présente alors une irrégularité extrême.

C'est seulement quand la matière arrive sur des pentes extrêmement faibles, de moins de $\frac{1}{2}$ degré, c'est-à-dire sur un sol presque horizontal, qu'il s'établit un équilibre entre la résistance du sac solide et la tendance au mouvement que possède la partie liquide ; la lave s'arrête alors d'elle-même après s'être étendue sur un certain espace, et forme une galette plus ou moins épaisse dont la surface devient sensiblement unie : c'est ce qui arriva sur une grande échelle dans l'éruption d'Islande, en 1783, où la lave s'arrêta en plusieurs points, et forma des plateaux abrupts d'une grande épaisseur.

Toutes ces circonstances varient en général suivant la nature des matières sorties du sein de la terre, leur état de fluidité, et leur facilité à se consolider plus ou moins promptement. Il y a des produits tellement pâteux qu'ils ne peuvent même couler et qu'ils restent sur l'ouverture, comme il arrive à certains trachytes, § 74 et 194, qui forment alors des dômes plus ou moins élevés. D'autres, comme diverses obsidiennes, qui paraissent se refroidir et se consolider promptement, s'arrêtent quelquefois sous la forme de grosses larmes sur des pentes même assez fortes, comme au sommet du Ténériffe. Au contraire, les laves pierreuses, qui se refroidissent lentement et restent longtemps fluides, ne s'arrêtent que sur un sol horizontal ; ce sont elles qui présentent surtout les variations que nous avons indiquées.

§ 69. **Variations d'une même lave suivant les pentes.** — Il est clair, d'après les détails qui précèdent, que les laves ne peuvent s'accumuler sur une certaine épaisseur, et en nappes uniformes, que sur un terrain sensiblement horizontal ; partout ailleurs elles forment ou des lambeaux à surfaces creuses, minces dans leur partie supérieure et plus ou moins épais à l'endroit où ils se terminent en culots, ou bien des dépôts disloqués dont les fragments sont bouleversés de toutes les manières. Pour peu qu'un courant ait une certaine étendue, on peut, dans sa longueur, reconnaître tous ces caractères, suivant l'inclinaison des pentes sur lesquelles il

a coulé. Or, la structure intérieure de la lave est aussi en rapport avec sa disposition extérieure. Les trainées qui restent derrière le courant, sur une pente très-inclinée, présentent des parties minces, scoriacées, cordelées, toujours très-poreuses. Sur des pentes moins fortes, la surface des pièces est plus unie, et les pores deviennent plus petits; sur les pentes de 3 à 5 degrés, les parties disloquées offrent des plaques plus ou moins épaisses, dont la structure poreuse présente une certaine uniformité, et dont le centre devient quelquefois un peu plus compacte, si l'épaisseur est suffisante. Dans les grandes coulées qui ont pu s'accumuler dans la plaine sur une grande épaisseur, ou qui ont rempli des bas-fonds, toute la partie inférieure se prend en masse compacte plus ou moins cristalline, souvent porphyrique, § 342 n, parce qu'alors elle se refroidit lentement et tranquillement; dans ce cas, elle se divise souvent sur toute sa hauteur, en colonnes à pans, généralement normales aux surfaces refroidissantes, et la partie supérieure seule est poreuse sur une épaisseur plus ou moins considérable: c'est là ce qu'on voit au Vésuve, à l'Etna, partout où la lave présente une grande épaisseur, et en Islande, dans l'immense dépôt formé par l'éruption de 1783.

§ 70. **Courants superposés.** — Il est arrivé quelquefois que les courants de diverses époques sont venus se rendre dans les mêmes bas-fonds, et se sont superposés. Dans ce cas, ils sont séparés les uns des autres par la partie poreuse qui termine chacun d'eux, quelquefois aussi par des cendres, des rapilli, des tufs volcaniques lancés du volcan dans l'intervalle des coulées. Les parties poreuses, aussi bien que les couches terreuses intercalées, deviennent très-minces lorsque deux coulées se sont succédé à peu de temps l'une de l'autre, comme dans les diverses coulées du Jokul, en Islande; la masse totale se compose alors d'assises horizontales entre lesquelles on aperçoit à peine une séparation.

§ 71. **Filons de laves.** — Il arrive fréquemment, comme nous l'avons dit, § 66, que dans les éruptions volcaniques il se forme sur les flancs de la montagne des crevasses plus ou moins larges, par lesquelles la lave se fait jour à la surface du terrain. Ces crevasses se font remarquer longtemps après leur formation, soit parce qu'elles sont restées en partie ouvertes, soit parce que les rapilli qui les ont comblées ont laissé, en se tassant, une espèce de fossé que l'on peut suivre facilement. On les reconnaît ailleurs à de petits effondrements partiels et cratériformes de ces débris, § 52, 162, qui sont tous dirigés sur la même ligne; quelquefois aussi on distingue sur les bords des bourrelets de scories qui sont sorties pendant que la

lave bouillonnait dans l'intérieur; enfin elles présentent aussi des traînées de laves qui lient entre eux les différents cônes d'éruption formés sur leur direction.

On ne peut douter que ces crevasses ne soient souvent restées en partie remplies par les laves auxquelles elles ont livré passage, et n'aient donné lieu par conséquent à des *filons*. La conclusion paraît évidente, dans le cas où les coulées se sont étendues par-dessus la fente, sous la forme de nappes, comme dans l'éruption d'Islande que nous avons tant de fois citée; mais il est presque impossible de la vérifier par l'observation dans les volcans actuels, dont nous ne voyons que la superficie. Il faudrait en voir la partie inférieure, ce qui ne peut avoir lieu que dans les anciens dépôts volcaniques soulevés et morcelés de différentes manières, comme il en existe çà et là sur les continents, ou dans les cratères de soulèvement. On en voit, en effet, dans les escarpements qui forment l'enceinte de la Somma, § 42, le cirque de Ténériffe, les flancs du val del Bove à l'Etna, § 52, 58, etc., où ils traversent tantôt des dépôts de rapilli et des tufs consolidés nettement caractérisés, tantôt des laves plus ou moins cristallines, et souvent l'une et l'autre de ces matières. Fréquemment une nappe de laves mise au jour se trouve en communication évidente avec un filon qui, après avoir traversé tous les dépôts inférieurs, vient se terminer au milieu d'elle, fig. 33;



Nappes de laves correspondant à des filons.

et il n'est pas rare de rencontrer, les unes au-dessus des autres, plusieurs nappes dont chacune correspond à un filon particulier, fig. 34, auquel elle doit sans doute son origine; le plus récent de ces filons étant celui qui a traversé tous les dépôts successifs pour former le dernier.

§ 72. **Dikes.** — La matière qui constitue les filons est rarement poreuse, si ce n'est quelquefois vers les parois de la roche qui l'encaisse; elle est même fréquemment à grains plus fins que les nappes dans lesquelles le filon vient aboutir; la masse en est quelquefois divisée en prismes perpendiculaires aux parois de la fente, qui ont été alors les surfaces refroidissantes. Cette matière résiste en général assez facilement aux influences atmosphériques, et il arrive souvent que, la roche environnante étant dégradée, enlevée par

les agents extérieurs, le filon reste en saillie sur l'escarpement,



Fig. 35. Dike mis à nu par la destruction des roches environnantes.

fig. 35, ou même au milieu des champs, comme une muraille plus ou moins élevée; c'est cette dernière circonstance qui a fait employer en Angleterre le nom de *dike* (*digue, chaussée*), admis dans la science (prononcez *deique*), qu'on a appliqué plus tard aux filons mêmes.

§ 73. **Estimation de l'énergie volcanique.** — En voyant d'immenses terrains soulevés, tantôt subitement à la suite des tremblements de terre, tantôt avec lenteur pendant une longue suite d'années, on ne peut douter que l'action qui s'exerce de l'intérieur de la terre au dehors ne soit très-puissante. Or les effets volcaniques nous permettent d'apprécier cette action d'une manière assez positive, non pas par l'énergie des explosions qui se manifestent quelquefois, et que nous ne pouvons mesurer, mais par la hauteur que les laves atteignent en diverses circonstances dans leurs conduits verticaux. Il est certain qu'au Vésuve et à l'Etna les laves sont quelquefois sorties du cratère même, que des courants d'obsidienne se sont fait jour près du sommet du pic Ténériffe, et peut-être même de l'Antisana dans la province de Quito. Or, le cratère de l'Etna est à 3300 mètres au-dessus des mers, le pic Ténériffe, à 3740, le sommet de l'Antisana à 5833; il est donc facile de calculer en pressions atmosphériques le poids de la colonne de lave que la force intérieure a dû soutenir pour la déverser à ces hauteurs. Si cette colonne eût été de l'eau, ce liquide se tenant à 40^m,5 par la pression atmosphérique, il faudrait plus de 300 atmosphères pour le soutenir au sommet de l'Etna, plus de 350 au pic de Ténériffe, plus de 550 à l'Antisana. Mais le poids spécifique des laves, du moins à l'état solide, étant entre 2 et 3, il a fallu pour l'Etna entre 600 et 900 atmosphères, pour l'Antisana entre 4000 et 4500. Qu'on juge des effets qu'une telle force doit produire, par l'énergie des machines à vapeur, dont les plus puissantes ne comportent pas ordinairement plus de 4 à 5 atmosphères, et dont on n'a guère fait au-dessus de 40.

§ 74. **Nature des produits volcaniques solides.** — Toutes les matières solides, que les volcans produisent en grande quantité, se rapportent au groupe des silicates, généralement aux silicates anhydres, et surtout à la division de ceux qu'on a jadis confon-

du sous le nom de feldspath, qui en forment la masse principale. Ce sont en général des roches composées de matières plus ou moins mélangées, dont il est souvent difficile de déterminer la base, et qu'on ne peut, en conséquence, classer rigoureusement; on est donc obligé de recourir à des divisions artificielles, dont nous indiquerons les principales. Il faut distinguer :

1° Le *trachyte*, roche souvent âpre au toucher, comme son nom l'indique, composée principalement d'albite, tantôt compacte, d'un éclat céroïde ou vitro-résineux, et quelquefois terreuse, tantôt cristalline, dont la masse est finement poreuse, renfermant presque toujours des cristaux des mêmes substances et souvent de la hornblende et du mica noir.

Telle est la nature des roches qui constituent les montagnes formées dans le golfe de Santorin, quelques masses soulevées sur les bords de l'île de Ternate, les sommités de Ténériffe, et un grand nombre de cônes ou de dômes dans différents volcans; rarement le trachyte fait partie des coulées ou des nappes dans les volcans actuellement brûlants.

2° L'*obsidienne*, matière homogène, vitreuse, de diverses couleurs, qui se rapproche de l'une ou de l'autre des matières feldspathiques; susceptible, le plus souvent, de se boursoufler beaucoup lorsqu'on vient à la fondre; passant à une ponce tantôt boursoufflée, tantôt à petits pores allongés qui déterminent une sorte de structure fibreuse et un éclat soyeux.

Cette matière a été vomie en abondance dans les îles de Lipari, à Ténériffe, dans les volcans des Andes, partout, en un mot, où les bouches volcaniques se sont ouvertes dans les trachytes. Les éruptions sont accompagnées de ponces qui sont rejetées en fragments nombreux; les coulées s'arrêtent souvent en culots épais sur des pentes très-rapides, comme à Ténériffe.

3° Les *laves compactes*, matière à base compacte de couleur foncée, formée souvent de labradorite, quelquefois de sodalite, renfermant des cristaux des mêmes matières, ou en général des substances feldspathiques, qui donnent à la masse une structure porphyrique plus ou moins distincte. On y trouve assez souvent des cristaux de pyroxène, mais rarement de l'amphibole, quelquefois du mica noir, et, quoique rarement, du péricot.

Ces matières constituent le centre des courants épais, la partie inférieure des amas qui se sont formés dans les bas-fonds, et qui se divisent assez souvent en colonnes prismatiques.

4° Les *laves poreuses* ou *scoriacées*, qui sont de même nature que les précédentes, mais où l'on distingue plus rarement les cris-

taux empâtés, et qui offrent la structure poreuse ou cellulaire. Ces matières constituent la partie supérieure des dépôts épais, l'enveloppe des courants, et les traînées qui sont restées à la surface du terrain sur lequel les laves ont coulé.

5° Les *pouzzolanes*, les *tufs volcaniques*, amas de petits fragments scoriacés, ou rapilli, accumulés autour des volcans, ou de matières terreuses qui en renferment une quantité plus ou moins grande. Les *tufs ponceux* sont formés de fragments de ponces, et les *conglomérats trachytiques* de fragments de trachyte, liés entre eux par un ciment tantôt cristallin, tantôt terreux.

6° Il faut ajouter les scories en larmes, en stalactites irrégulières, éparses à la surface des volcans, et les bombes volcaniques qu'on trouve quelquefois à d'assez grandes distances.

Nous verrons plus tard, § 480, 497, 342, diverses espèces de roches, plus ou moins analogues, qui compléteront la série qu'on observe dans les volcans brûlants.

§ 75. *Étendue des dépôts volcaniques.* — Les volcans ne fournissent sans doute annuellement qu'une bien faible quantité de matière à l'écorce solide du globe, et les mouvements auxquels ils donnent lieu ne changent que bien faiblement le relief des contrées où leur action se manifeste. Cependant, si l'on fait attention qu'il en existe un grand nombre qui agissent depuis les temps historiques, et que l'observation en indique bien plus encore qui ont agi antérieurement, on est conduit à penser que les matières volcaniques doivent avoir acquis une certaine importance, et que leur apparition et leurs effets ont dû apporter de grandes modifications à la surface de notre planète.

Il existe un grand nombre de volcans actifs dans toutes les parties du globe. L'Islande est un centre d'action continue, dont l'île tout entière est le résultat, et dont l'*Hécla* est la principale bouche; l'*Etna* et le *Stromboli* sont connus de toute antiquité, et le *Vésuve* date, pour son état actuel, de l'an 79. En Espagne, les volcans ont repris une nouvelle activité dans la province de Murcie, en 1849. Les Açores ont été continuellement tourmentées, et semblent toutes être sorties du sein de la mer, comme les îles que nous avons vues s'y élever à différentes époques. Les Canaries, les îles du Cap-Vert paraissent être dans le même cas, et ont subi de violentes éruptions. Plus loin se présentent les volcans de l'île Bourbon, de la mer des Indes, des îles de la Sonde, des Philippines, des îles du Japon, des Kuriles, du Kamtschatka, de l'archipel Aleutien, dont plusieurs paraissent avoir eu une puissance considérable; citons encore les volcans des îles Sandwich et de la plupart des groupes de la mer

carbonique, quelquefois du gaz sulfhydrique, et c'est tantôt l'un, tantôt l'autre qui domine; il s'y joint diverses substances qui se subliment, ou qui sont entraînées en particules par les courants gazeux. Dans la plupart des solfatares et dans les émanations produites par les fissures et les crevasses des volcans, c'est de l'acide sulfureux qui se dégage; mais le gaz sulfhydrique l'accompagne aussi fréquemment, et c'est lui qui donne en brûlant les flammes légères qu'on aperçoit souvent pendant la nuit. Au volcan de Pasto, les *fumarolles* du cratère ne présentent plus que de l'acide carbonique; à Java, c'est le même gaz, qui se dégage avec une abondance extrême de la solfatare éteinte nommée *Guevo-L'pas* ou *Vallée du poison*, objet de terreur pour les habitants. Le sol est partout couvert de carcasses de tigres, de chevreuils, de cerfs, d'oiseaux, et même d'ossements humains; car tout être vivant est asphyxié dans ce lieu de désolation. M. de Buch fait remarquer que dans les émanations gazeuses des volcans, c'est l'acide chlorhydrique qui se manifeste d'abord, au moment de la plus grande intensité de l'action volcanique; que l'acide sulfureux apparaît lorsque cette action commence à diminuer, et que l'acide carbonique vient ensuite, en se continuant pendant des siècles, lors même que toute action paraît être entièrement finie: aussi provoque-t-on souvent des dégagements prodigieux de ce gaz en fouillant les rapilliés des anciens, comme il arrive fréquemment aux environs de Clermont, en Auvergne.

§ 78. **Action destructive des gaz. Éruption boueuse de Java.**

— Les produits gazeux, le plus souvent à une température élevée, et mêlés à la vapeur d'eau, agissent puissamment sur les matières solides environnantes, les désagrègent, les décomposent de toutes les manières, les réduisent en poussière, en bouillie, et en forment de nouveaux composés de toute espèce: c'est ce qu'on voit dans toutes les solfatares, où il faut prendre souvent des précautions pour ne pas tomber dans des masses de matières boueuses parfois très-échauffées. Mais rien n'est comparable sous ce rapport aux volcans de Java; les vapeurs acides et aqueuses, qui y sont d'une abondance extrême, détruisent toutes les roches, et en forment une pâte qui bientôt ne peut plus résister à l'action explosive de l'intérieur. Il se fait alors d'épouvantables éruptions, non plus de laves, comme dans les volcans ordinaires, mais de masses énormes d'eau bouillante, chargée d'acide sulfurique et de limons épais, qui détruisent, entraînent tout sur leur passage, et couvrent toute une contrée de fange sulfureuse dont la matière est désignée sous le nom de *Buah*: c'est ce qui est arrivé en 1822, lors de l'éruption du Gallung-Gung, qui, au milieu des tremblements de terre et d'hor-

ribles mugissements, fut considérablement abaissé, tronqué au sommet, et entièrement bouleversé. Il sortit de ses flancs crevassés des torrents d'eau chaude, sulfureuse et boueuse, et un nombre considérable d'habitants furent entraînés dans les eaux ou ensevelis sous des dépôts de vase, pendant les journées des 8 et 12 octobre. Il en fut de même du volcan de Teschem, ou mont Idienne, dans le cratère duquel Leschenaut avait indiqué un lac constamment alimenté d'acide sulfurique. Cette montagne fut entièrement bouleversée en 1817, et les eaux acides qui en sortirent désolèrent toute la contrée. Quelque chose d'analogue arriva sans doute en 1772 au volcan de Papandayan, la plus haute montagne du pays, qui fut engloutie dans un lac de boue, entraînant 40 villages et leurs habitants dans la catastrophe.

§ 79. **Éruption boueuse de Quito.** — Ces éruptions de boue rappellent celles qui ont eu lieu au Pérou, quoique avec des caractères différents. Les volcans de cette contrée, qui, comme ceux de Java, n'ont presque jamais produit de laves, ont quelquefois vomis de leurs flancs des torrents de boue, qu'on nomme *Moya*, tantôt sulfureuse comme le *Buah* de Java, tantôt carbonifère : c'est ce qui arriva en 1698, où le volcan de Carguaraizo s'éroula en couvrant de boue plus de 29 000 hectares de terrain; et en 1797, où le village de Pellileo, près de Rio-Bamba, fut enseveli sous une masse de boue noire, etc. Ce qui caractérise les éruptions du Pérou et en fait un phénomène plus étrange, c'est qu'il arrive fréquemment que ces eaux bourbeuses, sorties du sein de la terre, sont remplies d'animalcules infusoires et de petits poissons, dont l'espèce vit dans les lacs du voisinage; la quantité de ces derniers a été quelquefois assez considérable pour causer des maladies épidémiques par leur putréfaction.

§ 80. **Gaz dégagés des laves.** — On conçoit facilement que des entrailles de la terre il puisse se dégager, par les fissures qui communiquent à la surface, des gaz et des vapeurs de diverses espèces; mais, ce qui est plus remarquable, il s'en dégage aussi des laves, lors même que, sorties du volcan, elles n'ont plus rien de commun avec lui. Tant que la lave est fluide, et à une haute température, il ne s'en échappe rien; mais à peine a-t-elle commencé à se consolider, et par conséquent à se refroidir, que les gaz se dégagent avec abondance. Les courants, ou les matières qui ont rempli les bas-fonds, émettent alors constamment de la vapeur d'eau, de l'acide chlorhydrique, du sel ammoniac qui se dépose à la surface, et des chlorures de fer, sans compter le réalgar, le fer oligiste, etc., qui se subliment quelquefois dans les fissures. Il faut

par conséquent que la lave elle-même renferme toutes ces matières, qui y restent engagées, on ne sait comment, pendant tout le temps que la masse est fluide ou pâteuse, et qui se dégagent à mesure qu'elle se solidifie et se refroidit, de manière à n'en plus présenter que des traces lorsqu'elles renferment de la sodalite (voyez *Minéralogie*)⁴. On a supposé que c'étaient toutes ces matières qui donnaient aux laves pierreuses la facilité de conserver leur fluidité pendant bien plus longtemps que les matières analogues que nous pouvons préparer artificiellement.

§ 84. **Salzes ou volcans d'air, volcans boueux.** — Indépendamment des éruptions boueuses accidentelles dont nous venons de parler, il se fait dans beaucoup de localités, à travers des crevasses, souvent loin des volcans ordinaires, des dégagements continus de gaz hydrogène carboné, tantôt seul, tantôt accompagné d'une quantité plus ou moins considérable d'eau et de matières boueuses qu'il pousse en avant : c'est ce qu'on a nommé les *volcans*



Fig. 36. Salzes de Carthage.

d'air, les *volcans de boue*, fig. 36, et ce qu'on désigne aussi sous le

⁴ Il est bon de rappeler ici, suivant l'observation de M. Gay-Lussac, que l'argent en se fondant, ce qui exige une température très-élevée, absorbe une assez grande quantité d'oxygène, et que ce gaz, qui reste enfermé dans la masse tant qu'elle est en fusion, se dégage aussitôt que le refroidissement et la solidification s'opèrent; il se fait alors une tuméfaction de la surface, qui se couvre d'excroissances dendritiques. C'est ce phénomène qu'on nomme *végéter, rocher*, en termes d'affinage par la coupellation.

nom de *Salzes*, parce que le liquide renferme souvent des matières salines et entre autres le sel commun et le sulfate de chaux.

Ces éjections de matières vaseuses produisent, comme les éjections de scories dans les volcans, § 58, des cônes, ordinairement peu élevés, qui portent aussi au sommet une cavité cratériforme fréquemment remplie de boue liquide que le gaz soulève, et à travers laquelle il se dégage en grosses bulles dont chacune projette au dehors une portion de la matière terreuse. Il y a parfois, sur une surface peu étendue, une grande quantité de ces cônes en activité, et dont quelques-uns atteignent 7 à 8 mètres de hauteur; d'autres, en grand nombre, petits et à l'état naissant, remplacent successivement ceux dans lesquels les phénomènes cessent d'avoir lieu et s'agrandissent de plus en plus par les matières rejetées. Quelquefois cette réunion de cônes se trouve au sommet d'une butte de 50 à 200 mètres de hauteur, formée de matière argileuse qui parait être évidemment le résultat des anciennes éjections : le milieu en est souvent un lac de boue dont la surface est consolidée çà et là. Dans certaines contrées, on trouve souvent de ces buttes entièrement desséchées, où tout dégagement de gaz, d'eau et de terre a cessé entièrement; mais il arrive quelquefois que les phénomènes s'y renouvellent avec violence; que de légers tremblements de terre se font sentir, que tout à coup des blocs de terre desséchée sont lancés au loin, et que des coulées de boue se frayent un nouveau passage : on assure même qu'il y a parfois, pendant quelques minutes, dégagement de fumée et de flammes.

Ces phénomènes se présentent en un assez grand nombre de lieux à la surface de la terre. Il existe beaucoup de salzes, ou *Maccalubes*, dans le Modénais, et il s'en trouve en Sicile, entre Arragona et Girgenti. Pallas en a observé en Crimée, dans la presqu'île de Kertche, à l'île de Taman; M. de Humboldt en a décrit et figuré dans la province de Carthagène, en Amérique méridionale, et l'on en cite à l'île de la Trinité et dans l'Hindoustan.

§ 82. *Fumarolles, Geysers*. — Ces deux sortes de phénomènes sont encore des effets qui se manifestent de l'intérieur de la terre à l'extérieur. On nomme *fumarolles* des éruptions de vapeurs à 400 degrés qui s'échappent des crevasses du sol sous la forme de colonnes blanches, parfois de 10 à 20 mètres de hauteur, et souvent avec bruit comme si elles sortaient d'une chaudière à vapeur, ce qui indique la pression qu'elles supportent alors dans le sein de la terre. On observe les fumarolles non-seulement dans les cratères des volcans actifs et dans les solfatares, deux circonstances où elles sont généralement peu considérables, mais au milieu même de certains

terrains calcaires, où elles prennent un grand développement : c'est ce dernier cas qui se manifeste en Toscane, où les jets de vapeur groupés par 10, 20, 30 à Monte Cerboli, Castel Nuovo, Monte Rotondo, se trouvent disposés sur une ligne à peu près droite, de 30 à 40 kilomètres, qui semblent indiquer une fente.

Ces jets de vapeurs entraînent toujours divers agents qui, à cette haute température, attaquent plus ou moins les roches environnantes. Au Vésuve, ils renferment de l'acide chlorhydrique; à la solfatare de Pouzzoles, du gaz sulfureux et de l'acide sulfhydrique; en Toscane, ils entraînent de l'acide borique, qu'on reconnaît dans les lagunes, ou *lagoni*, résultant de leur condensation, et qui pénètre quelquefois avec du soufre, du gypse, des oxydes de fer, dans les fissures des roches à travers lesquelles les phénomènes se manifestent.

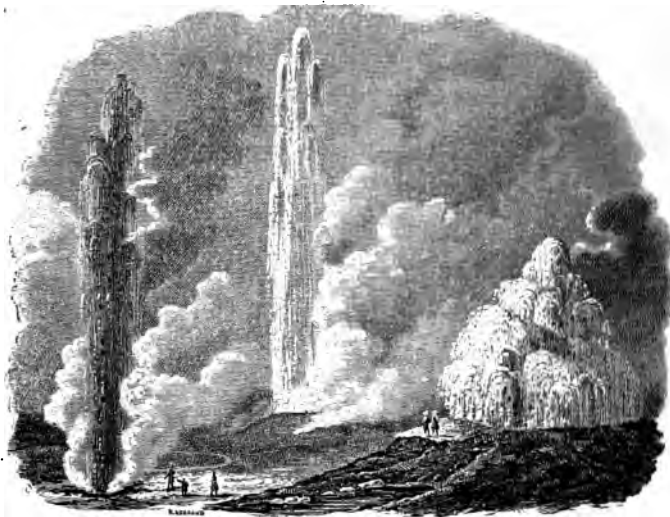


Fig. 37. Geyser de l'Islande.

Sous le nom de *Geyser*, fig. 37, qui signifie *jaillissant* suivant les uns et *furieux* suivant les autres, on désigne des sources jaillissantes d'eau bouillante, les unes continues, les autres intermittentes, dont on trouve un grand nombre en Islande. On en indique d'un grand volume, mais il en est une surtout qui, de demi-heure

en demi-heure, projette, suivant les auteurs, une colonne d'eau bouillante de 18 pieds de diamètre, qui parfois s'élève à 450 pieds de hauteur. Les eaux de ces sources renferment de la silice, qui se dépose bientôt au dehors, à l'état d'hydrate, sur tous les corps environnants, et qui forme quelquefois des monticules très-étendus, au sommet desquels se trouve l'ouverture du goufre par où le liquide s'échappe.

§ 83. Les sources thermales, et beaucoup de sources minérales froides, sans présenter des circonstances aussi remarquables que celles que nous venons de citer, se rapportent cependant au même ordre de phénomènes, parce qu'elles viennent aussi des profondeurs de la terre pour se rendre à l'extérieur. Ces eaux renferment également en solution différentes matières, qu'elles amènent à la surface du sol, comme de la silice, du carbonate de chaux, des oxydes de fer, etc.

3° INFLUENCE DES AGENTS EXTÉRIEURS A LA SURFACE DU GLOBE.

§ 84. **Effets atmosphériques.** — Les variations de la chaleur, l'air, les vents, la sécheresse et l'humidité, agissent d'une manière très-sensible sur la plupart des substances minérales; il n'est pas une roche à la surface de la terre qui n'en présente les traces à l'extérieur, et qui n'y offre un état d'agrégation tout différent de celui qu'on reconnaît à l'intérieur. C'est ce qu'on observe, en tout son jour, dans les escarpements formés pour la confection des routes dans les pays de montagnes, où l'on a été obligé de tailler dans le roc; la partie extérieure des roches est décolorée, désagrégée plus ou moins profondément, tandis que l'intérieur, fraîchement mis à nu, conserve toutes ses couleurs et son état naturel d'agrégation. Or, ce ne sont pas toujours des effets produits à des époques reculées; il s'en fait parfois d'analogues sous nos yeux, et il suffit en certains cas de quelques années pour qu'ils se manifestent assez distinctement, non-seulement à la surface de la masse, mais à la profondeur de plusieurs centimètres: c'est ce qu'on reconnaît dans quelques anciennes carrières de marbre, même de certains granites, et dans quelques pierres taillées employées çà et là. L'effet est d'autant plus prompt, d'autant plus sensible, que les matières sont plus susceptibles de s'imbiber d'humidité, et d'en être privées facilement par la sécheresse, alternatives qui produisent une désagrégation très-rapide lorsqu'elles se répètent souvent, comme cela a lieu généralement dans les montagnes. Les matières qui se dégradent avec le plus de facilité sont celles qui présentent une struc-

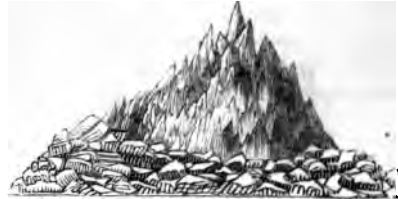
ture granulaire, qu'elle soit terreuse ou cristalline; celles qui ont une structure feuilletée, ou bien les masses compactes fracturées, fendillées à la surface, comme il s'en présente si souvent dans les montagnes. La gelée, qui vient surprendre l'eau dont une roche est pénétrée, est aussi une cause puissante de destruction, parce que la dilatation qui résulte de la congélation du liquide détermine dans la masse une multitude de fissures dans tous les sens. Tant que le froid continue, les fragments restent unis par la glace qui les cimente; mais au dégel, tout tombe en écailles, en grains ou en poussière.

On ne peut parcourir les montagnes sans trouver des traces évidentes de ces dégradations. Dans les escarpements calcaires, fig. 38,

Fig. 38.



Fig. 39.



Effets de la dégradation journalière des montagnes.

on voit les parties dont la texture est lâche, se creuser plus ou moins profondément, et les bancs plus solides rester en surplomb. De là des éboulements de ces derniers, qui se détachent successivement en blocs plus ou moins volumineux, soit par leur poids, soit par suite des fissures dont ils sont naturellement remplis. Dans les hautes montagnes, fig. 39, formées le plus ordinairement de couches très-inclinées, qui présentent leurs tranches ou leurs plans à la pente, qui offrent souvent de hautes aiguilles, nous observons encore des dégradations plus marquées; il s'en détache à chaque instant des parties, et surtout dans les moments du jour où les variations atmosphériques sont plus sensibles; au moment du dégel, il se fait d'énormes *avalanches de pierres*, qui roulent sur les pentes avec une étonnante rapidité, et entraînent tout ce qui se trouve sur leur passage; souvent aussi il se détache des blocs volumineux, et parfois des portions considérables de montagnes s'éboulent avec fracas. De là des masses énormes de débris qui s'accumulent au pied des pentes, et couvrent quelquefois des étendues considérables.

§ 85. **Dégradations attribuées à ces effets.** — On attribue souvent aux influences atmosphériques, longtemps continuées, la dégradation que beaucoup de roches présentent à la surface des continents. Presque toutes, en effet, sont altérées plus ou moins profondément à la surface, où elles présentent un état d'agréga-tion beaucoup moins solide, beaucoup moins homogène qu'à l'in-térieur. Dans presque toutes les carrières, on est obligé de déblayer d'abord une assez grande masse de matières avant de pouvoir ex-ploiter des blocs homogènes, solides, exempts de fissures, et con-servant les couleurs vives qu'on recherche toujours, soit pour l'ornement, soit pour l'architecture monumentale; c'est ce qu'on voit surtout dans les exploitations de marbre, et en général dans celles de calcaires compactes. Certains granites, § 342 a (voyez *Mi-néralogie*, articles *Quarz*, *Feldspath*, *Mica*), sont désagrégés si pro-fondément, que toute la surface du terrain ne présente qu'un amas de graviers en collines arrondies que les eaux de pluie ravinent de toutes les manières. Fréquemment on rencontre ces granites à la surface du terrain, en espèces de gros blocs arrondis, empilés les uns sur les autres, fig. 40, B, souvent de la manière la plus bi-



Fig. 40. *Dégradations du granite en différents lieux.*

zarre, quelquefois en équilibre assez peu stable et susceptibles d'osciller sous le plus léger effort : c'est ce que présentent surtout certains granites porphyroïdes, à grands cristaux, souvent rosés, de feldspath laminaire, qu'on rencontre dans un grand nombre de localités, et qui constituent, sur le plateau central de la France, des chaînes particulières du Limousin au Gévaudan.

Dans les montagnes où le granite se décompose avec facilité, on a cru remarquer que la masse, plus ou moins découpée, pré-sente des espèces d'assises horizontales, qui sont partagées par

des fissures verticales plus ou moins distinctes, de manière à offrir une sorte d'agglomération de parallépipèdes irréguliers, fig. 40, C. On a supposé dès lors que, par suite des influences atmosphériques, ces blocs angulaires se sont de plus en plus altérés sur les arêtes et sur les angles; que les parties ainsi désagrégées se sont successivement détachées, et qu'enfin il en est résulté des masses arrondies, tantôt empilées les unes sur les autres comme des fromages, tantôt isolées, comme nous les voyons aujourd'hui à la surface du sol. On croit observer quelquefois des passages entre les masses les plus angulaires et les blocs les plus arrondis, entre celles où la position d'équilibre se fait en quelque sorte sur un point, et d'autres dont la jonction présente des surfaces horizontales assez larges comme fig. 40, A et C.

§ 86. Il est bon cependant d'observer que les modifications purement atmosphériques, et capables de produire une désagrégation complète, comme celle que l'on suppose ici, ne se font sous nos yeux qu'avec beaucoup de lenteur, en sorte que, pour arrondir ces blocs de granite, il faut nécessairement admettre un laps de temps immense. Aussi a-t-on pensé à chercher une autre explication, et l'on a supposé qu'à de certaines époques il y avait eu des émanations gazeuses plus ou moins analogues à celles des solfatares, § 64 et 78, qui détruisent si rapidement les produits volcaniques les plus solides, et que les phénomènes observés en étaient le résultat. Cette idée peut être appuyée sur l'altération profonde qu'ont alors subie ces roches; altération telle, que les matières terreuses qui en résultent sont solubles dans des acides qui n'attaquent ni les roches granitiques intactes, ni même les produits de la désagrégation lente qui s'en fait journellement à l'air. L'effet de ces vapeurs aurait été de produire sur place les matières terreuses et graveleuses qui recouvrent si souvent les pays granitiques, et au milieu desquelles se trouvent des parties plus ou moins volumineuses, fréquemment aussi de forme arrondie, que la décomposition n'a pas pénétrées. On concevrait alors que des courants d'eau ont pu entraîner les matières entièrement altérées, en laissant sur place toutes les parties qui ne l'étaient pas, et qui se présentent aujourd'hui comme des blocs empilés à la surface des terrains émergés.

§ 87. **Action des vents, Dunes.** — Les vents n'ont par eux-mêmes qu'une bien faible action sur les masses minérales solides; ce n'est guère que sur les dépôts de sables fins et meubles que leurs effets se font sentir, et donnent lieu à quelques observations intéressantes. Dans les déserts d'Afrique et d'Arabie, les vents soulèvent des nuages immenses de sables brûlants, les transportent d'une

extrémité à l'autre, et déterminent subitement de vastes collines, qu'un nouveau coup de vent vient détruire à leur tour. Les côtes sableuses des mers sont exposées à des effets analogues; le moindre coup de vent sur une plage unie y met le sable sec en mouvement, et détermine à sa surface une multitude de rides séparées par un intervalle plus ou moins large; à la bouffée de vent suivante, toutes ces rides rentrent en mouvement, et bientôt chacune d'elles se trouve occuper la distance qui la séparait de la ride précédente. C'est en petit le phénomène des *dunes*, qui se forment sur les côtes plates et sableuses de nos continents, et qui envahissent de très-grands espaces dans la plaine, en arrêtant tous les petits ruisseaux, et formant des marais ou des lagunes plus ou moins étendus. Ces dunes sont des collines de sable fin qui ont ordinairement 6 à 8 mètres de hauteur, quelquefois 10 à 20, même 30, et très-rarement vont jusqu'à 80 et 100; elles sont placées irrégulièrement sur toute l'étendue de la plage, et dans des directions variées, comme les vents qui leur donnent naissance. Leur nombre augmente continuellement à mesure que la mer fournit des sables, et, sans cesse en mouvement, elles avancent constamment dans l'intérieur des terres. Les vents de mer poussent le sable du pied *a* d'une butte vers le sommet *b*, fig. 41, d'où il tombe suivant *bc*, en formant un talus d'ébou-



lement toujours plus rapide que le talus antérieur. Il en résulte qu'une butte, comme *abc*, fig. 42, s'accroît successivement en arrière si de nouveaux sables lui sont fournis en avant, ou se déplace si ce sont les mêmes sables qui se trouvent continuellement remaniés. C'est ainsi que chaque colline s'avance dans les terres, et que leur ensemble a couvert de sables, sur toute la longueur du rivage, des étendues plus ou moins larges, suivant les localités; beaucoup de villages ont été successivement envahis, beaucoup d'autres sont menacés, et seront tôt ou tard ensevelis si l'on ne parvient à arrêter la mobilité des sables par des plantations convenables. La marche est plus ou moins rapide, suivant les lieux et suivant les temps; on a vu des dunes s'avancer de 20 à 25 mètres par année, d'autres de 70 à 80, et même jusqu'à 300; mais il paraît y avoir des moments d'arrêt comme des moments de charriage, et d'ailleurs, toutes les dunes d'un même rivage ne marchent pas à la fois, de sorte que leur ensemble n'a couvert que des bandes de terrains peu étendues depuis

le commencement du phénomène (6 à 8 kilomètres sur les côtes de la Guienne), et qu'en définitive on ne peut admettre que 1 à 2 mètres d'avancement par année.

§ 88. **Action de la foudre.** — Pour terminer l'énoncé des effets atmosphériques, nous ajouterons que la foudre peut en produire encore d'assez remarquables. D'un côté, on a observé, dans un assez grand nombre de lieux, et sur diverses roches, des traces de fusion produite par la chute de la foudre dans les hautes montagnes. D'un autre, les observations de Friedler nous ont appris qu'en pénétrant dans les sables la foudre y creuse des canaux étroits, irréguliers, souvent très-profonds, dont les parois sont consolidées par la fusion du quartz même ; c'est ce qu'on a observé aujourd'hui dans un assez grand nombre de lieux . en Amérique, en Angleterre, en Allemagne. Il y a aussi des cas où des portions considérables de rochers sont retournées par la foudre, arrachées de leur place, lancées à de grandes distances, ou brisées de différentes manières.

§ 89. **Effets des eaux. Action dissolvante.** — Les eaux jouent un rôle très-important dans les changements qui se font à la surface du globe ; quelquefois par leur action dissolvante, mais le plus souvent par leur action délayante, par leur poids, et surtout par les mouvements dont elles peuvent être animées, par la force de transport qui résulte de leur vitesse. De là des modifications diverses, dont il faut apprécier l'importance et l'étendue.

Les eaux exercent une action chimique sur les substances qu'elles peuvent dissoudre, soit immédiatement, soit au moyen de l'acide carbonique qu'elles renferment quelquefois. Immédiatement, elles agissent sur quelques sels très-solubles qu'elles enlèvent de côté et d'autre ou sur quelques dépôts de sulfate de chaux qu'elles corrodent de diverses manières. Chargées plus ou moins d'acide carbonique, elles exercent leur action sur les roches calcaires, soit dans le sein de la terre, d'où elles reviennent former des tufs à la surface ; soit dans les hautes montagnes, surtout au moment de la fonte des neiges. Dans ce dernier cas, l'eau, qui s'empare généralement de l'acide carbonique renfermé dans l'air, en contient beaucoup plus qu'en tout autre temps, par suite de la basse température à laquelle elle se trouve ; et, coulant le long des masses calcaires, elle y forme des sillons verticaux, qui s'approfondissent de plus en plus et provoquent quelquefois des éboulements plus ou moins considérables. Ces effets se font remarquer surtout dans les Alpes et les Pyrénées, là où les neiges séjournent pendant une partie de l'année et se fondent petit à petit dans la belle saison. Dans les Cévennes et le haut Jura, les gouttes de pluie corrodent les saillies calcaires, et les blocs isolés

des plateaux élevés, et les eaux résultantes y creusent de petits sillons qui suivent la direction des pentes que présentent leurs surfaces.

§ 90. *Effets de l'action délayante.* — L'eau, en pénétrant dans les couches argileuses, les ramollit quelquefois au point que ces masses ne peuvent plus se soutenir sous les pentes qu'elles avaient eues jusqu'alors, et qu'elles s'écroulent sous leur propre poids : c'est ce qui a causé un grand nombre d'éboulements dans les terrains de sédiment. Une des catastrophes les plus remarquables qu'on puisse citer en ce genre est celle qui arriva, en 1806, au *Ruffiberg* ou *Rosberg*, en Suisse, après une saison très-pluvieuse. Les matières argileuses, qui servent de ciment aux cailloux roulés dont la montagne est formée, se trouvant délayées, il se détacha tout à coup une masse de plus de 50 millions de mètres cubes qui se précipita dans la vallée, y forma des collines de 60 mètres de hauteur, et ensevelit plusieurs villages sous des amas de fange et de cailloux. C'est dans des circonstances analogues que fut détruite la ville de Pleurs, dans la Valteline, en l'an 1648, et une partie de la ville de Salzbourg, en 1669. Souvent on a vu, sur une petite échelle, des couches puissantes de roches glisser lentement dans le fond des vallées sur les couches de matières argileuses délayées qui les supportaient, et déplacer tranquillement les plantations, les habitations mêmes qui les couvraient, sans que les propriétaires s'en aperçussent au premier moment.

Les eaux qui filtrent à travers les roches jusqu'aux couches argileuses qui peuvent les arrêter, et sur le plan desquelles elles se dirigent au jour, délayent quelquefois aussi ces matières, en entraînent successivement des parties, et surtout les sables qui peuvent les recouvrir. Il en résulte, vers les points où elles sortent de terre sur le penchant des coteaux, des vides plus ou moins étendus qui laissent hors d'appui les masses solides superposées, et celles-ci, se dislo-

Fig. 43.

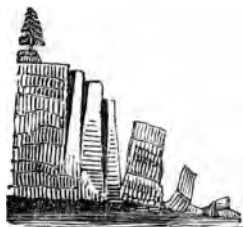
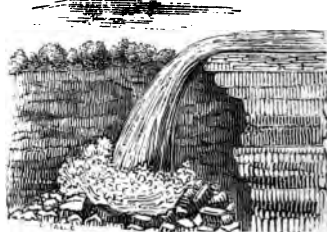


Fig. 44.



Escarpelements produits par l'action des eaux.

quant alors de diverses manières, fig. 43, sont bientôt culbutées : c'est ce qu'on voit fréquemment dans certains escarpements au pied desquels se trouvent des couches argilo-sableuses qui conduisent les sources au dehors.

Quelque chose d'analogue arrive lorsque, baignant le pied des montagnes, les eaux y trouvent des matières qu'elles peuvent délayer ou désagréger. Ces matières étant détruites, les parties supérieures du terrain se trouvent bientôt en surplomb, et il se fait des éboulements plus ou moins considérables : c'est ce qui a lieu sur les côtes maritimes; sur les bords des lacs ou des rivières, où il se forme ainsi des escarpements plus ou moins élevés, qui se dégradent de plus en plus. La même chose se passe quelquefois au pied des cascades qui se précipitent par-dessus des rochers à pic, fig. 44, formés de dépôts alternatifs calcaires et argileux; ces derniers sont désagrégés et entraînés petit à petit par les eaux qui suintent le long de la paroi, ou qui rejaillissent après la chute, et les autres couches, mises en surplomb, ne peuvent manquer de s'ébouler tôt ou tard sous leur propre poids, et à l'aide des fissures qui résultent de leur soulèvement, § 432. Dans ce cas, la cascade s'enfoncé dans la masse du terrain, et, le même effet se répétant successivement, il se forme une gorge de toute la largeur du ruisseau, et qui s'approfondit de plus en plus. C'est ainsi que la cascade du Niagara, par laquelle le lac Erié se précipite dans le lac Ontario, a reculé successivement depuis l'établissement des Européens en Amérique, et sans doute a creusé antérieurement le lit profond par lequel ses eaux s'échappent ensuite.

§ 94. **Effets du poids des eaux.** — L'eau agissant par son poids comme tous les autres corps, doit contribuer souvent aux éboulements que nous avons signalés, et il n'est pas moins certain qu'elle exerce ainsi une action puissante sur les digues qui peuvent la retenir. Nous en voyons les malheureux effets dans les inondations auxquelles diverses contrées sont exposées par suite de leur position au-dessous des fleuves, des lacs ou des mers, retenus par des digues naturelles ou artificielles. La formation du *Zuyderzée*, en 1225, et du *Bies-Bosch*, en 1421; les inondations nombreuses des *polders*, celles qui ont désolé dernièrement la Camargue, en sont de tristes exemples, auxquels, à la vérité, l'action du courant a eu autant de part que l'élévation des eaux. Lorsque, par suite des éboulements, certaines vallées se trouvent barrées, les eaux amassées en lacs réussissent souvent, par leur poids seul, à pousser devant elles les obstacles qui s'opposaient à leur passage : c'est ce qui est arrivé dans la vallée de Bagne en Valais, en 1848, et ce qu'on a vu

souvent à la suite des tremblements de terre, ou les eaux, arrêtées momentanément, ont fini par faire plus de dégâts dans la contrée que le phénomène passager qui venait de l'ébranler, § 30 et 95.

§ 92. **Action des eaux courantes.** — A l'action délayante et au poids des eaux, se joint souvent une nouvelle force par le mouvement dont elles peuvent être animées, et qui dépend de la vitesse acquise en parcourant des pentes plus ou moins rapides. Cette force est quelquefois d'une prodigieuse intensité, et capable des plus grands effets, qu'on peut surtout observer dans les montagnes. Il n'est personne qui n'ait eu l'occasion de la remarquer, après les orages, sur les dépôts meubles si fréquents à la surface de la terre, et d'observer les ravines qui se trouvent alors creusées; mais les effets sont d'autant plus puissants que les pentes sont plus rapides et la masse d'eau plus considérable, de sorte que quand une trombe ou un violent orage vient fondre sur une haute montagne, il arrive souvent que le terrain, à moins qu'il ne présente absolument que le roc vif, se trouve balayé et raviné à une grande profondeur. Les fissures nombreuses dont la surface des rochers est criblée, donnant immédiatement prise à l'action des eaux, il se détache aussitôt une masse considérable de fragments qui augmentent de plus en plus le pouvoir destructeur du courant. Bientôt alors des blocs de toutes dimensions se trouvent arrachés à la montagne¹, enlevés, transportés à de grandes distances, décuplant, centuplant les effets en raison de leur masse et de la vitesse qu'ils acquièrent. De là des ravins effrayants sur des pentes jadis unies, et une immense accumulation de débris au pied de la montagne et sur toute la partie du terrain où la vitesse s'est successivement ralentie. Les torrents gonflés par les circonstances de ce genre, ou par la fonte subite des neiges, produisent également d'effroyables ravages; ils enlèvent tout sur leur passage, jusqu'au roc vif, que bientôt ils attaquent lui-même avec force, au moyen des fragments et des blocs qu'ils poussent avec rapidité. Rien de plus effrayant que ces cours d'eau, qu'il faut avoir vus dans les gorges qu'ils parcourent, et roulant quelquefois des rochers de 10 à 15 mètres cubes, pour s'en faire une idée exacte.

Si, après la rentrée du torrent dans ses limites ordinaires, on parcourt les parties de la vallée qu'il a remplies, on trouve des change-

¹ Toutes les roches qui composent la surface terrestre sont fracturées de toutes les manières; c'est à la faveur de ces fissures que des blocs énormes peuvent être détachés en certains points par la force des eaux, tandis qu'en d'autres on voit en quelque sorte le terrain résister indéfiniment.

ments considérables dans le nombre et la position des blocs qu'on y observait auparavant. On remarque aussi tant sur le fond que sur les parties latérales, jusqu'à la hauteur des eaux, que les rochers sont fraîchement usés, cannelés, même très-profondément lorsqu'ils sont calcaires; ce qui résulte évidemment de l'action des blocs durs et pesants que le courant entraînait. Sur d'autres points, des cassures fraîches indiquent les arrachements violents de parties plus ou moins considérables de rochers, en même temps que la propreté du lit atteste le balayage des fragments et des terres qui se détachent journellement des parois.

§ 93. On est souvent conduit à attribuer aux plus faibles courants, aux filets d'eaux qui coulent sur les rochers, une action qui à la longue semble déterminer des sillons tortueux plus ou moins profonds. Il est probable que ces effets ont lieu au moyen des grains de sable que ces eaux entraînent journellement, à moins qu'ils ne soient dus à une action délayante sur des rochers qui se désagrègent facilement dans les alternatives d'humidité et de sécheresse. On trouve partout de ces sillons au milieu des montagnes, et même sous les glaciers où ils sont produits sans doute par les eaux qui proviennent de leur fusion.

§ 94. *Effets des chutes d'eau.* — Les eaux qui tombent en cascade d'une certaine hauteur produisent aussi des effets particuliers. Ce sont des cavités arrondies, plus ou moins larges, plus ou moins profondes au pied de la cascade, où elles sont produites tant par le choc des eaux que par les débris de rochers qu'elles charrient. On observe fréquemment au fond de ces cavités des cailloux roulés, plus ou moins nombreux, plus ou moins volumineux, qui, mis en mouvement par les eaux, finissent par creuser la roche assez profondément, déterminent sur les parois un poli plus ou moins vif, ainsi que des stries et des sillons circulaires. Quelquefois le diamètre intérieur des trous se trouve plus ou moins élargi par ce moyen, et l'orifice est resté plus petit. On cite de ces cavités dans toutes les parties du monde, soit auprès des cascades actuelles, soit au milieu des montagnes où elles ont été produites à des époques anciennes.

Nous devons mentionner des cavités du même genre au milieu des rivières, où elles sont produites par les remous des eaux qui impriment un mouvement giratoire aux sables et cailloux roulés qu'elles charrient. Il est probable qu'il s'en trouve également au milieu des mers peu profondes, et que c'est l'origine des tourbillons connus en diverses localités, dont quelques-uns sont très-dangereux pour les petits bâtiments qui s'en approchent.

Ces sortes de cavités, surtout lorsqu'on les trouve dans les montagnes, loin de toute chute d'eau aujourd'hui connue, portent le nom de *chaudière* et *marmite des géants*, *pot-holes* des Anglais.

§ 95. **Débâcle des lacs.** — Les lacs qui se forment quelquefois dans les vallées par suite des avalanches ou des éboulements qui sont venus les barrer, offrent encore dans leur débâcle quelque chose de plus effrayant que les courants ordinaires, **par suite** de la masse énorme d'eau qui peut s'écouler alors en quelques moments. A peine a-t-il commencé à se faire un écoulement par quelques fissures, que l'ouverture initiale augmente avec une prodigieuse rapidité, et qu'à l'instant, en quelque sorte, toute la digue est emportée. Un volume énorme d'eau se précipite alors avec une violence extrême, et rien ne peut résister à l'action combinée de la masse et de la vitesse, qui va quelquefois jusqu'à 15 et 20 mètres par seconde. Tout est culbuté, et les roches les plus solides, pour peu qu'elles fassent éperon sur la direction du courant, sont à l'instant arrachées, brisées, transportées à de grandes distances, et même en blocs énormes. Le déblayement est si complet à l'origine du courant et dans les passages étroits dont la pente est rapide, que le roc mis à nu semble avoir été taillé par la main des hommes : c'est ce qui arriva lors de la débâcle du lac qui s'était formée dans la vallée de Bagne en 1818, et ce dont on voit encore des traces sur les flancs des vallées qui furent ainsi barrées dans la Calabre pendant les tremblements de terre de 1783.

On ne peut douter, en voyant de tels résultats, que si, par l'effet de quelques commotions souterraines, il se formait une fissure dans la digue d'un grand lac, comme le lac Érié, par exemple, il ne se creusât en peu de temps une brèche profonde, exactement comparable aux défilés qu'on observe si fréquemment dans les vallées, § 49, et qu'on est si fortement tenté d'attribuer à des débâcles de lacs placés jadis les uns au-dessus des autres, comme le sont aujourd'hui ceux de l'Amérique du Nord.

§ 96. **Torrents boueux.** — Il se fait aussi, par une cause ou par l'autre, des torrents de matières boueuses, dont les ravages ne sont pas moins terribles. Quelquefois il arrive, comme en Irlande, que des tourbières, § 124, placées sur de très-légères pentes, après s'être gonflées, bombées plus ou moins en retenant l'eau des pluies, ne peuvent plus résister à la première averse et se mettent en mouvement. Elles s'écoulent alors, malgré la consistance de la pâte et la faiblesse des pentes, avec une prodigieuse rapidité, et renversent tout ce qui se trouve sur leur passage. C'est ce qui est également arrivé après l'éboulement de la Dent du Midi, dans les Alpes, en

1835. Une masse énorme de débris formant une boue noire qui renfermait à peine un dixième d'eau, portant même à sa surface des blocs énormes, s'écoula avec une extrême rapidité jusqu'au Rhône où elle se précipita en faisant refluer ses eaux avec une grande force sur l'autre rive. Dans d'autres circonstances les eaux de pluie détrempent des matières argileuses peu solides, s'amassent au milieu d'elles, et en un certain moment, les digues du réservoir venant à se rompre, il se fait un torrent de boue épaisse, rempli de fragments de roches et même de blocs suspendus dans la masse visqueuse, qui s'écoule avec une rapidité effrayante, culbutant tout et creusant des ravins profonds. Tel est le cas des *Nants sauvages*, dans la vallée de l'Arve, sur la pente nord des Alpes. Les éruptions boueuses de Java et du Pérou, § 78, ont produit plus de désastres dans leur course sur la pente du terrain, que par l'accumulation même du limon dont elles ont couvert la contrée.

§ 97. **Pentes des torrents et des rivières.** — Les eaux courantes produisent des effets d'autant plus désastreux que les pentes sur lesquelles elles se meuvent sont plus rapides ; mais il ne faut pas croire qu'il soit nécessaire pour cela que leur lit ait une inclinaison considérable. Les torrents les plus impétueux, formant un lit continu, et entraînant des blocs de $\frac{1}{2}$ mètre de côté ou de diamètre, n'offrent que des pentes de 1 à 2 degrés : beaucoup de rivières coulent avec une grande vitesse sur un sol beaucoup moins incliné, et des pentes de 3 à 4 minutes donnent à peu près, pour la rapidité, la limite des rivières navigables ; nos fleuves les plus rapides, qui offrent, à la vérité, une certaine profondeur d'eau, comme le Rhin, le Rhône, etc., ne présentent même que des pentes de 1 à 2 minutes, et dans plusieurs parties de leur cours, ils coulent sur des pentes de 4 à 8 secondes seulement. Ces données sont très-importantes comme terme de comparaison ; car on voit alors quels effets prodigieux pourraient produire de plus fortes pentes et de plus grandes profondeurs. Il n'est pas nécessaire de pousser bien loin l'exagération ; car si nos torrents de 1 à 2 degrés de pente peuvent rouler des masses de $\frac{1}{2}$ mètre de diamètre, quelle serait leur force avec des pentes doubles ou triples ? Que serait-ce, sans changer de pente, si la profondeur d'eau devenait égale à celle de nos grands fleuves ? Il est clair que la boue la plus épaisse pourrait acquérir alors une vitesse énorme et capable des plus prodigieux effets. Si les rivières cessent d'être navigables par la rapidité au delà des pentes de 3 à 4 minutes, quelles seraient, malgré la faiblesse de l'inclinaison, la vitesse et la force avec de plus grandes profondeurs ? Que ne doit-il pas s'être passé quand nous voyons, par divers phé-

nomènes, que des eaux courantes ont pu remplir des vallées de plusieurs centaines de mètres de profondeur ? On conçoit donc facilement les dégradations les plus épouvantables, le transport des blocs les plus volumineux, sans sortir à peine des limites des phénomènes actuels, § 214 à 217, 307 à 309.

§ 98. **Action des vagues et des marées.** — Si les eaux qui humectent continuellement le pied des montagnes peuvent en délayer, en désagréger les couches inférieures, et provoquer l'éboulement des parties qu'elles mettent en surplomb, il est clair que des eaux continuellement agitées, lancées parfois avec une force extrême sur les continents, doivent aussi avoir une action prodigieuse sur les côtes. Les flots ont en effet une énorme puissance, là surtout où des rochers abrupts se trouvent immédiatement exposés aux vagues d'une mer ouverte. Le choc est quelquefois tel que la terre tremble sous les pieds ; que les digues les plus solides ne peuvent résister : que des blocs énormes de pierre sont arrachés, portés au loin dans les terres, poussés à contre-pente sur le rivage, lancés quelquefois verticalement par-dessus les jetées, où ils roulent ensuite comme de légers cailloux : de puissants bancs de sable et de galets sont souvent déblayés, et des contrées entières se trouvent en un instant détruites ou couvertes de débris.

Les chroniques et les traditions des contrées maritimes nous offrent de nombreux exemples des changements successifs, des désastres instantanés qui ont eu lieu dans un grand nombre de localités. Il s'en est fait d'immenses, et chaque jour il s'en fait de nouveaux sur les côtes plates, sableuses, qui bordent les mers dans les diverses parties du monde. Nous en avons des exemples fameux depuis les bouches de l'Escaut jusqu'au canal de Jutland, où l'on a vu se produire le Bies-Bosch, le Zuyderzée, le Dollart, etc., dans des marées extraordinaires, et où se sont opérés d'innombrables changements dans les îles, depuis le Texel jusqu'aux bouches de l'Elbe, dans les détours du Lymfiord, ou sur les côtes du Cattegat et de la Baltique. D'immenses coupures, des anses, des golfes profonds s'y sont formés à diverses reprises pendant les tempêtes, et s'y forment encore tous les jours par l'action ordinaire des vagues, qui tantôt apportent des masses de sable, et tantôt détruisent les digues qu'elles avaient jadis formées.

§ 99. Ce n'est pas seulement sur les terrains meubles que l'action des flots se manifeste ; elle a lieu également sur les roches les plus solides, et de là des modifications journalières dans les falaises qu'on trouve sur les côtes de France et d'Angleterre et dans toutes les parties du monde. Plus la côte est abrupte, plus elle est exposée

aux dégradations des vagues, par la raison que, brisant immédiatement les flots, elle en éprouve le choc dans toute sa force. Sur les côtes plates, au contraire, le flot, courant sans obstacle, s'avance tant que sa force le lui permet, et jusqu'à ce qu'il ait successivement perdu toute sa vitesse; il apporte alors, en sables et cailloux roulés, beaucoup plus qu'il ne détruit, même sur les terrains les plus meul-



Fig. 45. Action des vagues sur des plans inclinés.

bles. La disposition naturelle des couches solides est tantôt opposée, tantôt favorable à l'action des flots : elle est opposée, lorsque ces couches, étant unies et bien homogènes, se trouvent inclinées vers la mer, fig. 45, parce que le retour d'une vague le long du talus diminue l'action de la vague suivante, dont le reste de force est uniquement employé à remonter sur le plan : ce n'est alors qu'à l'aide des crevasses et des fissures qui se trouvent dans la roche que les eaux parviennent à l'entamer. Il n'en est plus de même lorsque le terrain présente ses tranches à l'action des eaux, fig. 46 et 47; les parties inférieures, attaquées continuellement par



Fig. 46.

Fig. 47.

Action des vagues sur les rochers abrupts.

les chocs réitérés des flots, que rien ne contribue à diminuer, se dégradent et se creusent successivement, et d'autant plus vite que la matière est plus délayable ou plus facile à désagréger : les couches supérieures, qui se trouvent alors bientôt mises en surplomb, ne tardent pas à s'ébranler et à se précipiter dans la mer. C'est ainsi que des parties considérables de côtes ont été bouleversées à diverses époques, que des promontoires ont disparu, que d'autres ont été coupés et séparés du continent. Ces effets deviennent très-rapides dans les lieux où une mer profonde engloutit à mesure les blocs

détachés, ou dans ceux où la force des vagues est assez puissante pour balloter les débris, les user les uns par les autres et les déblayer successivement, de manière que le pied de l'escarpement reste toujours à nu : c'est ce qui arrive surtout quand le resserrement de deux côtes opposées détermine de forts courants, comme dans la Manche, entre la France et l'Angleterre, dans le canal Saint-Georges, etc., où les eaux de l'Atlantique, arrêtées dans leur cours, viennent battre avec fureur. Dans ces localités, la mer gagne constamment sur la montagne, et avec plus ou moins de rapidité, suivant le degré de résistance du terrain. Il existe en effet un grand nombre de narrations qui indiquent les dates des principaux éboulements, ou l'existence de phares, de tours, d'habitations, de villages même, qui ont été successivement abandonnés, et qui ont aujourd'hui complètement disparu.

Lorsque les masses de débris tombés des falaises ne sont pas im-



Fig. 48. Accumulation de débris s'opposant à l'action des vagues.

médiatement déblayées, il en résulte, fig. 48, un rempart naturel contre les vagues, qui viennent s'y briser avant d'atteindre le pied de l'escarpement; ce n'est alors qu'à la longue que ces débris peuvent être usés, arrondis, et enlevés petit à petit, ce qui dépend du degré de solidité de la roche dont ils sont formés. On imite au-

tant que possible ces remparts naturels en amenant des blocs de pierres au-devant des talus que l'on veut préserver, soit sur les côtes de la mer, soit sur les bords des rivières.

§ 400. L'action des vagues se manifeste aussi sur les falaises et sur les plages par des érosions diverses. Ici, ce sont de longues cannelures horizontales, à fleur d'eau, qu'on remarque surtout sur les roches calcaires; là, ce sont des cavités réelles qui s'enfoncent horizontalement dans la masse du terrain, dont les parois sont tantôt déchiquetées, tantôt unies, et marquées de cannelures circulaires qui attestent le roulis des matières dures dans leur intérieur; l'ouverture en est tantôt plus large, tantôt plus étroite que le fond. Ces cavités sont analogues aux marmites des géants, § 94, mais creusées par la vague dans les parois verticales des roches. Sur les plages, on voit aussi des cannelures plus ou moins profondes, perpendiculaires aux rivages, qui sont produites au moyen des débris que le flux et le reflux font constamment mouvoir.

§ 401. **Exemples de ruptures.** — Quand on a observé l'effet journalier des vagues sur les continents, on est naturellement conduit à penser que les nombreux accidents qu'on remarque sur les côtes, et dont on ne peut préciser les dates, ont eu la même origine. Si l'on doit attribuer à l'action des flots les excavations qu'on trouve au niveau des mers, sur les falaises calcaires, il paraît naturel de leur imputer aussi certaines arches qui traversent tout un promontoire. Cependant cette action ne s'exerce immédiatement que sur les matières délayables ou faciles à désagréger, comme la craie, les argiles, les matières arénacées, et elle est infiniment lente sur les matières dures; il y a des points où, depuis les époques historiques, elle n'a produit aucun effet. Dès lors il ne suffit pas, pour expliquer les faits, d'admettre uniquement la force érosive des eaux, ni même l'effort impétueux des vagues, il faut encore remarquer que les terrains sur lesquels cette action s'exerce ont été fissurés de toutes les manières, soit par des actions antérieures, soit dans le moment même, par des tremblements de terre, § 32, 432, et que c'est ainsi qu'ils ont cédé à l'action combinée des forces auxquelles ils étaient exposés. C'est par ce moyen, ainsi que par l'action des glaces flottantes entraînées des pôles, qu'on parvient à se rendre compte des rochers isolés, des îles qui avoisinent nos continents, de ces grandes coupures au travers desquelles la mer trouve un passage, de ces groupes de rochers découpés qui forment des rescifs au milieu des mers, enfin de tous ces démembrements si communs et si variés qu'on observe sur les côtes de France et d'Angleterre, dans les nombreuses îles qui s'étendent vers les mers du Nord, fig. 49 et 50, et dans un nombre infini de localités.

Fig. 49.



Fig. 50.



Exemples de rochers rompus, façonnés par les eaux.

§ 402. **Cailloux roulés.** — Dans les ravages que produisent les eaux courantes, les débris qui se trouvent arrachés aux montagnes sont transportés plus ou moins loin, selon que les inclinaisons du sol permettent à la force du courant de se conserver sur des distances plus ou moins considérables; mais à mesure que les pentes diminuent, la vitesse décroît successivement, et successivement aussi les plus gros blocs restent en arrière au fond de la vallée, puis ceux de moindre dimension, et ainsi de suite jusqu'aux sables et limons, qui sont souvent transportés à d'énormes distances. Dans ce roulis de différentes matières, les blocs et les fragments, se heurtant pendant leur transport, se frottant les uns sur les autres et contre la paroi solide du terrain, perdent successivement leurs arêtes et leurs angles, et finissent par être complètement arrondis, par former ce qu'on appelle des *cailloux roulés* ou *galets*, qui peuvent être plus ou moins volumineux. Toute la partie inférieure des torrents, là où le terrain s'aplanit suffisamment, où la vallée s'élargissant permet aux eaux de s'étendre en diminuant de profondeur, et par conséquent de vitesse, se trouve généralement couverte de ces cailloux, qui s'amassent quelquefois en quantité immense, et à travers lesquels, dans sa tenue ordinaire, le ruisseau serpente de différentes manières dans un lit qu'il s'est formé, et dont il change souvent aux diverses crues. Les rivières et les lacs dans lesquels les torrents se jettent, et où ils perdent par conséquent leur vitesse, s'encombrent aussi journellement de ces cailloux, et c'est, par exemple, la cause de l'élévation continue du lit du Pô. Les *graviers* et les *sables*, qui ne sont que des cailloux fins, les limons qui résultent de l'usure générale et des parties terreuses déblayées, sont toujours transportés au loin, soit immédiatement dans les lacs ou les mers, soit dans les rivières, qui les déposent successivement sur leurs bords, et surtout vers leurs embouchures que l'on voit alors s'encombrer de plus en plus, § 408.

§ 403. Il se fait aussi des cailloux roulés en quelque sorte sur place, par l'action des flots sur les roches éboulées. C'est ainsi que, sur les côtes de France et d'Angleterre, les silex des craies sont arrondis, usés les uns par les autres, et constituent des bancs de galets considérables. Quelque chose de semblable a dû s'opérer dans des points qui sont aujourd'hui à l'intérieur des terres, où l'on trouve des cailloux roulés, des blocs arrondis, à peu de distance des rochers dont ils ont été détachés : c'est ce qu'on remarque surtout fréquemment autour des buttes basaltiques de la partie sud des Cévennes, soit au milieu des masses de débris qui en forment les pentes, soit dans les alluvions qui composent les plaines voisines

Dans les torrents boueux, § 96, qu'à la vérité on n'a jamais vus parcourir de grands espaces, les blocs et les fragments paraissent s'arrondir beaucoup moins que dans les cours d'eau ordinaires. Une circonstance remarquable de ces torrents, c'est que les débris qu'ils renferment sont généralement déposés sur les bords des ravins qu'ils ont creusés, et au niveau même que la masse visqueuse atteignait, précisément comme s'ils avaient nagé à la surface : c'est la disposition que présentent les débris le long des Nants sauvages de la vallée de Sallenche.

§ 104. **Transport des roches par les glaces flottantes.** — Si des cailloux, des blocs plus ou moins considérables, peuvent être roulés par les eaux à des distances souvent très-grandes de leur place originare, il est aussi d'autres moyens de transport que nous devons signaler ici, parce qu'ils nous fourniront quelques explications de certaines particularités des dépôts les plus modernes. Pour peu qu'on ait examiné ce qui se passe dans nos climats au moment de la débâcle des glaces d'une rivière, on aura vu les glaçons soulevés par la crue des eaux, emporter avec eux des masses de cailloux roulés ou même de terre arrachée au rivage. Or, les choses se font plus en grand dans les régions froides, comme la Russie, la Nouvelle-Zemble, les côtes du Groënland, du Canada, etc. Les glaces étant plus épaisses soulèvent des blocs plus ou moins volumineux, au moment de la débâcle, et les emportent plus ou moins loin comme sur des radeaux. Ces glaces viennent bientôt échouer çà et là sur les rivages, puis en se fondant y laissent les blocs, à peine émoussés sur leurs arêtes et leurs angles, et indiquant ensuite la hauteur de la crue par leur position. Quelquefois on trouve des blocs de granite du poids de plusieurs milliers embarrassés et suspendus dans les branches d'arbres qui bordent les rivières à des distances plus ou moins grandes.

Dans les mers circumpolaires, les glaciers qui descendent souvent des montagnes jusqu'à la mer, se trouvent remplis, tant à la surface de leur masse que dans leur intérieur, de blocs de roches plus ou moins volumineux, de fragments et de graviers, la plupart à arêtes vives, et en quantités considérables. Or, l'éboulement de ces parties inférieures dans la mer produit des glaces flottantes qui emportent avec elles tous ces débris.

Tous les voyageurs ont rencontré de ces îles de glaces flottantes en pleine mer et charriant ainsi les débris des montagnes dans toutes les directions. Ces sortes de radeaux viennent échouer çà et là sur les côtes, dans les anses, dans les bassins, à l'embouchure des fleuves où ils se précipitent, et y laissent des débris qui

peuvent y être parvenus de très-loin. D'autres glaçons au contraire se brisent ou se fondent au milieu des mers, et laissant aller les débris, déterminent çà et là des dépôts adventifs plus ou moins étendus, qui s'opèrent presque toujours dans la même direction, parce que c'est toujours aussi dans le même sens que, tous les ans, les courants de glaces flottantes se font sensiblement. Le nombre des blocs charriés ainsi sur les côtes diminue à mesure qu'on avance vers l'équateur.

§ 405. *Transport par les glaciers.* — Les glaciers (voir *Météorologie*), qui occupent les hautes vallées des grandes chaînes de montagnes, sont aussi des moyens de transport extrêmement remarquables. Diverses circonstances permettent à ces dépôts de se mouvoir constamment et de descendre sur la pente des terrains qu'ils supportent; or, leur surface se trouve couverte de fragments de blocs tombés des montagnes environnantes, et il arrive que tout est charrié lentement de l'extrémité supérieure à l'extrémité inférieure, et que des blocs, souvent d'une énorme dimension, se trouvent portés, sans avoir subi de frottement, à des distances considérables du lieu de leur origine. Ces débris, par suite de divers phénomènes dans le détail desquels nous ne pouvons entrer, s'accumulent toujours sur les parties latérales du glacier contre le flanc de la vallée, et arrivent aussi, par l'influence des vallées latérales qui amènent leur contingent, en longues bandes sur le milieu; il en résulte de petites collines allongées, qu'on désigne sous le nom de *moraines*. Tous ces débris, parvenus à l'extrémité inférieure du glacier, culbutent dans la vallée sur sa pente, et forment à son pied d'autres moraines, quelquefois assez élevées. Or, s'il arrive qu'après avoir augmenté pendant un certain temps, par suite d'une suite d'étés froids, le glacier diminue par une succession d'été chauds et prolongés, les moraines de diverses sortes restent sur le terrain abandonné par les glaces, et forment, les unes des espèces de digues plus ou moins hautes au fond et en travers de la vallée, les autres de longues bandes sur ses flancs et à une hauteur plus ou moins considérable. Ce sont alors autant de dépôts adventifs où l'on trouve entassées pêle-mêle, en fragments et blocs de toutes dimensions, toutes les roches de la vallée. Souvent on reconnaît de ces délaissements en divers points, même à d'assez grandes distances, qui indiquent les états des glaciers à diverses époques.

Sur les terres polaires, les glaciers descendent jusqu'à la mer, à la surface de laquelle quelquefois ils surplombent, et leur extrémité est souvent coupée à pic par suite des blocs qui s'en détachent journellement; il en résulte qu'il n'y a pas de moraines terminales, du

moins qu'on puisse voir, et les moraines latérales sont généralement mal circonscrites. Mais on a remarqué que toute la surface inférieure est recouverte d'un grand nombre de blocs et de graviers, qu'on observe aussi dans la masse même. Ce sont les blocs de glace détachés de ces glaciers, aussi bien que les glaces formées sur la côte, § 104, qui charrient les débris de roches dans toutes les directions.

Il n'est pas inutile de remarquer que les pentes des glaciers sont toujours plus fortes que celles des rivières, et ne descendent jamais au-dessous de 3 degrés. Ce doit être par conséquent aussi la pente minimum des amas de débris accumulés par eux sur les flancs de la vallée; de sorte qu'on a un moyen de distinguer les moraines latérales restées sur les pentes, d'avec les dépôts qui pourraient avoir été faits par des courants dont les inclinaisons sont toujours beaucoup plus faibles, § 97.

§ 106. **Usure, polissage, stries et canclures des roches.** — Maintenant que nous avons vu les mouvements des glaciers, l'action des eaux courantes pour enlever et entraîner des blocs plus ou moins volumineux, et les charrier sur les glaces flottantes, étudions quelques actions dont nous n'avons pas encore parlé, en y joignant celle du transport des sables par les vents.

Il n'est pas rare de rencontrer dans le midi de la France, en Provence et en Languedoc, des parties de roches calcaires polies et brillantes, qui doivent évidemment cette manière d'être à l'action des sables fins que les vents soulèvent sur les grandes routes et font mouvoir avec une grande vitesse. Les roches du désert sont également polies, quelquefois comme corrodées, de la même manière. Les sables transportés par les eaux produisent plus souvent encore les mêmes effets, non-seulement sur les calcaires, mais encore sur les roches les plus dures, dans le lit des ruisseaux, sur lequel on ne peut alors marcher qu'avec précaution. Les blocs de roches transportés par les eaux torrentielles produisent çà et là des sulcatures plus ou moins profondes, § 92, aussi bien sur le fond du lit que sur les parois latérales qui suivent la direction du cours d'eau. Ces sillons sont très-visibles après un orage, mais ils s'effacent ensuite en grande partie, quoique cependant on en découvre encore des restes longtemps après. Rappelons aussi les sillons tortueux qui se font dans les montagnes, § 93, ainsi que sur les bords de la mer par l'action du flux et reflux, § 100, et enfin les cannelures qui ont lieu sur les rochers calcaires par l'action des eaux chargées d'acide carbonique, § 89.

Il est fort à présumer que les glaces flottantes des mers polaires, exercent une action très-puissante sur les flancs des rochers qu'elles rencontrent, et sur les sommets des montagnes sous-marines. \

semble que des masses qui s'élèvent jusqu'à 90 mètres au-dessus des mers, dont la partie plongée atteint un volume sept à huit fois plus considérable, poussées souvent avec violence, doivent pouvoir, non-seulement briser les montagnes, mais encore user, polir, strier, sillonner leurs roches dans diverses directions, suivant que les vents les poussent dans un sens ou dans l'autre; c'est ce que beaucoup de géologues ont pensé, et cependant il faut dire que le fait en lui-même n'a pas été immédiatement vérifié et que certains voyageurs exposent des idées tout à fait contraires.

§ 407. Une action plus positive est celle que les glaciers exercent à la surface des roches sur lesquelles ils peuvent glisser. C'est un fait rigoureusement établi que sur le fond d'un glacier, partout où l'on peut pénétrer, les roches sont usées, polies, arrondies sur leurs angles et converties en ce qu'on nomme les *roches moutonnées*. Les surfaces sont aussi recouvertes d'une multitude de stries rectilignes, très-fines, et de sillons qui suivent en général la direction de la vallée, divergent là où le glacier s'élargit, etc.; c'est ce qu'on voit très-clairement en se fourrant sous le glacier, là où la chose est possible, et déblayant tous les menus débris et la boue qui en forme le fond. Les parties latérales sont usées, polies et striées de même partout où la glace les touche, et même sur les parties surplombantes; la glace que l'on brise dans ces points renferme encore les cailloux et les grains de sable qui ont gravé ces empreintes. Ces stries latérales sont parallèles entre elles et à la surface du glacier; mais elles se relèvent souvent jusqu'à l'angle de 45°, ce qui tient à l'exhaussement de la masse de glace, qui détermine alors deux sortes de mouvements; l'un en aval qui tend à produire des stries horizontales, l'autre de bas en haut qui en produirait de verticales; la résultante est la moyenne quand les deux forces sont égales.

Les fragments de roches qui passent sous les glaciers sont triturés, broyés de toutes les manières, souvent arrondis, et en général couverts de stries; c'est par la présence de ces débris striés qu'on peut distinguer les débris accumulés par un glacier de ceux qui ont été formés par des cours d'eau dont les cailloux sont toujours unis à la surface.

§ 408. **Dépôts de détritits formés par les eaux.** — Nous n'avons considéré jusqu'ici les eaux que comme des agents destructeurs; mais par cela même que sans cesse elles dégradent nos continents, il faut bien qu'elles créent quelque part de nouveaux dépôts en proportion de ce qu'elles enlèvent.

Si les mers, quand elles sont profondes, battent en général nos continents en brèche, il arrive aussi que dans leurs ondulations,

elles tendent à ramener sur les côtes basses, sous forme de cailloux et de sable, les débris qu'elles ont arrachés ou reçus de toute part. Elles les accumulent alors sur le rivage sous forme de talus ou *levées* qui atteignent le niveau des hautes marées, et qui offrent dans leur profil la courbe la plus convenable aux mouvements des eaux. Elles constituent ainsi, d'abord des dépôts de galets, car elles laissent premièrement ce qu'il y a de plus gros; puis des dépôts de sables, qui souvent aussi forment seuls toute la masse. C'est du sommet des levées de sable que partent les dunes, § 87, lorsque la matière, fine et meuble, peut ensuite donner prise aux vents.

Quelquefois les levées s'appliquent immédiatement sur les pentes des roches de la côte; mais il arrive le plus souvent qu'après avoir en partie comblé les baies et les golfes, la mer ne peut plus pousser ses flots jusqu'au fond des anfractuosités du rivage, et qu'elle forme en avant une digue naturelle sur laquelle les vagues viennent mourir. Dans ce cas, il reste derrière des terrains plus ou moins inondés, des marais et des lagunes, tantôt complètement fermés, tantôt offrant une ou plusieurs ouvertures qui donnent passage aux eaux fournies par les rivières du continent. C'est ce qu'on voit sur toutes les côtes basses, et ce que présentent d'ailleurs toutes les cartes. Ces dépôts relient entre elles les diverses saillies des rochers, et joignent souvent les îles au continent voisin.

Ces levées constituent des bourrelets plus ou moins continus, nommés *cordons littoraux*, qui régularisent, par des courbes simples, les anfractuosités naturelles des côtes, et au moyen desquels la mer s'est formée à elle-même une enceinte stable qui la sépare définitivement des terres, en opposant une barrière à ses flots. Dans les tempêtes, ces digues sont quelquefois rompues; mais dans les calmes, ces ouvertures se réparent bientôt d'elles-mêmes.

§ 109. Les torrents, après avoir arraché des débris de toute part, les avoir ballottés, entraînés à plus ou moins de distance, finissent toujours par les déposer à mesure que leur vitesse diminue, par conséquent à la partie inférieure de leur cours, à leur jonction avec les rivières ou les lacs. De là des amas immenses dont les parties grossières sont souvent liées entre elles par les limons qui se déposent en même temps. Les grandes rivières qui coulent dans des vallées peu inclinées, laissent généralement en arrière les parties les plus grossières et n'entraînent plus que celles qui sont en rapport avec la force qu'elles possèdent. Or, comme il arrive souvent que les pentes diminuent successivement, ces rivières laissent aussi successivement déposer les matières qu'elles charrient, et par là élèvent graduellement leur lit; elles finissent même, vers la fin de leur

cours, par se barrer à elles-mêmes le passage, et par se diviser en plusieurs petites branches, qui se forment des lits au milieu des sables et qui se déplacent successivement. Cette élévation du lit des rivières n'est nulle part plus apparente que dans le Pô, dont il a fallu toujours élever les digues pour empêcher ses divagations dans les plaines de la Lombardie; aussi ce fleuve est-il maintenant plus haut que les maisons qu'on avait jadis construites sur ses bords.

Les rivières ont couvert de sables les pays plats qu'elles parcourent sur une épaisseur et une étendue quelquefois considérable. Dans les grandes crues, ces sables sont souvent remaniés, transportés d'un point à l'autre, et forment çà et là des amas plus ou moins puissants, qui constituent, tantôt des îles au milieu du fleuve, tantôt des alluvions sur l'un de ses bords. Mais c'est surtout à leur embouchure, dans les mers à cordons littoraux, que les atterrissements deviennent plus remarquables. D'une part, il se fait des *barres* qui forment le prolongement sous-marin du cordon littoral, et sur lesquelles il ne peut souvent passer que de petits vaisseaux. D'une autre, les marais et les lagunes restés derrière le cordon littoral se comblent successivement, et il se forme enfin ce qu'on nomme des *deltas*, à cause de la forme triangulaire qu'ils affectent, comme aux extrémités du Rhône, du Pô, du Nil, du Mississippi, du Gange, etc., où même les atterrissements, après avoir tout rempli, ont dépassé la digue naturelle et se sont avancés dans la mer. C'est ainsi que des villes où se trouvaient jadis des ports très-fréquentés, sont maintenant au milieu des terres, parce que les bras de rivières, les canaux, les lagunes au bord desquels elles se trouvaient ont été comblés; beaucoup d'autres ne se sont conservées que par des travaux extraordinaires contre les atterrissements.

Dans les parties des mers où il n'y a pas de cordons littoraux qui aient préparé des réceptacles aux alluvions, les rivières débouchent par de larges ouvertures, comme la Gironde, la Loire, la Seine, la Tamise, l'Amazone, la Plata; les débris charriés par les eaux sont jetés dans la mer et s'y arrangent alors au gré des vagues. Ces sortes d'embouchures libres ont été nommées *deltas négatifs* ou *estuaires*.

§ 110. Les rivières transportent aussi beaucoup de débris organiques, surtout de végétaux qu'elles reçoivent dans leur cours. Il se fait dès lors çà et là des amas de ces matériaux, surtout dans les grands fleuves qui parcourent des contrées où la main des hommes n'a pas encore détruit les immenses forêts qui couvrent le pays. On en cite de grands dépôts dans le lit du Mississippi, le plus long peut-être des fleuves de la terre, celui où les affluents sont les plus considérables; ils y forment d'immenses radeaux de troncs d'arbres

lacés, arrêtés çà et là dans les ensablements, et qui finissent complètement ensevelis dans les alluvions. La masse de sable que ce fleuve transporte à la mer est telle, qu'on a été jusqu'à l'évaluer à plusieurs millions de mètres cubes par heure.

Les courants établis dans les mers transportent également des masses immenses de végétaux, de plantes marines et de débris orga- niques de tous les climats, qui se déposent dans les anses que ces courants marins rencontrent sur leur passage. C'est ce qu'on remarque à l'égard du courant atlantique, qui longe les côtes de l'Amérique, jusqu'aux régions glacées du nord, où les courants polaires entraînent les débris de ces contrées avec ceux des autres parties du globe.

Les lacs qui reçoivent les débris charriés par les rivières se remplissent petit à petit de tous ces matériaux; c'est ce qu'on voit dans plusieurs-uns d'entre eux où il s'est fait ainsi des marais et des atterrissements considérables. Il doit en être de même du fond des mers, et, à l'issue définitive, viennent aboutir toutes les eaux avec leurs limons et leurs sables; on conçoit qu'il doit s'y faire à la longue des dépôts qui s'accroissent de toutes les dépouilles des nombreux animaux qui pullulent dans ces vastes abîmes.

41. Dépôts des matières tenues en solution. — Si les eaux dégradent et entraînent différentes matières, elles en dissolvent d'autres, quelques-unes, § 89, et les déposent ensuite par évaporation sous la forme de sédiments solides, quelquefois même plus ou moins fins. C'est à l'infiltration de ces eaux, par exemple, que sont dues les stalactites de toute espèce qui se forment dans les diverses grottes souterraines, et dont la masse est surtout considérable dans les cavernes des pays calcaires. Mais il y a plus: certaines eaux sont assez riches en matières dissoutes, et assez abondantes pour servir de lieu à la formation de dépôts fort étendus à la surface de la terre. Ce sont surtout celles qui, au moyen de l'acide carbonique, sont tenues en solution une grande quantité de carbonate de chaux, et qui sont fournies par des sources abondantes ou nombreuses, donnent naissance à des ruisseaux, et même à des lacs, au fond desquels se forment naturellement ce qu'on nomme les *tufs calcaires*, dont il existe des masses très-considérables. Presque partout on trouve de ces eaux; pour peu qu'en parcourant une contrée calcaire on ait la moindre occasion de rechercher ce qu'elle peut offrir à l'observation, il est facile de n'en pas remarquer les effets. Ici, en s'éparpillant sur un terrain plat ou sur la pente d'une vallée, ces eaux incrustent les rochers qui y croissent naturellement, et, de ces incrustations agglomérées et superposées, il résulte des rochers plus ou moins con-

sidérables dont la masse se consolide par les nouvelles eaux qui circulent dans les vides, et en réunissent toutes les parties. Là, en roulant sur la pente d'un terrain dépourvu de végétation, ces eaux déposent des couches minces et successives qui en suivent les ondulations, et dont l'ensemble forme des masses compactes plus ou moins épaisses qui s'accroissent journellement. Ailleurs il n'est pas rare de voir les débris qui gisent au pied des montagnes ou des escarpements, cimentés plus ou moins solidement par la matière que ces eaux déposent entre leurs parties. Lorsque les eaux se rendent dans des marécages, elles en incrustent aussi toutes les plantes, et il arrive souvent alors qu'elles en recouvrent toute la surface d'une croûte sur laquelle se développent parfois de belles prairies; mais peu agrégées, mal supportées par les incrustations inférieures, ces croûtes superficielles offrent fréquemment un imminent danger à quiconque voudrait les traverser, par les fondrières qui se déclarent subitement sous les pas : les animaux surtout, attirés par la verdure, y sont fréquemment pris. Ce n'est qu'à la longue, par les eaux de même nature qui viennent successivement se perdre sous ces voûtes, que la base du dépôt prend plus de solidité, et qu'on peut ensuite le franchir avec une certaine sécurité, mais non sans trouver les traces des accidents qui y sont arrivés. Dans les lacs où se réunissent de telles eaux, il se forme des couches horizontales de matières calcaires plus ou moins solides, qui se remplissent souvent de coquilles fluviatiles, et même de coquilles terrestres que les ruisseaux y entraînent journellement des terres voisines.

Si un grand nombre de dépôts de tuf calcaire sont encore aujourd'hui en voie de formation, comme ceux de Vichy, de Saint-Allyre, près de Clermont, où ils ont formé un pont au-dessus du ruisseau de Tiretaine, d'un assez grand nombre de lieux en Bourgogne, en Quercy, dans les Cévennes, etc., il en est beaucoup où il paraît évident que les sources ont perdu considérablement de leur ancien volume, et plus encore où elles sont entièrement taries depuis un temps immémorial : mais dans ceux-ci même on reconnaît encore facilement l'origine des dépôts, par leur position en dehors des séries continues de formation dont nous parlerons dans la suite, et par la présence, la disposition et la nature, fluviatile ou terrestre, des débris organiques qu'on y rencontre.

§ 112. C'est aussi par des eaux plus ou moins chargées de carbonate de chaux que les sables rejetés par les vagues, soit dans les lacs d'eau douce, soit dans les mers, sont journellement consolidés. On cite à cet égard les sables du lac Supérieur dans l'Amérique septentrionale, ceux qui s'amoncellent dans le golfe de Messine, en

plusieurs points des côtes d'Angleterre, aux Antilles et principalement à la Guadeloupe, à la Nouvelle-Hollande, et dans la plupart des îles de la mer du Sud. Ces matières arénacées deviennent souvent assez solides pour être employées dans les constructions, et en divers lieux elles sont journellement extraites des bords de la mer pour cet usage.

§ 113. **Dépôts siliceux.** — Un assez grand nombre d'eaux minérales, et surtout celles qui sont chaudes, renferment, en même temps que le carbonate de chaux, une certaine quantité de silice : de là plusieurs tufs calcaires qui sont plus ou moins siliceux. Mais il y a aussi des sources où la silice est assez abondante pour former des dépôts considérables de tufs siliceux hydratés, tantôt à peu près purs, tantôt entremêlés avec diverses matières. Nous avons déjà cité les tufs des *geyser*, en Islande, § 82, dont les dépôts, de 3 à 4 mètres de puissance, s'étendent quelquefois très-loin. On en connaît de plus ou moins analogues, fournis également par des eaux chaudes, et souvent mélangés de matières étrangères, dans les monts Rocheux aux États-Unis, dans l'Inde, et aussi à Saint-Michel des Açores, où ils se trouvent par petits lits alternatifs, et par veines, dans des matières argileuses que les mêmes eaux amènent en abondance de l'intérieur de la terre. Dans tous il se trouve aussi des débris organiques, particulièrement végétaux, dont quelques-uns sont passés à l'état siliceux, tandis que les autres ont disparu et ont seulement laissé leurs empreintes.

§ 114. **Structure des dépôts de sédiment. Effets de chute.** — Si l'on examine les dépôts de détritits qui se forment au pied des montagnes par la destruction journalière des roches, on reconnaît que leurs pentes présentent des inclinaisons très-variables, dont les plus fortes ne vont jamais à 45°, et dont les plus faibles ne descendent guère au-dessous de 20°; les variations entre ces limites se trouvent en rapport avec la grosseur, la forme des fragments et les

circonstances de chute. De là il résulte que si, à des éboulements successifs, il se fait des variations dans la forme des fragments, dans les circonstances de chute, on aura une accumulation de dépôts dont les pentes seront successivement plus faibles, et qui offriront à peu près la disposition *a, b, c, d, e*, fig. 51, où chaque

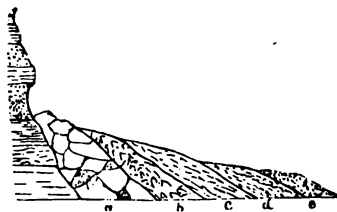


Fig. 51. Talus d'éboulement.

accroissement est plus épais dans le bas que dans la partie supé-

rieure. Il est évident que la même chose pourrait avoir lieu dans les eaux stagnantes, privées de tout mouvement; d'où il suit qu'à la chute d'une rivière dans un lac à parois rapides il pourrait se former des talus considérables très-inclinés, et que, par différentes crues qui amèneraient successivement des matériaux de grosseurs et de formes diverses, il se ferait aussi des dépôts analogues à ceux que nous venons de citer.

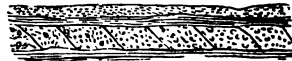
§ 115. *Effets d'entraînement.* — Si en quelques points, même sous les eaux, il peut se faire quelques dépôts à couches inclinées entre 20 et 45 degrés, il ne faut pas en conclure pour des dépôts établis sur des espaces où les eaux courantes s'étendant librement, peuvent pousser les débris arrachés de toutes parts. Ici les pentes des talus sont beaucoup moins rapides; jamais elles n'atteignent le minimum des pentes d'éboulement, et elles ne parviennent même à 40 ou 12 degrés que dans des cas exceptionnels qu'offrent des torrents d'une grande rapidité, à l'endroit où ils se précipitent dans une vallée transverse, et où il y a autant chute qu'entraînement. Le lit des rivières les plus rapides est infiniment moins incliné, § 97, et les dépôts successifs se font dans la plupart à peu près horizontalement. Les graviers et les sables que les vagues poussent sur les côtes se déposent aussi sous des angles très-faibles, et des pentes de 40 degrés sont des exceptions, même dans les localités exposées aux plus fortes lames; le plus souvent elles sont beaucoup au-dessous, et presque horizontales.

Il arrive souvent pendant l'entraînement des matières par des courants d'eau, et dans les crues des rivières où il se fait un remaniement du fond, qu'il s'opère des effets analogues à ceux que produisent les vents de mer sur les dunes, § 87. Des rides se forment en travers du courant; les matériaux divers, poussés par-dessus ces buttes initiales, s'accumulent derrière elles, en formant des talus d'éboulements successifs qui donnent au dépôt la structure fig. 52. Si le fleuve vient à changer de régime, il arrive bientôt que la surface ondulée du premier dépôt se trouve nivelée, et il se fait par-dessus des dépôts tranquilles, fig. 53, dont le précédent se distingue

Fig. 52.



Fig. 53.



Structure produite par l'entraînement des matières.

par la *structure* particulière qu'il doit aux circonstances de sa formation. Ces effets résultant du mélange de dépôts tranquilles et de

dépôts rapides, se voient très-clairement dans les atterrissements qui bordent nos rivières, et surtout dans les deltas qui terminent leurs cours, lorsque les eaux y ont creusé quelque ravin. On reconnaît alors que la masse du dépôt est formée d'assises sensiblement horizontales, à surface plus ou moins ondulée, fig. 54, qui se distinguent les unes des autres par la grosseur des parties compo-



Fig. 54. Structure observée dans les atterrissements des rivières.

santes, par la couleur, par des structures que les accumulations rapides ont produites, soit en poussant les matières dans le sens du courant habituel, comme dans les dépôts *a* et *b*, soit en sens inverse comme dans le dépôt *c*, qui indique des contre-courants formés à un moment ou à l'autre. Souvent il se fait çà et là des amas particuliers, *d*, qui sont ordinairement formés de graviers plus grosiers, ou de débris organiques divers.

Rappelons que derrière les différents obstacles qui peuvent s'opposer à un courant, il se fait souvent des accumulations de débris, allongées entre les deux branches latérales formées dans la masse liquide, et qui se continuent jusqu'à leur réunion : c'est ce qu'on voit fréquemment derrière les piles des ponts.

§ 446. *Effets des mouvements oscillatoires.* — Les grandes masses d'eau, sujettes, comme les mers, à des mouvements ondulatoires, nous présentent encore un autre ordre de faits; non-seulement les matières suspendues s'y déposent en couches horizontales, mais encore les plus faibles agitations ne permettent à aucune particule matérielle de se fixer d'une manière stable sur des plans sensiblement inclinés, et tendent au contraire à combler toutes les inégalités du fond. Il est impossible, à la vérité, de constater immédiatement ces effets au fond des mers; mais le nombre immense de sondages exécutés par la marine dans toutes les mers nous montre clairement que tous les fonds mouvants ont des inclinaisons extrêmement faibles, que des pentes de $\frac{1}{4}$ degré sont déjà rares, et qu'au-dessus elles sont tout à fait exceptionnelles : d'où il résulte que dans ces grands amas d'eau les couches formées par les dépôts successifs doivent être tout à fait horizontales. Nous voyons d'ailleurs ce fait de la manière la plus claire dans certains lacs en tout ou

en partie desséchés, où l'on rencontre des alternatives de couches de toute espèce nettement horizontales; c'est ce que présentent le lac Bakie, en Écosse; le lac Supérieur et le lac Huron, en Amérique. On reconnaît le même fait dans les fonds de mer soulevés qu'on rencontre en tant de lieux différents, et que nous avons indiqués en Suède et au Chili, § 32, 35.

Cette disposition des matières diverses suspendues dans les eaux, et rassemblées lit par lit sur le fond des marais, des rivières, des lacs, des mers, est ce qu'on nomme la *stratification*; les dépôts eux-mêmes sont dits alors *stratifiés*. Cette circonstance distingue éminemment les dépôts formés par voie aqueuse de ceux qui ont été produits par la fusion ignée, qui sont le plus souvent *massifs* ou divisés irrégulièrement.

§ 117. *Nature des dépôts; débris organiques.* — Les couches d'alluvion sont formées de cailloux roulés, de graviers et de sables, et aussi de limons plus ou moins analogues aux matières qu'on nomme argiles. Elles sont plus ou moins consolidées, tant sous leur propre poids que par les eaux chargées de carbonate de chaux ou de matières diverses qui peuvent les pénétrer. Dans les lacs, on voit des marnes calcaires et argileuses, qui ont surtout la propriété de se durcir à l'air, comme on l'observe dans quelques lacs à demi desséchés d'Écosse, dans les pierres de formation moderne qu'on tire de quelques marais de Hongrie, et dans celles du lac Supérieur et du lac Huron, aux États-Unis. On ne peut douter qu'il ne s'en forme de semblables dans les mers, puisque leurs eaux sont souvent assez calcarifères pour consolider les sables rejetés sur les côtes; et la nature des dépôts soulevés en tant de lieux différents ne peut laisser aucune incertitude à cet égard.

§ 118. Ces dépôts sont fréquemment remplis des débris de tous les êtres organisés qui vivent actuellement à la surface du globe. Dans les alluvions des rivières on trouve les débris des coquilles fluviatiles qui vivent encore dans les mêmes lieux, fig. 55 à 57, ou

Fig. 55.

*Paludina vivipara.*

Fig. 56.

*Planorbis corneus.*

Fig. 57.

*Lymnaea stagnalis.*

des coquilles terrestres, telles que nos divers limaçons, qui constituent le genre *hélice*, souvent en grand nombre, qui sont entraînées par les ruisseaux; il y a des branches et des troncs de bois disséminés, des amas de végétaux plus ou moins altérés, quelquefois en partie bituminisés, des ossements d'animaux terrestres ou aquatiques, plus rarement des ossements humains, mais souvent des débris de l'industrie, comme des fragments de briques et de poteries, etc. Tout cela était facile à prévoir, et il suffit d'avoir été témoin des effets de quelque grande inondation pour comprendre tout ce qui peut être enseveli sous les eaux.

Les alluvions formées par la mer sur les côtes présentent des circonstances absolument analogues; seulement, elles renferment des débris marins de toute espèce, tantôt seuls, tantôt mêlés aux débris fluviaux et terrestres apportés par les rivières. Les débris de l'industrie humaine y sont fréquents, et l'homme même y a laissé ses propres dépouilles, non-seulement dans les cimetières des villages envahis par les plages de sable, comme sur la côte de Cornouailles, mais encore au milieu des débris rejetés par la mer, comme à la Guadeloupe, où ses ossements se trouvent dans un sable consolidé par les tufs calcaires, et mêlés à des débris de l'industrie naissante. Dans les deltas qui se forment en partie par les eaux douces, en partie par la mer, on observe des alternances de couches, les unes remplies de débris marins, les autres de débris d'eau douce; mais, dans d'autres circonstances, tous ces restes se trouvent indistinctement mêlés.

§ 449. Les dépôts argileux, marneux ou calcaires, formés au fond des lacs. § 444, renferment des débris plus ou moins nombreux de coquilles fluviales, semblables à celles qui existent aujourd'hui dans les mêmes lieux, des coquilles terrestres entraînées de dessus les berges ou amenées par les ruisseaux, des poissons et, dans quelques cas, des débris de mammifères; des plantes diverses y ont laissé leurs empreintes, ou y sont pétrifiées en carbonate de chaux, ou même en silice. C'est là ce qu'on observe partout où se forment des dépôts de tuf calcaire, ce qu'on a remarqué dans les lacs Bakie et Kinnordy, en Écosse, dans le lac Supérieur et dans le lac Huron, aux États-Unis d'Amérique, où les dépôts paraissent être très-étendus.

Il n'est pas douteux qu'au fond des mers, les dépôts ne renferment également les débris des nombreux animaux qui y périssent journellement, et dont les dépouilles solides ne peuvent être transportées ailleurs. Les sondages nous en fournissent une preuve manifeste, et nous montrent des dépôts considérables en voie de forma-

tion et de consolidation, qui sont formés de débris de coquilles, de madrépores, d'échinides, d'une immense quantité de coquilles microscopiques nommées foraminifères, à cause de leurs nombreux petits trous, et même de débris d'infusoires, § 446, 447, composant presque à eux seuls la vase qui encombre nos ports. La drague a fréquemment rapporté des parties de ces amas de débris fortement agrégés entre eux, et fort analogues aux calcaires coquilliers grossiers de nos continents. Il existe aussi çà et là au fond des mers de grands amas de végétaux en voie de décomposition, et particulièrement dans les mers du Nord, où les capitaines baleiniers en ont fréquemment rencontré autour de Feroë, de l'Islande, du Spitzberg, etc. C'est en effet ce qui devait arriver, puisque les courants maritimes ne cessent de transporter les débris végétaux arrachés au fond des mers, et ceux qui sont apportés par les fleuves, § 440. On ne peut douter non plus que les couches sous-marines ne renferment de nombreux squelettes de poissons et de cétagés qui y terminent leur existence, et l'on cite en effet des sondages qui en ont arraché aux sables plus ou moins consolidés des bas-fonds. Du reste, comme les fleuves entraînent journellement des dépouilles de mammifères terrestres, leurs ossements doivent se déposer quelque part; il n'y a pas même jusqu'aux poissons d'eau douce dont les dépôts marins peuvent renfermer les restes, puisque dans les grandes inondations les poissons des rivières ne peuvent résister à la force des courants et sont entraînés à la mer. On a des exemples de rivières entièrement dépeuplées de poissons après de semblables catastrophes.

§ 420. **Bancs de corail ou rescifs madréporiques.** — On nomme ainsi des formations, souvent très-étendues, de polypiers pierreux agglomérés les uns avec les autres, qui, dans les mers intertropicales, constituent un grand nombre d'îles à fleur d'eau, ou des bancs sous-marins dont la masse s'élève de plus en plus.

Les petits animaux qui forment plus particulièrement ces dépôts ne peuvent vivre, suivant MM Quoi et Gaimard, à plus de 40 à 42 mètres de profondeur; peu de genres, suivant d'autres observateurs, vont jusqu'à 40 ou 50 mètres, si ce n'est ceux auxquels leur fragilité ne permet pas de constituer des masses solides et durables. Ces êtres s'établissent à ces profondeurs sur toutes les roches solides pré-existantes, et là, par une exsudation de sucs calcaires, ils construisent leurs demeures, ou polypiers, qui s'accumulent les uns sur les autres jusqu'à la surface des mers, où s'éteignent leurs dernières générations. Il en résulte des bancs plus ou moins puissants qui s'étendent sur de très-grands espaces et se répètent en un nombre *infini* de lieux. Dans les mers comprises entre les tropiques, ils cou-

ronnent toutes les montagnes sous-marines, et couvrent des milliers de lieues carrées réparties en une multitude d'îles.

Ces polypes saxigènes, fixés sur toute espèce de roches solides, entourent de leurs produits la plupart des îles que nous connaissons dans les mers intertropicales, en formant au-devant d'elles, souvent à des distances de 1 ou 2 kilomètres, quelquefois jusqu'à 40, des remparts qui ont jusqu'à 500 mètres de long, plus ou moins élevés, au pied extérieur desquels se trouvent fréquemment des mers sans fond. Tantôt ils n'entourent qu'une seule île, tantôt ils en enveloppent plusieurs qui sont éparses au milieu de la lagune circonscrite. Quelquefois, ils forment un cercle complet, et souvent ils sont partagés en plusieurs parties qui laissent entre elles des passes plus ou moins longues. Dans tous les cas, il en résulte des brisants plus ou moins dangereux, et d'autant plus qu'on ne les aperçoit qu'au moment d'y être jeté, et que la profondeur des eaux n'offre aucun ancrage pour s'en garantir. Ce sont ces dépôts qui rendent la navigation si difficile dans certains parages de la mer du Sud, et qui ont causé à la marine tant de pertes déplorables.

Quelques-uns de ces rescifs, parvenus à fleur d'eau, présentent une forme complètement annulaire, fig. 58, et à leur centre se

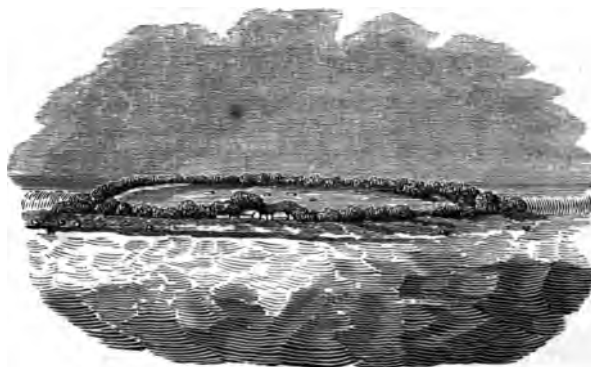


Fig. 58 *Ile madréporique de l'Océan Pacifique.*

trouve un lac fermé de tous côtés. Ailleurs, ils offrent des anneaux échancrés qui laissent entre eux des passages par lesquels on peut entrer à l'intérieur, ou qui se présentent comme des groupes d'îles disposées en cercles, dont on trouve souvent plusieurs accolées ensemble ou disposées à la suite les unes des autres. Ces mers inté-

rieures sont souvent très-profondes ; mais quelquefois aussi elles sont en partie remplies de débris de toute espèce, surtout par ceux du rescif même ou de tout ce qui vit à sa surface.

Lorsque ces rescifs sont parvenus à fleur d'eau, la mer les recouvre de toute espèce de matières sur lesquelles la végétation se développe successivement ; le centre des îles annulaires, ou l'espace compris entre les rescifs et les îles qu'ils entourent, finit par se combler, et de là résultent la plupart des îles basses du Grand Océan, formées presque toutes par des madrépores, ou s'accroissant de celles qui ont primitivement appartenu à des pointes de montagnes sous-marines.

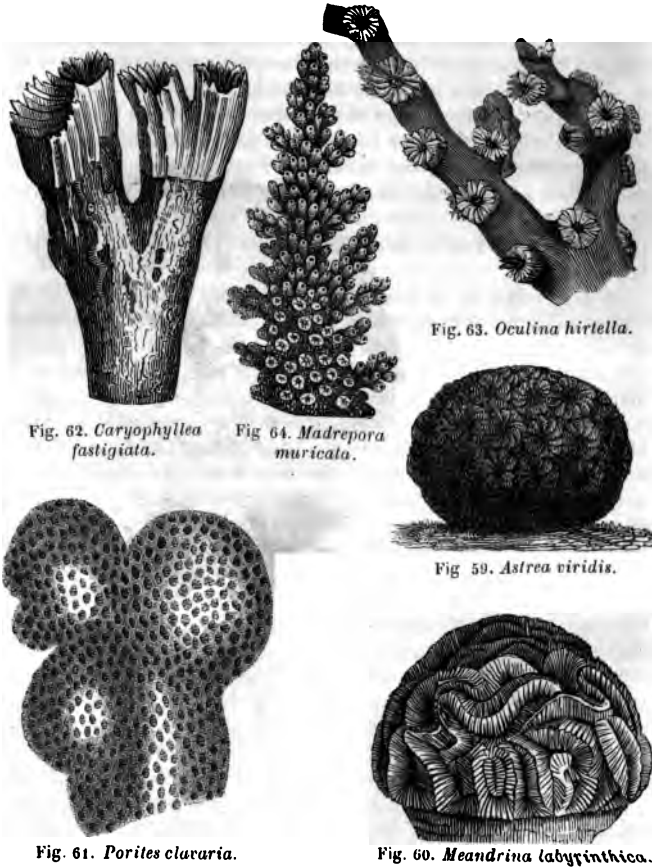
Les polypiers qui contribuent le plus à la formation des rescifs sont les *astrées*, fig. 59, qui couvrent parfois un espace immense ; les *méandrinae*, fig. 60 ; les *porites*, fig. 61 ; les *caryophyllées*, fig. 62 ; les *oculines*, fig. 63 ; divers *madrépores*, fig. 64, etc.

§ 121. Il serait possible que les lacs qui existent au centre des rescifs annulaires fussent les restes d'anciens cratères de soulèvement, sur les bords desquels les polypiers se seraient établis ; et ce qui pourrait conduire à cette idée c'est la nature volcanique d'un grand nombre d'îles de l'Océan. Cependant il faut remarquer que l'accroissement des rescifs, qui est plus grand du côté où il est exposé au mouvement des vagues que du côté où il y est opposé, conduit lui-même à une disposition semblable. D'autre part, le grand nombre de ces îles dans diverses localités, la manière dont elles sont accolées les unes aux autres, l'immense étendue qu'il faudrait supposer aux cratères dans un grand nombre de cas, la profondeur des eaux, qui annonce dans les rescifs une hauteur beaucoup plus considérable que ne le permet la profondeur à laquelle les polypiers peuvent vivre, ont conduit à une autre manière de voir, et l'on a cherché l'explication des faits dans les affaissements des terrains sur lesquels les rescifs reposent. C'est aux observations futures à nous éclairer à cet égard.

§ 122. On a remarqué autour des rescifs madréporiques, ainsi que dans les lacs qu'ils enferment, des limons blancs et mous, de nature calcaire, tout à fait analogues à la craie, qu'on a attribués à la désintégration des madrépores, aux déjections des vers qui percent les polypiers, ou à celles des holoturies et des poissons qui s'en nourrissent ; mais peut-être, en définitive, ces matières ne sont-elles en grande partie que des dépôts de foraminifères, § 119, 146.

§ 123. **Rescifs soulevés.** — Une circonstance très-importante à remarquer, c'est que, dans beaucoup de lieux, on trouve maintenant à l'intérieur des terres, à 200 ou 300 mètres d'élévation, des dépôts

absolument semblables aux rescifs dont nous venons de parler et composés des mêmes espèces de madrépores : c'est ce qu'on voit à Timor, où les dépôts ont de 8 à 10 mètres d'épaisseur, à la Nouvelle-Hollande, à la terre de Diémen, aux îles Mariannes, aux Sandwich, etc. A l'île-de-France, un pareil banc, de 4 mètres d'épaisseur, se trouve placé entre deux courants de laves. La présence de



ces dépôts dans de telles positions, indique évidemment que toutes ces lies ont été soulevées du sein des eaux, et souvent à des reprises différentes car on y trouve quelquefois aussi des bancs de madrépores à divers niveaux.

§ 121. **Tourbières.** — Il se forme journellement à la surface des continents, dans les divers enfoncements du terrain, dans les vallées à pentes douces, en un mot dans les lieux bas et marécageux, des dépôts de végétaux dont la décomposition fournit un combustible particulier nommé *tourbe*, et dont les amas portent le nom de *tourbières*. Ces dépôts ne se font cependant pas partout indifféremment, et n'ont lieu que dans des circonstances particulières. Il ne s'en fait ni dans les eaux courantes, ni dans les lacs profonds, ni dans les flaques d'eau passagères qui se dessèchent en certains temps : il ne s'en manifeste que dans les lieux où des eaux stagnantes, ou lentement renouvelées, peuvent se conserver constamment, et sous une profondeur peu considérable : cette dernière circonstance tenant, sans doute, à ce qu'il faut que les plantes puissent allonger leurs ramifications vers la surface pour recevoir l'influence de l'air et de la lumière.

La production de la tourbe est déterminée principalement par l'accumulation des végétaux cellulaires constamment submergés et qui se multiplient avec rapidité, comme les sphaignes, les conifères, etc. ; ce sont eux qui forment la pâte principale du dépôt, la matière qui enveloppe toutes les autres plantes aquatiques, et qui concourt peut-être à leur décomposition. Il s'y joint aussi un grand nombre de végétaux terrestres qui sont amenés par les ruisseaux, soit dans leur tenue habituelle, soit dans leurs débordements. Fréquemment aussi on y trouve de grands arbres qui sont enfouis plus ou moins profondément dans la masse, et qui se font surtout remarquer dans sa partie inférieure, où ils sont amassés sur les sables et les argiles qui en forment le fond. Quelquefois ces arbres paraissent être debout ; mais le plus souvent ils semblent avoir été brisés sur place et renversés auprès de leurs racines, qu'on trouve encore fixées au fond de la tourbière. Dans certains cas, ils sont extrêmement nombreux, quelquefois couchés tous dans la même direction, et semblent dès lors indiquer des forêts entières qui auraient été ensevelies dans le lieu même où elles croissaient avant la formation de la tourbe. Toutes ces plantes se rapportent à la végétation actuelle : ce sont des arbres résineux, des chênes, des bouleaux, quelquefois des frênes, des ormes, etc. Les premiers sont, en général, les mieux conservés : ils ont surtout gardé toute leur solidité, et sont seulement noircis ; les autres, au contraire, sont en quelque

sorte réduits en terreau qui tombe en poussière par le dessèchement. Il se trouve souvent aussi des débris de mammifères dans les tourbières, et ils appartiennent généralement encore à des animaux de l'époque actuelle; ce sont des ossements de bœufs, des bois de cerfs et de chevreuils, des défenses de sangliers, etc.

§ 125. Les tourbières reposent sur toute espèce de terrain, quelquefois sur les roches mêmes de cristallisation; mais, dans tous les cas, il est rare qu'elles ne commencent pas par des dépôts de sables ou d'argiles, quelquefois par des cailloux roulés de la contrée. Il y en a où les débris végétaux accumulés ne forment qu'une seule masse plus ou moins épaisse, plus compacte et plus noire à la partie inférieure que dans ses accroissements successifs; mais il en est d'autres où le combustible présente différentes couches qui sont séparées les unes des autres par des dépôts de sédiment plus ou moins épais, formés sans doute par des alluvions successives qui les ont recouvertes. Ces dépôts sont formés de sables, d'argiles, de marnes calcaires ou argileuses, renfermant des coquilles d'eau douce souvent en grande quantité, ainsi que des coquilles terrestres amenées sans doute par les ruisseaux; quelquefois on croit y reconnaître des couches de terre végétale intercalées. Souvent la surface du dépôt est encore recouverte par les eaux; mais il arrive aussi qu'elle est couverte de terre, chargée même d'une épaisse végétation de plantes diverses qui aiment l'humidité, et dont les racines se plaisent dans l'eau.

§ 126. Nous avons établi en principe que la tourbe ne se formait que sous des eaux peu profondes, et cependant il y a des dépôts de ce combustible qui sont extrêmement épais, et qui semblent par conséquent avoir exigé des circonstances particulières. Ce fait, opposé aux observations les plus générales, conduit à penser que les lieux où l'on trouve de tels amas ont subi des affaissements successifs à mesure que les matières se déposaient: c'est ce que semblent indiquer les petites couches de terre végétale interposées dans la tourbe, les amas d'arbres couchés au fond des tourbières et se présentant comme des forêts renversées sur place, toutes circonstances qui supposent assèchement de terrain pendant un temps, puis, submersion dans un autre. Ces affaissements de terrain sont d'ailleurs prouvés par les sondages qui ont fait rencontrer des tourbières à diverses profondeurs dans les atterrissements.

§ 127. Les tourbières sont abondantes à la surface du globe et se trouvent distribuées par bassins plus ou moins étendus à toutes les hauteurs, occupant les diverses dépressions du sol. Il y en a jusqu'au sommet des montagnes, comme dans les Alpes; sur des plateaux

élevés, comme au centre de la France, dans le Limousin et l'Auvergne, dans les *fagnes* des Ardennes, dans les Vosges, etc.; enfin il s'en trouve abondamment dans les plaines basses, où elles couvrent quelquefois un espace immense, comme dans la Silésie, la Prusse, le Hanovre, la Westphalie, la Hollande. Elles suivent souvent la direction des vallées, dont elles remplissent les anses, soit dans les hautes montagnes, soit dans les plaines hautes ou basses. C'est ainsi que nous les trouvons en France dans un grand nombre de petites localités, et que sont placés nos plus vastes dépôts dans la vallée de la Somme, entre Amiens et Abbeville, où ils donnent lieu à des exploitations considérables.

§ 428. Si la plupart des tourbières se sont formées au milieu des terres et uniquement par des végétaux fluviaux, il en est aussi qui paraissent s'être déposées dans des marais qui communiquaient avec les mers, comme la plupart de celles de la Hollande. Il y a des dépôts qui sont composés de varechs et de plantes marines, ce que l'on voit sur les côtes plates et sablonneuses de l'Océan, et particulièrement sur celles de la Frise et du Jutland. Quelquefois aussi il se fait dans les montagnes des dépôts adventifs de mousse, de feuilles, de débris divers, qui, accumulés au fond des vallées humides, donnent également lieu à une sorte de mauvaise tourbe dont il est presque impossible de se servir.

RÉSUMÉ DES FAITS DE L'ÉPOQUE ACTUELLE.

§ 429. D'après l'exposé et la discussion des faits réunis dans les chapitres précédents, nous regardons comme établis en principes généraux de la science les divers résultats suivants :

A. *Faits relatifs au globe en général.*

1° La distribution de la chaleur à la surface du globe tient à la disposition et l'étendue relative des terres et des mers, à la forme insulaire ou continentale et à la position des côtes.

Les parties orientales des continents sont plus froides que les parties occidentales, et l'intérieur est plus froid que les côtes; les îles ont une température plus uniforme, et la différence des étés aux hivers est peu considérable. Dans l'état actuel, la flore des côtes et des îles des mers australes présente des espèces dont les analogues ne vivent sur les continents du nord qu'entre les tropiques.

2° La masse du globe a été primitivement fluide; car autrement elle n'aurait pu se renfler à l'équateur, prendre la forme d'un sphéroïde de révolution, et augmenter de densité de la surface au centre.

3° Cette fluidité primitive est le résultat d'une fusion ignée, puisque la température va encore en augmentant de la surface à l'intérieur du globe, de telle manière qu'à 3 kilomètres il y aurait déjà 100 degrés, et qu'entre 20 et 40 tous les silicates seraient en pleine fusion.

4° La couche consolidée du globe, très-mince aujourd'hui relativement au rayon de la masse en fusion, a dû être encore infiniment moindre dans les premiers temps du refroidissement; par conséquent les dislocations, les mouvements divers du sol ont été plus faciles encore qu'aujourd'hui.

B. Effets des tremblements de terre.

5° Dans les tremblements de terre, il se fait des crevasses plus ou moins étendues, plus ou moins profondes; des montagnes s'engloutissent, d'autres apparaissent subitement: des lacs s'écoulent à travers leurs digues rompues, ou se perdent dans des conduits souterrains, résultats évidents des crevasses faites à l'intérieur de la terre.

6° Dans ces phénomènes instantanés il se fait des soulèvements de terrain considérables, ou bien des affaissements qui ne le sont pas moins; mais il s'en fait aussi en différents lieux avec lenteur et progressivement sur des espaces très-étendus. L'observation montre qu'il a dû s'en faire également à des époques antérieures.

C. Résultat des phénomènes volcaniques.

7° Les phénomènes volcaniques nous offrent aussi des soulèvements du sol, des crevassements profonds, des excavations plus ou moins vastes, à couches inclinées en dehors, qui forment ce qu'on nomme les *cratères de soulèvement*. Il s'élève du sein de la terre des montagnes coniques, tantôt pleines, tantôt offrant un canal vertical au centre, et un cratère au sommet, qui sont composées ou de matières cristallines, ou de matières poreuses et scoriacées; ces montagnes sont quelquefois isolées, quelquefois groupées, et le plus ordinairement alignées sur une même fente.

8° Les éruptions commencent souvent par des déjections de matières pulvérulentes, dont l'accumulation forme les tufs volcaniques

autour des volcans; les laves se font jour soit par le cratère culminant, soit par des crevasses latérales, quelquefois même très-loin du foyer principal.

9° La forme des courants de laves varie beaucoup, suivant l'inclinaison des pentes sur lesquelles ils coulent. Sur des terrains inclinés il ne s'arrête que de faibles courants, qui se réduisent à une bande étroite en forme de gouttière, offrant un bourrelet de chaque côté, très-mince à la partie supérieure, et se terminant par un culot retenu dans le sac solide et tourmenté qui se forme par le refroidissement. Les grands courants ne s'arrêtent que quand ils sont parvenus sur un sol horizontal : ils ne laissent alors après eux, sur les pentes rapides, que des traînées minces de fragments incohérents et scoriacés; sur les pentes faibles ils laissent des dépôts disloqués, formés de grandes pièces bousculées les unes sur les autres. Ce n'est que sur un sol horizontal que la lave s'accumule en galettes ou en nappes, plus ou moins épaisses, dont la surface est alors sensiblement unie.

40° Les caractères des laves, après le refroidissement, sont en rapport avec l'inclinaison des pentes sur lesquelles elles se sont arrêtées : la matière est scoriacée et fragmentaire sur des pentes rapides; elle est poreuse et disloquée en larges blocs sur les pentes douces. Ce n'est que dans la plaine ou dans les bas-fonds que, accumulée sur une grande épaisseur, elle devient compacte, cristalline, plus ou moins porphyroïde dans la partie inférieure et souvent divisée en colonnes prismatiques verticales. La partie supérieure du dépôt présente alors une masse poreuse plus ou moins épaisse.

41° Les fentes produites par l'action volcanique restent quelquefois ouvertes dans le haut, ou s'y remplissent de rapilli; mais, dans le bas, elles sont remplies de laves, qui forment alors des filons, ou *dikes*, communiquant quelquefois à des nappes plus ou moins étendues dont ils ont fourni la matière.

42° Les vapeurs qui, dans les éruptions volcaniques, se dégagent des laves, des cratères, des solfatares, exercent une action puissante sur toutes les matières environnantes, les désagrègent, les réduisent en poussière ou en bouillie, et, séparant leurs éléments, en forment fréquemment de nouveaux composés.

D. Effets des agents extérieurs.

43° L'air atmosphérique, les alternatives de sécheresse, d'humidité et de gelée, exercent une action sensible sur la plupart des matières minérales qui se trouvent à la surface du globe. C'est de leurs

dégradations par ces agents que résultent souvent les escarpements rapides que présentent les hautes montagnes, les éboulis qu'on trouve à leur pied sous des angles très-variables, et qui, en se superposant, produisent des espèces de couches inclinées, plus épaisses vers le bas que dans le haut. Cependant il est difficile d'attribuer uniquement à ces effets les grandes désagréations que présentent certaines roches à leur surface, et en particulier les granites de quelques contrées, qui paraîtraient plutôt avoir été décomposés par des vapeurs émanées du sol.

44° A la faveur de l'acide carbonique qu'elles prennent à l'air, les eaux rongent successivement les dépôts calcaires, surtout dans les hautes montagnes ; mais elles agissent plus puissamment encore en délayant certaines roches, entraînant les parties peu agrégées, et laissant ainsi sans appui les couches supérieures : elles donnent alors lieu à des dislocations et à des éboulements plus ou moins considérables.

45° Les mouvements dont les eaux peuvent être animées joignent à ce premier effet une force d'impulsion qui est quelquefois prodigieuse ; de là les falaises produites par les vagues sur les côtes qui bordent nos mers, les dislocations, les déchirures et les découpures de toutes les îles exposées à la fureur des flots.

46° Les eaux courantes, se trouvant animées d'une grande vitesse, arrachent, culbutent, entraînent tout ce qui se trouve sur leur passage dans les vallées qu'elles parcourent, dont elles dégradent et sillonnent les flancs en même temps qu'elles les approfondissent successivement. Ces effets dépendent de l'inclinaison du sol et de la profondeur des eaux : ainsi, dans nos torrents les plus fougueux, capables de rouler des blocs de $\frac{1}{2}$ mètre de diamètre sous une faible profondeur, la pente ne va pas à plus de 2 degrés ; dans nos fleuves les plus rapides le lit n'est pas même incliné de plus de 3 à 4 minutes.

47° Au moyen des sables et des cailloux qu'elles charrient, les eaux creusent à fleur d'eau des cavités plus ou moins profondes sur les falaises de nos rivages, des sillons sur les plages, dans les vallées et à la surface des rochers dans les montagnes ; enfin elles forment des cavités profondes nommées *marmites des géants*, au pied des cascades ou à l'endroit des remous de nos rivières. Il est à présumer que les glaces flottantes sillonnent également les flancs des rochers qu'elles rencontrent et les sommets des montagnes sous-marines.

48° Les matériaux solides arrachés aux roches, étant ballottés, roulés par les eaux, s'arrondissent successivement par leurs frottements mutuels, et constituent ce qu'on nomme les galets, les caill-

loux roulés, les graviers, les sables et le limon. Transportés par les ruisseaux et les rivières jusqu'aux parties inférieures de leur cours, ces débris se déposent çà et là, et s'accumulent dans les lacs et dans les mers, en formant des amas immenses, souvent à de très-grandes distances des points d'où ils sont arrachés. Jetés sur les rivages par les vagues, ils forment sur les côtes des levées de galets et de sables, du sommet desquelles partent les dunes, et des cordons littoraux qui constituent les véritables barrières que la mer elle-même a opposées à ses flots.

19° Les glaces flottantes produites par les débâcles des rivières et celles qui chaque année se détachent des côtes et des glaciers des mers polaires, charrient constamment, comme des radeaux, des blocs de roches plus ou moins volumineux, des amas de terre et de débris qui se trouvent ainsi transportés, sans être roulés, souvent très-loin du lieu d'où ils se sont éboulés, et vont former des dépôts adventifs sur tous les rivages, ou même au milieu des mers.

20° Les glaciers reçoivent à leur surface tous les débris qui s'éboulent des montagnes, et en glissant sur le fond des vallées, transportent toutes ces matières des points les plus élevés des chaînes de montagnes jusqu'à leur partie inférieure; il en résulte sur les flancs de la vallée et à leur extrémité des dépôts de blocs et de fragments non arrondis qu'on nomme *moraines*, et que l'on distingue par leurs pentes des amas formés par les eaux.

21° Les glaciers en glissant sur les pentes des vallées en usent et polissent toutes les parties, tant sur le fond que sur les parties latérales, et même les parties en surplomb. Ils les chargent de stries fines rectilignes et de sillons, qui suivent en général la direction de leurs mouvements.

E. Dépôts formés par les eaux.

22° Les dépôts formés par entraînement aux embouchures des rivières présentent une série de couches ondulées horizontalement; mais ces couches offrent souvent divers accidents de structure plus ou moins oblique, qui résultent de l'entassement rapide des matériaux poussés par les eaux. Ceux qui se forment tranquillement dans les lacs et dans les mers sont toujours en couches nettement horizontales, à surface parallèle, même pour les matières arénacées; cette circonstance paraît tenir aux agitations ondulatoires, qui tendent toujours à égaliser la surface des matières qui se déposent dans les bas-fonds.

23° Les eaux qui tiennent des matières en solution les déposent

petit à petit sur toutes les pentes qu'elles parcourent, et uniformément sous toutes les inclinaisons ; elles consolident souvent les matières arénacées dans lesquelles elles pénètrent, et forment, dans les lacs où elles aboutissent, des couches solides, horizontales, par une cristallisation plus ou moins confuse : c'est ce qui a lieu probablement aussi dans les mers.

24° Les dépôts formés sous les eaux renferment toujours une quantité plus ou moins considérable de débris organiques, les uns épars dans les matières arénacées, les autres constituant, presque à eux seuls, des couches ou des amas très-étendus. Ceux qui se sont formés dans les eaux douces, contiennent des débris fluviaux et terrestres ; ceux qui se sont formés dans les mers renferment des débris marins. Cependant il y a fréquemment mélange ou alternance, surtout aux embouchures des rivières ; et il est clair qu'il doit même en être ainsi au milieu des mers, par suite de l'entraînement de toutes les matières qui sont journellement transportées par les rivières, puis poussées par les courants que présente l'Océan. C'est ainsi que les plantes des tropiques peuvent se trouver mêlées avec celles des pôles, les végétaux terrestres avec les algues et les fucus qui vivent dans nos mers.

F. Rescifs madréporiques et tourbières.

25° Les rescifs madréporiques, qui ne dépassent pas aujourd'hui les mers intertropicales, sont établis sur toutes les roches sous-marines dont la profondeur n'excède pas 10 à 12 mètres ; de là ils s'élèvent jusqu'à la surface des eaux, et constituent des îles basses qui se couvrent souvent de mousse et de végétaux, ou des rescifs souvent très-dangereux pour la navigation. Des bancs analogues se présentent, à 200 ou 300 mètres d'élévation, au milieu de certaines îles qui par conséquent ont dû être soulevées du sein des mers à des époques assez modernes.

26° Les tourbières, formées dans les dépressions du sol où des eaux peu profondes peuvent séjourner constamment, se trouvent éparses çà et là à la surface des plateaux plus ou moins élevés, comme sur celles des plaines basses, et suivent souvent la direction des vallées dont elles remplissent les anses. Ces dépôts présentent quelquefois diverses couches de combustible séparées les unes des autres par des matières argileuses, sableuses ou calcaires, remplies parfois de débris de mollusques fluviaux ou terrestres et de ceux des grands animaux qui vivent encore les uns et les autres dans la contrée.

APPLICATION DES FAITS ACTUELS

AUX PHÉNOMÈNES ANCIENS.

§ 430. Après avoir établi le fait d'une chaleur centrale, capable de tout tenir en fusion à peu de distance au-dessous de la surface que nous habitons; après avoir montré les effets actuels des tremblements de terre et des actions volcaniques, avoir déterminé ceux que produisent les eaux, tant en dégradation des continents qu'en formation de nouveaux dépôts, il est naturel de chercher à en déduire tous les phénomènes géologiques accomplis à la surface du globe depuis le moment de son existence. Il est à croire en effet que les causes qui agissent aujourd'hui sous nos yeux sont aussi celles qui ont agi de tout temps, mais qui sans doute ont déployé une énergie supérieure à de certaines époques que l'observation va nous faire connaître.

CONSÉQUENCES DE LA CHALEUR CENTRALE.

§ 431. **Premiers effets du refroidissement.** — Les idées de fusion complète, en un certain moment, et de refroidissement subséquent, auxquelles nous sommes forcément conduits, § 3, 4, 7, etc., nous font concevoir avec facilité ce qui a dû se passer dans les premiers temps de la consolidation du globe, et aux époques successives. La première pellicule solide qui s'est formée à la surface fondue, en un certain moment, peut-être à une température de 600° ou 800°, ou même plus, suivant la nature des matières, a dû se contracter ou se dilater au moment de la consolidation, suivant qu'elle a pris une structure compacte, ou une structure cristalline.

Dans le cas d'une structure compacte, la pellicule consolidée a dû, par suite du retrait éprouvé, se gercer, se briser dans tous les sens sous l'action de la matière encore fondue qu'elle recouvrait, nager en morceaux à sa surface, se ressouder de nouveau, pour se briser encore. Lorsque cette croûte est devenue plus épaisse, et dès lors a résisté plus efficacement, les matières, liquides ou pâteuses de l'intérieur, de plus en plus étreintes, ont dû, en la brisant, en soulever violemment les morceaux en crêtes saillantes le long des fentes pour conserver leur volume; et s'échappant quelquefois aussi par ces ouvertures, former elles-mêmes des bourrelets plus ou moins élevés à la surface de la planète.

Dans le cas d'une structure cristalline, la croûte sphérique qui se

formait, tendant à devenir plus grande que la masse enveloppée, a été forcée de se plisser en se soulevant çà et là, et se disloquant dans toute son épaisseur : c'est ainsi que beaucoup de matières fondues se couvrent de rides saillantes à leur surface dans la pellicule qui se consolide avant l'intérieur.

On voit par conséquent, que, dans un cas comme dans l'autre, il a dû se former à la surface du globe, des rides plus ou moins élevées dès les premières traces de consolidation.

§ 432. Il est clair que les matières qui se sont successivement consolidées au-dessous de la première pellicule solide, étant soumises aussi aux lois de contraction ou d'expansion, ont dû de même ou se briser, ou se plisser, en soulevant alors et disloquant celles qui s'étaient d'abord formées. De là il suit que, tout en augmentant d'épaisseur, la croûte terrestre n'a pu acquérir le degré de solidité, par conséquent de résistance, qu'on aurait peut-être d'abord imaginé. Elle s'est trouvée nécessairement criblée de fentes, et dès lors n'a pu s'opposer, aussi efficacement qu'on pourrait le croire, aux actions intérieures, qui n'ont trouvé d'obstacles réels que dans les dépôts de sédiments formés plus tard, et dont elles ont pu soulever, contourner, disloquer les couches de toutes les manières. Nous observons, en effet, qu'il n'y a pas un dépôt à la surface du globe, soit de fusion, soit de sédiment, qui ne se trouve traversé par une multitude de fentes dans toutes les directions, et quelquefois même réduit en fragments.

§ 433. **Modifications et caractères des premiers sédiments.**

— Les eaux ont dû, pendant longtemps, rester entièrement à l'état gazeux autour de la masse fondue de notre planète; cependant elles ont dû se précipiter d'assez bonne heure, et bien avant sans doute que la température de la croûte terrestre fût descendue à 400°, par suite même de la pression qu'exerçait l'énorme quantité de vapeurs de toute espèce qui devait constituer en un certain moment l'atmosphère. Or, ces eaux, portées à une haute température, et chargées peut-être de principes divers qui se dégageaient de la pellicule solidifiée, comme aujourd'hui des laves en voie de consolidation, § 80, ont dû agir fortement sur les matières pierreuses déjà formées, les attaquer de toutes les manières, les désagréger facilement, comme on le voit encore dans les volcans de Java, § 78, et préparer des matières boueuses susceptibles de se déposer au-dessus d'elles. Rien ne peut faire présumer que ces eaux fussent plus tranquilles que celles des mers actuelles, et par conséquent dépourvues d'actions mécaniques auxquelles les rugosités, les rides déjà formées, ont pu donner prise. Ces mouvements ont dû détacher des débris

aux matières consolidées, les balloter de toutes les manières et en former des cailloux roulés, des sables et des matières argileuses. Il résulte de ces circonstances qu'il a dû se former des dépôts aqueux, en partie sédimentaires, en partie chimiques, dès les premiers temps de la consolidation du globe, et avant même que les corps organisés pussent vivre au sein des eaux, portées alors à une très-haute température. Nous trouvons en effet des dépôts sédimentaires formés de fragments, de cailloux roulés et de sables plus ou moins consolidés, dans les couches que nous regardons aujourd'hui comme les plus anciennes, et avant de reconnaître des débris organiques.

§ 134. Maintenant, ces sédiments des plus anciennes formations, n'ont pu manquer de subir bien des modifications par l'action de la masse brûlante sur laquelle ils se sont déposés. En effet, pendant longtemps, la croûte solide formée par le premier refroidissement, a dû conserver une température très-élevée, et donner passage à d'abondantes effluves de chaleur provenant des matières fondues sous-jacentes. Or, à mesure que les dépôts sédimentaires se formaient, ils devaient s'échauffer successivement au contact de la masse solidifiée sur laquelle ils s'appuyaient, sans cependant apporter une différence sensible dans la loi d'accroissement de température, de l'extérieur à l'intérieur, qui devait être alors très-rapide. Il en résulte que la limite de fusion, établie d'abord à une certaine profondeur, devait remonter, par suite de la présence des dépôts sédimentaires, dans l'intérieur des masses préalablement consolidées, et finir même par atteindre ces dépôts; par conséquent, les premières matières remaniées par les eaux, ont pu être cuites, calcinées, suivant les expressions vulgaires, refondues même et ramenées à l'état de toutes les matières de fusion.

De tels effets n'ont pas dû seulement se produire lorsque la température des eaux était encore très-élevée, car, en vertu de la faible conductibilité des substances pierreuses pour la chaleur, la surface solide du globe a pu descendre jusqu'à des températures assez basses, comme dans les courants de laves, § 67, sans que la limite de fusion fût à une grande distance à l'intérieur. On conçoit donc que la température des eaux, et celle même des terres découvertes, ait pu arriver à un point tel que des êtres organisés aient pu vivre à la surface du globe, et par conséquent que leurs dépouilles aient pu être entraînées dans les sédiments, qui n'en auront pas moins subi des modifications comme les précédents. On comprend dès lors que sous des pressions considérables, des amas de plantes entraînées sous les eaux, au milieu des dépôts terreux, aient pu passer à l'état d'anhracite, ou même de graphite (voyez *Minéralogie*), ou bien

encore que des dépôts de coquilles et de madrépores aient pu être fondus, comme dans l'expérience de sir James Hall ¹, et, perdant alors toute trace des êtres organisés dont ils provenaient, être convertis en marbre saccharoïde, ou même en carbonate de chaux transparent.

Ces considérations tendent à nous faire voir que des dépôts arénacés ont pu prendre, en certains points, des caractères tout différents de ceux qu'ils présentent en d'autres, se durcir, se transformer en matières analogues à celles des roches produites par fusion; elles nous font comprendre que des calcaires terreux et coquilliers peuvent se présenter à l'état de marbre dans certaines parties de leur étendue; enfin elles peuvent nous rendre compte d'un grand nombre de faits qui se présentent au milieu des plus anciens dépôts de sédiments que nous pouvons reconnaître.

§ 435. **Effet du refroidissement intérieur actuel.** — Remarquons maintenant que tant que la croûte terrestre a été dans le cas de se refroidir successivement, les choses ont dû se passer à peu près comme nous l'avons indiqué § 434; mais, parvenue à l'état stationnaire que nous reconnaissons aujourd'hui, il ne peut plus en être de même puisqu'il n'y a plus qu'un refroidissement à peine sensible jusqu'à une grande profondeur². Cependant, avec quelque lenteur que ce soit, il est clair que la masse intérieure en fusion doit se refroidir successivement, et que, par conséquent, il y a pour elle diminution de volume; il arrive donc que les choses se passent comme dans le cas de cristallisation de la matière à la surface, § 434, que la croûte déjà consolidée reste plus grande que la masse pâteuse sur laquelle elle repose, et dès lors qu'elle tend de même à se plisser, à produire des rides nouvelles sur le globe. Ceci peut se faire pendant quelque temps d'une manière lente; mais, à de certains moments, l'effet ne peut manquer d'avoir lieu brusquement, et de là des catastrophes subites à la surface terrestre.

L'ensemble des observations, d'accord avec les considérations géométriques, nous montre que ces rides et ces dislocations se font suivant la direction d'un grand cercle de la sphère, et s'étendent sur la moitié de sa circonférence.

¹ Sir James Hall, chimiste écossais, mit de la craie en poudre dans un canon de fusil, la recouvrit de matières capables d'empêcher le dégagement de l'acide carbonique, et chauffa au rouge blanc l'extrémité inférieure de son appareil. Il vit alors que la craie s'était fondue et convertie en marbre saccharoïde. Plusieurs chimistes ont répété la même expérience.

² Fourier a fait voir qu'il faudra 30 mille ans pour que l'accroissement de chaleur intérieure ne soit plus que de $\frac{1}{2}$ degré par 30 mètres.

§ 136. **Origine des sources chaudes.** — Les sources thermales à différents degrés, qu'on rencontre en tant de lieux sur la surface de la terre, aussi bien que les jets de vapeur, ou *fumarolles*, § 82, s'expliquent avec la plus grande facilité par cette température propre et croissante du globe terrestre que nous avons reconnue, et par les fissures qui pénètrent jusqu'à une profondeur plus ou moins considérable. Les eaux arrivent alors à la surface avec la température qui correspond au point d'où elles proviennent, et l'on sait qu'il ne faut que 3 kilomètres de profondeur pour qu'elles soient bouillantes, § 7. On conçoit aussi avec facilité comment, pendant les tremblements de terre, il peut apparaître de nouvelles sources chaudes dans une contrée, et comment celles qui existaient peuvent se perdre, § 32; il suffit, pour le premier cas, que quelques fissures établissent communication depuis la surface jusqu'à la profondeur convenable, et, pour le second, que la communication existante se trouve interceptée.

§ 137. **Ancienne élévation de la température de l'Europe.** — Si la fluidité complète du globe a donné lieu à la forme ellipsoïde que nous connaissons, la chaleur qui s'est longtemps conservée, et qui se conserve encore au-dessous de la pellicule refroidie, a dû produire, et produit même aujourd'hui, un grand nombre d'autres phénomènes. La surface terrestre est parvenue sans doute depuis longtemps à un état de chaleur à peu près stationnaire, qui n'a pas varié depuis les temps historiques, et qui ne peut plus diminuer dans le cours d'un immense espace de temps que de $\frac{1}{30}$ de degré, seule influence que la chaleur centralé puisse ajouter aujourd'hui à l'action solaire, suivant les calculs de Fourier. Mais avant d'arriver à cet état, qui a probablement exigé des milliers d'années, la surface terrestre a dû passer par tous les degrés de température pour arriver de l'état de fusion, où la matière se trouve encore au centre, au degré de refroidissement actuel; par conséquent, il fut un temps où elle avait une température propre capable d'effacer complètement la différence des climats, ou une atmosphère vaporeuse, § 140, qui, en annulant le rayonnement, diminuait la rigueur des hivers. Dès lors la végétation, la vie en général, pouvait être indifféremment entretenue à toutes les latitudes comme dans une serre chaude, ou comme sous un climat maritime, § 27. Il suit de là que les plantes et les animaux qu'on ne trouve aujourd'hui qu'entre les tropiques pouvaient alors vivre partout, et même vers les pôles, qui ne pouvaient être encombrés par les glaces. Il ne serait donc point étonnant que nous trouvassions les restes de ces différents êtres ensevelis à peu près sur place, dans les contrées qui

sont aujourd'hui les plus froides du monde, et où il serait impossible qu'ils véussent à l'époque actuelle. En voici des exemples :

§ 438. Il existe en Angleterre, à l'île Portland, et sur plusieurs points du continent, intercalée dans d'autres dépôts, une couche de matière noire qu'on nomme *couche de boue*, et de petits lits argileux dans lesquels, au milieu d'un grand nombre de débris végétaux couchés et dispersés, on voit diverses plantes en place, fig. 65,



Fig. 65. *Couche de boue de l'île Portland.*

avec leurs racines qui s'étendent jusque dans les fissures du sol calcaire inférieur. On peut en conclure qu'il y avait là autrefois un sol végétal sur lequel ont crû toutes ces plantes aujourd'hui enfouies sous d'immenses dépôts. Or, au milieu des conifères analogues aux *araucaria* déjà étrangers à nos climats, il se trouve des plantes qui ont des rapports avec les *cycas* et les *zamias*, qu'on ne connaît que sous les tropiques, ainsi que des débris animaux qui se rapprochent de ceux de la même zone; donc la température moyenne, au moment de cette formation, était plus élevée en Angleterre qu'elle ne l'est aujourd'hui; ou seulement la différence de l'hiver à l'été beaucoup moins grande, comme dans les îles de la mer du Sud.

La plupart des dépôts de houille de l'Europe conduisent à la même conséquence. D'un côté, les arbres entiers qu'on y trouve, dont plusieurs sont encore debout avec leurs racines, comme on l'observe dans la mine du Treuil près de Saint-Etienne, fig. 66, dans les mines d'Anzin (Nord), en Angleterre, en Écosse, etc., semblent indiquer, comme dans les tourbières, § 424, des végétaux, qui se trouvent à peu près dans les lieux mêmes où ils ont vécu. De l'autre, il est évident, vu la belle conservation des parties végétales les plus délicates, et la manière dont les feuilles sont étendues sur les schistes, que tous ces débris ne peuvent avoir été charriés de loin. Or, toutes les plantes dont nous retrouvons les restes dans ces dépôts appartiennent à des équisétacées, à des fougères de haute taille, à des lycopodiées, etc., qui ne peuvent être comparées qu'à celles que nous voyons aujourd'hui entre les tropiques ou dans

les îles du Sud ; par conséquent le climat de l'Europe devait être alors fort différent de ce qu'il est actuellement.

Mais si à nos latitudes nous reconnaissons dans certaines couches terrestres les débris d'une végétation intertropicale ou insulaire, nous trouvons également au-dessus d'elles des dépôts considérables où l'on voit nettement les restes des plantes dicotylédones de notre végétation actuelle. Donc la formation de ces derniers dépôts a dû s'effectuer longtemps après celle des premiers, et il s'est probablement écoulé, entre les époques, tout le temps qui a été nécessaire pour achever le refroidissement complet de la surface de notre planète, ou le changement des îles en continents.



Fig. 66. Tiges verticales de la mine du Treuil.

§ 139. Les madrépores des rescifs, qu'on ne trouve plus aujourd'hui en deçà des tropiques, § 120, se sont jadis évidemment étendus jusqu'au delà du cercle polaire. En effet, les calcaires des divers étages nous les présentent en grand nombre, et annoncent fréquemment des rescifs comparables à ceux qui se font de nos jours. L'ensemble des faits nous montre que les limites de ces bancs de zoophytes ont successivement rétrogradé, depuis la formation des calcaires les plus anciens, § 232, jusqu'à la craie, § 277, qui en

présente encore les indices, comme à l'île Faxo en Danemark, et après laquelle ils se sont brusquement retirés entre les parallèles actuels; cela nous montre encore que le climat européen est devenu successivement de plus en plus froid.

§ 140. Cause présumée de cette élévation de température.

— On conçoit facilement qu'avant le moment où la terre est arrivée au degré de refroidissement qu'elle présente aujourd'hui, les sources thermales devaient être infiniment plus nombreuses. Lorsqu'au lieu de $\frac{1}{10}$ de degré par mètre, § 7, la température croisait, par exemple, de $\frac{1}{3}$ de degré, c'est-à-dire 10 fois plus rapidement qu'à l'époque actuelle, et que dès lors, à 300 mètres de profondeur, se trouvait le point d'ébullition de l'eau, il est clair qu'un très-grand nombre de sources étaient à 100 degrés, et que les fumarolles, § 136, maintenant assez rares, pouvaient être alors fort communes. De là il devait résulter des circonstances atmosphériques fort différentes de celles où nous nous trouvons; d'épais brouillards devaient se répandre à la surface des terres en l'absence du soleil, et dès lors le rayonnement vers les espaces célestes, cause si importante de refroidissement aujourd'hui, devenait tout à fait nul. Les hivers étaient par conséquent peu rigoureux, et cela nous explique encore comment tant de plantes et d'animaux, qui ne peuvent aujourd'hui supporter nos climats hyperborés, pouvaient y vivre alors comme entre les tropiques, et précisément comme les plantes du midi vivent sur les côtes et dans les îles du Nord constamment entourées de brumes épaisses, § 27. Toute la terre tempérée par ces vapeurs abondantes pouvait partout supporter les mêmes êtres organisés; et voilà pourquoi les couches minérales anciennes présentent beaucoup moins de différence dans les débris organiques qu'elles renferment, en quelque lieu qu'elles se trouvent, qu'il n'en existe aujourd'hui parmi les êtres des différentes zones.

§ 141. Autres causes de l'ancienne végétation. — Nous devons ajouter encore ici qu'après le refroidissement complet de notre planète, au point où nous en sommes maintenant arrivés, il fut probablement un temps où les continents du nord ne formaient pas de grandes masses comme aujourd'hui, et où sans doute, comme nous le montrerons plus loin, § 352 à 372, il y avait à leur place divers groupes d'îles éparses au milieu d'un vaste océan, ainsi qu'il s'en trouve dans les mers du Sud. Dès lors, les lignes thermales, § 25, devaient être dirigées tout autrement qu'elles ne le sont de nos jours; par conséquent les climats maritimes pouvaient être bien plus développés dans cette partie du monde qu'ils ne le sont maintenant. Il a dû en résulter que les plantes et les animaux se

rapprochaient de ceux que nous ne voyons plus aujourd'hui, sur les continents, qu'entre les tropiques.

DÉPÔTS ANCIENS ATTRIBUABLES A DES SÉDIMENTS.

§ 442. *Comparaison générale.* — Nous avons vu les cailloux roulés, les sables, les limons se former par l'action des eaux courantes et des vagues; nous avons reconnu que, transportés, poussés par ces eaux, ils s'accumulaient dans les lacs, dans les mers, à l'embouchure des fleuves et sur les côtes. Toutes les fois donc qu'à l'intérieur des continents nous retrouvons des minéraux sous ces formes et accumulés en dépôts plus ou moins considérables, nous sommes en droit de conclure qu'il a existé quelque part, près ou loin, des cours d'eau qui les ont charriés, des eaux animées de mouvements ondulatoires qui les ont accumulés sur leurs rivages, et souvent des lacs et des mers qui les ont reçus. D'après le plus ou moins d'abondance et la grosseur des cailloux, nous pouvons juger de la masse et de la force des eaux qui les ont transportés; et leur nature, leurs traînées diverses doivent nous conduire jusqu'au point de départ, si aucune circonstance n'a détruit les traces que les courants ont laissées sur leur passage.

D'un autre côté, puisque c'est dans les lacs et dans les mers que nous voyons aujourd'hui se former des dépôts coquilliers, nous pouvons conclure que les nombreuses couches de même genre que nous trouvons à toutes les hauteurs sur nos continents, et jusqu'au sommet des plus hautes montagnes, se sont également formées sous les eaux. La nature des débris organiques nous fera distinguer si elles ont été déposées sous les eaux douces ou sous les eaux marines, sur les côtes ou au milieu des mers; leur mélange, leur alternance, nous indiqueront des embouchures de rivières, des alternatives d'eau douce et d'eau salée, etc.

§ 443. *Dépôts d'eau douce.* — Les dépôts formés par les eaux douces se reconnaissent facilement à ce que les débris organiques qu'ils renferment sont comparables à ceux des différents animaux des rivières et des lacs actuels, § 448. Ce sont surtout des débris, des empreintes ou des moules de coquilles des genres *limnée* et *planorbé*, comme fig. 67 et 68. Ces coquilles sont minces comme celles de nos jours; la première à spire saillante dont le dernier tour est plus ou moins ventru, à ouverture plus longue que large, dont le bord droit, qui est tranchant, remonte sur la columelle en formant un pli très-oblique; la seconde a ses tours de spire ronds

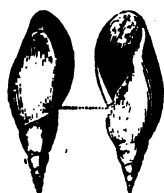
sur le même plan. Les mêmes dépôts présentent souvent aussi des coquilles comparables aux *paludines*, fig. 69; aux *mélanies*, fig. 70,

Fig. 67.

Fig. 68.

Fig. 69.

Fig. 70.



Limnea longiscata.



Planorbis eomphalus.



Paludina lenta.



Melania.

et souvent à des coquilles terrestres du genre *hélice*. Les paludines sont des coquilles turbiniformes, à spire assez courte, dont les tours sont convexes, et par cela même séparés nettement les uns des autres; l'ouverture est anguleuse au sommet. Les mélanies sont à spire allongée ou, suivant le terme reçu, turriculée, tantôt à côtes, tantôt à tubercules plus ou moins saillants; l'ouverture est évasée à la base. Dans ces deux genres une opercule sert à fermer l'ouverture.

Les coquilles bivalves, plus rares que les précédentes, sont comparables aux *mulettes* (*unio*), aux *anadontes*, aux *cyclades* et aux *cyènes*. Les premières, fig. 71, sont ordinairement épaisses, et pré-

Fig. 71.

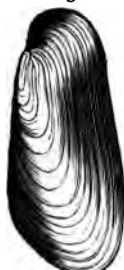
Fig. 72.

Fig. 73.

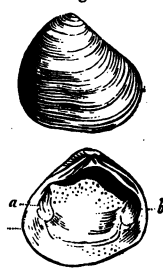
Fig. 74.



Unio littoralis.



Anodonta Cordieri.



Cyclas oborata.



Cyrena trigonula

sentent une dent allongée sur chaque valve, plus une dent courte et forte sur la valve droite, et une double dent, comprimée et striée, sur la valve gauche. Les secondes, fig. 72, sont des coquilles min-

cés et sans dents dont on connaît plusieurs espèces; enfin les cyclades et les cyrenes, généralement plus arrondies, quelquefois assez épaisses, fig. 73 et 74, présentent sur chaque valve deux dents latérales allongées, comprenant entre elles une ou plusieurs petites dents.

L'absence complète de toute espèce de polypiers, d'encrinites, fig. 75 à 76, et d'échinides, fig. 77 à 79, quoique offrant un caractère négatif, doit encore être notée comme très-importante pour la distinction des dépôts d'eau douce.

Les dépôts qui renferment des coquilles analogues à celles dont nous venons d'indiquer les caractères sont fort communs à la surface du globe. Il s'en forme journellement au fond de nos amas d'eau actuels, § 111, 118, et nous en trouvons dans un grand nombre de lieux qui sont évidemment des fonds d'anciens lacs. Les tufs calcaires, ou *terrtins*, de Tivoli, dans la campagne de Rome, sont dans ce cas; les calcaires de la Limagne d'Auvergne nous en offrent un autre exemple évident. Il en existe de nombreux lambeaux, dont on parvient quelquefois à rattacher quelques-uns aux autres, dans toutes les parties de la France, en Angleterre, en Allemagne, etc. Ces dépôts sont fort communs aux environs de Paris, où ils constituent la plupart des plateaux, soit à l'état siliceux (les meilleures coquillères), soit à l'état calcaire (tout le plateau de l'Orléanais); on les trouve même à divers étages, où ils annoncent soit des retours successifs d'eaux douces et d'eaux marines, soit des embouchures de rivières dans les anciennes mers qui ont produit la masse de nos calcaires grossiers. Les bords du Rhin, la Suisse, le bas de la vallée du Rhône, le grand golfe qui s'étend de Marseille à M. nge, etc. et en toutes les parties du monde nous en offrent de nombreux exemples.

§ 113. **Dépôts marins.** — Ceux-ci se distinguent généralement par analogie que présentent leurs débris organiques avec les dépouilles des animaux qui vivent dans les mers. Les plus éminemment caractéristiques sont les *polypiers* plus ou moins analogues à ceux des résufs, § 123, no. 59 à 64; différentes espèces d'*encrinites*, genre particulier de rayennes, ou les débris de leurs diverses articulations, fig. 75 à 78, enfin un grand nombre d'*échinides*, fig. 79 à 81, etc. Aucun de ces corps organiques ne s'est jamais trouvé dans les eaux douces, et ce caractère, quoique négatif, est aussi extrêmement important.

Parmi les coquilles univalves, il s'en trouve quelques-unes de plus ou moins analogues à celles que nous avons indiquées ci-dessus dans les eaux douces, quoiqu'elles soient généralement plus épaisses et plus fortement couvertes de tubercules, comme par

Fig. 75.



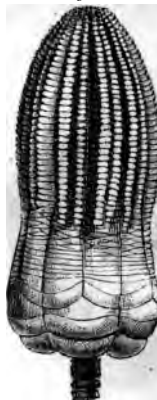
Apicrinites rotundus.

Fig. 76.



Cyathocrinites planus.

Fig. 77.



Encrinites moniliformis.

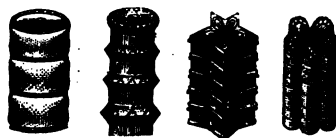


Fig 78. Diverses articulations d'Encrinites.



Fig. 79. *Cidaris coronata.*

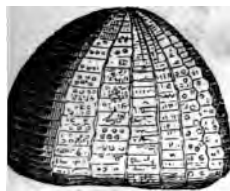


Fig. 80. *Ananchytes oratus*
(de la craie parisienne).

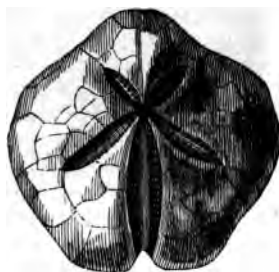


Fig. 81. *Spatangus ambulacrum*
(de la craie).

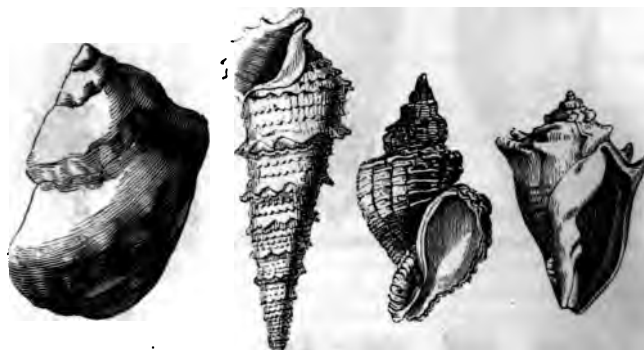
exemple, dans les figures suivantes. Mais laissant de côté ceux de ces débris, fig. 82, sur lesquels, à la première vue, on pourrait

Fig. 82.

Fig. 83.

Fig. 84.

Fig. 85.



Turbo costarius. *Cerithium mutabile.* *Murex alveolatus.* *Voluta athiata.*

peut-être conserver quelque incertitude, nous en trouvons beaucoup d'autres qui sont assez caractérisés pour lever tous les doutes. D'abord, parmi les coquilles univalves, il s'en trouve un grand nombre dont l'ouverture se termine par un canal plus ou moins allongé, ou par une échancrure, et qui appartiennent soit aux diverses espèces du genre *cérithe*, fig. 83, dont un très-petit nombre vivent dans les eaux douces, soit au genre *murex* ou *rocher*, fig. 84, dont les espèces sont très-variées; au genre *volute*, fig. 85, etc., qui sont tous marins, et qu'on trouve très-abondamment dans les dépôts calcaires, si répandus à la surface du globe.

Quant aux coquilles bivalves, la plupart diffèrent généralement beaucoup plus encore de celles qu'on trouve dans les eaux douces: il en est qui rappellent plus ou moins nos huîtres ordinaires, ou même qui leur ressemblent au point de les croire exactement de même espèce au premier abord; un grand nombre sont garnies de côtes, de stries, de rugosités, fig. 86, 87, et présentent, en un mot, une foule de caractères entièrement différents de ceux qu'on trouve dans les genres qui appartiennent aux eaux douces, dans lesquels la surface est ordinairement lisse, et l'épaisseur assez faible.

Ajoutons que c'est dans les mers seulement qu'on rencontre les coquilles chambrées, comme celles du genre *nautilé*, fig. 88, dont on trouve deux espèces depuis les dépôts les plus anciens jusqu'aux

plus modernes. Ce sont les seuls corps auxquels on puisse comparer les nombreuses espèces d'*ammonites*, fig. 89, dont il n'existe pas d'analogues actuellement vivantes, et dont les couches terrestres sont remplies.

Fig. 86.



Venericardia imbricata.

Fig. 87.



Cama foliacea.

Fig. 88.



Nautilus truncatus
(du lias).

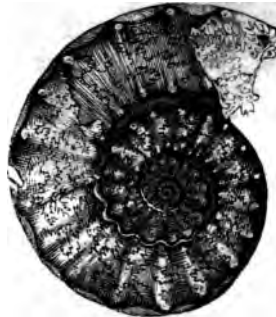


Fig. 89. *Ammonites catena*
(du lias).



Fig. 90. Serpule dans le *cardium porulosum*
(calcaire parisien).

§ 445. Tous ces dépôts ont dû, en général, se former lentement, par l'accumulation des débris des êtres qui périsaient successive-

ment, et non par des catastrophes subites qui les auraient tous ensevelis vivants. En effet, on trouve fréquemment dans l'intérieur même des coquilles des restes d'animaux parasites, fig. 90, qui n'auraient pu s'y fixer si les mollusques dont elles proviennent n'avaient été préalablement détruits. Souvent même la dépouille du parasite est remplie par d'autres, ce qui indique encore un long séjour au fond des mers. Les deux pièces des coquilles bivalves sont aussi fréquemment séparées, ce qui fait voir que l'animal était mort avant qu'elles fussent enfouies. Enfin ces débris organiques sont percés par des lithophages, aussi bien que les cailloux calcaires qui les accompagnent, ce qui conduit aux mêmes conséquences.

Il faut admettre aussi que ces dépôts sont sur la place même où les animaux ont vécu, car ils renferment un grand nombre de coquilles intactes dont les appendices les plus délicats sont d'une conservation parfaite. Cette circonstance ne peut s'accorder avec l'idée d'un transport par des courants, qui, en les entraînant, auraient naturellement tout brisé.

Au moyen des débris que nous venons d'indiquer, on reconnaît toujours les dépôts marins, si abondants à la surface du globe, et qu'on trouve si fréquemment en France. Tous les environs de Paris, la Normandie, l'Artois, la Picardie, la Franche-Comté, la Bourgogne, les Cévennes, le Dauphiné, la Provence, etc., nous en offrent de tous les âges et de tous les genres.

§ 146. **Dépôts de foraminifères.** — Indépendamment des mollusques, des échinides, des polypiers, etc., il y a beaucoup d'autres débris organiques qui ont concouru très-puissamment encore à la formation de certains dépôts géologiques : tels sont, d'un côté, les foraminifères, § 119, et de l'autre les infusoires eux-mêmes, qui sont devenus très-importants depuis les belles découvertes qu'on doit à M. Ehrenberg.

Les foraminifères sont des coquilles essentiellement marines, dont la plupart restent beaucoup au-dessous de 4 millimètre, et dont les plus grandes ne dépassent guère 2 ou 3. Malgré leur petitesse, ces coquilles offrent plusieurs loges, ce qui a conduit jadis à les rapprocher des coquilles chambrées, fig. 88, 89, et par suite à regarder les animaux qui les produisent comme des céphalopodes ; mais on sait aujourd'hui qu'ils appartiennent à des êtres infiniment moins élevés. Les petites loges dont se composent les foraminifères sont groupées de différentes manières, ce qui conduit à plusieurs divisions, où l'on distingue ensuite un grand nombre de genres, dont nous représentons quelques-uns extrêmement grossis, fig. 91 à 107. *pour en donner une idée.*

DÉPÔTS ANCIENS ATTRIBUABLES A DES SÉDIMENTS. 117

Fig. 91. Fig. 92. Fig. 93. Fig. 94. Fig. 95. Fig. 96. Fig. 97.
a b a b c a b a b



Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100. Fig. 101. Fig. 102.
a b a b



Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107.
a b a b a b



Loges empilées sur un seul axe.

- Fig. 91. a. *Nodosaria limbata*.
b. Disposition intérieure des loges.
Fig. 92. *Dentalina sulcata*.
Fig. 93. a. *Marginulina trilobata*.
b. Vue en dessus de la dernière loge.
c. Disposition intérieure des loges.
Fig. 94. a. *Fabellaria rugosa*.
b. Vue dans l'autre sens pour montrer l'aplatissement.

Loges alternes sur un axe.

- Fig. 95. a. *Textularia turris*.
b. Disposition intérieure des loges alternes.
Fig. 96. *Sagrina rugosa*.
Fig. 97. *Pyrulina acuminata*.

Loges disposées en spirale.

- Fig. 98. *Bulimina brevis*.
Fig. 99. *Bulimina Murchisonii*.
Fig. 100. a. *Globigerina cretacea*.
b. Vue de profil.
Fig. 101. *Rotalina Voltzii*.
Fig. 102. a. *Cristellaria rotula*.
b. Vue dans l'autre sens.

Loges réunies parallèlement à un axe.

- Fig. 103. a. *Biloculina bulloides*.
b. Vue par le sommet.
Fig. 104. a. *Triloculina trigonula*.
b. Vue par le sommet.
Fig. 105. a. *Quinqueloculina saxorum*.
b. Vue par le sommet.

Loges divisées par des cloisons ou des tubes.

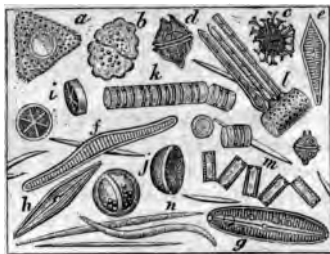
- Fig. 106. *Orbiculina numismalis*.
Fig. 107. *Alveolina Boscii*.

Ces petites coquilles, dont on connaît 700 à 800 espèces fossiles, se trouvent accumulées en nombre immense dans les couches ter-

restres, et constituent à elles seules des dépôts calcaires très-considérables, dont la craie, § 277, et les terrains tertiaires, § 284, nous offrent des exemples dans toutes les parties du monde.

§ 147. **Dépôts d'infusoires.** — Les infusoires qu'on trouve dans les eaux douces et dans les mers, § 149, plus petits encore que les foraminifères, ne sont visibles qu'avec les forts grossissements du microscope. Malgré cette ténuité, il en est un grand nombre qui sont munis d'une carapace siliceuse, et qui peuvent, en conséquence, s'accumuler au fond de l'eau avec les débris des plantes microscopiques qui y vivent en même temps. Or, quoiqu'il faille plus de 2 millions de ces corpuscules pour faire 1 millimètre cube, M. Ehrenberg a montré que leur accumulation a produit encore des dépôts très-étendus, de plusieurs mètres d'épaisseur, et a concouru puissamment à la formation de beaucoup d'autres. Ils constituent, en effet, en presque totalité, les matières terreuses formées de silice très-fine qu'on désigne sous les noms de *terre* ou *schiste à polir* et *tripoli*, *farine fossile*, *limon siliceux*, ou *gouhr siliceux*; ils se trouvent souvent en abondance dans les silex, les opales, et surtout dans les matières terreuses qui en enveloppent les parties translucides; ils existent en très-grande quantité dans la plupart des marnes, surtout celles des dépôts lacustres, dans les calcaires solides de même formation, dans la craie, etc. Ils forment la totalité des limons qui remplissent les golfes et les anses des côtes de l'Océan et de la Méditerranée, et se retrouvent dans tous les dépôts terreux soulevés du sein des eaux aux époques anciennes et modernes. Ce ne sont plus seulement aujourd'hui les tripolis de Billin, les gouhr siliceux de Franzenbad, etc., qu'on peut citer comme exemples, il en existe partout, et quand on rencontre un dépôt terreux fin, une marne, même de la limonite des marais, on est presque certain de le trouver rempli de ces petits êtres. Il en existe des dépôts de 20 mètres d'épaisseur dans les plaines basses de l'Allemagne occidentale, à plus ou moins de profondeur sous les sables de ces contrées. Une circonstance remarquable, c'est que sous la ville de Berlin, une de ces couches est formée d'infusoires qui vivent et se propagent encore, entretenus sans doute par les eaux de la Sprée, qui se trouvent plus élevées.

M. Ehrenberg a déjà décrit beaucoup d'infusoires fossiles de toutes les parties du monde et de terrains différents, qui constituent un grand nombre de genres dont nous représentons quelques-uns, sous de très-grandes dimensions, dans les figures suivantes.



- a. *Desmidium apiculosum.*
- b. *Euastrum verrucosum.*
- c. *Xanthidium ramosum.*
- d. *Peridinium pyrophorum.*
- e. *Gomphomena lanceolata.*
- f. *Hemanthidium arcus.*
- g. *Pinnularia dactylus.*
- h. *Navicula viridis.*
- i. *Actinocyclus senarius.*
- j. *Pixidula prisca.*
- k. *Gallionella distans.*
- l. *Synedra ulna.*
- m. *Bacillaria vulgaris.*
- n. *Spicules d'éponges.*

Fig. 108 Infusoires fossiles.

§ 148. **Dépôts charbonneux.** — Il est incontestable que les dépôts charbonneux qui se trouvent dans le sein de la terre ont été produits par des végétaux accumulés; ce qui le prouve, ce sont d'un côté les débris que le microscope y fait découvrir aussi clairement que dans la tourbe, § 124; de l'autre, les tiges et les feuilles nombreuses qu'on rencontre dans les matières terreuses associées. Tout le monde est d'accord à cet égard; mais il n'en est plus de même relativement au mode d'accumulation. Quelques géologues pensent que ces dépôts résultent de l'enfouissement de grands radeaux de plantes, transportés par les fleuves ou les courants maritimes, en supposant que ces courants existaient alors, et échoués en différents lieux; les autres croient, au contraire, que la plupart se sont formés à la manière des tourbières, dans les dépressions marécageuses d'un sol découvert, où les ruisseaux pouvaient apporter aussi les débris de la végétation environnante.

La première idée a contre elle l'énorme épaisseur qu'il faut supposer aux radeaux pour obtenir des couches combustibles telles que nous les connaissons. En effet, en prenant en considération le poids spécifique des bois, leur contenu de carbone, relativement à ce que présentent à cet égard les dépôts charbonneux, on trouve que ceux-ci ne peuvent être que les $\frac{2}{100}$, ou même les $\frac{7}{100}$, suivant les plantes, du volume primitif des matériaux qui leur ont donné naissance. De plus, en évaluant les vides nombreux que produit l'entassement irrégulier de ces débris dans un radeau, on reconnaît que la houille, par exemple, qui est formée par les plantes spécifiquement les plus légères, comme les équisétacées, les fougères, etc., ne peut guère avoir dans ses couches que les $\frac{3}{1000}$ de l'épaisseur du radeau qui les auraient formées. Il en résulte que des couches de houille de 1, 2, ... 30 mètres, comme nous en connaissons, auraient nécessité des radeaux de 28, 57, ... 857 mètres d'épaisseur, ce qui dépasse évi-

donnent les limites de la vraisemblance; de tels radeaux ne pourraient flotter ni dans nos rivières, ni dans la plus grande partie de nos mers; par exemple dans la Manche, sur la côte orientale de l'Amérique du Sud, etc.

L'idée de formation analogue à celle des tourbières ne présente pas les mêmes difficultés, et n'exige que du temps pour l'accumulation des matériaux organiques nécessaires. A la vérité, dans l'état actuel des choses, ce temps pourrait être très-considérable; car, suivant le calcul de M. de Beaumont sur la quantité de carbone que produisent annuellement nos forêts actuelles, il ne pourrait guère se former sur l'étendue des dépôts charbonneux connus que 16 millimètres de ce combustible en un siècle. Mais tout porte à croire qu'à la température moyenne de 21°, lorsque l'atmosphère était remplie de vapeurs, § 440, et avec les genres de plantes qui croissent aujourd'hui dans nos contrées, la végétation était infiniment plus vigoureuse qu'aujourd'hui; on est même conduit à penser qu'à l'époque de ces formations, où la terre n'était pas encore au degré de refroidissement qu'elle présente actuellement, il se dégageait de son sein beaucoup d'acide carbonique, § 77, et que la fixation du carbone par les plantes se faisait dès lors plus rapidement. Au reste, ce ne sont pas seulement les dépôts de houille qui réclament un si long espace de temps; il en est de même pour tous les sédiments, et des dépôts calcaires uniquement formés de coquilles, qui acquièrent des épaisseurs bien plus considérables encore, ont certainement exigé bien des siècles pour arriver à ce point.

§ 449. L'hypothèse qui assimile les dépôts de houille aux tourbières se trouve encore fortifiée par les différents caractères qu'ils présentent: tels sont d'un côté les nombreux débris de cryptogames cellulaires que l'examen microscopique fait découvrir dans ces combustibles comme dans la tourbe, les arbres debout avec leurs racines qu'on trouve au milieu des dépôts, et la conservation remarquable des feuilles dans les schistes; de l'autre, la disposition en bassins plus ou moins étendus, isolés les uns des autres, § 237 à 246, encaissés par des roches antérieures; toutes circonstances qui semblent indiquer des flaques d'eau, des lieux marécageux formés dans les dépressions d'un sol découvert, et qui écartent encore l'idée des radeaux, qui n'auraient pu arriver dans de telles dépressions. Fréquemment aussi on reconnaît qu'un certain nombre de petits dépôts indépendants font partie d'un bassin plus étendu, d'une espèce de lac rempli de matières arénacées contemporaines, à la surface de laquelle il se serait formé autant d'amas particuliers de combustible qu'il en est même qui sont comme renfermés dans des espèces de vallées.

anciennes, sur la longueur desquelles ils sont çà et là dispersés. Toutes ces circonstances se présentent dans les dépôts du centre et du midi de la France, § 355, depuis la Bourgogne jusqu'au fond du Languedoc, ainsi que dans tous ceux des Vosges. Cependant les départements du Nord, la Belgique, l'Angleterre, l'Écosse, nous présentent les choses tout autrement; là les couches de combustible, nettement prononcées, paraissent s'étendre sur de grands espaces, et l'ensemble des faits, aussi bien que la superposition immédiate à des calcaires marins, qu'on trouve dans toutes ces contrées, conduit à penser que ces dépôts, aujourd'hui disloqués, séparés par les mers, ont jadis fait partie d'un même tout. Ce n'est plus dans des flaques d'eau, dans des lacs resserrés qu'ils paraissent s'être formés; c'est dans une vaste mer qui, d'abord en partie comblée par des calcaires, est devenue sans doute une sorte de marécage, où se développaient des plantes marines, et où se rendaient en outre tous les débris d'une immense végétation établie sur ses bords et dans ses îles. Les mouvements ondulatoires ont peut-être alors stratifié les matières charbonnées comme tous les autres dépôts de sédiment, § 416.

Certains dépôts de lignite ont été évidemment formés de la même manière; mais il en est d'autres qui offrent des amas de bois jetés pêle-mêle, plus ou moins bituminisés, conservant leur tissu, enfouis au hasard au milieu des dépôts sédimentaires, et rappelant ceux qui sont charriés par les grands fleuves, qui se déposent dans les lacs, ou qui sont même transportés au milieu des mers, § 440.

§ 450. Les débris de coquilles sont rares dans les dépôts de houille proprement dits. Il n'y en a de traces dans aucun des dépôts du centre de la France, et ce n'est que dans la grande formation qui comprend les départements du Nord, la Belgique, l'Angleterre, qu'on en a quelques exemples. On cite des coquilles marines dans les bouillères de Liège et de Namur, dans celles d'Angleterre, et surtout dans celles des environs d'Édimbourg; mais il pourrait bien se faire que ces coquilles appartenissent aux dépôts sous-jacents. Il y a aussi quelques coquilles d'eau douce analogues aux mulettes et aux nodontes, qui annoncent au moins des affluents d'eau continentale. Dans la plupart des dépôts de lignite, où la structure du bois a généralement disparu, on trouve au contraire un grand nombre de coquilles qui sont d'origine fluviale, ce qui prouve que la formation de ces matières a eu lieu dans des lacs d'eau douce.

§ 451. *Dépôts adventifs divers.* — On remarque souvent, au milieu des terrains stratifiés, des matières diverses qui semblent s'être intercalées au milieu de celles qui ont été formées par la sédimentation générale. Certains dépôts se trouvent pénétrés çà et là

de matières étrangères, tantôt disposées en concrétions plus ou moins volumineuses et en veines qui semblent avoir rempli des fissures, tantôt réparties uniformément dans toute la masse. Ailleurs, entre deux couches distinctes, se trouvent, par place, des dépôts différents limités dans tous les sens, en formant de grandes lentilles ou des amas plus ou moins volumineux. Ces circonstances indiquent nécessairement des précipitations locales, accidentelles, indépendantes de la sédimentation générale, et ne peuvent manquer de rappeler les effets des sources qui amènent tant de matières de l'intérieur du globe, et produisent des dépôts plus ou moins étendus à sa surface.

Il est probable que c'est à des sources silicifères analogues à celles de l'Islande et de Saint-Michel, § 82, 113, qu'est due la pénétration de certains sédiments par la silice, qui tantôt a consolidé quelques parties de leur étendue, comme dans les grès divers, § 212, tantôt y a formé des rognons plus ou moins volumineux, comme dans la craie, § 277, des veines plus ou moins nombreuses, quelquefois des amas considérables, comme la meulière du calcaire siliceux, § 286, ou celle des dépôts supérieurs, § 290. On est également conduit à penser que certains dépôts de gypse, comme ceux qui se trouvent aussi dans le calcaire siliceux, ont été de même produits sur place par des sources, qui sans doute amenaient en même temps toutes les matières argileuses et marneuses qui les accompagnent. Il en doit être de même pour les gypses de plusieurs autres terrains, quoique, dans certains cas, cette substance ait pu être produite aussi par une transformation sur place des calcaires existants, § 199, 206, 212, 347.

Beaucoup de dépôts salifères, au milieu de leurs argiles, et accompagnés de gypse, ne peuvent manquer de rappeler le phénomène des salzes, § 84, ou, en général, celui des sources qui amènent à la fois des matières en suspension et des matières dissoutes, dont les eaux peuvent déboucher dans des lacs aussi bien qu'à la surface du sol desséché, et pénétrer par la force d'ascension dans toutes les fissures du terrain à travers lequel elles se dégagent. Nous verrons d'ailleurs que, dans certaines localités, les dépôts de sel et de gypse sont en relation intime avec des phénomènes ignés accompagnés sans doute d'émanations diverses, § 199, 347. C'est ce qui a lieu tout le long de la chaîne des Pyrénées, où l'on trouve entre autres les salines d'Anana, en Biscaye, au milieu d'un cratère de soulèvement dont le centre est occupé par l'ophite : une source salée considérable et très-riche sort verticalement d'un puisard pratiqué dans cette roche.

Les dépôts de soufre des terrains calcaires, qui sont d'ailleurs accompagnés de gypse et d'argile, et souvent dans le voisinage des dépôts salifères, doivent encore avoir une origine analogue. Il en est de même des matières bitumineuses qui ont imprégné des sables et des calcaires, et aussi d'un assez grand nombre de dépôts de limonite des terrains calcaires, quoique ces matières aient pu être ensuite entraînées par les eaux courantes pour entrer dans la sédimentation générale. Enfin, il y a beaucoup de circonstances où les dépôts ne peuvent s'expliquer que par des sources qui les ont formés autour d'elles, et en ont imprégné les roches préexistantes ou contemporaines.

Les filons sont aussi des dépôts adventifs; mais ils sont produits par des injections de matières fondues (voyez § 184, 198 à 208).

EFFETS ANCIENS ATTRIBUABLES A DES SOULÈVEMENTS OU A DES AFFAISSEMENTS.

§ 152. **Considérations générales.** — Quelle que soit la hauteur à laquelle nous puissions reconnaître des dépôts fluviatiles, il n'y a rien qui doive nous étonner; car nous concevons parfaitement qu'à diverses époques, il ait pu exister des lacs à tous les étages de nos continents, comme il s'en trouve encore aujourd'hui, et qu'après leur écoulement, les dépôts soient restés à sec sur le terrain. Mais nous trouvons aussi des dépôts marins à toutes les hauteurs, en couches épaisses très-étendues, et il n'est pas aussi facile de s'en rendre compte au premier moment. De tels dépôts n'ont pu évidemment se former que sous les eaux de la mer; et puisqu'ils se trouvent à des milliers de mètres au-dessus de son niveau actuel, il faut admettre de deux choses l'une: ou que les mers ont été élevées à une certaine époque au-dessus de ces points, et pendant assez de temps pour y former des couches puissantes, ou bien que ces dépôts, formés au-dessous du niveau actuel, ont été ensuite soulevés du fond des mers jusqu'à la hauteur où nous les trouvons aujourd'hui. Or, rien de ce que nous pouvons observer dans les phénomènes de l'époque actuelle ne nous autorise à penser que les mers aient pu se trouver autrefois à une pareille élévation pendant un temps suffisant pour y former des dépôts considérables, puisque leur niveau n'a pas changé depuis les temps historiques, § 34¹. Rien en-

¹ Nous faisons abstraction du déluge universel, qui est indiqué dans les livres saints comme une catastrophe de très-courte durée, et par conséquent incapable

core ne nous conduit à comprendre ce que le surplus des eaux au-dessus du niveau actuel un volume beaucoup plus grand que ce qui reste aujourd'hui, § 12, pourrait être devenu, à moins d'admettre le concours de la volonté divine, qui des lors se serait plu, dans les temps anciens, à faire apparaître ou disparaître ces eaux un assez grand nombre de fois, et à interrompre même les lois de leur équilibre. En effet, très-souvent les dépôts coquilliers qu'on aperçoit çà et là à une grande hauteur ne se retrouvent pas sur les sommets correspondants, et se présentent, au contraire, à peu de distance, avec tous leurs caractères, à des milliers de mètres plus bas : dès lors il faudrait supposer que les eaux ont pu s'élever considérablement dans le premier de ces points, et rester basses dans l'autre, ce qui est absurde : ou bien admettre que les mêmes animaux pourraient vivre aussi bien à la surface des eaux qu'à d'immenses profondeurs, ce qui est contraire à toutes les observations. Il ne nous reste donc de raisonnablement admissible que l'idée des soulèvements, idée appuyée du moins sur les faits positifs qui ont eu lieu de nos jours, et qui, sans doute, ne sont pas les seuls qui se soient manifestés à la surface du globe. Si les soulèvements ont pu exercer subitement leur action sur deux cents lieues de côtes au Chili, § 32, en s'étendant au large jusqu'aux îles Juan-Fernandez, s'ils se font avec lenteur dans tout le golfe de Bothnie, dans la Suède et dans la Finlande, § 35, sur une surface qui n'est pas moins étendue, nous comprenons que de vastes contrées aient pu être également soulevées partout ailleurs et dans tous les temps. L'énorme masse liquéfiée qui forme l'intérieur du globe, oscillant d'un côté ou de l'autre sous sa mince écorce, § 8, a pu la bosseler dans tous les sens, et il n'en faut pas davantage pour pousser des continents hors des mers et en varier le faible relief de toutes les manières, § 11. Et qu'on ne s'effraye pas de ce que de tels effets paraissent avoir de gigantesque ; c'est parce que nous les comparons à notre faiblesse que nous les jugeons ainsi, car ils ne sont rien relativement au globe lui-même. Que sont donc les 7821 mètres de hauteur de l'Himalaya, la plus haute montagne connue, et les 8000 mètres de profondeur fournis par les plus forts sondages au milieu des mers, § 12, relativement à plus de

l'océan précipité les immenses dépôts que nous connaissons, que tout doit faire considérer comme formés lentement. Cette catastrophe d'ailleurs est moderne, et ne peut se rapporter qu'à la dernière modification de nos continents, § 375 à 378 ; or, les dépôts de coquilles dont nous voulons parler sont de beaucoup antérieurs, et ils n'ont aucun rapport avec les faits décrits par l'historien sacré. Voyez le chapitre des grands soulèvements.



6 millions de mètres que présente le rayon moyen de la terre? Et cependant de telles éminences, ou de telles profondeurs, qui ne produiraient que 4 millimètre de saillie, ou 4 millimètre de creux sur une sphère de 4 mètre de rayon, sont déjà des raretés sur notre globe, où les grandes inégalités ne sont pas même comparables aux petites cloques qui passent inaperçues sur les coulées de verre ou de métaux préparées dans nos usines. Si nous joignons à ces réflexions l'idée de l'immense force qui s'exerce souvent de l'intérieur de la terre à l'extérieur, § 73, rien ne nous étonnera dans les phénomènes qui se présentent à nous. Voyons cependant comment les faits justifient cette conséquence.

§ 153. *Dépôts coquilliers et plages soulevées.* — Ce qui caractérise les parties de terrain soulevées de nos jours au-dessus des mers, c'est la présence, à la surface des rochers mis à nu, de divers coquillages ordinairement fixés à fleur d'eau, comme les balanes, les moules, etc., § 32; ou bien celle de quelque dépôt coquillier identique avec ceux qui se forment journellement au fond des mers voisines. Or, en examinant les collines qui bordent les côtes du Chili, on a trouvé sur les plateaux qui se succèdent en terrasses, et dont les bords sont parallèles aux rivages actuels, des coquilles semblables à celles qui ont été mises à sec sous nos yeux, et qui sont encore adhérentes aux rochers, ainsi que des dépôts coquilliers qui renferment les mêmes débris organiques que ceux qui se forment dans l'Océan Pacifique. N'est-il pas de la plus grande probabilité que ces dépôts sont aussi les résultats de soulèvements successifs, semblables à ceux qui se sont manifestés de 1822 à 1837? Cette conséquence est fortifiée par l'observation faite à l'île San-Lorenzo, près de Lima, où l'on a trouvé à 30 mètres au-dessus de la mer des dépôts semblables qui renfermaient des joncs tressés, des portions de fil de coton, des débris de poteries, ce qui annonce évidemment une formation effectuée depuis la présence de l'homme dans ces contrées; or, puisque le niveau des mers n'a pas changé depuis les temps historiques, § 34, il faut bien que ce soit par soulèvement que ces dépôts aient été mis au jour.

§ 154. Les côtes de la Suède se soulèvent lentement, comme il a été établi par les observations les plus précises, § 35. Or, en creusant un canal près de Stockholm, on a trouvé au milieu des lits de sable, d'argile et de marne, remplis de coquilles semblables à celles qui vivent dans la Baltique, des débris de vaisseaux fort anciens et une cabane en bois. Donc toute cette contrée, jadis sous les eaux, a été soulevée depuis l'existence de l'homme, c'est-à-dire depuis que l'Océan est invariable. Il devient dès lors infiniment probable que le

dépôt coquillier d'Uddewalla, à 70 mètres au-dessus de la mer, où l'on reconnaît encore les débris organiques de la Baltique, et où M. Brongniart a trouvé des balanes fixées aux rochers, comme sur la côte actuelle, est également un résultat de soulèvement. Nous devons en dire aurant des dépôts analogues qu'on trouve sur les côtes de Norwége jusqu'en Laponie, et de beaucoup d'autres qu'on rencontre sur les côtes d'Angleterre, dans les îles du grand Océan, etc. Mais voici d'autres faits :

§ 455. Sur la côte de Pouzzoles, on voit, à 7 mètres au-dessus de la mer, des dépôts de coquilles semblables à celles qui vivent encore dans la Méditerranée, avec lesquelles se trouvent des débris de poteries et des fragments de sculptures. Or, nous savons que le niveau de cette mer n'a pas changé depuis les Phéniciens ; par conséquent, c'est un soulèvement effectué depuis l'apparition de l'homme qui a mis ces collines au jour. En Sardaigne, il existe des dépôts semblables, mais plus élevés, où M. de la Marmora a trouvé des traces d'une industrie naissante, et qui renferment en outre des coquilles fluviatiles et terrestres. Enfin, on observe des faits analogues dans une multitude de localités. Or, il se trouve dans les mêmes contrées des collines qui atteignent jusqu'à 700 mètres, où l'on ne voit plus, à la vérité, de débris de l'industrie humaine, mais où l'on rencontre encore les mêmes coquilles méditerranéennes que dans les premières, et quelquefois même avec leur couleur. Ce fait conduit forcément à admettre encore que ces dépôts ont été soulevés du sein des eaux tout aussi bien que les autres, et seulement à une époque antérieure à l'homme dans la contrée. Il faut attribuer la même origine à beaucoup d'autres dépôts analogues qu'on trouve sur les côtes de Sicile, de Sardaigne, des États Romains, de la Toscane, de Nice, de France et d'Espagne. La même conséquence s'applique à ce qu'on observe sur les côtes de l'Océan, en France, en Angleterre, aux Antilles, à Timor, à la Nouvelle-Hollande, et dans plusieurs îles de la mer du Sud. On y reconnaît des plages de sable à diverses hauteurs, des dépôts calcaires, remplis de coquilles marines semblables à celles qui vivent dans les mers voisines, des huîtres et des balanes fixées aux rochers, enfin des bancs de polypiers, § 123, identiques avec ceux de nos jours, et le tout élevé plus ou moins au-dessus du niveau des mers.

§ 456. Lorsqu'à l'intérieur des terres on trouve sur le flanc des montagnes, et sur les escarpements, des sillons allongés, des creux, des excavations qui forment des lignes horizontales, il est évident que ce sont d'anciens rivages sur lesquels la mer venait battre, en exerçant ses dégradations comme aujourd'hui. § 98 à 400, et qui

ont été soulevés à la hauteur où nous les voyons. C'est ce qu'attestent encore les débris roulés de toute espèce, minéraux, ossements d'animaux, coquilles, madrépores, qu'on trouve quelquefois alors au pied des escarpements, aussi bien que les trous plus ou moins nombreux renfermant encore les coquilles des mollusques saxicaves qui les ont formés. On trouve assez fréquemment ces divers indices sur les montagnes calcaires de la Bourgogne méridionale, de la Franche-Comté, du Bas-Dauphiné, de la Provence, etc.

§ 157. **Temple de Sérapis.** — C'est à des événements du même genre que se rapporte le phénomène du temple de Sérapis, sur la côte de Pouzzoles, qui a donné lieu à tant de controverses parmi les géologues. Il ne reste de cet antique monument que trois colonnes de marbre, debout sur un sol qui est à peu près au niveau de la mer, fig. 409. Or, d'une part, il n'est guère vraisemblable que ce temple, d'ailleurs construit avec un grand luxe d'architecture, ait été placé de manière que le sol en fût constamment couvert d'eau, pas plus qu'il n'est probable que la voie antique de Baja, les édifices élevés par Agrippa, plusieurs autres antiquités qui se trouvent aujourd'hui en tout ou en partie sous les eaux, aient été construits dans cette position. D'un autre côté, les trois colonnes qui restent debout présentent, à partir de 3 mètres au-dessus du pavé, et sur une hauteur de 2 mètres, une zone perforée par

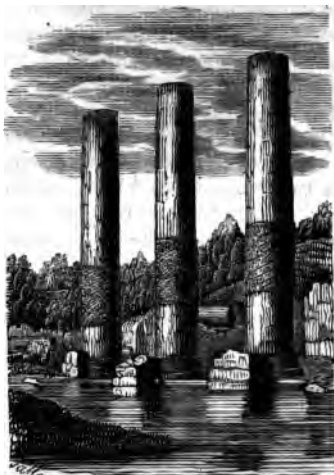


Fig. 109. Temple de Sérapis.

des coquilles lithophages, ce qui n'a pu avoir lieu que sous les mers. Ainsi ce temple, certainement construit sur un endroit constamment à sec, à quelque hauteur que ce soit, s'est trouvé plus tard sous les eaux jusqu'à 5 mètres, et de nouveau a été remis au niveau de la mer. Or, puisque la Méditerranée n'a pas changé de niveau, c'est aux oscillations du sol qu'on peut uniquement rapporter ce phénomène. Il est probable que le terrain s'est trouvé d'abord à une certaine hauteur au-dessus de la mer, et que c'est alors que toutes les

antiquités dont nous voyons les restes ont été construites ; que plus tard il s'est fait un affaissement dont nous ignorons la valeur, et qu'enfin un soulèvement de 5 mètres, qui a été jusqu'à 7 en quelques points, a remis le temple à sec en laissant les autres édifices en partie submergés, ce qui prouve que l'affaissement avait été plus fort et plus étendu que le dernier soulèvement.

§ 158. **Conclusion des faits.** — En reconnaissant ainsi que des dépôts très-étendus, formés de coquilles qui vivent actuellement dans nos mers, ont été évidemment soulevés à des hauteurs plus ou moins considérables, ne devient-il pas infiniment probable qu'il en a été de même de tous les autres ? Pourquoi, en effet, n'en serait-il pas ainsi des terrains des environs de Londres et de Paris, de ceux des plaines de la Gascogne, de l'Autriche, de la Hongrie, de la Pologne, etc. ? A la vérité, les coquilles qu'on y trouve ne sont pas toutes analogues à celles qui vivent dans nos mers ; mais il y en existe encore en quantité notable, § 284 à 295, et leur conservation est à peu près la même. Et si l'on admet le soulèvement de ces dépôts, pourra-t-on refuser d'étendre l'hypothèse aux terrains crétacés qui les enveloppent de toutes parts, § 270 à 282, puis aux calcaires jurassiques qui les avaient précédés et qui constituent la plus grande partie des montagnes calcaires de la France, § 255 à 269, enfin à tous les dépôts coquilliers dont les débris organiques attestent l'origine sous-marine ? En preuve de cette extension du phénomène, nous allons bientôt citer toutes les dislocations qui en sont nécessairement la suite.

§ 159. **Affaissements de divers dépôts anciens.** — S'il est clairement établi que, de nos jours, il s'est fait à la surface du globe des affaissements aussi bien que des soulèvements, § 32 à 36, l'observation montre évidemment qu'il s'en est fait également à toutes les époques dans les dépôts divers qui constituent nos continents.

On observe sur plusieurs points des côtes de France et d'Angleterre, à marée basse, des dépôts très-étendus de végétaux semblables à ceux qui vivent dans nos climats, et que tout annonce être encore à la place où ils ont vécu, parce qu'on y voit des arbres debout et des racines fixées au sol. Ces dépôts reposent sur des matières terreuses jonchées de feuilles entassées les unes sur les autres, et sont recouverts par des argiles remplies de coquilles d'eau douce ; ils renferment des bouleaux, des noisetiers, des chênes, des sapins, des débris de diverses espèces de cerfs, etc. Or, ces *forêts sous-marines*, ainsi qu'on les a nommées, n'ont pu végéter que sur un sol découvert ; et comme elles se trouvent aujourd'hui placées au-dessous des mers, et ne se montrent que dans les grandes marées, il

faut bien que le terrain se soit affaissé depuis l'époque de la végétation actuelle. On a aussi rencontré plusieurs tourbières les unes au-dessus des autres en creusant des puits artésiens en Hollande et à Venise, ce qui montre même plusieurs affaissements successifs.

§ 460. La *couche de boue* de Portland, § 438, qui renferme des arbres encore en place, atteste l'existence d'un sol végétal, d'un terrain à peu près sec, qui reposait sur des dépôts marins. Cette couche a été ensuite recouverte par des dépôts de calcaire lacustre très-puissant, et le tout passe sous les grès verts qui préludent à la craie, § 274, et qui sont de formation marine. Il est donc clair qu'il y a eu dans ces lieux un certain soulèvement des calcaires marins inférieurs, sur lesquels s'est établie une végétation terrestre; qu'il s'est fait ensuite un lac, ou un estuaire profond, dans lequel se sont formées des couches de calcaire, de sable et d'argile remplies de coquilles fluviatiles, dont l'ensemble atteint parfois une épaisseur de 200 à 300 mètres. Plus tard même tout ce terrain s'est recouvert de dépôts marins, de grès vert et de craie, qui dans certains points ont eux-mêmes une épaisseur encore plus grande. Enfin il faut qu'un dernier soulèvement ait remonté le tout au niveau que nous observons aujourd'hui.

§ 464. Tous les détails dans lesquels nous entrerons successivement nous feront connaître des faits du même genre, même sur de grandes étendues et avec des circonstances beaucoup plus remarquables encore que celles qui viennent d'être indiquées, § 465 à 472, 327 à 375; mais nous citerons encore un exemple frappant de ces oscillations du sol, et il nous sera fourni par les *empreintes de pieds et de pas de certains quadrupèdes*, fig. 440, qu'on a trouvées à

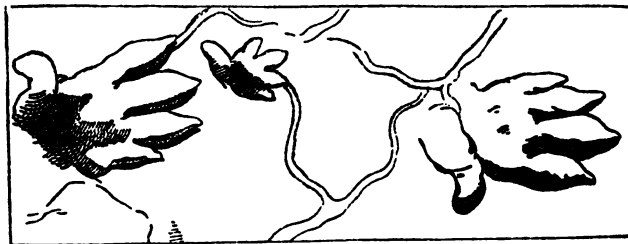


Fig. 110. Empreintes de pieds de quadrupèdes.

Hersberg, près de Hildburghausen en Saxe, sur les faces de séparation de certaines couches de grès, et celles de pieds d'oiseaux divers,

fig. 411, qu'on a observées dans la vallée du Connecticut, aux États-Unis d'Amérique, dans les mêmes dépôts. Ces empreintes attestent que le terrain conservait une certaine mollesse, quoiqu'il fût en partie desséché, ce qui est mis en évidence par les rides qu'il présente, et que par conséquent il fût hors de l'eau; or la couche où ces animaux ont marché se trouve aujourd'hui recouverte par une autre qui s'est modelée sur leurs traces, puis par des dépôts considérables des mêmes matières, qui n'ont pu se former que sous les eaux: donc il a fallu que le terrain, d'abord soulevé pour que des animaux terrestres pussent y marcher, s'affaissât successivement ensuite pour recevoir tous ces sédi-

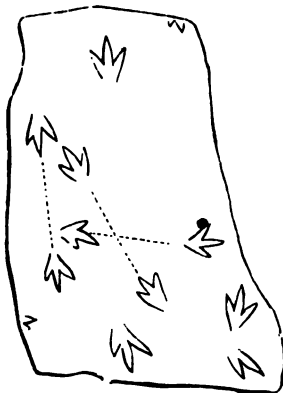


Fig. 111. Empreintes de pieds d'oiseaux.

ments, et qu'en définitive il ait été de nouveau relevé pour arriver au point où nous le voyons aujourd'hui.

§ 162. **Affaissement de la Caspienne, cratères d'effondrement.** — En voyant clairement, par les faits modernes, § 32 à 36, et par les phénomènes que présentent les dépôts anciens dont nous venons de parler, qu'il s'est fait de tout temps des affaissements à la surface du globe aussi bien que des soulèvements, nous sommes naturellement conduits à expliquer de même différents faits qui ne sont pas moins remarquables. Si le niveau de la Caspienne et de toute la contrée environnante se trouve aujourd'hui au-dessous de l'Océan, § 23, nous sommes portés à croire que c'est par l'effet d'un affaissement du sol, qui se trouve en relation avec le soulèvement des hautes cimes volcaniques qui forment le centre de l'Asie. Il en a été probablement ici comme de la formation du grand lac Mitsou-Oumi, dans l'île de Nifon, qui eut lieu dans une nuit en l'an 286 avant notre ère, au moment où le Fousi-no-Yama, la plus haute montagne du Japon, s'éleva du sein de la terre. Quelque chose d'analogue s'est passé sans doute au milieu de la Judée, où toute la contrée du Jourdain, de la mer Morte au lac de Tibériade, se trouve aussi plus bas que la Méditerranée. La mer Morte est entourée de montagnes trachytiques, dont l'apparition fut peut-être une des causes médiatees du grand châtimeut infligé aux villes coupables que renfermaient ces contrées.

Nous trouvons sur une plus petite échelle beaucoup d'autres effets qui ne peuvent guère s'expliquer aussi que par des effondrements : tel est, par exemple, le cas du *val del Bove*, sur la pente orientale de l'Etna. Cette vaste excavation, page 37, offre tous les caractères d'un cratère de soulèvement, tant par l'inclinaison des nappes de laves anciennes qu'elle présente, que par les crevasses qui découpent ses bords, surtout à la partie inférieure; mais son étendue amène naturellement la question de savoir ce que sont devenues les matières qui en occupaient le centre. Or, ici comme en beaucoup d'autres lieux, on ne peut s'en rendre convenablement raison que par un effondrement, § 52, qu'on peut même motiver sur quelques témoins encore saillants au milieu des remblais qui se sont formés plus tard. Une circonstance tout à fait analogue se présente dans le *val Taoro*, décrit par M. de Buch, et qui se trouve placé au pied du pic de Ténériffe, comme le *val del Bove* l'est au pied de l'Etna.

§ 163. **Cratères-lacs.** — C'est à des effondrements qu'on peut rapporter la formation de certains lacs profonds, et en forme d'entonnoir, dans lesquels on voit moins le caractère des cratères de soulèvement, que celui des *fontis* qui se forment au milieu des terrains meubles placés au-dessus de quelque excavation. Tels sont le *lac Paven*, au pied des masses trachytiques du Mont-Dore, en Auvergne; plusieurs lacs des Vosges, au milieu des granites et des porphyres; enfin les lacs qui couvrent le plateau de l'Eifel, et qu'on a désignés fréquemment sous le nom de *cratères-lacs*. Ces derniers ont cela de particulier qu'ils se sont formés à fleur du sol au milieu des terrains schisteux dont les couches sont restées en place, ou plutôt même se sont quelquefois affaissées vers le centre de la cavité. On ne peut évidemment expliquer ces dispositions particulières que par des effondrements, qui ont même quelquefois communiqué assez profondément à l'intérieur de la terre pour donner passage à des scories. On en trouve en effet d'éparses sur les bords de plusieurs de ces ouvertures et jusqu'à des distances plus ou moins grandes : c'est ce qu'on voit autour de plusieurs des cratères de l'Eifel, creusés au milieu des schistes; autour du *Gouhr de Tazana*, creusé au milieu des granites, sur les confins de l'Auvergne et du Bourbonnais, etc.

Quelque étonnants que puissent paraître ces effondrements, ils n'ont rien de plus extraordinaire que ceux qui se sont formés pendant les tremblements de terre de la Calabre, § 30, que ceux qui ont eu lieu à Saint-Michel des Açores, à l'ancienne Césarée de Capadoce en 1835, § 53, que tous ceux du même genre qu'on trouve dans les chroniques diverses. Les affaissements du pic des *Mok-*

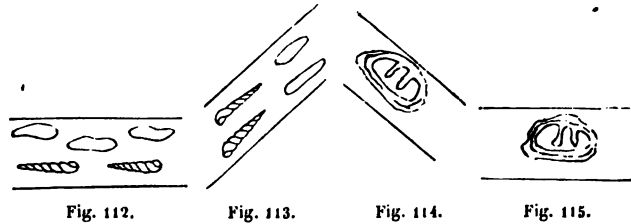
ques, du Carguaraizo, du Papandayan, etc., nous montrent assez ce qui peut arriver dans le cours naturel des choses pour faire comprendre les effets qui peuvent avoir été produits dans les différentes phases de notre planète.

§ 164. **Restes d'anciens continents.** — Remarquons encore que si un grand nombre d'îles, dans les mers du Sud, paraissent dues à des rescifs madréporiques, § 120, que des soulèvements ont portés ensuite à une hauteur plus ou moins considérable au-dessus des mers § 123, il en est d'autres qu'on est tenté de considérer comme des restes d'anciens continents, dont la plus grande partie se serait affaissée sous les eaux. Ce sont celles où vivent aujourd'hui cantonnés un certain nombre d'animaux particuliers qu'on ne retrouve pas ailleurs, et qu'on ne sait dès lors d'où faire venir en admettant des soulèvements, ni comment faire passer d'une île dans l'autre lorsqu'ils sont communs à plusieurs. L'hypothèse d'affaissement laisse peut-être moins de difficultés, car ces êtres spéciaux seraient alors les restes de la faune qui existait sur ces continents avant qu'ils fussent en partie détruits. Cette manière de voir, qui est admise aujourd'hui par plusieurs naturalistes, n'a rien de contraire aux observations géologiques, et pourrait même s'appuyer sur beaucoup d'entre elles; mais il reste à connaître comment elle s'accorde avec les faits locaux, et c'est aux observations futures à nous l'apprendre.

REDRESSEMENTS ET DISLOCATIONS ATTRIBUABLES A D'ANCIENS SOULÈVEMENTS.

§ 165. **Pourquoi il faut supposer des redressements.** — Les dépôts arénacés et coquilliers que nous trouvons à la surface solide du globe se présentent fréquemment en couches sensiblement horizontales, comme ceux qui se forment sous les eaux, § 108 à 116. Dans ce cas, les galets aplatis, les valves d'huitres ou d'autres bivalves, sont déposés à plat, et les coquilles turriculées couchées sur leur longueur, fig. 442, circonstances qui s'accordent avec l'idée de formation lente par des matières livrées à la seule action de la pesanteur. Cependant il arrive souvent aussi que nous voyons ces couches plus ou moins inclinées dans certaine partie de leur étendue, redressées même jusqu'à la verticale, et quelquefois renversées; or, on y reconnaît encore alors tous les caractères de l'horizontalité primitive, car les débris de coquilles et les galets aplatis se trouvent toujours disposés parallèlement aux plans des couches, fig. 443, comme dans la partie demeurée horizontale. Certains dépôts renferment aussi des géodes d'agates dans lesquelles on voit des stalactites

dont l'axe est plus ou moins incliné, fig. 114, ce qui est directement opposé à la manière dont se produisent ces sortes de configurations.



Il résulte de là que ces dépôts ne se sont pas formés en couches redressées comme nous les voyons aujourd'hui : car, d'un côté, les débris de coquilles et les galets auraient culbuté pour se placer en équilibre stable, ou rouler au pied des talus ; de l'autre, les stalactites se seraient formées suivant la verticale, fig. 115. Tout nous montre donc que les couches étaient d'abord horizontales, et qu'elles ont été dérangées de cette position naturelle postérieurement à leur formation ; c'est là un des grands phénomènes géologiques dont nous avons à rechercher la cause.

§ 146. Pour nous guider dans cette étude, nous avons, comme point de comparaison, les effets produits pendant les tremblements de terre, et ceux qui résultent des phénomènes volcaniques. D'un côté, les crevasses qui se forment alors dans le sol, jusqu'à une profondeur plus ou moins considérable, ne peuvent être évidemment que l'effet d'un soulèvement ; car l'écartement des parties ne résulte ici ni du dessèchement ni du refroidissement qui auraient pu produire des retraites dans la masse. Aussi remarque-t-on, dans le voisinage des fentes, que le sol ne se trouve plus sur le même plan que le reste de la contrée, qu'il est alors plus ou moins bombé, et que souvent une des parties est plus élevée que l'autre, § 30. Or, pour que le sol ait été soulevé, il faut bien que les couches intérieures aient été dérangées de leur position ; par conséquent, lorsque, dans un terrain à couches horizontales, il se fait une fente en ligne droite, comme § 30, fig. 9, il faut que les couches se trouvent inclinées de part et d'autre sur toute sa longueur, comme les deux pentes d'un toit. Lorsqu'il se fait plusieurs fentes divergentes, comme fig. 10, les lambeaux de terrain doivent s'incliner symétriquement autour de l'axe de soulèvement.

Nous avons aussi, d'un autre côté, les phénomènes que présente

le Monte Nuovo, d'abord soulevé, puis crevé au sommet, et nous montrant aujourd'hui, relevés autour de son axe, tous les dépôts qui se trouvent en couches horizontales dans le reste de la Campanie. Enfin, sur une plus grande échelle, nous avons les couches relevées autour du centre d'action de Santorin, et tous les faits du même genre que nous voyons dans un grand nombre de lieux où l'action volcanique se manifeste encore de nos jours, § 39 à 54.

Maintenant, si nous trouvons que toutes les couches inclinées que nous observons à la surface du globe peuvent être rapportées à l'une ou à l'autre de ces dispositions, nous serons en droit de conclure qu'elles ont été relevées par les mêmes causes; or, c'est précisément ce que nous allons reconnaître partout.

§ 167. **Failles.** — Nous avons vu que quand il se fait une crevasse il arrive souvent, § 30, que l'une des parties du terrain se trouve plus élevée que l'autre, tant lorsque la fente demeure ouverte, que quand elle se referme subitement. Or, les mêmes dispositions se présentent très-fréquemment à la surface du globe, et il est à présumer qu'elles ont été produites par une circonstance semblable, par un soulèvement.

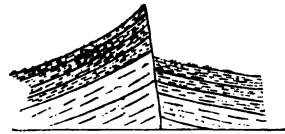


Fig. 116. Exemple de faille.

Les couches sont alors inclinées de part et d'autre, fig. 116, et l'une des parties se trouve plus ou moins élevée au-dessus de celle qui lui est adjacente; à la jonction on distingue quelquefois, par les travaux souterrains, soit une fente ouverte, ou remplie postérieurement de gravier, soit une fissure légère, ou tout au moins une surface de séparation, dont les plans sont lisses, et quelquefois polis ou striés verticalement, ce qui annonce une crevasse fermée, un glissement d'une partie sur l'autre. Ces dispositions ont été désignées sous le nom de *failles*, de l'allemand *fall*, chute, affaissement, parce que l'une des parties se trouve plus basse que l'autre; elles se manifestent dans toute espèce de terrain, et présentent alors des crêtes qui s'étendent sur de très-grands espaces, à peu près en ligne droite, quelquefois interrompues çà et là, mais dont les différentes parties se trouvent dans la même direction. Il en résulte des croupes de montagnes plus ou moins élevées, assez communes à la surface de la terre, et dont les Vosges, le Jura, les Alpes, les Cévennes, etc., nous offrent un grand nombre d'exemples.

Si les failles se manifestent à la surface du sol par des crêtes plus ou moins relevées, on les reconnaît aussi à l'intérieur de la terre

par les dérangements qu'elles ont occasionnés dans les dépôts exploités pour les besoins des arts. C'est ainsi, par exemple, que dans les houillères une même couche de combustible, *a, b, c,*



Fig. 117. *Couche disloquée par des failles.*

se trouve quelquefois tellement dérangée çà et là de sa position, que le mineur, après l'avoir exploitée sur une partie de sa direction, de *d* en *c*, par exemple, la voit tout à coup finir. Il abandonnerait évidemment tous les travaux si l'expérience ne lui avait appris qu'en suivant la faille il retrouvera le dépôt soit au-dessus, soit au-dessous du point où il s'est trouvé subitement arrêté.

Quelquefois il est aussi résulté de ce dérangement des couches de funestes erreurs pour les spéculations. Voyant, par exemple, à la surface du terrain divers affleurements de matière exploitable, *a, b, c, d,* fig. 118, on en a conclu la présence d'autant de couches différentes, et par conséquent une grande apparence de richesses, pour lesquelles on pouvait faire toutes les avances possibles, lorsqu'en réalité ce n'était que la même couche, disloquée et remontée à différents niveaux par des failles successives.

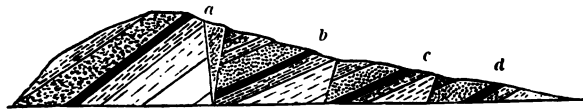


Fig. 118. *Dislocation donnant à une seule couche l'apparence de plusieurs.*

§ 168. **Disposition cratériforme.** — La formation connue du Monte Nuovo, en nous faisant comprendre le relèvement des couches que présente sa cavité cratériforme, § 40, 54, nous conduit à attribuer aussi à des soulèvements, dont les époques sont inconnues, la structure de plusieurs autres buttes de la même contrée, telles



Fig. 119. *Disposition cratériforme avec butte de trachyte au centre.*

que celles de la Solfatare de Pouzzoles, de Camaldoli, d'Astroni, etc., où les couches sont toutes relevées vers l'axe de l'excavation qu'on trouve au centre. Dans ces buttes, le fond de la cavité, surtout à Astroni, fig. 149, présente souvent la pointe d'un dôme trachytique, qui

sans doute, en se soulevant comme à Santorin, § 49, 57, a produit le relèvement des couches du tuf ponceux environnant. Ces buttes à cratères expliquent immédiatement toutes celles des Champs-



Fig. 120. Butte à couches relevées vers le sommet.

Phégréens, qui sont pleines au sommet, mais dont toutes les couches se relèvent également autour d'un axe, fig. 120; probablement il se trouve aussi à leur base quelque pointe de cône qui ne s'est pas élevée avec assez de force pour crever le sommet. Ce qu'il est important de remarquer, c'est que ces buttes isolées se trouvent généralement alignées par files dirigées toutes de la même manière, ce qui semble indiquer des crevasses sur la direction desquelles, comme nous l'avons vu dans les volcans brûlants, § 66, les matières solides tendaient à sortir.

Nous trouvons en beaucoup de lieux des circonstances tout à fait analogues sur une plus grande échelle. Dans le Cantal et le Mont-Dore des nappes basaltiques et trachytiques (voyez *Minéralogie*), qui, d'après leur uniformité d'épaisseur, ne peuvent avoir été déposées que sur un sol horizontal, § 67, se trouvent maintenant relevées autour d'un ou de plusieurs centres, laissant vers leur point



Fig. 121. Nappes redressées autour d'un dôme trachytique.

de convergence un bassin cratériforme plus ou moins étendu, ou se dressant autour d'un dôme trachytique, fig. 121, quelquefois élancé, comme le pic de Ténériffe, au-dessus des escarpements qui l'entourent. Des masses granitiques, comme au hameau du Pal, près de Monpezat en Vivarais, présentent également des cirques au milieu desquels s'élèvent des buttes de basaltes ou de scories, dont l'apparition a sans doute suivi la première explosion, comme au Monte Nuovo et à l'île Saint-Georges, § 39, 40. Le bassin de Schemnitz, en Hongrie, n'est aussi qu'un vaste cratère de soulèvement, à peu près libre, n'ayant qu'une butte basaltique au centre, et dont le pourtour est en grande partie formé par des couches de porphyre vert qui sont relevées de toutes parts. D'autres porphyres forment de même un cirque, dont les sommets sont couverts de neige, autour de l'Elburz, le pic trachytique le plus élevé du Caucase. Dans tous ces cas, la masse de l'enceinte circulaire se trouve coupée par des vallées profondes, résultat corrélatif du soulèvement, et qui rappellent inévitablement les barancos de Palma, § 51; ces ruptures, en un mot, présentent

tous les caractères que nous avons indiqués dans les cratères de soulèvement.

§ 169. Mais ce n'est pas seulement dans les contrées qui présentent des basaltes, des trachytes, des scories et des ponces, que ces dispositions cratériformes se manifestent; elles ne sont pas moins communes dans beaucoup de localités où la nature des roches ne rappelle en rien les volcans. Et d'abord au milieu des Alpes, on voit des calcaires, des schistes, diverses sortes de roches former, par leurs couches relevées, un vaste cirque au milieu duquel s'élève le Mont-Blanc, à peu près comme le pic de Ténériffe dans son enceinte basaltique. Plus loin, à l'ouest, dans l'Oïsan, le cirque qui entoure le hameau de la Bérarde, si bien décrit par M. Élie de Beaumont, présente, par la disposition de ses couches de gneiss relevées, par ses crevasses au pourtour, par l'unique vallée qui y donne entrée, les caractères les plus positifs qu'on puisse observer dans les cratères de soulèvement. Les cirques qui se trouvent dans le haut de la plupart des grandes vallées des Alpes et ceux que l'on voit sur divers points des Pyrénées, offrent encore des circonstances semblables; c'est-à-dire qu'on y voit des couches relevées de toutes parts vers leurs centres, mais quelquefois interrompues, comme au pied du Mont-Rose, par des roches massives où la stratification disparaît, § 116. Partout, au milieu des granites ou des porphyres divers, on rencontre des cirques analogues, dont les parois escarpées sont découpées par des vallées plus ou moins profondes, dont le centre est occupé par un lac, et où les rivières prennent leur source; c'est ce qu'on voit dans les Vosges au pied des ballons, dans le Morvan, dans les montagnes de Tarare, etc. Ailleurs, des buttes de porphyre noir, ou mélaphyre, se trouvent ainsi au milieu d'un bassin, autour duquel les couches de schiste et de grès houiller se trouvent relevées, comme à Bitschwiller dans les Vosges, etc.

§ 170. MÊME DISPOSITION DANS LES TERRAINS CALCAIRES. — Les contrées calcaires nous présentent tout aussi bien que les autres ces sortes d'accidents; seulement les cavités cratériformes, au lieu d'être à peu près circulaires, comme celles que nous avons indiquées jusqu'ici, sont le plus souvent allongées et très-irrégulières, comme on le voit surtout dans les montagnes du Jura. Ce sont, en général, des effets produits en longueur, comme les fentes, qui s'étendent quelquefois à de très-grandes distances, et ont formé sur leur direction des buttes allongées, alignées entre elles, offrant çà et là des sommets plus saillants. Or, ces sommets sont le plus souvent déchirés, et présentent ce qu'on a nommé des vallées fermées

ou des *vallées d'élevation*, fig. 422, qui, en définitive, ne sont que des cratères de soulèvement.

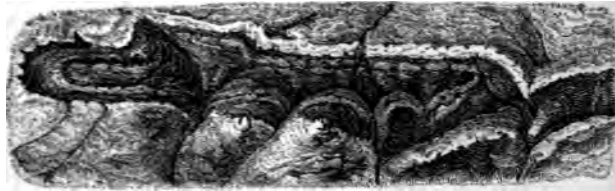


Fig. 122. Plan d'un cratère de soulèvement dans les terrains calcaires.

Les déchirements des montagnes calcaires ne présentent pas toujours l'uniformité cratériforme que nous avons jusqu'ici indiquée. D'une part, il arrive que sur l'une des pentes les couches déchirées sont restées en arrière, tandis que sur l'autre elles ont été soulevées: le déchirement se présente alors, dans la coupe transversale, comme fig. 423. Ailleurs, les couches supérieures se sont comme retirées

Fig. 123.

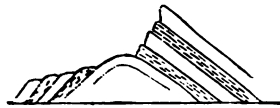


Fig. 124.



Fig. 125.



Fig. 126.



Dispositions diverses des cratères de soulèvement dans des terrains calcaires.

dans le sens horizontal, et, les couches inférieures se bombant sans se fracturer, il en est résulté des dispositions comme fig. 424. Souvent, parmi les couches soulevées, il en est qui se désagrègent très-facilement et dont la saillie se trouve bientôt culbutée, ce qui entraîne la chute des couches solides supérieures; il en résulte diverses crêtes de roches parallèles les unes aux autres, séparées par de petites vallées, souvent fermées, où se rendent les eaux pluviales, et qui se couvrent alors de végétation: la crête générale de la montagne se présente alors dans la coupe comme fig. 425. Quelquefois aussi le sommet ne présente plus qu'une masse de blocs calcaires entassés les uns sur les autres, et qui se trouvent disposés en lignes

comme si on les avait réunis par nature de pierre. Enfin remarquons que quand il s'est formé deux soulèvements parallèles, comme fig. 426, il arrive quelquefois qu'une portion *a* du terrain s'est trouvée emportée, et qu'elle forme alors le point culminant de tout le massif, en présentant l'apparence d'une répétition de certaines couches dans le même dépôt.

Dans les terrains calcaires que nous venons de citer, la partie centrale du soulèvement cratériforme ne présente le plus souvent que l'une des couches sédimentaires composantes, qui se trouve alors plus ou moins bombée. Mais il arrive quelquefois aussi qu'il apparait au centre du déchirement des matières en masse, d'une nature ou d'une autre, très-différentes de celles du terrain bouleversé. C'est ce dont nous avons vu des exemples dans les Champs-Phégréens, par les buttes trachytiques qui se trouvent au fond des cratères de soulèvement formés au milieu des couches sédimentaires d'agglomérats ponceux, fig. 449. Nous en avons aussi dans les Alpes, comme dans beaucoup d'autres contrées, où nous voyons des masses granitiques, et beaucoup d'autres roches cristallines, crevasser et redresser les divers dépôts de sédiment sous lesquels elles apparaissent, et les traverser quelquefois comme par une vaste boutonnière qui s'est faite au milieu d'eux. Nous apprécierons plus tard la valeur de ces faits.

§ 471. **Relèvement et contournement sans dislocation.** —

— Si le redressement des couches est souvent accompagné de ruptures, il arrive fréquemment aussi qu'il se fait sans aucune dislocation apparente. Nous l'avons déjà remarqué dans les monticules isolés des Champs-Phégréens, fig. 420, et on le voit également sur des longueurs plus ou moins considérables qui présentent alors des côtes plus ou moins saillantes, ou des *lignes anticlinales*, suivant une expression reçue, formées par des couches relevées de part et d'autre comme les deux pentes d'un toit : cette circonstance présente encore des effets comparables à ceux qu'occasionnent les fentes, mais produits alors sur des couches susceptibles d'un certain degré de flexibilité, comme les matières placées au centre des figures précédentes. Les montagnes du Jura nous en offrent un grand nombre d'exemples ; on y voit souvent diverses crêtes parallèles de ce genre que les plus simples cartes indiquent très-clairement, et qui laissent entre elles des vallées plus ou moins larges, sur les deux pentes desquelles les couches se trouvent relevées. Il en résulte de grandes ondulations de couches, qu'on remarque surtout dans les escarpements produits par les divers déchirements, ou *cluses*, qui coupent transversalement les crêtes en un grand nombre de lieux. Ces ondulations en

grand, qui sont représentées fig. 127, ne sont interrompues que par les déchirements cratériformes des sommets, comme en *a*, que nous avons indiqués précédemment.

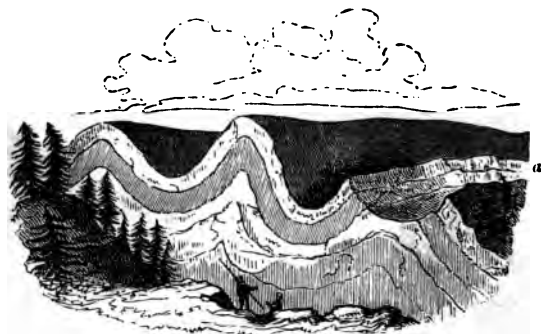


Fig. 127. Contournements du Jura. Vallées de plissement.

§ 172. **Plissement des couches schisteuses.** — Les contournements se font aussi remarquer dans d'autres circonstances, où il semble que les couches, à un certain état de flexibilité, ou peut-être à l'état pâteux, ont été plutôt comprimées en deux sens opposés que soulevées. C'est en effet l'idée à laquelle on est naturellement conduit par certains faits qu'on observe dans les dépôts de matière à structure schisteuse. Souvent il arrive que les feuillets de ces dépôts, au lieu de se continuer sur un même plan, horizontal ou incliné, se trouvent tous extrêmement contournés sans cesser d'être parallèles, ou repliés sur eux-mêmes en zigzags plus ou moins aigus, fig. 128. L'idée de la cause d'un tel plissement a été vérifiée jadis par sir

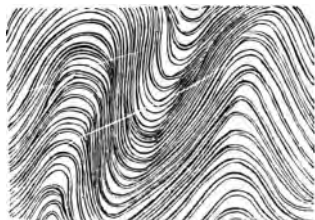


Fig. 128. Contournement des schistes.



Fig. 129. Contournement des houilles.

James Hall, qui, après avoir placé les unes sur les autres des galettes d'argile humectée, et les avoir chargées d'un certain poids, ima-

gina d'en comprimer latéralement l'ensemble. Toutes les couches se replièrent à la fois, comme il l'avait pensé, et prirent une disposition tout à fait semblable à celle des dépôts schisteux qu'il avait observés. Le même effet s'obtient avec des feuilles de carton mince détrempées suffisamment, et qui ont l'avantage de conserver en se desséchant la forme qu'elles ont prise pendant l'expérience.

On observe fréquemment dans les terrains houillers des circonstances complètement analogues : toutes les couches de ces dépôts, tant argileuses que combustibles, se trouvent repliées à la fois, et souvent sous des angles vifs, comme fig. 129. C'est ce qu'on observe surtout d'une manière très-remarquable dans les houillères des environs de Mons en Belgique.

Maintenant, comment ces compressions ont-elles eu lieu ? C'est ce qu'il faudrait en quelque sorte expliquer pour chaque localité ; mais on conçoit que, dans un dépôt à couches inclinées dont la masse est poussée de bas en haut, la partie supérieure presse de tout son poids sur la partie inférieure, et que les couches de celle-ci, placées dès lors entre deux forces opposées, peuvent se replier sur elles-mêmes si elles sont assez flexibles. D'un autre côté, comme des matières en fusion se sont souvent introduites de vive force dans les dépôts de sédiment, on conçoit qu'il en soit résulté des compressions latérales qui ont produit les mêmes effets.

§ 173. **Origine des vallées.** — Si les montagnes ne sont que les résultats des dislocations qui ont eu lieu à la surface du globe, les vallées ne peuvent plus nous offrir aucune difficulté. Les premières idées qu'on s'est faites sur leur origine ont eu pour base le creusement par l'action érosive des eaux ; mais alors, les montagnes devant être préalablement formées, il est clair que les eaux auraient toujours dû suivre la pente naturelle du sol, et le sillonner uniquement dans ce sens, comme font aujourd'hui les pluies d'orage ; lorsqu'elles se trouvaient arrêtées par un obstacle, ou dans un bassin, elles auraient dû couper préférablement les dépôts de sables et de graviers, ou se déverser par le point le plus bas. Or nous voyons précisément le contraire de ces actions naturelles : les vallées ne suivent pas, en général, la pente réelle du terrain ; ce n'est pas par la partie la plus basse des bassins que les eaux se sont généralement déversées, ni à travers les terrains meubles qu'elles se sont fait un passage. On ne voit pas, en effet, pourquoi la Meuse ne vient pas se jeter dans la Seine, en suivant la pente naturelle du sol, et pourquoi elle coupe au contraire les Ardennes à contre-pente ; pourquoi le Rhin se détourne vers Mayence, en coupant un terrain solide, plu-

tôt que de suivre sa direction à travers des terrains plus bas et plus incohérents pour se jeter dans le Weser; pourquoi le Rhône, parvenu à Saint-Genis, ne coupe pas les terrains arénacés qui lui barrent le passage pour se continuer vers la Tour-du-Pin, et se détourne brusquement au nord pour aller passer à travers des calcaires bien plus solidement agrégés et plus difficiles à entamer. Partout on peut faire des observations du même genre, et il semble que les rivières aient toujours reculé devant les dépôts qui, précisément, leur offraient le moins de résistance.

La conséquence à tirer de ces faits, c'est que les rivières, au lieu d'avoir creusé leurs lits, comme on l'a pensé, se sont tout simplement dirigées par des canaux qu'elles ont trouvés tout établis. Or, il n'est pas difficile de remonter à l'origine de ces canaux, ils sont évidemment le résultat des soulèvements qui ont bosselé et déchiré la surface du sol jusqu'alors horizontale. Il est clair, en effet, que les couches inflexibles ont dû alors se briser, et qu'il s'est fait en conséquence un nombre plus ou moins considérable de fentes; comme dans la coupe transversale, fig. 430. Ces fentes sont deve-



Fig. 130. Production des vallées par dislocation.

nues des vallées, placées de différentes manières les unes par rapport aux autres, suivant les circonstances du soulèvement : parallèles si l'action, ayant lieu sur une certaine direction, s'étendait suffisamment en largeur; divergentes si l'action se manifestait en un point, comme dans certains massifs de montagnes; souvent enfin perpendiculaires à la direction des chaînes soulevées, comme les fentes secondaires qui se manifestent pendant les tremblements de terre, § 30, fig. 9, ce qui dut avoir lieu surtout lorsque l'action intérieure forçait quelques matières cristallines à sortir par la fente principale. On conçoit facilement que les crevasses soient restées plutôt ouvertes dans les matières solides que dans les dépôts arénacés, dont les éboulements tendent à combler successivement les vides; et voilà pourquoi les rivières semblent avoir fui les terrains meubles, qu'elles auraient pu si facilement entamer si elles n'avaient trouvé un lit préparé dans une autre direction. De même, dans les bassins successifs que la plupart des vallées présentent, et qui s'offrent à nos yeux comme autant de lacs, § 48, on reconnaît aisément la cause des défilés par lesquels les eaux s'échappent : ce sont encore des crevasses qui ont dû s'ouvrir surtout dans les matières solides.

§ 474. **Influence des eaux sur les vallées.** — Il ne faudrait pas conclure cependant que les eaux n'ont jamais eu aucune influence sur la configuration des vallées. Il est à croire, au contraire, que dans les événements qui ont si subitement crevassé une contrée, et ont fait écouler tout à coup les eaux qui s'y étaient rassemblées, il s'est produit des courants d'une force effrayante qui, en arrachant et déblayant toutes les parties fracturées par le soulèvement, ont modifié les passages qui leur étaient offerts, § 92 à 96. On ne peut douter que tous ces débris, charriés avec une vitesse prodigieuse, n'aient sillonné fortement toutes les roches qui restaient en place, et contribué pour beaucoup à l'élargissement et à l'approfondissement des gorges que la rupture avait commencées; nous en avons pour témoins l'usure des roches et les sillons que nous apercevons sur le flanc des vallées, dans la direction des blocs qui ont été transportés au loin à l'époque de ces grandes convulsions de la nature, § 302 à 309. La plus grande partie de nos vallées ont été évidemment façonnées postérieurement par les eaux, et il n'y a que celles qui ont apparu les dernières, comme dans les Alpes du Valais, dans les Andes, etc., qui conservent des traces plus nettes de leur première origine.

Il est probable aussi que certaines vallées qui traversent des terrains meubles, peu disposés à se fracturer, ont été entièrement produites par l'action des eaux. Les vallées auxquelles on peut attribuer cette origine présentent des caractères fort différents de ceux des premières: d'un côté, elles suivent les lignes naturelles des pentes; d'un autre, elles se dérangent de leur direction à l'approche des masses qui offrent plus de résistance, et autour desquelles elles tournent, pour rester constamment dans les dépôts meubles. Telles sont les vallées qui sillonnent les grands dépôts de cailloux roulés qu'on trouve au pied des Alpes occidentales, dans la Bresse, dans

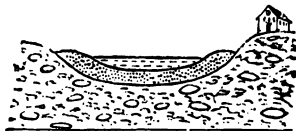


Fig. 131. Vallée d'érosion dans les terrains meubles.

le Bas-Dauphiné, tout le long de la vallée du Rhône et dans celle de la Durance, § 209. La plupart de nos grandes rivières ont elles-mêmes creusé leurs lits dans des alluvions anciennes, fig. 434, fort différentes de celles qu'elles forment aujourd'hui: tel est, par exemple, le cas de la Seine, à Paris, qui a creusé son lit dans un dépôt de cailloux roulés fort différents des graviers qu'elle dépose maintenant.

§ 475. **Diverses espèces de vallées.** — On voit, d'après

ces observations, qu'il y a lieu à distinguer des vallées de diverses origines, et qu'on peut les rapporter à trois espèces principales.

1^o *Vallées de déchirement*. — Ce sont celles qui ont été produites par des fentes de toutes dimensions, quelquefois colossales, formées pendant les soulèvements qui ont amené nos continents à leur relief actuel. Elles présentent, en général, des escarpements rapides, sur lesquels on aperçoit les traces des couches fracturées, et où les angles saillants d'un côté correspondent souvent à des angles rentrants de l'autre. Les cirques qui les divisent sur leur longueur, sont autant de cratères de soulèvement, dont la plupart sont nettement caractérisés, soit par leurs couches relevées, soit par les barancos qu'ils présentent. Les vallées des Ardennes, des Vosges, des Alpes, des Pyrénées, etc., nous présentent de beaux exemples de cette formation. Dans diverses contrées de la France, nous trouvons également des vallées de même origine, mais la plupart sont beaucoup plus modifiées par les érosions qui ont eu lieu à diverses époques : tel est le cas, par exemple, des vallées qui sillonnent le plateau central de la France dans le Limousin, l'Auvergne, etc.

On a distingué aussi des *vallées d'effondrement* ; mais il paraît en exister peu de véritables, § 52 et 463, et qui soient dues purement à cette cause. Les effondrements sont fréquemment corrélatifs des soulèvements ; et les vallées aussi bien que les cratères de soulèvement peuvent offrir à la fois l'un et l'autre effet, qui doivent avoir eu lieu surtout dans les cirques qu'on trouve sur leur longueur et à leur extrémité supérieure.

2^o *Vallées de ploiement ou de plissement*. — Elles sont produites par deux soulèvements voisins qui ont déterminé les couches de terrain à se relever de part et d'autre, en laissant un espace libre dont leurs plans forment alors les pentes : c'est ce que nous avons fait remarquer dans les parties hautes du Jura, § 474, fig. 427. Plusieurs rivières coulent ainsi dans des vallées qui résultent de deux redressements opposés du terrain : tel est, par exemple, le cas de la Loire, après Briare, qui se détourne tout à coup à angle droit en se jetant dans une dépression de ce genre.

3^o *Vallées d'érosion ou de dénudation*. — Elles ont été formées la plupart dans des terrains meubles ou délayables, comme les ravins que les eaux d'orage produisent sous nos yeux en emportant avec elles les matières qui constituaient le sol. Les derniers encaissements des grandes rivières sont formés de cette manière, et c'est aux *érosions* qui se font journellement dans les grandes crues que sont

des les changements de lit que nous remarquons si souvent dans quelques-unes d'elles.

§ 476. **Origine des cavernes.** — Voici encore un de ces phénomènes que l'on a attribués à l'action érosive des eaux ; mais, bien qu'on rencontre au niveau des mers quelques sillons, quelques cavités peu profondes, que l'on peut attribuer à l'action répétée des vagues, il est difficile de penser que ces grands couloirs qui ont quelquefois plusieurs lieues d'étendue, aient été creusés de la même manière. On a si bien senti le peu de part que les eaux ont pu avoir dans ce creusement, qu'on a regardé les espaces, aujourd'hui libres, que nous rencontrons, comme étant autrefois occupés par des masses de sel que les eaux auraient plus tard dissoutes et emportées.

Au lieu de recourir à de telles suppositions, il est à présumer que l'origine première des cavernes est due à des crevasses qui se sont opérées dans l'intérieur du sol. Nous savons, en effet, que pendant les tremblements de terre, il arrive tout à coup que des rivières ou des lacs prennent un écoulement souterrain, tantôt momentané et tantôt continu, § 30 à 32 ; ce que l'on conçoit par des crevasses intérieures qui ont procuré les conduits nécessaires. Le phénomène coïncide quelquefois avec l'apparition soudaine de quelque source abondante dans des lieux plus ou moins éloignés ; mais souvent aussi les eaux ne reparaissent nulle part, et il faut croire qu'elles vont déboucher immédiatement dans les mers. Ces circonstances nous expliquent la disparition de certaines rivières qui s'engouffrent aujourd'hui sous terre, après un cours superficiel plus ou moins étendu, ainsi que les sources que nous voyons tout à coup sortir des flancs d'un rocher. Elles nous montrent la formation et l'existence des canaux souterrains, et nous font concevoir que, mis à sec par un soulèvement plus ou moins considérable, ces canaux ont pu former les cavernes, aujourd'hui libres, que nous rencontrons à toutes les hauteurs, aussi bien que celles dont le fond est encore occupé par un ruisseau alimenté par les eaux qui suintent de toutes les petites fissures ou qui sont fournies par les lacs ou les rivières supérieurs.

§ 477. Cependant, si l'origine première de ces cavités souterraines ne peut être douteuse, si l'on trouve évidemment toute l'irrégularité d'une fente dans quelques-unes d'entre elles, il faut reconnaître aussi que souvent elles ont subi postérieurement des changements importants. Il est évident d'abord que leurs parois ont dû subir çà et là des éboulements, et ensuite qu'elles ont été modifiées par des eaux courantes chargées sans doute de sables et de limons arrachés de toutes parts ; c'est ce que montrent les formes arrondies, l'usure et le poli des surfaces, les sillons qu'on y rencontre. Des excoriations particu-

lières, qui affectent même jusqu'à la paroi supérieure des voûtes, indiquent une action corrosive dont l'eau seule n'est pas capable, et qui conduit à penser que ce liquide a pu être chargé souvent d'acide carbonique dont l'action s'est ainsi manifestée. On sait, en effet, que cet acide se dégage fréquemment par toutes les fissures du sol, surtout après les tremblements de terre, et que les eaux de sources en sont souvent chargées.

DEPÔTS ANCIENS ATTRIBUABLES A L'ACTION VOLCANIQUE.

§ 178. **Cônes volcaniques et courants de laves.** — Lorsqu'à la surface du globe nous rencontrons des monticules coniques, tantôt isolés, tantôt alignés plusieurs ensemble sur une même direction, et couverts de scories, quelquefois avec des cavités cratériformes au sommet, entourés de rapilli, il est évident, par analogie avec ce qui se passe sous nos yeux, que ce sont des cônes volcaniques, quelle que soit l'ignorance où nous pouvons être de leur époque d'activité. Si, sur le flanc des montagnes, quelle que soit d'ailleurs leur nature, nous voyons des masses étroites, allongées, terminées dans le bas par un culot, se creusant sur le milieu, s'amincissant et finissant dans le haut par une pellicule de scories disloquées, fig. 32, nous ne pouvons encore douter de leur origine, quand bien même toute autre trace de volcanicité aurait disparu. Des dépôts étroits plus ou moins allongés, dont l'épaisseur varie avec la pente sur laquelle ils se trouvent, dont la surface est scoriacée, tourmentée ou disloquée de diverses manières, doivent être reconnus pour des courants de laves, § 67 à 69; si nous voyons ces matières en galettes, en nappes plus ou moins étendues, compactes à leur partie inférieure, poreuses, celluleuses ou scoriacées à leur partie supérieure, à surface à peu près unie, nous devons conclure qu'elles se sont accumulées sur un sol sensiblement horizontal, ou qu'elles sont venues à un état plus ou moins liquide se rendre dans un bas-fond. Ce sont là évidemment des dépôts sortis du sein de la terre à l'état de fusion, et les caractères en sont assez tranchés pour que nous n'ayons pas même besoin de nous occuper du point de départ; celui-ci n'est utile que pour les considérations subséquentes.

C'est par des observations de ce genre qu'on reconnaît partout les volcans éteints; par exemple, ceux de l'Auvergne, si manifestés et si frais, malgré leur antiquité, qu'on les croirait prêts à bouleverser encore la contrée. Ces volcans, qu'il ne faut pas confondre avec les montagnes trachytiques dont nous parlerons plus tard, § 191. se

trouvent tous sur une ligne dirigée à peu près du nord au sud, en passant par Clermont, qui peut avoir huit lieues de longueur, et qu'on nomme la *chaîne des Puys*, fig. 132. Là se manifestent aussi



Fig. 132. Vue d'une partie de la chaîne des Puys.

nettement qu'au Vésuve, et avec bien plus de diversité dans les circonstances, toutes les particularités que nous avons indiquées dans les volcans brûlants, § 50 à 78 ; une soixantaine de cônes plus ou moins élevés, formés ou couverts de scories, présentent des cratères non équivoques, les uns entiers, les autres ébréchés par la sortie des laves ; on y reconnaît la formation de nouveaux cônes au milieu d'anciens cratères démantelés, les décompositions produites par les émanations gazeuses, toutes les formes, tous les accidents des coulées, dont les unes n'offrent que des pellicules de scories sur des pentes rapides, et dont les autres, qu'on nomme *chères*, présentent les grandes dislocations des pentes de 3 à 5°, § 67, en s'étendant souvent à de grandes distances. Tous les environs sont couverts par d'immenses dépôts de rapilli et de cendres volcaniques ; enfin, rien ne manque à l'observation, si ce n'est la gerbe d'artifices et l'incandescence des laves.

§ 179. Plusieurs parties du Velay et du Vivarais ne sont pas moins caractérisées que les précédentes. Deux lignes, dirigées à peu près du sud-est au nord-ouest, l'une dans la partie occidentale du Velay, l'autre dans le bas Vivarais, nous présentent encore des cônes à cratères avec de véritables coulées, soit dans les vallées, soit sur le flanc des montagnes. Mais les produits de ces courants ressemblent beaucoup moins aux laves des volcans modernes ; plus rarement poreux, ils se rapportent généralement à ce qu'on nomme les *basaltes*, § 312 *i*, c'est-à-dire à des roches d'un noir plus ou moins foncé, à base compacte de labradorite, renfermant du pyroxène noir et presque toujours de l'oxyde de fer magnétique, fréquemment du péridot, et quelquefois des feldspaths en cristaux, qui lui donnent la structure porphyrique (voyez *Minéralogie*). Ces courants forment des dépôts ordinairement assez épais, fréquemment divisés en co-

lonnes prismatiques, quelquefois en grandes pièces irrégulières, toutes circonstances qui indiquent un refroidissement lent. § 69. Une des plus belles coulées est celle qui a rempli la vallée d'Aulière près de Montpezat, sur la route qui conduit du haut Vivarais à Aubenas. Une partie en a été enlevée sur la largeur, sans doute par la force des eaux qu'elle avait arrêtées; mais le reste repose sur les cailloux roulés qui formaient jadis le fond du ruisseau : c'est là qu'on peut voir, sous la lave, une multitude d'appendices cunéiformes qui proviennent de l'introduction de la matière liquide dans les crevasses du sol ancien dégradé aujourd'hui par les eaux. On peut suivre ce courant jusqu'à la montagne d'où il est sorti, où l'on trouve un des plus beaux cônes à cratère de la contrée, et d'où l'on peut suivre une coulée semblable du côté de Thueyts. Toutes les autres coulées du pays sont plus ou moins analogues à celles dont nous parlons, soit par la nature de la matière, soit par la position.

Sur les bords du Rhin, dans les contrées d'Eiffel et de Neuwied, les volcans à laves poreuses et à laves basaltiques sont en quelque sorte entremêlés, comme pour montrer qu'ils appartiennent à une seule et même opération de la nature : quelques-uns même ont fourni, par diverses bouches, tantôt un des produits, tantôt l'autre, ce qu'on voit surtout au volcan de Mosenberg. •

§ 180. **Dépôts basaltiques de diverses sortes.** — S'il existe des basaltes en courants bien déterminés qui se rattachent à des cratères, il se trouve aussi des matières semblables dans des positions très-différentes. Il en est beaucoup qui forment des nappes très-étendues dont l'épaisseur est souvent considérable, et qui constituent de vastes plateaux; d'autres forment des lambeaux éparpillés sur diverses montagnes, au même niveau, se correspondant entre eux, et semblant se rattacher les uns aux autres comme les parties d'un même tout et les témoins d'une vaste nappe disloquée. Il en est encore qui forment des masses isolées, des buttes au milieu des plaines, quelquefois très-éloignées de toute autre formation du même genre. On en trouve enfin en filons plus ou moins puissants, tantôt encaissés dans le terrain qui les recèle, tantôt s'élevant çà et là comme des murailles, § 72, ou représentant diverses buttes alignées sur leur direction.

Toutes ces dispositions des dépôts basaltiques se rencontrent quelquefois ensemble dans la même contrée, en même temps que la disposition en coulée, comme cela se voit dans le Velay, le Vivarais et sur les bords du Rhin. Ailleurs, au contraire, comme dans le midi de la France, dans diverses parties de l'Allemagne et dans un grand

nombre de localités, il n'y a pas la moindre trace de cônes volcaniques ou de courants. Dans tous les cas, cependant, la roche principale présente sensiblement les caractères généraux des basaltes en coulées, et semble reposer indifféremment sur toute espèce de terrain, même sur la terre végétale, comme dans quelques parties du plateau de Mirabelle dans les Coyrons.

§ 184. **Basalte en nappes.** — Les basaltes en nappes ne peuvent manquer de rappeler les grandes nappes de l'Islande, surtout celles de l'éruption de 1783; ils offrent d'ailleurs tous les caractères des laves qui se sont arrêtées sur des terrains horizontaux, ou qui ont rempli des bas-fonds, § 67 à 69. La partie inférieure est compacte, cristalline, le plus souvent divisée en colonnes prismatiques verticales, fig. 133; et la partie supérieure est poreuse, celluleuse, scoriforme, divisée irrégulièrement, se terminant par une surface plane, sensiblement horizontale. Lorsque la masse se compose de plusieurs assises, les séparations sont quelquefois formées par de petits lits de rapilli; et, le plus souvent, elles se distinguent par les alternatives de matière compacte et de matière poreuse qui annoncent divers épanchements particuliers.



Fig. 133. Relation des basaltes prismatiques et des basaltes poreux.



Fig. 134. Basalte pénétrant dans les fissures sous-jacentes.

Ces caractères ne peuvent déjà laisser aucun doute sur l'origine ignée de ces dépôts; mais il en existe encore plusieurs autres. Lorsqu'on peut parvenir sous les nappes basaltiques, comme dans le cas où elles reposent sur des terrains meubles, on voit presque toujours que la partie inférieure de la masse présente une multitude d'appendices, fig. 134, qui pénètrent dans ce terrain, et indiquent une matière liquide qui s'est moulée dans des crevasses. Les terres sur lesquelles la masse s'est placée se trouvent souvent calcinées

sur une épaisseur plus ou moins forte, et les débris de végétaux qu'elles renferment sont charbonnés, ce que l'on voit sur les escarpements du plateau de Mirabelle en Vivarais, en descendant vers Saint-Jean le Noir.

D'un autre côté, on trouve assez fréquemment à la surface de ces nappes basaltiques des points de scorification, des boursoufflements particuliers et même des dépressions cratériformes, vers lesquelles la matière fondue semble s'être retirée en un certain moment avant de se solidifier. C'est ce qu'on observe dans beaucoup de lambeaux basaltiques des plateaux d'Auvergne, et surtout dans l'immense plateau des Coyrons en Vivarais.

§ 182. Ces caractères ne peuvent laisser de doute sur l'origine des nappes ou des lambeaux basaltiques qui les présentent. Il est à présumer que ces matières sont arrivées au jour par certaines crevasses et se sont répandues sur les surfaces horizontales où elles aboutissaient, § 67. Les dépressions cratériformes qu'on y trouve quelquefois sont peut-être les points principaux de l'éjection, vers lesquels la masse liquide s'est affaissée au moment où la colonne a cessé d'être poussée par la force intérieure qui la sollicitait. Or, l'ensemble des faits qu'on observe dans un grand nombre de plateaux, ou de lambeaux basaltiques, paraît prouver suffisamment, dans la même contrée, pour ceux qui n'offrent pas une aussi grande somme de données, et fournit tout au moins une grande probabilité lorsque, les matières celluluses et les points de scorification ayant cessé d'exister, il ne reste plus que l'identité de la roche principale.

Tout ce que nous venons de dire concourt à prouver que les basaltes en nappes sont répandus sur un sol sensiblement horizontal. Si l'on en trouve quelquefois aujourd'hui sur des pentes plus ou moins inclinées, allant même jusqu'à 8, 10 ou 15°, il faut admettre qu'ils ont été relevés après coup, puisque des courants de matières fondues ne peuvent prendre une surface unie et une épaisseur constante sur des pentes de cette espèce. Nous avons vu, en effet, § 67, que les laves ne peuvent s'amonceler sur des plans inclinés de plus de $\frac{1}{2}$ degré, et qui doivent l'être beaucoup moins encore, lorsque la matière a beaucoup de fluidité, comme cela paraît avoir été le cas du basalte, vu la cristallinité des masses principales. Si nous trouvons en beaucoup de lieux des nappes de basalte inclinées, comme au Cantal, au Mont-Dore, dans la partie nord de l'Auvergne, nous reconnaissons en même temps une foule de circonstances qui nous indiquent des soulèvements du sol postérieurs à leur formation.

§ 183. **Basalte en buttes.** — Ces buttes sont de diverses sortes : il en est qui se présentent comme des restes d'une nappe étendue qui aurait été en partie détruite, et dont il n'y a plus que quelques témoins ; la masse principale de la butte appartient alors à un terrain d'une espèce ou d'une autre, et le sommet seul est basaltique. Pour d'autres, au contraire, toute la butte est formée de basalte, et le pied se perd dans des masses de sables et de débris qui empêchent de voir ce qui se passe au-dessous ; quelques autres enfin se rattachent à des filons, comme nous allons le voir.

Dans un grand nombre de buttes de l'une ou de l'autre sorte, on trouve une composition semblable à celle que nous venons d'indiquer pour les nappes ; c'est-à-dire une ou plusieurs couches compactes plus ou moins cristallines, assez souvent divisées en prismes verticaux, et une masse supérieure, poreuse, celluleuse ou scoriacée. La masse compacte manque quelquefois, et toute la butte se compose alors de scories ; ailleurs, c'est le contraire, et le basalte proprement dit est la seule matière apparente. Rarement la surface qui forme le sommet présente ces points de scorification, qu'on trouve dans quelques plateaux.

§ 184. **Basalte en filons.** — Le basalte, avec tous les caractères que nous lui avons attribués, § 180 à 182, 312 *i*, se présente fréquemment en filons ; le centre de la France, où l'action volcanique se manifeste si fréquemment, en offre beaucoup d'exemples, aussi bien que les bords du Rhin. Le plus souvent la

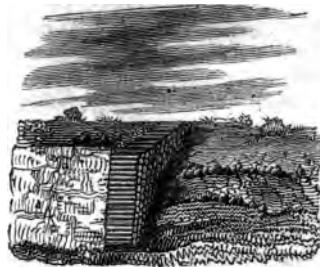


Fig. 135. *Filon de basalte prismatique.*

masse du filon est compacte ou fendillée irrégulièrement, mais il arrive aussi qu'elle se trouve partagée en prismes, fig. 435, perpendiculaires aux parois de la fente, qui deviennent alors les surfaces de refroidissement ; c'est un effet semblable à celui que nous avons déjà fait remarquer, § 69, dans les grandes coulées de laves, dont la masse, arrivée sur un sol horizontal, qui en soutire alors la chaleur, se divise en pris-

mes verticaux. Rarement les matières qui remplissent ces filons sont scorifiées, et cependant on en trouve quelques exemples, comme dans le Vivarais, le Velay et l'Auvergne, notamment auprès de Murat, au pied du Cantal.

Le plus souvent les filons basaltiques se prolongent jusqu'à la surface du terrain, où ils présentent leurs affleurements; mais il arrive fréquemment aussi qu'ils se terminent par le haut en masses

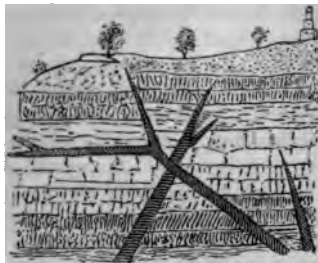


Fig. 136. Filons basaltiques de Villeneuve-de-Berg.

effilées, qui se perdent dans la roche qu'elles traversent. Cette circonstance indique positivement que ce n'est pas par le haut que la matière s'est introduite, et qu'elle ne peut être que le résultat d'une injection de l'intérieur à l'extérieur. Quelquefois le filon se glisse entre deux couches, qu'il suit alors sur une étendue plus ou moins considérable; ou bien il se ramifiant, une partie se s'y terminer en coin ou de la roche.

§ 485. On peut prendre une idée très-nette de l'origine des filons basaltiques, aussi bien que des effets qu'ils ont pu produire, près du hameau du Pal, en Vivarais, au-dessus de la petite ville de Montpezat, où nous avons indiqué un des plus grands cratères d'éruption de l'Europe, entre deux montagnes abruptes, on trouve un cirque entouré de montagnes granitiques, escarpées vers son intérieur, et au milieu duquel s'élevaient trois cônes de scories. Or, le granite y est crevassé dans tous les sens, et traversé par des filons basaltiques, les uns assez considérables, les autres très-minces, et dont la matière a pénétré jusque dans les plus petites fissures, ce qui indique à la fois sa fluidité et la force avec laquelle elle était poussée. L'un des grands filons court précisément dans la direction d'une coudée basaltique placée à l'extérieur du cirque, qu'on voit sortir évidemment du granite, et qui se dirige vers Montpezat. C'est de la même manière qu'à la montagne de Chamarelle, près de Villeneuve-de-Berg, dans la même contrée, ce basalte a traversé des masses calcaires, s'est introduit dans leurs moindres fissures, et de telle sorte que sur un échantillon de quelques centimètres on rencontre quelquefois plusieurs alternatives de calcaire et de basalte. Quelquefois aussi le filon s'est introduit entre les couches dont il a suivi quelque temps la stratification, comme nous l'avons déjà indiqué fig. 436.

§ 486. Sur la direction des filons basaltiques, dont on voit les affleurements à la surface du terrain, il arrive fréquemment qu'on

aperçoit diverses buttes isolées, fig. 437, dont souvent plusieurs se succèdent à des distances plus ou moins rapprochées, et qui paraissent n'être autre chose que

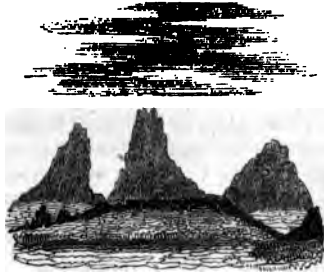


Fig. 137. Buttes sur la direction d'un filon.

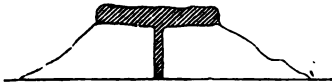


Fig. 138. Filon se terminant en plateau.

des éjections partielles, comme les cônes qui se forment sur une même fente dans les éruptions modernes, § 66. Le plus souvent elles sont à peu près entièrement composées de scories, mais il s'en trouve aussi qui sont formées de basaltes purs. Quelquefois, au lieu de buttes, ce sont des épanchements en forme de galettes, fig. 438, qu'on trouve aussi çà et là sur la direction du filon. Ces circonstances, dont on voit un assez grand nombre d'exemples dans le bas Vivarais, vers Rochemaure, Villeneuve-de-Berg, etc., et dans les montagnes qui séparent cette province du Velay, tendent à nous expliquer la formation des buttes isolées, aussi bien que les séries de buttes alignées qui se trouvent dans un grand nombre de localités où les filons intérieurs ont rencontré çà et là quelques issues. Nous y trouvons encore l'origine de quelques plateaux basaltiques; de ceux même qui n'offrent aucune des traces ordinaires de volcanicité, § 484, 484, parce que sur les escarpements des montagnes on les voit en communication avec des filons de même nature qui traversent tout le terrain.

§ 187. **Action des basaltes sur les roches adjacentes.** — A toutes ces preuves d'origine ignée, il s'en joint plusieurs autres qui résultent de l'action des basaltes sur les matières avec lesquelles ils ont été en contact. Nous avons cité, § 484, la calcination des argiles sur lesquelles ils reposent, et la carbonisation des débris végétaux; nous devons ajouter que les granites traversés par des filons basaltiques sont fortement altérés, que les portions de ces roches, qui ont été enveloppées dans le basalte, sont souvent fondues à leur surface, que le quartz et le feldspath y sont fendillés, quelquefois enveloppés ou pénétrés de matière vitreuse; c'est ce qu'on voit au volcan du Pal, tant dans les buttes de scories que dans les filons et dans la coulée basaltique. Les calcaires terreux en contact avec le basalte ou traversés par ses filons, et surtout les fragments de ces

matières entraînés dans la masse basaltique, sont convertis en calcaire compacte, quelquefois saccharoïde, comme quand, sous une forte pression, suivant le procédé de sir James Hall, on les fond à une haute température. C'est ce qu'on voit quelquefois à Villeneuve-de-Berg, au plateau de Mirabelle dans les Coyrons, etc. Ailleurs ces calcaires sont devenus en outre magnésiens et présentent de véritables dolomies (voy. *Minéralogie*), qui se distinguent du reste de la masse par leur lente effervescence : c'est ce qu'on indique à Roche-maure et à Chenavari, dans le voisinage des dikes ; c'est ce qu'on voit aussi autour des dépôts basaltiques de Lodève et sur divers points du plateau de Larzac, où la dolomisation paraît due à la présence des produits ignés qu'on voit çà et là dans la contrée. Lorsque les filons basaltiques ont traversé des dépôts charbonneux, les argiles sont calcinées, les charbons sont privés de leur bitume et affectent une structure bacillaire, comme au Meisner en Hesse.

§ 488. *Étendue des basaltes.* — Les dépôts basaltiques sont beaucoup plus éparpillés à la surface du globe que les laves en courants déterminés, ce qui tient sans doute à leur mode d'émission. Il ne s'était point fait alors de centre volcanique ; et l'action intérieure du globe, s'exerçant partout, s'est manifestée, dans les points de plus faible résistance, par des déchirures qui çà et là ont donné passage aux éjections. En France on trouve des basaltes depuis la partie septentrionale de l'Auvergne jusqu'au delà de Montpellier, et même encore par lambeaux isolés jusqu'au delà de Toulon. Sur les bords du Rhin l'ensemble des dépôts basaltiques s'étend depuis les Ardennes jusqu'au delà de Cassel, et se prolonge à l'est, dans la Saxe, la Bohême, etc. L'Islande en renferme une grande quantité, et ce sont encore les mêmes roches qui dominent aux Antilles, à Sainte-Hélène, à l'Ascension, etc., et dans la presque totalité des îles de la mer du Sud.

Les terrains basaltiques ont été partout constamment remarqués par suite de la tendance des roches principales à se diviser en longs prismes, dont les dispositions variées ont excité souvent l'admiration des curieux. Ici tous les prismes convergent au sommet d'une butte, qui se présente alors comme un *gerbier* ; là ils offrent des *colonnades* magnifiques, de l'aspect le plus pittoresque ; ailleurs toutes les colonnes, brisées sur un même niveau, présentent des *pavés* composés de pièces à pans régulièrement accolées, s'étendant sur un espace plus ou moins considérable, et quelquefois placés en amphithéâtre les uns au-dessus des autres. La grandeur, l'aspect imposant de ces pavés leur ont fait donner le nom de *pavés* ou *chaussées des Géants*.

§ 489. Pendant longtemps on a cité l'Irlande pour ses immenses et pittoresques chaussées des Géants; mais sans sortir de France, le Vivarais nous présente des effets non moins admirables, surtout entre Vals et Entraigues, sur les bords de la petite rivière du Volant, dont la figure 439 représente une partie. Les colonnades de

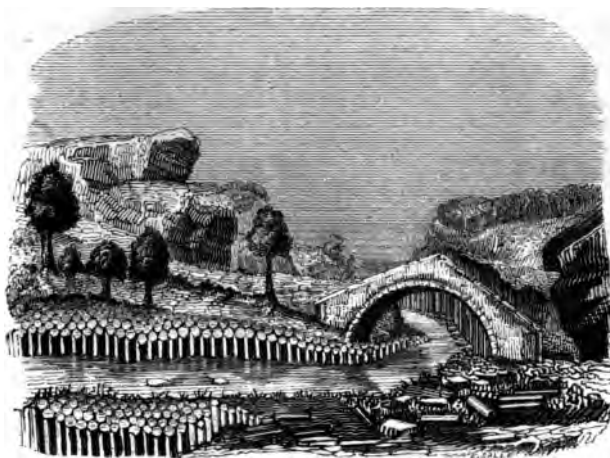


Fig. 139. Chaussée basaltique du Volant (Ardèche).

Chenevari, près de Rochemaure, fig. 433, les dikes qui sont près de cette ville, fig. 437, et une multitude d'accidents de toute espèce, ne sont pas moins dignes de captiver notre attention. Un voyage à travers le Vivarais, le Velay, si remarquable surtout aux environs du Puy, et l'Auvergne, est d'un attrait immense sous le simple rapport des curiosités naturelles.

§ 490. Il s'est fait quelquefois aussi au milieu des masses basaltiques, ou des *roches trappéennes*, § 312 *k*, qui leur ressemblent, des excavations dont quelques-unes offrent des grottes, ou des ponts naturels, fort remarquables. Il en existe dans le basalte proprement dit, comme on en voit quelques-unes en Vivarais, et l'on en cite une assez renommée sur les bords du Rhin, entre Trèves et Coblenz, près de Bertrich-Baden, dont les colonnes sont formées de pièces arrondies, qui les ont fait comparer à des piles de fromages,

d'où le nom de *Grotte des Fromages* (die Käsegrotte) usité dans le pays, fig. 140. La plus célèbre de toutes est la grotte dite de Fingal,



Fig. 140. *Grotte des Fromages à Bertrich-Baden.*

dans l'île de Staffa, l'une des Hébrides, fig. 141, qui est formée au milieu des *trapps*, divisés alors en colonnes prismatiques de la plus



Fig. 141. *Grotte de Fingal, à l'île de Staffa.*

grande régularité, et dans laquelle la mer pénètre et vient battre continuellement.

§ 491. **Formation trachytique.** — Il existe encore à la surface du globe une autre formation d'une étendue immense, qui constitue en Auvergne le Puy-de-Dôme, le Mont-Dore, le Cantal, ainsi que le Mézenc et le Mégal sur la limite du Velay et du Vivarais ; on la retrouve à la droite du Rhin dans le Siebengebirge ; elle forme des groupes immenses en Hongrie, en Transylvanie, au Caucase, dans la Grèce, où elle se prolonge, par les îles de Milo et d'Argentiera, jusqu'au centre actif de Santorin, § 47 ; on la retrouve aux îles de Lipari, dans la Campanie, dans les monts Euganéens, dans les Açores, les îles Canaries, l'Amérique équatoriale, le centre de l'Asie, plusieurs des îles adjacentes, jusqu'au Kamtschatka.

Cette formation ne présente pas seulement des buttes coniques isolées, des coulées en bandes étroites, des nappes éparpillées à la surface du globe ; mais de puissantes montagnes, le plus souvent réunies en groupes très-étendus, qui forment des masses très-élevées, ordinairement les plus hautes de la contrée, et couvertes d'aspérités ; leurs flancs sont déchirés par des vallées et des gorges profondes, à pentes escarpées et avec tous les accidents des hautes chaînes. Toutes ces circonstances font éminemment contraster la formation trachytique avec les dépôts ignés que nous avons vus jusqu'ici, et permettent de la distinguer dès le premier moment, quoiqu'une étude approfondie puisse ensuite y faire reconnaître diverses relations avec les dépôts de basalte ou de lave.

§ 492. Les roches qui constituent la formation trachytique sont extrêmement variées, chacune des montagnes agglomérées en offrant pour ainsi dire une espèce particulière. La plupart, comme le nom l'indique, ont quelque chose d'âpre au toucher, parce que le plus souvent elles sont finement poreuses, quelquefois cavernueuses, scoriacées, ponceuses ; cependant il en est qui sont tout à fait compactes, et qui présentent la structure porphyrique, § 342 n, fréquemment avec des teintes grises, rouges, brunes et noires, sur lesquelles se détachent des cristaux blancs d'albite et quelquefois d'orthose. Il en est qui sont plus ou moins terreuses, ordinairement de teintes claires, et qu'on désigne plus particulièrement sous le nom de *Domite*, parce que le Puy-de-Dôme en est composé. La base de toutes ces roches, inattaquable par les acides, est albitique, formée d'une multitude de cristaux microscopiques entremêlés, dont l'ensemble constitue une masse plus ou moins compacte. Les substances disséminées sont l'albite en cristaux plus ou moins volumineux, quelquefois l'orthose ou l'oligoclase, les micas noirs, l'amphibole hornblende, rarement le pyroxène augite. Le quartz en cristaux, et la calcédoine en petits rognons, s'y trouvent aussi

quelquefois, et surtout dans certaine espèce très-caverneuse qu'on n'a rencontrée jusqu'ici qu'en Hongrie, dont la pâte renferme aussi beaucoup de petites boules striées de sphérolithe.

On nomme *phonolithes* des roches assez analogues à certaines variétés de trachytes, mais qui en diffèrent en ce qu'elles renferment une partie zéolitique attaquable par les acides, et laissant un résidu feldspathique. Ces roches présentent le plus souvent des matières compactes, grisâtres ou verdâtres, quelquefois porphyroïdes, mais dans lesquelles les substances disséminées sont rares. Elles se divisent fréquemment en plaques ou en feuilletés plus ou moins épais, et dans certains cas toute la masse est partagée en colonnes prismatiques le plus souvent divergentes ou contournées. On a quelquefois confondu les phonolites avec certaines variétés porphyroïdes de trachyte, qui présentent à peu près les mêmes accidents, mais non les mêmes caractères de solubilité.

Il existe aussi dans les terrains trachytiques des dépôts plus ou moins considérables d'*obsidienne* et de *perlite* avec tous leurs passages à la ponce (*Minéralogie*). Leur abondance et leurs caractères varient beaucoup suivant les diverses localités; elles sont prépondérantes dans certaines contrées, tandis que dans d'autres il ne s'en trouve pas même de traces.

§ 493. Souvent, au milieu de montagnes formées de matières homogènes et purement cristallines, s'élèvent des buttes qui se trouvent uniquement composées de blocs ou de fragments scoriacés, liés fortement entre eux par des pâtes poreuses, compactes ou vitreuses. Ces matières fragmentaires, nommées jadis *conglomérats trachytiques*, sont quelquefois extrêmement abondantes, comme en Hongrie et dans le Cantal, et les masses de trachytes sont fréquemment noyées au milieu d'elles. Souvent aussi on trouve des nappes trachytiques séparées les unes des autres, comme au Cantal et aux monts Dore, par des débris analogues, qui se rencontrent à toutes les hauteurs et souvent jusque sur les sommets les plus élevés.

Outre ces dépôts fragmentaires qu'on observe au centre même des groupes, il s'en trouve d'autres à l'extérieur, qui sont quelquefois immenses, tantôt composés de matières ponceuses, soit en fragments distincts, soit en poussière fine et souvent altérée, tantôt offrant des poudingues où toutes les variétés de trachytes se rencontrent en fragments ou en cailloux roulés, quelquefois libres, le plus souvent agglutinés par des matières terreuses. Ces nouveaux dépôts semblent annoncer un remaniement des roches par les eaux, et d'autant mieux qu'on y trouve quelquefois des débris organiques divers, comme dans la Campanie et la Hongrie.

§ 494. Ces différents caractères ne peuvent laisser aucun doute sur l'origine des terrains trachytiques; certaines variétés des roches qu'ils renferment ressemblent complètement aux trachytes de Santorin, de Ternate, des coulées de Java, § 74; les matières vitreuses rappellent celles du pic de Ténériffe, § 68, des volcans trachytiques des Andes, etc. L'abondance des matières ponceuses autour de certains groupes, quelquefois à de très-grandes distances, et renfermant des coquilles marines et autres débris organiques, rappelle inévitablement les éruptions de ponces si souvent remarquées dans les volcans sous-marins, aussi bien que celles des îles de Saint-Georges, § 39, de Sumbawa, etc.

Dans les vallées et les escarpements que présentent toutes ces buttes accolées les unes aux autres, on rencontre fréquemment des filons également trachytiques qui expliquent suffisamment comment toutes ces matières ont pu parvenir au jour. Quelques-uns présentent de grands affleurements que l'on peut suivre à la surface du sol; d'autres, après s'être élevés verticalement, se terminent par une pointe effilée dans la roche même qu'ils parcourent. Un assez grand nombre aboutissent à des nappes plus ou moins étendues, à des buttes isolées, à des amas particuliers au milieu de quelque autre dépôt; c'est ainsi que, dans le Cantal, certains filons qui traversent les dépôts d'agrégation s'épanouissent en nappes au-dessus d'eux, ou en amas dans leur intérieur, et que des filons de phonolithes aboutissent à des buttes isolées de ces matières, souvent composées de prismes comme les buttes basaltiques.

Ces filons expliquent évidemment l'origine des nappes de trachytes, qui se présentent si souvent dans les groupes de cette formation, et sans qu'on puisse y reconnaître aucun point d'éruption. L'uniformité d'épaisseur de ces nappes, leur nature souvent cristalline et porphyrique, qui annoncent un certain degré de fluidité et un refroidissement lent, indiquent qu'elles ont dû se former horizontalement, § 67 à 69; mais comme on les trouve fréquemment inclinées, il est évident qu'elles ont dû subir après coup des relèvements plus ou moins considérables: c'est ce que tout indique dans les monts Dore, dans le Cantal et au Mézenc, où l'on reconnaît les traces des soulèvements généraux, et celles des soulèvements partiels qui ont affecté quelques groupes.

§ 495. **Détails sur quelques groupes trachytiques.** — Le terrain trachytique est caractérisé dans le nord de l'Auvergne, près de Clermont, par la *domite*, qui constitue le *Puy-de-Dôme* et plusieurs buttes voisines. La matière est blanchâtre, jaunâtre, grisâtre ou rougeâtre, en général assez solide, quoique poreuse, légère et

quelquefois terreuse. Elle est quelquefois pénétrée de chlore, ce qui rappelle les gaz que renferment les laves modernes à leur sortie des volcans, § 80. Rien n'indique ici comment ces dômes ont été produits; mais comme la même matière se trouve en filons dans les monts Dore et le Cantal, où elle vient quelquefois aboutir à de légères buttes, il est à présumer qu'elle s'est fait jour en divers points sur la direction d'une fente, et s'est amoncelée sur l'ouverture même qui lui donnait passage.

Dans les monts Dore et dans le Cantal, le terrain est beaucoup plus compliqué; le trachyte y présente un grand nombre d'espèces: granitoïde, amphibolique, porphyrique, avec toutes les modifications possibles dans la quantité et la disposition des parties, et par le plus ou moins de porosité: elles forment tantôt des montagnes isolées, tantôt des nappes particulières et même des espèces de coulées. Les déjections ponceuses, scoriacées, pulvérulentes y sont très-abondantes. Les matières vitreuses s'y présentent quelquefois, mais en petite quantité, soit en espèces d'amas en relation avec des ponces, comme dans les monts Dore; soit en filons, comme dans le Cantal. Les phonolites semblent être les matières les plus récentes du terrain; elles reposent jusque sur les dépôts pulvérulents de ponces remaniés par les eaux, § 493, et les traversent même sous forme de filons. Aux monts Dore, elles se trouvent à l'extérieur du groupe, où elles se rattachent à un soulèvement particulier; au Cantal, elles se montrent en filons assez nombreux dans toutes les parties de ces montagnes, ou bien en buttes dans le cratère de soulèvement qui se trouve au centre.

Le Mézenc et le Mégal sont remarquables, d'un côté, par l'absence des matières ponceuses ou scorifiées et des dépôts sédimentaires; de l'autre, par la liaison intime des trachytes, le plus souvent compactes ou porphyriques, avec les phonolithes qui s'y mélangent de toutes les manières. Ces dernières sont cependant en général les roches dominantes, celles qui donnent à la contrée sa physionomie particulière, assemblage de pics et de plateaux.

§ 496. On voit que les groupes trachytiques sont extrêmement variables quant aux roches qu'ils présentent. En France, les roches vitreuses sont peu développées; au contraire, on reconnaît qu'elles sont très-abondantes dans certaines parties des groupes de la Hongrie, dans les îles de Lipari, aux Canaries, dans certaines parties du Mexique. Le caractère le plus général est l'indépendance des diverses variétés, qui le plus souvent constituent chacune une butte à part, ou qui forment des nappes particulières provenant *probablement* de quelques filons. Les phonolites véritables, attaques

par les acides, sont des roches assez rares qui semblent avoir pré-ludé aux basaltes qui, comme elles, sont indépendants des vrais trachytes, et se trouvent rejetés à l'extérieur quand ils sont en relation avec les groupes trachytiques. Il y a en Allemagne et en Écosse des phonolites qui sont liées au basalte sans indice de terrain trachytique proprement dit.

Certains volcans actifs sont ouverts dans le trachyte, comme au Mexique, qui offre des dômes trachytiques crevés à leurs sommets et qui ont rejeté des obsidiennes; comme aussi à Ténériffe, à Java, à Sumbawa, etc. Mais en Europe il n'existe aucune trace de cet ordre de choses : seulement au pied des dômes de Clermont, nous trouvons quelques explosions de scories à travers le trachyte, et en même temps nous remarquons que les cônes volcaniques se trouvent sur la grande ligne de dislocation suivie par les trachytes aussi bien que par les basaltes, et qui avait été préparée par d'autres grands événements, § 347.

§ 497. **Diorite, roches trappéennes, amygdaloïdes, etc.** — Rien de plus analogue au basalte que certaines roches noires dont les unes, d'après les nombreux passages qu'elles offrent à des dépôts où les éléments sont distincts, doivent être des mélanges d'albite et d'amphibole, et dont les autres sont de nature inconnue ou du moins assez douteuse. Les premières sont celles qu'on désigne en France sous le nom de *diorite*, et qu'on connaît en Allemagne sous le nom de *grunstein*. Les autres sont connues depuis longtemps sous la dénomination de *trapp*, qu'on admet encore, vu l'impossibilité où l'on est de se prononcer définitivement sur leur nature, § 342 k. Ces roches ont des relations, tant par leurs positions dans certaines localités que par leur passage minéralogique, avec certaines matières désignées sous le nom d'*amygdaloïdes*, à cause des noyaux de diverses substances qu'elles renferment, et qui sont connues en Angleterre sous le nom de *toadstone* et de *winstone*, dont souvent la nature n'est pas mieux connue.

On a longtemps attribué à ces roches une origine aqueuse; d'un côté, parce qu'on ne trouve jamais au milieu d'elles, ni dans leur voisinage, aucun de ces accidents auxquels on s'est particulièrement attaché pour en conclure une origine ignée, c'est-à-dire ces scorifications de la roche, ces amas de scories que nous avons vus auprès des basaltes et des trachytes; de l'autre, parce qu'elles se lient intimement avec beaucoup de roches qui n'offrent pas plus les caractères ignés; enfin parce qu'on les a trouvées plus tard en couches distinctes, souvent plusieurs fois répétées, au milieu même des dépôts de sédiment, d'où l'on a conclu qu'elles avaient la même

origine. Ces conclusions, cependant, doivent être aujourd'hui complètement rejetées, et les recherches du docteur Macculloch, de M. Sedgwich et de M. Conybeare, en Angleterre, en Écosse et dans les îles voisines, où les falaises présentent des facilités particulières pour ce genre d'observations, ont offert des faits qui ne peuvent maintenant laisser aucun doute.

§ 498. Malgré l'absence des matières scoriacées, ces roches présentent toutes les allures des dépôts basaltiques; elles se trouvent en buttes isolées, ou en plateaux plus ou moins étendus; leur masse divisée en colonnes prismatiques offre tous les caractères des colonnades de basalte, et des pavés des Géants. D'un autre côté, elles se trouvent fréquemment en filons qui se terminent aussi dans le haut en une masse effilée, comme *a*, fig. 442, ou bien envoient dans leur

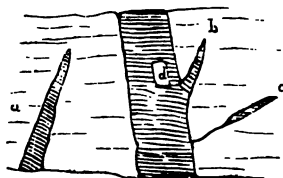


Fig. 142. Filons de trapp, Irlande.

trajet de petites ramifications *b* dans les roches qu'elles traversent, de petits lopins *c*, tantôt isolés, tantôt communiquant avec la masse principale par une traînée mince. Les roches encaissantes sont quelquefois criblées de ces petites ramifications, et jusque dans les fissures les plus fines. Ces circonstances démontrent évidemment que ces filons ne sont pas des fentes remplies par le haut, et qu'on ne peut les considérer que comme des injections poussées de l'intérieur à l'extérieur avec assez de force pour pénétrer dans les plus petites fissures, pour détacher et entraîner des morceaux de la roche, qu'on trouve aussi quelquefois dans leur épaisseur comme en *d*.

Toutes ces circonstances sont exactement celles que nous avons observées dans le basalte, § 484. Il en est de même des couches en apparence réglées qu'on remarque entre des assises sédimentaires: car l'observation montre encore qu'elles ne sont que des ramifications de filons: c'est ce qu'on voit clairement à Trotternish, île de Sky, fig. 443, où un gros filon de trapp communique avec une couche



Fig. 143. Injection de trapp dans les roches sédimentaires de l'île de Sky.

de matière semblable qui, elle-même, se divise plus loin en trois branches, dont deux se terminent en coin. Il est évident, dès lors, que l'intercalation des roches trappéennes dans les matières arénacées, est le résultat d'une injection entre les couches sédimentaires, comme dans le cas des basaltes de Villeneuve-de-Berg, fig. 436. Il n'y a pas là plus de difficultés que pour l'injection dans une fente oblique qui couperait toutes les couches, comme on le voit dans une foule de localités, puisqu'il faut bien, dans tous les cas, que la partie supérieure soit soutenue par la force qui pousse la matière en fusion. Nous devons remarquer, pour compléter l'analogie, que les plateaux trappéens communiquent, comme les plateaux basaltiques, fig. 438, ou même les laves ordinaires, fig. 33 et 34, § 74, avec des filons qui traversent tout le terrain inférieur, et qui ont évidemment amené la matière au jour.

§ 499. Maintenant, si ces premières analogies avec les matières d'origine ignée ne suffisent pas, en voici d'autres qui viennent les compléter. Les filons de trapp ont aussi attaqué les roches qu'ils ont traversées; ici ce sont des matières charbonneuses, qui ont perdu leur bitume, sont réduites en fraïsil, en coke, au contact du filon, comme on le voit dans plusieurs points du Staffordshire; là des calcaires sont devenus cristallins, saccharoïdes, jusqu'à quelque distance du contact comme quand ils sont fondus dans l'expérience de Hall. Les calcaires se remplissent même de grenat, de pyroxène, d'amphibole, d'analcime qu'ils ne renferment pas ailleurs, comme à Plasnewidd, dans l'île d'Anglesey, à l'île de Thirey, etc. Les argiles schisteuses sont converties en jaspes divers; les grès passent à des matières analogues, comme en plusieurs points de l'Écosse, et quelquefois ils sont convertis en quartz compacte, comme à l'île de Sky. La matière même du filon, en traversant diverses roches, paraît en avoir subi l'influence; et l'un des faits les plus intéressants est la conversion d'un filon de trapp en serpentine dans les portions de sa masse qui se trouvent encaissées dans les calcaires, comme on le voit à Clunie dans le Perthshire.

On observe des faits du même genre auprès des diorites porphyroïdes désignées sous le nom d'*ophite* dans les Pyrénées. En effet, les calcaires soulevés par ces roches deviennent cristallins et dolomitiques dans leur voisinage; ils semblent même avoir été convertis en gypse à leur contact, sans doute par l'action des matières gazeuses qui se dégagent en même temps, car partout le gypse accompagne immédiatement les ophites, se trouve même entremêlé avec ces roches, et ne se présente nulle part ailleurs le long de cette chaîne de montagnes.

§ 200. *Serpentine et diallage, porphyres divers.* — Les roches magnésiennes nommées serpentines (voy. *Minéralogie*), dans lesquelles nous venons de voir un filon se transformer en traversant un dépôt calcaire, accompagnent assez souvent les trapps et les diorites; elles forment aussi très-fréquemment à elles seules des filons, autour desquels on remarque toutes les altérations de roche que nous venons d'indiquer. Ces faits se montrent surtout dans la Ligurie, où les serpentines et les euphotides (mélange de diallage avec l'albite ou le labradorite) sont injectées de toutes les manières dans des dépôts calcaires qui appartiennent à la période jurassique. Tantôt elles y forment des filons, et tantôt elles présentent des couches puissantes; souvent elles offrent des brèches de toute espèce qui constituent les marbres nommés vert antique, vert d'Égypte, vert de mer, etc. Or les calcaires entremêlés avec ces roches sont tous à l'état saccharoïde, et nous offrent les plus beaux marbres statuaire, les marbres brèches les plus éclatants; cependant, en les suivant avec soin, on voit qu'ils se rattachent entièrement aux calcaires compactes, et plus ou moins terreux, des dépôts environnants dont ils sont évidemment la continuité. Les argiles schisteuses et les grès qui alternent avec ces derniers se trouvent convertis dans les autres en jaspes de diverses variétés.

§ 204. L'apparition des roches pyroxéniques, des mélaphyres et des autres porphyres qui s'y rattachent, a produit des circonstances du même genre, que M. de Buch a signalées depuis longtemps dans le Tyrol et dans la Lombardie supérieure. On les reconnaît encore tout le long des Alpes, et elles se représentent sur la même direction dans la Provence au milieu des montagnes de l'Estérel. Tout est bouleversé dans le voisinage de ces roches, qui ont soulevé autour d'elles les dépôts calcaires de diverses formations, les ont disloqués et poussés dans les positions les plus anormales. Partout au contact de ces porphyres, et jusqu'à des distances considérables, les calcaires sont transformés en dolomie, et de telle manière que les mêmes dépôts sont de calcaire simple dans une de leurs parties,



Fig. 144. Dolomisation des calcaires.

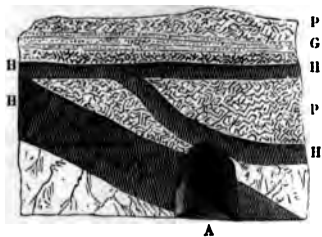
et de dolomie crevassée dans celles qui se rapprochent des roches de cristallisation, fig. 144. Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que, dans le peu de débris organiques qu'on a rencontrés çà et là dans des calcaires modifiés, le test même des coquilles, ou les madrépores, se trouvent être chargés de magnésie : cela démontre sans réplique que la présence de cette substance est due à une ac-

tion postérieure à la formation du dépôt, car il n'existe aucune coquille, aucun madrépore qui naturellement renferme de la magnésie, pas plus à l'état vivant qu'à l'état fossile, partout où le dépôt n'a subi aucune modification.

§ 202. Les porphyres feldspathiques, § 342 n, présentent souvent aussi des caractères qui ne peuvent laisser de doute sur leur origine ignée. Non-seulement on les trouve en filons au milieu de toutes les roches, mais encore ils se conduisent exactement comme les trachytes, § 193, en passant à travers des roches fissurées dont ils empâtent les fragments pour former des conglomérats; ils se lient souvent ainsi de la manière la plus intime aux dépôts arénacés qu'ils durcissent dans leur voisinage: c'est ce qu'on voit clairement dans les montagnes de l'Estérel, dans les Vosges, dans un grand nombre de localités en Allemagne, dans l'île de Sky en Écosse, etc.; et, comme pour que rien ne manque à la comparaison, on reconnaît encore dans le voisinage de ces porphyres des matières vitreuses que nous avons décrites sous le nom de *retinile* (*Minéralogie*), qui passent à des matières lithoïdes diverses, comme les obsidiennes, sans toutefois of-

frir de passage à la ponce, § 74.

Dans le bassin houiller de l'Arroux, au sud d'Autun, de tels porphyres ont pénétré dans le grès houiller ou dans la houille même, fig. 145, et dans le voisinage le combustible est devenu sec, brillant et caverneux; le grès s'est durci, et les parties feldspathiques qu'il renferme ont été frittées. La même chose est arrivée en plusieurs lieux, et c'est ainsi qu'à Schœnfeld, en Saxo, les dépôts charbonneux



A. galerie d'exploitation. — G. grès houiller. — H. houille. — P. porphyre.

Fig. 145. Dépôt houiller traversé par des porphyres.

sont passés à l'état d'antracite par l'apparition des porphyres.

§ 203. **Roches granitiques.** — Il ne peut y avoir de doute sur la nature ignée des roches précédentes, d'après leur manière d'être injectées dans toutes sortes de dépôts, et leurs actions sur les matières qu'elles ont traversées ou soulevées. Or il en est de même des granites proprement dits, des syénites qui leur ressemblent, de toutes les roches enfin qui s'y rattachent. En effet, il résulte d'une grande masse d'observations, recueillies en Angleterre par le docteur Macculloch, vérifiées, complétées depuis par beaucoup d'autres géologues, que les granites, qui sont des roches massives et par cela

même déjà distinctes des dépôts aqueux ordinairement stratifiés, § 146, se conduisent exactement dans leur apparition comme les trapps, les diorites et les porphyres.

Dans la vallée de Glen-Titt, en Écosse, le granite se trouve injecté dans des dépôts calcaires qui alternent avec les schistes argileux, fig. 146, où il pousse quelquefois des lopins séparés, *a*. Ailleurs, ce sont des filons verticaux qui traversent la roche, fig. 147, tantôt en entier, tantôt en se terminant par des masses effilées, comme les diorites et les basaltes, § 184 et 197, ce qui annonce aussi que la matière est venue de bas en haut, et qu'elle a dû être poussée avec une grande force. Or, ce n'est pas seulement dans une localité particulière que de tels faits se présentent, il en a été maintenant observé dans toutes les parties du monde : dans les Pyrénées, dans les Alpes de la France, de la Savoie et de la Suisse, en Norvège, sur tous les points de l'Angleterre, dans l'Amérique septentrionale, au cap de Bonne-Espérance, etc.

Fig. 146.

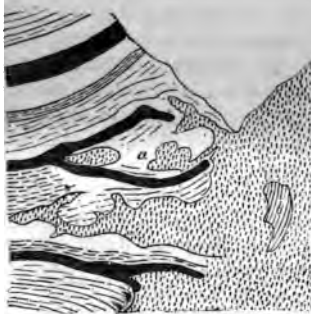


Fig. 147.



Injection du granite dans les roches diverses.

§ 204. La fluidité pâteuse des granites est encore indiquée par la manière dont ces roches ont enveloppé les débris, *b*, fig. 146, des terrains qu'elles ont traversés. En Bretagne, les granites, qu'on a employés à Paris pour les trottoirs, les bornes, etc., ont enveloppé des fragments anguleux de schistes, quelquefois assez nombreux pour donner à la masse l'apparence d'une brèche. Au Harz, cette roche a empâté des fragments de grauwackes schisteuses qui renferment des débris organiques. En Écosse, près de Landside, où le granite paraît avoir traversé un terrain calcaire dont il renferme des

bloccs, il s'est fait une brèche formée de fragments calcaires liés entre eux par une pâte granitique; fait analogue à ce que nous avons cité à l'égard des trachytes et des porphyres, § 191 et 202.

§ 205. Quelquefois il y a des portions assez étendues des dépôts sédimentaires qui ont été enveloppées par le granite. Ainsi, dans les houillères de La Pléau (Corrèze), au sud-est d'Ussel, § 245, une portion de terrain houiller a été enveloppée par les granites porphyroïdes de la contrée, qui se trouvent placés dès lors au-dessus et au-dessous du dépôt sédimentaire, fig. 148.



Fig. 148. Dépôt houiller enclavé dans le granite.

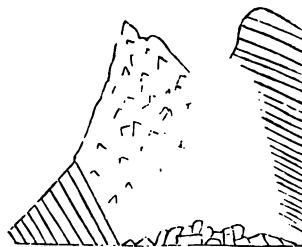


Fig. 149. Superposition du granite aux couches sédimentaires.

L'épanchement des granites sur les terrains qu'ils ont traversés est encore une nouvelle preuve de leur fusion. Or, on voit ces roches superposées dans un grand nombre de lieux à tous les dépôts de sédiment; dans les Alpes on les voit épanchées sur les terrains jurassiques, et l'on peut, en divers points, toucher à la fois la roche cristalline et le dépôt sédimentaire, fig. 149. Le granite repose sur la craie à Weinhalle, en Saxe, et sur des argiles assez modernes, en Sibérie, où même il est poreux.

§ 206. L'action des roches granitiques sur les matières qu'elles ont traversées est encore la même que celle des roches précédentes. Les calcaires compactes, oolitiques, terreux, sont convertis en calcaires saccharoïdes, où les débris organiques ont le plus souvent disparu; ils ont pris des couleurs vives de toute espèce: vert, rouge, noir, etc., se sont remplis, au contact, de mica, de grenat, d'amphibole, et de diverses autres substances cristallines. Souvent ils ont été convertis en dolomies, qui sont très-abondantes autour des granites dans les Alpes et les Pyrénées, et quelquefois en gypse, comme le prouvent les masses de cette substance dont on voit les affleurements dans certains cirques des Alpes, tandis que sur leur prolongement

gument dans les vallées voisines on ne voit plus que des calcaires purs et simples. Les argiles et diverses matières arénacées se sont converties en jaspes, se sont remplies des diverses substances que nous venons de citer, et ont pris enfin les caractères des schistes micacés, des schistes talqueux et des gneiss ; les matières carbonneuses, qui se rapportent à cet âge, ont pris les caractères de l'antracite, comme on le voit surtout dans les Alpes, et les grès sont devenus des couches de quartz grenu. Il arrive quelquefois que les grès schisteux modifiés conservent encore la structure arénacée, quoique les matières aient souvent pris beaucoup de solidité ; les micaschistes mêmes auxquels ils passent renferment encore çà et là des strates minces de quartz sableux, interposées entre les lames de mica, qui semblent annoncer les restes des anciens grès modifiés ; c'est ce qui a été observé depuis longtemps par Playfair dans les monts Grampians en Écosse, et ce que rappelle aussi le peu de solidité qu'offrent par places les schistes micacés des montagnes des Maures, entre Toulon et Antibes, aussi bien que ceux qu'on désigne au Brésil sous le nom d'*itacolomite*, qui passent au grès par toutes les nuances.

Les roches granitiques, qui se rapportent à différents âges, comme nous le verrons plus tard, § 314, sont très-abondantes à la surface du globe, formant tantôt des chaînes de montagnes élevées, et tantôt des collines arrondies, désagrégées à la surface, qui couvrent des étendues considérables. En France, nous voyons ces roches sur une grande partie de la Bretagne, dans le Limousin, l'Auvergne, le Gévaudan, dans les Pyrénées, dans le Dauphiné, où elles se lient avec celles des Alpes de la Savoie, au centre de la Bourgogne, dans les Vosges, d'où elles se prolongent de l'autre côté du Rhin dans la forêt Noire, § 323.

§ 207. *Cites métallifères, filons, amas.* — La dolomisation et la sulfatation des calcaires, la présence de diverses substances dans les roches adjacentes, ne sont pas les seuls faits qui se ratta-



Fig. 150. *Minerais au contact des granites et des calcaires.*

chent à la sortie des roches ignées du sein de la terre. Il arrive aussi, fig. 450, qu'au contact de la nouvelle roche et des anciennes, les dépôts se remplissent de divers minerais métalliques, soit disséminés, soit injectés dans les fissures et entre les couches, ou enfin rassemblés en petits amas quelquefois liés entre eux par de minces filets : c'est ce que M. Dufrénoy a fait remarquer à l'égard des minerais de fer qui existent dans les

roches ignées du sein de la terre. Il arrive aussi, fig. 450, qu'au contact de la nouvelle roche et des anciennes, les dépôts se remplissent de divers minerais métalliques, soit disséminés, soit injectés dans les fissures et entre les couches, ou enfin rassemblés en petits amas quelquefois liés entre eux par de minces filets : c'est ce que M. Dufrénoy a fait remarquer à l'égard des minerais de fer qui existent dans les

Pyrénées, et qu'on trouve placés soit dans les calcaires, soit entre ces dépôts sédimentaires et le granite qui en a soulevé la masse consolidée. C'est ce qui existe encore dans un grand nombre de localités pour des minerais de toute espèce qu'on trouve à la jonction des matières cristallines et des dépôts de sédiment divers, tels que les arkoses de divers âges qui entourent le plateau granitique du centre de la France, ou bien les calcaires qui les recouvrent; on en retrouve de même à la jonction des granites ou des porphyres avec les gneiss et les schistes argileux qu'ils ont soulevés, ou pénétrés, dans un grand nombre de lieux. Ce sont là évidemment des gîtes de minerais en relation avec les actions ignées.

§ 208. Quant aux minerais en filons, il est d'abord à remarquer qu'on n'a jamais eu l'occasion de les poursuivre assez loin dans la profondeur pour savoir s'ils s'y terminent en coin, et par conséquent s'ils remplissent des fentes ouvertes par le haut, tandis qu'on en a vu se terminer en masses effilées dans la partie supérieure, comme à Joachimstal en Bohême, et dans un grand nombre d'autres lieux. Cette dernière circonstance conduit déjà à penser que les filons métallifères ont été produits, aussi bien que les filons pierreux précédents, § 184 à 205, par une injection de l'intérieur à l'extérieur. Mais il y a plus, les deux sortes de filons ont la plus grande liaison entre eux : ainsi, à Pongibaud, les mêmes filons sont tantôt granitiques et tantôt métallifères; dans beaucoup d'autres lieux, des filons métallifères accompagnent des filons porphyriques ou même basaltiques, comme en Bohême, et les deux matières se pénétrant mutuellement, c'est tantôt l'une, tantôt l'autre qui prend le dessus. D'un autre côté, on trouve très-fréquemment dans diverses localités des filons pierreux et des filons métallifères qui tantôt marchent parallèlement les uns aux autres, tantôt se

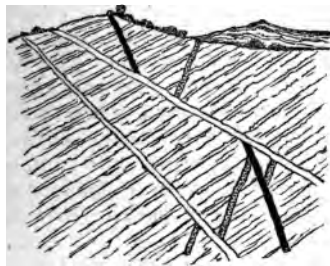


Fig. 151. Failles de filons.

croisent de différentes manières, se rejetant les uns les autres de côté, et se produisant ainsi mutuellement des failles, fig. 151. Tantôt ce sont des filons pierreux qui dérangent les filons métalliques; tantôt, au contraire, ce sont ces derniers qui déroutent les autres; en tout ils se conduisent exactement de la même manière, et il devient impossible de penser qu'ils n'aient pas la

même origine. Remarquons aussi qu'en général les filons suivent

les grandes lignes de dislocation de la croûte terrestre; ainsi, en Auvergne, les principaux filons suivent la grande ligne de dislocation par les fentes de laquelle la chaîne des Puys s'est fait jour, § 347; dans les Vosges, ils sont parallèles à la grande faille qui termine cette chaîne de montagnes, § 332 1°, 342; partout, enfin, l'on reconnaît que la présence de ces dépôts coïncide avec les lignes diverses des soulèvements qui ont agité le globe; ce qui fournit un puissant secours dans leur recherche.

On trouve dans les filons métallifères l'influence de ceux qui les traversent ou les longent, et qui viennent y jeter, jusqu'à une certaine distance, des matières qu'on n'y observait pas auparavant. L'influence de la roche traversée se fait aussi bien sentir sur les filons métallifères que sur ceux de trapp, § 499; et c'est un fait connu depuis longtemps des mineurs qu'un filon pauvre, dans une couche déterminée, augmente tout à coup de richesse en pénétrant dans une autre, ou réciproquement; de là les succès subits et les revers imprévus des exploitations.

§ 209. Les amas métallifères n'étant en général qu'une accumulation de petits filons dirigés dans tous les sens, fig. 452, ou une dissémination abondante dans une des matières pierreuses que nous devons attribuer à la voie ignée, il est clair que ces dépôts sont produits comme ceux dont nous venons de parler. Les principaux nous présentent des minerais d'étain, de



Fig. 152. Amas métallifères.

cuivre pyriteux, de fer magnétique, et ont pour masse principale des granites, des porphyres, des roches magnésiennes diverses, dans lesquels se trouvent les minerais. L'amas métallifère de Ziawald en Bohême offre un granite particulier encaissé dans un porphyre; celui d'Altemberg, en Saxe, est une masse porphyrique encaissée dans du gneiss. Le célèbre amas de fer magnétique du Taberg, en Suède, est une masse de diorite enfermée dans la même roche; celui de Cogne, en Piémont, offre une serpentine enclavée dans du schiste micacé calcarifère. Ces amas sont souvent peu profonds: aussi est-il arrivé quelquefois que, faisant peu d'attention à la roche encaissante pour suivre des veines qui s'y introduisaient accidentellement, on a été sur le point d'abandonner l'exploitation dont on avait dépassé la partie productive; c'est ce qui est arrivé à Joachimstal en Bohême.

Les gîtes métallifères qui paraissent être en couches réglées ne sont souvent que des filons qui ont suivi la stratification du terrain, comme nous l'avons vu pour les trapps, § 498; ou bien ce sont,

comme ci-dessus, des dépôts formés au contact des couches sédimentaires et des matières en fusion qui les ont soulevées.

§ 240. Nous devons nous borner ici à une indication générale, et renvoyer pour les détails au travail de M. Fournet, *Études des dépôts métallifères*. Mais il est nécessaire d'ajouter un mot pour ne pas laisser confondre les amas et les filons dont nous venons de parler, avec certains dépôts de minerais de fer oolitique qui se trouvent



Fig. 153. Remplissage des fentes par l'extérieur.

dans les terrains de sédiment. Parmi ceux-ci, les uns forment des couches plus ou moins étendues au milieu des formations calcaires, les autres ont rempli des fentes élargies dans le haut et peu profondes, qui communiquent parfois à des cavernes, fig. 153; ce sont

alors des faits d'un ordre tout différent de ceux que nous avons décrits, et dont nous aurons plus tard l'occasion de parler.

§ 241. **Conclusion générale; métamorphisme.** — De tous les faits que nous venons de citer, et dont nous aurions pu augmenter prodigieusement le récit par les détails que présentent les nombreuses localités où l'on peut en observer de semblables, il faut évidemment conclure que les roches cristallines, qui toutes sont formées par des silicates extrêmement variés et mélangés entre eux, ont été produites par la voie ignée; qu'à différentes époques elles ont disloqué, soulevé, bouleversé tous les dépôts de sédiment, en ont modifié la masse de toutes les manières, et que c'est à ces grands phénomènes que sont dus et tout le désordre apparent qu'on observe à la surface du globe, et tous les changements successifs dont on aperçoit les traces à chaque pas.

Lorsqu'on a vu, § 187 à 206, les calcaires terreux ou compactes devenir cristallins à l'approche de ces diverses sortes de roches, se remplir de substances diverses qu'ils ne contiennent plus à une certaine distance, se charger de magnésie en se fendillant de toutes parts, et se changer en dolomie, comme ailleurs ils se changent en gypses; lorsque les argiles schisteuses, les matières arénacées sont converties en jaspes divers, se chargent de mica, d'amphibole, et prennent les caractères du gneiss, des chistes micacés et talqueux; lorsqu'enfin les grès sont devenus des bancs de quartz grenu, peut-on trouver étonnant que la plupart des géologues actuels adoptent l'idée de changements complets opérés dans un grand nombre de dépôts de sédiment, et qu'on s'appuie sur ce *métamorphisme*, aperçu depuis longtemps par Hutton, Playfair et le docteur Macculloch, pour expliquer une multitude de faits que

nous présentent les dépôts anciennement désignés sous les noms de terrains primitifs et de terrains de transition? On peut être conduit à supposer quelquefois un peu d'exagération, tant les faits paraissent extraordinaires; mais il faudrait se refuser à l'évidence pour nier qu'il y a des calcaires saccharoïdes, des dolomies, des roches schisteuses plus ou moins cristallisées qui résultent d'un changement opéré sur des calcaires terreux ou compactes, sur des argiles, des sables, etc., formés par sédiment; n'est-il donc pas naturel de penser que telle en a toujours été l'origine?

Ces idées, devenues plus frappantes aujourd'hui, parce qu'elles sont exprimées par un mot propre, ne sont cependant pas absolument nouvelles; tous les ouvrages de géologie en sont réellement remplis, et les faits n'y sont pas moins remarquables, quoique exposés en d'autres termes. Il n'y a pas une description de contrée, en remontant même au temps de Saussure, dont les travaux sont encore si remarquables par la fidélité des détails, où l'on ne cite expressément les passages nombreux de divers dépôts arénacés aux roches de cristallisation, des grauwackes schisteuses aux schistes talqueux, aux schistes micacés, et de ceux-ci au gneiss, ou bien le passage des grès de diverses sortes aux granites et aux porphyres sur lesquels ils s'appuient, etc. N'est-ce pas là reconnaître positivement le fait des modifications que nous nommons aujourd'hui *métamorphisme*, et auquel seulement le temps a permis de joindre plus de détails et plus de précision?

§ 212. Il est certain qu'en partant par exemple des grauwackes schisteuses, et se dirigeant vers quelque montagne, quelque îlot de cristallisation, on voit ces matières prendre des caractères plus cristallins, et quelquefois, sans perdre les débris organiques qu'elles renferment, se remplir de substances minérales nouvelles; c'est ainsi qu'en Bretagne ces schistes se remplissent de macles, quelquefois de staurotides auprès de tous les dépôts granitiques. Ailleurs, comme dans les Vosges, dans les montagnes du Var, on les voit passer au micaschiste, et celui-ci au gneiss, qui arrive insensiblement au granite. Or, comme si la liaison intime qu'on aperçoit ne suffisait pas, ces micaschistes, puis les gneiss eux-mêmes, renferment des veines de schiste carburé ou de graphite, même des veines d'anthracite, qui rappellent les dépôts qu'on trouve plus loin dans les grauwackes, et qui sont assez marquées pour avoir déterminé des recherches de combustible.

Il est donc évident que toutes les roches que nous venons de citer, quelles que soient les différences qu'elles présentent, ne sont que des modifications, des métamorphoses d'un seul et même tout;

et, comme c'est en approchant des roches granitiques, produites évidemment par la voie ignée, que ces métamorphoses deviennent de plus en plus marquées, il est clair que c'est à l'influence de ces dernières qu'elles sont dues. La même influence se manifeste sur les grès des divers âges dans les points où ils sont en contact immédiat avec les granites : les modifications sont telles qu'on a même donné à ces matières un nom particulier, celui d'*arkose*. D'un côté, elles passent alors par toutes les nuances au granite ; de l'autre, elle se remplissent de substances diverses qu'elles ne renferment pas ailleurs, et qui sans doute y sont venues après coup, § 454. par l'action des sources thermales, ou par des injections diverses : c'est ce qu'on voit, par exemple, dans les Vosges pour le grès houiller et le grès rouge, dans les Cévennes pour le grès bigarré, en Bourgogne pour le grès du lias, dans le Velay pour les grès tertiaires en quelque sorte les plus récents.

Auprès des éjections porphyriques, les schistes présentent fréquemment des modifications d'un autre genre. On voit alors les parties les plus évidemment sédimentaires passer par degrés à des matières compactes feldspathiques qui conservent plus ou moins leur schistosité, et qui finissent par renfermer des cristaux de feldspath ; ailleurs, ces mêmes matières passent à des argiles solides renfermant des veines calcaires, puis des noyaux de la même substance, et qui prennent tous les caractères des amygdaloïdes, ne perdant que petit à petit leur structure schisteuse. c'est ce qu'on voit dans la Bretagne, dans les Ardennes, dans le Forez, dans les montagnes de Tarare, etc.

Les mêmes phénomènes se font remarquer entre les grès divers et les porphyres qui les ont traversés. La matière arénacée se durcit successivement, prend plus de compacité, et se lie enfin de telle manière avec le porphyre que l'on ne sait où l'un commence et l'autre finit ; c'est ce qu'on voit en France dans les Vosges, dans le Morvan, dans les montagnes du Var.

Tous ces faits appartiennent réellement, à quelques détails près, à l'ancienne géologie, et il n'y a que la manière de les concevoir qui soit changée. Tout se réunissant pour démontrer que notre globe est resté longtemps incandescent à peu de profondeur, que des matières à l'état de fusion plus ou moins pâteuse se sont fait jour à diverses époques à travers la croûte solide, nous concevons que les dépôts de sédiment ont été modifiés, métamorphosés de diverses manières par l'influence de tous les phénomènes ignés corrélatifs, et d'autant plus que ceux-ci ont été plus actifs et de plus longue durée.

§ 243. On comprend une partie de ces métamorphoses par une simple action de chaleur, § 134. Tantôt ces dépôts sédimentaires, même les calcaires sous une forte pression, auront été fondus, et ces éléments se réunissant de différentes manières, il se sera formé des substances définies, mélangées ensemble ou disséminées dans l'une d'elles; tantôt seulement la texture de ces dépôts aura été changée, sans fusion préalable, comme il arrive aux barres de fer de nos fourneaux, ou au verre soumis à une température incapable de le fondre, et dans lequel cependant il se fait une cristallisation nouvelle.

Cette action de la chaleur ne suffit pas toujours seule, et il faut en concevoir une autre, dont on ne se rend pas exactement compte, en vertu de laquelle des substances particulières ont dû être portées au milieu des dépôts qui n'en renfermaient pas les éléments. On conçoit jusqu'à un certain point l'introduction de l'acide sulfurique qui se produit quelquefois dans les phénomènes volcaniques, § 73; mais on ne comprend pas également celle de la magnésie et des diverses espèces de silicates, et à leur égard tout est encore à peu près hypothétique. Toutefois on peut comparer ces faits à la *cémentation*, au moyen de laquelle on convertit le fer en acier; phénomène qui ne se manifeste pas seulement au contact des matières charbonneuses, mais qui se propage au loin dans l'intérieur du métal, qui a même lieu à distance, comme il résulte des observations de M. Laurent. On sait aussi, par les expériences de ce savant, comme par beaucoup d'effets observés dans les usines, que le peroxyde de fer, les oxydes de chrome, etc., se volatilisent et pénètrent dans la masse des corps qui les enveloppent. Les expériences de M. Gaudin, au chalumeau à mélange détonant, ont fait voir aussi que la silice, la magnésie, la chaux, sont aussi des oxydes volatils, le premier à la température de fusion, les autres avant de se fondre. Enfin, M. Ha-dinger a montré qu'en chauffant à 200° un mélange de carbonate de chaux et de sulfate de magnésie, il y a double décomposition, formation de dolomie et de sulfate de chaux. Ce sont là évidemment des faits qui conduiront tôt ou tard à l'explication de tous les phénomènes de métamorphisme et d'intrusion des matières étrangères dans les dépôts de sédiment, soit en filons, soit à l'état de dissémination.

EFFETS ANCIENS ATTRIBUABLES A L'ÉROSION DES EAUX.

§ 214. **Morcellement des terrains.** — Nous avons vu les eaux agir par l'acide carbonique qu'elles renferment, par leur poids, par leur action délayante, par les mouvements de translation qu'elles peuvent avoir, par leur choc, comme dans les vagues de la mer, et dégrader ainsi nos continents, § 89 à 103, ou produire des vallées d'érosion, § 175. On peut inférer de là que dans chacun des bouleversements que les mouvements divers du sol ont nécessairement déterminés, les eaux, jetées brusquement tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, ont dû, comme de nos jours pendant les tremblements de terre, § 33, ravager, morceler, modifier de toutes les manières les dépôts préexistants. Beaucoup de circonstances peuvent donc être expliquées par l'érosion des eaux et les *dénudations* qu'elles ont pu opérer.

D'abord, lorsque nous voyons dans une contrée des buttes plus ou moins nombreuses de matières sédimentaires, fig. 154, dont les



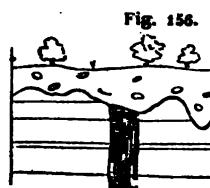
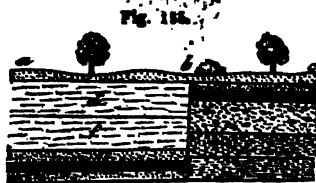
Fig. 154. *Collines produites par dénudation.*

sommets se trouvent au même niveau, et dont les couches se correspondent, nous sommes portés à les considérer comme les témoins de grands déblayements que les eaux ont opérés à de certaines époques. C'est ainsi que nous pouvons expliquer toutes les découpures que présentent les grès sur la pente orientale des Vosges, cet assemblage si remarquable de quilles de toutes les formes qu'on voit à Adersbach en Bohême; les buttes nombreuses qui couvrent le Ross-Shire en Écosse, les buttes gypseuses des environs de Paris, toutes composées des mêmes couches placées à la même hauteur, le morcellement des plateaux basaltiques qui couronnent les collines dans certaines localités; enfin la rupture de certaines coulées de lave qui avaient barré les vallées, comme celles de la Sioule et de la Mone en Auvergne, ou même les avaient remplies, comme en certaines parties du Vivarais, § 179, où le déblayement a dû s'opérer sur la largeur en laissant des témoins de chaque côté, fig. 139.

Les vallées qui découpent nos terrains meubles sont évidemment produites de la même manière, et il n'est pas douteux que la plupart de celles qui sillonnent les terrains solides n'aient été modifiées par

l'érosion des eaux après les ruptures qui leur ont donné naissance, c'est ainsi que nous pouvons expliquer l'adoucissement de leurs parois dans un grand nombre de localités. Les grands canaux se trouvent parfois à leur extrémité, comme sur les deux Alpes en Suisse et en Piémont, peuvent être attribués à l'action des eaux qui les parcouraient au moment de quelque catastrophe, et venaient déboucher avec violence dans la mer.

§ 245. Une multitude d'autres faits conduisent aux mêmes résultats. Lorsqu'on, dans l'intérieur des mines, nous voyons des couches qui correspondent plus, et que dès lors une partie de la masse a dû être soulevée, fig. 155, nous nous demandons naturellement



si le pays est plat, ce que sont, devenues les couches et comment elles ont pu venir à former un monticule entre *b* et *c*. Il est clair qu'elles ont dû être déblayées, ce qu'on ne peut concevoir que par une action destructive des eaux. De même, quand nous voyons un filon de minerai à la surface du sol, § 72, nous concevons qu'il a dû être ainsi formé, et que la partie découverte a dû être jadis découverte comme celle qui l'est encore aujourd'hui; le terrain environnant a donc été enlevé après coup, au moins sur toute la hauteur du filon. Il s'est passé nécessairement quelque chose de semblable aux points où des filons affleurent à la surface du sol, fig. 155 n'est pas probable que les matières en fusion se soient immédiatement arrêtées à fleur de terre, et il est à présumer que les filons ont été démantelés et quelquefois recouverts postérieurement par des déblais divers. Nous comprenons aussi comment tant de filons basaltiques n'offrent plus aujourd'hui aucune trace de scories dans leur voisinage, § 480, 484. Il est possible que les débris aient été entraînés postérieurement par l'action des eaux; peut-être en est-il de même des scories qui auraient pu accompagner l'apparition des trapps, § 498.

§ 246. L'action prodigieuse que nous avons vue exercée par les eaux, et les résultats qu'elle a produits de nos jours, ne

duisent à penser aussi que tous les lambeaux de roches qui forment partout des îles et des écueils près des côtes, ou des groupes bizarres au milieu des mers, sont également les restes de quelques grands morcellements opérés dans les matières faciles à désagréger, ou dans les masses fissurées par les divers mouvements du sol, dont certaines parties ont été enlevées postérieurement, soit par le choc répété des flots, soit par des débâcles subites. C'est ainsi qu'on peut expliquer les accidents des falaises de craie d'Étretat, fig. 157, et les découpages des roches porphyriques ou granitiques des îles Shetland, fig. 158, dont nous avons déjà produit des exemples, § 404. On conçoit, enfin, que des détroits plus ou moins étendus aient pu se former par les deux actions combinées des courants d'eau et des déchirures que le sol a pu subir, par soulèvement ou par affaissement, à des époques déterminées.

Fig. 157.

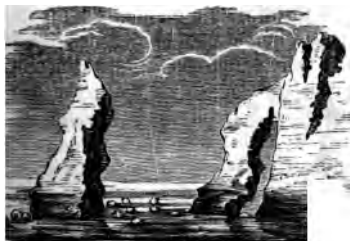


Fig. 158.



Exemples de roches découpées et façonnées par les eaux.

On voit donc qu'on peut attribuer à l'action des eaux une multitude de faits que nous ne saurions expliquer autrement. Nous pouvons, effectivement, discerner leurs dégradations au milieu des montagnes et des vallées, reconnaître l'action des courants par les sillons qu'ils ont tracés sur leur route, découvrir les anciennes falaises qui bordaient les mers aux différents âges, et par là apprécier leurs limites aussi bien que par toutes les autres circonstances. Toutefois la pensée doit soigneusement restreindre l'action immédiate des eaux aux matières meubles ou peu cohérentes; car lorsqu'il s'agit de matières dures qu'elles attaquent lentement, on est conduit à concevoir que les courants et les vagues n'ont pu agir

efficacement que quand les terrains avaient été préalablement disposés par les fissures, ou les détériorations diverses, que les mouvements du sol ont occasionnés dans les roches.

§ 217. *Usure, alignement transport.* — Lorsque nous voyons certaines montagnes, comme dans le Jura suisse, et dans les Alpes, avoir leurs surfaces moutonnées, polies, striées, cannelées sur des étendues plus ou moins considérables, nous pouvons supposer, soit que des glaciers ont existé dans ces lieux, y ont produit des effets analogues à ceux qui résultent de leur glissement, § 107; soit que des courants chargés de débris divers qu'ils entraînaient ont passé en un certain moment sur ces terrains, § 92 à 97. Lorsque, sur des étendues considérables, comme en Suède, en Finlande, en Laponie, en Angleterre, dans l'Amérique du Nord, etc., nous trouvons des montagnes usées à la surface, façonnées suivant une forme allongée et dans une certaine direction, creusées de sillons parallèles, souvent profonds, nous ne pouvons nous empêcher de concevoir de grands courants charriant des matières solides, roches ou glaçons, qui ont produit ces effets. De même, quand nous voyons des blocs de roches plus ou moins volumineux, qui ont été jetés au hasard sur toute espèce de terrain, loin des lieux d'où ils peuvent provenir, nous sommes naturellement conduits à des idées de transport par des courants s'ils sont arrondis, par des glaçons ou des torrents boueux si leurs bords sont aigus, ou enfin par des glaciers si leur accumulation, leur dispersion, peuvent rappeler les moraines, § 92 à 107.

§ 218. *Morcellement des dolomies.* — Il ne faut pas confondre avec les morcellements produits par les eaux, certains accidents qui peuvent résulter des retraits occasionnés par métamorphisme; ce qui a eu lieu probablement dans les dolomies du Tyrol, des Cèvennes, etc. Là les masses de ces matières sont fréquemment fendillées, déchiquetées de toutes les manières à la surface, surtout au sommet des montagnes ou des plateaux, à peu près comme les dépôts calcaires découpés par les eaux. Or le changement du carbonate simple en double carbonate, spécifiquement plus lourd que la moyenne des composants, nécessite la contraction des masses soumises à la dolomisation; par conséquent celles-ci ont dû se fendre et se fissurer dans tous les sens, et les dégradations qu'elles nous présentent ne sont que la suite de ces effets.

COMPOSITION DE LA CROUTE TERRESTRE.

§ 219. **Division générale.** — D'après tout ce que nous avons dit, on doit déjà comprendre qu'il y a lieu de distinguer deux sortes de produits très-différents dans la partie solide du globe qui peut être soumise à notre observation : les uns ont été formés par sédiment, et consistent principalement en cailloux roulés, en sables, limons et calcaires, qui offrent un grand nombre de variétés; les autres formés par fusion à l'intérieur du globe, ont été expulsés au dehors, et présentent des granites avec toutes leurs modifications, des porphyres extrêmement variés, différentes roches compactes, et généralement des silicates de toute espèce, rarement seuls, mais le plus souvent mélangés de toutes les manières. Ces deux sortes de produits sont fréquemment entremêlés dans la nature, et les premiers subissent presque toujours alors des modifications telles, que dans le principe on ne les a pas distingués des seconds, et que, plus tard, on en a fait une classe de terrains particuliers dans laquelle tous les âges se trouvaient confondus : c'était la classe des *terrains de transition*, expression dont il faut oublier aujourd'hui l'ancienne valeur, aussi bien que celle de *terrains primitifs* qui est tout aussi inexacte.

Pour faire connaître la nature et les dispositions relatives des diverses matières dont se compose la croûte terrestre, nous ne distinguerons que les deux sortes de dépôts dont nous venons de parler; nous commencerons par les terrains de sédiment, dont la série est très-régulière quand on fait abstraction des matières cristallines qui s'y sont introduites à diverses époques.

COMPOSITION DES TERRAINS DE SÉDIMENT.

§ 220. **Coup d'œil général.** — Les plus anciens dépôts de sédiment remontent certainement à une époque extrêmement reculée; il a dû s'en former dès le moment où l'eau a pu rester liquide à la surface du globe, et les premiers ont dû se placer sur la pellicule refroidie et disloquée au-dessus de la matière en fusion, § 438. Mais bien que nous apercevions des dépôts très-anciens relativement à



ceux qui terminent nos continents, il n'est pas probable que nous soyons encore parvenus à ceux des premiers âges, qui se seront faits sans doute avant toute création organique. Les plus anciens sédiments que nous ayons pu reconnaître jusqu'ici, renferment en effet des débris de mollusques et de zoophytes qui n'auraient pu vivre ni à la température de la mer primitive, § 433, ni dans la solution saline qu'elle devait offrir alors, par suite des matières dégagées de la croûte consolidée qui venait d'envelopper le globe, et qui devait agir comme les laves en se refroidissant, § 80.

Quoi qu'il en soit, on observe distinctement un certain nombre de dépôts sédimentaires entre les plus modernes, qui se continuent de nos jours, et les plus anciens que nous puissions apercevoir. Ces dépôts sont superposés les uns aux autres dans un ordre constant : et, s'il était possible de faire une tranchée suffisante dans une partie du globe où ils seraient tous rassemblés, on aurait les dispositions successives que présente le tableau ci-joint, où l'on voit vingt-sept étages principaux qui se distinguent par différents caractères. Mais il est à remarquer que chacun de ces grands dépôts se divise et se sous-divise fréquemment encore en assises diverses, plus ou moins distinctes, composées le plus souvent de matières arénacées, d'argile et de calcaire, qui offrent divers degrés de consistance, et forment des couches plus ou moins épaisses. L'ensemble de leurs lits alternatifs donne souvent aux étages successifs plusieurs centaines de mètres de puissance.

Il est clair que s'il existait de pareilles tranchées à la surface du globe, on pourrait en relever toutes les couches et en distinguer les âges relatifs par des numéros d'ordre, la plus profonde étant la plus ancienne, et celle de la surface étant la plus moderne. Il suffirait alors, dans les tranchées de profondeurs diverses qu'on rencontrerait ailleurs, de compter de haut en bas pour savoir toujours où l'on se trouve, et les variations mêmes qu'une couche déterminée pourrait subir en différents lieux n'apporteraient aucune difficulté dans l'observation. Mais il n'en est pas ainsi : les escarpements que nous rencontrons n'offrent toujours qu'une très-petite portion de la série, tantôt dans une partie de son épaisseur, tantôt dans une autre ; jamais on ne voit la série tout entière, et ce n'est qu'en combinant les observations recueillies en différents lieux qu'on est parvenu à l'établir telle que nous la connaissons aujourd'hui, en même temps qu'on a reconnu les circonstances particulières de formation de chaque dépôt.

§ 224. On conçoit, par suite du morcellement de l'ensemble, qu'il puisse devenir souvent très-difficile de se reconnaître, et qu'en

Tableau des dépôts sédimentaires principaux.

	Alluvions modernes. Diluvium.
Dépôts de la Bresse, collines subalpennines, gypse.	Terrain subalpennin.
Faluns, molasse et nagelfluë, gypse d'Aix.	Terrain de molasse.
Gypse parisien, calcaire grossier, argile.	Terrain parisien.
Craie blanche.	Terrain crétacé supérieur.
Craie marneuse.	
Craie tuffeau.	Terrain crétacé inférieur.
Craie verte.	
Grès vert.	
Dépôts néocomiens.	
Groupe portlandien.	Terrain jurassique.
Groupe corallien.	
Groupe oxfordien.	
Grande oolite.	
Lias.	
Marnes irisées.	Terrain de trias.
Calcaire conchylien.	
Grès bigarré.	
Grès vosgien.	Terrain pénién.
Calcaire pénién.	
Grès rouge.	
Grès houiller.	Terrain dévonien.
Calcaire carbonifère. Vieux grès rouge.	
Grès divers. Schistes anthraciteux.	
Calcaires et schistes micacés.	Terrain silurien.
Schistes micacés, calcaires. gneiss.	Terrain cumbrien.
	Matières inconnues, peut-être primitives.

présence d'un escarpement on soit fréquemment, au premier abord, dans l'impossibilité de se prononcer sur le point de la série auquel il doit être rapporté. En effet, d'un côté, les différentes couches de même nature, qui se succèdent dans cette série, ont souvent entre elles les plus grandes analogies, les calcaires d'un étage ressemblant plus ou moins à ceux d'un autre, et les différents dépôts de grès et d'argile ayant encore en général plus de rapports. D'un autre côté, il arrive au contraire que ce même dépôt varie souvent d'un point à un autre : ici, par exemple, il offre un calcaire compacte, là un calcaire terreux ; ailleurs le même calcaire se trouve mêlé de sables, et plus loin ce n'est plus que du sable à peu près pur, etc. L'apparition et l'injection des matières cristallines viennent encore ajouter à l'embarras par les modifications de texture, de nature même (§ 185 à 187, 198 à 214), qu'elles peuvent avoir fait éprouver à tout ce qui les avoisine. On conçoit d'ailleurs que moins on trouve de couches superposées dans le même lieu, plus les difficultés augmentent, et qu'elles sont au maximum lorsqu'on ne trouve qu'un dépôt isolé, sans savoir sur quoi il repose et sans qu'on aperçoive rien qui le recouvre : or, c'est ce qui se présente dans un grand nombre de contrées. Ajoutons qu'il arrive assez souvent qu'une ou plusieurs des couches sédimentaires manquent complètement dans certaines localités (ce qui tient à ce que le dépôt précédent s'est trouvé soulevé au-dessus des eaux au moment de leur formation), et que si (après un affaissement) il vient à se former ensuite quelques couches postérieures, l'observateur est exposé à attribuer à celles-ci un âge fort différent de celui qu'elles ont réellement.

§ 222. Pour sortir de ces embarras, nous avons les observations de continuité des couches, qui permettent quelquefois d'en suivre quelques-unes depuis les points où elles présentent certains caractères jusqu'à d'autres où elles offrent des caractères différents, depuis les points où elles sont complètement isolées jusqu'à d'autres où l'on peut voir sur quoi elles reposent et par quoi elles sont recouvertes, etc. C'est ainsi, par exemple, que, partant des dépôts jurassiques qui bordent les Alpes, nous arrivons par continuité, au milieu de ces montagnes, jusqu'à certains dépôts de marbres et de schistes talqueux que nous sommes conduits à identifier avec les calcaires compactes, les argiles schisteuses, etc., qui composent les premiers. C'est ainsi qu'en suivant la craie de la Champagne, de la Picardie, etc., qui paraît complètement isolée de tout autre dépôt, nous parvenons à la voir d'une part s'appuyer sur les grès verts qui reposent eux-mêmes sur le calcaire jurassique, et de l'autre passer sous les calcaires parisiens.

Nous avons aussi les observations de *stratification*, et d'*inclinaison* des diverses couches vers un point ou vers un autre, qui nous permettent souvent de conclure que telle espèce de dépôt passe au-dessus ou au-dessous de tel autre, qu'on trouve isolé ou à distance. Les fragments et les cailloux roulés peuvent évidemment indiquer la postériorité des dépôts qui les renferment à ceux dont ils proviennent, et fournir ainsi un très-bon moyen de distinction lorsqu'ils sont suffisamment caractérisés. Enfin la nature des débris organiques que renferment les divers dépôts est devenue aujourd'hui d'un très-puissant secours pour se reconnaître au milieu du dédale des diverses formations.

§ 223. **Diverses sortes de stratification.** — On nomme stratification l'arrangement par couches successives des différents dépôts sédimentaires qui se sont formés les uns après les autres. Il y a, en général, parmi les dépôts que l'on rencontre à la surface du globe, deux sortes de stratifications : l'une horizontale, qui est la stratification naturelle suivant laquelle toutes les matières de transport se déposent sous les eaux, § 116 ; l'autre plus ou moins inclinée, et résultant des soulèvements qui ont eu lieu à diverses époques, § 165, etc. Dans celle-ci, il faut distinguer le *degré de l'inclinaison*, qui peut varier jusqu'à la verticale, et le *point de l'horizon vers lequel plongent les couches*. Cette dernière partie de l'observation détermine la direction des crêtes des couches, ou, comme l'on dit, la *direction des couches*, qui est toujours perpendiculaire au sens d'inclinaison, et qui indique aussi la direction du mouvement par lequel l'effet a été produit. Mais ces premières observations générales, de couches horizontales ou inclinées, ne suffisent pas toujours ; il y a fréquemment lieu à distinguer les stratifications relatives des divers dépôts, ce qui se réduit à la *concordance* ou à la *discordance* qui peut exister entre eux.

a. *Stratification concordante.* — Il y a concordance de stratification entre différents dépôts lorsque toutes les couches sont parallèles les unes aux autres, quelle que soit d'ailleurs leur position, horizontale ou inclinée, fig. 159, 160, et leur forme plane, ondulée, convexe ou concave, fig. 161, 162. Ces deux dernières



Diverses sortes de stratification concordante.

dispositions sont souvent désignées, l'une sous le nom de *stratification en forme de manteau*, l'autre sous celui de *fond de bateau*, qu'on applique surtout aux dépôts de houilles, où on la regarde comme assez commune.

b. Stratification discordante. — La discordance dans la stratification se manifeste toutes les fois que les couches d'un dépôt sont inclinées d'une certaine manière, tandis que celles de l'autre sont inclinées différemment; tantôt ce sont des couches horizontales qui viennent butter contre des couches inclinées, fig. 163; tantôt des couches inclinées par rapport à d'autres qui le sont

Fig. 163.



Fig. 164.



Fig. 165.



Fig. 166.



Exemples de stratification discordante.

plus ou moins, comme en *a* et *b*, fig. 164. On distingue sous le nom de *stratification transgressive* un cas particulier de discordance où le dépôt supérieur, stratifié d'une manière ou de l'autre, ou non stratifié, repose sur la tranche des couches du dépôt inférieur, fig. 165. Il y a même lieu de distinguer un cas de discordance où les couches peuvent être néanmoins parallèles: c'est ce qui a lieu lorsqu'un dépôt horizontal, après avoir été dégradé, sillonné de différentes manières par les eaux, se trouve recouvert en totalité par un dépôt du même genre qui remplit tous les bas-fonds, fig. 166, comme on le voit assez souvent entre le terrain parisien et les dépôts des étages supérieurs. La discordance a lieu dans ce cas par la jonction bout à bout des couches différentes sur la pente des anciennes vallées.

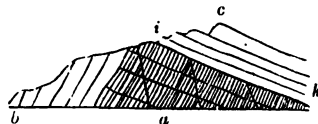
§ 224. *Difficultés d'observation.* — Lorsqu'il s'agit d'établir les rapports de stratification entre deux dépôts, il est nécessaire d'apporter une grande attention à la structure particulière des couches, qui peut en certains cas induire facilement en erreur. Ainsi, de ce que la couche *a*, fig. 167, présente des divisions particulières, il ne faudrait pas en conclure qu'il y a avec la couche *b* discordance de stratification; cette apparence résulte entièrement de la structure que la couche *a* doit à sa formation rapide dans des circon-

stances particulières comme nous l'avons vu dans les atterrissements qui ont lieu dans nos rivières, § 445.

Fig. 167.



Fig. 168.



Exemples de stratification douteuse.

Les matières schisteuses peuvent à cet égard donner lieu à beaucoup d'incertitudes, parce qu'elles offrent des divisions dans tous les sens et que, quelquefois, la moins apparente est précisément celle de la stratification. Ainsi, en regardant les plus fines divisions de la masse schisteuse *a*, fig. 168, comme annonçant la stratification, on considérerait le dépôt *b* comme concordant avec le premier, et dès lors le dépôt *c* comme discordant. Ce serait le contraire si l'on prenait les joints parallèles à *ik* pour ceux de la stratification; le dépôt *c* serait alors concordant, et le dépôt *b* discordant. Enfin, en prenant les autres joints de la masse schisteuse comme indice de la stratification, les autres dépôts seraient tous deux discordants. On conçoit qu'il puisse être souvent difficile de se prononcer; cependant, en général, la division schisteuse est fréquemment une structure, qui tient peut-être à une certaine cristallisation des matières terreuses dont la roche provient, et c'est en conséquence parmi les autres qu'il faut ordinairement choisir. Or, les joints de dislocation, car il faut bien que l'une ou l'autre division ait été produite ainsi, sont des fentes unies et bien déterminées, souvent légèrement ouvertes, qui se prolongent ordinairement dans

Fig. 169.



plusieurs dépôts consécutifs, tandis que les joints de stratification sont plus ondulés, et offrent même plus d'adhérence.

Il est à remarquer que les ondulations les plus irrégulières des véritables strates sont souvent traversées toutes, comme on le voit dans les Ardennes, dans le Forez, dans les Corbières, etc., par la structure schisteuse, fig. 169, qui n'en est nullement altérée. Cette circonstance annonce évidemment que cette structure est un effet postérieur au contournement des couches, et qu'on peut attribuer à un métamorphisme.

§ 214, plus moderne que leur dérangement. Les divisions extraordinaires dont on reconnaît ainsi l'existence prennent quelquefois le nom de *fausse stratification*.

§ 225. **Caractères fournis par les restes organiques.** — Les restes organiques, très-nombreux dans la plupart des dépôts sédimentaires, nous fournissent aussi les moyens de nous reconnaître au milieu du dédale de couches successives. D'abord il y en a qui sont particuliers à certains dépôts, qui ne se sont jamais montrés ailleurs, et qui par conséquent les font distinguer nettement comme des *horizons géologiques*. Ainsi, le calcaire de Bala, les terrains siluriens ou dévoniens inférieurs se reconnaissent par la présence des débris d'une certaine famille de crustacés, nommés *trilobites*, qui ne se trouvent nulle autre part ailleurs, ou dont on voit tout au plus quelques traces fort rares dans le calcaire carbonifère. Telles sont les diverses espèces du genre *Asaphus*, fig. 470 et 471, du genre *Calymène*, fig. 472, etc.

Fig. 170.

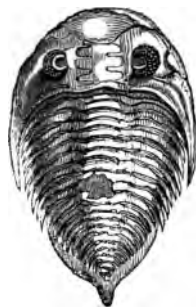
*Asaphus caudatus.*

Fig. 171.

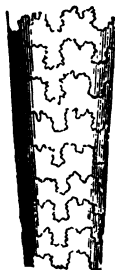
*Asaphus Buchii.*

Fig. 172.

*Calymene Blumenbachii.*

D'autres caractères excellents sont fournis par la présence de la *gryphée arquée*, fig. 473, qui appartient au *lias*, et ne se trouve que là; par l'*exogyra virgula*, fig. 474 (genre de gryphées à crochets rejetés sur le côté), qui appartient au contraire à la partie supérieure des terrains jurassiques; par les *baculites* et *turrilites*, fig. 475 et 476, coquilles cloisonnées, droites ou turriculées, à bords découpés, qui commencent et finissent dans la période crétacée.



Fig. 173. *Gryphæa arcuata*.Fig. 174. *Exogyra virgula*.Fig. 175. *Baculite*.

Beaucoup d'autres débris, moins exclusifs que les précédents, nous fournissent encore de bons moyens de distinction, soit parce qu'ils se trouvent dans des limites assez resserrées, soit parce qu'aux différents étages ils présentent des espèces particulières. Ainsi les *orthocératites*, fig. 177, qui commencent dans les calcaires les plus profonds, disparaissent entièrement après le calcaire carbonifère. Les *ammonites* à cloisons anguleuses et persillées ne commencent qu'assez haut dans la série des terrains sédimentaires, et finissent avec la craie; elles nous offrent des espèces caractéristiques à chaque étage: par exemple, l'*ammonite noueuse*, fig. 178, ne se trouve que dans le calcaire conchylien; l'*ammonite de Buckland*, fig. 179, appartient au *lias*, etc.

Fig. 177.

*Orthoceras lateralis*.Fig. 178. *Ammonites nodosus*.Fig. 179. *Ammonites Bucklandi*.

Les *bélemnites*, fig. 480, ne commencent que dans le lias, et disparaissent pour toujours après la craie. Les *scaphites*, fig. 481, commencent et finissent dans les terrains crétacés.

Fig. 180.

*Belemnite brisée avec portion de l'alvéole chambrée.*

Fig. 181

*Scaphites æqualis.*

Les brachiopodes (voyez *Zoologie*), dont les bras roulés en spirale se voient encore à l'intérieur de quelques fossiles, fig. 483, nous offrent aussi des caractères assez tranchés. Les couches anciennes nous présentent : 1° les *orthis*, fig. 482, caractérisées par une ouverture triangulaire au-dessous du sommet, la valve dorsale étant bombée, et l'autre plus ou moins ; 2° les *spirifères*, fig. 483, à ouverture semblable, mais à valve dorsale creusée au milieu, et l'autre renflée vis-à-vis ; 3° les *productus*, fig. 484, sans ouverture, dont la valve ventrale est plate, ou même creuse. Plus haut, ces genres disparaissent, et les *térébratules*, fig. 485, 486, percées d'un trou

Fig. 182. *Orthis testudinaria.*Fig. 183. *Spirifer trigonalis.*Fig. 184.
Productus antiquitus.Fig. 185.
Terebratula dygona.Fig. 186.
Terebratula octoplicata.

rond au sommet même de la valve dorsale, sont les seuls débris de ce groupe qui se continuent jusque dans la craie.

§ 226. Nous ne parlons ici que des débris organiques qu'on rencontre fréquemment; mais si nous pouvions entrer dans le détail des débris d'animaux vertébrés, nous aurions encore beaucoup de caractères importants. Nous verrions au-dessous des dépôts houillers les restes de ces énormes poissons dont on a fait un groupe nommé *poissons sauroïdes* à cause de leur forte organisation et de leurs mâchoires solides, armées de fortes dents, qui annoncent leur voracité; on en retrouve diverses espèces jusqu'au terrain crétacé, avec des débris de squales dont les dimensions devaient être aussi très-considérables. Parmi les reptiles on trouve un grand nombre de genres et d'espèces, remarquables surtout par des dimensions colossales, qui commencent avec les dépôts pénéens. Des sauriens gigantesques, les uns nageurs, les autres terrestres ou volants, caractérisent les dépôts depuis le lias jusqu'à la craie inclusivement; au-dessus se trouvent des crocodiles, comme aussi de vrais squales, qui vont de la craie jusque dans les terrains supérieurs. Les mammifères commencent dans les terrains jurassiques; mais c'est seulement au-dessus de la craie qu'ils deviennent abondants et présentent de nombreuses espèces; enfin, c'est dans les terrains subapennins qu'ils se rapprochent entièrement des formes actuelles.

La flore des divers dépôts sédimentaires nous présente de nombreuses espèces de la famille des fougères dans la partie supérieure des terrains dévoniens, et surtout dans le groupe des terrains houillers. Les cycadées, les conifères ne se montrent bien clairement que dans les dépôts supérieurs; enfin, c'est après la craie que se trouvent les débris de plantes dicotylédones.

Nous reviendrons sur tous ces débris organiques, et nous fixerons les époques relatives de leur existence.

§ 227. *Nature des dépôts de sédiment.* — Les terrains sédimentaires se composent en très-grande partie de dépôts calcaires qui présentent un assez grand nombre de variétés, tantôt compactes, tantôt plus ou moins terreuses, et souvent mélangées d'une quantité plus ou moins considérable de matières sableuses ou argileuses. Il y en a d'oolitiques qui constituent des couches puissantes répétées souvent un assez grand nombre de fois et séparées par d'autres dépôts. Ce n'est que dans le voisinage des matières de fusion que les calcaires prennent un caractère cristallin et se remplissent souvent alors de diverses matières; de là résultent les différents marbres composés, qui, comme roches, prennent différents noms. (Voyez les dépôts de cristallisation, § 342 r.)

Les dépôts calcaires des terrains de sédiment alternent de toutes les manières avec des dépôts arenacés, qui reçoivent différents noms, suivant la forme des parties et aussi suivant leurs positions dans la série géologique. On nomme *brèches* les matières formées de fragments anguleux, et *poudingues* celles qui sont composées de morceaux arrondis d'une certaine grosseur. On les désigne sous le nom de *grès* lorsque les parties sont en petits grains distincts; et on leur donne le nom d'*argiles* et de *marnes*, qui sont alors plus ou moins calcaireuses, lorsque les parties composantes deviennent extrêmement fines.

D'après la position géologique, on donne le nom de *grauwackes* aux brèches, aux poudingues, aux grès, quelquefois même aux argiles des terrains de sédiment les plus anciens, ou les plus rapprochés des terrains de cristallisation qui ont agi sur eux de différents manières. On les distingue en *grauwackes grossières* et *grauwackes schisteuses*; celles-ci renferment souvent un grand nombre de paillettes de mica disposées à plat, qu'on reconnaît à leur miroitement. Elles paraissent avoir été primitivement des argiles, que des circonstances de dessèchement et de métamorphisme ont rendus fissiles; elles passent par toutes les nuances aux schistes micacés et aux schistes talqueux. Le plus souvent les *grauwackes* ont des teintes sombres, et les variétés schisteuses deviennent tout à fait noires; cependant il y en a de diverses autres couleurs, et notamment de rouges, comme celle qu'on a nommée *vieux grès rouge* (*old red sandstone* des Anglais).

Les grès proprement dits prennent aussi les différents noms de *quartzite*, *grès houiller*, *grès bigarré*, *grès vert* et *molasse*, etc. Les *quartzites* sont des grès consolidés qu'on rencontre dans le voisinage des terrains de cristallisation, où ils ont pris le caractère de quartz grenu par voie de métamorphisme.

Le *grès houiller*, ainsi nommé parce que c'est au milieu de ses dépôts que se trouve la houille, est en général formé d'une accumulation de grains quarzeux et feldspathiques réunis par un ciment argileux plus ou moins micacé, ordinairement grisâtre; il passe à des *argiles schisteuses* et à des *schistes bitumineux* qui ne sont que des grès très-fins.

Le *grès rouge*, plus moderne que le grès houiller, présente souvent un ciment argileux et sablonneux, de couleur rouge, qui empâte des galets de quartz, de quartzite, de schiste argileux, de porphyre, de granite, etc., souvent réduits à l'état de grains fins, parmi lesquels on distingue le feldspath par sa décomposition en kaolin. Ces grès passent souvent au porphyre par des parties argi-

leuses plus compactes qui finissent par renfermer des cristaux de feldspath, et qu'on nomme *argilolite* et *argilophyre*.

Le grès *bigarré*, ordinairement à grains fins, est encore, en général, de couleur rouge; mais, en grand, il passe par toutes les teintes, et surtout se trouve intercalé avec des argiles ou des marnes rouges, violâtres, verdâtres, qui donnent à la masse une bigarrure de couleurs plus ou moins remarquables.

Le grès *vert* prend sa dénomination de la grande quantité de petits grains verts qu'il renferme; il est presque toujours calcaire, et passe par toutes les nuances à la craie verte, avec laquelle il se trouve.

La *molasse* est un grès fin, renfermant aussi des grains verts, qui est plus ou moins argileux et calcaire, et qu'on trouve dans les terrains de sédiment en quelque sorte les plus modernes.

Il n'est pas inutile de remarquer que dans divers ouvrages les différents grès, lorsqu'ils sont micacés, ce qui est assez fréquent, reçoivent le nom de *psammite*. Quelquefois on nomme *pséphite* les variétés qui présentent un ciment argileux. Les *arkoses*, comme nous l'avons dit, § 212, ne sont que des modifications de toute espèce de grès auprès des roches de cristallisation. On y reconnaît alors des veines de quartz, de silex, de barytine, divers amas métallifères, toutes substances formées sans doute après coup, soit par des injections de matières fondues, soit par infiltration des eaux thermales, qui venaient alors du sein de la terre à travers les fissures de la roche cristalline, § 451.

ÉTUDE DES DIVERS DÉPÔTS DE SÉDIMENT, OU TERRAINS.

§ 228. *Moyens de division.* — Les discordances de stratification dans les terrains de sédiment sont des faits très-importants à constater; car si certains dépôts se trouvent quelque part en couches inclinées, tandis que d'autres se sont formés par-dessus, en couches horizontales par exemple, il faut bien en conclure que les premiers ont été produits avant une certaine catastrophe qui les a redressés, § 465, et que c'est au contraire après cette catastrophe que les autres se sont précipités des eaux. De là deux périodes plus ou moins longues de formations tranquilles séparées par un bouleversement, qui correspondent par conséquent à des époques géologiques très-différentes l'une de l'autre. C'est surtout d'après les observations de stratification, aidées par les différences que présentent les débris organiques aux divers étages de matières sédi-

mentaires, aussi bien que par la nature des roches roulées qui composent les dépôts de cailloux et de graviers qui se sont succédé, qu'on est conduit à partager toute la série en divers groupes, ou terrains, qui représentent autant d'époques géologiques, comme nous l'avons indiqué par des accolades dans le tableau, page 484. Chaque groupe est en stratification discordante avec celui qui le précède, ce qu'on observe quelquefois aussi dans quelques-unes des couches qui le composent. Les différentes divisions qu'on parvient à reconnaître présentent fréquemment alors un assez grand nombre de caractères distinctifs de toute espèce.

§ 229. *Terrains de sédiments anciens.* — On regarde comme appartenant à d'anciens dépôts de sédiments, modifiés par les agents métamorphiques, tous ceux qu'on trouve à la surface de la terre à l'état de schiste argileux, de micaschistes et même de gneiss. Ces dépôts offrent des directions de couches très-variées qui annoncent que c'est à des âges très-différents qu'il faut les rapporter. Les plus anciens qu'on ait pu distinguer jusqu'à présent offrent une direction parallèle à celle d'un grand cercle orienté à Vannes vers le N.-N.-O. ; d'autres ont leurs directions parallèles à un grand cercle qui serait au même lieu N. 23° E., ou O. 38° S., etc. Les premiers sont les dépôts de schistes luisants, satinés, de Belle-Ile-en-Mer, ainsi que ceux qui se trouvent vis-à-vis l'embouchure de la Vilaine ; les seconds sont les schistes verdâtres du pays de Galles et du Westmoreland ; enfin, les derniers sont les micaschistes et les gneiss de la Loire-Inférieure, de la Vendée, ceux même de la Corrèze sur la direction de Tulle à Nontron, des bords du Lot, auprès d'Espalion (Aveyron), et même des bords du Thoré au nord-est de Castres, etc. On voit que ces divers dépôts se rencontreraient en stratifications discordantes, s'ils ne se trouvaient à de grandes distances les uns des autres, et quelquefois même séparés par des mers. Sans doute l'observation en fera découvrir beaucoup d'autres tout aussi distincts que ceux que nous venons d'indiquer, à mesure qu'on étudiera avec plus de soin l'allure des divers dépôts de ces anciennes époques.

On n'a trouvé dans les dépôts dont nous venons de donner la direction des couches, aucune trace de corps organisés fossiles, soit que, ce qui n'est guère probable, ils aient été formés avant que la terre présentât des êtres vivants, § 434, soit que les débris organiques qui y ont été renfermés aient été détruits dans les métamorphismes profonds que ces roches ont dû subir, comme on le voit dans un grand nombre de lieux pour des dépôts beaucoup plus modernes, § 269, 283.

§ 230. **Terrain cumbrien.** — On a regardé longtemps le centre des montagnes du pays de Galles (*Cambria*), comme offrant les terrains sédimentaires les plus anciens, auxquels on a donné le nom de *terrain cumbrien*, qu'on a appliqué plus tard à certains dépôts schisteux de la Bretagne. Or, il se trouve que ces terrains de Bretagne sont plus anciens que ceux du pays de Galles, et qu'ils n'ont d'analogie réelle qu'avec ceux du Cumberland (*Cumbria*), d'où il résulte une inconséquence de langage, qu'on a cru pouvoir faire cesser, sans trop modifier une expression reçue, en adoptant pour ces derniers le nom de *schiste cumbrien*.

Ces dépôts dont la principale direction des couches rapportée à Yannes, est de O. 21° S., se composent essentiellement de schistes luisants, satinés, généralement bleus ou noirs, quelquefois verdâtres, se modifiant autour des masses granitiques ou sienitiques qui les traversent, devenant alors talqueux ou chloritiques, et passant à des micaschistes. On y cite çà et là quelques couches de grauwackes schisteuses et des grès à grains fins, comme aussi quelques rares et faibles couches de calcaire, comme à Cartravers, dans les Côtes-du-Nord, et à Quency dans la Manche.

Dans le Cumberland on a trouvé dans ces schistes quelques empreintes de *grapholites* (pennatules fossiles), fig. 187, et de fucus. En Bretagne on ne voit que quelques rares *encrines* dans les calcaires que nous avons cités.

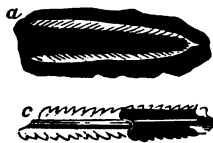


Fig. 187.

Les dépôts cumbriens occupent une assez grande étendue dans la partie septentrionale de la Bretagne et de la Normandie; ils couvrent surtout un espace de

plus de 40 lieues de long sur 12 à 20 de large entre Pontivy et Saint-Lô, où ils sont interrompus par un assez grand nombre de buttes granitiques qui s'élèvent au milieu d'eux. On en retrouve d'analogues dans le Cumberland et la Suède, entre Gotheborg et Upsal, d'où ils se prolongent dans le midi de la Finlande; ils paraissent aussi former les roches les plus anciennes des Pyrénées et de la Catalogne.

§ 231. **Calcaire de Bala.** — Il existe sur les bords du lac de Bala, dans le Merionethshire, à la partie septentrionale des montagnes du pays de Galles, des couches calcaires qui paraissent être plus modernes que celles que nous venons de citer, dont elles se distinguent par divers débris organiques. On y cite quelques polyptères, des trilobites, § 223, des spirifères, comme dans les terrains suivants, mais dont les espèces paraissent être différentes.

Ces calcaires reposent sur les couches redressées des schistes

verts satinés du Longmynd et paraissent faire partie d'une série de roches fossilifères encore peu connue de cette contrée. Le dépôt paraît manquer en Bretagne, aussi bien que les schistes sur les tranches desquels il repose en stratification discordante; mais il paraît se retrouver dans ce qu'on nomme la *formation taconique* dans l'Amérique septentrionale.

§ 232. **Terrain silurien.** — Ce terrain dont le nom est tiré de celui des peuples qui habitaient les parties de l'Angleterre et du pays de Galles, où il a été d'abord étudié, diffère essentiellement de ceux qui l'ont précédé, en ce qu'il repose sur eux en stratification discordante. C'est ce qu'on voit dans l'Orne, dans la Manche et en Bretagne, relativement aux schistes cumbriens, et en Angleterre, à l'égard des schistes plus modernes du pays de Galles et du Westmoreland. La direction des couches est parallèle à celle d'un grand cercle passant par Vannes et orienté sur O. 40° S.

Partout ces terrains commencent par des dépôts arénacés; en Angleterre par ceux qu'on nomme grès de Caradoc, dans les autres contrées par des poudingues, des grès, des quartzites. Les grès aussi bien que les quartzites alternent avec des schistes, la plupart noirs, qui passent à des grauwackes schisteuses; et au milieu de ces dépôts se trouvent des couches calcaires plus ou moins nombreuses.

On trouve dans ce terrain des *trilobites* de diverses espèces, fig. 469 à 474, dont les ardoises d'Angers nous offrent de beaux exemples; des *orthocératites*, fig. 488, des *lituites* de grandes dimensions, fig. 489, des *productus*, fig. 490; une division particulière de térébratule nommée *pentamères*, fig. 494 à 493, dont on ne trouve le plus souvent que les moules internes; des *térébratules*, fig. 494; des *orthis*, fig. 495; diverses sortes de *polypiers*, fig. 496, 497.

§ 233. Ces dépôts sont fort abondants en Bretagne et en Normandie; ils couvrent un grand espace au sud de Brest, un autre plus petit à l'est de Lannion, un troisième à Cherbourg, à Coutances, formant toute la côte occidentale, et tournant de là vers le nord-est jusqu'à Falaise. On les retrouve au sud des dépôts cumbriens, jusqu'au delà d'Angers, occupant de l'ouest à l'est tous les terrains compris entre Ploermel et Argentan. Ils remplissent aussi en Angleterre toute la partie orientale du pays de Galles jusqu'aux *Grampians*. Ils constituent le terrain ardoisier des Ardennes, et celui de Hundsruck, se prolongent dans quelques parties de l'Allemagne, passent en Laponie, et forment la côte méridionale de Finlande jusqu'à la mer Blanche. On les retrouve peut-être au pied de la montagne noire en Languedoc, dans les montagnes des Maures et de l'Estérel (Var) et en Corse.



Fig. 188. *Orthoceras conica*.



Fig. 189. *Lituites giganteus*.



Fig. 194. *Tereb. navicula*.



Fig. 195. *Orthis orbicularia*.

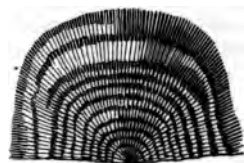


Fig. 190. *Productus depressus*.



Fig. 191. *Moule du pentamerus lævis*.



Fig. 192. *Pentamerus Knightii*.



Fig. 193. *Coupe de la coquille*.



Fig. 196. *Cyathophyllum turbinatum*.

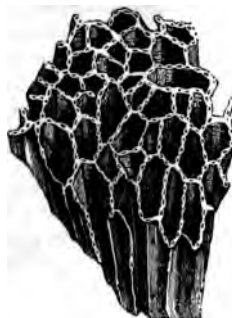


Fig. 197. *Catenipora escharoides*.

§ 234. **Terrain dévonien.** — Le terrain ainsi nommé parce qu'il est abondant dans le Devonshire, se trouve encore nettement séparé du terrain silurien, en ce qu'il est avec lui en stratification discordante, comme on le voit en Belgique, à Givet, Fumay et Spa. Il commence partout par des débris plus ou moins grossiers, par des poudingues qui alternent à diverses reprises avec des grès auxquels les parties grossières passent par toutes les nuances. Ce sont ces premiers dépôts qu'on nomme en Angleterre *vieux grès rouge* (*old red sandstone*), et qui renferment des débris de roches siluriennes ou *tilstone*; en Belgique ce sont les poudingues de Burnot et le grès du Condros. Viennent ensuite des grès schisteux plus ou moins fins, des schistes de diverses espèces, des calcaires divers, qui alternent tous ensemble, et au milieu desquels se trouvent des couches d'antracite, ce qui fait aussi donner à ce terrain le nom de *terrain anthracifère* ou *anthracitifère*.

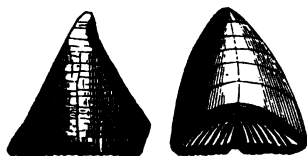
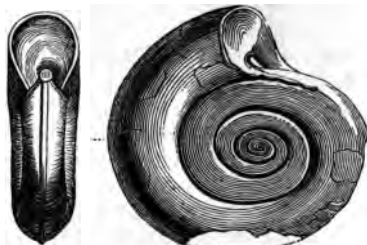
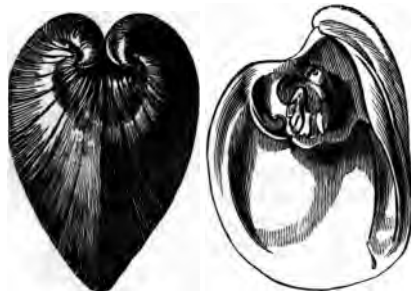
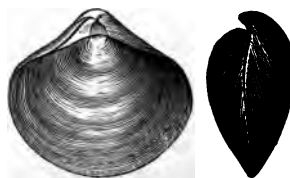
L'antracite des terrains dévoniens nous offre les plus anciens combustibles charbonneux que nous connaissions aujourd'hui. Ils renferment déjà des fougères, des calamites, diverses sortes de plantes généralement peu différentes de celles qu'on trouve dans les terrains houillers qui viennent bientôt après.

Les débris animaux sont assez abondants, et il en existe qui paraissent être aujourd'hui tout à fait caractéristiques. Tels sont la *calcéole*, fig. 198, analogue aux spirifères, peut-être la *clymenia léonaris*, fig. 199, qui est une coquille chamberée à siphon ventral. On y observe aussi quelques bivalves particulières telles que fig. 200, quelques brachiopodes et entre autres la *terebratula porrecta*, fig. 204, en outre de beaucoup de coquilles qui se trouvent dans la partie calcaire du terrain.

§ 235. Le terrain dévonien est extrêmement répandu dans la nature. En France, on le reconnaît en Bretagne, principalement le long de la Loire et du canal de Brest, dans la Mayenne et dans la Sarthe où le calcaire devient prédominant autour de Sablé. On le retrouve dans la Belgique, au Harz, dans la Bohême, la Saxe, etc. Il existe dans les Pyrénées, dans les carrières de Caunes, au pied de la montagne Noire, dans la vallée de Campan, et dans plusieurs autres parties de cette vaste chaîne. On le retrouve en Suède, en Russie, et peut-être en Sibérie et jusque dans l'Amérique septentrionale. On peut le soupçonner dans plusieurs parties de l'Asie méridionale.

Les dépôts qui constituent ce terrain sont chacun plus ou moins développés suivant les localités. En Angleterre, ce sont en général les grès qui dominent; ils forment des dépôts immenses de puissance et d'étendue, depuis le Cornouailles jusqu'aux Grampians, puis

en Écosse jusqu'aux îles Shetland. En Russie, ils forment toute la Courlande, d'où ils se prolongent d'un côté jusqu'à la mer Blanche ; de l'autre, au nord-est, jusqu'à Voronéje : ils entourent tout le groupe scandinave. Ailleurs, ce sont les calcaires qui s'étendent excessivement, comme dans le Glamorgan, le Derbyshire, le Northumberland, dans la Belgique, en Russie, où ils forment un bassin considérable, de Moscou jusqu'à la mer Blanche, une longue et large bande le long de l'Ural, enfin un petit bassin au sud sur le Donetz, rivière qui se jette dans la partie basse du Don.

Fig. 198. *Calceola sandalina*.Fig. 199. *Clymenia linearis*.Fig. 200. *Megalodon cucullatus*.Fig. 201. *Terebratula porrecta*.

§ 236. **Calcaire carbonifère.** — Lorsque le calcaire vient à dominer parmi les autres dépôts de terrain dévonien, on le désigne souvent par des noms différents suivant les localités. En Angleterre, il prend celui de calcaire de montagne (*mountain limestone*), de calcaire métallifère (*metalliferous limestone*), à cause des richesses minérales qu'il renferme en Derbyshire. En Belgique on le nomme calcaire anthraxifère, ou calcaire carbonifère, parce qu'il est coloré par le charbon. On l'avait même nommé calcaire bitumineux, dans la persuasion qu'il renfermait du bitume, ce qu'on avait conclu de

l'odeur qu'il offre fréquemment lorsqu'on le brise, ou même lorsqu'il est chauffé. C'est cette dernière variété qui fournit les marbres noirs de Dinan et de Namur, le marbre des Ecaussinnes, ou petit granite, qui est rempli de fragments d'encrinites, différents marbres, veinés et coquilliers, souvent remplis de polypiers, qui sont transportés à Paris sous le nom général de *marbres de Flandre*, et dont les plus solides sont le *saint-ami* et le *rancé*, qui se lient particulièrement aux grès du Condros.

Ces calcaires renferment un grand nombre de polypiers et de coquilles fossiles. On y trouve l'*amplexus coralloïdes*, fig. 202, surtout dans les dépôts des environs de Sablé dans la Sarthe; le *cyatophyllus cuspidatus*, fig. 203; beaucoup d'espèces d'*encrinites* de la division des crinoïdes, fig. 204; l'*orthoceras lateralis*, fig. 205; des *goniatites*, fig. 206, sorte de coquilles chamberées à cloisons anguleuses; des *bellérophons* analogues aux argonautes, fig. 207; des *doomphales* de diverses espèces, fig. 208; le *spirifer glaber*, fig. 209; le *productus Martini*, fig. 210, etc.

Les dépôts de cette formation sont quelquefois principalement formés de matières arénacées, et presque semblables à celles des terrains houillers. C'est ce qui a lieu dans le Northumberland, dans les environs d'Édimbourg, dans le bassin du Donetz et dans la partie occidentale des Alleghanis en Amérique. Les dépôts charbonneux qu'on y trouve deviennent, à ce qu'il paraît, plus bitumineux que les anthracites des parties dévoniennes inférieures.

C'est dans cette variété du terrain carbonifère que le docteur Hibbert a trouvé, dans les environs d'Édimbourg, les débris d'énormes poissons, qu'on a nommés *poissons sauroïdes*, dont les dents fortes et striées longitudinalement, aussi bien que tout le reste du système osseux, rappellent les reptiles des plus grandes dimensions. La fig. 211 représente une portion de mâchoire, très-réduite,



Fig. 211. Mâchoire inférieure d'*holoptychus Hibberti*.

Fig. 202. *Amplexus coralloides*.

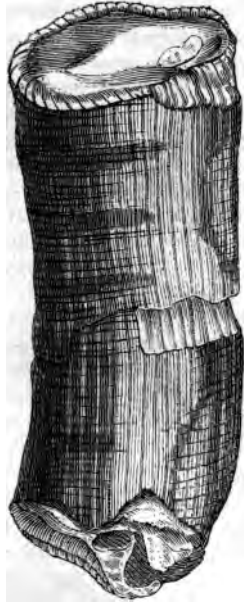


Fig. 203. *Cyatophyllum cespitosum*.



Fig. 206.



Goniatites evolutus.

Fig. 204. *Cyathocrinites planus*.

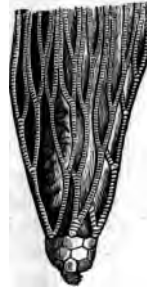


Fig. 207.



Bellerophon costatus.

Fig 205.



Orthoceras lateralis.



Fig. 208. *Evomphalus pentangulatus*.



Fig. 209. *Spirifer glaber*.



Fig. 210. *Productus Martini*.

d'une des espèces de ces êtres voraces, et la fig. 212, une dent de grandeur naturelle d'une autre espèce. Le calcaire qui les renferme offre aussi des concrétions phosphatifères qu'on regarde comme leurs excréments, et qu'à cause de cela on nomme *coprolites*, fig. 213. La famille des squalés était aussi représentée, mais alors par la division des *castracions*, caractérisée par les dents propres à broyer, fig. 214, ou par celle des *hybodons*, à dents conoïdes, non tranchantes, dont l'émail est plissé sur les deux faces, fig. 215. Les vrais squalés, à dents aplaties et tranchantes sur les bords, fig. 216, n'existaient pas encore, et n'ont apparu que beaucoup plus tard dans les terrains crétacés.

Fig. 212. Dent de *Megalodon* (Zitoberst).Fig. 213. *Coprolites*.

Fig. 214.

Dent de *castracion*.Fig. 215. Dent d'*hybodon*.

Fig. 216.

Dent de vrai squalé.

§ 237. **Terrain houiller.** — Le terrain houiller est formé principalement de grès, qui résultent d'une accumulation de grains de quartz et de feldspath réunis par un ciment argileux plus ou moins micacé, et rarement calcaire. Ces grès reposent immédiatement sur le calcaire carbonifère en Angleterre, en Belgique, ainsi que dans les parties voisines du territoire français; mais dans le reste de la France ils se trouvent dans de vastes dépressions des terrains de cristallisation, et ils commencent ordinairement par des poudingues formés des roches de la contrée et qui en renferment parfois des blocs gigantesques. Quelquefois des poudingues plus fins alternent à plusieurs reprises avec des grès, qui cependant finissent toujours par constituer la partie principale du dépôt. Ces grès présentent de nombreuses variétés sous le rapport de la grosseur des grains et de la quantité de matières argileuses qu'ils renferment; ils sont fréquemment micacés et schisteux, ou renferment des couches

d'argile schisteuse et de schistes bitumineux qui sont quelquefois d'une grande épaisseur. Les amas de houille y sont disséminés aussi bien dans les parties grossières que dans les parties schisteuses, et cependant sont toujours séparés des grès par des lits d'argile; ceux-ci sont d'abord à peu près purs, puis se trouvent mélangés avec le combustible, et enfin se représentent encore seuls par-dessus.

§ 238. *Débris organiques*. — Outre la houille, formée par une accumulation de végétaux décomposés, dont, au microscope, on reconnaît les débris, § 148, les dépôts houillers présentent un grand nombre de plantes qui ont conservé leurs caractères : ce sont des tiges et des troncs d'arbres disséminés dans les grès, des feuilles diverses qui ont laissé leurs empreintes dans les schistes et les argiles. Ces débris se rapportent aux fougères, aux équisétacées, aux lycopodiacées, aux conifères, et à divers genres de plantes, entièrement perdus, qui se rapprochent de la famille des cycadées.

Les empreintes de fougères nous offrent des *pecopteris*, fig. 217, dont les folioles, peu détachées du pédicule, se réunissent quelquefois en une seule feuille découpée profondément, et ayant une nervure principale d'où partent perpendiculairement des nervures secondaires; des *sphenopteris*, fig. 218, analogues aux précédentes, mais dont les folioles sont plus distinctes, profondément lobées, et où les nervures rayonnent presque de la base; des *nevropteris*, fig. 219, qui ont aussi les folioles détachées, mais entières et arron-

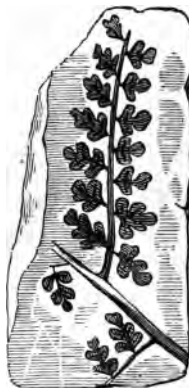


Fig. 218.



Fig. 219.

Fig. 217. *Pecopteris aquilina*. *Sphenopteris Hæninghausi*. *Nevropteris Loski*.

dies, où les nervures naissent très-obliquement de la nervure moyenne et se divisent ensuite à plusieurs reprises : enfin un grand nombre de genres fondés sur la forme des folioles et la disposition des nervures ; tels que des *sphenophyllites*, fig. 220, des *annularia*, fig. 221, etc., fort abondantes dans certaines localités.

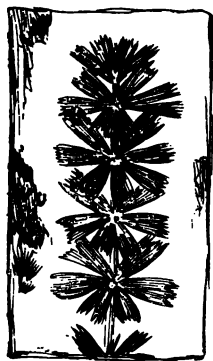


Fig. 220. *Sphenophyllum dentatum*.

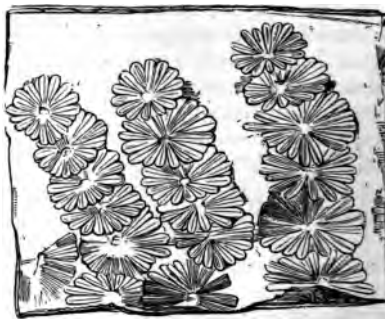


Fig. 221. *Annularia brevifolia*.

§ 239. Il paraît exister de véritables *equisetum* dans les terrains houillers ; mais on est conduit au moins à rapprocher de cette famille certains débris végétaux qui ont des caractères analogues. Ce sont des tiges cannelées qui présentent de distance en distance des articulations plus ou moins marquées, d'où naissent quelquefois des rameaux, fig. 222, 223. Ces tiges, désignées sous le nom de *calamites*,

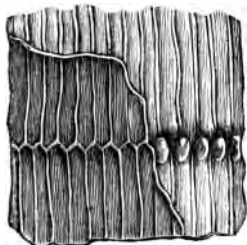


Fig. 222. *Calamites Suckovii*.



Fig. 223. *Calamites cannaeformis*.

mites, quoiqu'elles n'aient aucun rapport avec le *calamus*, ou rotang, de la famille des palmiers, se trouvent souvent, comme toutes celles dont nous allons parler, converties en matières argileuses, en carbonates de fer, rarement en silice.

On rapporte aux lycopodiacées divers débris de végétaux, sous le nom de *lepidodendrons*, fig. 224, 225, dont on a quelquefois des arbres entiers qui avaient jusqu'à 20 mètres de hauteur. Leurs tiges sont caractérisées par des mamelons rhombodisposés en spirales, qui montrent clairement vers le haut les faces des feuilles.



Fig. 224. *Lepidodendron crenatum*.



Fig. 225. *Lepidodendron elegans*.



Fig. 226. *Sigillaria pachyderma*.



Fig. 227. *Stigmaria ficoides*.

On croit pouvoir ranger auprès de la famille des cycadées ces végétaux désignés sous le nom de *sigillaria*, fig. 226. en général, des tiges qui paraissent avoir été aplaties par

la pression des terres, qui sont cannelées sur leur longueur, mais non articulées comme les calamites; elles sont garnies de cicatrices disposées par séries longitudinales, et non en spirales, comme dans les *lépidodendrons*. Les débris qui ont été nommés *stigmatia*, fig. 227, pourraient bien n'être, suivant M. Brongniart, que les racines de ces végétaux; le corps devait en être traversé par un axe ligneux qui était entouré de parties molles.

§ 242. Les plantes de la famille des conifères, par suite de la grande consistance de leur bois, paraissent avoir eu généralement une très-grande part dans la formation des matières charbonneuses qu'on trouve à toutes les hauteurs dans les différents terrains. Il en existe déjà dans les dépôts houillers eux-mêmes, spécialement dans les couches supérieures; et les débris dont on trouve les empreintes dans leurs schistes se rapprochent des *araucarias* par leurs feuilles sessiles disposées en spirales. M. Brongniart, qui a bien voulu nous guider dans l'indication des plantes fossiles propres à chaque terrain, et dans le choix des figures des espèces les plus caractéristiques, les rapporte toutes au genre *walchia*, établi par M. Sternberg, dont il a figuré ici deux espèces, fig. 228, 229, avec leurs feuilles et leurs fruits.

Fig. 228. *Walchia Schlotheimii*.Fig. 229. *Walchia hypnoidea*.

§ 243. On connaît aussi quelques poissons dans les bassins houillers continentaux, soit dans les schistes bitumineux, comme à Sarrebruck et à Autun, soit dans les rognons de carbonate de fer, comme

à Saint-Étienne. Ces poissons appartiennent à des genres voisins de l'esturgeon, que M. Agassiz nomme *palæoniscus* et *amblypterus*, vivant probablement dans les ruisseaux qui serpentaient au fond des terrains anciens, où les grès et les combustibles se déposaient.

Les coquilles marines sont au moins rares dans le grès houiller, et il n'est pas certain que celles qu'on a citées en Angleterre et en Belgique appartiennent réellement à ces dépôts plutôt qu'aux terrains sur lesquels ils se sont formés, § 236, ou tout au moins ne soient les restes de l'ancienne mer, où les matières se déposaient. On cite en même temps des *unio* et de petits entomostracés qui indiquent au moins des affluents d'eau douce dans les marais où ces dépôts se sont accumulés. Il est remarquable qu'on n'en trouve pas d'indications dans les houilleries continentales.

§ 244. *Étendue des terrains houillers.* — Ces terrains ne peuvent se montrer au jour qu'à la surface ou sur les bords des terrains mis à sec, et formés dès lors par les dépôts dévonien, silurien, cumbrien, ou ceux qui les ont précédés. S'il en existe au delà de cette limite, ils sont nécessairement cachés par toutes les matières postérieurement formées, et sous lesquelles on va quelquefois à grands frais chercher le combustible. De là il résulte que le terrain houiller occupe en général peu de place à la surface du globe. En France, tous les dépôts connus ne paraissent guère $\frac{1}{300}$ former que de la superficie de notre territoire. En Belgique, en Angleterre, ils sont relativement beaucoup plus étendus, beaucoup plus riches, car dans la première de ces contrées leur superficie est de $\frac{1}{4}$ de celle du royaume, et dans la seconde, de $\frac{1}{5}$. Les autres États de l'Europe sont au contraire beaucoup plus pauvres, et il en est même, comme la Suède, la Norvège, la Russie, l'Italie, la Grèce, qui sont presque entièrement privés de ces précieuses formations, bien qu'on puisse y trouver quelques dépôts qui appartiennent à l'antracite des terrains dévoniens. La Bohême est en réalité la partie la plus riche de l'Allemagne, mais les exploitations n'offrent encore que de faibles produits. La partie nord de la péninsule hispanique paraît au contraire renfermer des dépôts de houille considérables et participer ainsi aux richesses de l'Europe occidentale.

§ 245. En France, les dépôts de houille sont, pour la plupart, concentrés autour du plateau central qui renferme le Morvan, le Bourbonnais, l'Auvergne et le Limousin, ou disséminés à sa surface. En commençant à Avallon, par exemple, fig. 230, on trouve à l'est de cette ville une bande de terrain houiller qui se dirige vers Semur, sur laquelle il a été fait quelques recherches. Plus loin se présentent les mines de Decize sur le canal du Nivernais, les dépôts des envi-

rons d'Autun et d'Épinac ; puis ceux qui longent le Canal du Centre, où se trouvent les exploitations du Creuzot, de Montcenis, Saint-Béreau, Manzy, etc., et ceux de Bert et Montcabron, sur la même direction vers La Palisse. Au nord-est de Roanne on trouve les dépôts de la Chapelle-sous-Dun ; puis en remontant, à l'ouest de Lyon, ceux de Sainte-Foy, de l'Arbresle, de Sainte-Paule ; enfin on arrive aux grands dépôts de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, qui se prolongent même sur la gauche du Rhône.

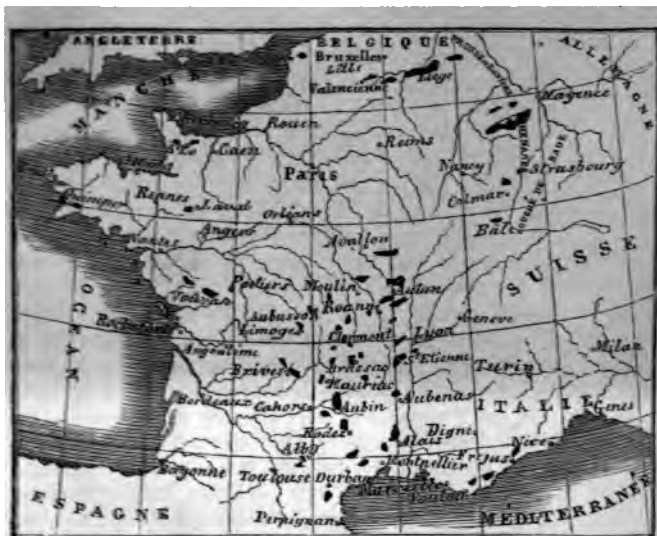


Fig. 230. Carte des dépôts houillers de la France.

Plus au sud, se présentent les dépôts d'Aubenas, ceux d'Alais, qui sont très-importants ; les petits dépôts du Vigan et des Vans, ceux de Saint-Gervais et de Ronjan, vers Lodève et Pézenas. Plus loin il n'y a plus que de faibles indices vers Perpignan, à Durban et Ségure ; mais si, à partir de Lodève, on longe la partie occidentale du plateau, on retrouve les dépôts houillers de Carmeaux, près d'Alby, des environs de Rodez, de la contrée d'Aubin et des environs de Brives. Sur le plateau même se présentent un assez grand nombre de dépôts dont la plupart se trouvent réunis sur une ligne droite dirigée de Mauriac vers Moulins, à l'extrémité nord de la-

quelle se trouvent les exploitations de Montaigu, Commeny, Noyant, Fins, etc. C'est encore dans cette partie que sont les houillères de la vallée du Cher, entre Montluçon et Saint-Amand. Il existe aussi plusieurs autres bassins épars çà et là, comme ceux de Lapleau au sud-ouest d'Ussel, de Bourganeuf, d'Ahun au nord-ouest d'Aubusson, de Brassac au nord de Brioude et de Langeac au sud, tous deux dans la vallée de l'Allier.

§ 246. En sortant du plateau central nous n'avons plus de dépôts houillers que sur les limites de la France. Nous en trouvons d'abord dans le département du Var, d'un côté, au nord de Fréjus dans les montagnes de l'Esterel; de l'autre, entre Fréjus et Toulon, dans les montagnes des Maures. Il en existe dans la chaîne des Vosges, mais en petite quantité, au nord et au sud de Colmar. Ce n'est qu'au nord de la chaîne, au pied du Hundsruck, mais en dehors du territoire français, qu'il s'en trouve des dépôts considérables, qui probablement se prolongent dans le département de la Moselle sous les terrains postérieurs qui les recouvrent. Plus loin, viennent les grands dépôts de la Belgique, qui se prolongent en France sous tous les terrains postérieurs, jusqu'à Valenciennes, et peut-être par Arras jusqu'à l'extrémité occidentale du Pas-de-Calais, où des sondages ont fait découvrir la houille en divers points, et où se trouvent au nord de Boulogne les houillères de Hardringen.

Nous retrouvons des dépôts houillers dans la partie occidentale du Poitou, à Vouvant et Chantonnay; puis en Bretagne, autour de Quimper et jusqu'à la pointe de la presqu'île; il s'en trouve encore dans la Mayenne près de Laval, et enfin dans le département de la Manche, où l'on connaît les houillères de Litry et du Plessis, au nord-est et au nord-ouest de Saint-Lô. Il ne faut pas confondre ces divers dépôts de houille avec les anthracites des terrains dévoniens, § 234, 236, dont ils se distinguent surtout parfaitement dans la Mayenne, en ce qu'ils reposent en stratification discordante sur les schistes anthracitifères.

§ 247. **Terrain pénéen.** — Dans quelques localités le terrain pénéen est en stratification discordante avec le terrain houiller; il se compose de plusieurs dépôts dont les plus bas offrent des grès généralement de couleur rouge, très-abondants en Thuringe, où ils prennent le nom de *rothliegende* ou *rothe todte liegende* (fond stérile rouge), parce qu'ils ne renferment aucun minéral et se trouvent au-dessous des couches où on en exploite. Ces grès existent aussi en Angleterre, où on les nomme *lower new red sandstone* (nouveau grès rouge inférieur) par opposition à l'*old red sandstone*

des terrains dévoniens, § 234. En France, où ils sont simplement nommés *grès rouge*, ils n'ont qu'une faible étendue dans les Vosges, où, souvent même, ils sont cachés par le grès vosgien. Ces dépôts arénacés renferment des fragments anguleux ou arrondis de granite, de porphyre, de quartz, liés le plus souvent par une pâte argilo-ferrugineuse; mais ces parties grossières passent à des grès plus ou moins fins, qui sont souvent les seuls qu'on aperçoive. On n'y trouve que très-peu de restes organiques; on y indique seulement quelques débris de poissons et de reptiles en Angleterre, où les dépôts sont peu distincts, et des troncs silicifiés de conifères dans les Vosges et en Saxe.

Au-dessus du grès rouge se présente, dans quelques parties, ce qu'on nomme les *schistes bitumineux*, très-remarquables, surtout en Thuringe, par les minerais de cuivre qu'ils renferment, et qui leur ont fait donner le nom de *kupferschiefer* (schiste cuivreux). Il s'y trouve des débris de végétaux qui paraissent appartenir à la famille des algues, et un très-petit nombre de plantes terrestres qui appartiennent aux conifères. Plus haut, viennent des calcaires compactes, *zechstein* des Allemands, divisés en plusieurs assises par des marnes, et au milieu desquels se trouvent des dépôts salifères exploités en plusieurs lieux. Au-dessus, on connaît encore des calcaires cellulaires, des calcaires magnésiens plus ou moins friables, puis de nouveaux calcaires compactes, des marnes, des matières argileuses.

Tel est l'ensemble des couches que cette formation présente en Thuringe; les grès se prolongent dans divers points de l'Allemagne, et surtout dans toutes les parties orientales de la Russie, où on les a nommés *grès perméens*. Mais en Angleterre, toute la série se trouve presque entièrement remplacée par des calcaires magnésiens, *maynesian limestone*, qui s'étendent dans la partie orientale de l'île, depuis Nottingham jusqu'à Sunderland. C'est la seule partie importante du terrain, et elle renferme, comme en Thuringe, des dépôts salifères. En France, les dépôts péniens nous manquent à peu près complètement, car les schistes bitumineux d'Autun, de Fins, etc., qu'on a comparés à ceux du Mansfeld, appartiennent à la partie supérieure du terrain houiller, § 237.

§ 248. Ce que cette formation présente d'important, c'est qu'on y trouve pour la première fois des débris de reptiles sauriens, reconnus depuis longtemps dans les schistes cuivreux et le *zechstein*, puis dans le calcaire magnésien de l'Angleterre; ils sont voisins des genres vivants *iguanes* et *monitor*. On y trouve aussi des poissons des genres *paleoniscus* et *amblyperus*, analogues à ceux du

terrain houiller, § 243, et qu'on ne rencontre plus au delà de la formation qui nous occupe. Enfin, il y a aussi des spirifères et des productus, fig. 231 à 233, surtout le *productus aculeatus*, qui, sous le nom de *gryphites aculeatus*, a été regardé comme caractéristique en Allemagne et a fait quelquefois donner au zechstein le nom de gryphitenkalk, qu'on a, par cela même, confondu avec le lias, § 257. Il s'y trouve encore beaucoup d'autres mollusques, ainsi que des débris d'encrinites, qui paraissent être assez analogues à ceux qu'on trouve dans le calcaire carbonifère.

Fig. 231.

*Spirifer undulatus.*

Fig. 232.

*Productus aculeatus.*

Fig. 233.

*Productus calvus.*

§ 249. **Grès vosgien.** — Ce nouveau genre de dépôts, très-développé sur la partie orientale des Vosges et dans le Schwarzwald, a été longtemps confondu, tantôt avec le grès bigarré, tantôt avec le grès rouge, entre lesquels il se trouve placé. Mais, d'un côté, la stratification du grès bigarré est discordante avec celle du grès vosgien, et de l'autre, si ce dernier paraît à peu près concorder avec le grès rouge, il se trouve toujours placé au-dessus, où il forme des dépôts considérables dont la nature est très-caractéristique. On ne connaît pas ces grès dans le reste de l'Allemagne, mais peut-être en existe-t-il en Angleterre, à la base du grès bigarré, savoir : dans la partie la plus orientale du pays de Galles; dans les comtés de Stafford et de Lancastre, autour des dépôts houillers; dans le Cumberland, dans l'anse formée par les calcaires carbonifères, où ils ont été indiqués comme représentant le grès rouge.

Le grès vosgien est entièrement composé de grains de quartz dont la surface est très-brillante et recouverte d'un enduit d'oxyde rouge de fer ou d'hydrate de cet oxyde; il n'a pas de ciment apparent comme le grès rouge, de sorte que souvent la masse en est friable; cependant certaines parties forment des couches assez solides qui sont même exploitées comme pierres de taille. Enfin, les galets qu'on y trouve sont presque toujours de quartz, et quand on en rencontre de granite ou de gneiss, ils sont généralement décomposés. On n'a trouvé jusqu'ici que très-peu de débris organiques dans ces dépôts, et seulement quelques rares empreintes de calamites qui appartiennent à des espèces particulières. Les débris de coquilles ne se montrent

que dans les galets que ce terrain renferme, et par conséquent ils sont étrangers à la formation.

Il n'y a dans les Vosges, où ces dépôts se rencontrent principalement, aucune trace de calcaire pénéen ; seulement, on y remarque çà et là quelques rognons de calcaire magnésien, circonstance qui pourrait indiquer, ou que le calcaire pénéen manque dans les localités que nous connaissons, ou que le grès vosgien en est le représentant. On remarque en Angleterre que dans les lieux où le calcaire magnésien manque, la base du grès bigarré prend des caractères analogues à ceux du grès des Vosges.

§ 250. **Terrain keuprique, ou trias.** — Cette grande formation a été nommée *trias* parce qu'elle renferme trois parties principales, ce qu'elle a de commun avec plusieurs autres. Elle se compose de dépôts de grès et de marnes chacun très-varié de couleurs, ce qui a fait donner aux grès le nom de *grès bigarrés*, et aux marnes celui de *marnes irisées*. Un grand dépôt calcaire se trouve entre ces deux matières dans certaines localités, mais il n'existe pas partout ; il manque, par exemple, en Angleterre et dans presque toute la France. Nous ne le trouvons, en effet, que dans deux contrées, d'une part sur la pente occidentale des Vosges et dans la forêt Noire, d'où il se prolonge en Allemagne, où il est aussi parfaitement distinct, et de l'autre dans le département du Var ; il est désigné sous le nom de *calcaire conchylien, muschelkalk* des Allemands, parce que c'était dans l'ancienne géologie de l'Allemagne le dépôt coquillier par excellence. Ce terrain se trouve en stratification discordante avec le grès vosgien, comme on le voit dans plusieurs localités.

Le *grès bigarré* est quarzeux, à grain fin, solide, le plus souvent de couleur rouge, mais quelquefois aussi mélangé de blanc, de bleuâtre, de verdâtre, ce qui produit la bigarrure qui a fourni le nom. On y trouve des dépôts stratiformes de matière très-argileuse, variée de couleur, et des couches minces de dolomie, surtout dans les parties supérieures.

Les *marnes irisées* sont composées, d'une manière très-variable, de couches calcaires plus ou moins marneuses et de couches d'argile lie de vin, verdâtre ou bleuâtre, qui alternent ou se mélangent de toutes les manières. Quelquefois la partie supérieure se termine par des grès, comme on le voit à Chessy près de Lyon et en Wurtemberg.

Ces deux membres particuliers du terrain de trias sont fréquemment les seuls qu'on trouve dans un grand nombre de localités. C'est ainsi qu'ils se font remarquer en Angleterre, où on les désigne

par l'expression *upper new red sandstone and red marl* (nouveau grès rouge et marne rouge supérieurs). En France, ce sont eux qu'on trouve le plus fréquemment et qui se présentent seuls par dépôts fort isolés les uns des autres dans les Basses-Pyrénées, l'Hérault, l'Aveyron, le Lot, le Tarn-et-Garonne, la Corrèze, surtout autour de Brives, la partie méridionale du Cher, la partie septentrionale de l'Allier et tout le pied des montagnes du Morvan, la partie centrale de la Manche.

§ 251. *Calcaire conchylien*. — Placé entre les deux dépôts précédents, le calcaire conchylien commence par alterner dans le bas avec le grès bigarré, tandis que dans le haut il se confond souvent avec les marnes irisées qui le recouvrent. Ce calcaire est, en général, compacte, grisâtre, verdâtre ou jaunâtre, et tacheté de ces deux teintes; souvent il est magnésifère à sa partie supérieure, où d'ailleurs il est fréquemment terreux, et passe aux marnes qui vont suivre, parmi lesquelles se trouvent encore quelques lits de calcaire pur ou magnésien. Il présente souvent des silex en rognons plus ou moins étendus; enfin, il renferme une grande quantité de coquilles parmi lesquelles on peut citer comme caractéristiques l'ammonite à nœuds, fig. 234, l'*avicula socialis*, fig. 235; la *possidonia minuta*, fig. 236. Il s'y trouve aussi beaucoup d'*encrinites*, surtout de l'espèce *moniliformis*, fig. 237. C'est dans cette formation que se montrent aussi pour la première fois les *trigones*,



Fig. 234. *Ammonites nodosus*.

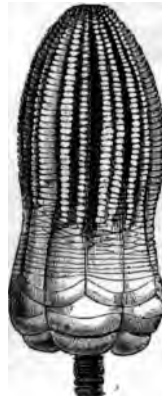


Fig. 235. *Avicula socialis*.



Fig. 236. *Possidonia minuta*.

Fig. 237.



Encrinites moniliformis.

fig. 238, dont les nombreuses espèces se prolongent ensuite jusque dans les dépôts crétacés.

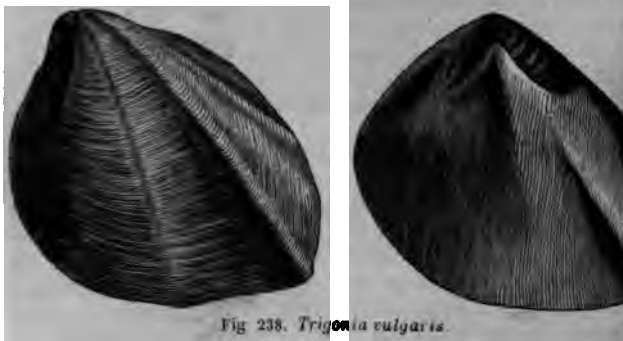


Fig 238. *Trigonia vulgaris*.

Le calcaire conchylien est assez abondamment répandu dans la Lorraine, où il forme, avec les deux autres membres de la série triasique, toute la partie occidentale des Vosges; on le retrouve aussi sur la rive droite du Rhin, d'où il se prolonge en Allemagne en couvrant un assez grand espace. Dans le reste de la France on ne le voit plus que dans la partie moyenne du département du Var entre Brignolles, Toulon et Antibes.

§ 252. *Débris végétaux du trias*. — Les marnes irisées renferment des débris assez nombreux de plantes des genres *pterophyllum*, fig. 239, et *nilsonia*, qui paraissent pour la première fois et se rapportent aux cycadées. Les calcaires renferment des plantes du genre *mantellia*, de la même famille, et les grès des espèces pe-

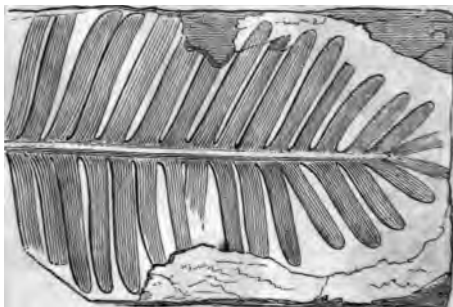


Fig 239. *Pterophyllum Plainingerii*.

culières de conifères qui constituent le genre *voltzia*, fig 240. Les fougères d'espèces particulières se rencontrent encore quelquefois dans les localités assez nombreuses où se trouvent les dépôts charbonneux.



fig. 240. *Voltzia heterophylla*.

§ 253. *Débris de reptiles*. — Il y a dans ces terrains plusieurs espèces de grands sauriens, qu'on a trouvés, d'une part à Lunéville, de l'autre dans le Wurtemberg et dans le pays de Bareuth. C'est aussi sur le grès bigarré qu'on a observé les empreintes de pas que nous avons citées, § 161, dont les unes indiquent des oiseaux, et dont les autres, d'après les ossements trouvés plus tard, appartiendraient, suivant M. Owen, à d'énormes batraciens.

§ 254. *Dépôts adventifs* (voyez § 151). — Ces terrains offrent encore une nouvelle importance sous un autre rapport; c'est dans leur partie supérieure que se trouvent les dépôts salifères exploités en Lorraine, et toutes les sources salifères du Jura, comme aussi les dépôts de sel et les sources salifères en Angleterre et dans la plus grande partie de l'Allemagne. Ces dépôts sont toujours accompagnés de masses gypseuses plus ou moins abondantes, que l'on rencontre également seules dans un grand nombre d'autres localités, et notamment dans le midi de la France, partout où le terrain de trias est développé. Les parties supérieures arénacées se sont fait remarquer anciennement à Chessy, près de Lyon, par les dépôts d'azurite qui ont fourni pendant un temps de magnifiques échantillons à nos collections.

§ 255. **Terrain Jurassique.** — Le terrain jurassique, ainsi nommé parce que les montagnes du Jura, qui en sont formées, ont souvent servi de terme de comparaison, occupe une étendue considérable en France, en Angleterre, en Allemagne, et dans toutes les parties de la terre. Il repose en stratification discordante sur le trias, comme on le voit près de Saint-Amand, sur la direction du canal de Berry, comme aussi sur le calcaire carbonifère dans le bas-Boulonnais. Il se compose de dépôts alternatifs d'argile plus ou moins sableuse et de calcaires de diverses sortes, fréquemment oolitiques, ce qui lui a valu aussi le nom de *terrain oolitique*. Ses nombreuses assises sont partout concordantes, ce qui semble annoncer une longue période de tranquillité à la surface de l'Europe. Néanmoins, pour la facilité de l'étude, on peut, d'après divers caractères, diviser l'ensemble en deux systèmes, et chacun d'eux ensuite en plusieurs groupes.

§ 256. **Système du lias.** — Le système du lias, qui commence la série, peut être considéré comme composé de trois parties. La première, celle qui recouvre immédiatement le trias, présente des matières très-variées suivant les diverses localités. Dans certains contrées, comme en Lorraine et dans le midi de la France, ce sont des grès qu'on nomme *grès du lias*, et qui passent à l'arkose, § 227, dans différents lieux où ils reposent sur les granites, dont ils prennent en quelque sorte peu à peu les caractères; ils renferment différents dépôts métallifères, comme l'oxyde de manganèse en Bourgogne et en Périgord, l'oxyde vert de chrome près d'Autun, etc. Dans d'autres localités ce sont des calcaires de diverses sortes, comme en Normandie, dans la partie sud de la Bourgogne et dans le Lyonnais, quelquefois pétris de coquilles brisées et constituant des lamachelles plus ou moins solides, entremêlés ailleurs avec des marnes bleuâtres qui finissent aussi par dominer çà et là.

Au-dessus de ce premier dépôt se trouvent des calcaires compactes grisâtres ou bleuâtres, en couches peu épaisses séparées par des lits de marnes feuilletées. C'est à ces calcaires, dont les caractères sont partout assez constants, qu'on donne plus particulièrement le nom de *lias* (prononcez *liäs*), ou de *calcaire à gryphe arqué*, parce que cette coquille s'y trouve en grand nombre.

Enfin dans la partie supérieure se trouvent des calcaires à bélemnites, renfermant peu ou point de gryphées, comme dans le Vivarais et la plus grande partie des Cévennes, ou des marnes qui déjà renferment des oolites ferrugineuses et se lient par là avec le système oolitique.

§ 257. **Coquilles caractéristiques du lias.** — Ce qui forme un

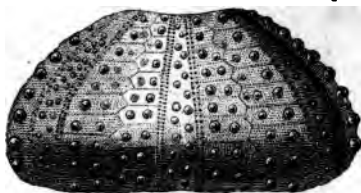
caractère très-important de ces premiers dépôts jurassiques, c'est l'apparition des bélemnites, dont, jusqu'alors, on n'a pas trouvé de races; mais chaque couche, en outre, se distingue par quelques fossiles particuliers que nous allons indiquer.

Les assises inférieures sont caractérisées, suivant M. Leymerie, par la présence du *pecten lugdunensis*, fig. 241, et de diverses espèces d'échinides de la division des diadèmes, fig. 242.

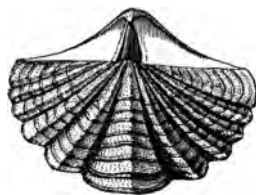
Fig. 241.

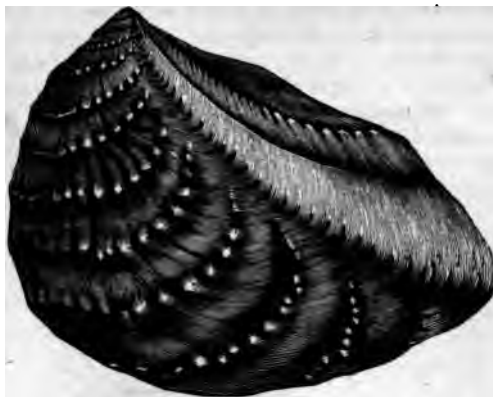
*Pecten lugdunensis.*

Fig. 242.

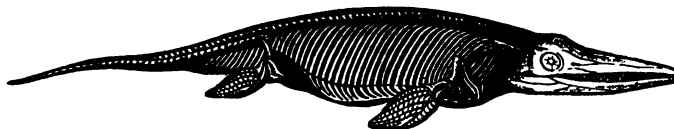
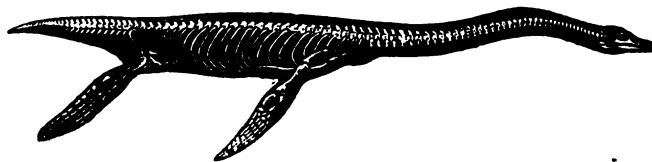
*Diadema seriale.*

Les assises moyennes, ou le lias proprement dit, se distinguent surtout par la *gryphée arquée*, fig. 243, qui est souvent très-abondante, puis l'*ammonite de Buckland*, fig. 244, la *plicatule épineuse*, fig. 245, le *spirifère de Walcot*, fig. 246, par lequel la race s'éteint,

Fig. 243. *Grypha arcuata.*Fig. 244. *Ammonites Bucklandi.*Fig. 245. *Plicatula spinosa.*Fig. 246. *Spirifer Walcoti.*

Fig. 252. *Trigonia clavellata*.

§ 258. *Reptiles du lias*. — C'est aussi dans le lias que se trouvent pour la première fois ces singuliers sauriens dont l'ostéologie rappelle à la fois les lézards, les crocodiles, les poissons, les mammifères, et dont les pieds, en forme de rames, annoncent une habitation tout aquatique : tels sont les *ichthyosaures*, fig. 253, dont quelques-uns devaient avoir plus de 7 mètres de long ; les *plésiosaures*, fig. 254, dont quelques individus n'avaient pas moins de 4 mètres, et si remarquables par la longueur de leur cou, qui ressemble au corps d'un serpent par la forme et la structure.

Fig. 253. *Ichthyosaurus communis*.Fig. 254. *Plesiosaurus dolichodeirus*.

C'est également à cet étage de la série jurassique que se trouvent pour la première fois les *ptérodactyles*, fig. 255, genre de saurien volant que la forme de la tête et du cou rapproche des oiseaux, dont le tronc et la queue se rapportent aux mammifères ordinaires, tandis que les membres rappellent particulièrement ceux des chauves-souris. Ils étaient susceptibles à la fois de marcher et de voler, peut-être aussi de s'accrocher et de grimper sur les parois à pic des rochers pour chercher leur nourriture.

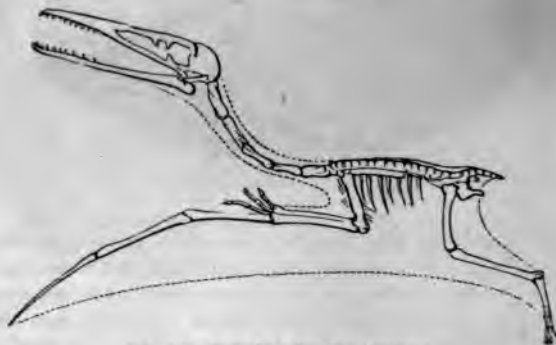


Fig. 255 *Pterodactylus longirostris*.

Ces divers débris des êtres les plus singuliers de la création sont accompagnés, dans le lias de Lime-Regis, sur la côte de Dorset, en Angleterre, d'une immense quantité de coprolites, qui probablement leur appartiennent; quelquefois aussi leurs intestins se trouvent encore au milieu de leur squelette, et on y remarque alors des restes de poisson et même d'autres reptiles, qui annoncent positivement la manière dont se nourrissaient ces espèces aquatiques. Quant aux ptérodactyles, les débris d'insectes qu'on a trouvés avec leurs dépouilles à Solenhofen, en Franconie, indiquent sans doute aussi les animaux qui servaient de nourriture habituelle à ces êtres remarquables.

Les sauriens voisins des crocodiles, paraissent avoir été peu abondants à cette époque; néanmoins le lias en présente des débris qui prouvent déjà leur existence, et surtout un grand développement de dimension. Celui qu'on a nommé *mégalosauve*, qui tient à la fois du crocodile et du monitor, devait avoir 15 à 20 mètres de longueur.

Fig. 256.

Poche d'encre
de seiche.

§ 259. *Poches d'encre.* — Ces débris, fig. 256, qui rappellent les poches d'encre des seiches, et qui atteignent quelquefois un assez grand volume, nous présentent encore une haute importance. Ils se trouvent dans le lias de Lime-Regis, avec des osselets dorsaux de calmar qui en présentent parfois les traces, et aussi avec des bélemnites dans les cavités desquelles on en voit également ; ils nous éclairent par conséquent sur la nature de ces derniers corps, et en indiquent l'affinité avec quelque céphalopode, dont ils étaient probablement des osselets internes. L'encre, ou *sepia*, qu'on peut en tirer est encore aussi bonne que celle qu'on prépare avec la seiche commune, et elle a servi avec succès pour le lavis.

§ 260. *Végétaux du lias.* — Le lias offre déjà quelques fruits de palmiers ; mais la plupart de ses débris végétaux appartiennent encore à diverses espèces de fougères et surtout aux cycadées. On a pensé que c'était à l'accumulation de ces derniers qu'étaient dus les combustibles qu'on trouve en différents lieux dans les assises supérieures du groupe, comme au plateau de Larsac dans les Cévennes, et à Witby dans le Yorkshire ; mais tout porte à croire que c'est plutôt aux conifères, dont le tissu est beaucoup plus ligneux, que sont dus particulièrement ces dépôts charbonneux, intermédiaires en quelque sorte entre la houille et les lignites.

§ 261. *Matières adventives.* — Ces terrains renferment aussi du gypse, qu'on exploite en diverses parties des Cévennes, des dépôts salifères exploités à Bex en Suisse, et des dolomies dans le voisinage des roches ignées, § 48¹, 499 à 206. Dans les points où le grès du lias, reposant sur des roches cristallines, a pris le caractère particulier d'*arkose*, les calcaires qui le recouvrent renferment souvent aussi des dépôts métallifères, soit des minerais de peroxyde de fer, comme à la Voulté dans l'Ardèche ; soit des minerais de plomb, comme dans la Lozère, l'Aveyron, le Lot, etc.

§ 262. *Système oolitique du terrain jurassique.* — Le second système des dépôts jurassiques présente une série de couches calcaires, souvent très-épaisses, qui offrent fréquemment le caractère oolitique, et qui sont entremêlées de couches de sable, d'argile et de marne plus ou moins considérables. Il peut se partager en plusieurs groupes qui se distinguent les uns des autres par leur position relative dans l'échelle de hauteur, et bien plus encore par les fossiles divers qu'on y trouve : tous les débris caractéristiques des groupes précédents ont entièrement disparu.

§ 263. *Groupe de la grande oolite.* — Ce groupe, par lequel commence la série des dépôts oolitiques, présente d'abord des couches marneuses entremêlées de sable, puis des couches d'oolites ferrugineuses, et des bancs, souvent très-épais, de calcaires compacts comptant des oolites très-fines, des argiles plus ou moins pures et plus ou moins susceptibles de servir de terre à foulon. Le premier de ces dépôts marneux se lie avec les marnes du lias; mais il renferme une nouvelle espèce de *gryphée*, fig. 257, très-caractéristique

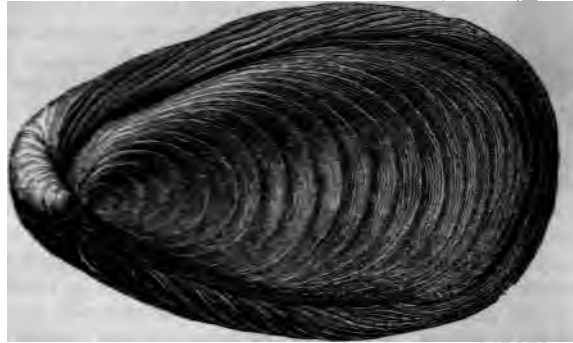


Fig. 257. *Gryphaea cymbium*.

qui ne se trouve pas dans les couches précédentes. Au-dessus se trouvent des marnes fissiles, des calcaires pénétrés d'oolites ferrugineuses auxquels succèdent les dépôts de grosses oolites lisses (*great oolite* des Anglais), ou des calcaires plus ou moins compacts, et même terreux et grossiers, quelquefois entièrement formés de débris d'encrinites. Plus haut viennent encore des marnes, des sables, des argiles, des calcaires plus ou moins grossiers, quelquefois remplis de coquilles, et formant des lumachelles : c'est ce que les Anglais nomment *Bradford clay*, *forest marble* et *corn-brash*.

Malgré les nombreux fossiles, mais souvent brisés et à l'état de moules, que renferme ce groupe, il est difficile d'en citer de bien caractéristiques, et nous n'aurions pas osé établir, sous ce rapport, les différences que présentent, en général, les diverses couches des dépôts jurassiques, sans les bienveillantes communications de M. Leymerie, professeur de la Faculté des sciences de Toulouse, qui a tant étudié ces terrains.

A la *gryphaea cymbium*, fig. 257, qui caractérise parfaitement le premier dépôt du groupe qui nous occupe, et en forme en quelque

sorte un nouvel horizon géologique, on peut ajouter encore l'*ostrea acuminata*, fig. 258, qui se trouve dans les marnes supérieures, ou les calcaires qui les remplacent, puis diverses *térébratules*, fig. 259 à 264, qui paraissent appartenir plus spécialement à l'oolite inférieure, ainsi que la petite espèce globuleuse d'*ammonites*, fig. 262.

Dans les couches calcaires proprement dites se trouvent diverses espèces d'*ammonites*, fig. 263; diverses espèces de *pleurotomaires* qui paraissent assez caractéristiques, fig. 264, et un grand nombre

Fig. 258. *Ostrea acuminata*.Fig. 259. *Terebratula digona*.Fig. 260. *Terebratula globata*. Fig. 261. *Terebratula spinosa*. Fig. 262. *Am. Brongniarti*.Fig. 263. *Ammonia striatulus*.Fig. 264. *Pleurotomaria conoides*

de coquilles de diverses sortes. Les encrinites, souvent très-nombreuses, paraissent surtout se rapporter aux espèces piriformes (apiocrinites) et semblent quelquefois se trouver dans la place même où elles ont vécu, attachées aux matières consolidées qui composaient le fond des mers, et recouvertes successivement par les dépôts terreux qui se formaient.

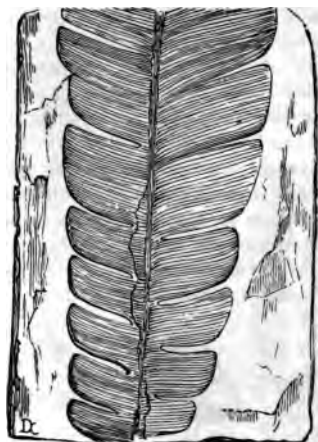
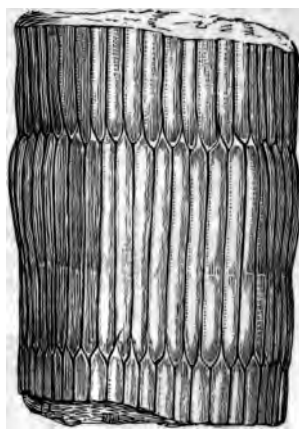
§ 264. Les marnes et les calcaires fissiles qui commencent les couches oolitiques ont aussi présenté un fait important : c'est l'apparition des premiers mammifères fossiles, qu'on a découverts dans ce qu'on nomme les schistes de Stonesfield. Ces petits animaux, dont la figure 265 présente la mâchoire inférieure, appartiennent aux marsupiaux, c'est-à-dire à l'un des ordres les plus imparfaits de la classe. On a rencontré également, dans ces parties des terrains oolitiques, des ossements de grands animaux, qu'on a considérés comme appartenant à des cétacés.

Fig. 265. Mâchoire du *Didelphus Bucklandi*, double de nature.



Fig 266. *Brachyphyllum*.

Les conifères, qu'on ne trouve plus que rarement depuis le calcaire conchylien, se rencontrent assez abondamment dans la série oolitique, sous des genres particuliers, fig. 266, avec des cycadées, fig. 267, des fougères de diverses espèces, toutes différentes de celles qu'on rencontre dans les couches plus anciennes, et enfin un véritable *equisetum*, fig. 268.

Fig. 267. *Pterophyllum Williamsonis*.Fig. 268. *Equisetum columnare*.

§ 265. *Groupe oxfordien*. — Moins compliqué que le précédent, ce groupe offre d'abord de puissantes couches d'argile (*Oxford clay*) avec des dépôts plus ou moins marneux et des amas stratoïdes de calcaire. Au-dessus se trouvent des sables et des calcaires, terreux ou compactes, plus ou moins oolitiques et souvent ferrugineux. C'est dans ce groupe que se présentent les dépôts de fer oolitique, qui apparaissent déjà dans le groupe précédent, et qu'on exploite dans la Bourgogne, la Franche-Comté, la Lorraine; ils sont souvent très-riches en fossiles, surtout en ammonites, et l'on y cite l'*ananchites bicordatus*, fig. 269, comme très-commune.

Fig. 269. *Ananchites bicordatus*.

Ce qui caractérise le groupe oxfordien, c'est la présence dans

les argiles, souvent en quantité assez abondante, d'une nouvelle espèce de gryphée, fig. 270, de l'*ostrea Marshii*, fig. 271, qui commence déjà dans le groupe précédent; d'un assez grand nombre de térébratules diverses, parmi lesquelles se distinguent, dans les parties supérieures, la *terebratula Thurmanni*, fig. 272, et la *terebratula impressa*, fig. 273. Les moules des coquilles sont souvent siliceuses; et l'on trouve, dans les diverses couches supérieures, des lits de boules siliceuses à tissu lâche, renfermant quelquefois des moules de coquilles, auxquelles on donne le nom de *chailles* dans la Haute-Saône, comme aussi des boules de calcaire compacte argilo-siliceux, qu'on nomme *sphérites*. On a quelquefois regardé ces corps comme des débris organiques, ce qui paraît peu probable.



Fig. 270. *Gryphæa dilatata*. Fig. 271. *Ostrea Marshii*. Fig. 273. *Tereb. impressa*.

§ 266. *Groupe corallien*. — Celui-ci est presque entièrement calcaire; il se partage en diverses assises épaisses qui se distinguent les unes des autres par leur structure. Les premiers dépôts sont ordinairement compactes, grisâtres ou jaunâtres, remplis de polypiers qui ont la structure saccharoïde, ou qui sont passés à l'état siliceux; c'est le *coral rag* des Anglais. Les assises suivantes sont, les unes oolitiques, fréquemment à gros grains irréguliers, entremêlés avec des fragments de coquilles roulés; les autres compactes, passant à l'état crayeux, ou même marneux, avec plus ou moins de solidité.

Les polypiers nombreux que renferme ce groupe nous présentent des caryophyllées, des astrées, des méandrinés, des madrépores d'un grand nombre d'espèces, approchant plus ou moins de ceux que nous avons cités dans les rescifs, § 420, avec beaucoup d'autres genres. Parmi les coquilles, les ammonites sont peu communes; mais au-dessus des oolites, où tous les débris organiques sont

brisés, les premières couches renferment une grande quantité de coquilles diverses, parmi lesquelles on distingue les *nerinees*, fig. 274, 275. Les couches supérieures renferment une grande quantité d'*astartes*, fig. 276, 277, dont la plus caractéristique est l'*astarte minima*. Parmi les autres coquilles on peut citer le *diceras arietina*, fig. 278, et parmi les échinodermes, le *cidaris coronata*, fig. 279.



Fig. 274. *Nerinea Godhalsti*.



Intérieur de la coquille, montrant les plis de la columelle.



Fig. 275. *Nerinea Mosz.*



Fig. 276. *Astarte minima*.



Fig. 277. *Astarte elegans*.



Fig. 278. Moule et coquille de *diceras arietina*.

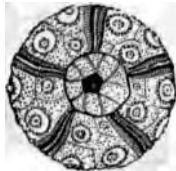


Fig. 279. *Cidaris coronata*.

§ 267. *Groupe portlandien*. — Ce dernier groupe est séparé de précédent par de puissants dépôts d'argile (*Kimmeridge clay*) très-répanus partout, au-dessus desquels le terrain jurassique se termine par des alternances de calcaires compactes, marneux, sableux ou oolitiques à très-petits grains.

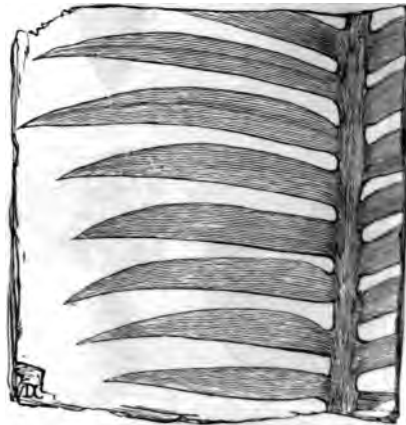
Les débris organiques qui caractérisent ce groupe sont des *lufres* et des *exogyres* d'espèces particulières, fig. 280 et surtout 281, qui ne manquent jamais, et sont quelquefois d'une très-grande abondance. Du reste, avec quelques *ammonites*, on trouve des *mya*, des *pholadomyes*, des *térébratules*, fig. 282 à 284, qui sont également caractéristiques. Certaines couches de ces terrains renferment des *paludines* ou des *hélices*, qui indiquent par conséquent des cours d'eau douce dans les mers de cette époque.

Fig. 280. *Ostrea deltoidea*.

Fig. 281.

*Exogyra virgula*.

Fig. 282

*Pholadomya acuticoata*.Fig. 283. *Mya rugosa*.Fig. 284. *Terebratula sella*.Fig. 285. *Zamia fensensis*.

On rapporte à ces parties supérieures des dépôts jurassiques, la pierre lithographique de Solenhofen en Bavière, dans laquelle on a trouvé une immense quantité de fossiles, de reptiles et surtout de ptérodactyles, § 258, de poissons, d'insectes, de plantes, etc.

Les argiles du groupe portlandien, et il en faut dire autant de celles du groupe oxfordien, renferment quelquefois de petits amas de matières combustibles, susceptibles parfois d'exploitation, ordinairement remplies de pyrites, et qui paraissent formées de conifères conservant le tissu ligneux, § 292; il y a aussi des cycadées, dont on trouve les restes, fig. 285, dans les dernières couches calcaires du groupe, ou peut-être dans la partie inférieure des terrains crétacés.

§ 268. **Étendue du terrain jurassique.** — Les dépôts jurassiques sont très-abondants à la surface du globe. En France, ils forment une espèce de réseau indiqué dans la carte fig. 286, par la teinte noire formée de hachures verticales. Une large bande s'étend des bords de l'Océan, vers la Rochelle, par Poitiers, Châteauroux,



Fig 286 Disposition du terrain jurassique en France

Bourges, Auxerre, Chaumont, Nancy, jusqu'à Luxembourg et Mézières, où elle se termine aux schistes anciens de l'Alsace et des Ardennes, § 233. Il s'y rattache, dans la partie occidentale, une bande étroite qui, du nord d'Angers, se dirige par Alençon, Argentan, Caen, jusqu'aux rochers du Calvados. Divers lambeaux liés entre eux par les directions, enveloppent le plateau central de la France, par Angoulême, Périgueux, Villefranche-d'Aveyron, Montauban, Rodez, Mende, Milhau, Montpellier, Alais, Aubenas, Privas, d'où ils semblent rejoindre les lambeaux qui s'étendent de Lyon jusqu'à Beaune.

Ce sont ces calcaires qui constituent les montagnes du Jura, étendues de la hauteur de Vienne en Dauphiné jusqu'au Rhin, et qui se lient par Besançon, Vesoul, Langres, à la grande bande transversale. On les reconnaît dans toute l'étendue des Alpes de la Savoie, du Piémont et du Dauphiné, où ils présentent des caractères particuliers, et d'où ils se prolongent dans la Provence. On les retrouve à nu dans quelques points des Pyrénées; d'une part, en Espagne, de Bilbao à la hauteur de Pampelune; de l'autre, en France, entre la vallée d'Ossau et celle de l'Ariège. Ça et là, toutes ces bandes sont plus ou moins morcelées, quelquefois interrompues par les terrains plus récents qui s'étendent au-dessus d'elles, dans les parties basses qu'elles présentent.

Le lias domine en bande étroite sur le bord occidental des Vosges, et également tout autour de la partie granitique du Morvan, ou du plateau central de la France. Dans la Lorraine et en Bourgogne, il renferme beaucoup de gryphées arquées; mais dans le Vivarais ce sont les bélemnites qui le caractérisent.

Le groupe oxfordien est très-étendu dans la Franche-Comté et la Lorraine, dans le Poitou, dans le Quercy, dans les Cévennes et aussi en Normandie. Le groupe corallien forme une bande qui va de la Champagne dans la Bourgogne, le Bourbonnais, le Berry, et on le retrouve dans la Saintonge et le Quercy. Enfin, le groupe portlandien se présente sur la lisière extérieure de ces derniers dépôts.

§ 269. Dans les Alpes, le terrain jurassique est fortement modifié par l'apparition des matières cristallines qui en ont soulevé la masse de toutes parts, § 499 à 206. Au lieu de calcaires ternes, grisâtres ou jaunâtres, compactes ou terreux, on rencontre des marbres colorés de toute espèce, quelquefois des marbres blancs veinés. Les dépôts argileux ou arénacés sont convertis en schistes divers, en grauwackes comparables à celles des terrains anciens, en quartzite, micaschiste, etc., et les matières charbonneuses qu'ils renfermaient sont passées à l'état d'anthracite.

§ 270. **Terrain crétacé inférieur.** — Au-dessus des terrains jurassiques viennent les immenses dépôts crétacés qu'on pourrait partager en plusieurs formations, d'après quelques discordances observées entre leurs assises, mais qu'on ne sépare encore qu'en deux : la partie inférieure, et la partie supérieure. La première présente divers étages que nous allons faire connaître.

§ 271. *Dépôts wealdiens.* — On nomme ainsi des dépôts signalés depuis longtemps en Angleterre, dans les parties des comtés de Kent, Surrey et Sussex désignées sous le nom de wealds. Ces dépôts, qui paraissent être les premiers de ceux dont nous avons à parler, se composent de couches alternatives de calcaire, de sables plus ou moins ferrugineux, et d'argile. Les couches calcaires sont composées de *paludines*, de *cyclades*, d'*anodontes* et d'*unio*, § 143, qui forment entièrement ce qu'on nomme les *calcaires de Purbeck*, et annoncent une formation fluviale. Il y a de même plusieurs espèces de poissons et de tortues, également d'eau douce, mêlées à des sauriens marins et terrestres, parmi lesquels se trouve le monstrueux *iguanodon*, qui avait plus de 20 mètres de long, et que toute sa conformation rapproche des iguanes. On y reconnaît encore des débris d'oiseaux de l'ordre des échassiers, mais on n'y a pas vu de mammifères, quoiqu'on en ait déjà rencontré dans les marnes de la grande oolite, § 264.

Le terrain wealdien renferme aussi des débris divers de végétaux.



Fig. 287. *Mantellia nidiformis*.

C'est là que se trouve la *couche de boue* de l'île Portland, § 138, où l'on rencontre en place, à l'état siliceux, des troncs de cycadées, fig. 287, au milieu du terreau qui compose la masse du dépôt. On y connaît également diverses espèces de conifères, ainsi que des débris d'équisétacées et de fougères d'espèces particulières.

On croit pouvoir rapporter aux dépôts wealdiens les argiles des environs de Boulogne, qui semblent faire suite à celles d'Angleterre, sur la côte méridionale du détroit, et même les argiles de Forges et de Savigny, dans le pays de Bray (Seine-Inférieure et Oise), où l'on a cité des calcaires à paludines analogues à ceux de Purbeck. M. Lory, professeur à la Faculté de Grenoble, vient de les découvrir dans les parties supérieures du Jura, et les croit à la base des dépôts néocomiens.

§ 272. *Dépôts néocomiens.* — Ces nouveaux dépôts se composent, dans certaines localités, de marnes ou d'argile, et de calcaires jaunâtres plus ou moins grossiers, caractérisés par le *spatangus retusus*, fig. 288, et beaucoup de débris de coquilles et de polypiers. Le calcaire est tantôt en couches continues assez épaisses, tantôt en

Fig. 288. *Spatangus retusus.*

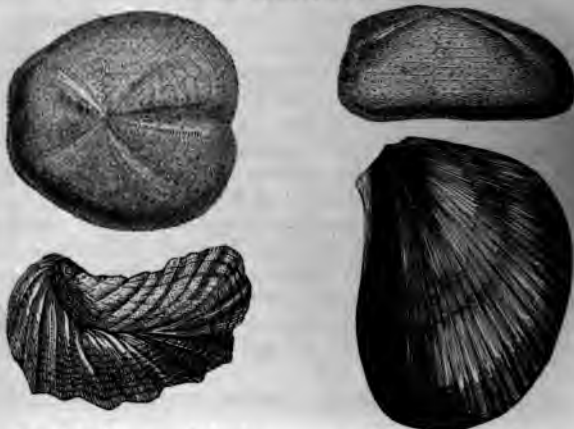


Fig. 289. *Exogyra subplicata.*

Fig. 290. *Lima elegans.*

grandes lentilles au milieu des limons marneux et des sables; quelquefois il manque entièrement. Au-dessus de lui se trouvent des argiles grises renfermant une grande quantité d'*exogyres*, fig. 289, une grande espèce d'huître (*ostrea Leymerii*), souvent aussi le *lima elegans*, fig. 290. Ces argiles renferment de grandes lentilles calcaires remplies des mêmes coquilles, et qui offrent des lumachelles confondues avec celles d'*exogyra virgula*, du groupe portlandien, § 267. Enfin, viennent, du moins dans la Champagne, la Picardie, le Boulonnais, des sables et des argiles, bigarrés de diverses couleurs, des amas de minerais de fer, ordinairement oolitique, qu'on exploite dans la Haute-Marne et dans l'Aube. Les coquilles ont alors presque entièrement disparu, et ne se montrent plus guère qu'au près des amas ferrugineux.

Dans les parties méridionales de la Bourgogne et de la Franche-Comté, dans le Languedoc, le Dauphiné, la Provence, on trouve des dépôts puissants de calcaire, compacte ou terreux, blanchâtre ou coloré, qui, avec les mêmes espèces de fossiles, en renferment

beaucoup d'autres encore plus caractéristiques. Ici la *chama ammonia*, fig. 291, quelquefois très-abondante, mais toujours fort empâtée dans la roche; là, et surtout dans le Var, plusieurs espèces de *crioceratites*, fig. 292, d'*ancyloceras*, fig. 293, d'*hamites*, fig. 294, de *ptyloceras*, fig. 295. Les trigonies, fig. 296, qui s'y trouvent en-



Fig. 291 *Chama ammonia*.



Fig. 292 *Crioceratites Duvalii*.



Fig. 293 *Ancyloceras*.



Fig. 294 *Hamites*.



Fig. 295 *Ptyloceras*.



Fig. 296 *Trigonía alæformis*.

core, et qui se continuent dans le grès vert, y présentent de nouvelles espèces.

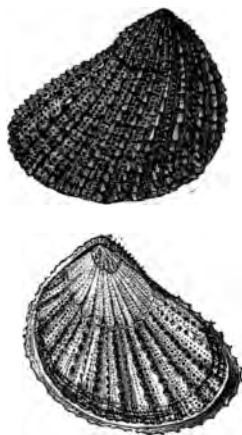
Ce terrain qu'on n'avait pas d'abord distingué des autres parties de la formation crayeuse, ou dont certaines portions avaient été confondues avec les dépôts jurassiques, est aujourd'hui reconnu, par suite de ses fossiles et de sa position constante, comme formation distincte sur une grande partie du midi de la France, en Languedoc, en Dauphiné, dans les Basses-Alpes, et surtout dans le Var, en Suisse, dans différentes parties de l'Allemagne, en Pologne et jusque dans la Crimée.

§ 273. *Grès vert, craie tuffeau.* — Des sables blancs, jaunâtres, souvent très-ferrugineux, renfermant des amas calcaires; des sables remplis de matières vertes en petits grains très-abondants, des couches calcaires, des marnes bleues ou *gault* des Anglais, des argiles, des grès calcarifères plus ou moins solides, remplis également de matières vertes, tels sont les divers dépôts souvent très-épais qui succèdent à ceux du terrain néocomien, y compris la formation wealdienne, et qui paraissent même en quelques points se trouver avec eux en stratification discordante, comme M. Leymerie l'a observé dans le département de l'Aube. On désigne en général l'ensemble de ces dépôts sous le nom de *grès vert*, *green sand* des Anglais, qui comprend certains *quadersandstein*, ainsi que le *pläner kalk* des Allemands.

Au-dessus des dépôts que nous venons de citer, la partie calcaire devient souvent plus abondante; elle se trouve d'abord mélangée avec le grès, puis elle s'en isole petit à petit, et bientôt ne renferme plus que les grains verts, d'abord très-nombreux, mais qui diminuent ensuite successivement. Il en résulte alors ce qu'on nomme en générale la *craie verte*, ou *craie chloritée*, qui est tantôt terreuse et tantôt assez solide. Les grains verts finissent enfin par disparaître totalement, le calcaire se trouve seul, tantôt présentant la craie pure, qui offre plus ou moins de solidité et devient quelquefois très-compacte; tantôt offrant des calcaires argileux ou sableux, et enfin des sables ou des grès à peu près simples. C'est alors ce qu'on nomme la *craie tuffeau*, et divers dépôts qui en tiennent la place, ou qui lui succèdent.

§ 274. *Coquilles du grès vert et de la craie tuffeau.* — Ces sortes de débris organiques sont en général fort abondants au milieu des divers dépôts que nous venons de citer, et très-distincts par les espèces, souvent même par les genres, de tous ceux que nous avons décrits dans les terrains précédents. A la base même de ces nouveaux sédiments, on peut citer en France, aussi bien qu'en Angleterre, une

couche marneuse caractérisée par la présence d'une grande espèce d'*exogyre*, de 5 à 6 pouces de diamètre, fig. 297, qui n'a pas paru dans le terrain néocomien. Dans l'est de la France, cette bivalve est accompagnée de plusieurs coquilles particulières, et notamment la *plicatula placunea*, fig. 298, qui n'existe pas à d'autres étages. Dans le Var on y trouve encore quelques espèces très-particulières d'*ammonites* et d'*hamites* § 272. Quant aux argiles et aux grès, du grès vert proprement dit, on pourrait citer un grand nombre de fossiles caractéristiques, parmi lesquels se trouvent la *nucula pectinata*, fig. 299, l'*inoceramus concentricus*, fig. 230,

Fig. 297. *Exogyra sinuata*.Fig. 298. *Plicatula placunea*.Fig. 299. *Nucula pectinata*, coquille et moule.Fig. 300. *Inoceramus concentricus*.

plusieurs espèces d'ammonites, et notamment l'*ammonites monile*, fig. 304.

Dans la craie tuffeau nous avons déjà cité les baculites et les turritiles, fig. 302, 303. On peut ajouter les *scaphites*, fig. 304, quelques espèces d'ammonites, fig. 305, 306, puis l'*exogyra columba*, fig. 307, l'*ostrea carinata*, fig. 308, la *terebratula octoplicata*, fig. 309, qui se continuent aussi dans la craie blanche.

§ 275. *Débris de poissons*. — C'est dans ces terrains que commencent les vrais squales, qui ont remplacé les poissons sauroïdes du calcaire carbonifère, § 236, et les sauriens nageurs du lias, § 258. Leur taille a dû être considérable dans le principe, car dans nos espèces actuelles de 10 mètres de long, les dents n'ont pas plus de 4 à 5 centimètres de hauteur sur 5 à 6 de large à la base, et parmi les débris fossiles nous trouvons de ces organes qui ont jusqu'à 42 centimètres. On estime que l'animal qui les portait devait avoir 20 à 25 mètres, et que la gueule ouverte devait présenter 3 mètres de diamètre.

§ 276. *Terrain crétacé supérieur*. — Souvent les dépôts dont nous avons maintenant à parler se continuent régulièrement sur ceux de la formation précédente; mais en certains lieux, comme dans la partie orientale du Dauphiné et en Piémont, ils se trouvent avec eux en stratification discordante, ce qui trace naturellement la fin des uns et le commencement des autres.

Ces dépôts, sur de très-grandes étendues, se trouvent formés de l'espèce de calcaire terreux renfermant une grande quantité de foraminifères, § 419, 446, qu'on nomme proprement *craie*; la partie inférieure est souvent mélangée de parties argileuses, et présente la *craie marneuse*. Au-dessus la matière renferme un grand nombre de rognons de silex qui, par leur réunion, forment des espèces de lits, souvent répétés plusieurs fois sous de petites épaisseurs. Cependant ce caractère, quoique très-commun, manque dans un grand nombre de lieux, soit que le dépôt auquel il appartient n'ait pas été développé, soit qu'il ait été formé dans des circonstances particulières à l'abri des sources thermales, § 82, 443, 454, qui amenaient la matière siliceuse au milieu des sédiments.

Dans quelques cas la craie renferme une grande quantité de sables, et en certains lieux se trouve remplacée même par des grès. Quelquefois elle prend le caractère oolitique, et ailleurs elle fait place à des calcaires compactes et plus ou moins cristallins, blanchâtres, gris et de couleur variée.

§ 277. *Débris organiques*. — A l'exception des baculites, fig. 302, qu'on trouve encore à Maëstricht, les céphalopodes à cloisons per-



Fig. 301. *Ammonite*.

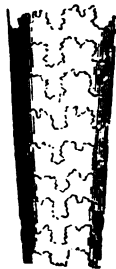


Fig. 302. *Baculite*.



Fig. 303. *Turrilites costatus*.



Fig. 304. *Scaphites æqualis*.



Fig. 305. *Ammonites varians*.



Fig. 306. *Ammonites rothomagensis*.



Fig. 307. *Exogyra columba*.



Fig. 308. *Ostrea carinata*.



Fig. 309. *Terebratulata octoplicata*.

sillées ont complètement disparu dans les terrains crétacés supérieurs ; mais il reste des bélemnites d'espèces particulières, telles que le *bélemnites mucronatus*, fig. 310, et beaucoup de débris organiques qu'on ne rencontre pas dans la craie tuffeau : on peut citer le *plagiostoma spinosum*, fig. 311, l'*ostrea vesicularis*, fig. 312 ; le *catillus Cuvieri*, fig. 313, dont la structure est fibreuse, la *terebratula Defranci*, fig. 314 ; l'*ananchites ovatus*, fig. 315 ; le *spatangus cor anguinum*, fig. 316, et plusieurs autres échinites.



Fig. 310. *Belemnites mucronatus*.

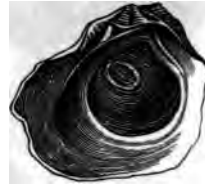


Fig. 311. *Plagiostoma spinosum*. Fig. 312. *Ostrea vesicularis*.



Fig. 313. *Catillus Cuvieri*.



Fig. 314.
Terebratula Defranci.

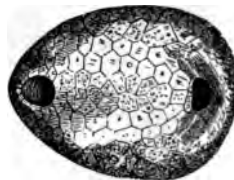
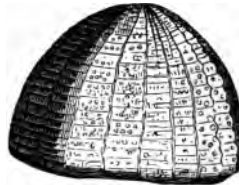
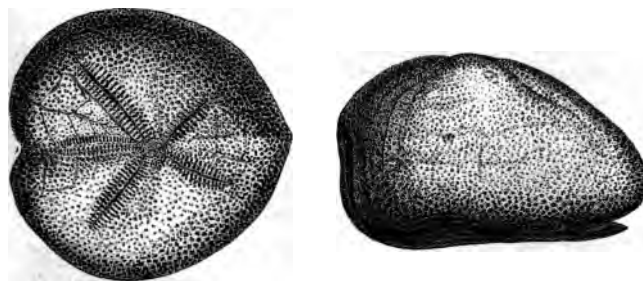


Fig. 315. *Ananchites ovatus*.

Fig. 316. *Spatangus cor anguinum*.

§ 278. La craie sableuse de Maëstricht, qui termine les dépôts crétacés supérieurs se fait remarquer en ce qu'avec les fossiles précédents elle en renferme d'analogues à ceux du calcaire parisien, § 284 ; circonstance qui indique la fin d'un certain ordre de choses et le commencement d'un autre. C'est dans ce dépôt qu'on a trouvé l'énorme saurien, connu sous le nom d'animal de Maëstricht, qui n'avait pas moins de 8 mètres de long, et dont la tête, armée d'un formidable appareil dentaire, fig. 317, avait 1 mètre $\frac{1}{2}$.

La craie nous offre aussi des débris de cétacés qui se rapportent aux lamantins et aux dauphins.



Fig. 317. Tête du mosasaure de Maëstricht.

§ 279. Calcaire à hippurites. — Le terrain crétacé supérieur présente, dans certaines localités, des coquilles remarquables par leurs formes et leur structure, qu'on a désignées sous les noms d'*hippu-*

rites, de radiolites et de sphérulites, fig. 318 à 320, dont il y a dans les Corbières (auprès des bains de Rennes, Aude) un gisement très-renommé par le nombre et la variété des espèces. Ces corps se trouvent tantôt dans des calcaires presque cristallins, ou compacts et comparables à ceux du Jura, tantôt dans des calcaires

marneux, blancs, grisâtres ou noirs, plus ou moins décomposables à l'air, dans des grès calcarifères, quelquefois enfin dans la craie tuffeau. Non - seulement on en trouve dans les Pyrénées, principalement dans le



Fig. 318. *Hippurites organisans*



Fig. 319. *Spherulites ventricosa*
ou *Radiolites turbinata*.



Fig. 320. *Hippurites bioculata*.

groupe des Corbières, mais il en existe aussi dans les dépôts crétacés du Périgord, de l'Angoumois et de la Saintonge; on en indique dans la craie de Maëstricht, ainsi qu'en Hongrie et en Égypte. Le nombre de ces coquilles est souvent très-considérable, et les couches qui les renferment en paraissent parfois entièrement formées.

§ 280. *Calcaires à nummulites*. — Au-dessus des couches à hippurites des Corbières, et dans la même stratification, on trouve des dépôts puissants de calcaire qui sont souvent presque entièrement formés de nummulites, fig. 324. Ces dépôts ont cela de remarquable, qu'avec quelques fossiles des terrains crétacés, ils en renferment un grand nombre d'autres qu'on avait regardés jusqu'ici comme ne se trouvant que dans le calcaire parisien: telles sont des moules intérieures de cérîtes, de natices, de turritelles, de buccardes, etc., coquilles qu'on avait coutume d'indiquer comme caractéristiques des dépôts par lesquels on commence les formations tertiaires, § 284.

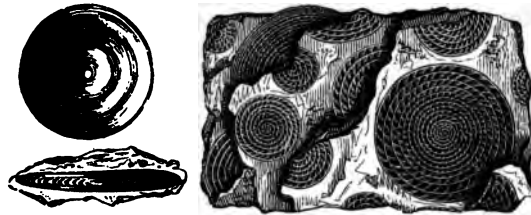


Fig. 321. *Calcaire à nummulites des Pyrénées.*

Ces calcaires sont tantôt plus ou moins terreux, tantôt compactes, et souvent de couleurs foncées. Ils sont très-abondants, et d'une grande puissance, dans les Corbières, ainsi qu'à la montagne Noire, où ils s'appuient directement sur les tranches des schistes anciens. On les retrouve également tout le long de la chaîne des Pyrénées, en stratification concordante avec les couches qui appartiennent au terrain crétacé supérieur; ils se prolongent jusqu'à Bayonne. Ils existent aussi dans les Alpes, au mont Viso, qui forme la limite du Dauphiné, de la Provence et du Piémont, où ils sont en stratification discordante avec le terrain crétacé inférieur. Plus loin ils composent les terrains calcaréo-trappéens du Vicentin, et ils paraissent se retrouver en Corse. On les cite encore en Crimée, au Caucase, en Arménie, du pied de l'Ararat au Taurus. Ils sont aussi très-abondants en Égypte, où ils ont servi à la construction des pyramides, et constituent des variétés compactes, de couleurs grises, que dans

le principe on a rapportées aux calcaires jurassiques. On les indique aussi dans cette contrée comme liés intimement avec les calcaires à hippurites dans lesquels on cite en même temps des baculites, § 274 à 277.

A la base de ces dépôts on trouve dans les Corbières et à la montagne Noire, des couches de marnes et de calcaires, atteignant parfois jusqu'à 40 mètres de puissance, dans lesquelles on rencontre des coquilles fluviatiles, tantôt seules, tantôt mélangées de coquilles marines. Il en résulte qu'il y a eu çà et là des affluents d'eau douce au milieu des mers de cette époque; et c'est peut-être aussi ce qu'indiquent les dépôts de lignite qui existent en divers points, et à peu près dans la même position.

Le calcaire à nummulites a été un sujet de discussion parmi les géologues : les uns, attachant une grande importance à la présence des fossiles du terrain parisien, ont considéré ces dépôts comme formant la base des terrains tertiaires; les autres, donnant plus d'attention aux phénomènes qui résultent des grandes catastrophes dont notre globe a été le théâtre, et prenant d'ailleurs en considération la liaison qui existe entre ces dépôts et les couches à hippurites, les ont considérés comme terminant la série des terrains crétacés supérieurs, en les assimilant aux dépôts de Maëstricht, où le mélange des mêmes débris organiques se fait également remarquer. § 277 : c'est cette dernière idée que toutes les observations paraissent faire aujourd'hui prévaloir.

§ 281. **Étendue des terrains crétacés.** — Les divers groupes de terrains dont nous venons de parler, § 270 à 280, comme constituant les terrains crétacés, sont d'une étendue immense à la surface du globe. De l'Irlande et de l'Angleterre ils se prolongent en traversant la Manche, d'un côté, par la Normandie, la Touraine, la Sologne, la Saintonge et le Périgord, jusque dans les Pyrénées et la partie septentrionale de l'Espagne, dans les îles Baléares, etc. De l'autre côté, partant de la Normandie, ils s'étendent dans la Picardie, l'Artois, la Belgique, puis dans la Champagne, l'Auxerrois, le Blaisois, entourant ainsi de toutes parts le bassin de Paris. Ils se retrouvent dans plusieurs parties de l'Allemagne, en Danemark, en Suède, en Russie, dans la Pologne, la Podolie, la Gallicie, la Hongrie, où le grès vert compose la plus grande partie des Karpathes. On retrouve ces dépôts en Crimée, au Caucase et en Arménie, dans l'Asie Mineure et la Grèce, dans l'Albanie, la Dalmatie, l'Italie, la Sicile, puis dans toute la Provence et dans les Alpes, qu'ils entourent de tous côtés. Ils paraissent encore fort étendus en Égypte, où ils composent peut-être tout le fond du grand désert et les monta-

gnes qui le terminent. Ce sont les plus vastes dépôts de sédiment que nous connaissions, et leur épaisseur atteste encore de longues périodes de tranquillité, pendant lesquelles les mers d'alors se sont successivement remplies.

La carte générale, fig. 236, peut indiquer aussi, relativement à la France, la disposition des dépôts crétacés. Ils se trouvent, en effet, presque partout, à la partie extérieure des bandes jurassiques que nous y avons indiquées, d'un côté, vers le bassin au centre duquel se trouve Paris; d'un autre, sur les bords du bassin de la Garonne, tout le long des Pyrénées, sur la pente orientale des Cévennes, de Montpellier à Privas, le long des montagnes du Dauphiné, jusque dans la Provence. C'est, en général, le groupe inférieur qui domine dans la plus grande partie de cette étendue, et qui paraît même uniquement dans un grand nombre de localités. Le groupe supérieur ne se montre avec quelque abondance que dans la partie orientale du bassin de Paris, où il est, du reste, fréquemment caché par des dépôts subséquents; il ne forme au delà qu'une bande légère sur la pente des Pyrénées, et un groupe peu étendu dans la partie orientale du Dauphiné et de la Provence.

Les dépôts crétacés se trouvent souvent modifiés, comme les dépôts jurassiques, § 269, par l'apparition des roches ignées et par les circonstances diverses qui accompagnaient leur sortie du sein de la terre : c'est ce qui est arrivé dans les Alpes et dans les Pyrénées, où ils présentent des caractères tels, qu'on les a longtemps regardés comme des terrains de transition. Ce fut un grand sujet d'étonnement lorsque M. Brongniart, par la comparaison des fossiles, fit voir que la montagne des Fis près de Chamounix, les Diablerets, au nord-est de Bex, et plusieurs autres parties des avant-postes des Alpes, appartenaient aux terrains des environs de Paris, et notamment à la craie.

§ 282. *Dépôts subordonnés ou adventifs des terrains crétacés.* — Nous avons déjà cité les minerais de fer de la Haute-Marne et de l'Aube, dans le terrain wealdien; nous devons ajouter de grands dépôts de lignites, comme ceux d'Orthès dans les Landes, de Belleta et de Saint-Girons dans l'Ariège, d'Irun dans le Guipuscoa, etc., qui sont probablement formés de conifères, car il n'y avait pas encore de dicotylédones. Il existe aussi du gypse dans la craie même, d'une part dans la Charente-Inférieure et la Dordogne, de l'autre sur toute la pente des Pyrénées. Dans cette dernière région le gypse est en relation intime avec les ophites qui se sont fait jour à travers le terrain crétacé, et des sources salifères se rencontrent partout dans son voisinage. Il y a même des masses de sel gemme, comme

à Cardona en Catalogne, qui sont restées fortuitement dans la craie, tandis qu'ailleurs elles ont été poussées, comme l'ophite même, jusqu'aux derniers dépôts tertiaires.

Rappelons les dépôts fluviaux qui se présentent à tous les étages et qui annoncent des affluents d'eau douce dans les mers de cette époque.

§ 283. **Terrain parisien.** — Des dépôts de sable, d'argile, et de calcaire plus ou moins sableux, telles sont les matières qui constituent la formation que nous allons décrire. Ces matières ne sont pas superposées, mais se trouvent plutôt accolées les unes aux autres, comme des parties variables d'un même tout. Les sables forment la partie dominante autour de Bruxelles; les argiles caractérisent les dépôts des environs de Londres, et le calcaire, au contraire, est extrêmement développé autour de Paris.

§ 284. *Dépôts des environs de Paris.* — C'est à MM. Cuvier et Brongniart qu'on doit les premières recherches sur la formation parisienne, jusqu'alors si négligée, et dont la connaissance a tant contribué à l'avancement de la géologie générale. Au-dessus de la craie se trouve d'abord ce qu'on nomme l'*argile plastique*, qui est blanche et très-pure, aux environs de Montereau d'un côté, entre Houdan et Dreux de l'autre, et qui sert alors à la fabrication des poteries fines. Ailleurs elle est colorée, impure, et ne peut servir que pour les poteries grossières.

L'argile plastique renferme çà et là des lignites, où, avec de nombreuses conifères, se montrent des phanérogames monocotylédones, de véritables palmiers, dont nous avons vu quelques fruits dans le lias, § 260, et quelques dicotylédones. Elle présente quelquefois des coquilles d'eau douce, et on y reconnaît aussi des coquilles marines dans la partie supérieure, là où elle est en contact avec les calcaires auxquels elle sert de support.

Au-dessus de ces argiles se trouvent çà et là une couche de sable, puis des dépôts calcaires très-sableux, et enfin des dépôts puissants de calcaires généralement grossiers, plus ou moins durs, dont les assises, souvent séparées par des couches minces de marnes argileuses, se distinguent les unes des autres par divers caractères. Ces calcaires renferment une quantité prodigieuse de foraminifères, § 146, que nous avons déjà citées dans la craie, § 276. et qui appartiennent surtout au groupe qu'on a nommé *milliolites*, formant les genres *biloculine*, *triloculine*, etc. Il y a des couches qui en sont entièrement formées, et les autres en renferment des quantités immenses.

Les débris organiques de ce nouvel ordre de choses ne présentent

Fig. 322. *Corithium giganteum* très-réduit.

plus ni ammonites, ni bélemnites, ni même aucun des échinides que nous avons déjà cités. Les coquilles qu'on y trouve ont beaucoup plus d'analogie avec celles que nous connaissons vivantes, que tout ce que nous avons rencontré jusqu'ici; les trois centièmes sont même identiques avec ce qui existe aujourd'hui dans nos mers, suivant la remarque de M. Deshayes. Les cérithes, d'espèces très-variées, y sont tellement abondantes, que le terrain a été souvent désigné sous le nom de *calcaire à cérithes*, quoique ces mêmes fossiles se trouvent aussi dans plusieurs autres dépôts, notamment dans la craie de Maëstricht et dans le calcaire à nummulites, § 278, 280. Une des espèces, le *cerithium giganteum*, fig. 322, est remarquable par sa taille, qui va quelquefois jusqu'à 7 décimètres de longueur. L'extrémité en est presque toujours usée ou cassée, par suite sans doute des frottements et des chocs éprouvés pendant la marche de l'animal.

Les autres genres de débris coquilliers ne sont pas moins nombreux, et, dans chacun d'eux, les espèces sont aussi très-variées; mais il est difficile d'en citer d'absolument caractéristiques. Les unes ne se trouvent pas également dans toutes les localités, et beaucoup d'autres se présentent de nouveau dans les dépôts supérieurs dont

nous allons bientôt parler, § 290, etc. On peut cependant indiquer, du moins comme très-fréquentes, la *turritella imbricata*, fig. 323; l'*ampullaria acuta*, fig. 324; le *terebellum fusiforme*, fig. 325; le *mitra scabra*, fig. 326; le *crassatella sulcata*, fig. 327; le *cardium porulosum*, fig. 328, etc. Les *nummulites* sont quelquefois assez abondantes dans les couches inférieures et dans certaines localités, ce qui a conduit à l'idée qu'elles appartenaienent essentiellement aux dépôts de cet âge, § 280; mais elles disparaissent dans les couches supérieures.

Fig. 323. *Turritella imbricata*.Fig. 324. *Ampullaria acuta*.Fig. 325. *Terebellum fusiforme*.Fig. 326. *Mitra scabra*.Fig. 327. *Crassatella sulcata*.Fig. 328. *Cardium porulosum*.

§ 285. Calcaire siliceux, meulière et gypse subordonnés. — S'il s'est fait autour de Paris un dépôt considérable de calcaire grossier.

il s'en est fait en même temps un autre qui, en certains points, s'adosse ou s'accôle au premier, tandis qu'ailleurs il repose immédiatement aussi sur l'argile plastique; c'est le *calcaire siliceux*, matière ordinairement compacte ainsi nommée parce qu'elle renferme une assez grande quantité de silice, tantôt disséminée uniformément dans la masse, tantôt formant çà et là des amas plus ou moins volumineux, fig. 329, qui constituent la *meulière sans coquilles* exploitée pour la confection des meules de moulin.

Meulière.

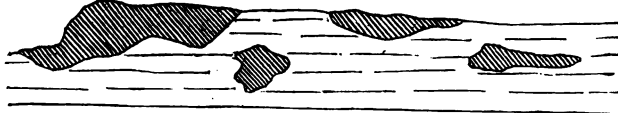


Fig. 329. Calcaire siliceux avec amas de meuliers.

Ce calcaire, formé probablement à la manière des dépôts adventifs, § 151, par des sources nombreuses, à la fois calcarifères, silicifères et gypsifères, qui s'épanchaient vers les bords du golfe de cette époque, § 369, s'étend principalement dans la Brie, où il présente des dépôts puissants; de là il se prolonge en couches minces autour de Paris, et il renferme alors beaucoup de coquilles fluviatiles, § 143. On le trouve appuyé sur les calcaires grossiers, à Saint-Ouen, et ailleurs, où il est alors recouvert par les dépôts de gypse parisien avec les marnes et les argiles qui les accompagnent. Dans d'autres points on le voit reposer sur les gypses eux-mêmes; de sorte que ceux-ci semblent avoir formé dans le dépôt général une grande lentille, aujourd'hui disloquée par une dénudation postérieure, § 244, qui s'est trouvée à nu sur la rive droite de la Marne et le long de la Seine, comme les amas de meulières sans coquilles se sont trouvés sur la gauche. Ici il faut traverser le calcaire siliceux pour arriver au gypse, là, au contraire, cette matière se trouve au-dessus, et on peut l'exploiter par des galeries horizontales, comme à Montmartre, et dans plusieurs autres des monticules isolés qu'elle forme autour de Paris.

§ 286. C'est dans la pierre à plâtre qu'ont été reconnus les nombreux débris de mammifères, que le génie de Cuvier est parvenu à débrouiller, et à placer dans la série animale auprès de leurs divers congénères. Tels sont entre autres les *anoplotherium* et *paleotherium*, animaux pachydermes, plus ou moins rapprochés du rhinocéros et du tapir, et qui présentent chacun plusieurs espèces.

L'*anoplotherium commune*, fig. 330, était de la taille d'un âne, de forme lourde, à jambes grosses et courtes, ayant une longue queue. Il y en avait des espèces à jambes minces, qui dès lors devaient être sveltes et agiles; on en a trouvé d'autres qui n'avaient que la grosseur d'un lièvre ou même d'un cochon d'Inde, qui cependant étaient adultes.

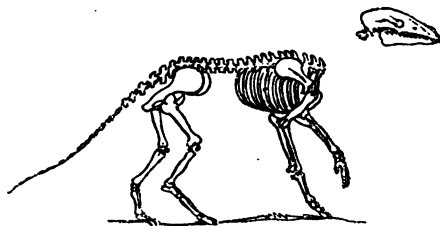


Fig. 330. Squelette d'*anoplotherium commune*.

Le *paleotherium magnum*, fig. 331, était de la taille d'un cheval, et de la forme d'un tapir; mais parmi les espèces il s'en est trouvé et de plus grandes et de plus petites, et même au-dessous de la taille d'un mouton.

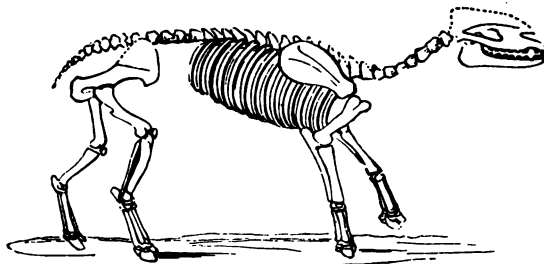


Fig. 331. Squelette de *paleotherium magnum*.

On a rencontré aussi avec ces animaux des débris de sauriens et de chéloniens, et ce sont les portions de carapace de ces derniers qui ont été citées pour des os de crânes humains avant qu'on se fût occupé sérieusement d'ostéologie comparée.

§ 287. *Terrain parisien d'Angleterre, de Belgique, du midi de la France.* — Comme nous l'avons dit, ce n'est pas le calcaire qui s'est développé en Angleterre; c'est une argile, l'*argile de Londres*, au milieu de laquelle se trouvent aussi la plupart des débris de mollusques qui forment le calcaire grossier parisien: l'argile

plastique est remplacée par des sables et des cailloux roulés renfermant des amas argileux. C'est à peu près aussi ce qui se présente en Belgique, où le sable se continue dans toute l'épaisseur du terrain, renfermant seulement des nids calcaires plus ou moins étendus. Le calcaire siliceux, les meulière sans coquilles et le gypse manquent également de part et d'autre. Dans le midi de la France, c'est au contraire le calcaire grossier seul qui s'est développé, sans aucune de ses dépendances, et le gypse ne s'y trouve plus qu'en cristaux.

Il n'y a pas d'amas de combustibles dans les couches du terrain parisien postérieures à l'argile plastique, mais il s'y trouve un assez grand nombre de débris végétaux qui sont disséminés çà et là. Les uns appartiennent à des plantes marines, les autres à des plantes terrestres qui nous offrent des bois et des feuilles de palmiers et des empreintes de dicotylédones.

§ 288. *Étendue des terrains parisiens.* — Les dépôts de cette époque géologique sont beaucoup moins répandus à la surface de l'Europe que ceux dont nous nous sommes occupés jusqu'ici. Ils ne couvrent qu'un petit espace apparent en Angleterre, dans le bassin de Londres et dans le Southampton, un autre dans le bassin de Paris, où ils sont limités par l'Oise, Gisors, Mantes, Versailles, Arpajon, Montereau, Provins, Épernay, Laon, d'où ils s'étendent en Belgique; enfin, dans le bassin de la Gironde autour de Bordeaux. Du reste, ils sont souvent recouverts dans les mêmes contrées sur une plus grande étendue, où ils se montrent dans le fond des vallées sous les dépôts subséquents. Il est assez douteux qu'il s'en trouve en d'autres lieux de l'Europe; car divers points où ils ont été indiqués paraissent appartenir soit au dernier dépôt des terrains crétacés, comme ceux du Vicentin, etc., § 280, soit à la molasse ou même au terrain subapennin.

§ 289. *Terrain de molasse. Environs de Paris.* — Au-dessus des gypses et des matières argileuses qui les accompagnent, se trouvent des dépôts de sables souvent d'une très-grande épaisseur, les uns colorés par l'hydroxyde de fer, les autres blancs et purs. Ces sables forment souvent alors des masses de grès qui tantôt n'offrent aucun débris organique, ou seulement des coquilles roulées du calcaire grossier, tantôt, au contraire, renferment des coquilles qui ont assez souvent perdu leur test, et n'ont laissé que leurs empreintes. La forêt de Fontainebleau nous présente les grès purs qui servent au pavage de Paris; Montmartre et plusieurs points autour de la forêt de Montmorency, etc., nous offrent des grès coquilliers qui pourraient bien indiquer une autre formation.

Sur ces grès reposent des dépôts lacustres formant tantôt les *meulière*s coquillières remplies de *lymnées*, fig. 332, de *planorbis*, fig. 333, de graines de *chara* ou *gyrogonites*, fig. 334 ; tantôt des calcaires plus ou moins purs. La meulière se trouve en amas sur toutes les hauteurs des environs de Paris, au-dessus des sables jaunes, et en relation avec des dépôts argileux, § 454 ; le calcaire se montre autour de Fontainebleau et dans un grand nombre d'autres lieux.

Fig. 332.

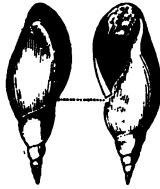
*imuea longiscata.*

Fig. 333.

*Planorbis evomphalus*

Fig. 334.

*Chara medicagenula*
ou *Gyrogonites* extrêmement
grosste.

§ 290. *Molasse du midi*. — Les grès analogues à ceux de Fontainebleau ne se trouvent guère qu'en Provence, entre Aix, Apt et Manosque, où, recouverts par des calcaires d'eau douce, les parties sableuses présentent aussi les formes empruntées au carbonate de chaux que les dépôts de Fontainebleau nous ont offert (*Minéralogie*, § 67). Le plus ordinairement, dans le midi, le terrain commence, au-dessus du calcaire grossier, par des dépôts d'eau douce où l'on retrouve les gyrogonites, et qui sont tantôt calcaires, comme dans l'Agenais, tantôt arénacés, comme aux environs de Toulouse et dans tout le Languedoc. Dans ces derniers cas, c'est un grès argilo-calcaire, comme les molasses inférieures de la Suisse, des bords du Rhône et de la Provence. Souvent aussi ces dépôts sont entremêlés, ou plutôt le calcaire se trouve subordonné au grès. Ces premiers sédiments sont recouverts quelquefois en stratification discordante par des molasses marines, ou par des dépôts fragmentaires de coquilles, connus en Touraine sous le nom de *faluns*, et qu'on retrouve avec les mêmes caractères dans les Landes.

Ces dépôts marins des faluns, quoique très-abondants en coquilles, n'ont cependant pas offert un aussi grand nombre d'espèces que le calcaire grossier parisien ; et néanmoins, d'après M. Deshayes, les dix-huit centièmes de ces espèces sont identiques avec celles qui vivent aujourd'hui dans nos mers, différence considérable avec la proportion que nous avons fait remarquer dans le

terrain parisien, § 284. Du reste, il y a fréquemment la plus grande analogie entre ces nouveaux dépôts et les calcaires inférieurs avec lesquels ils ont été confondus ; mais si l'on remarque ainsi un facies commun, si l'on trouve souvent les mêmes coquilles de part et d'autre, il y a cependant des différences essentielles. D'un côté, on ne trouve plus les espèces que nous avons indiquées dans les dépôts inférieurs, plus de *cerithium giganteum*, de *cardium porulosum*, etc. ; de l'autre, on y rencontre de nouveaux débris, tels que le *balanus crassus*, fig. 335 ; le *rostellaria pespelecani*, fig. 336 ; le *pecten pleuronectes*, fig. 337, etc., que jamais on n'a trouvés dans le terrain parisien, mais qui existent dans le terrain subapennin, dont nous allons bientôt parler.



Fig. 335. *Balanus crassus*.



Fig. 336. *Rostellaria pespelecani*.



Fig. 337. *Pecten pleuronectes*.

§ 291. *Mammifères de la molasse.* — Les terrains qui se rap-



Fig. 338. *Dent de mastodonte très-réduite*.

portent à cette époque de formation renferment encore diverses espèces de *paleotherium*. On y rencontre aussi plusieurs autres animaux qui constituent des genres dont on n'a trouvé aucune trace dans tout ce qui précède, et dont les espèces sont aujourd'hui perdues. C'est là en effet que se trouvent les débris de *mastodontes*, animaux analogues à l'éléphant, mais dont les dents, fig. 338, ont leurs couronnes hérissées de pointes coniques, au lieu d'être plates, ce qui les avait fait d'abord regarder comme appartenant à

un animal carnassier. On y reconnaît aussi le *dinotherium giganteum*,

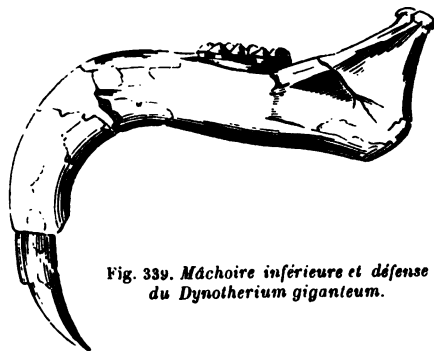


Fig. 339. *Mâchoire inférieure et défense du Dinotherium giganteum.*

animal voisin du tapir, qui devait avoir 6 mètres de long, et qui est surtout remarquable au premier aspect par ses défenses recourbées vers le bas, fig. 339. Il fut trouvé d'abord dans la Hesse, puis auprès d'Auch, par M. Lartet, qui y rencontra plus tard des ossements de singes. Enfin les débris

de rhinocéros, d'hippopotame, de castor, appartiennent également à ces dépôts.

§ 292. *Débris végétaux et combustibles.* — La molasse est très-riche en combustible; elle renferme les lignites du Languedoc, de la Provence, de la Suisse, la plupart de ceux de l'Allemagne, aussi bien que la terre de Cologne. Tous ces lignites paraissent encore avoir été formés principalement par les conifères, dont on reconnaît le tissu, fig. 340, dans la masse même de combustible ou dans les bois disséminés au milieu des divers dépôts.

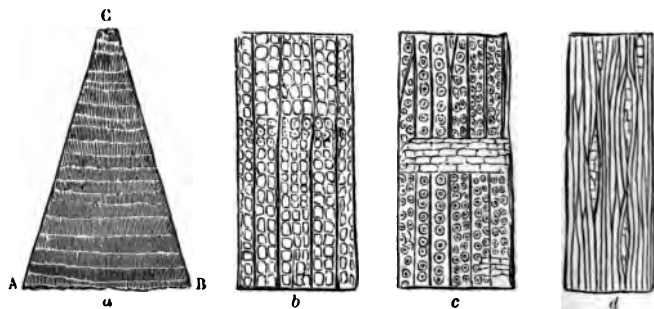


Fig. 340. *Structure des bois de conifères.*

- a. Portion de coupe transversale de grandeur naturelle.
- b. Portion de la même coupe vue au microscope.
- c. Coupe longitudinale dans le sens B C, également grossie.
- d. Coupe dans le sens A B.

On connaît cependant aussi dans ce terrain beaucoup de plantes dicotylédones, dont on trouve çà et là des bois disséminés, quelquefois à l'état siliceux, et montrant clairement le tissu propre à cette classe de végétaux, fig. 341, caractérisé surtout par la présence des grands vaisseaux longitudinaux.

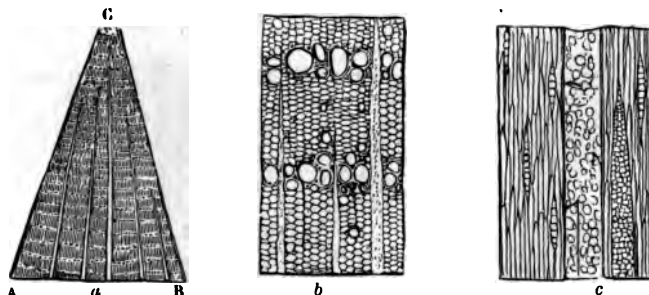


Fig. 341. Structure des bois de dicotylédones.

- a. Portion de coupe transversale de grandeur naturelle.
 b. Portion de la même coupe vue au microscope et montrant les grands vaisseaux.
 c. Coupe longitudinale suivant A B, montrant la structure des rayons médullaires et celle d'un grand vaisseau.

Il existe aussi des feuilles, souvent même assez nombreuses, dans

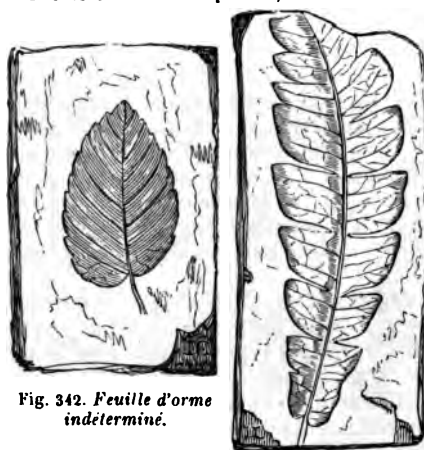


Fig. 342. Feuille d'orme indéterminé.

Fig. 343. *Comptonia acutiloba*.

les argiles qui accompagnent les lignites, où l'on reconnaît distinctement les caractères que présentent celles de nos dicotylédones actuelles, telles que noyers, érables, ormes, bouleaux, etc., fig. 342, 343. On y rencontre même des fruits que souvent on ne peut distinguer de ceux qui se trouvent aujourd'hui dans nos climats.

Enfin il se trouve dans ce terrain, soit au milieu même des dépôts

de combustibles, comme à Liblar près de Cologne, soit dans les terres argileuses ou sableuses de la formation, des débris de plantes monocotylédones : il y a des bois qui présentent toute la structure des palmiers, c'est-à-dire un assemblage de faisceaux ligneux disposés longitudinalement, sans régularité, au milieu d'un tissu cellulaire, comme fig. 344. Il s'y présente également des feuilles, comme fig. 345.

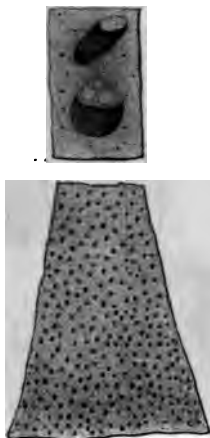


Fig. 344. Structure des bois de palmier, naturelle et grossie.

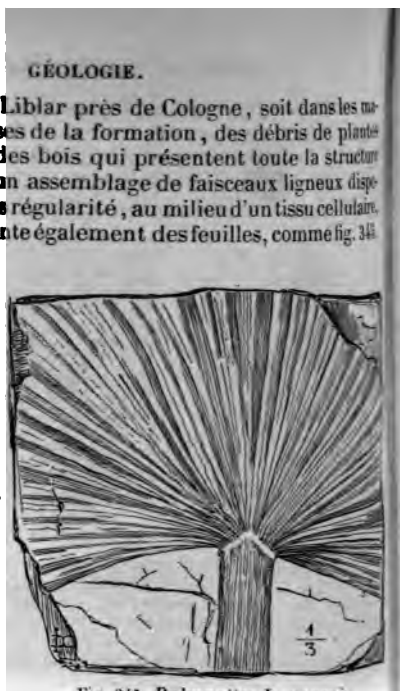


Fig. 345. *Palmacites Lamanoni*.

§ 293. *Gypses, dépôts salifères, minerais de fer.* — Il existe dans la molasse des dépôts de gypses analogues à ceux des terrains parisiens, et qui appartiennent comme ceux-ci à des formations d'eau douce, où l'on rencontre encore des débris de *paleotherium* et d'autres animaux. Tels sont les gypses d'Aix en Provence, ceux qu'on exploite entre Narbonne et Sijeau, et enfin ceux des terrains bas de la Catalogne, tous placés au milieu des terrains de molasse qui couvrent ces contrées, et où il n'existe rien d'analogue aux dépôts parisiens.

On peut citer aussi les dépôts salifères (*Minéralogie*) comme ceux des deux pentes des Karpathes, ceux des Pyrénées, qui accompagnent les ophites, § 451, 499, dont l'épanchement s'est arrêté quelquefois dans la craie, § 284, tandis qu'ailleurs il s'est porté jusque dans la molasse et même dans les dépôts supérieurs.

Enfin on connaît dans la molasse des dépôts d'oxyde de fer quelquefois assez abondants pour être exploités : tels sont les minerais superficiels du Berry et du Nivernais, de l'Angoumois et du Périgord.

§ 294. *Étendue de la molasse.* — Aux environs de Paris le terrain de molasse se trouve, sur la droite de la Seine, au sommet de tous les monticules qui terminent le terrain parisien, et se prolonge jusqu'à la Manche sur les sommités de la craie. Sur la gauche, il couvre sans interruption une étendue considérable, au nord jusqu'à Elbeuf, à l'ouest jusqu'à Nogent-le-Rotrou, et au sud, par l'Orléanais, la Touraine, le Berry, jusque dans les anfractuosités de la bande jurassique qui traverse la France de l'ouest vers l'est. On le retrouve dans tout le bassin de la Garonne, soit au fond des vallées, comme dans la partie occidentale; soit sur tout le terrain, comme dans la partie orientale, d'où il rejoint par Carcassonne, Béziers, Avignon, les dépôts de la vallée du Rhône et de la Provence entre les lambeaux du grès vert. Les dépôts lacustres du Puy-en-Velay, d'Aurillac au pied du Cantal, de Clermont et du Bourbonnais, appartiennent à cette époque aussi bien que tous les petits dépôts coquilliers qu'on trouve au milieu des terrains antérieurs du Poitou, de la Bretagne et de la Normandie.

On retrouve le terrain de molasse dans toutes les parties de l'Europe; il constitue toute la vallée de la Suisse, où il se lie à des pouddingues nommés *nagelfluë*; il passe dans la Bavière, en Autriche, en Hongrie, en Pologne, etc. Il est aussi très-répandu en Italie, d'où il vient se lier aux dépôts de la Provence et du Languedoc; enfin il se retrouve dans toutes les parties basses de l'Espagne et tout le long des pentes septentrionales des Pyrénées, d'où il se prolonge dans l'ouest de la France.

§ 295. **Terrain subapennin.** — Au-dessus de la molasse se présentent encore d'autres dépôts, tantôt lacustres, tantôt marins, qui se trouvent avec elle en stratification discordante, et annoncent par cela même une nouvelle époque de formation. Les dépôts lacustres, qu'on observe particulièrement dans la Bresse, où commence un vaste bassin qui s'étend jusqu'à Valence, sont composés de dépôts alternatifs de galets plus ou moins volumineux, de sables et d'argile grossière, dont l'une ou l'autre domine suivant les localités, et au milieu desquels se trouvent çà et là des amas qui renferment des coquilles fluviatiles.

Les dépôts marins, qui constituent principalement les collines subapennines, depuis Turin jusqu'à l'extrémité de l'Italie, se composent de matières sableuses et de marnes plus ou moins calcari-fères. Ils renferment une assez grande quantité de coquilles, dont les cinquante centièmes, suivant M. Deshayes, sont identiques avec celles de la Méditerranée; ce qui établit une grande différence avec les dépôts parisiens qui n'offrent que trois centièmes de co-

quilles analogues à celles de l'époque actuelle, aussi bien qu'avec la molasse marine qui en renferme dix-huit. Aussi trouve-t-on dans ce terrain beaucoup de débris organiques qui ne se montrent pas au-dessous; par exemple, le *pleurotoma rotata*, fig. 346; le *buccinum prismaticum*, fig. 347; le *voluta Lamberti*, fig. 348, etc., et la

Fig. 346. *Pleurotoma rotata*.Fig. 347. *Buccinum prismaticum*.Fig. 348. *Voluta Lamberti*.

Fig. 349

*Murex alveolatus*.

Fig 350.

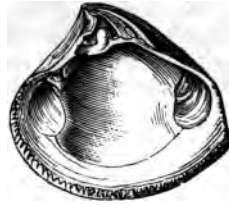
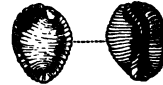
*Astarte Basteroti*.

Fig. 351.

*Cypræa coccinelloides*.

plupart des coquilles de la Méditerranée. On trouve des dépôts analogues en Sicile, en Sardaigne, aux environs de Nice, de Marseille, de Montpellier, de Perpignan. Le *crag* d'Angleterre, dans le comté de Suffolk, paraît être du même genre, et les coquilles qu'on y trouve sont aussi celles de l'époque actuelle, fig. 349 à 354, etc.

§ 296. Ces terrains, qu'on peut nommer indifféremment *terrain subapennin* ou *terrain de la Bresse*, suivant les lieux où ils sont de formation marine ou de formation fluviatile, sont encore assez répandus. En France, les dépôts de la Bresse s'étendent de Dijon et Besançon jusque vers Valence, sur la longueur de la Saône et du Rhône; il se trouve un bassin semblable en Provence, entre Digne,

Sisteron, Forcalquier et Manosque; et un autre dans la partie méridionale de l'Alsace, qui se cache au nord sous les alluvions.

Ces dépôts constituent aussi les sables des Landes, étendus sur le terrain de molasse de la rive gauche de la Garonne à l'Océan, et couvrant toutes les collines comprises entre les ruisseaux qui descendent des Pyrénées et de la montagne Noire. On doit peut-être y rapporter aussi les dépôts de Boulade et de Perriers, près d'Issoire, en Auvergne, où MM. Jobert et Crozet ont trouvé tant d'ossements enfouis, comme aussi les dépôts partiels répandus sur la pellicule de molasse qui couvre la craie de la Normandie, de la Picardie, de l'Artois, qui semblent se lier avec ceux des comtés de Suffolk et de Norfolk; mais qui pourraient peut-être aussi se rapporter au diluvium.

Ces dépôts renferment encore des amas de lignites qui sont exploités avec avantage dans diverses localités. Les uns présentent des couches réglées de combustible compacte, accompagnées de coquilles d'eau douce, comme à Paumiers (Isère), ce qui annonce des dépôts tranquilles et lents dans des lacs; mais le plus grand nombre, qui peut-être appartient aux dépôts diluviens, comme aux environs de la Tour-du-Pin, et en plusieurs points de la Haute-Saône, n'offrent que des amas irréguliers de bois, dont les uns présentent le tissu des conifères, les autres, celui des dicotylédones. Il y a également un très-grand nombre de feuilles analogues à celles de nos dicotylédones actuelles.

§ 297. *Cavernes à ossements.* — C'est peut-être à l'époque subapennine que vivaient les éléphants, ainsi que les mammifères carnassiers, dont nous trouvons aujourd'hui les débris dans les cavernes qui leur servaient d'habitation. Les plus anciennes de ces cavités, connues par les débris qu'elles renferment, sont celles du Harz et de la Franconie; mais depuis que M. Buckland a fait voir qu'il fallait déblayer les limons, les sables, les cailloux roulés, les stalagmites, qui ont souvent recouvert les ossements, on a trouvé de ces débris partout où jusqu'alors on ne les avait pas soupçonnés.

La plupart de ces cavernes ont eu jadis des ouvertures latérales, souvent encore libres aujourd'hui, qui ont pu donner accès aux animaux de l'époque. Ceux-ci, sans doute, pendant de nombreuses générations, seront venus s'y réfugier, y auront trainé leur proie, et terminé successivement leur existence¹. De là accumulation de

¹ Divers géologues, admettant que les cavernes ont été remplies par des courants d'eau qui y ont entraîné tous les animaux dont nous y trouvons les ossements, rapportent tout alors à la période diluvienne.

leurs ossements, que nous trouvons dans un terreau noir, fétide, qui provient sans doute de la décomposition de leur chair, et dans lequel se reconnaissent aussi leurs déjections. Le plus grand nombre de ces débris appartiennent à des *ours*, dont deux espèces plus grandes que nos races actuelles ; ou bien à des *hyènes*, plus fortes aussi que celles que nous connaissons vivantes : c'est tantôt l'un, tantôt l'autre de ces genres qui domine. On trouve aussi une espèce de *loup*, très-abondante, dans les cavernes à ours de Galainreuth en Franconie ; mais les autres carnassiers du genre chien, et ceux du genre chat, qui offrent des espèces de *jaguars*, sont partout en très-petit nombre. Du reste, on y trouve des débris de *rongeurs*, de *ruminants*, même de grands *pachydermes*, et d'*oiseaux* qui ont été sans doute la proie des premiers, ce que montrent les empreintes de dents qu'on voit quelquefois sur leurs os.

On reconnaît souvent avec évidence qu'il s'est passé dans ces cavernes des événements particuliers depuis que les ossements y ont été déposés. Tantôt le dépôt est recouvert par une couche de limon, annonçant qu'à une certaine époque des eaux bourbeuses ont dû pénétrer dans la cavité ; tantôt on voit clairement que les ossements ont dû être remués par des eaux violemment agitées, car ils sont dispersés irrégulièrement dans le limon même, et ne présentent jamais de squelettes entiers. Quelquefois des portions de stalactites brisées, des cailloux roulés, étrangers même aux terrains environnants, s'y trouvent introduits, ce qui annonce la force d'entraînement des eaux. Mais ce n'est qu'en certains points de la caverne qu'on trouve ces cailloux avec un peu d'abondance, et il arrive quelquefois que les ossements sont brisés dans un point de l'espace qui les renferme, lorsque partout ailleurs ils sont intacts et mêlés comme d'ordinaire avec des matières terreuses. Il semble, dans ce cas, qu'une masse d'eau soit tombée avec force de la partie supérieure par quelque crevasse passagère, et que c'est à l'endroit de la chute que le grand bouleversement a eu lieu, que les cailloux se sont rassemblés et que les os ont été brisés. Ces événements passagers n'ont cependant pas chassé pour toujours les hôtes de ces cavernes : les mêmes genres d'animaux, ou des genres différents, y sont revenus quelquefois, même à plusieurs reprises, et l'on reconnaît sur la couche de limon les traces de leur passage, quelquefois même leurs débris ; souvent les anciens ossements ont été usés sous les pas des animaux venus postérieurement.

A ces accidents ont succédé souvent les formations lentes de stalactites ; des eaux chargées de carbonate de chaux ont quelquefois pénétré le dépôt général, lui ont donné de la consistance, et l'ont

recouvert de stalagmites, qui séparent même quelquefois différents lits d'ossements. Cependant, en certains lieux, comme en Allemagne, cette nouvelle formation a été peu importante, et n'a pas masqué entièrement les débris; dans d'autres, elle est même à peu près nulle, et le sol est encore celui que les ours et les hyènes de l'ancien monde ont foulé.

§ 298. Quelques-unes de ces cavernes tant en Europe qu'en Amérique, semblent aussi avoir servi postérieurement de refuge à l'homme, dont on y trouve parfois les débris, ainsi que ceux d'une industrie naissante, en contact, ou même mélangés avec les restes de tout ce qui l'a précédé sur la terre. Le simple contact ne conduit à aucune conséquence d'âge relatif; et quant au mélange, ne peut-il être arrivé que l'homme lui-même ait quelquefois fouillé le sol de ces cavernes, soit pour en rendre l'habitation plus facile, soit pour en faire des lieux de sépulture? Ne peut-il être survenu quelque inondation locale qui ait remué tout le dépôt, confondu dans le même tas l'ancien et le moderne, et donné ainsi un faux air de contemporanéité à des êtres séparés par des milliers de siècles? Le nombre des cavernes qui renferment ces débris est très-peu considérable relativement à celles où il n'en existe pas. On n'en cite que trois en Angleterre, et c'est dans l'une d'elles seulement que le mélange paraît avoir eu lieu. Il s'en trouve quelques-unes dans les Cévennes, et notamment celles de Lunelvielle et de Mialet. Sur plus de 800 cavernes explorées au Brésil par M. Lund, il ne s'en trouva que 6 qui renfermaient des ossements humains, et ce n'est que dans l'une d'elles seulement que le mélange se manifesta en réalité; dans les autres, les débris étaient dans la couche superficielle.

§ 299. Ce que nous venons de dire convient à un certain nombre de cavernes, qui ont été évidemment les repaires des animaux dont elles présentent les débris. Mais il y en a d'autres où les choses ont dû se passer autrement, où l'on n'observe pas d'entrée latérale, où les ossements sont disloqués, plus ou moins brisés, mêlés avec des débris de roches et des cailloux roulés, qui remplissent souvent toute la cavité. On suppose alors que les fentes verticales par lesquelles on pénètre aujourd'hui, et qu'on a découvertes accidentellement, ont donné passage aux eaux qui entraînaient, avec des débris minéraux, soit les cadavres des animaux, soit même les ossements déjà décharnés. On est d'autant plus porté à cette hypothèse que ce ne sont pas toujours des débris d'animaux qui recherchent les tanières, comme les ours et les hyènes; mais souvent des ruminants, des pachydermes, des carnassiers et des rongeurs, qui vivent toujours en plein air.

§ 300. C'est peut-être aussi au moyen d'un transport que s'est fait le remplissage des fentes du calcaire jurassique et celui des cavités correspondantes, § 210, par des minerais de fer, mêlés parfois de coquilles et d'ossements et qu'on trouve déjà répandus dans tous les dépôts de la Bresse et du Haut-Rhin. On peut attribuer à la même cause la formation des brèches osseuses également dans le calcaire jurassique, liées sur toutes les côtes de la Méditerranée, à Cette, à Antibes, à Nice, à Gibraltar, par un ciment ferrugineux qui renferme quelquefois des coquilles marines actuelles. Enfin, rien n'empêche d'attribuer à des circonstances locales de transport, peut-être même d'une époque postérieure, tous les dépôts d'ossements qui se sont faits çà et là dans des fentes, comme aussi l'introduction des ossements de cétacés dans les cavernes de la Sicile, qui ont dû nécessairement se remplir lorsqu'elles étaient au-dessous des eaux.

§ 301. Les cavernes à ossements se trouvent plus particulièrement dans le calcaire du Jura; elles deviennent rares dans la craie, et cependant il y en existe encore et même jusque dans la molasse; il n'y en a plus dans les dépôts supérieurs. Les animaux dont elles renferment les débris ont certainement habité les lieux à une époque reculée dont nous fixerons plus tard l'âge relatif; et ce qui le prouve, c'est leur état de conservation et l'absence de toute trace de roulis annonçant avec certitude qu'ils n'ont pu venir de loin; c'est enfin la découverte de dépôts de même nature à la Nouvelle-Hollande, où l'on n'a trouvé que les genres d'animaux si particuliers à cette contrée, § 164, c'est-à-dire des kanguroos, des dasyures, etc., mêlés à quelques débris d'éléphants.

§ 302. **Terrains diluviens.** — On a nommé *diluvium*, des dépôts qui se sont formés après les terrains subapennins, et qui semblent avoir peu de rapport avec ce que nous voyons se faire aujourd'hui. Le nom qui leur a été donné tient à ce que, dans le principe, on les a regardés comme le résultat du déluge universel, dont le récit exposé dans la Bible, se reconnaît même dans les traditions de tous les peuples; mais il est à croire qu'ils n'ont rien de commun avec ce fait important; car nulle part on n'y a trouvé la moindre trace d'industrie, et il n'y existe pas de débris humains, qui s'y seraient sans doute aussi bien conservés que les ossements d'éléphants et de tous les autres animaux qu'on y rencontre. En Angleterre, on nomme particulièrement *drift* tout ce qui, dans ces dépôts, a paru résulter de l'action des courants, tant ceux des rivières que ceux des mers.

Une grande partie de ces dépôts suivent la direction des vallées

actuelles, en bandes qui ne s'étendent qu'à de faibles distances en largeur. Leur nature et leurs dispositions varient, en général, d'un bassin hydrographique à l'autre et aussi, dans chaque bassin, d'un affluent à un autre. Ils annoncent fréquemment d'immenses transports, des accidents d'érosion dont nos rivières sont aujourd'hui incapables; ils se trouvent à des niveaux que les eaux actuelles ne peuvent atteindre, sur des étendues qu'elles ne peuvent couvrir, et ils ont été généralement sillonnés par les courants modernes, qui y ont creusé leur lit et y déposent journellement des débris nouveaux, § 474. C'est par suite de ces circonstances que le diluvium est souvent aussi désigné sous le nom d'*alluvions anciennes* par opposition aux alluvions qui se forment aujourd'hui, ou qui se sont formées depuis les temps historiques.

Cependant il y a aussi des dépôts du même ordre qui paraissent s'être formés dans des lacs plus ou moins étendus, dans des estuaires ou des golfes plus ou moins larges, enfin dans des mers plus ou moins profondes, et qui étant ensuite soulevés, subitement ou lentement, sont venus successivement augmenter nos continents. Il y a par conséquent deux sortes de diluvium.

Il existe diverses circonstances qui marquent les limites de ces dépôts. D'un côté, il y a eu un grand phénomène de polissage, de stries et de sillons sur les rochers préexistants, qui s'est effectué avant la formation des matières qui les recouvrent; c'est ce qu'on voit sur les côtes de Norvège, dans les plaines du Danemark, en Angleterre, dans l'Amérique septentrionale, etc., où sous tous les dépôts diluviens, on en trouve des traces non équivoques. Mais il paraît aussi que des phénomènes du même genre auraient eu lieu depuis, en sorte que ce serait entre les deux effets que ces dépôts se seraient formés, ou bien que toutes ces circonstances seraient contemporaines.

D'un autre côté, les dépôts diluviens reposent en stratification discordante sur les couches relevées des dépôts précédents, tant sur les dépôts de la Bresse, comme on le voit à Lyon et au delà, dans la vallée du Rhône, que sur les dépôts subapennins, comme sur plusieurs points de l'Italie. Vers la base se trouvent fréquemment des couches qui renferment des ossements d'animaux dont la race a complètement disparu, ou qui n'existent plus vivants dans les localités où se rencontrent leurs débris. Les coquilles qu'on y trouve se rapportent entièrement à celles des mers actuelles, surtout des mers environnantes, ou bien sont analogues à celles de nos lacs et de nos rivières.

§ 303. *Dépôts des vallées.* — A la base des dépôts formés sur la

direction des vallées se trouvent en général des débris plus ou moins roulés des roches de la contrée, des sables ou des argiles qui proviennent du remaniement des matières sous-jacentes. Au-dessus viennent les débris roulés des diverses roches amenés de loin par les affluents, et qui se trouvent mêlés tous ensemble dans la partie inférieure de la vallée principale. C'est ainsi que la vallée de la Seine offre des alluvions où l'on reconnaît des cailloux roulés de tous les terrains que les affluents traversent : des calcaires siliceux, amenés par les affluents de la rive gauche, des grès parisiens, des silex, de la craie, des calcaires jurassiques, amenés par la Marne, par l'Aisne, la haute Seine, et même des granites, des sienites du Morvan, qui sont arrivés par l'Yonne ; aussi n'en trouve-t-on pas au-dessus de Montereau.

Les alluvions anciennes de la vallée du Rhin sont principalement formées, dans le fond, des débris roulés des roches environnantes. Dans sa partie inférieure, ce sont des sables et des cailloux roulés qui proviennent du grès des Vosges, § 249. Au-dessus se trouve une argile fine, en dépôts souvent très-épais et très-étendus, qu'on nomme *lehm* ou *loes*, caractérisés par des coquilles d'eau douce qui vivent encore dans le fleuve, ou des coquilles terrestres de la contrée.

La vallée du Rhône nous présente, depuis Lyon jusqu'à la mer des débris alpins qui n'ont pu être charriés par le fleuve actuel, qui entrent dans toutes les vallées latérales, se lient à toutes les terrasses qu'on observe sur les dépôts précédents, et nous offrent enfin dans le haut les témoins d'une vaste nappe qui a recouvert les dernières pentes des Alpes. Ça et là dans le fond de la vallée se trouvent au-dessus, ou au milieu de ces débris, des dépôts plus ou moins épais d'argile qui sert partout de *terre à piser*. Ces dépôts se prolongent sans interruption jusqu'aux plaines de la Camargue et de la Crau, immenses remblais de cailloux roulés de toute espèce, dont on suit la route directe dans la vallée de la Durance jusqu'au centre des Alpes qui les a fournis. Les mêmes dépôts se retrouvent en Piémont, en Lombardie, dans les plaines de l'Autriche, de la Bavière, de la Suisse, entourant ainsi tout le groupe alpin, d'où les matériaux ont été arrachés ; c'est ce qu'on a nommé le *diluvium alpin*.

§ 304. *Dépôts des mers*. — Ceux-ci recouvrent des espaces plus étendus que les précédents, et se divisent en couches plus nombreuses ; mais par cela même que maintes fois ils se sont formés avec lenteur comme les dépôts de l'époque subapennine, il est souvent difficile de les en distinguer nettement, et il y a bien, à l'égard de quelques-uns d'entre eux, quelques incertitudes, qu'on ne peut

lever que par une étude approfondie des débris coquilliers qu'ils renferment.

En Angleterre, après quelques débris roulés, variables suivant les lieux, ou bien des argiles et des sables qui proviennent du remaniement, soit de l'argile de Londres, § 287, soit des grès bigarrés, § 250, on trouve souvent un dépôt argileux, ou *Till*, caractérisé par la présence d'un grand nombre de blocs de toute espèce, parmi lesquels il s'en trouve d'étrangers à la contrée et qui viennent de pays éloignés : ces dépôts atteignent parfois jusqu'à 100 mètres de puissance. Au-dessus du *Till* viennent des argiles feuilletées, quelquefois séparées par des graviers, et renfermant des ossements d'éléphants, de cerfs, etc., mélangés parfois de coquilles des mers actuelles. Par-dessus viennent encore des marnes coquillières de diverses espèces, et çà et là des dépôts lacustres, qui se trouvent même intercalés, et renferment aussi des débris d'éléphants, d'hippopotames, de cerfs, etc., avec toutes les coquilles fluviales et terrestres de la contrée.

Dans le nord de l'Europe, les argiles, avec ou sans blocs, paraissent aussi former la base du diluvium, et sont recouvertes par des sables qui renferment des coquilles des mers glaciales. C'est encore quelque chose d'analogue que les dépôts d'argile bleue avec graviers, et de sables avec blocs de diverse nature et coquilles des mers du Nord, qui forment la base du Danemark et qui se prolongent dans les plaines du Mecklembourg, de la Prusse, du Hanovre, en se joignant aux sables et autres débris roulés modernes qu'on nomme *geest* dans toute la partie occidentale de l'Allemagne.

Plus loin, sur les côtes de la mer Blanche et de l'océan Glacial, il existe des bancs considérables de sables remplis de coquilles des mers arctiques, avec des débris d'éléphants et d'autres grands animaux. Enfin, les innombrables plages soulevées qu'on rencontre partout renferment les mêmes débris organiques et paraissent dès lors appartenir au diluvium.

L'Amérique septentrionale nous présente des circonstances analogues dans les divers dépôts diluviens qu'on y rencontre. Il en est de même dans l'Amérique méridionale, où le *limon des pampas* repose sur des dépôts argileux et sableux renfermant des coquilles des mers voisines, et qu'on retrouve non-seulement au Brésil, mais encore dans tout le terrain qui s'étend au sud jusque dans la Patagonie. Les plages soulevées du Chili, § 32, 153, se rapportent à la même époque en se liant avec ce qui s'est fait de nos jours.

§ 305. *Dépôts divers.* — C'est à la même époque qu'il faut rapporter les amas immenses de débris roulés dans lesquels se trouvent

l'or, le platine, le diamant, tant au Brésil que dans l'Inde, dans les monts Oural et Altaï, où les dépôts renferment aussi des débris d'éléphants, de rhinocéros, etc. Les dépôts stannifères de Cornouailles, du Mexique, de la presqu'île orientale de l'Inde, où ils sont abondants, paraissent s'y rapporter également.

Enfin, on doit citer parmi les derniers dépôts diluviens le *terreau noir*, ou *Tshernoïzem*, matière éminemment fertile, qui couvre une grande partie du sud de la Russie d'Europe, du pied des Karpathes à l'Oural, et jusque sous le 54° degré nord, qui pénètre en Sibérie, et semble se lier aux dépôts à ossements. Il en est sans doute de même du *Ragur* ou *terre à coton de l'Inde*, dont la fertilité est encore plus remarquable. Ce dépôt, d'une étendue immense, paraît recouvrir aussi toute espèce de terrain et jusqu'aux débris qui renferment le diamant. Ni l'une ni l'autre de ces matières ne renferme le moindre caillou roulé, le moindre débris de coquilles, si ce n'est, à la surface, quelques coquilles d'eau douce ou terrestres.

§ 306. *Débris animaux de ces dépôts.* — Les dépôts diluviens renferment partout des dépouilles de mollusques qui appartiennent aux espèces vivantes de la contrée, les unes marines, les autres d'eau douce; mais ce qui les caractérise surtout, ce sont les nombreux et derniers débris d'éléphants, de rhinocéros et de tous les animaux qui ont paru avec eux à la surface du globe, qu'on trouve partout vers la base du terrain diluvien. Parmi ces dépôts à ossements, le plus remarquable est cet immense ossuaire de l'océan Glacial du nord, sur les côtes de la Sibérie et dans les îles qui en dépendent. Là un grand nombre d'animaux conservant encore leurs chairs, sont enfouis dans des sables qui renferment des coquilles du même océan, et qui sont consolidés par des glaces perpétuelles. On y a trouvé des éléphants, des rhinocéros, couverts de longs poils, ce qui semble indiquer que les espèces, qui vivaient alors dans ces climats, étaient destinées à supporter des températures plus basses que celles à peau nue qui habitent aujourd'hui l'Asie méridionale et l'Afrique. Les défenses de ces éléphants de l'ancien monde sont recherchées par le commerce, où elles entrent en concurrence avec celles des éléphants modernes.

En Amérique, les ossements des éléphants et des rhinocéros se trouvent avec des débris de mastodontes et surtout ceux du massif *megatherium*, fig. 352, qui n'avait pas moins de 4 mètres de longueur sur 2 de hauteur, dont la tête présente de l'analogie avec celle des animaux du genre *bradype*, de l'ordre des édentés. C'était sans doute un animal lent, et vivant de racines, que ses molaires étaient merveilleusement disposées à broyer.



Fig. 352 Squelette du megatherium, ou animal du Paraguay.

§ 307. *Roches moutonnées, polies, striées et sillonnées.* — Un des phénomènes les plus remarquables qui ont précédé ou accompagné la formation diluvienne, est celui des roches arrondies, usées, polies, striées et cannelées, qui annoncent avec évidence le frottement des corps durs, en même temps qu'ils montrent la direction imprimée aux masses que la nature mettait en jeu. Depuis que Saussure a fait remarquer les sillons qui se trouvent sur les pentes du Salève, et les a considérés comme les ornières du char qui a transporté les cailloux et les blocs des environs de Genève, on a observé partout des phénomènes du même genre : dans le Jura, dans les Vosges, dans le Westmoreland et le Cumberland en Angleterre, en Suède, en Norvège, en Laponie, en Finlande, dans l'Amérique du Nord, etc.

Parmi les naturalistes, les uns admettent qu'en Suède, en Norvège, en Laponie, les stries et les sillons ont partout une direction à peu près constante, sauf les irrégularités locales; que les surfaces moutonnées, qui de loin ressemblent à des sacs de laine empilés les uns sur les autres, sont généralement tournées vers le nord et jamais vers le sud. On a conclu de ces considérations que la cause de ces effets devait être cherchée hors de la Scandinavie, et se trouver vers les régions polaires du nord. Ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'au Canada et sur une grande partie du sol des États-Unis,

la direction des sillons est aussi du nord au sud ; en sorte qu'il y aurait là un immense phénomène produit avant l'apparition de l'homme sur la terre, § 374, puisqu'il a eu lieu avant les dépôts diluviens. § 302, qui s'est manifesté, sauf les irrégularités locales, jusque dans les Iles Britanniques, donnant aux monticules granitiques de la Finlande une forme allongée dans ce sens, et façonnant partout les montagnes suivant les directions que les circonstances pouvaient lui imprimer.

D'autres naturalistes nient, au contraire, les généralités que nous venons d'indiquer, et reconnaissent de grandes irrégularités dans les dispositions des stries et des sillons. Ils les regardent comme dépendantes des dispositions locales, et en général comme divergentes à partir des régions culminantes des montagnes, comme suivant les lignes de plus grandes pentes, les directions des grandes vallées. Ils font remarquer que du cap Nord à Christiania, le côté arrondi, poli et strié des roches du rivage est tourné vers les terres, tandis que le côté abrupt regarde la mer; de telle sorte que la cause modifiante, loin de venir du pôle, paraîtrait, au contraire, venir de l'intérieur des terres.

Dans les Alpes, les surfaces moutonnées, polies, striées, cannelées, se trouvent, comme nous l'avons dit, § 407, en connexion intime avec les glaciers actuels; les stries, les sillons en suivent tous les mouvements dans leurs directions, se conservent sur toutes les roches assez dures, et indiquent par leur présence à des niveaux différents, à des distances plus ou moins grandes dans la direction des vallées, l'ancienne extension des dépôts qui les ont formés.

§ 308. *Dépôts erratiques.* — Une circonstance particulière des terrains diluviens nous est présentée par certains dépôts qu'on est aujourd'hui convenu de nommer dépôts erratiques. Bien que liés intimement, d'une manière générale, avec les sédiments qui ont eu lieu après le terrain subapennin, comme on le voit autour des Alpes, par les amas de blocs qui se trouvent dans le haut des vallées ou commencent les alluvions de la Durance et des affluents du Rhône, ainsi qu'en beaucoup d'autres lieux, les dépôts dont nous allons parler offrent cependant, en certains lieux, quelque chose d'anormal qui semble réclamer une explication particulière. On se demande, par exemple, comment des blocs détachés du centre des Alpes ont pu, d'une part, se déposer à une grande hauteur sur les flancs des vallées qui en descendent, et de l'autre, parvenir en grand nombre, en conservant leurs arêtes intactes, jusque sur les sommets du Jura, à 600 ou 800 mètres au-dessus de la large vallée de la Suisse, qu'ils ont dû traverser; car il est certain que cette

vallée a toujours existé depuis l'apparition du massif alpin, § 344, 349, 370. On n'est pas moins étonné quand, partant de la Suède, où l'on trouve des blocs dispersés sur la croupe des montagnes, on en voit de même nature transportés malgré la Baltique, dont le fond du reste en est rempli, jusqu'au milieu des plaines de la Prusse, où ils viennent se lier obliquement avec d'autres trainées de blocs qui remontent jusqu'à la Finlande, et qui couvrent dans d'autres directions les plaines de la Pologne et de la Russie. Il y a de ces blocs, encore à arêtes vives, qui ont dû faire 250 lieues pour arriver au point où ils se trouvent aujourd'hui, et où ils se mêlent d'un côté avec ceux de l'Oural, de l'autre avec ceux de la Silésie, de la Saxe et du Harz, dont les montagnes ont d'ailleurs arrêté ou fait refluer les premiers. C'est cet éparpillement qui a fait donner à tous les blocs non roulés l'épithète d'erratiques, qu'on a appliquée plus tard à tous ceux qui offrent les mêmes anomalies de position. On en retrouve de tels dans les Pyrénées, dans les Vosges, les Ardennes, dans le bassin de Paris même, en Angleterre, dans l'Amérique du Nord comme dans celle du Sud, dans les Indes, etc.

§ 309. **Théorie des surfaces polies, des dépôts erratiques.**

— Il y a les plus grandes dissidences entre les géologues relativement à la manière de concevoir la formation des stries, des sillons, et la dispersion des blocs, ou, en général, des dépôts de transport à la surface de la terre. Les uns n'ont vu dans les phénomènes du nord de l'Europe, que des actions de courants puissants arrachant des quartiers de rochers aux montagnes et les transportant au loin en usant, striant, sillonnant les roches restées en place. D'autres ont fait intervenir l'action des glaçons pour transporter ces blocs dans tous les sens, jusqu'à ce qu'ils atteignissent des contrées plus chaudes, où, en se fondant, ils les laissaient aller au fond des mers, ou bien jusqu'à ce qu'ils vinssent échouer sur quelques hauts-fonds. Il en est qui, voyant partout ces dépôts de transport sur des surfaces préalablement striées, ont attribué un premier démantèlement des montagnes, et la formation des stries, à des débâcles des glaces des pôles, dont les glaçons étaient charriés avec une extrême vitesse. Les parties fines des roches étaient dans cette hypothèse immédiatement transportées par les eaux jusqu'aux lieux où elles sont déposées, et les blocs tombés au pied de la montagne, auraient été repris plus tard par des glaçons, et dès lors transportés dans toutes les directions au milieu des dépôts de sable, ou au-dessus d'eux, puis auraient été finalement mis au jour par un soulèvement du sol. La Baltique, dont le fond est encore couvert de blocs, serait le reste des mers qui couvraient alors toutes les plaines de l'Alle-

magne occidentale et toute la Russie. Enfin, remarquant que les montagnes ont été sillonnées jusqu'à de grandes hauteurs; qu'en conséquence, il fallait admettre une grande élévation des courants au-dessus des mers actuelles, ou supposer que les terres ont été autrefois plus basses, quelques savants ont imaginé de combiner les oscillations du sol avec l'action mécanique des courants chargés de forts glaçons, en rendant ainsi plus ou moins raison de toutes les particularités qu'on observe. Les mêmes théories ont été appliquées à tous les phénomènes du même genre dans toutes les contrées maritimes.

Relativement aux Alpes, on a cherché à expliquer le transport des blocs de deux manières. Les uns ont admis des torrents boueux, § 96, 302, d'une grande profondeur, capables par conséquent de se mouvoir avec une grande vitesse sur les pentes les plus faibles, susceptibles dès lors de transporter des blocs énormes sans en arrondir les angles, et même de sillonner les roches sur lesquelles ils passaient. Les autres, voyant les glaciers strier et sillonner les rochers qui les encaissent, § 107, ont imaginé que toute espèce de stries étaient produites de la même manière, et de supposer d'anciens glaciers partout où l'on observe ces phénomènes. Voyant, en outre, les glaciers transporter constamment à leur surface des blocs et des débris, former des moraines sur leurs parties latérales et à leur extrémité, ils ont pensé que telle avait été dans tous les temps la cause du transport des blocs partout où on les trouve; en conséquence, ils ont admis la prolongation des glaciers actuels jusqu'au Jura, en remplissant toute la vallée de la Suisse. C'est ce qui a été établi d'une manière très-remarquable par M. Decharpentier, qui cherchant, dans le principe, à recueillir des faits contre cette théorie naissante, s'est trouvé entraîné à en soutenir au contraire la vraisemblance. Il est impossible de voir des faits mieux coordonnés, plus clairement exposés, et l'on est conduit à en admettre les conséquences pour les Alpes, malgré l'énormité d'un glacier de 600 à 4000 mètres d'épaisseur, 60 lieues de longueur, d'une surface de plus de 2000 lieues carrées, et envoyant des branches dans toutes les vallées latérales.

Bientôt on a cherché à appliquer la théorie glaciaire aux phénomènes du nord. On a admis que les stries, les sillons des montagnes de la Scandinavie ont été produits, comme dans les Alpes, par des glaciers, ce qui explique assez bien la hauteur à laquelle on les trouve et leur divergence à partir des points culminants. Enfin, pour le transport des blocs, on a imaginé un énorme glacier, une vaste calotte de glace de 250 lieues de rayon, par laquelle ils ont été

portés partout où nous les voyons. Bref, on a couvert tout le globe de glaciers en un certain moment pour expliquer tous les phénomènes diluviens, en admettant un refroidissement général de notre planète pendant un certain temps, peu après l'apparition des Alpes principales.

Toutefois on a excepté de cette théorie la formation des sillons tortueux, des marmites des géants partout où on en rencontre à la surface du globe; on admet même que plusieurs de ces effets étaient produits avant l'apparition des glaciers qui en ont strié les bords en passant par-dessus.

On voit qu'en tout il y a deux théories principales, entre lesquelles se partagent les géologues : l'action des courants, soit simples, soit boueux, et l'action des glaciers, dont chacune a été défendue jusqu'ici avec outrance exclusivement à l'autre. Pour ceux qui n'ont pas pris part à la discussion, il paraît évident qu'aucune des deux théories ne peut rendre compte à elle seule de tous les faits observés, sans recourir à des suppositions extraordinaires qu'on ne peut justifier, et que viendra un jour une théorie unique ou chacune des deux autres aura sa part véritable. C'est ce que quelques savants ont déjà tenté, mais sans trop de succès, probablement parce qu'on ne connaît pas encore suffisamment les détails, et qu'on ne sait pas même exactement quelles sont les bases par lesquelles on doit commencer leur étude définitive.

§ 340. **Terrain moderne.** — Ici se trouve rangé tout ce qui se fait de nos jours, tout ce dont la formation paraît se rattacher à l'ère actuelle du globe : l'établissement des cordons littoraux, le remplissage des lagunes qu'ils ont produites, et tout ce qui s'est fait dans les deltas; la formation des dunes et leurs envahissements successifs; le remplissage des lacs et des marais; enfin les dépôts qui se forment aujourd'hui dans les mers et tout ce qui en a été soulevé depuis l'ordre de choses actuel.

Les matières de ces dépôts sont des cailloux roulés, des sables et des limons plus ou moins mélangés; des calcaires plus ou moins marneux qui se forment dans les lacs et dans les mers, la tourbe et le fer limoneux de nos marais; joignons enfin les tufs calcaires, les tufs siliceux que les sources amènent partout de l'intérieur de la terre à l'extérieur. Les débris organiques appartiennent tous à ce qui existe avec nous sur le globe, et même aux contrées les plus voisines des dépôts formés; ce sont des infusoires dans tous les limons, même dans le fer limoneux, comme en Silésie, des coquilles terrestres dans les tufs et qui se joignent souvent aux coquilles d'eau douce dans les dépôts des lacs et des marais, des coquilles

marines des mers adjacentes, sur les plages et dans des cordons littoraux, dans tout ce qui se dépose aujourd'hui au fond des mers, où d'ailleurs se trouve entassé tout ce qui existe avec nous sur le globe.

Il faut joindre à ces formations journalières les rescifs madréporiques que nous avons indiqués dans les mers du Sud, § 420, qui concourent à l'élévation des montagnes sous-marines, et qui ont contribué à la formation d'une multitude d'îles, ainsi qu'à l'agrandissement de celles qui existaient par des causes antérieures.

C'est à l'époque moderne qu'il faut rapporter les dépôts coquilliers marins qui renferment des débris de l'industrie humaine, comme nous en avons cité sur les côtes de l'Italie et de la Sicile, sur celles de la Suède et de l'Angleterre, aux Antilles, où se trouvent même des débris humains, et dans les îles du Pérou, § 448, 453 à 456 ; il faut même y joindre les plages soulevées de nos jours au Chili, § 32, sur lesquelles on ne peut avoir aucun doute. Quant aux dépôts analogues qu'on trouve plus avant dans les terres, soit dans cette même contrée, soit à Timor, à la Nouvelle-Hollande, etc., bien qu'ils aient été évidemment soulevés du sein des mers, il est difficile aujourd'hui de bien juger de leur époque de formation ; et quoique les débris organiques qu'ils renferment appartiennent entièrement à l'époque actuelle, peut-être, par analogie avec ce que nous présentent les sables du Danemark, faut-il les rapporter à l'époque des dépôts diluviens. Au reste, il est souvent fort difficile d'établir une ligne nette de démarcation entre les terrains diluviens et les terrains modernes ; et il est à présumer que dans les diverses formations qui ont suivi celles qu'on rapporte aux dépôts subalpiniens, on formera par la suite plus de divisions que nous n'en supposons aujourd'hui.

ÉTUDE DES ROCHES DE CRISTALLISATION INTERCALÉES AVEC LES DIFFÉRENTS DÉPÔTS DE SÉDIMENT.

§ 344. **Nature et distinction des roches cristallines.** — Si le carbonate de chaux, compacte ou terreux, et plus ou moins mélangé de matières diverses, intercalé avec des dépôts arenacés très-variables de nature et d'épaisseur, constitue en général les terrains de sédiment, les silicates de diverses sortes forment aussi généralement ce que nous avons appelé les terrains de cristallisation, dont les uns sont de fusion et les autres de pur métamorphisme. § 180 à 213. Ces matières sont principalement les diverses substances qu'on a rangées autrefois sous la dénomination de *feldspath*,

telles que *labradorite*, *orthose*, *albite*, etc., ou celles qu'on a nommées *micas*, qui paraissent offrir tant d'espèces diverses; les *amphiboles*, et particulièrement les *actinotes* et les variétés nommées *hornblende*; les *pyroxènes* à base de protoxyde de fer, et leur modification, qu'on a désignée sous le nom d'*augites*; enfin les silicates magnésiens qu'on a nommés *serpentes* et *diallages* (voyez la *Minéralogie*). Toutes ces matières sont mélangées entre elles et avec le quartz de différentes manières.

Les roches (matières de rochers) que constituent la silice et les silicates sont tantôt *simples*, tantôt *composées*; c'est-à-dire qu'elles sont formées d'une seule et même matière, ou qu'elles résultent de la réunion constante de plusieurs matières différentes. Les roches *simples* sont le quartz, vitreux ou lithoïde, compacte ou grenu, fréquemment alors plus ou moins schisteux, et constituant des *quartzites* et les *lydiennes* (*quartz lydien*). Viennent ensuite les *feldspaths* divers à l'état compacte, qui forment les *petrosilex*, ou *eurites*; puis les *obsidiennes* et les *rétinites*, qui s'y rattachent minéralogiquement, ainsi que les ponces qui en dépendent. Les amphiboles forment les roches nommées *amphibolites*, comme le pyroxène en masse forme celle qu'on nomme *lherzolite*. Les diverses sortes de *serpentes* sont aussi des roches simples de fusion qui forment çà et là des mamelons plus ou moins considérables. On nomme serpentes diallagiques celles qui présentent dans la cassure des lamelles de diallage d'une espèce ou de l'autre.

§ 342. *Caractère des roches composées.* Les roches composées, dont on peut faire minéralogiquement une infinité d'espèces, suivant la quantité, la nature et la variété des substances mélangées, se réduisent cependant à un assez petit nombre quand on veut les envisager en grand comme les masses qu'elles forment à la surface du globe. Ce sont en général les roches suivantes.

a. *Granite.* — Roche massive formée de trois éléments cristallins, orthose, quartz et mica, réunis ordinairement en masses grossièrement granuleuses et agrégés avec plus ou moins de force. Le mica, qui offre tant de caractères différents, peut servir à établir un grand nombre de variétés de cette roche, et entre autres les *granites talqueux*, qui appartiennent particulièrement aux Alpes, et qui, par une idée qu'on a reconnue fautive, § 348, avaient été nommés *protogynes*. La manière dont ces éléments sont groupés peut aussi donner lieu à quelques distinctions, et de là les *pegmatites*, où les trois principes se retrouvent en grand, formant chacun de gros amas distincts accolés les uns aux autres. En petit, la roche présente souvent un orthose lamellaire, rempli de cristaux de quartz;

le *granite graphique* en est une variété où les cristaux de quartz enclavés dans l'orthose donnent, dans certaines directions, l'apparence des caractères hébraïques.

b. Siénite. — Roche massive assez analogue au granite, auquel elle passe par toutes les nuances, où le mica est remplacé en tout ou en partie par l'amphibole. Le quartz y disparaît assez fréquemment sur une étendue plus ou moins considérable, et quelquefois aussi l'orthose. Dans ce dernier cas, la roche passe à l'amphibolite. Quelquefois les éléments se confondent, la roche devient compacte et ressemble à la diorite compacte.

Il existe aussi des roches analogues où l'orthose est remplacé par le labrador, et l'amphibole par l'hypersthène; ce sont celles qu'on a nommées *hypérites*.

Les granites et les siénites, outre la réunion principale qui les constitue, renferment souvent des cristaux disséminés de feldspath plus ou moins volumineux, qui appartiennent assez fréquemment à l'albite. La roche devient alors *porphyroïde*.

c. Gneiss. — Le granite et la siénite, au lieu de présenter la structure massive, cristalline et granulaire, qui leur est propre, passent fréquemment à des matières schisteuses sans perdre aucun de leurs éléments. Ce sont ces matières qu'on nomme *gneiss*, et qui participent à toutes les variations de leurs congénères; mais il est nécessaire de remarquer que si ces roches peuvent être quelquefois des variétés des granites ou des siénites auxquels elles sont associées, le plus souvent on reconnaît qu'elles se lient aux roches arénacées, aux argiles schisteuses des terrains sédimentaires, dont elles sont des métamorphoses: ce sont alors les *gneiss métamorphiques*, qui se trouvent toujours intercalés entre les granites et les roches sédimentaires.

d. Leptynite, ou weisstein. — Il arrive souvent que, dans quelques points, les granites, les siénites, les gneiss, perdent leur quartz, leur mica ou leur amphibole; la roche devient alors presque entièrement feldspathique, finement grenue, et elle se trouve désignée sous le nom de *leptynite*. Elle est tantôt compacte, tantôt schisteuse, quelquefois granitoïde et renfermant alors des lamelles de mica disséminées, rarement du quartz.

e. Hyalomictite granitoïde ou greisen. — C'est une sorte de granite peu répandu dans la nature, où le feldspath est très-rare; elle a cela d'important qu'elle accompagne fréquemment les minerais d'étain et peut leur servir d'indice. L'*hyalomictite schistoïde*, qui ne renferme que du quartz hyalin et du mica, paraît se rattacher quelquefois au gneiss et au schiste micacé, qui font partie des

masses granitiques : mais le plus souvent aussi elle se lie aux roches métamorphiques de ces deux genres.

f. Euphotide, ou gabro. — Roche composée d'albite compacte ou de labradorite et d'une des matières qu'on nomme diallage. Ce mélange présente tantôt une apparence granitoïde, tantôt une structure fissile et plus ou moins feuilletée. Il y a au cap Lizard une roche analogue formée d'oligoclase et d'hypersthène.

g. Diorite, *grünstein* des Allemands. — Roche assez analogue à la siénite lorsqu'elle est cristalline, mais composée d'albite, quelquefois d'oligoclase, et d'amphibole, renfermant rarement du quartz. Elle passe fréquemment à l'*amphibolite* en perdant la matière feldspathique ; mais il arrive aussi que les deux éléments se mêlent d'une manière intime et que toute la masse devient compacte, sans qu'on y puisse distinguer à l'œil les parties constituantes : on la désigne assez souvent alors sous les noms de *cornéenne* ou d'*aphanite*, et elle devient porphyroïde par la dissémination de petits cristaux feldspathiques plus ou moins distincts.

h. Dolérite. — C'est un mélange de labrador lamellaire avec du pyroxène augite. Cette roche ressemble quelquefois à certaines variétés de siénites et de diorites, et d'autant plus qu'elle renferme assez souvent aussi de l'amphibole.

i. Basalte. — C'est une dolérite compacte, où le labrador et le pyroxène sont intimement mêlés et indiscernables à l'œil. Il s'y trouve souvent disséminés des cristaux de pyroxène, quelquefois de mica noir, et souvent du périclote. Cette roche présente fréquemment les divisions en colonnes prismatiques ; elle passe souvent aux matières scoriacées, à des tufs basaltiques, et aussi à une matière argileuse assez dense, qu'on nomme *wacke*, qui constitue parfois à elle seule des dépôts considérables, tantôt isolés, tantôt en relation avec les basaltes ou les amygdaloïdes qui en dérivent.

k. Trapp. — Roche douteuse, où les éléments composants sont indiscernables : on la voit passer tantôt à la diorite compacte, tantôt aux basaltes. Ces matières se divisent très-fréquemment en prismes et présentent toutes les allures des basaltes, si ce n'est qu'elles n'offrent pas de passage aux matières scoriacées. On n'y trouve pas non plus de périclote disséminé. Du reste, on les voit passer à des roches porphyriques et amygdaloïdes. Souvent elles forment des masses de roches disposées en gradins, et c'est ce qui leur a valu le nom de trapp en Suède.

l. Trachyte. — Roches massives, qui paraissent être généralement albitiques ; mais souvent à pores extrêmement fins qui déterminent une aptitude particulière dont on a tiré leur dénomination.

Ces roches passent d'un côté à des matières scoriacées ou ponceuses, et de l'autre à des roches compactes et porphyriques, et même à des porphyres quarzifères très-caverneux. Elles sont tantôt simples, tantôt mélangées de mica ou d'amphibole, rarement de pyroxène. On donne le nom de *domite*, parce qu'elles composent la masse du Puy-de-Dôme et diverses buttes environnantes, à des matières à grain fin, peu agrégées, qui renferment les mêmes éléments et passent à des variétés plus solides porphyriques.

m. Phonolite, ou klingstein. — Roche tabulaire ou schisteuse, ordinairement sonore, ce qui lui a valu ses noms ; en partie attaquant par les acides, tantôt d'apparence homogène, tantôt peu distinctement porphyrique ; elle se lie à la fois aux terrains trachytiques et aux terrains basaltiques.

n. Roches porphyriques diverses. — On nomme en général *porphyre* toute espèce de roche composée qui, dans une pâte compacte, le plus ordinairement feldspathique, renferme des cristaux distincts d'une autre substance qui est aussi le plus souvent une de celles qu'on a nommées feldspaths. Tantôt la pâte est un feldspath compacte à peu près pur, et il en résulte ce qu'on nomme les *porphyres euritiques* ; ailleurs elle renferme une assez grande quantité de matière ferrugineuse rouge ; souvent elle présente une *diorite*, dans laquelle sont disséminés des cristaux plus clairs, quelquefois tout à fait blancs, d'albite plus ou moins distincts, quelquefois d'andesite ou d'oligoclase : il en résulte alors les porphyres verts, *grünstein-porphyr*, qu'on nomme aussi *ophites*. Dans d'autres cas, la base est labradorique, et colorée en noir par une matière qu'on regarde comme du pyroxène ; il en résulte des porphyres noirs, qu'on nomme aussi *mélaphyres*. Enfin la pâte se charge souvent de silice que l'on voit s'isoler çà et là, et présenter des parties plus ou moins étendues de silex opaque ; elle se remplit quelquefois de cristaux de quartz, et renferme en même temps des cristaux d'orthose ou d'albite. Ces roches, ordinairement rougeâtres, dont la pâte devient souvent plus ou moins terreuse, sont les *porphyres quarzifères* et les *porphyres argileux*, qu'on nomme aussi *argylophyres*.

o. Variolites. — Lorsque le feldspath, au lieu de se présenter en cristaux dans une pâte feldspathique compacte, n'y forme plus que des nœuds cristallins, qui sont souvent striés du centre à la circonférence, la roche prend le nom de *variolite*, ou de feldspath glanduleux. Les variolites de la Durance sont à base de diorite compacte.

p. Amygdales. — Les diorites, les basaltes, les wackes, les

trapps et les mélaphyres renferment souvent des noyaux plus ou moins irréguliers de calcaire, d'aragonite, de zéolite, qu'on a quelquefois comparés à des amandes renfermées dans une pâte : la roche prend alors l'épithète ou même le nom d'*amygdaloïde*. On ne sait pas toujours à quelle espèce de roche appartient la pâte des amygdaloïdes ; mais on voit toutes celles dont nous avons parlé passer à cette modification, et l'on remarque alors que les diorites passent à des amygdaloïdes dont les noyaux sont calcaires, tandis que les basaltes, les mélaphyres, etc., en donnent d'autres où les noyaux sont formés d'aragonite et de zéolite.

q. Roches feuilletées ou schisteuses. — Ces roches sont composées de lames de mica, tantôt élastique, tantôt seulement flexible, et alors doux au toucher, qui sont le plus souvent entremêlées avec des lits de quartz, et dont l'ensemble forme des masses susceptibles de se diviser en feuillets plus ou moins minces. Ce sont les *schistes micacés*, ou *micaschistes*, et les *schistes talqueux*. On donne souvent le nom de *schistes argileux* à celles de ces roches qui ne renferment pas de quartz, ou du moins qui n'en renferment qu'en très-petite quantité.

Certains micaschistes, surtout ceux où le quartz est dominant, ne sont que des modifications des gneiss associées aux roches granitoïdes ; mais la plupart se lient aux différents dépôts de sédiment par les gneiss superposés aux granites, et ne sont que le résultat du métamorphisme des dépôts arénacés et argileux par les divers agents souterrains.

r. Roches calcaires-cristallines. — Les calcaires sédimentaires sont presque toujours modifiés profondément dans le voisinage des roches de fusion. Ils passent alors à diverses variétés de calcaire saccharoïde et se mélangent de différentes substances minérales en formant des roches composées, auxquelles on donne quelquefois différents noms ; tels que : *calciphyre*, lorsqu'elles renferment des cristaux disséminés de certaines substances ; *cipolin*, lorsqu'elles renferment du mica ou du talc en lamelles uniformément disséminées ; *ophicalce*, lorsque ces matières sont disposées par veines ou par feuillets entrelacés ; *calchiste*, lorsqu'elles offrent une masse schisteuse formée de feuillets alternatifs de schiste micacé ou talqueux et de calcaire, etc.

s. Laves. — Rappelons que les laves ne sont pas des roches particulières, § 65 à 76, 478, 479 : ce ne sont que des manières d'être à la surface du globe qui appartiennent à diverses sortes de roches, comme les trachytes, les obsidiennes, les basaltes, etc. On applique particulièrement les noms de laves aux dépôts qui ont

coulé en bandes longues et étroites sur la pente des montagnes, ou se sont étendus en nappes dans la plaine.

§ 313. *Apparition des roches de fusion.* — D'après les données que nous avons rassemblées, § 178 à 209, il est évident que les roches de fusion sont sorties à diverses époques de l'intérieur de la terre, à travers les dépôts de sédiment qu'elles ont soulevés, entre les couches desquelles elles ont été souvent injectées, et qu'elles ont quelquefois recouverts de leurs épanchements.

§ 344. *Roches granitoïdes.* — Ces roches ont commencé à paraître dès les premiers dépôts sédimentaires, et peut-être même y en a-t-il eu d'antérieurement épanchées à la surface du globe, qui seraient dès lors de véritables roches primordiales. Elles se sont ensuite continuées à toutes les époques que nous avons distinguées, et même jusqu'après les terrains tertiaires, comme en Toscane et à l'île d'Elbe suivant M. de Collegno. Il s'en est épanché en abondance dans les Alpes par-dessus le terrain jurassique, que les siénites ont elles-mêmes traversé à l'île de Sky.

On trouve souvent les granites complètement isolés des roches sédimentaires et formant à eux seuls des dépôts considérables couvrant de vastes contrées, comme le centre de la France, dans l'Auvergne et le Limousin ; ils offrent alors le plus souvent un assemblage de buttes arrondies, fréquemment recouvertes de leurs débris désagrégés et réduits à l'état sableux. Mais dans ce cas même on reconnaît qu'il y en a des espèces de divers âges ; les uns se présentent en filons au milieu des autres, ou bien forment des chaînes étendues qui, courant sous des directions différentes, annoncent par cela même diverses époques relatives d'apparition. Ainsi, sur le plateau central de la France, la masse fondamentale est un granite gris à petits grains, formé de quartz gris et de mica noir, et fréquemment associé au gneiss ; mais çà et là on remarque des filons plus ou moins puissants de granite de diverses variétés et de pegmatite qui traversent cette base, ou bien des chaînes de granite porphyroïde à gros cristaux disséminés de feldspath laminaire, souvent rosâtre, comme dans la Creuse et la Lozère. Le granite du Morvan, à feldspath rougeâtre et mica vert, est encore différent, et son apparition se rattache à des époques plus modernes. On trouve aussi le granite, ou la siénite, passant tous deux alors au gneiss, et de là au leptynite et au micaschiste, intercalés avec des dépôts de sédiment. C'est ainsi que, d'une part, on les trouve avec les strates cumbriennes, siluriennes, dévoniennes, comme dans le Cotentin et la Bretagne, dans les Vosges et dans les Pyrénées, dans plusieurs parties de l'Angleterre, de l'Allemagne, en Hongrie, en Norvège, etc., et que d'autre

part ces roches existent parmi les divers dépôts qui se rapportent aux terrains jurassiques, comme dans les Alpes.

§ 345. *Porphyres, diorites, serpentines, trapps*. — Dès le moment de la formation des plus anciens terrains de sédiment, il a commencé à se faire des roches métamorphiques, et l'on voit paraître beaucoup de roches cristallines : ainsi des porphyres argileux et quartzifères s'y trouvent déjà liés avec des siénites et des granites, comme on le voit dans les Vosges, dans le Morvan, le Beaujolais, le Forez, etc. Mais ces matières se sont prolongées beaucoup plus haut; car elles traversent le terrain houiller, arrivent dans le grès rouge, où elles forment des amas, et même des nappes sous forme de plateaux assez étendus, et se lient souvent avec des dépôts de réinite; c'est ce qu'on voit surtout en Allemagne, et ce qui se présente en France dans la partie nord des Vosges. Ces porphyres vont même jusque dans le grès bigarré, comme aux environs de Fréjus; mais jusqu'à présent on ne les a pas vus pénétrer dans des dépôts plus modernes.

Les diorites de diverses variétés, qui commencent dès les premières époques de formation, se continuent beaucoup plus haut; c'est ce qu'on voit pour les ophites, ou porphyres dioritiques, dont certaines variétés se trouvent déjà abondamment dans le terrain silurien, et dont plusieurs autres vont se terminer au-dessus de la craie, comme cela a lieu dans les Pyrénées, en soulevant jusqu'aux sables des Landes.

Quant à la serpentine et à l'euphotide, elles passent des dépôts siluriens dans le terrain houiller, où la serpentine se lie au trapp, comme à Noyant dans l'Allier, et forme quelquefois des buttes particulières, comme à Firmy dans l'Aveyron; elles parviennent dans le calcaire du Jura, s'intercalent dans ses diverses assises, comme dans la Spezia: ailleurs elles arrivent dans la craie, et s'épanchent jusque par-dessus les terrains tertiaires. C'est dans la partie supérieure de la série des terrains de sédiment que ces roches sont plus abondantes, comme on le voit sur le revers méridional des Alpes du Piémont, et dans les Apennins.

Les trapps se font déjà remarquer en Suède dans des terrains très-anciens. Ailleurs ils sont très-abondants au milieu des terrains houillers, et s'y trouvent intercalés en couches plus ou moins épaisses; c'est ce qu'on voit en France dans la vallée de la Queune, autour des houillères de Fins, et plus loin dans les houillères de Brassac, sur les bords de l'Allier; l'Angleterre nous en offre aussi de nombreux exemples. Dans d'autres lieux, ils traversent également les dépôts jurassiques, comme dans le Yorkshire, en plusieurs points

de l'Écosse, à l'île de Mull, etc. Enfin, en Irlande, ils se font jour à travers le terrain crétacé, s'y intercalent en bancs épais, et forment de vastes plateaux à sa surface.

Les mélaphyres ont peut-être bien commencé aussi à se faire jour dès les terrains les plus anciens, où ils se lient souvent avec les porphyres argileux, dont il n'est pas toujours facile de les distinguer dans certaines variétés; mais on en trouve évidemment dans le grès rouge, comme dans les Vosges, et c'est à cette hauteur qu'ils apparaissent distinctement. Ils se continuent à travers les terrains jurassiques qu'ils ont soulevés ou modifiés dans le Tyrol, ainsi qu'entre le lac d'Orta et celui de Lugano; ils se prolongent même jusqu'à l'époque des terrains subapennins, dont ils ont redressé très-probablement les couches dans la Provence.

§ 316. *Basaltes, trachytes, etc.* — Le basalte paraît n'avoir commencé qu'à l'époque de la craie: d'un côté, nous avons les trappes douteuses de l'Irlande, que quelques géologues regardent comme des basaltes, qui ont traversé ces sortes de dépôts et se sont épanchés en nappes au-dessus d'eux; de l'autre, des basaltes bien caractérisés, avec péridot, se présentent dans le Vicentin en relation avec le terrain à nummulites, et les tufs basaltiques qui s'y rattachent non-seulement alternent avec des couches de cette espèce de calcaire, mais renferment eux-mêmes toutes les coquilles qui les caractérisent. De cette époque les basaltes ont continué à travers tous les dépôts de sédiment jusqu'à l'époque actuelle; non-seulement ils ont formé sur la pente des montagnes, et dans les vallées, des coulées qui se rattachent à des cônes volcaniques à cratères, comme dans l'Eiffel et dans le Vivarais, mais encore ils coulent de nos jours en Irlande.

Les trachytes ont peut-être commencé un peu plus tard que les basaltes; nous n'en connaissons pas dans la craie, et les plus anciens se rapportent tout au plus à des terrains analogues au calcaire grossier parisien, comme j'ai cru le voir en Hongrie, si, à cette époque encore peu avancée de la science, je n'ai pas fait quelque confusion des calcaires supérieurs. Dans le Cantal, ils sont plus jeunes et postérieurs au terrain de molasse; ils sont en effet, superposés aux dépôts d'eau douce de cette époque, qu'ils ont traversés et disloqués, et dont ils renferment des débris. Ils se continuent de nos jours, en formant des montagnes qui se soulèvent graduellement, ou de véritables coulées, § 48, 74, aussi bien que les obsidiennes qui en font partie.

Les phonolites sont aussi à peu près de la même époque; cependant ces roches paraissent généralement s'être développées à part

aussi bien que le basalte ; c'est-à-dire que suivant les localités, c'est tantôt l'une, tantôt l'autre de ces sortes de produits volcaniques qui a dominé. C'est à l'apparition des roches phonolitiques qu'on est conduit à attribuer le soulèvement des nappes trachytiques qui constituent les monts Dore et le Cantal.

Les amygdaloïdes, comme on peut le concevoir d'après ce que nous avons dit de leur nature, sont de tous les âges. Il en est qui se rattachent aux diorites et aux roches trappéennes, d'autres qui se joignent aux porphyres quarzifères, aux mélaphyres, ou bien aux phonolites et aux basaltes; par conséquent, elles suivent les éjections de ces diverses matières.

Tous ces détails nous montrent qu'il y a eu continuité dans les éjections de roches ignées depuis les époques les plus reculées jusqu'à nos jours : seulement elles ont été plus générales, plus considérables aux époques les plus anciennes, et les roches semblent être arrivées à la surface du globe dans un état plus pâteux que nous ne le voyons depuis l'époque de la craie; nous en jugeons à ce que les granites, les siénites, divers porphyres ne se sont pas répandus en nappes, comme nous le voyons pour les trapps, les trachytes et les basaltes.

§ 347. **Influence de ces roches sur les dépôts de sédiment.**

— Nous avons déjà montré ces sortes d'influences, § 133, 187 à 213, depuis celles du basalte jusqu'à celles du granite, sur les dépôts qui ont été évidemment formés par l'eau; c'est donc en quelque sorte une récapitulation que nous avons à faire ici.

C'est dans les Alpes que les faits se présentent sur la plus grande échelle et nous offrent le plus de variations. Les calcaires qu'on trouve dans les avant-postes de cette chaîne de montagnes appartiennent évidemment au lias, caractérisé par la présence des bélemnites et accompagné de ses matières arénacées ou argileuses. Or, on peut suivre ces calcaires en divers points vers le centre de la chaîne, et on les voit alors se modifier d'un grand nombre de manières. Dans quelques points, ils présentent encore les bélemnites et quelques autres coquilles caractéristiques; mais déjà ils ont changé d'état : les uns sont devenus plus compactes, les autres légèrement cristallins, et se sont colorés de différentes manières. Les argiles schisteuses qui séparaient leurs assises sont passées à l'état de schistes micacés ou bien de schistes talqueux, auxquels prévalent souvent d'autres matières qui conservent encore leurs caractères arénacés, où l'on voit le talc s'introduire par feuillets dispersés de place en place; les grès quarzeux sont devenus des quartz compactes et granulaires, tantôt simples, tantôt renfermant du mica.

D'autres roches arénacées ont pris un éclat plus vif, une consistance, une couleur particulières, et renferment des lamelles de mica, ou de talc, plus ou moins larges, qu'on ne voit pas partout ailleurs dans le terrain jurassique ; il en résulte des roches qui prennent tous les caractères des grauwackes que nous avons indiquées dans les dépôts anciens, § 230, etc. Tout cela alterne bientôt avec des micaschistes et des gneiss qui passent à de véritables granites en couches subordonnées, et plus ou moins semblables aux granites en masse, autour desquels tous les dépôts précédents sont relevés. Dans d'autres points de la chaîne on trouve des calcaires saccharoïdes, blancs ou colorés, simples ou remplis de paillettes de mica ou de toute autre substance, où toute trace de coquilles a disparu, comme cela a lieu également dans le voisinage des euphotides et des serpentines des Apennins, § 200 ; enfin, dans quelques parties, les calcaires sont transformés en dolomies plus ou moins cristallines, comme nous en avons indiqué dans le voisinage des mélaphyres du Tyrol. Ajoutons que dans certaines vallées des Alpes on trouve sur les pentes divers lambeaux de gypse ou de karsténite qui sont dans des positions tout à fait anormales, qui ne se prolongent pas dans l'intérieur du terrain, où d'ailleurs ils se terminent toujours par des calcaires ; c'est ce qu'on voit surtout dans les points où il s'est développé des roches amygdaloïdes ou des serpentines, précisément comme il arrive aussi dans les Pyrénées, partout où se présentent les ophites, § 199, 200.

Maintenant, de deux choses l'une : ou il faut dire que l'ensemble de couches subordonnées au milieu duquel se trouvent les granites alpins, n'appartient pas à l'époque jurassique, ce qui aujourd'hui serait tout à fait absurde ; ou bien il faut admettre que pendant l'émission des roches cristallines il s'est fait de nombreuses modifications dans les dépôts de sédiment qu'elles ont traversés, et qu'aux dépens des diverses matières argileuses et des roches arénacées, il s'est produit, par une action évidente, quoique de nature inconnue, des schistes argileux ou talqueux, des micaschistes et des gneiss ; en un mot, tout ce qu'on nomme aujourd'hui des roches métamorphiques de toute espèce, § 211 à 213.

Ces transformations, si évidentes, que présentent les dépôts de sédiment dans les Alpes, tendent à nous faire concevoir une multitude de circonstances plus ou moins analogues, dans un grand nombre d'autres localités où les altérations sont devenues plus profondes. C'est ainsi que nous comprenons les calcaires, plus ou moins saccharoïdes, en couches, ou même en espèces de filons, dans les gneiss les plus intimement liés au granite, comme en Limousin, ou

dans les porphyres, comme en Forez; nous concevons toutes les variations du calcaire dans les dépôts cumbriens, siluriens et dévoniens, si tourmentés en tous lieux par les injections de roches cristallines. Enfin, nous nous expliquons aussi les passages continuelés des granites ou des porphyres aux schistes micacés, aux grès divers dans lesquels ils ont percé, comme dans les grès du lias en Bourgogne, les grès rouges dans les Vosges, les grès bigarrés dans le Var, les schistes argileux dans la Bretagne, l'Eiffel, les Vosges et le Forez.

§ 318. *Couches relevées et contournées.* — Un autre genre d'influence des roches cristallines se manifeste dans les dérangements qu'elles ont fait éprouver aux couches qu'elles ont traversées, qu'elles ont bousculées de toutes les manières et placées sous des inclinaisons plus ou moins rapides, comme on le voit partout au milieu des montagnes. Leur influence n'est pas moins remarquable dans les contournements quelquefois si compliqués, si bizarres même, qui sont aussi le résultat de leur apparition, et qui sont dus aux compressions que leur passage a fait éprouver aux dépôts qu'elles ont modifiés et ramollis, ou à ceux qui se trouvaient eux-mêmes à un état pâteux, § 472, 224. Ces contournements se font surtout remarquer dans les roches schisteuses diverses des terrains anciens, comme dans la Bretagne, dans les Vosges, dans le groupe central de la France, dans les dépôts jurassiques métamorphisés des Alpes, dans les terrains houillers, où probablement les matières conservaient en elles-mêmes une certaine mollesse.

§ 319. *Anciennes divisions des couches du globe.* — Dès les premiers temps de l'étude des dépôts qui composent la croûte du globe, on a reconnu que les uns renfermaient des débris organiques et des cailloux roulés; tandis que les autres, tels que granites, porphyres, etc., n'en offraient aucun indice. On a vu en beaucoup de lieux les premiers reposer sur les seconds, et l'on a cru que c'était là la règle générale. Dès lors ceux-ci ont été regardés comme les premiers membres de la création, comme ayant été faits, par voie de cristallisation aqueuse, avant l'apparition de tous les êtres organisés qui ont ensuite peuplé les mers. On leur a donné le nom de *terrains primitifs*, et, par opposition, les autres ont été nommés *terrains secondaires*. Plus tard, on s'aperçut qu'en certains lieux les roches qu'on avait remarquées dans les terrains primitifs ne cessaient pas brusquement d'exister, et qu'à la jonction des terrains secondaires elles alternaient avec des couches arénacées, avec des dépôts coquilliers. On en a conclu que là se trouvait la fin d'un certain ordre de choses et le commencement d'un autre, et l'on a conçu l'idée d'une époque particulière de formation ducax.

laquelle il s'est produit un *terrain intermédiaire*, ou *terrain de transition*. Plus tard, remarquant qu'à la fin de la série secondaire il se trouvait des dépôts où les débris organiques rappelaient beaucoup plus les êtres actuels que les débris des dépôts précédents, on a adopté une quatrième division, qu'on a nommée *terrain tertiaire*. On a même imaginé une division de *terrains quaternaires*, d'un côté, pour les faluns de Touraine, supérieurs aux dépôts parisiens, de l'autre, pour les dépôts subapennins, enfin, pour des sédiments plus modernes dans lesquels on a trouvé des traces de l'industrie humaine, § 153. Ces divisions n'ont jamais eu rien de bien fixe; on ne savait trop où commençait le terrain de transition, ni où il finissait pour faire place au terrain secondaire. Pour les terrains tertiaires, on est convenu généralement de les faire commencer après la craie, mais il n'y a rien de fixe pour les terrains quaternaires.

§ 320. On voit que nous sommes aujourd'hui fort loin des idées qui ont présidé à l'établissement de ces sortes de divisions. D'un côté, en effet, plusieurs des dépôts cristallins qu'il nous est possible de voir à la surface du globe, loin d'être primitifs et d'avoir précédé à la création organique, ont au contraire apparu après beaucoup de dépôts secondaires et même tertiaires des plus élevés. § 197 à 206, 313. D'un autre côté, ce n'est plus seulement dans un point de la série que le primitif et le secondaire se trouvent mêlés; c'est réellement à tous les étages, tantôt sur une grande échelle et avec de nombreuses modifications des roches soulevées, tantôt sur une échelle plus petite qui ne laisse apercevoir qu'une faible masse intercalée. Ce serait donc tout embrouiller que de conserver maintenant une telle division, et c'est pour cela que nous avons évité jusqu'ici d'en parler; nous n'en parlerions même pas si, depuis longues années, de savants travaux, d'illustres professeurs n'avaient fait partout contracter une telle habitude de ces expressions, surtout celles de *primitifs* et de *secondaires*, qu'il n'est pas possible de les faire oublier subitement, et qu'il faut dès lors en connaître la valeur réelle.

Les véritables roches primitives, celles qui résultent de la première consolidation de la surface du globe incandescent, celles sur lesquelles la vie a dû commencer au sein des mers, § 134 à 137, nous sont réellement inconnues. Toutefois il est clair que ce sont des roches formées par cristallisation ignée; et comme parmi celles-ci le granite est ce qu'il y a de plus abondant, comme cette roche se montre sur de grands espaces dès les premiers dépôts de sédiment, on a été conduit à penser qu'elle formait aussi la base principale de nos continents. Cependant il nous est impossible de distinguer au-

jourd'hui ceux de ces granites qui pourraient avoir été simplement soulevés, de ceux qui sont venus à travers s'intercaler dans toutes les formations. Quoique nous trouvions de vastes étendues de terrain occupées entièrement par des granites, qui sont même recouverts par des dépôts cumbriens, nous ignorons complètement si ces roches sont réellement antérieures à ces formations, ou si elles y sont introduites, et s'il n'y a pas même au-dessous d'elles quelque autre dépôt sédimentaire.

§ 324. L'expression *terrain primitif* doit donc être rejetée comme indication d'âge relatif; mais rien n'empêche de l'employer comme synonyme de *terrain très-ancien*, ou même de *terrain granitique*, sans distinction d'âge, en comprenant sous ce nom les *siénites* et les *gneiss* formés par de très-anciens métamorphismes. On emploie souvent aussi l'expression de *terrain de transition*; mais on oublie encore l'idée qui l'a déterminée, et l'on comprend sous ce nom l'ensemble des terrains cumbriens, siluriens et dévonien, avec toutes les roches cristallines qui s'y sont intercalées. Par *terrains secondaires*, on entend toute la série des dépôts qui viennent ensuite, y compris le terrain crétacé supérieur. Enfin, par l'expression de *terrain tertiaire*, on entend les trois divisions qui terminent la série régulière, après laquelle viennent les dépôts diluviens et les dépôts modernes, qu'on nomme quelquefois *terrain quaternaire*.

COMPOSITION GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE.

§ 322. **Idées générales.** — Pour connaître à fond la composition géologique de la France, il n'y a rien de mieux à faire que d'étudier sérieusement les résultats de l'immense travail entrepris depuis longues années par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, avec les descriptions et les cartes que ces savants ont successivement publiées. Mais si nous sommes forcé de renvoyer, pour tous les détails, à ces grands ouvrages, nous allons essayer d'en extraire des généralités, et d'en tirer ce qui peut faire connaître les relations et les dispositions des principaux terrains qui constituent notre sol.

Le terrain jurassique, § 255 à 268, est celui qui offre le plus d'étendue relative à la surface de la France et qui s'y montre surtout de la manière la plus continue. Il se présente en quelque sorte comme une moyenne placée tout exprès pour distinguer les différents terrains que nous avons à décrire, étant plus moderne que les uns sur lesquels il s'appuie, et plus ancien que les autres qu'il supporte de toute part. Son expansion, ses contours et ses nombreuses ramifications partagent d'ailleurs la France en quatre

régions principales, fig. 353, dont deux sont antérieures, comme la Bretagne avec une partie du Poitou, de l'Anjou, du Maine et de la Normandie, et au centre, le Limousin avec la Marche, l'Auvergne, le Lyonnais et une partie du Languedoc. Les deux autres, au contraire, sont postérieures, comme le grand bassin de Paris, et celui qui s'étend de l'Angoumois au pied des Pyrénées. Dans la partie orientale de la carte, on voit ce calcaire limiter encore quelques dépôts du même genre placés entre ses ramifications.

§ 323. *Détails sur les régions antéjurassiques.* — La Bretagne se compose de deux chaînes granitiques : l'une au nord, formée d'une multitude d'îlots, dont l'ensemble se dirige de l'est à l'ouest ; l'autre plus continue, de Brest vers Poitiers. Entre ces deux chaînes se présentent les dépôts cambrien, silurien et dévonien, § 230 à 234 ; le premier ne se trouvant nulle autre part en France, le second se représentant dans les Ardennes, l'Eiffel et le Hundsruck, peut-être dans les Pyrénées ; enfin le troisième se retrouve d'une part entre Avesnes et Liège, de l'autre dans les Pyrénées ; il forme en outre quelques petits dépôts dans les montagnes de Tarare et du Beaujolais et au pied méridional des Vosges.

Le Limousin, et les provinces adjacentes, se composent principalement d'un granite gris, au milieu duquel s'élèvent çà et là des buttes de granite divers. Cette région se prolonge au sud en presque îles, l'une vers Carcassonne, l'autre jusqu'au Vigan ; une troisième au nord vers le Morvan.

On retrouve des roches granitiques dans les Vosges, avec les indices du terrain dévonien, puis en Provence, entre Toulon et Antibes. Quant à celles qu'on remarque dans les Alpes, sur la direction N. N. E., elles ont traversé le calcaire jurassique et se sont épanchées au-dessus, § 205 ; elles sont donc postérieures à cette formation.

La formation houillère, § 237 à 244, se voit en Belgique ainsi que dans la Prusse rhénane ; elle se trouve en France autour du plateau central et à sa surface, puis en Poitou, en Bretagne, dans le Cotentin ; enfin on en revoit des traces au sud-est de Toulon.

Quant à la formation pénéenne, § 247, elle n'offre en France que le grès rouge, dont il y a de faibles traces dans les Vosges. Le grès vosgien, plus étendu, ne s'est encore trouvé que dans la contrée dont il a pris le nom et sur les bords du duché de Bade.

Le trias, § 250, se trouve avec ses trois parties dans cette contrée, où il occupe un espace assez considérable. Ailleurs il n'offre le plus souvent que les grès ou les marnes irisées, comme dans la Manche, l'Allier, la Corrèze, le Tarn, l'Hérault, l'Aveyron, puis dans les Pyrénées ; on retrouve les grès et les calcaires dans le Var.

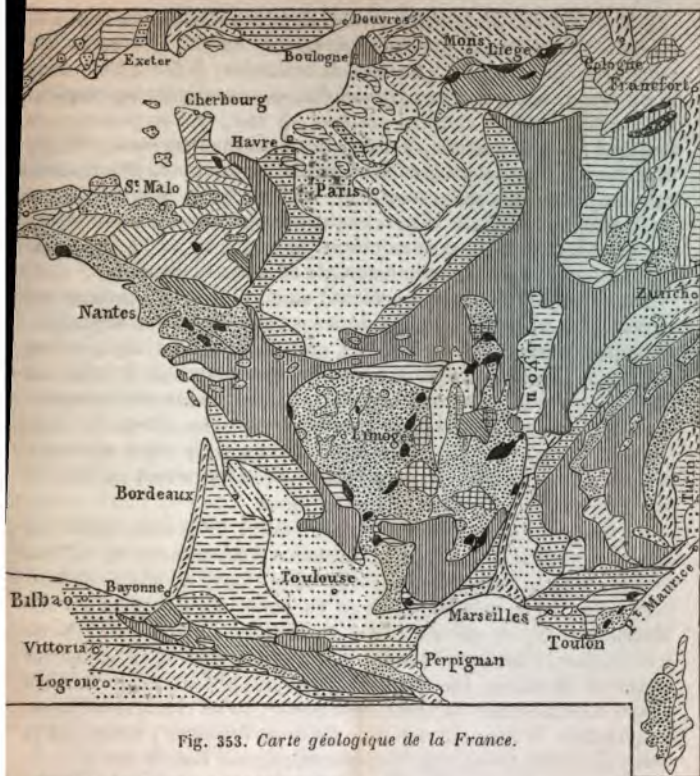



















Fig. 353. Carte géologique de la France.

Granite, siénite, gneiss de tout âge.....		Terrain crétacé inférieur.....	
Terrain cambrien.....		Terrain crétacé supérieur.....	
Terrain silurien.....		Terrain parisien.....	
Terrain dévonien.....		Terrain de molasse.....	
Dépôts houillers.....		Terrain subalpennin.....	
Dépôts péneens.....		Dépôts diluviens et modernes.....	
Grès vosgien.....		Roches volcaniques.....	
Terrain triasique.....		Porphyres.....	
Terrain jurassique.....			

§ 324. *Régions postjurassiques.* — Dans la région basse dont Paris est le centre, on trouve successivement, sur les pentes des dépôts jurassiques, les deux formations crétacées, § 271 à 282, dont la supérieure se prolonge en Normandie sous des dépôts superficiels. Par-dessus vient le calcaire parisien, § 283, qui se prolonge en Belgique, puis la molasse, § 289, qui s'étend jusque vers le Poitou et la Marche. Cette dernière forme même une multitude d'îlots sur le calcaire jurassique, qui, d'un côté, vont rejoindre la Rochelle, et de l'autre, se lient à des dépôts analogues de l'Auvergne. Les dépôts subapennins, § 295, ne se montrent qu'au nord, en flaque nombreuses, au sommet des montagnes de la haute Normandie.

La région de la Guyenne présente au nord le terrain crétacé inférieur, puis un petit dépôt de calcaire parisien autour de Bordeaux; la molasse s'étend ensuite jusqu'au pied des Pyrénées, d'où elle va rejoindre, par un canal étroit, les dépôts analogues de la vallée du Rhône; toute la partie occidentale est formée de terrains subapennins. A la limite sud du bassin, les Pyrénées nous offrent de nouveau les terrains crétacés inférieurs, avec un léger dépôt supérieur à l'extrémité orientale. Ces deux formations se retrouvent au delà du dépôt dévonien, sur la frontière d'Espagne.

Le Dauphiné et la Provence nous offrent de grands dépôts du terrain crétacé inférieur, où la formation néocomienne est surtout très-développée. La craie supérieure ne se trouve qu'autour de Barcelonnette, d'où elle se prolonge en petits dépôts jusqu'à Port-Maurice. Il n'y a pas de traces de calcaire parisien, et l'on ne trouve que la molasse étendue dans tout le bas de la vallée du Rhône et en Suisse. Les dépôts subapennins s'étendent de Valence jusque très-haut dans la vallée de la Saône; on les retrouve en Suisse à la hauteur de Bâle, et au sud, dans la Provence, entre Aix et Sisteron; enfin on en voit le commencement à l'est de Turin.

Les dépôts diluviens, § 302, outre qu'ils se trouvent sous forme de dépôts erratiques dans une multitude de localités, se présentent encore dans toutes nos grandes vallées, surtout dans celles du Rhin, du Rhône, du Pô, etc., où ils sont souvent peu distincts des alluvions modernes, qui ont formé les deltas, les cordons littoraux et les plages de sable. Ce sont ces derniers dépôts qui se manifestent le plus communément, depuis l'embouchure du Rhône jusqu'à Perpignan, de Bayonne à la Rochelle, de Calais jusqu'en Hollande, etc.

Les dépôts volcaniques se trouvent depuis l'Auvergne jusqu'au milieu du Languedoc, puis aux environs de Brignoles et de Toulon: mais les centres principaux d'éruption, offrant des trachytes, des basaltes et des laves, se trouvent autour de Clermont, au mont Dore, au

Cantal, au Mezin, dans le Velay et le Vivarais. On trouve d'autres centres sur les bords du Rhin, à la hauteur de Coblenz et de Cassel.

AGES RELATIFS DES PRINCIPALES CATASTROPHES DU GLOBE.

§ 325. **Remarques préliminaires.** — Si la terre n'avait jamais subi aucun bouleversement, les couches sédimentaires dont se compose son écorce solide, rigoureusement concentriques, se recouvriraient toutes successivement, et la dernière, enveloppant toutes celles qui l'ont précédée, se trouverait elle-même sous les eaux, qui s'étendraient en une mer sans bornes. Il n'y aurait dès lors aucune terre visible, et le genre humain n'existerait pas; d'où il suit qu'avant toute création terrestre, il est d'absolue nécessité que le globe ait été le théâtre de diverses catastrophes, pour élever successivement les terres au-dessus des eaux, et établir un ordre de choses plus ou moins analogue à celui que nous voyons. Il fallait que l'*aride parût*, et l'observation nous permet d'ajouter, il fallait qu'il parût par portions successives pour déterminer toutes les variations de nature, de forme, d'humidité, de sécheresse, dont l'ensemble devait procurer à l'homme la somme de bien-être que le Créateur lui destinait ici-bas. La recherche des apparitions successives des terres est un des plus beaux points de vue sous lesquels on puisse envisager la géologie; et nous devons à M. Élie de Beaumont de nous avoir ouvert la route, en établissant l'ordre chronologique des principales catastrophes arrivées en Europe, et autour desquelles se grouperont tous les faits du même genre. Nous allons donner une idée générale de ce travail; mais, avant de raconter ces grands événements, il est bon de faire voir comment on parvient à les distinguer les uns des autres.

§ 326. Lorsque nous voyons quelque part des couches sédimentaires inclinées, nous pouvons prononcer qu'elles ont été dérangées de leur position originaires, et qu'il y a eu soulèvement, § 452 à 471. L'époque de cet accident reste d'abord indéterminée; mais si, au pied des proéminences plus ou moins élevées que ces couches redressées produisent, nous trouvons d'autres sédiments, *a, b, c, etc.*, fig. 354, en couches horizontales appuyées contre les précédentes, il devient évident que le soulèvement des premières a eu lieu avant la formation des secondes, qui se trouvent encore telles qu'elles ont été produites sous les eaux. Nous avons alors un terme de comparaison, et si nous parvenons à reconnaître

Fig. 354.



l'âge relatif du dépôt horizontal, nous avons aussi une époque relativement déterminée de la catastrophe qui a produit le redressement de l'autre. Or, partout on reconnaît de ces différences de stratification sur les flancs des montagnes, et l'on observe alors que les divers dépôts sédimentaires ne sont pas indifféremment dans l'une

Fig. 355.



ou l'autre des positions. Dans certains lieux, on voit, par exemple, le terrain *a* redressé, fig. 355, et le terrain *b* horizontal. Dans un autre, *a* et *b* sont redressés à la fois, fig. 356, et c'est le terrain *c* qui est horizontal; dans un troisième, *a*, *b*, *c* sont relevés ensemble, et un autre terrain *d* s'appuie horizontalement sur eux, fig. 357, etc.

Fig. 356.



Fig. 357.



On conclut nécessairement de ces observations qu'un premier soulèvement s'est fait après la formation de *a* et avant celle de *b*; qu'un second s'est fait entre *b* et *c*, un troisième entre *c* et *d*, etc., et ainsi de suite, chronologiquement, tant qu'on en observe.

§ 327. **Système de soulèvement.** — Remarquons maintenant que si la position inclinée des couches sédimentaires nous révèle l'existence des soulèvements, la direction de ces couches, qui n'est autre chose que celle de la ligne de faite produite par leur bombement, ou la crête qui résulte de leur rupture, § 467, nous montre l'alignement qu'a suivi le phénomène. De là il suit qu'on peut à volonté prendre un des faits pour l'autre comme base d'observation, et que les directions diverses des chaînes de montagnes sont aussi les indices de diverses sortes de soulèvements. En effet, d'un côté, il est parfaitement établi que l'inclinaison des couches est en relation intime avec la direction des chaînes, sauf les perturbations qui résultent des croisements; de l'autre, on sait que le phénomène du redressement d'un nombre de couches déterminé s'étend aussi loin que la chaîne elle-même. Il est également constaté que les chaînes parallèles correspondent en général à la même époque de soulèvement; c'est-à-dire que dans ces chaînes ce sont les terrains du même âge qu'on trouve partout redressés, et que les suivants sont placés horizontalement. Il suit de cette circonstance qu'un soulèvement ne s'est pas fait purement sur une ligne mathématique, mais sur une bande de terrains plus ou moins large, sur laquelle il s'est mani-

festé par plusieurs crêtes parallèles. Remarquons aussi que la même ligne n'est pas toujours continue d'un bout à l'autre, qu'il s'y trouve çà et là des parties hautes et des parties basses, et que celles-ci sont souvent cachées par des dépôts postérieurs; c'est donc l'alignement des diverses crêtes élevées qu'on doit prendre pour direction.

L'ensemble des directions sur une même ligne, et des directions parallèles, forme ce qu'on nomme un *système de soulèvement*, expression synonyme de système de fractures, système de couches redressées, et même système de montagnes, mais dans un sens plus déterminé qu'en géographie. Pour désigner les différents systèmes, on a emprunté des dénominations aux lieux où chacun d'eux se trouve particulièrement développé: c'est ainsi qu'on dit *système des Pyrénées*, *système des Alpes occidentales*, etc.

Les diverses catastrophes qui ont eu lieu à la surface du globe paraissent toujours avoir été brusques. En effet, loin des lieux où la discordance de stratification se manifeste, on trouve souvent les mêmes dépôts en stratification concordante, et même liés entre eux par des passages graduels; d'où il suit que la sédimentation n'a pas été suspendue, que le mouvement du sol a été local, et que l'intervalle pendant lequel il s'est opéré a dû être extrêmement court. C'est ce qu'on voit clairement, par exemple, à l'époque du système du Rhin, où le grès vosgien s'est trouvé soulevé sur une certaine étendue sans que le grès bigarré ait participé à l'action; et cependant, à peu de distance, les deux dépôts arénacés, là où leur stratification est concordante, sont tellement liés entre eux que l'on ne sait où l'un commence et où l'autre finit. Il en est de même des terrains crétacés; si plusieurs de leurs dépôts sont discordants en quelques points, ils sont tout à fait concordants ailleurs, et ils offrent alors de tels passages de l'un à l'autre qu'on les a longtemps confondus en une seule formation.

§ 328. **Terrains submergés et découverts.** — Les couches sédimentaires appuyées horizontalement sur les flancs des montagnes, annoncent que les mers sont venues battre au pied des escarpements produits par les soulèvements antérieurs; de là les expressions de mer de tel ou tel terrain, comme *mer crétacée*, *mer jurassique*, etc., qui indiquent les eaux sous lesquelles chacun de ces dépôts sédimentaires s'est formé. L'absence d'un dépôt, sur une étendue plus ou moins considérable, nous indique que le terrain précédent était alors au-dessus des mers, et y formait une île plus ou moins élevée. C'est ainsi que le plateau central de la France a dû être à sec dès les époques les plus reculées, et qu'au moment de la formation parisienne, la plus grande partie de l'Europe même

L'ordre* de succession et les directions exactes, du moins en moyenne, sont indiqués dans le tableau suivant :

1 ^{er}	Soulèvement (Vendée).....	N.-N.-O.	rapporté à Vannes.
2 ^e	— (Finistère).....	O. 21° S.	— à Brest.
3 ^e	— (Longmynd).....	N. 23° E.	— à Vannes.
4 ^e	— (Morbihan).....	O. 38° N.	— à Vannes.
5 ^e	— (Hundsruok).....	O. 31° S.	— au Bingerloch.
6 ^e	— (Ballons).....	O. 15° N.	— aux Ballons.
7 ^e	— (Nord de l'Angleterre)	N. 5° O.	— au N. de l'Angleterre.
8 ^e	— (Hainaut).....	O. 5° S.	— aux Pays-Bas.
9 ^e	— (Rhin).....	N. 21° E.	— dans le Haut-Rhin.
10 ^e	— (Thuringerwald).....	O. 40° N.	— au Thuringerwald.
11 ^e	— (Côte-d'Or).....	O. 40° S.	— à la Côte-d'Or.
12 ^e	— (Mont Viso).....	N.-N.-O.	— au mont Viso ¹ .
13 ^e	— (Pyrénées).....	O. 18° N.	— aux Pyrénées.
14 ^e	— (Corse).....	N.	—
15 ^e	— (Alpes occidentales).....	N. 26° E.	— aux Alpes du Dauphiné.
16 ^e	— (Alpes principales).....	O. 16° S.	— aux Alpes du Valais.
17 ^e	— (Ténare).....		— en Grèce.

§ 330. On voit ici qu'il y a des soulèvements dirigés du cadran N.-O. au cadran S.-E., comme les 1^{er}, 4^e, 6^e, 7^e, 10^e, 13^e, 17^e; d'autres, au contraire, dirigés du cadran N.-E. au cadran S.-O., qui dès lors ne peuvent être confondus avec les premiers. Les deux plus anciens, *Vendée* et *Finistère*, sont, à 1 degré et demi près, perpendiculaires entre eux, ce qui a lieu aussi, à 5, 6, 8 degrés près, entre le *nord d'Angleterre* et le *Hainaut*, transportés à Vannes, entre le mont *Viso* et les *Alpes principales*, entre les *Pyrénées* et les *Alpes occidentales*.

Plusieurs soulèvements divisent l'angle formé par les directions de ceux qui les ont précédés en deux parties égales; tels sont le *Longmynd* entre la *Vendée* et le *Finistère*, le *Hundsruok* entre la *Vendée* et le *Morbihan*, les *Ballons* entre le *Finistère* et le *Morbihan*, le *Nord d'Angleterre* entre le *Finistère* et les *Ballons*, tous rapportés à Vannes.

Quelques-uns partagent ces angles dans le rapport de 4 à 2, comme le *Morbihan*, relativement au *Finistère*, et au *Longmynd*, et le *Hainaut* relativement au *Finistère* et aux *Ballons*. D'autres les divisent dans le rapport de 2 à 3, comme le *Hundsruok*, relativement au *Finistère* et au *Longmynd*, le *nord d'Angleterre* relativement à la *Vendée* et au *Longmynd*, le *Hainaut* relativement au *Morbihan* et au *Hundsruok*; le *système de Corse* relativement à la *Côte-d'Or* et aux *Pyrénées*.

§ 331. On peut remarquer, fig. 358, qu'il y a des soulèvements qui sont en quelque sorte réunis par groupes. Cela tient en partie à ce

¹ La direction N.-N.-O. en Provence ne correspond que de nom à celle du système de la Vendée en Bretagne; on trouverait plusieurs degrés de différence, par suite de la convergence des méridiens, si l'on rapportait l'un au même lieu que l'autre.

que les angles de direction ne sont pas tous rapportés au même lieu ; mais il semble en outre que les soulèvements tendent à revenir après plus ou moins de temps, vers les directions antérieures, ce qui a eu lieu pour le système de la Côte-d'Or, qui est rentré dans le système du Rhin en traversant le Morvan, le Beaujolais, etc. Nous verrons, § 347, que des éjections volcaniques se sont fait jour à travers les fissures produites par d'anciennes dislocations.

§ 332. **Position géographique.** — En portant sur une carte, fig. 359, les divers systèmes de soulèvement, on remarque au premier coup d'œil les deux groupes de directions précédemment indiqués ; celui du cadran N.-E., qui, des bords du Rhin étend ses divisions jusqu'en Provence, avec quelques indications en Bretagne ; et celui du cadran N.-O., qui, de la Normandie, de la Bretagne, des Pyrénées traverse la France jusqu'aux Apennins. En observant en outre les directions particulières, nous allons de plus distinguer chaque espèce de soulèvement.

1° Dans le groupe du cadran N.-E. au cadran S.-O., on distingue le système du *Hundsruok*, ———, caractérisé par des directions de couches O. 34° S., terme moyen. On voit ce système se prolonger en Allemagne, et on le retrouve en plusieurs points de la Bretagne, dans l'Ardèche, dans l'Aude, etc.

Puis au sud se voit le système du *Rhin*, ———, courant N. 21° E., indiqué sur les bords du fleuve par des directions de falaise, et dont on retrouve les traces entre la Saône et la Loire, et à l'extrémité des Cévennes.

Vers le centre du groupe, se remarque le système des *Alpes occidentales*, ———, courant N. 26° E., et présentant plusieurs chaînes parallèles à l'est et à l'ouest ; puis le système des *Alpes principales*, ———, courant O. 46° S., avec d'autres chaînes parallèles, soit vers la Suisse, soit vers le comtat d'Avignon et la Provence. Leur croisement détermine le mont Blanc et le mont Rose, les colosses de nos contrées, qui s'élèvent à environ 4800 mètres.

A l'ouest des Alpes occidentales se trouve le système de la *Côte-d'Or*, ———, courant O. 40° S., parallèlement auquel se dirigent toutes les crêtes du Jura et toutes les Cévennes.

En Bretagne se trouvent plusieurs directions de couches qui marquent d'une part le système du *Finistère*, ———, allant O. 21° S., et que l'on voit autour de Brest, au centre de la Bretagne, dans la Manche, puis dans les Pyrénées ; de l'autre le système du *Longmynd*, ———, courant N. 23° E., qu'on reconnaît au centre du pays, puis en Normandie et enfin dans quelques filons granitiques du Limousin.

Citons encore le système du *Hainaut*, ———, dirigé presque de

l'est à l'ouest, entre Liège et Lille, qui se distingue par des dislocations de terrain et dont on retrouve des traces très-nettes en Bretagne.

2° Dans le groupe du cadran N.-O. au cadran S.-E., nous trouvons le *système du nord d'Angleterre*, , courant N. 5° O., qu'on ne voit guère en France que dans des directions de couches à l'extrémité ouest de la Bretagne, et dans les montagnes de Tarare; puis le *système de la Vendée*, — o o —, dirigé N.-N.-O., qu'on voit dans les couches schisteuses à l'embouchure de la Villaine, à Pontivy et dans la Vendée; enfin le *système du Morbihan*, o o — o o, O. 38° N., qui dessine les côtes ouest de Bretagne et se retrouve dans les couches de gneiss de la Corrèze, de l'Aveyron et de Castres.

Fig. 359.



Orientation des principaux soulèvements en France et dans les contrées voisines.

- | | | | |
|--------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|
| 1. — o o — | Système de la Vendée. | 9. ———— | Système du Rhin. |
| 2. ———— | Système du Finistère. | 10. ~~~~~ | Système du Thuringerwald. |
| 3. ———— | Système du Longmynd. | 11. ———— | Système de la Côte-d'Or. |
| 4. o o — o o | Système du Morbihan. | 12. ———— | Système du mont Viso. |
| 5. ~~~~~ | Système du Hunsrück. | 13. ———— | Système des Pyrénées. |
| 6. ~~~~~ | Système des Ballons. | 14. +++++ | Système de Corse. |
| 7. | Système nord d'Angleterre. | 15. ~~~~~ | Système des Alpes occident. |
| 8. ———— | Système du Hainaut. | 16. ~~~~~ | Système des Alpes princi. |
| | | 17. o o — o o | Système du Ténare. |

Le système des Ballons, ———, dirigé O. 45° N., se remarque aussi dans des directions de couches en Bretagne, dans la chaîne des Ballons des Vosges, dans les chaînes granitiques de la Lozère, dans les couches de gneiss du Limousin.

Le système des Pyrénées, ———, dirigé O. 48° N., et presque parallèle au système des Ballons, se retrouve dans le nord de la France ainsi que dans les Apennins.

Le système de Corse, ———, dirigé du nord au sud, se fait remarquer dans les montagnes qui séparent les hautes vallées de la Saône, de l'Allier et de la Loire. C'est aussi la direction des îles de Corse et de Sardaigne.

Enfin il y a encore quelques autres systèmes, savoir : le système du *Thuringerwald*, ———, courant O. 4° N., très-net en Allemagne, mais qui ne se voit en France que dans les fractures du grès bigarré des Vosges et du Quercy, dans les buttes de serpentine qui se succèdent du Limousin dans la Vendée ; le système du *Viso*, ———, dirigé N.-N.-O. en Provence, distingué par une série de fractures qui s'étendent à travers les Alpes jusque dans la Bresse, aussi bien que des Pyrénées jusqu'au Poitou ; enfin le système du *Ténare*, ———, très-caractérisé en Grèce, en Toscane, mais dont nous n'avons chez nous que des indices en Provence.

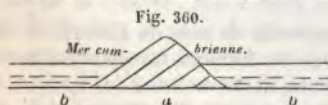
§ 333. *Époques relatives des divers systèmes.* — On conçoit que des directions aussi peu différentes que plusieurs de celles que nous venons de voir, forcément variables d'un méridien à l'autre, et fréquemment dérangées par les soulèvements subséquents, laisseraient entre elles beaucoup d'incertitudes, si l'on ne joignait à leur indication la considération des époques relatives, comme dans le tableau suivant :

- 1^{er} Soulèvement, avant les terrains cumbriens de la Bretagne.
- 2^e Soulèvement, entre les dépôts cumbriens et les ardoises vertes du Longmynd.
- 3^e Soulèvement, entre les ardoises vertes et le calcaire de Bala.
- 4^e Soulèvement, entre le calcaire de Bala et les dépôts siluriens.
- 5^e Soulèvement, entre le terrain silurien et le terrain dévonien.
- 6^e Soulèvement, entre le terrain dévonien et le terrain houiller.
- 7^e Soulèvement, entre le terrain houiller et les dépôts pénéens.
- 8^e Soulèvement, entre les terrains pénéens et le grès vosgien.
- 9^e Soulèvement, entre le grès vosgien et le trias.
- 10^e Soulèvement, entre le terrain de trias et le terrain jurassique.
- 11^e Soulèvement, entre le terrain jurassique et le terrain crétacé inférieur.
- 12^e Soulèvement, entre les deux terrains crétacés.
- 13^e Soulèvement, entre le terrain crétacé supérieur et le calcaire parisien.
- 14^e Soulèvement, entre le calcaire parisien et la molasse.
- 15^e Soulèvement, entre la molasse et le terrain subapennin.
- 16^e Soulèvement, entre le terrain subapennin et le diluvium.
- 17^e Soulèvement, après le diluvium et peut-être quelques alluvions modernes.

Donnons maintenant quelques détails sur chacune de ces grandes catastrophes, qui ont donné lieu à l'apparition des diverses parties des continents et les ont successivement modifiées.

§ 334. **Premier soulèvement, système de la Vendée.** — Les terrains anciens présentent presque partout, et souvent dans des points très-rapprochés, un assez grand nombre de variations dans les directions de leurs couches, et c'est par des moyennes qu'on a dû procéder d'abord pour établir les angles qui ont fixé la direction des soulèvements; mais des observations plus exactes, plus multipliées, une discussion plus minutieuse des faits, ont conduit à revenir sur les premières déterminations, et M. Elie de Beaumont a dès lors reconnu quatre nouveaux systèmes antérieurs à celui qu'il avait alors regardé comme étant relativement le plus ancien.

Le système de la Vendée, — o o —, est aujourd'hui le plus ancien parmi ceux qui sont connus. Il se manifeste par des redressements opérés dans les roches de cette époque et qui en ont dirigé les couches au N.-N.-O. C'est ce qui a eu lieu dans les schistes, micaschistes



1^{er} Soulèvement, système de la Vendée.

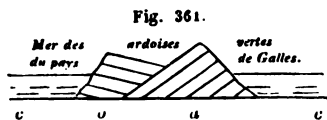
et gneiss de la partie occidentale de la Bretagne, qui ont été relevés avant les dépôts cumbriens, fig. 360, peut-être par la première apparition de certains granites, dont il se trouve des buttes depuis la Manche jusqu'à Parthenay, et qui auront subi plus tard des changements de direction et une surélévation. On a peu étudié ce système, et on ne peut guère indiquer pour en constater l'existence que certaines directions des schistes luisants et satinés de Belle-Isle en mer, de l'embouchure de la Villaine, des couches de micaschistes ou gneiss des bords du Blavet vers Pontivy, ainsi que celles des mêmes roches vers Bourbon-Vendée et Beaupréau.

Ce système, d'après sa direction N.-N.-O. à Vannes, pourrait peut-être se confondre avec celui du mont Viso, qui porte la même dénomination d'alignement. Mais outre que l'un d'eux, transporté au même point que l'autre, offrirait plusieurs degrés de différence, le système du mont Viso n'a eu lieu qu'après le terrain crétaé inférieur, par conséquent bien longtemps après celui de la Vendée, qui se présente aujourd'hui comme le premier de tous.

§ 335. **Deuxième soulèvement, système du Finistère.** — Ce soulèvement, — — — —, dont la direction est perpendiculaire à celle du premier, courant O. 21° S., est encore marqué par des directions

de certains granites, dont il se

de couches que présentent, fig. 361, les gneiss et micaschistes des



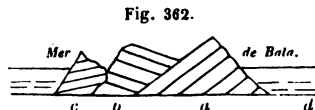
2^e Soulèvement, système du Finistère.

environs de Brest, les schistes cumbriens qui se trouvent entre Pontivy et Falaise, et les schistes chloritiques de Cherbourg qui en dépendent. On retrouve ce système de stratification dans

le Cumberland, dans la partie centrale de la Suède, entre Gotheborg, et Upsal, d'où il se prolonge dans le midi de la Finlande. Il paraît aussi former les accidents les plus anciens des Pyrénées et de la Catalogne¹. Partout ces dépôts sont traversés par des roches de fusion, dont quelquefois les éléments ont pénétré dans leurs couches soulevées, comme le feldspath dans le gneiss de Brest, l'amphibole dans les schistes chloritiques de Cherbourg au contact des sienites. La plupart des collines granitiques de la basse Bretagne et du Bocage de Normandie, sont allongées dans cette direction, quoique probablement leur configuration ait été modifiée par les soulèvements subséquents.

Le système du Finistère se rapproche de ceux du Hainaut et des Alpes principales; mais outre que ces derniers, transportés à Brest, y feraient des angles très-différents, ils ont eu lieu à des époques de beaucoup postérieures, l'un après le grès houiller, l'autre après les derniers dépôts tertiaires.

§ 336. **Troisième soulèvement, système du Longmynd.** — Ce système, ———, est caractérisé par la direction N. 23° E. que présentent encore les schistes cumbriens dans quelques parties de la Bretagne, comme entre Morlaix et Saint-Pol de Léon, sur la route de Plœrmel à Dinan, dans la contrée comprise entre Avranches, Vire, Domfront et Fougères, enfin autour des buttes granitiques qui traversent ces dépôts, et qui ont été sans doute de nouveau dérangées, soulevées dans cette circonstance.



3^e Soulèvement, système du Longmynd.

pays de Galles et du Westmoreland, fig. 362, qui ont dû se former

¹ Pour comparer les directions dans les contrées éloignées, il est nécessaire de calculer les angles qu'elles font avec les différents méridiens, et à des latitudes diverses. Ainsi, il faut savoir que l'angle de direction de 21° à Brest est d'environ 17° sur les frontières de Catalogne, qu'il est de 9° à Gotheborg, de 4° à Stockholm.

dans les mers précédentes, mais qui ont manqué en Bretagne, sans doute parce que cette contrée était alors au-dessus des eaux; il est par conséquent antérieur au calcaire de Bala, § 231.

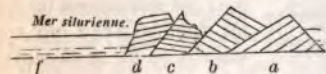
On retrouve cette même direction dans quelques filons granitiques, du Limousin, parmi les accidents des couches schisteuses des montagnes des Maures et de l'Estrel, dans l'Erzgebirge saxon, dans les gneiss des montagnes de Moravie et des parties de la Bohême adjacentes à l'Autriche, en Suède au nord-est du lac Wenner, et en Finlande, d'un côté le long du golfe de Bothnie, dont elle fixe la position, de l'autre dans la contrée de Viborg¹.

Ce système se trouve, fig. 358, entre celui du Rhin et celui des Alpes occidentales; mais ceux-ci sont beaucoup plus modernes, l'un ayant eu lieu après le grès vosgien, l'autre après la molasse.

§ 337. **Quatrième soulèvement, système du Morbihan.** — La direction O. 38° N., ∞∞—∞∞, indiquée par la stratification des micaschistes et gneiss de la Loire-Inférieure, est à peu près celle de la côte sud-ouest de la Bretagne, ou plutôt des îles qui la terminent. C'est aussi la direction du plateau granitique, plus élevé que le centre de la contrée, qui s'étend le long de cette côte jusqu'au delà de Parthenay, et se prolonge peut-être sur une partie du Limousin, où elle est indiquée par les bords du plateau et par la stratification des dépôts situés entre Tulle et Nontron, de ceux des bords du Lot dans l'Aveyron et plus au sud des environs de Castres. Elle existe encore au nord-est de la Bretagne, dans le Bocage de Normandie, où elle se montre dans beaucoup de collines granitiques.

Ce système paraît d'ailleurs fort étendu; on le soupçonne en Sicile dans les micaschistes et gneiss de Messine, dans l'Erzgebirge et le Böhmerwaldgebirge, dans les steppes granitiques qui s'étendent

Fig. 363.

4^e Soulèvement, système du Morbihan.

de la Volhynie jusque vers le Don, dans le Labrador et le Canada. Ce mouvement du sol est partout évidemment antérieur au terrain silurien fig. 363, qui nulle part n'en a été dérangé, même en Bretagne, dont il est si voisin; s'il se rapproche du soulèvement du Thuringerwald, il en est par là fort distinct, puisque celui-ci n'a eu lieu qu'après le trias².

¹ La direction N. 23° E., à Vannes, fait en Limousin un angle de 26°, dans l'Erzgebirge 33°, en Finlande, 42° à Uleaborg, et 50° à Viborg.

² La direction du Morbihan transportée à Freyberg, en Saxe, serait O. 50° N. tandis que celle du Thuringerwald est O. 40° N.

§ 338. **Cinquième soulèvement, système du Hundsruok.** — La direction O. 31° S. ———, est la moyenne des directions de couches, des crêtes et des chaînes de montagnes qui appartiennent au terrain silurien, relevé dans un grand nombre de lieux par cette grande catastrophe, fig. 364. C'est ce qu'on voit en Bretagne, dans toutes les couches de ce terrain, qui couvrent la pointe du Finistère, des départements d'Ille-et-Villaine, de la Mayenne, une partie de l'Orne et de la Manche, § 233:

Fig. 364.

5^e Soulèvement, système du Hundsruok.

ce qu'on remarque encore dans les terrains ardoisiers des Ardennes, de l'Eiffel et du Hundsruok, ainsi que du Taunus, qui en est le prolongement sur la droite du Rhin. On retrouve la même direction dans les Vosges, dans le Beaujolais, le Forez, dans certains gneiss du Limousin, à la montagne Noire (Aude), peut-être à la base des Pyrénées, dans les montagnes des Maures (Var), en Corse, etc.

Ce système, qui appartient aussi à ce qu'on a nommé les terrains primitifs et de transition, se trouve dans le Harz, dans l'Erzgebirge, en Bohême, en Suède (île Gothland), en Finlande, en Laponie. Il est nettement établi en Angleterre dans le Cornouailles, le Westmoreland, les Grampians¹. Il semble se rapprocher de celui de la Côte-d'Or, mais celui-ci n'a eu lieu qu'après les dépôts jurassiques et n'est que le onzième dans l'ordre chronologique.

§ 339. **Sixième soulèvement, système des Ballons.** — Ce sont maintenant les dépôts dévoniens qui sont eux-mêmes relevés.

Fig. 365.

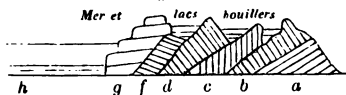

6^e Soulèvement, système des Ballons.

fig. 365, et le terrain houiller s'est alors formé dans les mers qui battaient au pied des montagnes, ou dans les flaques d'eau qui couvraient çà et là la surface

des terres. C'est là ce qui distingue éminemment le système des Ballons de celui des Pyrénées, fort rapproché par la direction. En effet, les Pyrénées n'ont pris leur relief actuel qu'après les terrains crétacés supérieurs, souvent relevés à une grande hauteur, et le terrain horizontal formé à leur pied n'est autre chose que le calcaire parisien, premier des dépôts tertiaires.

¹ La direction du Hundsruok qui donne en moyenne un angle de 31° au Bingerloch, fait à Vannes un angle de 49°, en Cornouailles 40°, dans les Grampians 38°, à la montagne Noire 34°. Cet angle est de 25° dans les Ardennes, 28° en Saxe, 22° en Gothland, comme en Corse et en Laponie, 17° en Finlande, etc.

Ce système, , dirigé O. 45° N. (O. 9° N. à Vannes) dans le sens de l'allongement de la Bretagne, tandis que le système du Hundsruok se dirige en travers, a eu sans doute quelque action sur les granites soulevés par le système du Morbihan, sur lequel a encore agi plus tard le système du Thuringerwald. On remarque sa direction dans les couches schisteuses anthracitifères des bords de la Loire et du canal de Brest, dans la Mayenne au sud-est de Laval. On la retrouve dans la partie méridionale des Vosges, dont l'élévation paraît avoir été produite alors par l'apparition des siénites qui ont soulevé les masses porphyriques de la contrée : les granites porphyriques des chaînes de la Lozère, de la Margeride, ceux de la Corrèze se trouvent dans cette direction, qu'on reconnaît aussi à la montagne Noire et dans la vallée de Campan aux Pyrénées, etc.

Hors de France, on retrouve ce système de direction en Angleterre depuis le Cornouailles jusqu'aux Grampians ; en Belgique, dans les dépôts qui s'étendent d'Avesnes à Liège ; au Harz, qui lui doit probablement sa forme dominante, déterminé par l'apparition des granites du Brocken et de la Rostrap. On en revoit les traces en Bohême, en Saxe, en Suède, en Russie, en Sibérie, dans les monts Altaï, dans l'Amérique septentrionale, par les Alleghanys ; enfin, on peut le soupçonner dans l'Asie méridionale.

§ 340. **Septième soulèvement, système du nord de l'Angleterre.** — Cette nouvelle catastrophe diffère singulièrement des précédentes : d'un côté par sa direction N. 5° O., de l'autre par l'époque où elle s'est manifestée. Le

grès houiller, en effet, s'est trouvé aussi bouleversé, redressé en divers lieux, et c'est le terrain pénéen, § 247, que les mers ont formé sur leurs



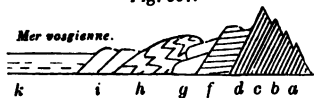
flancs, fig. 366. Ce système se rapproche beaucoup par sa direction de celui de Corse, mais à l'époque de ce dernier, d'autres terrains avaient été soulevés, et c'est le terrain tertiaire moyen qui s'est formé horizontalement sur les escarpements produits.

Le système du nord de l'Angleterre se fait remarquer par des lignes de faîte, ou par de grandes fractures, qui s'étendent de la latitude de Derby jusqu'aux frontières de l'Écosse, à travers l'Yorkshire, entre le Cumberland et le Northumberland, et dont il se trouve des traces dans les environs de Bristol, ainsi que dans la partie méridionale de l'Irlande ; on le reconnaît de même en Scandinavie, tant en Norvège qu'en Suède, dans les crêtes des chaînes du sud. Cette direction, peu étendue en France, ne se reconnaît que dans des lignes

de fracture à la pointe de Bretagne, , dans les dislocations des montagnes de Tarare, dans les dépôts houillers du Forez et les granites qui les encaissent, enfin dans ceux du Var.

§ 341. **Huitième soulèvement, système du Hainaut.** — L'accident arrivé à cette époque à notre planète s'est moins manifesté par des soulèvements que par une série de dislocations et de compressions, § 170 à 172, qui s'étend du Mansfeld au Pembrokeshire, à travers les Pays-Bas, et presque de l'est à l'ouest. Il a replié et contourné, souvent de la manière la plus bizarre, toutes les couches

Fig. 367.



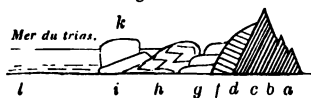
8° Soulèvement, système du Hainaut.

existantes, fig. 367, atteignant à la fois le terrain houiller et les dépôts péniens, et s'arrêtant au grès vosgien, § 249, qui, en conséquence, s'est alors déposé après coup en couches horizontales, comme on le voit aux environs de Sarrebruck. Les plissements se présentent pour une moitié dans la direction O. 5° S., et pour l'autre suivant la ligne de dislocation antérieure.

Outre que ce système, ———, se fait remarquer entre Liège et Lille, on le retrouve dans l'alignement de certains îlots granitiques qui ont accidenté le terrain houiller de la Bretagne et qu'on voit se diriger des environs de Laval vers Quimper.

§ 342. **Neuvième soulèvement, système du Rhin.** — Ce système, ———, qui est un des plus simples, se manifeste principalement par des falaises sur les deux rives du Rhin, entre Bâle et Mayence, avec divers autres escarpements parallèles, indiquant autant de failles qui ont tout divisé jusques et y compris le grès

Fig. 368.



9° Soulèvement, système du Rhin.

vosgien, dont ils ont placé les lambeaux à diverses hauteurs, sans en déranger la position horizontale, fig. 368. Il en est résulté dans les mers de cette époque des îles autour desquelles la série du trias, § 250, s'est déposée à un niveau moins élevé.

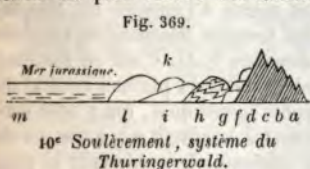
C'est dans la même direction que se trouvent aussi les porphyres du Morvan et ceux du Charolais, les petits dépôts houillers que nous avons fait remarquer sur le plateau central de la France entre Decize et Mauriac, § 245. Ces derniers sont rangés le long d'une série de monticules placés dans le même alignement et composés de granites porphyroïdes, qui ont traversé le grès houiller et dont ils ont quelquefois enveloppé les lambeaux. L'apparition de quelques porphyres feldspathiques du Morvan, peut-être des porphyres quarzi-


ères du Beaujolais, qui ont dérangé le terrain houiller sans influencer sur les dépôts subséquents, a donné également lieu à diverses fractures orientées de la même manière dans les montagnes comprises entre la Saône et la Loire.

Ce système de soulèvement se rapproche beaucoup par sa direction de celui des Alpes occidentales, et plus encore de celui du Longmynd, mais il y a de grandes différences dans les époques de formation, car le système des Alpes occidentales n'a eu lieu qu'après deux des dépôts tertiaires, et celui du Longmynd, au contraire, s'est manifesté avant les terrains siluriens.

§ 343. **Dixième soulèvement, système du Thuringerwald.**—

Les montagnes auxquelles on a emprunté le nom de ce système, et dont le Bæmherwaldgebirge est la continuation, forment les limites naturelles entre la Bavière, le royaume de Saxe et la Bohême. Elles nous offrent, depuis Cassel jusqu'à Linz, la partie la plus élevée des accidents qui ont eu lieu à travers les



dépôts du trias, et c'est sur leurs tranches relevées que se sont formés, fig. 369, les dépôts jurassiques, § 255, en couches horizontales. En France, ce système, , ne présente que de faibles saillies dont on

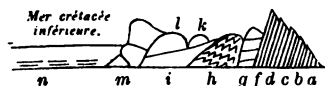
voit quelques traces dans la partie sud-ouest des Vosges, où le grès bigarré se trouve considérablement élevé au-dessus de son niveau général, ce qui est dû probablement à l'apparition des buttes de serpentine qui se montrent dans cette partie. Plus loin, entre Avallon et Autun, quelques îlots de granite et de trias disloqué sont également allongés dans la direction N.-O., et entourés de calcaire jurassique qui n'a nullement participé au mouvement.

On trouve le même phénomène dans les porphyres des environs d'Aubin dans l'Aveyron, qui ont disloqué le grès houiller et le trias, sans atteindre les dépôts du Jura, et qui sont placés sur la ligne des buttes de serpentine qu'on remarque en Limousin, d'où on les suit à travers le Poitou jusque dans la Vendée. C'est sur cet alignement que se montrent entre Brives et Terrasson, des collines et des crêtes plus ou moins allongées dans le grès bigarré de cette contrée. Enfin ce soulèvement a probablement influé sur les dépôts granitiques du système du Morbihan sur la côte sud-ouest de Bretagne.

§ 344. **Onzième soulèvement, système de la Côte-d'Or.**— Ce système est, pour la direction, l'inverse du précédent; il s'écarte, de l'ouest au sud, précisément comme l'autre s'écarte de l'ouest au

nord ; par conséquent, si le rapprochement d'âge pouvait laisser le moindre doute sur la différence de système, les directions les lève-
raient immédiatement. Les dépôts jurassiques que nous venons de

Fig. 370.

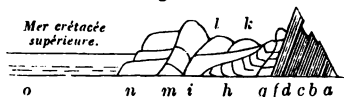


11° Soulèvement, système de la Côte-d'Or.

voir se former horizontalement se trouvent maintenant redressés, fig. 370, et le terrain crétacé inférieur, § 270, s'est ensuite formé en couches horizontales sous les eaux qui battaient leurs pentes ou leurs escarpements. Ce système, ———, est parfaitement distinct en France, où il se montre presque sans interruption depuis le pays de Luxembourg jusqu'à la Rochelle, et dans toutes les crêtes des monts Jura. C'est la direction de la chaîne de la Côte-d'Or et du Morvan, et si la dislocation a suivi dans le Beaujolais les anciennes fractures du système du Rhin, on la retrouve en Forez, dans la chaîne du Pilas, dont les anciens dérangements remontent au moins à l'époque du Hundsruck, et au pied de laquelle tous les terrains houillers sont divisés par des failles qui ont toutes la direction S.-O. C'est ce système qui a soulevé, disloqué tout le bord oriental du plateau central de la France après la formation des dépôts jurassiques, qui y sont fortement relevés, tandis que sur les autres bords, il n'y a pas eu de dérangements. Cela signifie que ce plateau n'a subi dans la plus grande partie de son étendue, aucun changement depuis l'époque jurassique. Le soulèvement s'est également manifesté dans plusieurs autres parties de la France, au nord et au midi, dans plusieurs parties de l'Allemagne et notamment dans l'Erzgebirge, quoique dépourvu de calcaire jurassique, mais au pied duquel le terrain crétacé inférieur s'est déposé en couches horizontales. On le retrouve dans les falaises du Vicentin, au pied desquelles les dépôts crétacés inférieurs se sont également formés.

§ 345. Douzième soulèvement, système du mont Viso. — Les Alpes du Dauphiné présentent des indications très-prononcées d'un système de redressements et de fractures dirigées N.-N.O.,

Fig. 371.



12° Soulèvement, système du mont Viso.

—, dans lequel les dépôts crétacés inférieurs sont eux-mêmes compris, aussi bien que les dépôts jurassiques, fig. 371. Les terrains crétacés supérieurs représentés par des couches à nummulites, § 280, rarement par du calcaire gris et compacte, sont alors les seuls qui se trouvent en couches horizon-

tales, comme on le voit pour l'un au col de Bayard, pour l'autre au col Maurin. Des séries nombreuses de crêtes redressées et des dislocations se trouvent au sud de Grenoble dans la direction de ce système; mais elles sont souvent masquées par des accidents subséquents, et surtout par le grand événement qui a donné à cette chaîne le relief que nous voyons aujourd'hui. On les suit au nord du Dauphiné dans les montagnes qui lient les Alpes au Jura jusqu'aux environs du pont d'Ain et même jusqu'à Lons-le-Saulnier. C'est encore la direction que l'on trouve dans de nombreuses lignes de fractures et de crêtes redressées du terrain crétacé inférieur depuis l'île de Noirmoutiers dans la Vendée, jusqu'au royaume de Valence, en Espagne, à travers les Pyrénées. Ce même mouvement du sol a déterminé la principale direction des côtes d'Italie, ainsi qu'un système de crêtes très-élevées en Grèce, dont le Pinde fait partie.


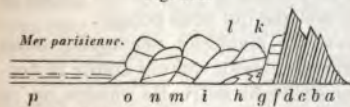
§ 346. **Treizième soulèvement, système des Pyrénées.** — Ce système, , se rapproche de celui des Ballons, § 339, dont il ne diffère que de trois degrés; mais ici tout le terrain

Fig. 372.

13^e Soulèvement, système des Pyrénées.

crétacé supérieur lui-même, § 276 à 280, se trouve relevé fig. 372, même à des hauteurs considérables, formant de grands escarpements dans le haut de quelques vallées, surtout du côté de l'Espagne. Le dépôt qui s'est alors formé horizontalement dans les mers, appartient au calcaire parisien, § 283, par lequel on commence ordinairement les terrains tertiaires. Or, ces dépôts offrent très-peu d'étendue à la surface de la France, nous pouvons même dire de l'Europe; d'où il résulte qu'à l'époque pyrénéenne, la plus grande partie de notre continent s'est trouvée tout à coup élevée au-dessus des eaux et amenée à l'état de terre ferme, § 328.

Non-seulement toute la chaîne des Pyrénées, tant en France que dans les Asturies, appartient à l'époque de soulèvement dont nous nous occupons, mais encore celles des Apennins, des Alpes Juliennes, les Karpathes, les Balkans et jusqu'aux montagnes de la Grèce. On retrouve la même direction dans les nombreuses dislocations et dénudations qu'on remarque en Allemagne, dans le nord de la France, comme dans le Boulonnais, le pays de Bray, et dans le Wealds de l'Angleterre, § 271, d'où il résulte que cette catastrophe a été une des plus grandes et des plus étendues à la surface de l'Europe, nous pouvons même dire du monde entier.

§ 347. **Quatrième soulèvement, système de Corse.** — Ici l'accident arrivé à notre planète n'est plus toujours marqué, comme dans les autres systèmes, par un relèvement des couches qui s'étaient formées sous les eaux après le soulèvement précédent, car le calcaire parisien, qu'on devrait alors trouver, a manqué complètement dans les lieux où la nouvelle catastrophe s'est manifestée. L'absence de ce dépôt signifie que le sol avait été élevé, sur toute l'Europe, au-dessus des mers ; mais comme l'observation nous montre que dans ces lieux mêmes, il s'est fait depuis d'autres dépôts marins qui se rapportent aux terrains de molasse, § 289, il en faut conclure que ce qui se trouvait élevé d'abord au-dessus des eaux marines s'est nécessairement affaissé au-dessous en un certain moment. C'est ce qui a dû arriver, en effet, à une partie du bassin de Paris, à la Touraine, à la plus grande partie de la Gascogne, à toute la Suisse, à la vallée du Rhône depuis Lyon jusqu'à la mer, aussi bien qu'à plusieurs parties de l'Italie, de la Corse et de la Sardaigne, qui, ne renfermant pas de calcaire parisien, doivent avoir été portées au-dessus des eaux par le soulèvement pyrénéen, et ont dû s'affaisser ensuite pour recevoir le dépôt de molasse qui s'y trouve. C'est là ce qui caractérise en général le système qui nous occupe.


Le système de Corse, +++++, se manifeste néanmoins aussi par des soulèvements et des démembrements qui ont donné la dernière forme aux montagnes qui s'élèvent entre les vallées de la Saône, de la Loire et de l'Allier, § 332, se dirigeant du nord au sud. Tous les dépôts secondaires sont dérangés dans ces contrées, et autour d'eux se sont formées des couches de molasse, qui comprennent les dépôts d'eau douce de l'Auvergne et de la Loire. C'est sur la direction de ce mouvement du sol que se sont placés plus tard tous les cônes volcaniques de la chaîne des Puys, § 478.

On retrouve des traces du système de Corse dans les montagnes qui lient les Alpes au Jura, malgré les démembrements que la catastrophe suivante a pu opérer. Il existe aussi un grand nombre de chaînes sur la même direction dans la partie orientale et méridionale de l'Europe : en Toscane, dans les États de l'Église, dans l'Istrie, dans l'Albanie, dans la Grèce, etc. Les îles de Corse et de Sardaigne sont aussi allongées du nord au sud, et présentent également sur leurs côtes des dépôts tertiaires, en couches horizontales, qui sont du même âge que ceux qui se trouvent dans tous les lieux de la France que nous avons cités.

§ 348. **Quinzième soulèvement, système des Alpes occidentales.** — Si l'on aperçoit au milieu des Alpes de la Suisse, de la Savoie et du Dauphiné les traces des divers accidents qui ont eu lieu

depuis l'époque des soulèvements de la Côte-d'Or, § 344, il n'est pas moins clair que le relief actuel date d'une époque bien plus récente.

En effet, les couches du terrain de molasse, qui ne se sont formées sous les eaux qu'après le système précédent, se trouvent elles-mêmes maintenant relevées, fig. 373, et quelquefois à de grandes hauteurs, aussi bien que les dépôts jurassiques et les deux formations crétacées; les seules couches horizontales sont celles des terrains subapennins, représentés en France par les dépôts lacustres de la Bresse, du bas Dauphiné et de la Provence, § 294. Ainsi, ces montagnes qui renferment les plus hautes cimes de l'Europe n'ont paru, telles qu'elles sont à la surface du globe, qu'après le second des dépôts tertiaires. Les matières qui ont alors crevé la croûte terrestre sont les espèces de granites qui constituent le mont Blanc, le mont Rose, une multitude d'îlots qu'on rencontre de toutes parts, et autour desquels les terrains tertiaires, les terrains crétacés et les terrains jurassiques se trouvent tous relevés. Ces granites, qu'on avait nommés *protogyne*, à une époque peu avancée de la science, où ils avaient été regardés comme de la plus haute antiquité, se sont dès lors montrés à une époque postérieure même à la meulière coquillière des environs de Paris.

Non-seulement le soulèvement des Alpes occidentales, , a déterminé les hautes chaînes de la Savoie et du Dauphiné, mais il s'est en outre étendu fort loin en Europe, au nord comme au midi; d'un côté, la Nouvelle-Zemble et la presqu'île scandinave en sont affectées; de l'autre, il se présente dans une série d'accidents de dislocation qui se continuent depuis Narbonne jusqu'en Catalogne, en déterminant la position de toute la côte méditerranéenne de l'Espagne; plus haut même, les montagnes de l'empire de Maroc sont dans la même direction et dans les mêmes circonstances, aussi bien que celles de la régence de Tunis, qui constituent une chaîne parallèle à l'autre extrémité de l'Atlas, dont toutes les chaînes transverses appartiennent d'ailleurs à la même époque.


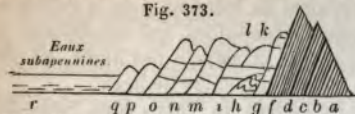
§ 349. **Seizième soulèvement, système des Alpes principales.** — La nouvelle catastrophe, , dont nous allons parler est celle qui semble avoir déterminé la plus grande partie du relief actuel du continent européen. Les dépôts lacustres formés au pied des Alpes occidentales, après leur apparition, sont eux-mêmes disloqués, et il n'y a plus que le diluvium, § 301, qui soit partout étendu au-

Fig. 373.

15^e Soulèvement, système des Alpes occidentales.

tour de ce double groupe en couches horizontales. Ce soulèvement se trouve en relation avec l'apparition des mélaphyres, § 499 à 202, de diverses variétés, des siénites, des euphotides et des serpentines qui ont redressé les dépôts tertiaires du Piémont et de la Provence, en même temps que les roches granitoïdes qui constituent les sommets les plus élevés de la chaîne principale des Alpes, au pied desquelles on les trouve dans un grand nombre de lieux.

Toutes les montagnes, qui s'étendent du Valais et du Saint-Gothard jusqu'en Autriche, ont non-seulement surgi dans cette catastrophe, mais encore la plus grande partie du sol de l'Europe a participé au mouvement. En effet, la surface de ce continent s'élève souvent en pente douce vers les lignes de faite de cette grande chaîne; c'est ainsi que les plaines de la Bavière s'élèvent lentement vers le sud un peu est, et celles de la Lombardie en sens inverse. Dans l'intérieur de la France, on voit, dans le midi, les terrains tertiaires s'élever du sud vers le nord, des bords de la Méditerranée à Saint-Vallier, et au delà la pente est en sens contraire. Des bords de la Loire, le sol s'élève doucement d'un côté vers le nord-nord-ouest, et de l'autre vers le sud-sud-est jusque dans les vallées de l'Auvergne. Au pied des Pyrénées, les ophites, ainsi que les gypses et les masses salifères qui s'y rattachent, § 499, forment une bande dont la direction est parallèle à la chaîne principale des Alpes, et rappellent la présence et les effets des serpentines de la vallée d'Aoste. A la montagne Noire la dernière forme, les derniers exhaussements qui ont déterminé une énorme falaise, ont été produits à cette époque, puisque les derniers dépôts tertiaires y ont participé. Enfin, la même direction se prolonge en Espagne, dans les lignes de faite et les grands cours d'eau de cette contrée.

§ 350. **Dix-septième soulèvement, système du Ténare.** — Nous voici enfin à la plus récente des catastrophes qu'on ait pu jusqu'ici classer en Europe. Elle a eu lieu à une époque où nos mers étaient uniquement peuplées par les êtres qui y vivent encore aujourd'hui, et peut-être depuis que l'homme a paru sur la terre, § 304. Après les dépôts de diluvium qui entourent les Alpes principales de couches horizontales, il s'est fait des dislocations sur le sol de la Toscane, parallèlement à un grand cercle dirigé à peu près nord-ouest. Les dépôts soulevés à ce moment ne renferment plus que des coquilles exactement semblables à celles de nos mers, comme les tufs ponceux des champs phlégréens, de la Somma, de l'île d'Ischia, etc. Mais il y a plus, les dépôts sédimentaires de la Sardaigne, où M. de La Marmora a signalé les débris d'une industrie naissante, § 452 et 320, paraissent aussi avoir participé au mouve-

ment qui, dès lors, serait d'une époque extrêmement moderne, relativement à toutes celles dont nous avons jusqu'à présent parlé.

C'est au soulèvement du Ténare qu'on doit rapporter l'apparition de la Somma, du Stromboli, de l'Etna, qui tous auraient été démantelés s'ils avaient existé avant la catastrophe des Alpes principales, par laquelle tant de ravages ont été produits dans toutes les directions. Les volcans de l'Auvergne et du Vivarais, qui sont encore si frais, datent peut-être aussi du même moment, et leurs éjections auraient seulement suivi les anciennes fractures des soulèvements précédents, § 347. Il n'en est pas de même des anciens dépôts basaltiques qui de ces contrées s'étendent dans tout le midi de la France, § 480 à 488; tout porte à croire qu'ils se sont formés antérieurement et qu'ils ont été démantelés, morcelés de toutes les manières par la seizième catastrophe.

Ce système de soulèvement dont on distingue des traces, dans la Provence, près de Nice, dans la Sardaigne et en Sicile, dans les champs phlégréens, est parallèle au système moderne que MM. Boblaye et Virlet ont signalé à la pointe méridionale de la Morée et qu'ils ont nommé système du Ténare, parce qu'il aboutit au cap de ce nom.

§ 354. **Extension des systèmes sur tout le globe.** — Puisque dans l'Europe, la seule partie du monde suffisamment connue, les divers chaînons de même direction, qui se trouvent sur la même ligne ou sur des lignes parallèles, appartiennent à la même époque de soulèvement, § 327, il y a lieu de penser, rien n'indiquant de limites aux phénomènes qui leur ont donné naissance, que les mêmes effets se continuent bien au delà des contrées dont la structure géologique nous est familière. Il en résulte que partout où nous trouverons parallélisme dans les chaînes, nous serons naturellement conduits à admettre aussi contemporanéité de formation. Il est du moins intéressant d'examiner sous ce point de vue les chaînes principales que nous connaissons à la surface du globe, quoique les soulèvements jusqu'ici classés ne soient qu'en très-petit nombre, relativement à ceux que nous découvrirons probablement un jour, quand toute la terre nous sera géologiquement connue aussi bien que l'Europe. Pour faire connaître plus facilement cette extension des principaux systèmes, M. Élie de Beaumont a bien voulu tracer pour nous le résultat de ses recherches sur la mappemonde dressée par Brué, sur l'horizon de Paris, en y indiquant les différents soulèvements, par des lignes de diverses formes, dans toute l'étendue où ils peuvent être aujourd'hui soupçonnés.

On voit sur cette carte, fig. 374, que la *direction des Pyrénées* s'étend depuis les Alleghanys dans l'Amérique septentrionale jusqu'à la presqu'île de l'Inde, par les Karpathes, le Caucase, les montagnes de la Perse, depuis Erivan jusqu'au golfe Persique, et enfin par les Ghates, qui déterminent la position de la côte de Malabar. Au sud de cette ligne, se représentent également plusieurs rides parallèles : celles qui vont du cap Ortegai, dans les Asturies, au cap Crois de la Catalogne; la petite chaîne de Grenade, qui aboutit au cap de Gates; les montagnes qui bordent au nord le désert de Sahara, en coupant la direction de l'Atlas; enfin les Apennins, les Alpes Juliennes, les montagnes de la Croatie, de la Romélie, et jusqu'à celles de la Morée.

Le *système des Ballons*, si rapproché de celui des Pyrénées, se représente avec lui dans les Alleghanys, en Amérique septentrionale, où il paraît d'ailleurs s'étendre considérablement, ainsi que plusieurs des systèmes antérieurs.

La *direction des Alpes occidentales* se fait remarquer depuis l'empire du Maroc jusqu'à la Nouvelle-Zemble, en passant par la côte orientale d'Espagne, le midi de la France et une grande partie de la presqu'île scandinave. On retrouve des directions parallèles dans le Cordillère du Brésil, depuis le cap Roque jusqu'à Montevideo. On voit encore des directions du même genre dans la régence de Tunis, dans la Sicile, dans la pointe de l'Italie et dans l'Asie Mineure. Tout le littoral de l'ancien continent, depuis le cap Nord de la Lapone jusqu'au cap Blanc d'Afrique, appartient au même alignement.

Les *Alpes principales* font partie d'un système de direction extrêmement étendu; depuis les chaînes de l'Atlas, à la partie septentrionale de l'Afrique, et celles de l'Espagne, on retrouve des chaînes parallèles qui se continuent jusqu'à la mer de la Chine. Telles sont, en sortant de la Sicile et de l'Italie, les chaînes de l'Olympe en Grèce, le Balkan, le Taurus, la chaîne centrale du Caucase couronnée par l'Elbourz, entre la mer Noire et la mer Caspienne, la longue série de montagnes qui s'étend à travers la Perse et le Kaboul, comprenant le Paropamisus, l'Hindoukhoh, etc.; enfin l'Himalaya, où se trouvent les plus hautes montagnes du monde.

On ne peut pas citer les autres systèmes sur de telles étendues, et néanmoins on reconnaît la direction du *système de Corsa* dans les chaînes de la Syrie et de la Palestine; le *système du Viso* dans les chaînes du Pinde, le *système du Thuringerwald* dans les montagnes de l'Attique et de l'île de Négrepont; le *système de la Côte-d'Or*, peut-être celui du *Hundsruok*, dans les monts Altaï, etc.

ÉTATS DE L'EUROPE AUX DIVERSES ÉPOQUES DE FORMATION.

§ 352. *Observations générales.* — Les détails précédents nous ont permis de concevoir que la surface du globe, tant de fois bouleversée, a dû subir bien des changements successifs dans la configuration et l'étendue relatives des terres et des mers, pour arriver à l'état actuel. Mais pour l'Europe même, il est difficile d'indiquer cet état pour les époques les plus anciennes, par la raison que nous n'avons pas assez de détails sur les directions des couches pour déterminer partout celles des soulèvements, ni pour établir les limites exactes des terrains qui se sont formés à chacune de ces catastrophes. On ne sait pas non plus quelles sont les parties qui ont pu s'affaisser successivement; de sorte que ce n'est que par inductions qu'on peut connaître l'ancienne étendue de ce qui reste. Ce n'est qu'après l'apparition des terrains jurassiques, dont les limites sont plus nettement tranchées, que nous pouvons établir avec moins d'équivoque les contours et l'étendue des terres préexistantes. Toutefois, avant cette époque, il existe des données qui peuvent conduire à des idées générales que nous allons essayer d'exposer.

Avant tout, observons que par l'expression *époque de tel terrain*, nous entendons l'espace de temps pendant lequel ce terrain se formait sous les eaux, autour des dépôts soulevés des époques précédentes. Ainsi l'expression *époque jurassique* indique le temps pendant lequel les terrains jurassiques se formaient dans les mers où se dessinaient les terres précédemment émergées. Nous dirons dans le même sens *mer jurassique*, *mer crétacée*, etc.

§ 353. *Époque silurienne.* — S'il est difficile d'établir nettement les limites des terrains formés à chacun des quatre premiers soulèvements, on peut se former une idée de ce que leur ensemble a produit, en recherchant les terres qui ont échappé aux dépôts siluriens, et qui, dès lors, étaient émergées, quoique probablement encore à une faible hauteur.

En France, fig. 375, il existait entre Brest et Saint-Malo, et entre Brest et Poitiers, deux grandes îles granitiques, l'une suivant le système du Finistère, l'autre suivant le système du Morbihan, comprenant sans doute quelques indices du système de la Vendée, liées d'ailleurs entre elles par les dépôts cumbriens soulevés par le système du Longmynd. Il s'en voit d'autres en Angleterre, en Cornouailles, en Écosse, puis en Suède, appartenant au Finistère et au Longmynd, et dont les sommités apparaissent encore au milieu des dépôts qui les entourent. Le plateau granitique qui comprend le Limousin et l'Auvergne, où l'on voit quelques indices des systèmes

du Longmynd et du Morbihan, devait déjà se trouver au-dessus des eaux, et se liait peut-être à une grande terre qui s'étendait de

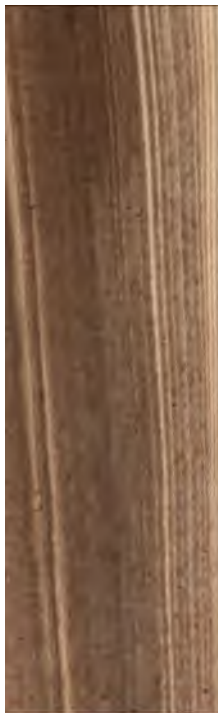


Fig. 375. Mer silurienne.

Configuration et étendue relatives des terres et des mers dans l'Europe occidentale pendant le dépôt silurien.

Toulon à Innsbruck, en joignant peut-être au sud l'île de Corse; rien, en effet, sur toute cette étendue, n'indique le terrain silurien. Il existait sans doute quelques terres dans les Pyrénées comme dans les Vosges et la forêt Noire, ainsi que dans le centre de l'Allemagne et dans la presqu'île scandinave.

Les mers de cette époque renfermaient, comme celles où se sont formés les calcaires de Bala, § 234, des trilobites, § 225, des spirifères, des productus, diverses sortes de térébratules, § 232, des poly-piers plus ou moins analogues à ceux des rescifs, § 424, ce qui nous



les îles d'Angleterre sur la carte, fig. 376, ment émergées à l'ouest de Francfort, comme l'Eifel, et le Hunsrück-Taunus, comme sont formées au sud-ouest de Strasbourg, c'être l'ancien continent, enfin pour l'allongement de la France jusqu'aux Pyrénées. Cette l'espace compris entre les deux îles de Bretagne à leur ensemble, tendant ainsi à réunir cette l'Angleterre, de l'autre par Poitiers avec le une grande extension aux terres scandinaves desquelles les dépôts siluriens n'ont pas été

La végétation dut alors prendre une grandmontrent les dépôts d'antracite renfermés devoniennes, et dont les plantes appartiennent l'époque suivante. Dans les mers il n'existaient lobites, mais il s'y trouvait des spirifères, des cères, divers céphalopodes analogues aux nautilus, les encrines s'y multipliaient de manière à seules les marbres de Flandre et de Belgique, coraux, polypiers, et surtout les poissons saurosteens, les hybodonts qui représentaient

§ 355. **Époque houillère.** — Le système au jour certaines parties des dépôts dévoniens fois modifier les terres émergées et en créer on le voit sur la carte, fig. 376, que M. Él voulu dresser pour nous. Cette nouvelle révolution réunit la Bretagne au plateau central de la

C'est dans les mers de cette époque que se sont formés les dépôts houillers d'Angleterre et de Belgique. On en reconnaît les rivages au nord, entre Cologne et Liège, puis vers Arras et Boulogne, enfin vers Arras et vers Corke. C'est sur cette direction que se trouvent tous



Fig. 376. Mers et lacs de la période carbonifère.

les dépôts houillers, depuis la Belgique jusqu'au centre de l'Irlande. Au nord de cette île se trouvent les dépôts carbonifères qui s'étendent de Derby à Liverpool, et se lient à ceux de l'Irlande, du nord

de l'Angleterre et de l'Écosse, en suivant la direction du Hundsruok. On ne sait pas jusqu'où la formation pouvait s'étendre, mais quelques dépôts charbonneux du Hanovre semblent indiquer qu'elle se prolongeait au moins jusqu'à cette latitude.

§ 356. Outre ces dépôts qui paraissent s'être formés dans une véritable mer, il s'en trouve d'autres qui sont éparpillés à la surface de la France, de l'Allemagne, et qui par leur isolement indiquent autant de petits amas d'eaux, où la matière charbonneuse s'est déposée comme aujourd'hui la tourbe dans nos marais, § 124 à 127. On en voit déjà vers Leicester, Birmingham et Coventry en Angleterre, mais il s'en trouve beaucoup d'autres sur la terre qui va de Cherbourg au delà de Perpignan où l'on voit les dépôts houillers de Bayeux, de Quimper, de Laval, de Vouvan vers Poitiers, placés sans doute dans les anfractuosités du système des Ballons; puis ceux de la Bourgogne, du Limousin, du Forez, des Cévennes, etc., formant des lignes parallèles au système du Hundsruok, quoiqu'il y en ait de dérangées par le système du Rhin, enfin ceux de l'Alsace sur les terres précédemment émergées. Vers Toulon se trouvaient des marais où se sont formées les houilles que nous connaissons dans cette partie de la France. Il en existait de même sur les bords des terrains soulevés entre Cologne et Francfort, où se trouvent les dépôts houillers du pays de Trèves, puis plus loin ceux du Harz, etc. Enfin on en voit encore sur le groupe de terrain qui renferme la Saxe, la Bohême, la Moravie, que des mers houillères séparaient alors de la Gallicie. Il est remarquable qu'il ne se trouve pas de houille sur les terres scandinaves, ce qui semblerait indiquer que cette contrée était alors stérile et privée de marécages.

§ 357. Quelques parties des terrains houillers sont restées à découvert jusqu'à nos jours, ou même se sont soulevées de plus en plus par les catastrophes suivantes; mais d'autres parties se sont évidemment affaissées depuis, ont été recouvertes de dépôts plus modernes, à travers lesquels on va souvent chercher le combustible à de grandes profondeurs, comme dans les Vosges sous le grès rouge, dans l'Aveyron et la Corrèze sous le grès bigarré, dans les Cévennes sous le calcaire jurassique, à Anzin sous la craie, etc. Il est dès lors à présumer qu'il y en a un grand nombre d'enfouis profondément et à jamais perdus pour nous, soit sous les sédiments divers, soit même sous les eaux, comme à Whitehaven en Angleterre où l'exploitation s'étend à plus d'un quart de lieue du rivage et à plus de 400 mètres de profondeur au-dessous du fond de la mer.

La végétation de l'époque houillère favorisée peut-être par la forme insulaire, § 27, a dû être très-considérable pour former par

tout les immenses dépôts que nous connaissons. Elle se composait de lycopodiacées, de fougères, etc., toutes arborescentes, dont les analogues ne se trouvent que sous les tropiques, avec des conifères voisines des araucaria, § 242. Ce sont leurs débris accumulés qui ont formé la masse du combustible, avec les cryptogames qui croissaient alors sous les eaux, comme aujourd'hui dans les marais bourbeux, et sous une température plus favorable encore à leur développement.

Les eaux dans lesquelles se formait la houille paraissent avoir renfermé peu de mollusques conchifères, car on n'en trouve même pas dans les houilles marines, si ce n'est quelques anodontes ou mulettes qui annoncent des affluents d'eau douce; les poissons étaient assez nombreux dans les marais et ils appartenait tous aux genres *pa-leoniscus* et *amblypterus*, vivant sans doute dans les ruisseaux qui serpentaient au fond des fractures abruptes des terrains anciens.

§ 358. **Époque pénéenne.** — Ce que la catastrophe du nord de l'Angleterre, § 340, présente de plus remarquable, est le soulèvement de la partie la plus occidentale de l'Europe, dans tout ce qui se trouvait situé vers le sud, qui a dès lors presque complètement échappé à la formation pénéenne. § 328, la plus grande partie de la mer carbonifère, fig. 376, a dû être soulevée; la plupart des îles de l'Angleterre ont dû dès lors se réunir entre elles et avec toutes celles situées précédemment à l'est et au sud en une immense terre ferme, sur laquelle il n'y a pas de traces des dépôts formés à cette époque. On n'en voit en effet en Angleterre que dans le comté d'York, fig. 376, entre Nottingham et Sunderland, à l'est du terrain houiller qui depuis cette époque a toujours été découvert, et où tout le dépôt pénéen est représenté par le *magnesian limestone*. En France nous n'en avons que dans les Vosges, où la presque île formée vers Strasbourg à l'époque précédente a dû maintenant s'affaisser, entre Montbéliard et Saint-Dié, pour recevoir le grès rouge qui recouvre les marais houillers. De là la mer pénéenne s'est étendue principalement au nord des terrains anciens qui marquaient le centre de l'Allemagne à l'époque houillère, et elle a formé dans la Thuringe et le Mansfeld la série complète des dépôts pénéens que nous avons fait connaître. § 247, 248. On retrouve la même mer dans toute la partie orientale de la Russie, où ses sédiments ont recouvert une grande étendue de terrain.

La végétation avait peut-être peu changé à cette époque, mais elle n'a fourni au terrain pénéen que quelques algues enfouies dans les matières schisteuses, et quelques troncs silicifiés de conifères dans les grès. La terre était alors habitée pour la première fois par des reptiles sauriens voisins des *monitors*, dont les débris se trouvent aussi dans les schistes, en même temps que ceux de quelques poissons

du genre *paleoniscus*, que d'ailleurs on ne retrouve plus aux époques suivantes. Les mers renfermaient alors quelques espèces particulières de *productus* et de *spirifères*, § 247.

§ 359. **Époque vosgienne.** — Le système du Hainaut paraît avoir encore augmenté l'étendue des terres émergées de l'époque précédente. Car la Thuringe et le Mansfeld, aussi bien que la Russie orientale précédemment sous les eaux où se formaient les dépôts pénnéens, ne présentent aucune trace de grès vosgien et par conséquent furent alors à sec, § 328. Par opposition plusieurs points découverts dans la Bavière rhénane et le duché de Bade ont dû être maintenus submergés pour recevoir la formation vosgienne qui se montre aujourd'hui sur les deux rives du Rhin. La partie submergée entre Montbéliard et Saint-Dié qui recevait le grès rouge à l'époque pénnéenne, s'est de nouveau relevée pour échapper à celui-ci.

Ainsi le dépôt vosgien semble s'être fait dans un lac au milieu du continent, et peut-être en Angleterre entre deux grandes îles qui présentait cette contrée, où se sont formés plus tard les dépôts triassiques. Cette formation paraît avoir duré peu de temps, ou du moins avoir été très-tumultueuse, car il ne s'y est trouvé jusqu'ici aucun reste d'animaux, et les débris de plantes y sont même peu nombreux, § 249.

§ 360. **Époque triassique.** — L'événement du système du Rhin,



Fig. 377. *Mer triassique.*

Configuration et étendue relatives des terres et des mers en France pendant le dépôt des terrains triassiques.

§ 342, est venu de nouveau disloquer et découper le continent, qui paraît avoir existé aux deux époques précédentes. Une grande île s'étendait alors obliquement à travers la France, fig. 377, de l'Angleterre occidentale jusqu'en Autriche, comprenant la Bretagne, le Limousin, le Forez, étendant une presqu'île jusqu'aux Pyrénées et une autre en Bour-

gogne. Une autre île renfermait la Belgique, le grand-duché du Rhin s'étendant dans les Vosges en presqu'île parallèle aux montagnes anciennes de la forêt Noire.

§ 364. La végétation a subi à cette époque de grandes modifications ; les fougères et les équisétacées de haute taille avaient considérablement diminué, et les conifères au contraire étaient devenues plus nombreuses : des plantes analogues aux *zamia* et peut-être aux *cycas*, fig. 378 et 379, formaient alors une partie importante de la flore de l'Europe, préluant au développement immense qu'elles prirent à l'époque suivante.



Fig. 378. *Zamia pungens*.



Fig. 379. *Cycas revoluta*.

§ 362. Il se présente encore ici de nouveaux sauriens, et pour la première fois on reconnaît quelques traces d'oiseaux sur les dalles du grès bigarré, § 464, 243. C'était alors qu'existaient ces êtres, dont nous trouvons aussi les pas sur les mêmes dépôts, que M. Owen a reconnus d'après les ossements fossiles, pour d'énormes batraciens dont il a imaginé la restauration suivante, fig. 380.



Fig. 380. *Labyrinthodon pachynatus* (Owen).

§ 363. *Époque jurassique.* — Lors du soulèvement du Thuringerwald, § 347, le terrain triassique qui venait de se former dans les mers s'est trouvé soulevé dans divers points. Il s'est alors accolé quelques lambeaux de grès bigarré autour des côtes précédentes, comme en Angleterre, d'Exeter à Liverpool, et sur la côte orientale, en France, de Cherbourg à Bayeux, de Moulins à la Châtre, autour de Brives, aux environs de Rodez, de Saint-Affrique et de Lodève, enfin autour des terrains dévoniens qui préludaient aux Pyrénées actuelles. L'île du Var s'est accrue non-seulement de ces grès, mais encore du calcaire conchylien; les Vosges et la forêt Noire furent considérablement augmentées par les deux dépôts tant à l'ouest dans la Lorraine, qu'à l'est, d'où le terrain triassique se prolonge en Allemagne, en liant divers îlots précédemment séparés. Mais en même temps que de nouvelles terres étaient mises à nu, il se faisait de grands affaissements dans celles qui existaient auparavant; la grande terre qui s'étendait à travers la France fut coupée vers Poitiers, en formant un détroit où se montrent aujourd'hui les dépôts jurassiques. Ce qui s'en étendait depuis les premiers temps de Lyon jusqu'à Inspruck, § 253, s'est même complètement enfoncé pour recevoir la nouvelle formation qui l'a recouverte. La Corse et une île vers Toulon, sont les seules qui soient restées pour marquer l'ancienne direction.

Les dépôts jurassiques formés à la suite de ce bouleversement étant extrêmement étendus à la surface actuelle de l'Europe, leurs limites inférieures, partout très-distinctes, nous indiquent clairement celles des mers dans lesquelles ils se formaient. C'est en les étudiant avec soin que M. de Beaumont est parvenu à tracer pour nous la carte, fig. 381, beaucoup plus arrêtée que les précédentes.

On remarque immédiatement sur cette carte la rupture que nous avons indiquée vers Poitiers, les morcellements et les découpures qui limitent le plateau central et son prolongement, la disparition complète du terrain compris entre Lyon, Nice et Inspruck. On voit enfin comment l'île qui renfermait la Saxe et la Bohême se trouve liée aujourd'hui, par les dépôts pénéens et triassiques, avec celle qui s'étendait entre Francfort et Arras. Un rivage nettement limité s'étendait alors de Dunkerque à Trèves, et tournant les deux presqu'îles des Vosges et de la forêt Noire, gagnait Ratisbonne, Vienne et Cracovie, où un détroit conduisait au nord; un autre rivage allait de la hauteur de Poitiers, par Angers, Cherbourg et Liverpool, jusqu'au delà d'Édimbourg. Les montagnes des Maures et de l'Estérel offraient un îlot entre Toulon et Nice, et la Corse en faisait un autre. Les terres scandinaves seules n'avaient subi aucun changement.



Fig. 381. Mer jurassique.

Configuration et étendue relatives des terres et des mers dans l'Europe occidentale pendant le dépôt du terrain jurassique.

§ 364. Animaux de l'époque jurassique. — Les mers de cette nouvelle époque présentaient des caractères très-différents de ceux que nous avons vus jusqu'ici dans les mers antérieures ; elles étaient

maintenant habitées par les sauriens, éminemment nageurs, nommés ichthyosaures et plésiosaures, § 258, dont les pattes, en forme de rames, rappellent nos chéloniens marins actuels; ces animaux tout aquatiques, remplaçaient alors par leur voracité les poissons sauroïdes de la mer dévonienne, qui avaient depuis longtemps disparu. Ce fut alors aussi que vécurent sur la terre les ptérodactyles, genre de sauriens volants qui peuplaient les airs, et qui complétaient la série des êtres si remarquables de la création jurassique, que les catastrophes subséquentes ont entièrement anéantie. M. Buckland partant du squelette de ces animaux, a essayé de peindre leur conformation extérieure dans les figures suivantes :



Fig. 382. Restauration des sauriens de l'époque jurassique.

Ces mers avaient perdu les productus des époques précédentes et les spirifères même avaient presque entièrement disparu. Mais il y avait alors de nombreuses térébratules qui appartenaient à des espèces différentes de celles que renfermaient les mers précédentes, et qui disparaissent elles-mêmes dans les suivantes. Il s'y trouvait aussi un très-grand nombre de mollusques céphalopodes à coquilles cloisonnées, que nous nommons en général *ammonites*, dont la race encore peu développée avait commencé à paraître dans les mers où se

ormait le calcaire conchylien. C'est alors que parurent pour la première fois les espèces de calmars, fig. 383, qui renfermaient les corps nommés *belemnites*, dont les débris jusqu'alors inconnus sont si nombreux, depuis le lias jusqu'à la fin de la craie. Enfin il s'y montra de nouveaux mollusques à coquilles bivalves; et d'abord la gryphée arquée qui pullula pendant un moment pour disparaître ensuite lorsque le lias fut formé, et faire place à de nouvelles espèces du même genre, § 257 à 267.



Fig. 383. Calmar à belemnites.

Il se formait aussi dans ces mers, comme aujourd'hui dans les nôtres, des rescifs madréporiques, dont le groupe corallien, § 266, nous offre maintenant les débris, et qui annoncent dans nos contrées une température moyenne analogue alors à celle des mers intertropicales.

Sur les terres, des lacs d'eau douce nourrissaient sans doute des paludines, et des cours d'eau entraînaient les hélices dont le groupe portlandien, § 485, nous offre aujourd'hui les dépouilles.

Il devait exister aussi sur le sol plusieurs espèces d'insectes qui servaient de nourriture aux ptérodactyles et dont les débris annoncent des coléoptères et des névroptères, voisins des puprestes et des libellules. Il s'y trouvait aussi de petits mammifères marsupiaux dont les couches de Stonesfield nous offrent la squelette, § 264. Mais ces êtres semblent avoir été en petit nombre, si l'on s'en rapporte au peu de débris qu'on a encore rencontrés; et l'on ne se trouvait avec eux aucun des grands animaux qui caractérisent l'époque parisienne.

§ 365. *Végétation de l'époque.* — La flore n'était plus celle qui a fourni tant de débris au terrain houiller; les lycopodiacées, les fougères gigantesques avaient disparu, et il semble que beaucoup d'espèces nouvelles avaient été créées depuis les époques péniennes et riassiques. C'étaient alors les cycadées et les conifères, § 264, 265, qui l'emportaient de beaucoup sur toutes les autres familles. Probablement il se trouvait déjà quelques palmiers dont on rencontre les ruines dans le lias; aussi les combustibles charbonneux qui se sont formés à cette époque, sont-ils fort différents de ceux que nous trouvons dans la grande formation houillère. Ces matières sont en même temps beaucoup moins abondantes, ce qui annonce une grande différence entre l'étendue des terres d'alors et celle des continents qui devaient exister pendant la période carbonifère.

§ 366. *Époque crétacée.* — Après le système de soulèvement de la Côte-d'Or, § 344, qui a relevé une partie des dépôts jurassiques au-dessus des mers, la forme et la disposition des terres au milieu des eaux ont encore considérablement changé. Leurs contours sont indiqués aujourd'hui à la surface du globe par les limites inférieures des dépôts crétacés émergés, et en les cherchant M. de Beaumont en a dressé la carte suivante, fig. 384.

Les trois îles méridionales de l'époque précédente se sont maintenant réunies, mais non sans quelques modifications dans leurs contours. Les restes de la Belgique et les parties voisines de la France ont été submergés, et Bruxelles, qui était précédemment au milieu des terres, se trouve maintenant sur la côte. Arras et Dunkerque sont au milieu même des mers. Un détroit s'est fait entre Perpignan et Bayonne, offrant quelques îles à son entrée. Enfin un affaissement s'est fait au milieu des anciens terrains de l'Allemagne et a déterminé un lac entre Dresde, Prague et Brunn.

Par compensation, les Vosges, battues par la mer aux siècles précédents, furent enclavées dans le continent qui joignit l'Éifel au plateau central de la France. L'espace de mer qui séparait ces contrées fut comblé, et Langres, Nevers, Lyon, se trouvèrent en terre ferme; un isthme se forma vers Poitiers pour lier aussi la grande île qui se trouvait à l'ouest. Un rivage s'étendit alors dans les environs de Cracovie jusque vers Perpignan par Ratisbonne, dont la position ne fut pas changée, Zurich et Lyon. Un immense golfe se forma entre Bruxelles et Oxford, s'enfonçant jusqu'à Poitiers.

Il s'est maintenant reformé, entre Salzbourg et Avignon, une nouvelle île qui marque encore une fois l'emplacement futur des Alpes, et sur laquelle Briançon, Turin, Trente, Inspruck, etc., pouvaient de nouveau retrouver leurs places; la Suisse était alors un canal qui séparait cette île de la terre ferme. L'île de Toulon s'est maintenue, ainsi que la Corse, et quelques petites îles jurassiques marquent les environs de Marseille.

§ 367. Peu de chose cependant avait changé dans les êtres organisés; en même temps qu'il se trouvait diverses espèces de fougères, végétaient sur le sol les cycadées, et surtout les conifères, qui, devenant de plus en plus abondantes, donnaient lieu aux amas de lignites qu'on trouve dans les terrains crétacés, § 282. Il y avait peu de mammifères terrestres, car on n'en observe aucun débris dans les terrains de craie, quoiqu'on en ait déjà rencontré dans les dépôts jurassiques; mais il existait divers cétacés, lamentins et dauphins, dont quelques-uns ont apparu déjà dans les mers précédentes. Les reptiles divers étaient encore, parmi les animaux en état

ivre sur la terre, les êtres les plus élevés de la création ; leurs
ces étaient nombreuses; parmi elles se distinguaient l'iguanodon,
rien gigantesque de 80 mètres de long, le mégalosaure et divers
odiles. Les tortues fluviatiles, les poissons et les mollusques

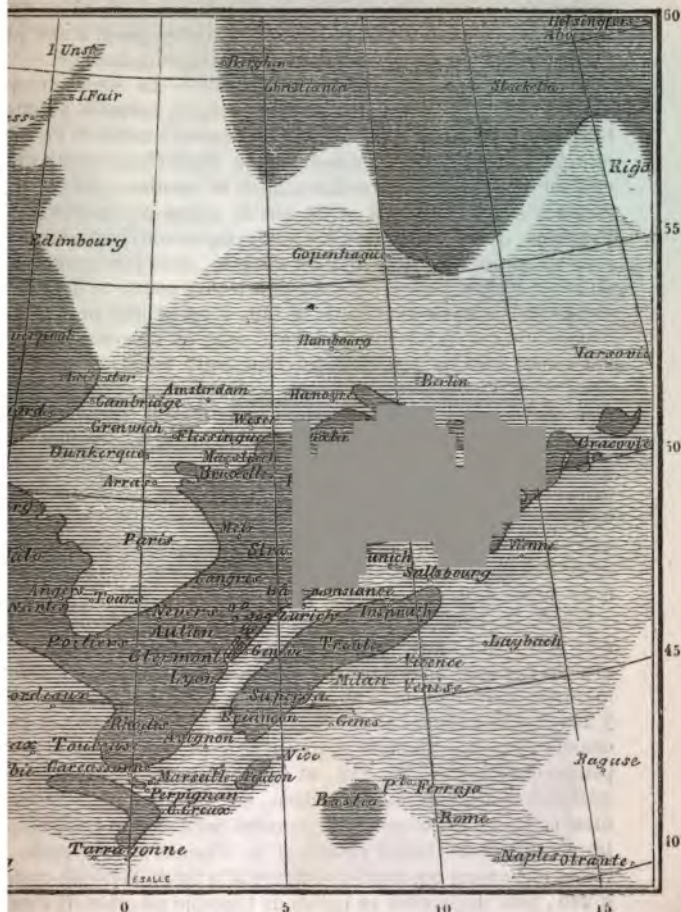


Fig. 384. Mer crétacée.

figuration et étendue relatives des terres et des mers dans l'Europe occidentale pendant le dépôt du terrain crétacé inférieur.

d'eau douce vivaient sur les bords des lacs ou dans leurs eaux.

Les mers nourrissaient des baculites et des turrilites, fig. 302, 303, dont rien n'indique l'existence antérieure, et qui, vers la fin de l'époque disparaissent totalement, en même temps que tous les céphalopodes à coquilles cloisonnées persillées. C'est alors que se montraient les vrais squales, qui ont continué jusqu'à nos jours, quoique leurs dimensions aient considérablement diminué.

§ 368. **Époque du terrain parisien.** — Le soulèvement du mont Viso, en relevant les premiers dépôts crétacés autour des terres découvertes, comblant en grande partie le canal de Perpignan et le golfe de Marseille, n'amena qu'un léger changement dans le contour des mers, où la sédimentation se continua par les dépôts crétacés supérieurs. Il n'en fut pas de même du soulèvement des Pyrénées, qui a produit une des plus grandes convulsions que l'Europe ait éprouvées; tout en a été ébranlé, et la plus grande partie de ce qui était alors sous les eaux s'est trouvé poussé au dehors pour former un immense continent, § 346. C'est ce que prouve le peu d'extension des sédiments parisiens, qui, se trouvant concentrés dans deux bassins peu étendus, l'un entre Paris, le cap Lizard, Cambridge et Maestricht, l'autre entre Bordeaux et Dax, nous montrent que les mers pénétraient peu dans les terres d'alors. Au milieu du golfe du Nord se trouvaient deux îles crétacées, les Wealds de l'Angleterre et le pays de Bray de la France. On voit ces détails dans la carte, fig. 385, publiée il y a quelques années par M. Élie de Beaumont, dont nous avons supprimé la mer du Vicentin parce que les dépôts, qu'on avait alors rapportés au calcaire parisien, à cause des cérites et des nummulites, appartiennent en réalité à la craie supérieure.

§ 369. La faune de l'époque parisienne était très-différente de celle qui avait existé précédemment. Les sauriens gigantesques avaient disparu; mais il restait de grands crocodiles, des chéloniens marins et terrestres, et la terre enfin était peuplée de mammifères, § 286. Ceux-ci étaient alors des pachydermes analogues aux tapirs, comme les anoplotheriums et paleotheriums, qui devaient avoir à peu près les formes, fig. 383, et qui vivaient en même temps que quelques carnassiers du genre chien, etc. Dans les mers les bélemnites et toutes les coquilles cloisonnées persillées avaient disparu; les nautilus seuls étaient restés, et ils vivaient alors avec le cerithium giganteum qui avait commencé à la fin de l'époque crétacée, § 280, pour disparaître au milieu de l'époque suivante. Il y existait aussi beaucoup de mollusques plus ou moins rapprochés de ceux qui vivent dans les mers actuelles, § 284.



Fig. 385. Mer parisienne dans l'Europe occidentale.



Fig. 386. Faune de l'époque du terrain parisien.

a. *Paleotherium magnum*.
 b. *Paleotherium minus*.

c. *Anoplotherium commune*.
 d. Crocodile.

À cet âge de notre planète, la flore de l'Europe s'était encore modifiée; les cycadées avaient disparu, et les conifères, présentant encore de nouvelles espèces, auxquelles s'étaient jointes des dicotylédones, se trouvaient avec des palmiers jusqu'au centre de l'Europe. Ces derniers, repoussés aujourd'hui jusqu'en Afrique, annoncent évidemment une température moyenne plus élevée que celle dont nous jouissons, et qui a dû être alors d'environ 22°, comme maintenant dans la basse Égypte.

Des cours d'eau existaient nécessairement sur le continent, et c'est par là qu'on peut expliquer les dépôts de lignites, les débris de mollusques d'eau douce, qu'on trouve par place au milieu des dépôts marins. On est tenté surtout à supposer un de ces cours d'eau débouchant vers Laon et amenant les dépôts lacustres du Soissonnais, et un autre quelque part, entre Exeter et Oxford, qui formait au sud-ouest des Wealds les dépôts de l'île de Wight. Autour de Paris, les eaux du golfe étaient adoucies sur les bords par de nombreuses sources thermales qui donnaient naissance au calcaire siliceux, au milieu duquel se formaient la meulière sans coquilles et le gypse, § 285.

§ 370. *Époque de la molasse.* — C'est après le soulèvement de Corse, § 347, que la molasse s'est déposée au sein des eaux; ce qui



Fig. 287. France à l'époque de la molasse.

s'est fait non-seulement dans tout ou partie des mers précédentes, mais encore dans des lieux mêmes où les dépôts parisiens avaient manqué, et où par conséquent les terres étaient alors à découvert.

§ 328. Il en résulte qu'il a dû se faire, çà et là, divers affaissements et par suite des mers ou des lacs, où les nouveaux dépôts sédimentaires se sont formés. Les limites inférieures de cette formation maintenant émer-

gée, montrent en effet que la Touraine dut alors s'affaisser et que la mer s'étendit vers Poitiers, fig. 387, où il y avait communication

par un détroit, ou plutôt des terres à demi submergées, avec la mer de Guyenne et de Gascogne. Celle-ci communiquait par un autre détroit au pied des Pyrénées avec un lac qui allait de Marseille vers Langres résultant encore d'un affaissement des terrains précédemment émergés. Toute la Suisse s'est également affaissée, aussi bien que la contrée du Rhin et celle du Piémont, offrant dès lors des canaux qui communiquaient avec les mers d'Italie, de Hongrie, d'Allemagne, etc. Un vaste lac existait aussi en Auvergne, de Moulins à Brioude et Montbrison. Par opposition, il s'est fait aussi çà et là quelques soulèvements dans les mers de l'époque parisienne, sur toute la côte d'Angleterre, dans l'Ile de France, en Picardie et en Belgique, où le terrain échappa à la formation de molasse. Les emplacements de Londres et de Paris furent alors mis à sec, et il en fut de même de Bordeaux, où toute la partie nord de l'ancien golfe fut soulevée au moment où les terres du sud s'enfonçaient.

§ 374. La catastrophe dont nous venons de voir l'action à la surface du sol fut accompagnée d'un nouveau changement dans la série des êtres organisés. Dès ce moment les mers ne renfermaient plus ni le *cerithium giganteum*, ni un grand nombre d'autres espèces de mollusques qui se trouvaient dans les mers de l'époque précédente; tandis qu'au contraire il y en avait d'autres qui étaient beaucoup plus analogues à celles de nos mers actuelles. Les terres ont alors offert de nouvelles espèces de paleotherium; mais, ce qui est plus important, elles présentèrent alors, pour la première fois, § 203, et le *dinotherium giganteum*, qui devait avoir à peu près la forme fig. 388, ainsi que les rhinocéros, les hippopotames, les singes,



Fig. 388. Restauration du *dinotherium giganteum*.

et plusieurs rongeurs, comme castor, écureuils, etc., dont on n'avait pas encore trouvé de traces. La flore était composée principalement de conifères, avec des dicotylédones, qui cependant n'avaient sans

doute pas encore le développement qu'elles prirent à l'époque suivante. Il existait encore des palmiers, dont on trouve les débris dans les dépôts de lignites, particulièrement dans ceux de Liblar près de Cologne, ainsi que dans les plâtrières d'Aix, en Provence.

§ 372. *Époque subapennine.* — Lors du soulèvement des Alpes occidentales, § 348, le sol compris entre Constance et Marseille, a pris tout à coup une hauteur considérable, et une grande partie du relief qu'il présente aujourd'hui. Tout ce qui se rapportait à la molasse fut alors mis à découvert sur le continent européen, et les limites des mers furent encore une fois déplacées, fig. 389. Sur

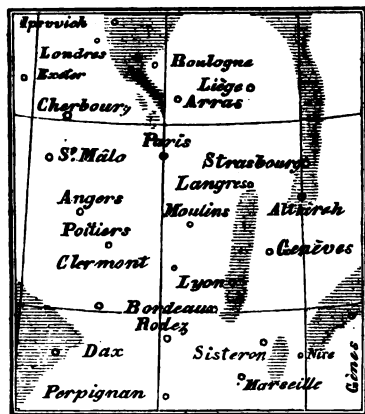


Fig. 389. France à l'époque subapennine.

La flore, d'après les débris jusqu'ici observés, paraît n'avoir été alors formée en France que de conifères et de dicotylédones, et les mers ne renfermaient guère alors que des animaux de l'époque actuelle.

Ce fut peut-être à cette date de la création qu'apparurent les grands carnassiers des genres *ursus*, *hyena*, *felis* et *canis* qui habitaient les cavernes¹, et avec lesquels se trouvaient des éléphants, des ruminants, des chevaux, des rongeurs, etc., dont ils faisaient leur proie. Peut-être y avait-il aussi divers grands édentés, dont on a trouvé les traces dans les cavernes du Brésil, quoiqu'on soit porté à les regarder comme appartenant plutôt à l'époque du diluvium.

¹ Divers géologues regardent les cavernes à ossements comme ayant été remplies par des eaux qui y ont entraîné les débris animaux.

§ 373. *Époque du diluvium.* — La grande catastrophe des Alpes principales, § 349, en formant toutes les chaînes qui s'étendaient du Valais en Autriche, a exhaussé également tout le sol de l'Europe, et déterminé la plus grande partie de son relief actuel. C'est de cette époque que date la séparation de la France et de l'Angleterre par une rupture opérée entre Brest et le cap Lizard, le partage des eaux entre l'Océan et la Méditerranée, et la dernière configuration de celle-ci par l'affaissement des terrains qui s'étendaient au sud de Marseille depuis l'époque parisienne. En général, c'est probablement alors que les mers furent limitées, à peu de chose près, comme nous les voyons aujourd'hui, fig. 390, à l'exception de quelques lambeaux d'alluvions anciennes qui ont été mises ensuite à découvert par le soulèvement du Ténare, et peut-être par les tremblements de terre de notre époque, ou les soulèvements progressifs.



Fig. 390. Europe occidentale dans l'état actuel.

Les effets produits par cette grande catastrophe, nous montrent qu'en Europe, d'énormes courants d'eau ont dû s'établir alors dans toutes les directions, et sillonner tous les dépôts qui se trouvaient émergés. Mais la masse des eaux fournies par les lacs de l'époque précédente, dont les digues ont sans doute été rompues dans le bouleversement, n'est pas en rapport avec l'étendue des résultats accomplis, et il faut que la quantité en ait été prodigieusement accrue par quelques circonstances inconnues jusqu'ici, qu'on peut attribuer peut-être à la fonte subite d'immenses dépôts de neige accumulés antérieurement sur les Alpes occidentales, ou à des pluies torrentielles longtemps continuées, ou enfin à de grandes oscillations des mers, § 33. Quoi qu'il en soit, les courants qui se formèrent alors, en sillonnant la surface des terres, en ont transporté les débris de toutes parts; de là les immenses alluvions de la vallée du Rhône, de la Crau, des plaines de la Lombardie, de celles de la Bavière, de la vallée du Rhin, etc. De là aussi l'existence de plusieurs de nos grandes vallées, la configuration dernière des autres, ainsi que les érosions et les dénudations que nous apercevons en tant de lieux différents, § 175, 214.

§ 374. Le soulèvement général du sol, les affaissements partiels, la formation et l'érosion des vallées actuelles, la délimitation des mers, telles qu'elles se présentent aujourd'hui, ne sont pas les seules conséquences de l'apparition des Alpes principales. Ce grand bouleversement des terres, qui s'est étendu sur une grande partie du globe, depuis la hauteur de l'Espagne jusqu'au centre de l'Asie, § 351, a été suivi du refroidissement de ces contrées, et de la disparition de la plupart des êtres organisés qui s'y trouvaient précédemment. Depuis lors, en effet, les palmiers ont complètement cessé de végéter en Europe, et les plantes dicotylédones se sont prodigieusement accrues. Les éléphants, les rhinocéros, les panthères qui venaient de paraître dans cette partie du monde, § 372, s'y sont alors totalement éteints; et si l'ours des cavernes trouve son analogue dans nos ours actuels, la taille, du moins, a considérablement diminué. La forme de l'Europe a de nouveau complètement changé, et elle s'est trouvée remplacée par celle que nous connaissons aujourd'hui. Peut-être a-t-il paru alors dans certaines parties de la terre divers animaux, dont les dépôts précédents n'ont offert aucun reste; tels sont surtout les grands édentés dont on trouve les débris dans les dépôts diluviens de l'Amérique méridionale où ils auront été ensevelis dans une des convulsions partielles qui ont probablement suivi celle des Alpes principales. A leur tête se trouvent, d'une part. les holophorus, pachytherium, chlamydotherium, etc.,

tous au moins de la taille d'un bœuf, et couverts, comme les animaux du genre tatou, d'une cuirasse osseuse, fig. 392; de l'autre, des animaux analogues à ceux du genre bradype ou paresseux, fig. 291, tels que le mylodon, et surtout le mégatherium, § 306, de la taille des plus grands éléphants. Celui-ci devait être un animal très-robuste, mais lourd dans ses mouvements comme ses congénères actuels, et dont les habitudes devaient être analogues aux leurs, se nourrissant comme eux de fruits, de feuilles, de racines.



Fig. 391. Paresseux à trois doigts.



Fig. 392. Tatou cabassou.

Tout porte à penser que c'est seulement au temps de calme qui suivit la catastrophe des Alpes principales, qu'on doit rapporter l'apparition de l'homme sur la terre. En effet, d'un côté, il n'y a pas même de débris humains dans les dépôts émergés qu'on a trop légèrement nommés diluvium, en les attribuant au déluge, car on ne peut compter les squelettes de la Guadeloupe qui sont de l'époque moderne, § 148; d'un autre côté, les animaux dont alors l'existence a commencé sont précisément ceux avec lesquels, depuis les temps historiques, l'homme a toujours vécu.

§ 375. **Époque moderne.** — Depuis le soulèvement des Alpes principales, il ne s'est fait aucun grand bouleversement sur le sol de l'Europe. L'événement du Ténare, § 350, qui s'est particulièrement manifesté dans la Morée, n'a laissé ailleurs que de faibles traces, quoiqu'il ait cependant affecté en Sicile des dépôts qui renferment des traces d'une industrie récente, ce qui prouve qu'il est postérieur à l'apparition de l'homme sur la terre. Il n'y a eu, d'ailleurs, que quelques faibles mouvements de la surface terrestre qui ont été produits pendant les tremblements de terre, § 32, 153-156. Il est à croire du reste que c'est de la période moderne qu'

datent la formation du Vésuve, de l'Etna, etc., et probablement celle des volcans récents de l'Auvergne, du Velay et du Vivarais, § 350, dont la belle conservation atteste la postériorité aux grandes dénudations de l'époque diluvienne.

C'est de l'époque moderne que paraît dater le commencement de tout ce qui se passe aujourd'hui sur le globe; les dunes, les cordons littoraux, le remplissage successif des lagunes restées derrière, leur conversion en deltas, tous phénomènes qui se continuent exactement aujourd'hui comme ils ont fait jadis, et qui peuvent dès lors servir de *chronomètres*, pour établir la durée de la période dans laquelle nous vivons. Le peu de largeur de l'espace envahi par les dunes, § 87, 108, relativement à la plus petite rapidité que l'on puisse admettre dans leur marche, ne peut faire remonter le commencement des choses actuelles qu'à un temps très-peu reculé, à un très-petit nombre de milliers d'années. Les deltas conduisent au même résultat, et la petite étendue des dégâts causés dans les montagnes et sur les côtes, par tous les éléments réunis, attestent aussi le peu d'antiquité de l'état actuel du globe. Nous ne pouvons guère remonter par les considérations géologiques, plus loin que par l'histoire même, et établir une durée de plus de six à huit mille ans.

§ 376. S'il est évident qu'il ne s'est presque rien passé en Europe après le grand événement des dernières Alpes, peut-être n'en fut-il pas de même dans les autres parties du monde. On peut soupçonner en effet, d'après les observations que nous possédons, qu'une grande partie de l'immense bourrelet montagneux qui longe l'Amérique, et qui traverse l'Asie du Kamtschatka à l'empire Birman, § 40, est le résultat d'une catastrophe beaucoup plus récente. Ce système de montagnes offre du moins le trait le plus étendu, le plus tranché, et pour ainsi dire le moins effacé de la configuration extérieure de la terre. C'est là que se présente aujourd'hui le plus grand nombre de soupiraux volcaniques en activité, et par conséquent la communication la plus étendue, la mieux conservée de l'intérieur du globe à l'extérieur; peut-être aussi la plus grande masse de produits volcaniques que l'on connaisse.

RÉSULTATS GÉNÉRAUX.

§ 377. **netase.** — Les apparitions successives des grandes chaînes de montagnes ont produit, comme nous l'avons clairement reconnu, de grands bouleversements sur les diverses parties de la terre qui en ont été tour à tour le théâtre. Mais il est évident que de telles catastrophes, du moins celles qui ont été d'une grande

énergie et qui se sont développées sur un grand espace, comme les soulèvements des Pyrénées, des Alpes, etc., § 346 à 349, ont dû manifester aussi leur action sur tout le reste du globe par des phénomènes secondaires plus ou moins importants. Si un simple tremblement de terre suffit pour produire une violente agitation de la mer, une irruption subite de ses eaux sur les continents, § 33, les effroyables catastrophes qui se sont manifestées à diverses reprises sur notre planète, n'ont pu manquer de déterminer dans l'Océan des mouvements plus ou moins impétueux, des dérangements momentanés ou des changements durables dans la surface d'équilibre des eaux, § 34. De là sans doute des inondations extraordinaires, qui, à chaque catastrophe, ont dû ravager la surface des terres existantes, y produire, comme de nos jours, § 33, 95, 244, des dénudations diverses et des alluvions superficielles plus ou moins étendues.

Or, puisque sans compter tout ce qui a jusqu'ici échappé aux investigations de la science, l'observation nous montre clairement, en Europe, une série de mouvement successifs du sol qui ont modifié toute cette partie du monde, et plusieurs même tout un hémisphère, § 135, 354, il n'y a rien d'absurde à admettre que ce qui a eu lieu à tant de reprises différentes, depuis les époques les plus anciennes de formation, § 229, 334, jusqu'aux plus modernes, § 340, 350, soit arrivé une fois quelque part depuis l'apparition du genre humain sur la terre, § 374. Par conséquent, il n'y a rien non plus de contraire à la raison dans la croyance à une grande irruption des eaux sur les terres, à une inondation générale, à un déluge enfin, qu'on trouve non-seulement décrit dans la Bible, mais encore profondément empreint dans les traditions de tous les peuples, et, ce qui est remarquable, à une date presque uniforme. Ainsi, tout en reconnaissant dans le récit de Moïse, des circonstances extraordinaires qui indiquent l'intervention surnaturelle de la volonté divine pour châtier le genre humain, nous voyons d'un côté, la possibilité matérielle de cet affreux événement, et nous trouvons de l'autre le secret même des moyens qui purent être mis en jeu; c'est-à-dire les soulèvements, les affaissements, les oscillations que les eaux purent en éprouver, qui deviennent dès lors les instruments de la justice céleste. Si l'on ne peut guère attribuer cette grande catastrophe au système de soulèvement du Ténare, § 350, qui, en disloquant des dépôts où se trouvent déjà des traces de l'industrie humaine, n'a cependant produit que de faibles résultats, peut-être en trouverait-on la cause dans l'apparition des Andes et de la chaîne volcanique de l'Asie centrale, qui, avec un déve-

loppement colossal, présente des caractères assez frappants de nouveauté relative, § 376.

§ 378. **Avenir du globe.** — Quant à l'avenir de notre planète, tout porte à croire que l'état de tranquillité dans lequel nous vivons n'est que temporaire, aussi bien que tous les intervalles de crises pendant lesquels les différents dépôts sédimentaires du globe se sont formés. En effet, dans la série des perturbations qui ont fait de tout temps partie du mécanisme de la nature, nous ne voyons aucune loi qui puisse permettre de concevoir un terme à la succession de ces phénomènes; à des accidents peu importants, succèdent indistinctement ou des crises du même ordre, ou d'affreuses catastrophes; comme à de longues périodes de tranquillité succèdent tout à coup des bouleversements épouvantables. Au petit soulèvement du mont Viso, par exemple, § 345, a succédé la grande catastrophe des Pyrénées, § 346; après celle-ci viennent les petits accidents du système de Corse qui ont été suivis immédiatement par les deux grands événements consécutifs des Alpes, § 348, 349. La longue période des terrains jurassiques, § 255 à 267, a été troublée par le soulèvement de la Côte-d'Or, § 344, comme le dépôt du grès vosgien, § 249, a été presque aussitôt arrêté par le système du Rhin, § 342. Tout est donc irrégulier dans les révolutions que nous avons appris à connaître; il ne se présente aucune circonstance qui puisse suggérer l'idée d'une diminution graduelle dans l'intensité des actions souterraines, et nous faire penser que la croûte terrestre ait aujourd'hui perdu, en quelque point que ce soit, la propriété de s'affaisser, d'être soulevée ou disloquée de toutes les manières et dans tous les sens. Rien en conséquence ne peut nous assurer que la période calme dans laquelle nous nous trouvons depuis 5158 ans ¹ ne sera pas troublée à son tour, à l'improviste, par l'apparition de quelque nouveau système de montagnes, effet d'une nouvelle dislocation du sol, dont les tremblements de terre nous montrent assez que les fondements ne sont pas inébranlables. De là il suit que l'idée d'une fin, ou d'un renouvellement des choses ici-bas, idée religieuse et tout aussi répandue que celle d'une grande inondation passée, pourrait également trouver un appui dans les lois mêmes qui semblent régir le monde.

§ 379. **Géogénie.** — L'histoire de tous les systèmes qui ont été imaginés pour expliquer l'origine du monde et de la terre en particulier, pourrait peut-être offrir quelque attrait à la curiosité; mais,

¹ Suivant la chronologie admise aujourd'hui, le déluge a eu lieu 3308 ans avant Jésus-Christ; donc 5158 avant l'époque actuelle.

outre que ce serait employer ici beaucoup de temps à de purs romans, il est peut-être avantageux, pour l'honneur de l'espèce humaine, de livrer à l'oubli tant d'aberrations d'esprit que nous aurions à faire connaître. Une seule géogénie mérite notre attention : c'est celle qui se trouve exposée dans le livre de Moïse, et qui, après plus de trois mille ans, se présente encore, d'un côté, comme l'application la plus nette des théories les mieux établies, et, de l'autre, comme le résumé le plus succinct des grands faits géologiques.

Quoi de plus rationnel, en effet, et de plus conforme à l'état même de nos connaissances actuelles, quand il s'agissait de mettre de l'ordre dans la confusion générale des choses, que de créer le véhicule au moyen duquel les phénomènes de la lumière, de la chaleur, etc., pouvaient se manifester, et porter la vie partout; que de rassembler de toutes parts les éléments dispersés, en certains groupes espacés entre eux; que d'établir çà et là des centres d'attraction autour desquels tout pût graviter suivant une loi immuable, etc.? C'est cependant ce qu'on trouve, en termes brefs et vulgaires, mais intelligibles à tous, dans les premiers versets de la Genèse, qui nous offrent clairement trois grandes opérations parfaitement distinctes. En effet, on y trouve, en résumé : *Deus fecit LUCEM* (le fluide de la lumière, de la chaleur, etc.), *FIRMAMENTUM* (l'espace et toutes les masses qui s'y trouvent disséminées), *SOLEM ET STELLAS* (les centres d'attraction), etc.

Quant à la création organique, elle se partage en quatre époques successives tout aussi rationnelles. La première établit la *vie végétative*, qui se manifeste non-seulement dans les plantes, mais encore dans ces animaux inférieurs, où l'on trouve à peine autre chose que les phénomènes de nutrition, d'accroissement, etc. Vient ensuite la *vie de relation*, où la sensibilité, l'instinct, l'intelligence, la volonté, se joignent successivement, en diverses proportions, aux phénomènes de pure existence. Cette vie nouvelle prend d'abord un certain développement dans les poissons (comprenant sans doute les reptiles), puis dans les oiseaux, qui constituent ensemble la seconde époque de création. Elle acquiert une nouvelle extension dans les mammifères, qui paraissent à une troisième époque; et enfin elle parvient au plus haut degré dans l'homme, qui termine l'œuvre du Tout-Puissant, en recevant une âme à son image pour le distinguer de tous les animaux.

Cet exposé de la création nous offre sans doute un admirable exemple de combinaisons organiques successives; mais ce qui n'est pas moins remarquable, c'est précisément aussi l'ordre dans lequel se présentent successivement tous les débris ensevelis dans les dépôts

GÉOLOGIE.

es des différents âges. Ceux que nous rencontrons dans
que nous regardons comme les plus anciennes, sont les
calcaires de certains polypiers, les moules, quelquefois
même de quelques mollusques acéphales, les crustacés trilobés
et les débris végétaux, dont l'accumulation a formé l'antra-
les terrains dévoniens, § 234 à 236. L'abondance, l'étendue,
leur de ces matières combustibles annoncent une grande
de végétation, qui conduit à croire que les plantes existaient
depuis longtemps, et que peut-être leurs premiers débris
dans les métamorphismes profonds qui ont modifié les
lesquels ils pouvaient être.
ous ne paraissent pas avoir existé avant l'époque des
dévoniens, et c'est seulement dans la période de formation
ts de calcaire carbonifère, qu'ils ont acquis une puissance
ation, § 236, qui se perd dans les dépôts suivants et qu'on
ait même plus aujourd'hui sur le globe. Les reptiles ont
eurs dépouilles dans les terrains péniens qui viennent en-
§ 248, et les oiseaux dont la Genèse place aussi la création à
époque, quoique en second lieu, ont laissé pour la première
s empreintes de leurs pattes sur les dalles des grès de la forma-
on triasique. § 250.

Les mammifères terrestres ne viennent que longtemps après; si
l'on en trouve déjà quelques faibles traces dans la grande oolite
§ 264, ils appartiennent aux ordres les plus inférieurs de la classe.
Ce n'est que dans les terrains tertiaires que leurs débris de toute
espèce se présentent en abondance, § 286, 294, 297 et 306, et les
couches les plus modernes sont même les seules qui renferment des
éléphants, des chevaux, des singes, etc.

Les débris organiques de l'homme ne se sont jusqu'ici montrés
dans aucune des couches qui ont été soulevées du sein des eaux, et
qui font aujourd'hui partie de nos continents; d'où il suit que l'être
priviliégié de la création générale n'a paru sur le globe que long-
temps après les animaux les plus modernes dont nous trouvons au-
jourd'hui les ossements fossiles; il ne peut dater que d'une époque re-
lativement très-récente, qui paraît se placer géologiquement après le
soulèvement des Alpes principales, dont, en conséquence, l'événe-
ment remonterait au moins à 6843 ans, suivant les chronologies généra-
lement admises¹. C'est uniquement, en conséquence, dans les dépôts
formés sous les eaux depuis cette grande catastrophe, qu'on peut

¹ Il s'est écoulé 4963 ans entre la création de l'homme et la naissance de Jésus-Christ.

espérer de trouver des restes humains ; ils n'apparaîtront dès lors dans la série des couches géologiques que quand de nouvelles catastrophes auront pu transformer en continents les sédiments qui se trouvent encore aujourd'hui sous les mers. Le soulèvement du Ténare et quelques tremblements de terre n'en ont mis à nu que quelques lambeaux dans lesquels il ne s'est encore trouvé que quelques débris d'industrie naissante.

§ 378. On voit évidemment par les réflexions qui précèdent que l'exposé rapide de l'historien sacré se trouve entièrement conforme aux généralités géologiques qui ont été le plus solidement établies ; seulement, les observations minutieuses auxquelles on s'est livré de nos jours, nous font connaître un grand nombre de détails, inutiles sans doute pour la plupart des hommes, mais qui intéressent du moins ceux qui se livrent à l'étude, s'ils ne sont même destinés peut-être à éclairer leur croyance religieuse.

L'ensemble des données positives que nous possédons aujourd'hui en géologie nous conduit à reconnaître que chacune des créations particulières indiquées brièvement dans la Genèse, à l'exception de celle de l'homme, n'a pu avoir lieu d'un seul jet ; qu'elle a été faite, au contraire, successivement, dans un espace de temps considérable, et à mesure que le globe terrestre était lui-même façonné. En effet, si les cryptogames vasculaires ont paru à peu près dès le commencement des choses, les phanérogames gymnospermes ne sont venues que vers l'époque du terrain houiller, et n'ont même existé en abondance que longtemps après ; il en est de même des monocotylédones dont les débris sont d'abord peu nombreux et peu distincts, et qu'on ne voit bien clairement qu'après la craie ; les dicotylédones ne paraissent que plus tard encore au milieu des terrains tertiaires. Dans tout cet intervalle de temps, les espèces ont successivement changé, et celles qui ont été créées tour à tour ont aussi entièrement disparu l'une après l'autre pour faire place à de nouvelles.

Les reptiles, les poissons, les mollusques, nous présentent les mêmes phénomènes, et nous montrent plus clairement encore des extinctions successives de différentes races créées d'abord et l'apparition nouvelle de plusieurs autres. Ainsi, les poissons sauroïdes, qui vivaient à l'époque du calcaire carbonifère, en Belgique et en Angleterre, disparaissent pour toujours dans le nouvel ordre de choses qui s'établit ensuite, les dépôts houillers, et la formation pénéenne. Les vrais squales n'existaient pas alors, et ils apparaissent longtemps après dans la mer crétacée. Des sauriens gigantesques à pattes en forme de rames, des sauriens volants se trouvent en abondance

complètement, après avoir changé succes-
sivement, au moment où la formation crayeuse cesse aussi
les mollusques qui viennent après se rapprochent de
ceux qui existent, dont il n'y avait alors qu'un petit nombre.

Les mammifères présentent des circonstances analogues, et leurs divers ordres, comme leurs familles, se montrent aussi que successivement. Ceux qui viennent d'abord ne sont que de faibles marsupiaux, § 264, et ceux qui viennent ensuite que viennent les pachydermes analogues aux pachydermes actuels. Les espèces sont bientôt anéanties. D'autres espèces se trouvent alors associées à des mastodontes et les *dinotherium*, qui s'éteignent pour toujours. C'est plus tard encore que viennent les espèces qui se montrent avec des *carnassiers*, des *rongeurs*, etc. qui n'étaient pas avant et dont les espèces ne sont pas de celles qui apparaissent en même temps que les précédentes.

Tous ces changements successifs dans la succession des espèces coïncident en général avec de grands bouleversements du globe. C'est en effet au moment des catastrophes que les divers mouvements du sol que disparaissent les familles, les genres, les espèces de corps organisés qui alors existé. Dans les moments de calme qui suivent, au contraire, la nouvelle organisation, qui s'établit en harmonie avec les nouvelles circonstances géologiques, prend diverses dispositions que les lignes isothermes indiquent alors.

§ 381. Ces détails, que l'observation des cir-

bue vulgairement. On peut penser, en effet, que cette expression fut employée dans un sens figuré, sans limites fixes, pour faire comprendre, et surtout retenir avec facilité, l'ordre et la succession des faits qui nous étaient révélés. Il est clair, en effet, que des détails minutieux établis catégoriquement par des chiffres, qui satisferaient la curiosité d'un petit nombre d'érudits, ne seraient ni saisis ni compris par le commun des hommes, qui cependant ont droit aussi à cet important enseignement. Nous prenons souvent nous-mêmes des voies encore plus détournées pour nous faire mieux entendre de tous : c'est ainsi que nous disons le lever et le coucher du soleil, l'arrivée de cet astre au méridien, au solstice, etc., quoique nous sachions bien que c'est à la terre qu'il faut attribuer des mouvements inverses.

Suivant les observations géologiques, cette expression vulgaire de *jours* parait devoir signifier des *époques*, qui présentent de longues périodes de temps dont la durée nous est tout à fait inconnue et relatives chacune à un certain système de création durant lequel il y a eu diverses formations d'êtres organisés, comme aussi des extinctions successives de ceux qui avaient existé les premiers. Chaque période commence à une date particulière nettement déterminée, et marquée par une catastrophe qui bouleverse plus ou moins l'ordre de choses établi précédemment sur la terre; elle se prolonge pendant plus ou moins de temps, quelquefois à travers les époques suivantes, et souvent jusqu'à l'apparition de l'homme lui-même. Il s'est ainsi passé, suivant les conjectures de la science, un temps immense entre la formation des premiers sédiments et celle des derniers, sans compter ce qu'il a fallu pour la consolidation et le premier refroidissement des masses planétaires. C'est dans cette longue série de siècles, qui ne sont qu'un instant dans l'éternité, que la terre a été façonnée comme nous la voyons aujourd'hui par les mouvements de toute espèce du sol, par les dépôts sédimentaires de diverses sortes, et préparée enfin au séjour de l'homme, pour lequel Dieu avait tout disposé.



TABLE ALPHABÉTIQUE

DE LA GÉOLOGIE.

A

- Accroissement de la chaleur de la surface de la terre au centre. 5.
- Acides carbonique et chlorhydrique, dans les volcans. 55.
- Acide borique des lagunes de Toscane. 59.
- Açores (Iles), leurs éruptions sous-marines. 27, 37.
- Açores, ses volcans. 27, 33, 53. — Iles volcaniques environnantes. 39.
- Action volcanique. — sa force. 51. — dépôts et effets qu'on peut lui attribuer, 148.
- Action des roches ignées sur les dépôts de sédiment. 171, 278.
- Action de l'air à la surface du globe. 60. — de l'eau, 65.
- Estuaires, 86.
- Affaissements, produits pendant les tremblements de terre. 22. — du Groënland. 26. — de diverses montagnes volcaniques. 36, et de divers terrains. 128. — affaissements anciens. 133.
- Âges relatifs, des dépôts de sédiment principaux. 191. — des roches de fusion. 274. — des principaux soulèvements. 297. — de la période dans laquelle nous vivons. 332.
- Aiguilles, dents, cornes, formes des montagnes. 9.
- Air et eaux, phénomènes qu'ils produisent. 60, 98.
- Alpes, leurs différents soulèvements. 304.
- Alluvions des rivières. 31. — débris organiques qui s'y trouvent. 88. — anciens. 258. — modernes. 267.
- Altérations des roches à la surface du globe. 60.
- Amas métallifères. 170.
- Amblypterus, poissons du terrain houiller. 205.
- Amérique, ses volcans. 51, 53.
- Ammonites, indiquent des formations marines. 116. — caractères qu'elles fournissent. 187. — du calcaire conchylien. 211. — du lias. 215. — de l'oolite. 221. — de la craie. 235.
- Amphibolites. 269.
- Amplexus dans les terrains dévonien. 196.
- Amygdaloïdes, passant au trapp. 161. — produites par métamorphisme. 175. — leurs caractères. 273.
- Ancycloceras, coquille du terrain néocomien. 229.
- Andes, affaissements, éboulements de leurs montagnes volcaniques. 26, 39.
- Andésite, sorte de porphyre. 272.
- Animal, de Maëstricht, de l'Ohio, de Simorre (voyez Mastodonte). 237. — du Paraguay. 263.
- Animaux de l'époque houillère. 199, 198, 315. — de l'époque du trias. 211, 213, 315. — de l'époque jurassique. 215 à 226, 318. — de l'époque crétacée. 229 à 234, 320. — de l'époque parisienne. 243 à 247, 323. — de la molasse. 248, 326. — de l'époque subapennine. 253, 327. — du diluvium. 262, 327.
- Annularia*, plantes du terrain houiller. 202.
- Anodontes, coquilles des eaux douces. 111.
- Anoplotherium du gypse parisien. 246.
- Anthracite, terrains qui en renferment. 196, 197. — provient souvent du contact des roches ignées. 165.
- Appareil littoral, voyez Dunes. 63. — et Cordons littoraux. 81.
- Apparition des roches de fusion. 274.
- Aphanite ou diorite. 271.
- Aplatissement de la terre aux pôles. 3.

- Archipel aléutien.** 29, 53. — grec, ses îles volcaniques. 24, 31.
- Argile, est un grès fin.** 190. — salifère. 121. — convertie en jaspe. 164. — d'Oxford. 223. — de Kimmeridge. 224. — plastique. 242. — de Londres. 246.
- Argilophyre et Argilolite.** 191, 272.
- Arkose, grès divers métamorphiques.** 173. — remplie de matières étrangères. 191. — du lias. 214, 219.
- Asaphes, caractérisent les sédiments anciens.** 186.
- Astaries, caractérisent certaines couches jurassiques.** 225.
- Atlantide, on ne peut nier son existence.** 24.
- Atmosphère, son influence sur les roches.** 60.
- Attérissement des rivières.** 82. — leur structure. 86.
- Attraction terrestre.** 2.
- Auvergne, ses volcans.** 54, 146. — gaz dégagé des pouzzolanes. 55.
- Avalanche de pierres.** 61.
- B**
- Bapillites, coquilles caractéristiques de la craie.** 187.
- Ballon, forme de montagnes.** 9. — système des Ballons. 289, 296.
- Baltique, constance de son niveau.** 25.
- Barancos, vallées de déchirement dans les Canaries,** 34.
- Basaltes, leurs manières d'être.** 146. — leurs caractères ignés. 149. — leur action sur les roches qu'ils traversent. 153. — Comment leurs coulées, leurs nappes ont pu être disloquées. 175. — leurs scories enlevées. 176. — leur nature. 271. — leurs différents âges. 276.
- Bassins houillers de la France.** 205, 310.
- Bélemnites, caractères qu'elles fournissent.** 189. — du lias, leurs poches d'encraie. 219. — de la craie. 237.
- Bering (détroit de), ses volcans.** 53.
- Bies-bosch, Dolart, Zuyderzée, de leur formation.** 67, 73.
- Bitume, forme des dépôts adventifs.** 123.
- Blocs erratiques.** 73, 178, 264.
- Bohême, ses basaltes.** 53.
- Bois, charriés par les eaux.** 82. — de conifères et de dicotylédones, leurs caractères. 251. — de palmiers. 252.
- Bombes volcaniques, cendres, fumée.** 44.
- Bourbon, ses volcans.** 53. — madréporés entre des coulées de lave...
- Brachiopodes, caractères qu'ils fournissent.** 188.
- Bradford-clay,** 220.
- Broches, ce qu'on nomme ainsi dans les montagnes.** 13. — ce qu'on nomme ainsi comme roches. 192. — osseuses. 257.
- Brisants des îles madréporiques.** 92.
- Buah de Java, Moya du Pérou.** 55.
- Bunter sandstein, grès bigarré.** 129, 210.
- Butte, colline, tertre, définition.** 9.
- Buttes basaltiques.** 151.
- C**
- Cailloux roulés, leur formation.** 76.
- Calabre, son tremblement de terre.** 20.
- Calamites, plantes des terrains houillers.** 202.
- Calcaire, lacustre.** 110. — marin. 112. — présente des cratères de soulèvement. 138. — carbonifère. 200. — magnésier. 209 (voyez aussi Dolomie). — conchylien. 211. — à gryphées arquées. 215. — à bélemnites. 216. — à nummulites. — à hippurites. 238, 239. — de Parbeck. 229. — grossier ou à cérites. 242. — siliceux. 245. — de Bala. 195. — mer de diverses formations calcaires. 317 à 330.
- Calcéole, appartient aux terrains dévoniens.** 196.
- Calchiste, Calciphyre.** 273.
- Calymène des terrains siluriens.** 186.
- Canaries (îles), Barancos, 34. — ses volcans,** 53.
- Cannelures des rochers.** 75, 263.
- Cantal, sa nature trachytique.** 160.
- Camargue, ses alluvions anciennes.** 253.
- Carboniferus limestone, ou calcaire carbonifère.** 197.
- Carguaraizo, ses éruptions boueuses.** 56. — son éboulement. 37.
- Carnassiers des cavernes.** 256.
- Carte houillère de la France.** 206. — du terrain jurassique en France. 227. — géologique de la France. 283. — des soulèvements en France. 294. — des soulèvements sur tout le globe. 306. — de l'Europe pendant la période silurienne. 310. — la période carbonifère. 310. — pendant la période jurassique. 317. — pendant la période crétacée. 321. — pendant la période parisienne. 323. — de France pendant les périodes triasique, de la molasse, subapennine actuelles. 314, 324, 327, 328.

- Cascades, Cataractes. 15. — Comment elles dégradent les rochers. 67.
- Caspienne (mer), son affaissement. 130.
- Cataractes. 15.
- Catastrophes diverses du globe. 285.
- Caténipores, polypiers du terrain silurien. 195.
- Cavernes, leur origine. 145 — à ossements. 255.
- Cavités formées par les chutes d'eau. 70. — par l'action des vagues. 76.
- Caucase, ses produits trachytiques. 53.
- Cémentation, explique une partie du métamorphisme. 175.
- Cendres volcaniques, fumée, bombes. 44.
- Cérithes du calcaire grossier. 243.
- Chailles*, boules siliceuses qui caractérisent certaines couches du Jura. 224.
- Chaînes de montagnes. 10. — chaînes des Puys. 147.
- Chaleur centrale. 5. — phénomènes qui en résultent. 102.
- Chaleur, sa distribution à la surface du globe. 16. — son élévation dans certaines contrées. 18. — était plus forte autrefois en Europe. 106. — Effet du refroidissement du globe. 105.
- Champs-Phlégréens, leurs dépôts poncés, leurs buttes crevées et alignées. 29, 34, 135.
- Charbon de terre (voyez Houille).
- Chaudière des géants. 76.
- Chaussées des géants, ou Chaussées basaltiques. 156.
- Chaux, volatile à la température de fusion. 175.
- Chères, ce qu'on nomme ainsi. 147.
- Chili, ses côtes soulevées. 22.
- Chutes d'eau, cascades et cataractes. 15. leurs effets, 69.
- Cipolin et Calchiste. 273.
- Cirques dans les vallées. 14. — sont des cratères de soulèvement. 137, 152.
- Climats divers. 18. — maritimes, anciens, preuves de leur changement. 106. — les causes de ce changement. 109.
- Cluses, escarpements dans le Jura. 139.
- Goatfield*, terrain houiller. 194.
- Colline, butte, tertre, définition. 9.
- Collines produites par dénudation. 175. — subalpines, leur nature. 253.
- Colonnades basaltiques. 149 à 157.
- Cols, passages, brèches. 13.
- Concordance de stratifications. 183.
- Cônes de soulèvement. 38. — de scories. 41.
- Cônes volcaniques et courants de laves. 146.
- Conglomérats trachytiques. 160. — à pâte de porphyre. 168. — de granite. 166.
- Conifères, — caractères de leurs bois. 252. — du terrain houiller. 204. — du grès bigarré. 213. — du lias. 219. — de la grande oolite. 222. — des dépôts wealdiens. 226. — de la molasse. 252.
- Constance du niveau des mers. 24.
- Continents et îles. 7. — Restes de continents affaissés. 132.
- Contournements des couches. 140.
- Coprolites du calcaire carbonifère. 205. — du lias. 218.
- Coquilles microscopiques ou Foraminifères. 90, 116.
- Coquilles fossiles, caractères qu'elles fournissent. 186. — caractéristiques des dépôts d'eau douce. 110. — du calcaire carbonifère. 199. — du grès houiller. 120, 205. — du terrain penéen. 209. — du calcaire conchylien. 211. — du lias. 215. — de la grande oolite. 220. — des groupes oxfordien. 224. corallien. 225. portlandien. 226. — du terrain crétacé inférieur. 229. — du terrain crétacé supérieur. 236. — du terrain parisien. 243. — de la molasse. 248. — du terrain subalpennin. 254. — du diluvium. 263 à 264.
- Corail (rescifs de). 90.
- Coral-rag*. 224.
- Gordons littoraux. 81.
- Corn-brash*. 220.
- Gornécno ou Diorite. 271.
- Côtes, affaissées ou soulevées. 28. — leurs modifications par les vagues. 76.
- Couches primitives, secondaires, tertiaires. 279.
- Couche de boue de Portland. 107. — annonce affaissement et soulèvement. 129.
- Couches relevées dans les cratères de soulèvement. 84. — comment on voit que les couches terrestres ont été redressées. 133.
- Coulées de lave, courants, leurs diverses formes. 46. — leurs ruptures. 176.
- Coulées basaltiques. 147.
- Crag* d'Angleterre. 254.
- Craie, — inférieure. 221. — chloritée, craie tuffeau. 232. — supérieure, craie marneuse. 234. — étendue des terrains crétacés. 246. — mer crétacée. 316.
- Cratères des volcans, leur intérieur. 41.
- Cratères de soulèvement. 23. — dans divers terrains. 136, et les terrains calcaires. 137.

Cratères d'effondrement, ou cratères-lacs. 36, 131.
 Crau, ses dépôts d'alluvions. 262.
 Crevasse produites par les tremblements de terre. 20.
 Crioceratites, coquilles des terrains néocènes. 229.
 Culots de lave arrêtés sur les pentes. 47.
 Cycadées du terrain houiller. 204. — du trias. 212. — du groupe oolitique. 223. — du groupe porlandien. 220. — des dépôts wealdiens. 232.

D

Débâcle des lacs. 70.
 Débris végétaux charriés par les fleuves. 81.
 Débris organiques des sédiments actuels. 88. — caractères qu'ils fournissent pour les couches anciennes. 186.
 Débris de l'industrie dans les dernières couches terre-à-terre. 125.
 Délétiés des montagnes. 14.
 Déggradations produites par l'action atmosphérique. 59.
 Deltas, leur formation, leur accroissement. 81.
 Deltas négatifs ou estuaires. 86.
 Déluge, n'a pu produire les dépôts anciens. 124. — est conforme aux faits géologiques. 329.
 Densité moyenne de la terre. 4.
 Dénudations produites par les eaux. 65 à 70, 176.
 Dépôts volcaniques. 53, 146. — formés par les eaux. 80. leur structure, stratification. 85. leur nature. 88. — Dépôts anciens. lacustres. 110. — marins. 112. — de foraminifères. 116. — d'infusoires. 120. — charbonneux. 119. — adventifs. salifères, ferrugineux, siliceux, etc. 121. — coquilliers soulevés. 125. — stratification des dépôts anciens. 183.
 Dépôts basaltiques. 148. — trachytiques. 157.
 Dépôts erratiques. 264.
 Dicotylédones, commencement de leurs dépôts. 242. — Caractères de leurs bois. 251.
 Dikes et filons de laves. 50. — basaltiques. 151.
 Diluvium, ce qu'on nomme ainsi. 258. — état de l'Europe à cette époque. 328.
 Dimension du globe terrestre. 3.
 Dinotherium de la molasse. 252, 326.

Diorite, roche, ses manières d'être. 161. — ses diverses apparitions. 275. — sa nature. 271.
 Direction et inclinaison d'une couche. 183.
 Dirt-bed couche de boues de Portland, 107, 129.
 Discordance de stratification. 184.
 Dislocations, soulèvements des couches anciennes. 103, 106, 132.
 Dollart, sa formation. 67.
 Dolérite, roche. 273.
 Distribution de la chaleur à la surface du globe. 16.
 Dolomie et Dolomisation par les basaltes. 154. — par les trapps. 164. — par les mélaphtes. 164. — par les granites. 167. — Morcellement particulier des dolomies. 178. — formation chimique de dolomie. 175.
 Dômes volcaniques. 40, 45.
 Domite, roche des terrains trachytiques. 158, 272.
 Dunes, leur marche. 63.
 Drift, diluvium produit par des courants.

E

Eau, son action à la surface du globe. 65, 143. — Dépôts formés par les eaux. 80. — Eaux courantes, leurs effets. 68, 100.
 Éboulements causés par les eaux. 66.
 Echinites, excluant la formation par l'eau douce. 113. — fournissent des caractères pour divers dépôts. 215, 223, 225, 230, 236.
 Effondrements de diverses montagnes. 36. — anciens. 130.
 Éléphants, leur époque. 255, 263, 327.
 Émanations gazeuses des volcans. 54.
 Empreintes de pieds de batraciens et d'oiseaux. 149, 213.
 Eifel, contrée volcanique. 53, 148.
 Encre de seiches fossiles. 219.
 Encrinurites, débris organiques de certains terrains. 112, 193, 211.
 Énergie de l'action volcanique. 51.
 Enfoncements subits de terrains. 36.
 Ensablement de certaines contrées. 80.
 Épanchements granitiques sur les calcaires secondaires. 167.
 Époques diverses de formation dans une montagne volcanique. 40.
 Equisétacées des grès houillers. 202. — des oolites. 223.
 Érosion des eaux. 67, 101, 175.
 Éruption volcaniques, îles saint-Georges,

- Monte-Nuovo, Jorullo. 27, 44. — sous-marines. 30, 38. — du Vésuve en 79. 29. — boueuses de Java, du Pérou. 55. — des Salzes. 57. Estimation de l'énergie volcanique. 51.
- Estuaires. 86.
- Étés extrêmes de diverses contrées. 18.
- Etna, son profil. 2, 37. — n'est presque rien dans le relief de la contrée. 2. — ses effondrements. 36. — moment de son apparition. 305.
- Euphotide ou Gabro. 271.
- Eurites, pétrosilex, feldspaths compactes. 269.
- Europe, ses différents états aux époques de formation. 308.
- F**
- Failles. 134. — celles que se font les filons entre eux. 170.
- Falaises, leurs modifications journalières. 76.
- Faluns de la Touraine et des Landes. 248.
- Farine fusille, formée d'infusoires. 118.
- Faune des dépôts siluriens. 196. — de l'époque houillère. 300, 198, 313. — de l'époque pééenne. 209. — de l'époque triasique. 211, 218, 315. — de l'époque jurassique. 215 à 226, 318. — de l'époque crétacée. 230 à 239, 321. — de l'époque parisienne. 253, 323. — de la molasse. 248, 326. — de l'époque subapennine. 254, 327. — du diluvium. 258, 328.
- Fausse stratification. 186.
- Fentes produites par les tremblements de terre. 21.
- Filons de laves et dikes. 49. — basaltiques. 147. — de domite, de trachyte. 159. — de trapp. 158. — de serpentine. 164. — de porphyre, de granite. 165, 166. — métallifères. 168.
- Fin du monde dans l'ordre des choses naturelles. 332.
- Fleuves, leurs pentes. 71. — leurs ensablissements. 80. — ne suivent pas la pente naturelle du terrain et semblent fuir les terrains meubles. 141.
- Flore fossile. 189. — de l'époque houillère. 201, 318. — de l'époque triasique. 212, 315. — de l'époque jurassique. 219, 222, 329. — de la craie. 232, 320. — de l'époque parisienne. 242, 247, 324. — de la molasse. 250, 326. — des terrains subapennins. 255. — du diluvium. 332.
- Fluidité de la terre à une certaine époque. 3, 6.
- Fond des mers. 3.
- Foraminifères. 90, 116.
- Force volcanique. 51.
- Foresi-marble. 220.
- Forêts, en place dans les tourbières. 94. — dans les calcaires secondaires et la houille. 107. — sous-marines. 129.
- Formation, lacustre et marine. 110, 112. — basaltique. 148. — trachytique. 157. — cambrienne, silurienne. 194. — dévonienne. 196. — houillère. 206. — pééenne. 207. — vosgienne. 209. — du trias. 210. — jurassique. 214. — crétacée. 229. — parisienne. 242. — de la molasse. 247. — subapennine. 253. — mers de ces diverses formations. 312 à 330.
- Formation, d'un volcan en diverses époques. 40. — des vallées par dislocation. 141.
- Forme de la terre. 1. — des montagnes. 8. — des lignes isothermes. 16.
- Forme des courants de lave suivant la pente. 46.
- Fossiles, lacustres et marins. 110, 112. — caractères qu'ils fournissent. 186. — des terrains siluriens. 194. — dévoniens. 196. — des terrains houillers. 200, 205. — du terrain pééen. 209. — du trias. 211. — du lias. 215. — de la grande oolite. 220. — des groupesxfordien. 224. corallien. 225. portlandien. 226. — du terrain crétacé inférieur. 229 à 232, et supérieur. 234 à 240. — du terrain parisien. 243 à 246.
- Foudre, disloque quelquefois les rochers. 65.
- Fougères du grès houiller. 201.
- France, ses divisions géologiques. 283. — son état à diverses époques. 310.
- Froid rigoureux de certaines contrées. 18. — n'était pas jamais si intense dans nos climats. 106, 109.
- Fumarolles, d'acide carbonique. 55. — en général. 58. — explication. 106, 109.
- Fulda, contrée basaltique. 53.
- Fumée, cendres, bombes volcaniques. 44.
- G**
- Gabro ou Euphotide. 271.
- Galets produits par les eaux. 80.
- Gaz des volcans, des laves. 54, 56.
- Gault des Anglais. 232.
- Geest, tables superficielles du terrain diluvien. 265.
- Gelée, son action sur les rochers. 61.
- Genèse conforme aux faits géologiques. 320.

Géogénie mosalque. 332.
 Géologie de la France. 283.
 Gerbiens basaltiques. 164.
 Geysers d'Islande. 59. — leurs tufs siliceux. 86.
 Gibbosité originelle d'une montagne volcanique. 40.
 Gîtes métallifères. 168.
 Glaces flottantes, charrient des blocs de roches. 73.
 Glaciers, débris charriés à leur surface. 73. — supposés la cause des siries et cannelures des roches. 76, ou le véhicule des dépôts erratiques. 264.
 Globe terrestre, faits généraux qu'il présente. 1, 96.
 Gneiss, sa composition, ses passages à d'autres roches. 270.
 Gouffres produits par les tremblements de terre. 21, 36.
 Grande oolite. 220.
 Granites, leurs dégradations. 62. — origine. 104. appuyés sur divers sédiments. 167. — nature. 269. — leurs diverses apparitions. 274.
 Graptolites (pennatules fossiles) 195.
 Graviers, sables, cailloux roulés. 76.
 Gravitation ou pesanteur. 2.
 Grauwackes. 190.
Great oolite. 220.
 Grèce, îles volcaniques. 31, 53.
Green sand ou grès vert. 191, 232.
 Greisen ou hyalomictes granitoïde. 270.
 Grès, définition et diverses sortes. 190. — rouge (vieux). 196. (nouveau ou grès pénéen). 207. — houiller. 200. — vosgien. 209. — bigarré. 191, 210. — du lias. 214. — grès vert. 232. — grès de Fontainebleau. 247.
 Groënland, affaissement de ses côtes. 26.
 Grottes (voyez Cavernes).
 Grotte basaltique, Grotte de Fingal, etc. 157.
Grünstein, grünstein-porphyr (voyez Diorite. 161, 271, 272).
 Gryphées de diverses espèces, caractérisent les diverses couches jurassiques. 186, 215, 220, 224.
Gryphitenkalk, est le calcaire pénéen. 209.
Guevo-Upas, vallée du Poison, solfatare éteinte de Java. 55.
 Gypse, forme des dépôts adventifs. 121. — parisien. 245. — d'Aix. 252. — du lias. 219. — accompagnant les ophites des Pyrénées. 164. — au milieu des granites alpins. 167.

H

Hamites du terrain silurien. 194. — de la craie. 229.
 Hecla, voyez Islande.
 Herculanium enseveli sous les ponces. 29.
 Hippurites de la craie des Pyrénées. 237.
 Hivers rigoureux de certaines contrées. 18.
 Homme, ses débris à la Guadeloupe. 89. — dans les cavernes. 257. — époque de son apparition sur la terre. 328.
 Hongrie, ses produits trachytiques et basaltiques. 53.
 Horizons géologiques. 186.
 Houilles formées à la manière des tourbes. 120. — leurs couches disloquées par les failles. 135, ou contournées. 140. — étendue de leurs dépôts. 206. — du lias. 219. — carbonisées par les trapps. 164, et traversées par les porphyres. 165 — enveloppées par les granites. 167. — état de l'Europe au moment de leur formation. 311.
 Hultres de la grande oolite. 221. — du groupe oxfordien. 224.
 Hyalomictes, roches de quartz et de mica. 270.
 Hyène des cavernes. 256.
 Hypérite, roche de labradorite et d'hypersthène. 270.

I

Ichtyosaure, reptiles du lias. 217.
 Îles, volcaniques, leurs formes. 38. — madréporiques. 93. — certains paraissent être les restes d'anciens continents, 132. — îles des mers du sud, leur végétation, 18, produits volcaniques. 53.
 Inclinaison et direction d'une couche. 183.
 Inde, soulèvement récent. 22.
 Industrie, ses débris dans certaines couches, 89, 126.
 Influences atmosphériques sur les roches. 60.
 Infusoires, dépôts qu'ils forment. 56, 90. 118.
 Injections des roches cristallines dans les dépôts de sédiments. 162 à 167.
 Irlande, intérieur des cratères. 41. — ses trapps. 162.
 Islande, ses nappes de laves. 46. — ses produits volcaniques. 53. — ses basaltes. 154.

ent de la terre dans l'espace. 1.
 limite, roche métamorphique du
 il, 168.

J

s des cavernes. 256.
 ses îles volcaniques. 53, 130.
 effondrement du Papandayan. 39.
 ses éruptions boueuses. 44, 55. —
 rachytes. 157.
 à vapeur, ou fumarolles. 59.
 msihal, filons effilés par la partie
 rieure. 169.
 y, son éruption. 28.
 le la création. 337.
 Fernandez, île comprise dans le
 èvement des côtes du Chili. 22.
 accidents de ses montagnes. 138.
 sert de comparaison pour tous
 dépôts de même âge. 214. — For-
 on du Jura. 215. — mers jurassi-
 es. 320.
 talk, calcaire du Jura. 214.

K

in (voyez Calcaire).
 chatka, ses volcans. 53. — ses dé-
 trachytiques. 157.
 y, ou marnes irisées. 210.
 eridge-clay. 226.
 stein, ou phonolite. 158, 272.
 s, îles volcaniques. 53.
 sandstein, grès houiller. 194.
 rschiefer, schiste cuivreux. 207.

L

roduits par des effondrements su-
 23, 36, 139. — effets de leurs dé-
 es. 70. — nature des dépôts qui se
 ent dans les lacs. 88.
 houillers de l'Europe ancienne.
 s de Toscane produits par les fu-
 bles. 59.
 ou rapilli. 44.
 ne sont pas des roches particuliè-
 273.
 en ébullition continuelle au Strom-
 42. — en vastes nappes en Islande.
 — manière dont elles coulent sur
 pentes. 47. — leurs caractères en
 ort avec la manière dont elles ont

oulé. 48. — en filons. 49. — gaz que
 dégagent les laves, 56. — comment on
 reconnaît les laves anciennes. 146.

Lehem ou Loes, dépôt diluvien de la val-
 lée du Rhin. 138.

Lhersolite, roche de pyroxène, 269

Lepidodendron, genre de plante du ter-
 rain houiller. 203.

Leptynites, roches de feldspath et de
 mica. 270.

Lias, caractères de ce dépôt. 214.

Lignes anticlinales. 139.

Lignes isothermes. 17.

Lignites, formés à la manière de la
 tourbe. 120. — des terrains jurassi-
 ques. 219, 227. — de la craie, 233, 239.
 — du terrain parisien. 242. — de la
 molasse. 250. — des terrains subapén-
 nins. 255.

Limnées, planorbes, indiquent des for-
 mations d'eau douce. 112.

Lipari, îles volcaniques. 53.

London clay, argile de Londres. 246.

Lower red sandston, grès rouge. 207,
 grès des Vosges, 209.

Lower grès sad, terrain néocomien. 229.

Loes du Rhin. 263.

Lycopodiâces du grès houiller, 203.

Lydienne (voyez Quarzite).

M

Macalubes ou Salzes, 58.

Madrépores indiquant des dépôts ma-
 rins, 113. — rescifs qu'ils forment. 90.

Magnesian limestone. 215 (voyez Dolo-
 mie et Calcaire magnésien).

Magnésie, est volatile à la température
 de fusion. 175.

Mammifères de l'époque jurassique. 189,
 222. — de la craie. 235. — des dépôts
 parisiens. 246. — de la molasse. 249.
 — des cavernes. 255. — des alluvions
 anciennes. 262.

Mammouths (voyez Eléphants et Masto-
 dontes).

Marbres diallagiques produits par l'ac-
 tion ignée. 165.

Marbres de Flandre, à quel terrain ils
 appartiennent. 200.

Marées et vagues, leur action sur les
 côtes. 74.

Marmite des géants. 70.

Marnes irisées ou Keuper. 210.

Mastodonte. 249.

Megatherium, animal du Paraguay. 262,
 263.

- Mélapyres, origine. 165. — nature. 272. — leurs différents âges. 276.
- Mers, leur étendue relativement aux terres. 6. — leur profondeur. 9. — leur agitation dans les tremblements de terre. 23. — constance de leur niveau. 24. leur action sur les côtes. 76. — structure des dépôts qui s'y forment. 87.
- Mer Caspienne, mer Morte, produites par effondrement. 130.
- Mer des Indes, ses volcans. 53.
- Mer des différents terrains, définition. 287. — Mer silurienne. 313. — Mer et lacs houillers. 301. — Mer triassique. 307. — Mer jurassique. 317. — Mer crétacée. 321. — parisienne. 323. — Mer de la molasse. 327. — Mer subapennine. 330. — Mer du diluvium et moderne. 332.
- Metaliferous limestone*. 200.
- Métamorphisme. 106, 171, 277.
- Meulière sans coquilles. 245. — coquillière. 248.
- Mexique, Quito, Tibet, leurs hauts plateaux. 15.
- Milliolite (voy. Foraminifères). 242.
- Milstonegrit*, grès du calcaire carbonifère. 197.
- Molasse, ce que c'est. 191. — forme un terrain particulier. 247. — carte de France à cette époque. 330.
- Monocotylédones dans le terrain parisien. 242. — dans la molasse. 252.
- Mont-Dore, sa nature. 160.
- Montagnes, sont insensibles relativement aux dimensions du globe. 2. — leurs diverses formes. 8. — chaînes et systèmes de montagnes. 10, 12. — affaissées par les tremblements de terre. 23, 36. — dégradées par les influences atmosphériques. 61. — dégradées par les eaux. 65. — trachytiques. 158.
- Monte-Nuovo, sa formation. 27.
- Monts Euganéens, produits trachytiques. 53.
- Mountain limestone*, ou terrain carbonifère. 200.
- Moraines, ce que c'est. 74. — peu comparables aux dépôts erratiques. 264.
- Mosaure, ou animal de Maëstricht. 237.
- Moya* du Pérou et *Buah* de Java. 55.
- Mulettes, coquilles des eaux douces. 111.
- Murcie, ses volcans. 53.
- Muschelkalk*, ou calcaire conchylien. 211.
- N
- Nagelflus*. 258.
- Nants sauvages, ou torrents boueux. 74.
- Nappes de laves. 50. — de basaltes. 140. — de trachyte. 158.
- Nautilus, indique des formations marines. 116.
- Nérinées, coquilles caractéristiques de certaines couches du Jura. 225.
- New red sandstone* ou grès rouge. 20. (Lower), grès bigarré. 210.
- Nifon (Ile de), ses anciennes catastrophes. 130.
- Niveau des mers, sa constance. 24.
- Nœuds de montagnes. 11.
- Nummulites de la craie. 239. — du calcaire parisien. 264.
- O
- Obsidienne des volcans modernes. 52. — des terrains trachytiques. 158.
- Oiseaux, empreintes de leurs pattes sur le grès bigarré. 130.
- Old red sandstone* (voyez Vieux grès rouge). 190.
- Oolite, ses fossiles. 220.
- Ophicalce. 273.
- Ophites. 231. — ont converti les calcaires en gypse. 164.
- Orienteation des principaux soulèvements. 291, 307.
- Origine des vallées, 141. — des cavernes. 145. — des basaltes. 149. — des trachytes. 158. — des trapps. 162. — des porphyres, des granites. 164 à 167.
- Orthocératites, caractérisent les sédiments anciens. 187.
- Oscillations du sol dans les tremblements de terre. 23.
- Ossements humains de la Guadeloupe. 89. — dans certaines cavernes. 257.
- Ossements de mammifères de l'époque jurassique. 222. — de la craie. 234. — des dépôts parisiens. 246. — de la molasse. 249. — des cavernes. 255. — des alluvions anciennes. 262. — de Sibérie. 263.
- Ours des cavernes. 256.
- Oxford-clay*. 223.
- Oxydes de fer, de chrome, etc., volatils par la chaleur. 175.

P

ermes fossiles. 246, 249, 256, 263.
 usus, poisson des bassins houill-
 onimentaux. 205.
 rium. 246, 249.
 ile) cratère de soulèvement. 34.
 s de l'argile plastique. 242. — de
 lasse, leur structure. 252.
 s, cols, dans les montagnes. 13.
 géants. 155.
 le, sorte de granite. 269.
 ères, coquilles caractéristiques
 rain silurien. 193.
 des torrents et rivières. 68. —
 laciers. 74.
 roche des terrains trachytiques.
 ur, ce que c'est. 2.
 ex ou eurites. 269.
 ènes volcaniques. 27, 97.
 es (îles), ses volcans. 39, 53.
 es, roches des dépôts trachyti-
 et basaltiques. 158. — forment
 anchements les plus récents. 160.
 r nature. 272.
 on, puy. 9.
 Moluques, son éboulement. 39.
 e quadrupèdes et d'oiseaux em-
 s sur le grès bigarré. 129.
 plâtre, 245, 252.
 talk, variété de craie. 232.
 es, Linnées, indiquent des for-
 ns d'eau douce. 112.
 t bancs de galets formés sur les
 81. — soulevés en différents
 125, 268.
 basses et plaines hautes ou pla-
 15.
 charriées par les fleuves. 81. —
 épôts d'anthracite. 196. — de la
 e. 194. — du grès bigarré. 212. —
 ilite. 222. — du groupe portlan-
 226. — des terrains tertiaires.
 50. — des îles et des climats ma-
 s. 18.
 clay, argile plastique. 242.
 , ou plaines hautes. 15.
 du Tibet, du Pérou, du Mexique.
 plateaux de laves, de basalte.
 149, 153.
 ures, reptiles du lias. 216.
 ent des couches schisteuses. 140.
 d'encre de seiche fossiles. 219.
 du terrain houiller. 189, 204. —
 histes bitumineux. 209.

Polders, leurs inondations. 67.
 Polissage des roches. 74, 178, 263.
 Polypier, indiquant des dépôts marins.
 116. — des rescifs. 93.
 Ponces dans les terrains trachytiques.
 158.
 Porphyres, leur origine. 160. — trachyti-
 ques. 158. — métamorphiques. 173. —
 des différents âges. 275.
 Portes des nations ou défilés. 11.
 Ports, passages des montagnes. 13.
Pot-Holes, marmites des géants. 72.
 Poudingues, ce que c'est. 190.
 Pouzolanes, 44, 53.
 Pouzzoles, sa solfatare. 44, 135 — ses
 plages soulevées, temple de Sérapis.
 126.
 Primitifs et secondaires, valeur de ces
 expressions. 281.
 Production des vallées par dislocation.
 141. — des cavernes. 145.
 Productus, caractères qu'ils fournissent.
 188.
 Produits volcaniques solides. 51. — ga-
 zeux. 54.
 Protogyne, sorte de granite. 269.
 Psammite et pséphite, grès micacé et à
 ciment argileux. 191.
 Ptérodactyles, reptiles du lias. 218.
Ptyroceros, coquilles du terrain néoco-
 nien. 229.
Purbeckstone. 229.
 Puy, pic, piton, formes de montagnes. 9.
 Puy-de-Dôme, sa nature. 159.
 Pyrénées, son soulèvement. 302.

Q

Quadersandstein (voy. Grès du lias et
 Craie).
 Quadrupèdes, empreintes de leurs pas
 sur le grès bigarré. 130 (voyez aussi
 Mammifères).
 Quarzite, ce que c'est. 190, 269.
 Quito, ses éruptions boueuses. 56.
 Quito, Mexique, Tibet, leurs hauts pla-
 teaux. 15.

R

Radeaux énormes du Mississipi. 82. —
 imaginés pour expliquer la formation
 de la houille. 119.
 Rayon de la terre, sa valeur moyenne. 3.
 Rapilli ou Lapilli. 44.

Rud Marl, ou marne irisée. 141, 210.
Indressements et dislocations des couches terrestres. 132.
Enfouissement des laves. 46. — du globe. 162.
Regur, dépôt diluvien de l'Inde. 263.
Léptiles des schistes bitumineux. 209. — du grès bigarré. 213. — du lias. 217, 228. — de la craie. 229, 236.
Resorts, de rochers au milieu des mers. 98. — antarctiques. 98. — plusieurs ont été soulevés. 93. — ont reculé successivement jusqu'aux régions tropicales. 100, 208, 208.
Révoltes, accompagnent les porphyres. 183.
Rides du globe, paraissent se faire sur tout un hémisphère. 105.
Rivages anciens à l'intérieur des terres. 151.
Rivières, leur pente. 71. — leur encombrement par les débris. 59. — ne suivent pas la pente naturelle du sol, semblent fuir les terrains meubles. 141.
Rochers, polis, moutonnés, sillonnés. 75, 263. — dégradés par les vagues. 77. — détrempés par les eaux. 176.
Roches moutonnées. 81.
Roches, sont altérées à la surface. 60. — vitrésées des terrains trachytiques. 169. — des épanchements porphyriques. 165. — irapiennes. 161. — pyrénéennes. 164. — composées. 269. — schisteuses. 270. — calcaires. 273. — de fusion. 269. — leur influence sur les dépôts de sédiment. 278.
Rongeurs des cavernes. 258.
Rose des principaux soulèvements. 288.
Rosberg ou *Ruffberg*, son éboulement. 66.
Rothliegende, *Rothersandstein*, ou grès rouge. 207.
Ruptures des rochers par les eaux. 79, 177.

S

Sables, consolidés par les eaux calcaires. 85. — font partie des diverses espèces de grès (voyez Grès). — aurifères, diamantifères, leur âge. 263.
Saint-Georges, son éruption. 27.
Sandwich (îles), leurs volcans. 53. — immense cratère. 43.
Saxe, ses basaltes. 53.
Salzes ou volcans d'air, volcans boueux. 57.
Santorin, faits que cette île présente. 31, 38.

Sauriens, des schistes bitumineux. 20. — du lias. 217, 318.
Schémnitz, vaste cratère de soulèvement. 136.
Schistes, à couches contournées. 18. 185. — bitumineux. 190, 207. — ardoisiers. 273.
Schiste de *Stonesfield*, renfermé les plus anciens mammifères. 226.
Scories, cônes qu'elles peuvent former. 41.
Secondaires et primitifs, valeur de ses expressions. 281.
Sédiments, leur structure. 85. — leur nature. 88. — anciens comparés à ceux de l'époque actuelle. 109. — lacustres, leurs caractères. 110. — marins. 112.
Sel commun, en dépôts adventifs. 111. — ses gisements dans le terrain pénéen. 202, le grès bigarré. 213, le lias. 219. — les terrains les plus modernes. 190.
Sépia fossile. 219.
Sérapis (temple de). 25.
Siebengebirg, contrée volcanique. 53.
Serpentines, ce qui indique leur origine. 166. — leurs différents âges. 273.
Siénite, roche composée. 270.
Sigillaria, genre de plantes des terrains houillers. 204.
Silice, en dépôts adventifs, tuf du geyser. 85, 121. — volatile à la température de fusion. 175.
Sillons creusés par les eaux. 65, 69, 76.
Solfatares, ce que c'est. 43. — éteintes, dégagent de l'acide carbonique. 55.
Somma, produite avant le Vésuve. 29. — moment probable de son apparition. 304.
Sondages dans les mers, leur prolongeur. 8. — débris qu'ils ramènent. 79.
Soufre au fond des cratères. 42.
Soulèvements, des côtes du Chili. 21. — lent de la Suède. 25. — cratère de soulèvement. 33. — soulèvements et affaissements anciens. 123. — ont produit les vallées. 141. — comment on les reconnaît. 285. — leurs systèmes. 286. — carte des principaux. 291, 300. — leurs époques relatives. 296.
Sources, perdues ou formées pendant les tremblements de terre. 21, 23. — jaillissantes. 59. — thermales, explication. 106. — ont produit des dépôts adventifs. 121.
Sources salifères du terrain pénéen. 207. du grès bigarré. 213, du lias. 219.
Sphérites, boules calcaires qui caractérisent certaines couches du Jura. 291.

- Spirifères**, caractères qu'ils fournissent. 185. — du calcaire carbonifère. 197. — des terrains péniens. 209. — du lias. 215.
- Squales**, comment ils sont représentés dans le calcaire carbonifère. 205. — leur taille à l'époque de la craie. 234.
- Staffa**, grotte de Fingal. 157.
- Stigmara**, genre de plantes du terrain houiller. 204.
- Stratification**, ce que c'est. 88. — ses diverses espèces. 183.
- Stries et cannelures des roches**. 75.
- Stromboli**, laves qui y bouillonnent constamment. 42. sa haute antiquité. 53, 204.
- Structure des dépôts de sédiment**. 85.
- Suède**, soulèvement et affaissement. 25.
- Surface terrestre**, sa valeur en myriam. carrés. 3. — relief de ses parties. 7.
- Surfaces moutonnées, polies, striées**. 75.
- Systèmes de montagnes**. 12.
- Systèmes de soulèvements**, ce que c'est. 286. — en France. 290. — leurs époques relatives. 292. — les dix-sept soulèvements successifs. 292.
- T**
- Tableau des terrains de sédiment principaux**. 181. — des soulèvements. 288, 292.
- Talus de diverses espèces**. 85.
- Température moyenne de diverses contrées**. 17. — était plus forte autrefois en Europe. 106, pourquoi. 109.
- Temple de Sérapis**. 131.
- Ténériffe**, pic au milieu du cratère de soulèvement. 39 — val Taoro. 131.
- Térébratules**, caractères qu'elles fournissent. 188. — du terrain dévonien. 197. — du terrain oolitique. 221. — du groupe oxfordien. 224. — du groupe portlandien. 226. — de la craie. 234, 235.
- Terreau noir des plaines de Russie**. 255.
- Terrain d'eau douce et terrain marin**, leurs caractères. 110, 112.
- Terrains de sédiment**, leur description. 170. — leur nature. 189.
- Terrains de sédiments anciens**. 192. — cambrien et silurien. 193. — dévonien ou anthraxifère. 196. — de transition. 200. — houiller. 200. — péniens. 207. — voegien. 209. — keuprique, ou trias. 210. — jurassique, ou lias. 214. — oolitique. 220. — oxfordien. 223. — corallien. 224. — portlandien. 226. — cré-
- taqué néocomien. 229. — wealdien. 229. — du grès vert. 232. — crétaqué supérieur. 234. — parisien. 242. — de molasse. 247. — subapennin. 253. — diluvien et erratique. 264. — de cristallisation. 268. — mers de ces terrains. 310.
- Terrains divers de la France**. 281. — état de l'Europe lors de la formation des divers terrains. 308.
- Terrains primitifs et de transition**, la valeur de ces expressions doit être oubliée. 179. — primitif, secondaire, tertiaire. 279.
- Terre**, forme, isolement, aplatissement aux pôles, chaleur intérieure. 1 à 5. — étendue des terres et des mers. 6. — relief du sol. 8. — tremblements de terre. 19. — phénomènes volcaniques. 27. — composition de la croûte terrestre. 179.
- Tertre**, butte, colline, définition. 9.
- Tibet**, Mexique, Quito, leurs hauts plateaux. 15.
- Till d'Angleterre**, dépôts diluviens. 263.
- Tilstone**, schiste silurien. 196.
- Toadstone** (voyez Trapp. 161).
- Torrents**, leurs effets en dégradation. 68. — boueux. 70. — ont transporté les blocs erratiques. 264.
- Tours**, cylindres, formes de montagnes. 9.
- Tourbe**, tourbières, leur formation. 94, 267. — servent de type à la formation de la houille. 119. — mouvement de translation. 71. — se trouve à diverses profondeurs. 76.
- Trachyte des volcans modernes**. 52. — nature, âges. 272, 276.
- Transports des roches par les courants**. 68. — par les glaces et glaciers. 73.
- Trapps**, leur origine. 161. — nature, âges. 271, 275.
- Travertin**, sa formation. 111.
- Tremblements de terre**. 19, 97.
- Trias**, ou terrain de grès bigarré, terrain keuprique. 210. — mer du trias. 314.
- Trigones du calcaire conchylien**. 212. — du lias. 217. — de la craie. 232.
- Trilobites**, caractères qu'elles fournissent. 186, 190.
- Tshenoizem**, dépôt diluvien des plaines de Russie. 262.
- Tufs calcaires**, leur formation. 83, 111, 121.
- Tuf ponceux**, volcanique. 45, 53.
- Tufs siliceux**. 85, 121.
- Turrilites**, coquilles caractéristiques de la craie. 186.

U

- Uddewalla, son dépôt coquillier soulevé. 126.
 Unalaska, formation de son volcan. 33.
Unio (voyez *Mulettes*). 111.
 Usure des rochers par les eaux. 74, 167.
 Ussel, les houilles des environs enveloppées par le grauite. 167.
Upper mau red sandstone and red marble, terrains de trias. 211.

V

- Vagnes et marées, leur action sur les côtes. 73.
 Val del Bovo, Val Taoro, exemples d'effondrèments. 131.
 Vallée du Poison à Java. 55.
 Vallées, leurs caractères, leurs formes, 12. — sont plus larges vers le haut que vers le bas. 13. — d'élévation. 137. — leur origine, leurs espèces. 141. — influence des eaux sur leurs formes. 143.
 Variolites. 272.
 Vase des ports, formée de foraminifères et d'infusoïres. 90.
 Végétation à l'époque de la houille. 194, 313. — à l'époque triasique. — 212, 315. — à l'époque jurassique. 219, 222, 319. — à l'époque de la craie. 232, 216. — à l'époque parisienne. 247, 324. — à l'époque de la molasse. 250, 326. — et du diluvium. 328.
 Végétaux debout dans les dépôts de combustibles. 107. — du grès houiller. 194. — du grès bigarré. 211. — du lias. 219.

- de la grande oolite. 222. — à groupe porlandien. 229. — de la craie. 232. — des terrains tertiaires. 247, 251.
 Velay, ses produits volcaniques. 54, 148
 Vésuve actuel et ancien. 29.
 Vieux grès rouge. 190, 194.
 Vivarais, ses produits volcaniques. 34
 147. — ses chaussés basaltiques. 153
 — époque de ses volcans. 304.
 Volcans du Mexique, leur affaissement. 26.
 Voltzia, genre de végétaux du trias. 215
 Volcans, définition. 30. — sous-marins. 30, 38. — leurs produits solides. 51, et gazeux. 54. — énergie de l'action volcanique. 51. — volcans actifs. 53 et éteints. — 54, 146. — boueux. 57. comment on reconnaît les volcans anciens. 146. — apparition de ceux de l'Auvergne et du Vivarais. 304.
 Volume du globe terrestre. 3.

W

- Wacke. 271.
 Weald. 229.
Weisstein ou leptynite. 270.
Winstone ou trapp. 161.

' Z

- Zechstein, ou calcaire pénécien. 207.
 Zemble (Nouvelle), blocs transportés par les glaces. 73.
 Zinwald, amas métallifère et granitique encaissé dans un porphyre. 170.
 Znyderzée, sa formation. 67, 76.





