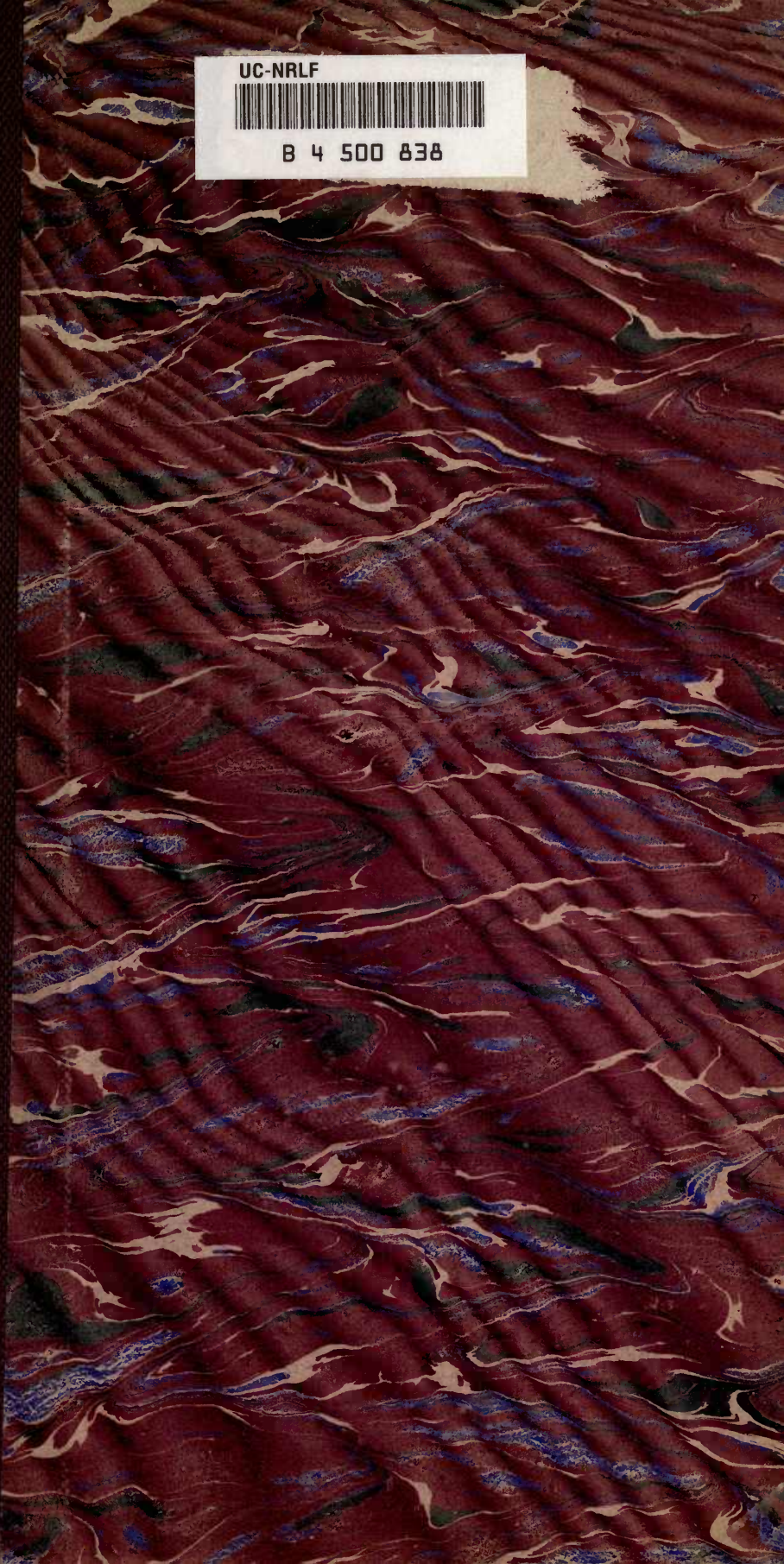
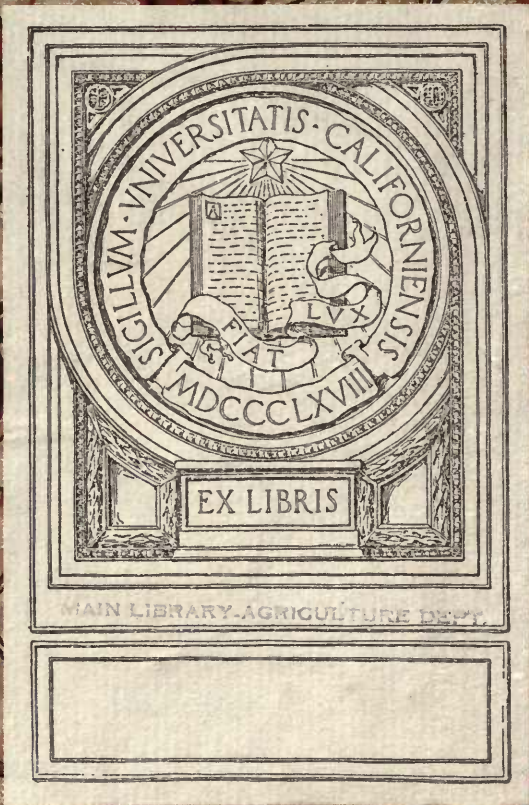


UC-NRLF



8 4 500 838



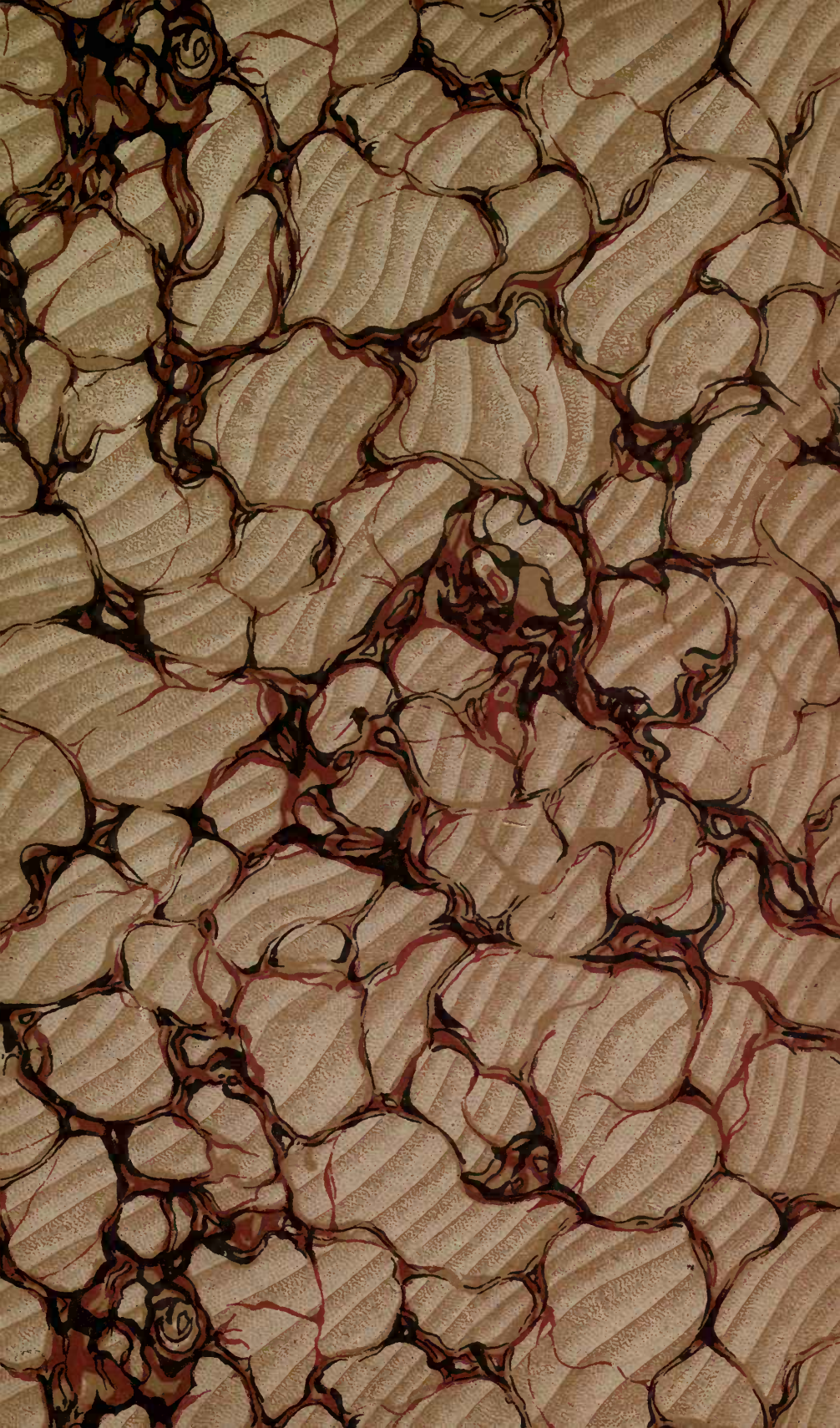


SICILIVM · UNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS

MDCCCLXVIII

EX LIBRIS

MAIN LIBRARY-AGRICULTURE DEPT.



18
R. de BONAND

NITRATES
PHOSPHATES, POTASSE

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

—
1920

NITRATES

PHOSPHATES, POTASSE

Box D 4/05

DU MÊME AUTEUR

Géologie des Formations aurifères de la Nouvelle-Zélande.

Un volume in-8° raisin.

Les Formations géologiques aurifères de l'Afrique du Sud.

Un volume in-8° raisin.

R. de BONAND

UNIV. OF
CALIFORNIA

NITRATES

PHOSPHATES, POTASSE

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

—
1920



TN911
B6

R. de BONARD

STATISTIQUE

PROSPERITE, POTASSE

MAIN LIBRARY-AGRICULTURE DEPT.

PARIS

LIBRAIRIE P. LEBLANC, 10, RUE MONTMARTRE

10, RUE MONTMARTRE

10, RUE MONTMARTRE

1890

PRÉFACE

Depuis vingt ans, l'industrie chimique a pris un développement considérable. Ce fait est dû aux travaux de Boussingault, Georges Ville, Schloesing, avec lesquels ont coïncidé les découvertes des grands gisements de Nitrates, Phosphates et Potasse.

Les formules de fabrication des divers produits chimiques ont été simplifiées.

De meilleurs moyens de transport des matières premières, sur mer et sur terre, ont permis de les amener, facilement et à bon compte, aux Usines d'Europe et d'Amérique.

La récupération des sous-produits de la distillation de la houille et de la métallurgie du fer a fourni en abondance des succédanés des sels naturels.

Les perfectionnements de l'électrothermie et de l'électrochimie, permettant l'utilisation des forces hydrauliques pour la fabrication des produits synthétiques, ont ouvert un nouveau champ d'activité à l'industrie chimique.

Le vingtième siècle sera le siècle des produits chimiques.

Les dérivés de l'azote, de l'acide phosphorique et du potassium, d'origine naturelle ou synthétique, méritent d'être étudiés ensemble, en raison de leur emploi parallèle en agriculture.

Ils sont tous également nécessaires à la croissance des plantes.

Pour connaître la question des sels d'azote, phosphore et potassium, il faut avoir étudié les minerais qui les contiennent, et savoir comment on les traite pour les rendre utilisables.

Il faut aussi connaître leurs emplois et la répartition de la production, comme celle de la consommation. Outre ces derniers facteurs, il est nécessaire, pour les produits synthétiques, de posséder les méthodes de fabrication.

Cet ouvrage procédera à l'étude de ces divers sujets.

INTRODUCTION

Les composés azotés, phosphatés et potassiques dans la nature.

Les gisements exploitables des sels d'azote, phosphore et potassium ayant été formés dans des conditions bien différentes, se trouvent associés ou juxtaposés dans des cas tout à fait exceptionnels.

Ces mêmes sels se trouvent au contraire en association intime dans la vie végétale et animale.

Les tissus des plantes sont constitués de chaux, d'azote, d'acide phosphorique et de potasse. Par l'absorption des plantes, ces mêmes éléments entrent dans la constitution des animaux.

Les plantes, par leurs racines, extraient du sol les quatre éléments qui s'y trouvent, en plus ou moins grande quantité, combinés dans les roches diverses, qui les laissent libres sous l'action de l'humidité et des autres agents atmosphériques. Toutefois, Berthelot a démontré qu'une certaine quantité de l'azote des plantes ne provenait pas des ressources naturelles du sol.

Schloesing a aussi conclu que les plantes prenaient

à l'atmosphère de l'ammoniaque et de l'acide carbonique.

Cependant les plantes ne peuvent subsister si le sol ne leur fournit pas de l'azote, et elles doivent y chercher la plus grande partie de cet élément.

Les ressources du sol ne sont pas inépuisables, et il est nécessaire de lui rendre au moins ce que lui enlève chaque récolte si on ne veut pas le voir épuisé et incapable de produire.

La culture romaine a amené ce résultat en Sicile et dans le sud de l'Italie. Après avoir ravitaillé en blé la Rome Antique les terres de ces régions, n'ayant jamais reçu en retour les éléments enlevés par chaque récolte, sont devenues improductives. En y voyant les énormes étendues de terres stériles, on a peine à s'imaginer que là même, il y a deux mille ans, croissaient les plus belles récoltes de l'Europe.

Rendant à ces terres des quantités suffisantes de chaux, d'azote, d'acide phosphorique et de potasse, les Siciliens aidés par leur climat pourraient de nouveau produire des récoltes abondantes.

Les progrès de la chimie organique permettent de considérer la terre comme un milieu favorable, dans lequel les plantes peuvent s'assimiler les quatre éléments nutritifs qui leur sont nécessaires.

Il n'y a pas lieu de distinguer si elles retirent ces éléments de la terre elle-même ou des engrais introduits par le travail humain.

Autrefois cette distinction existait absolue, et on considérait la terre comme fournissant les éléments nutritifs, et les engrais comme aidant seulement à compléter cette action.

On employait dans ce but les fumiers, les boues des villes, les terreaux et les guanos.

Les agriculteurs ignoraient les raisons de leur efficacité. Il suffit de remonter seulement à cinquante ans pour reconnaître l'universalité de cet état de choses. Georges Ville, Schloesing et Muntz, après avoir poursuivi les études de Boussingault sur la composition des tissus végétaux, réussirent à faire entrer dans la science agricole la théorie du dosage des éléments constitutifs.

Le fumier contient bien ces éléments nécessaires à la croissance des plantes, mais il les contient en quantités variables suivant son origine. Son emploi ne permet pas de doser les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse, nécessaires à chaque terre et à chaque plante.

Seuls, les engrais chimiques permettent de mettre en pratique le principe de Georges Ville : « Lorsque vous voulez produire une récolte à dominante de potasse, ajoutez de la potasse, une culture à dominante de phosphate, ajoutez du phosphate. »

L'emploi des sels chimiques permet le dosage des éléments constitutifs des plantes.

L'agriculteur moderne doit faire analyser ses terres,

et peut ainsi déterminer les sels à leur donner pour produire du blé, des pommes de terre, etc.... Il est ainsi amené à employer des engrais complets et incomplets.

Les premiers renferment les trois éléments azote, acide phosphorique et potasse. Les seconds renferment seulement deux de ces éléments dont la terre à amender a besoin pour produire une plante déterminée. Par la même raison chacun d'eux est aussi employé seul.

Les résultats de l'emploi des engrais chimiques sur les rendements agricoles peuvent être clairement compris en mettant en regard de ceux-ci les chiffres de la consommation totale des engrais chimiques dans les principaux pays. L'Institut international d'agriculture de Rome donne pour 1912 :

	Surface cultivée. hectares.	Consommation totale d'engrais chimiques.	Intensité. Quintaux par hect.
Allemagne	55 055 598	59 065 500	1,68
Autriche	18 422 258	5 451 900	0,29
Belgique	1 916 690	5 249 148	2,74
France	56 798 715	21 161 656	0,58
Pays-Bas. . . .	2 177 642	4 259 220	1,96

Voici maintenant les rendements des divers pays en 1915, établis en quintaux et par hectare :

	Blé.	Orge.	Pommes de terre.	Betteraves.	Engrais par hectare.
Allemagne. . . .	23,6	22,2	158,0	517,9	1,68
Autriche. . . .	15,4	16,0	90,6	275,4	0,29
Belgique. . . .	25,2	27,0	200,0	265,5	2,74
France. . . .	15,5	15,7	85,6	261,0	0,58
Pays-Bas. . . .	24,2	25,5	147,2	276,2	1,96

Ainsi la Belgique, consommant par hectare 2^a,74 d'engrais chimiques, récoltait 25^a,2 de blé, tandis que la France, consommant seulement 0^a,58, récoltait seulement 15^a,5.

L'Allemagne sur ses terres pauvres, et souffrant d'un climat rigoureux, pouvait récolter 25^a,6 de blé à l'hectare, conséquence d'une consommation de 1^a,68 d'engrais chimiques.

En augmentant sa consommation d'engrais chimiques, la France pourrait doubler sa récolte de blé. Elle n'aurait plus à s'approvisionner à l'étranger et à faire des remises d'or importantes. Sa balance commerciale et son change ne seraient plus durement affectés par ces remises.

En même temps, sa population pourrait augmenter son alimentation en farine.

Les sous-produits de mouture permettraient aussi une meilleure alimentation du bétail. On obtiendrait ainsi la viande en plus grande abondance et à plus bas prix.

La production et la consommation des produits chimiques en agriculture conduisent à l'amélioration des conditions d'existence des populations. Ce qu'il est facile de prouver pour la France s'applique à tous les pays petits consommateurs d'engrais chimiques.

L'importance et l'avenir de l'exploitation des sels d'azote, de phosphore et de potassium, existant dans le sous-sol, sont énormes au point de vue agricole, aussi

bien que le développement récent des industries de fabrications de leurs succédanés.

L'agriculture ne pourra plus se contenter des méthodes d'avant-guerre, et devra faire produire aux terres les rendements les plus élevés avec un minimum de main-d'œuvre. Les engrais chimiques demandant une manutention moindre que le fumier, et fournissant sous un petit volume le dosage nécessaire des divers éléments nécessaires, seront de plus en plus adoptés.

L'agriculteur doit considérer l'emploi des engrais comme un placement de ses capitaux, au même titre que l'achat d'une propriété.

Si un hectare de terre lui rapportait par les anciennes méthodes treize quintaux de blé, les engrais lui en donnant vingt cinq, il retirera de la combinaison de son placement en propriété et en engrais un taux d'intérêts bien supérieur à celui que lui rapportaient ses terres sans engrais. Les capitaux employés à l'achat de ceux-ci recevraient ainsi un intérêt avantageux.

L'azote, le phosphore et la potasse, liés dans la nature à la vie des plantes, contribuent aussi à celle des animaux. Ils constituent en partie les tissus du corps de ceux-ci. L'introduction de ces éléments dans la vie animale provient de l'alimentation. Pour le développement de la vie et des forces animales la transmission abondante des éléments provenant des plantes a un grand intérêt.

Dans la culture moderne, comportant l'emploi des engrais chimiques, la terre représente seulement le milieu dans lequel les germes des plantes sont mis en contact avec les éléments artificiels nutritifs qui les développent.

La nature offre encore les trois éléments, dans l'air comme l'azote, et dans les roches comme le phosphore et la potasse.

Le devoir de la science agricole est de rendre constamment aux plantes, et par suite aux animaux, les quantités d'éléments qui lui sont enlevés.

Le devoir de l'industrie est de fournir ceux-ci à l'agriculture, soit en les retirant du sous-sol à l'état de minerai, soit en les constituant chimiquement par des méthodes synthétiques.

Les sels ainsi obtenus ne servent pas seulement à l'agriculture. Les fabrications de produits finis de l'industrie en emploient des portions considérables. Ces produits finis servent aux usages de la vie humaine.

NITRATES, PHOSPHATES, POTASSE

PREMIÈRE PARTIE

NITRATES ET COMPOSÉS AZOTÉS

CHAPITRE PREMIER

Emploi des nitrates et composés azotés.

Les nitrates et composés azotés trouvent dans l'amendement des terres leur principal emploi. L'agriculture, suivant les pays et les produits, absorbe de 80 % à 90 % de la consommation totale.

Elle les emploie soit à l'état brut, soit en mélanges.

Elle restitue ainsi au sol l'azote qui lui est enlevé par chaque récolte. Pour leur croissance les plantes ne peuvent s'assimiler une quantité suffisante d'azote de l'atmosphère, et elles doivent en trouver toujours dans le sol.

Les découvertes de Boussingault et de Schloesing sur le rôle de l'azote dans la vie végétale ont eu la bonne

fortune d'être complétées par la mise en exploitation des gisements de nitrate de soude de la côte du Pacifique.

Jusqu'à-là, une partie de l'azote pris par les plantes était restituée à la terre en y enfouissant du fumier et des débris de végétaux, et en pratiquant plusieurs labours qui permettaient à la terre d'absorber un peu d'azote de l'air.

Pendant un nombre d'années le guano put fournir de l'azote en même temps que de l'acide phosphorique.

L'importance des dépôts de nitrate de soude a permis d'employer celui-ci en abondance, en même temps que le sulfate d'ammoniaque fourni par la distillation de la houille, comme sous-produit.

Récemment, les nitrates synthétiques ont été adoptés par l'agriculture. Le dernier produit azoté de synthèse, la cyanamide, n'a cependant pas encore été apprécié.

L'agriculture emploie des engrais azotés en mélange dans les engrais complets, et aussi seuls, principalement en couverture, c'est-à-dire répandus sur les récoltes déjà sorties de terre. Ils donnent alors à la végétation une vigueur très marquée et très rapide. Ils représentent le stimulant qui force le rendement.

Dans l'industrie, les nitrates et les produits de substitution sont principalement employés pour fabriquer les poudres et les explosifs de tout ordre. Les poudres en contiennent de 65 à 80 %/, en combinaison avec

du charbon de bois léger et du soufre. Les poudres de mine ont une proportion plus élevée que les autres, et la quantité de nitrate y est moindre que dans les poudres de guerre. La mélinite, la lyddite, la cordite contiennent près de 50 % de produits azotés, mélangés à la cellulose, au phénol, à la glycérine. La dynamite et la nitroglycérine sont les plus anciennement connues parmi ces explosifs.

Pendant la dernière guerre, de nouveaux explosifs, contenant une forte proportion d'azote, ont été produits et leur fabrication mise au point. En effet, tous ces produits demandent environ 50 % de leur poids d'acide nitrique, obtenu en faisant agir l'acide sulfurique sur des nitrates naturels, ou en employant les procédés de synthèse.

Actuellement les produits de la distillation des goudrons de houille entrent principalement en combinaison pour la fabrication de ces explosifs. Tels sont les nitrotoluènes, les picrates à base de nitrophénol et les nitroalmines.

L'industrie des matières colorantes, très développée en Allemagne et en voie de développement en France, Angleterre et Amérique, a aussi besoin de quantités importantes d'acide nitrique. Cette industrie est intimement liée à celle des explosifs.

Les mêmes composés nitrés entrant dans les explosifs servent à produire les couleurs synthétiques. La nitrobenzine, en présence de limaille de fer et d'eau

acidulée, qui fournit l'hydrogène, donne l'aniline. Le nitrotoluène donne la fuchsine.

En 1915, l'Allemagne fournissait 90 % des matières colorantes consommées dans le monde. Elle en produisait en effet pour 550 millions de francs et en exportait pour 292 millions. Elle avait pour cette raison des usines organisées pour la fabrication des produits même nécessaires à la composition des explosifs.

L'industrie chimique emploie aussi les nitrates pour la fabrication de la céruse.

La verrerie s'en sert pour purifier ses mélanges.

Le cyanure de potassium demande pour sa fabrication une quantité d'azote importante.

Les usines de réduction des minerais d'or et d'argent font grand usage du cyanure depuis l'application industrielle des procédés Mac Arthur Forrest. Le cyanure de potassium dissout l'or et l'argent contenus dans le minerai réduit en poudre. La solution, mise en présence de copeaux de zinc, laisse déposer les métaux précieux. Ce procédé est employé sur une grande échelle depuis 1890 par les sociétés minières de l'Afrique du Sud, de l'Australie, de la Nouvelle Zélande et des Etats-Unis.

A la suite des recherches et expériences faites d'abord par Schloesing, puis par Solvay, celui-ci monta en 1875 une usine pour extraire la soude du sel gemme par l'action du carbonate d'ammoniaque. Depuis cette époque, cette méthode a remplacé celle de

Leblanc, et le prix de revient étant très bas, la soude a remplacé la potasse dans beaucoup d'industries.

Il en est résulté un grand développement de la fabrication de la soude par le procédé Solvay, et par suite une consommation importante d'ammoniaque dans cette industrie.

L'industrie frigorifique emploie aussi l'ammoniaque pour obtenir les basses températures produites par sa vaporisation. On refroidit ainsi la saumure qui est refoulée ensuite dans les chambres de conservation des produits.

Dans l'industrie de la soude et dans celle du froid, on récupère l'ammoniaque, mais une certaine quantité est cependant perdue, et il est nécessaire de la remplacer pour les opérations suivantes.

De là une consommation appréciable dans le total général.

CHAPITRE II

Nitrate de soude naturel du Chili.

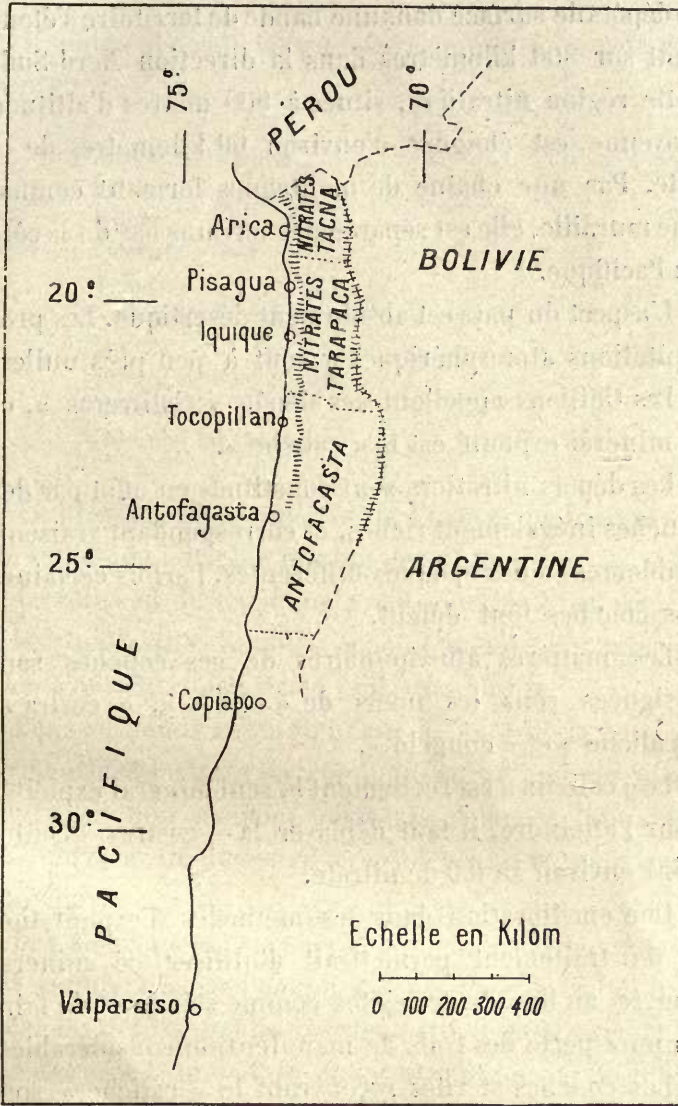
Les nitrates de soude naturels proviennent presque entièrement de la côte chilienne.

Gisements et leur formation géologique.

Le nitrate de soude se rencontre en dépôts de surface près de la côte du Pacifique. Ces dépôts sont très importants dans les provinces chiliennes d'Atacama, Antofogasta, Tacna, Tarapaca.

Les gisements d'Atacama sont moins abondants que ceux des provinces du Nord. A la suite de la guerre avec le Pérou et la Bolivie, le traité d'Ancon en 1884 donna au Chili la province de Tarapaca et lui attribua la possession de celle de Tacna pour dix années. A l'expiration de cette période, un referendum des habitants de cette province devait déterminer si elle resterait chilienne ou retournerait au Pérou. Ce referendum n'a pas encore eu lieu.

Le Chili est donc actuellement unique possesseur de tous les gisements de nitrate. Ceux-ci forment une suite



Gisements de nitrates du Chili.

de dépôts de surface dans une bande de territoire s'étendant sur 800 kilomètres dans la direction Nord-Sud. Cette région nitratière, située à 900 mètres d'altitude moyenne, est éloignée d'environ 60 kilomètres de la côte. Par une chaîne de montagnes formant comme une muraille, elle est séparée des terrains bas de la côte du Pacifique.

L'aspect du pays est absolument désertique. Les précipitations atmosphériques y sont à peu près nulles.

Les Chiliens appellent ces dépôts « Salitreras », et le minerai exploité est le « caliche ».

Les dépôts nitratières sont constitués en effet par des couches inégalement riches, et correspondant vraisemblablement à des époques différentes. Parfois certaines des couches font défaut.

Les matières alluvionnaires de ces couches sont désignées sous les noms de « chuca », « costra », « caliche » et « congelo ».

Le « caliche » est réellement le seul minerai exploité. Pour l'atteindre, il faut déblayer la « costra », contenant environ 15 0/0 de nitrate.

Une amélioration dans les méthodes d'exploitation et de traitement permettrait d'utiliser ce minerai pauvre, au lieu de le rejeter comme stérile et de faire en pure perte des frais de manutention considérables.

Les couches stériles recouvrant le « caliche » sont très dures et ont une puissance variant de 0 m. 30 à 1 m. 50.

L'analyse du caliche y a fait reconnaître les sels suivants :

Nitrate de sodium.
Iodate —
Iodure —
Chlorure —
Sulfure —
Carbonate de calcium.
Sulfure —
Sulfure de magnésium.
Chlorure —
Chlorure de potassium.

La présence des composés de l'iode et du sodium est un indice de l'origine marine des dépôts.

La côte sud du Pacifique a été soumise à des relèvements successifs. A notre époque même, des mouvements ont été constatés en plusieurs points.

Dans les fonds bas s'étendant le long de la côte, et formant des lagunes en communication avec la mer, une végétation marine, puissante sous ces latitudes, s'est formée. Quelques rivières y déposaient aussi leurs alluvions.

Des mouvements successifs ont relevé ces lagunes et ont soumis ainsi à l'action dessiccatrice du soleil tropical les débris qu'elles contenaient. Les mouvements qui ont créé le massif de la Cordillère les ont portés à des altitudes fort élevées. En même temps elles se sont trouvées privées de tout apport d'eau atmosphérique.

Par la dessiccation, s'est opérée la décomposition des matières des végétaux marins, et les ferments nitrés contenus ont formé des sels avec les éléments minéraux en présence.

L'analyse du « caliche » donne une quantité de matière inerte atteignant parfois 45 %, et descendant d'autres fois à 10 %. Le minerai exploité contient généralement 55 % de nitrate de sodium. Au début on exploitait seulement les gisements à 60 %.

La quantité de chlorure varie beaucoup avec les régions. Elle atteint 50 %, mais descend à 10 %.

Les ingénieurs du gouvernement chilien estiment les réserves connues à 540 millions de tonnes. Une extraction de trois millions de tonnes par an épuiserait ces réserves en 115 années. Cependant des estimations privées estiment les réserves probables à 800 millions de tonnes.

Il semble que l'on doive arriver à exploiter les minerais de teneur inférieure à 50 % :

Exploitation et Traitement du minerai.

L'exploitation en carrière est facile. La roche pauvre des couches supérieures, et aussi le « caliche », présentent une assez grande dureté et doivent être brisées à la mine. Après avoir réduit les dimensions des blocs et opéré un premier triage du stérile, le minerai est envoyé à des concasseurs. De là, après un

nouveau triage, il passe aux usines de traitement, appelées « officinas » dans le pays.

Le traitement est basé sur la différence dans les conditions de solubilité des différents sels.

Le minerai, chargé sur des wagonnets en tôle perforée, est introduit dans de grandes chaudières. Des jets de vapeurs sont envoyés dans ces chaudières par des serpentins perforés. Les sels sont ainsi dissous laissant dans les wagonnets la matière inerte et insoluble.

Les eaux-mères contiennent :

Nitrates de sodium.	
Chlorure	—
Iodate	—
Chlorure de magnésium.	
Sulfate	—

Le nitrate de sodium se précipite lorsqu'on laisse refroidir les eaux-mères.

Les cristaux recueillis après le refroidissement des eaux-mères contiennent ainsi 90 % de nitrate de sodium.

C'est le produit appelé commercialement nitrate de soude.

Le produit commercial a une teneur de 15 % d'azote.

Le traitement très imparfait encore du minerai laisse dans les résidus de 8 à 10 % de nitrate.

De même, la nature des explosifs employés, le triage

et les modes de transport sont susceptibles d'être grandement améliorés.

Il suffirait de s'inspirer des méthodes suivies dans d'autres exploitations de même ordre.

Le produit marchand à 95 % de nitrate de soude contient aussi en moyenne :

Eau	2,5 %
Chlorure de sodium	0,8 %
Sulfate —	0,4 %
Chlorure de magnésium	} 0,5 %
Sulfate —	
Nitrate de potassium	1 %

La proportion de ces sels varie avec les gisements, et ils cèdent en partie leur place à d'autres sels de potassium, d'iode ou même de calcium.

Après avoir obtenu le nitrate de sodium contenu dans les eaux-mères, on retire l'iode de celles-ci.

En 1913, le prix de revient moyen du nitrate commercial était estimé à 6 sh. 6 d. par quintal, tandis que le prix moyen de vente a été 8 sh. f. o. b.

En se basant sur les résultats des années 1910 à 1914, on a pu faire, ainsi qu'il suit, la part de chacun des éléments dont le total constitue le prix de revient du nitrate marchand à l'usine :

Travail à la mine	50 %
Transport	17
Traitement	50
Frais généraux	5
	<hr/>
	100

De même, on a pu estimer la part de divers frais grévant le produit chargé sur bateau.

Prix de revient à l'usine.	48,8 %.
Transport au port.	8,4
Frais d'allège.	1,1
Droit d'exportation.	58,9
Courtage	2,8
	<hr/>
	100

En supprimant le droit d'exportation, le gouvernement chilien pourrait réduire considérablement le prix du nitrate et lui permettrait de lutter contre la concurrence des produits de synthèse.

Production et Commerce.

L'exploitation des « salitreras » a été commencée à l'époque où les provinces de Tacna de Tarapaca ne faisaient pas encore partie du Chili. En 1870 la production atteignait seulement 100 000 tonnes.

Le gouvernement chilien a fait beaucoup pour obtenir le développement de l'industrie nitratière, et dès 1890 la production atteignait un million de tonnes.

Pendant les quatre années d'exploitation normale précédant la guerre, la production a été :

1910.	2 465 415 tonnes.
1911.	2 521 025 —
1912.	2 585 850 —
1913.	2 666 855 —

Déroutée par les événements, l'industrie a réduit son exploitation pour 1914 à 1.846.785 tonnes.

La guerre sous-marine et la rareté des frets rendant difficile le transport vers l'Europe, elle doubla ses expéditions vers les États-Unis et développa ainsi un nouveau marché.

Elle y envoyait 556.700 tonnes en 1914. Elle dépassa 1.200.000 tonnes en 1916. La fabrication des explosifs absorbait beaucoup de nitrates. L'exportation totale remonta en

1916.	2 980 227 tonnes.
1917.	2 805 052 —

Il existe actuellement 175 sièges d'extraction.

Le nitrate marchand est chargé sur bateaux dans les ports d'Iquique, Antofagasta et Arica. Par des intermédiaires il est vendu et échantillonné sur bateau.

Le gouvernement perçoit un droit de sortie de 28 pences par quintal espagnol de 46 kilogrammes, soit 2 livres sterling 1/2 par tonne métrique. Ce droit constituait à lui seul plus de 50 0/0 du total des revenus de l'Etat chilien.

Il est question de le réduire, ou même de le supprimer.

Les propriétaires de mines ont constitué entre eux, pour régler la production et la vente, une association qui contrôle 85 0/0 de la production, et dans laquelle le gouvernement est aussi représenté.

Des exploitations nitrières, 27 % appartiennent à des compagnies chiliennes. Les autres appartiennent principalement à des compagnies anglaises. Trois compagnies importantes sont allemandes.

Les capitaux des sociétés exploitantes et des compagnies de chemins de fer destiné au transport des nitrates représentent un total de près d'un milliard de francs.

Ces mêmes sociétés emploient environ 50 000 ouvriers.

En 1915, dernière année normale, les prix intéressant principalement l'industrie et le commerce des nitrates chiliens étaient :

Charbon au Chili . . .	29 shillings la tonne.
Sac	4 1/2 pence la pièce.
Frete sur l'Europe . . .	26 shillings la tonne.
Nitrate au Chili . . .	17 — les cent kg.

En juillet 1914, le prix du nitrate à Dunkerque sur wagon était de 25 fr. 50 les 100 kilogrammes.

Sur ce prix de vente, on peut estimer que 14 francs allaient au gouvernement chilien, aux exploitants et aux intermédiaires, en bénéfices.

Les méthodes d'extraction et de traitement du minerai sont susceptibles de nombreux perfectionnements ainsi que les moyens de transport et de chargement. Le prix du produit marchand au Chili pourra ainsi être abaissé sensiblement. Le gouvernement Chilien réduira sans doute ce prix en renonçant, au moins en partie,

au droit de sortie. L'Association des producteurs pourra aussi réduire le prix de vente, si elle arrive à supprimer les nombreux intermédiaires, dont les prélèvements grèvent le produit d'environ 4 shillings par 100 kilogrammes. Le fret portera pendant longtemps un grand préjudice au commerce du nitrate.

Si l'industrie chilienne veut subsister, il faut qu'elle améliore en premier lieu le mode de traitement du caliche, car actuellement d'un minerai à 15 % elle retire seulement 10 % d'azote. Elle doit aussi abandonner les anciens procédés d'extraction, en remplaçant le travail humain par le travail mécanique partout où il sera possible, Le chargement sur bateau par allèges est aussi à remplacer par des moyens plus modernes.

On pourrait supprimer le droit d'exportation, les courtages aux intermédiaires, le système qui veut que certains bateaux soient envoyés dans des ports, anglais par exemple, pour être de là acheminer vers la France ou d'autres pays.

Le commerce des nitrates chiliens pourra lutter alors avantageusement avec celui des produits azotés industriels.

Par suite des engagements pris par le gouvernement chilien, et des conventions avec l'association des producteurs, le prix du nitrate a été fixé à 15 sh. 6 d. pour 1919.

L'Allemagne était le plus gros consommateur de

nitrate chiliens, dont elle faisait usage dans son agriculture et dans son importante industrie chimique. La Belgique et la Hollande recevaient par les ports d'Anvers et de Rotterdam des tonnages importants à destination d'autres pays voisins, principalement l'Allemagne.

La consommation des principaux pays en 1915 s'établissait comme il suit :

	Importation.	Exportation.	Consommation.	Equivalent en azote.
Allemagne . . .	774 298	27 507	746 791	112 018
Autr.-Hongrie.	95 035	515	92 722	14 108
Australie. . . .	5 395	516	2 877	451
Belgique. . . .	504 156	159 991	164 145	54 621
Canada	56 406	»	56 406	5 460
Égypte	56 474	»	56 474	8 471
Espagne	»	»	15 000	2 250
États-Unis . . .	655 905	5 649	650 256	94 558
France.	522 115	5 268	16 847	47 527
Hollande. . . .	205 000	120 000	85 000	12 450
Italie	67 418	50	67 568	10 105
Japon	27 786	»	27 786	4 017
Royaume Uni.	145 187	»	145 187	21 478
Scandinavie . .	»	»	10 000	1 500
			<u>2 592 859</u>	<u>368 974</u>

CHAPITRE III

1. — Nitrate de potassium.

Le nitrate de potassium se rencontre en couches d'efflorescence à la surface du sol, dans les pays où la température est très élevée, et où les précipitations atmosphériques sont considérables.

L'humidité du sous-sol trouve son chemin par capillarité jusqu'à la surface desséchée, lorsque les chaleurs deviennent très élevées. Elle entraîne avec elle les éléments de la décomposition des principes organiques contenus dans le sol. Parmi ceux-ci les azotates se déposent sur la surface échauffée.

On procède au grattage de ces efflorescences, et dans des conditions favorables, elles se reforment constamment par suite de l'évaporation continue.

Les Indes, principalement le Bengale, fournissent la presque totalité de la production, qui était d'environ 15 000 tonnes en 1915.

La matière première recueillie aux Indes est constituée de :

Nitrate de potassium.		Chlorure de sodium.
— magnésium.		Sulfate de sodium.
— calcium.		Sulfate de magnésium.

Le nitrate du commerce est obtenu par de simples lessivages de la matière recueillie.

On le consacre surtout à la fabrication des poudres de mine et de guerre. Il est employé par cette industrie, de préférence au nitrate de soude trop déliquescent. Lorsque le nitrate de potasse fait défaut, on en produit par la transformation du nitrate de soude.

On a récemment découvert des dépôts de nitrate de potassium dans le Nord du Brésil, à 60 kilomètres du port de Camouin.

On les rencontrerait sur 600 kilomètres, et le produit recueilli contiendrait 80 % de nitrate.

On en a reconnu d'autres dans la province de Bahia, près du Moro de Chapeo. La teneur en nitrate serait là de 75 %.

CHAPITRE IV

Origine des composés azotés industriels.

Les nitrates naturels sont employés de temps immémorial pour obtenir et assimiler dans d'autres produits l'azote qu'ils contiennent.

Depuis cinquante ans, on cherche à obtenir l'azote dans n'importe quelle combinaison. Il en faut chaque jour des quantités plus considérables pour l'agriculture et pour l'industrie.

On exploitait les gisements du sol et du sous-sol, mais la plus grande réserve d'azote, l'air, n'avait pas encore été mise en exploitation il y a dix ans.

A l'encontre des réserves minérales, celle de l'air est inépuisable.

L'air pur est en effet composé de 79,8 0/0 d'azote, de 20 0/0 d'oxygène et de traces de divers autres gaz, auxquels il faut ajouter un certain degré d'humidité.

On avait remarqué depuis longtemps l'apport d'azote au sol par les chutes de pluie et de neige.

On avait aussi observé que pendant, les orages, à la suite des phénomènes électriques, l'eau de pluie est beaucoup plus chargée d'azote.

Depuis longtemps on cherchait à fixer, par combinaison avec d'autres éléments, l'azote de l'air si abondant. Pendant les dix dernières années, des grandes découvertes ont été faites, et une énorme industrie de fixation de l'azote par divers procédés est en voie de réalisation.

Avant d'arriver par la synthèse de l'azote atmosphérique à produire des composés azotés, on retirait certains de ceux-ci des matières minérales telles que la houille.

Les déchets animaux et les résidus végétaux de certaines fabrications en fournissent également.

L'ensemble de ces industries constitue déjà une grosse concurrence à l'industrie des nitrates naturels.

Dans l'étude des produits azotés fabriqués par l'industrie chimique, on a l'habitude de les classer en composés de l'azote nitrique et composés de l'azote ammoniacal, suivant que l'azote est fixé dans l'acide nitrique ou dans l'ammoniaque.

On obtient d'abord l'acide nitrique ou l'ammoniaque par un des procédés, en général de découverte récente. Ils sont ensuite combinés à d'autres corps pour former des produits peu susceptibles d'être décomposés ou nocifs, et pouvant céder l'azote dans des conditions et sous des influences déterminées.

CHAPITRE V

Fixation de l'azote dans l'acide nitrique.

L'acide azotique lui-même est depuis longtemps fabriqué par l'industrie chimique, mais des procédés plus économiques et plus industriels ont été récemment mis en usage.

Autrefois on l'extrayait du salpêtre, en le séparant de la potasse par la présence d'un élément assimilable à celle-ci.

Ensuite, et jusqu'aux découvertes récentes permettant de fixer l'azote atmosphérique, l'acide azotique était produit presque uniquement par l'action de l'acide sulfurique sur les nitrates. On fabrique ainsi l'acide azotique à 50° et 40° B. A cet effet, on introduit dans des récipients de chauffe, par quantités égales en poids, du nitrate de soude et de l'acide sulfurique à 60° B. Après environ une journée d'opération, les vapeurs nitreuses se sont dégagées et ont laissé dans le récipient un sulfate de sodium. Le gaz se condense dans une suite de tuyaux ou de bonbonnes.

La quantité d'eau introduite dans ceux-ci permet d'arriver au degré désiré.

Dans les anciens procédés on extrayait l'acide azotique des nitrates.

Par les nouveaux procédés, on oxyde l'azote extrait de l'air pour former ensuite des nitrates. Cette transformation de méthode est la conséquence des besoins agricoles en azote assimilable, tandis qu'autrefois l'acide azotique était demandé seulement pour les besoins industriels.

Procédé Birkeland Eyde.

On a vu précédemment que l'eau des pluies d'orage était chargée d'acide azotique. Sous l'influence des décharges électriques l'azote de l'air est oxydé et l'acide azotique ainsi formé est dissous dans l'eau.

Des expériences ont bientôt montré que, plus la décharge, c'est-à-dire l'étincelle électrique, est étendue, plus la quantité d'azote oxydé est importante.

Ces découvertes et tous les travaux expérimentaux sur l'oxydation de l'azote de l'air datent seulement du siècle dernier. Commencés par Cavendish, ils ont été continués par Bunsen, Berthelot, Charles Tellier. Ils ont abouti, au commencement du xx^e siècle, à des applications industrielles pour lesquelles ont été pris de nombreux brevets dans tous les pays.

Le procédé Birkeland Eyde a été employé par une grande Société industrielle, la « Norvégienne de l'Azote » en 1905.

Dans un four tubulaire en cuivre ayant un revêtement intérieur de briques réfractaires, deux électrodes en cuivre arrivent entre les pôles d'un électro-aimant. Ces électrodes pénètrent au milieu de gaines tubulaires, par lesquelles des ventilateurs ou des compresseurs forcent l'air dans le four électrique. Le débit de ces refoulements augmente dans les installations nouvelles.

L'action de l'électro-aimant dilate puissamment l'arc électrique passant entre les électrodes. L'air entourant cet arc est porté à la température de 5500° et transformé en oxyde d'azote AzO . Ce gaz étant instable aux températures élevées, on l'envoie rapidement dans des chambres où il est ramené à 800° . Passant ensuite dans d'autres chambres, il y subit une oxydation qui le transforme en AzO^2 , peroxyde d'azote.

Ce nouveau gaz passe dans des chambres d'absorption, où l'eau coule en pluie et il est ainsi transformé en acide azotique dilué. Par le passage dans les chambres à eau successives, on peut amener celui-ci au degré désiré, qui est en général 25° B.

On peut ainsi produire 65 grammes d'acide nitrique par Kw.

En raison des énormes réserves de forces hydrauliques dont elles disposent à bon marché, les Sociétés opérant en Norvège ont pu développer constamment leurs usines.

Le dernier four électrique installé reçoit 2 mètres

cubes d'air par minute. Le diamètre de l'arc électrique dilaté est de 2 m. 50. La température est de 5500° centigrades.

La force obtenue dépasse 5000 kw.

Par cette installation, on obtient à la sortie du four un gaz contenant 1 1/2 % d'oxyde d'azote, et l'on produit de l'acide azotique dilué à 95 %.

Le procédé Birkeland Eyde a été modifié par Schonherr et par Pauling.

Schonherr augmente la surface de l'air en contact avec l'étincelle, donnant à celle-ci la forme de spirale par l'action de la pression de l'air.

Il construit de très grands fours pouvant recevoir 18 mètres cubes d'air à la minute.

Il recueille les gaz chauds à leur sortie et utilise leur pouvoir calorifique.

Pauling emploie des électrodes en fer en forme de corne et développe l'arc électrique en le refoulant par l'arrivée de l'air entre les deux électrodes.

Le rendement de ces deux procédés est à peu près identique, et dépasse un peu 400 kilogrammes d'acide azotique à 95 % par kw. an.

La méthode Birkeland Eyde est employée par la « Norvégienne de l'Azote » et la « Badische Anilin ». Celle-ci applique aussi des modifications de Schonherr. Le procédé Pauling est appliqué par la « Salpeter Industrie Gesellschaft » de Gelsenkirchen, et l'« Actiengesellschaft für Stickstoffverwendung » à Inspruck, ainsi

que par la « Nitrogène » à la Roche de Rame, sur la Durance, et à une usine de Milan.

Procédé Hauser.

Haüser a utilisé les gaz se dégageant des fours à coke. Il introduit ces gaz, mélangés d'air, sous une pression de 4 atmosphères dans des bombes, où l'on fait passer l'étincelle électrique pour déterminer une explosion et, par suite, l'oxydation de l'azote.

Il faut refroidir rapidement le gaz à sa sortie des bombes, et pour cela, on le fait passer dans un serpentin immergé dans l'eau.

On obtient ainsi le peroxyde d'azote NO^2 . Faisant passer celui-ci dans des récipients, où il est mis en présence d'une surface d'eau, il se transforme en acides nitreux et nitriques, et on arrive à obtenir une matière purement nitrique, dont on peut, par une suite d'opérations, régler la teneur.

La quantité d'acide ainsi obtenue est faible, 100 grammes par mètre cube de gaz. Le gaz des fours à coke trouvant des emplois industriels plus directs, il ne semble pas que ce procédé ait un grand avenir. Il est cependant mis en pratique sur une petite échelle à l'usine de Hamm en Westphalie.

On peut produire des nitrates comme dans les procédés précédents.

Procédé Ostwald.

Tout en se servant de l'ammoniaque, Ostwald fixe de l'azote nitrique, puisqu'il produit de l'acide azotique.

Dans des tubes chauffés à au moins 500° il fait circuler un mélange d'air et d'ammoniaque.

Un mélange pulvérulent d'oxyde de platine, de cuivre et de nickel y fait office de catalyseur.

Le gaz ainsi obtenu est un mélange d'acide nitreux et d'acide nitrique. En passant dans une suite de colonnes, les gaz se transforment en acide nitrique, et le produit obtenu est à 60 %.

Le catalyseur est souvent aussi une feuille de platine.

Par un autre procédé, Ostwald produit le nitrate d'ammoniaque. A la température du rouge sombre, et en présence d'un catalyseur d'amiante platiné, il transforme un mélange d'ammoniaque et d'oxygène.

Les appareils Ostwald fonctionnent industriellement en Allemagne dans les usines de la Société « Nobel », à Schleebusch, dans celles de la « Badische Anilin u Soda », à Gerte près de Bochum, et dans celle de « Baeyer et Cie », à Elberfeld.

CHAPITRE VI

Fixation de l'azote dans l'ammoniaque.

L'ammonium est un métal composé d'azote et d'hydrogène : NH^4 .

La combinaison azote hydrogène existe en grande abondance dans la nature, dans les matières organiques et minérales, sous la forme d'ammoniac NH^3 , gaz dont la principale caractéristique est son extrême solubilité dans l'eau, qui peut en absorber huit cents fois son volume.

On l'extrayait autrefois des matières fécales.

Plus récemment on l'obtenait des matières organiques et de la distillation de la houille.

Enfin, grâce aux découvertes nouvelles des dernières années, on obtient l'ammoniaque par les procédés de synthèse et d'absorption.

Les composés de l'azote ammoniacal comprennent donc les produits de la distillation des combustibles minéraux d'origine végétale, tels que la houille, le lignite, la tourbe, etc.... Ils comprennent aussi les produits obtenus suivant des procédés récemment dé-

couverts, opérant l'absorption de l'azote de l'air par certaines matières, ou encore produisant la synthèse de l'azote et de l'hydrogène.

Ammoniaque par distillation des combustibles.

L'ammoniaque est le composé azoté de fabrication le plus anciennement connu. Sous la forme de sulfate d'ammoniaque, il est le plus employé après les nitrates naturels.

On le recueillait comme sous-produit de la fabrication du gaz d'éclairage.

Le développement de la métallurgie au coke a amené aussi graduellement au perfectionnement des fours à coke. Ceux-ci, à l'origine, étaient construits uniquement en vue de la fabrication du coke métallurgique. Les gaz et la plupart des sous-produits étaient perdus. On estimait même que, en voulant récupérer ceux-ci, on fabriquerait du coke métallurgique de mauvaise qualité.

En France, une très petite proportion des cokeries possédait des fours récupérant les sous-produits de la distillation de la houille. Le sulfate d'ammoniaque, très apprécié des agriculteurs, y provenait presque uniquement des usines à gaz. La reconstruction des cokeries du Nord, détruites par les armées allemandes, modifiera cet état de choses.

Les fours à coke à récupération, des systèmes Otto, Coppée, Solvay, Mond, ont tous pour objet la récupération des sous-produits, principalement de l'ammoniaque.

La houille, formée par la combustion lente des végétaux à l'abri de l'air, est constituée de carbone, oxygène, hydrogène et azote.

Par la distillation en cornue, on obtient de l'eau, de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et des hydrocarbures. Ces derniers sont les gaz d'éclairage et des goudrons.

Le résidu est le coke.

La houille contient de 0,5 à 2 % d'azote. Une partie reste dans le coke et les goudrons. Une autre partie se combine à l'hydrogène pour former de l'ammoniaque, qui est absorbé par l'eau en s'échappant avec les vapeurs. Les gaz se condensent à l'arrivée sur les parties refroidies du col de la cornue. L'ammoniaque est très soluble dans l'eau.

Les résultats, constatés au laboratoire et plus tard dans les fours à gaz, ont conduit aux divers systèmes imaginés pour récupérer les sous-produits dans la fabrication du coke métallurgique.

Au point de vue de la production de l'ammoniaque, ces systèmes ont presque tous un même but : recueillir les eaux chargés de sels ammoniacaux, et obtenir la condensation des vapeurs ammoniacales vers la sortie des appareils.

Les principaux sels ammoniacaux contenus dans ces eaux sont des acétate, sulfure, cyanure, carbonate, sulfate, hyposulfite.

Procédé Haber.

(AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE)

Au lieu d'extraire l'ammoniaque de produits dont il forme partie, ou dont la distillation amène la combinaison de l'azote et de l'hydrogène qu'ils renferment, on l'obtient depuis quelques années par la synthèse directe de ses deux éléments constitutifs.

Le professeur Haber, ingénieur de la Société Auer Allemande, a mis au point divers brevets français et anglais, et a obtenu cette synthèse industriellement.

Mis en pratique aux usines d'Oppau de la « Badische Anilin u Soda fabriken », le procédé y a subi des perfectionnements.

Le professeur Matignon, dans une étude sur les origines du procédé Haber, a montré comment le chimiste allemand s'était inspiré des brevets pris par Charles Tellier en 1865 et 1881, par Tessié du Motay en 1871, par la « Christiania Minekompani » en 1896, par Le Chatelier en 1901.

Par son brevet de 1881, Charles Tellier réunit l'hydrogène et l'azote en les faisant passer sur du fer et obtient ainsi : « L'extraction de l'azote de l'air et son application à l'agriculture, sous forme assimilable par les plan-

tes ». Cette définition par Tellier semble être d'aujourd'hui et non d'hier.

Le brevet français de 1896 de la « Christiania Minekompani » a pour objet de « produire l'ammoniaque par l'emploi d'un mélange d'azote et d'hydrogène en proportion convenable, et son passage dans un vase chauffé contenant du titane à l'état finement divisé.... » La Société Norvégienne énonce aussi le remplacement du titane par les métaux alcalins (potassium, sodium, lithium, etc...), ou les métaux terreux (magnésium, aluminium, zirconium, glucinium), ou encore les métaux alcalino-terreux (baryum, calcium, strontium), ou d'une façon générale tous les métaux et leurs carbures. Cependant, on comprendra facilement qu'ils ne jouissent pas tous au même degré de cette propriété.

Le professeur Matignon fait remarquer que les anciens brevets, mis à jour par ses recherches, compromettent sérieusement la valeur des brevets postérieurs de Haber et de la « Badische Anilin u Soda ». Certains vont plus loin que le professeur Matignon et reconnaissent comme nulle la valeur de ces derniers brevets, qui semblent copiés sur ceux antérieurs.

La méthode Haber appliquée industriellement, avec l'assistance de l'Anglais, Le Rossignol, et des chimistes de la « Badische », opère la combinaison directe de l'azote et de l'hydrogène.

Le catalyseur est l'osmium ou l'uranium.

Pour obtenir l'hydrogène, on suit la méthode Linde

avec quelques modifications, en passant par le gaz à l'eau, obtenu en faisant traverser du coke au rouge vif par de la vapeur d'eau. Le gaz ainsi produit contient de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, et de petites proportions d'azote et d'acide carbonique.

En refroidissant et comprimant le gaz à 25 atmosphères, on le liquéfie. Avant de procéder à la liquéfaction du gaz, on a pu le faire barboter dans un lait de chaux, qui absorbe son acide carbonique,

On distille ensuite le gaz liquéfié. Ses composants ayant leur point d'ébullition à des températures différentes, il est facile de les séparer. Si l'acide carbonique n'a pas été séparé précédemment, comme il vient d'être indiqué, il est volatilisé.

L'hydrogène est recueilli.

Le point d'ébullition des composants est en effet :

Acide carbonique	— 78° cent.
Oxygène	— 182°,5 »
Oxyde de carbone.	— 192° »
Azote.	— 195°,5 »
Hydrogène.	— 255° »

Lorsque l'on a séparé l'azote de l'oxyde de carbone, il fournit un appoint à la quantité nécessaire à la production de l'ammoniaque.

Toutefois, la quantité principale d'azote est retirée de l'air en suivant le procédé de fabrication de l'air liquide, et en employant un dispositif permettant une

liquéfaction progressive. La température d'ébullition de l'oxygène étant $-182^{\circ},5$, on le recueille d'abord, et l'azote, dont le degré d'ébullition est $-195^{\circ},5$, est facilement isolé.

Haber et Le Rossignol opèrent la combinaison de l'azote et de l'hydrogène en mélangeant les deux gaz dans la proportion de 1 à 5, et les comprimant à 200 atmosphères à la température du rouge sombre, en présence d'un catalyseur. On chasse rapidement les gaz pour les refroidir, en raison de l'instabilité de la combinaison aux températures élevées.

Le catalyseur était l'osmium ou l'uranium. Ces métaux, d'un prix très élevé, auraient été remplacés par un métal ferreux de préparation spéciale.

La grande difficulté de ce procédé réside dans le tour de main et le dispositif permettant de lutter avec l'instabilité de l'ammoniaque aux hautes températures, et d'empêcher sa dissolution. Il faut employer une méthode de refroidissement rapide.

Le procédé Haber emploie une force électrique peu importante, puisque, au contraire des autres procédés de fixation de l'azote, il n'emploie pas le four électrique. Celui-ci est, en effet, toujours un gros consommateur de courant.

La matière première employée, le coke des usines à gaz, est d'une valeur industrielle peu élevée et on est souvent heureux de lui trouver un emploi.

Le combustible nécessaire est peu considérable,

puisqu'il n'est demandé que pour des opérations de distillation.

Procédé Serpek et Bodin.

(NITRURE D'ALUMINIUM)

La méthode employée par le Français Bodin et l'Autrichien Serpek consiste à fixer l'azote dans un nitrure, et à l'en extraire ensuite pour constituer de l'ammoniaque.

On a choisi le nitrure d'aluminium de façon à obtenir l'ammoniaque comme sous-produit de l'extraction de l'alumine, celle-ci servant à produire l'aluminium.

Dans un four électrique ouvert, on porte à une température élevée (1800° centigrades) de l'alumine mélangée de charbon. L'azote de l'air est absorbé et forme un nitrure d'aluminium.

La température est plus ou moins élevée, suivant le degré de pureté de l'alumine.

L'emploi de la Bauxite permet d'opérer à une température comprise entre 1500° et 2000°. Cette roche est une alumine hydratée ferrugineuse mélangée de silice, et sa composition moyenne est :

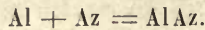
Al ² O ⁵	37,50
Fe ² O ⁵	25,50
Si O ²	6,00
H ² O	10,00
CaO	0,60

Le traitement de la bauxite mélangée au charbon dans le four électrique produit une double réaction.

Il y a tout d'abord formation d'oxyde de carbone, et l'aluminium est libre.



Mais ainsi libre au contact de l'air, il se combine à l'azote pour former de l'azoture d'aluminium.



En France, on a séparé l'azote en faisant agir directement l'acide sulfurique sur l'azoture et en produisant ainsi du sulfate.

En Allemagne, on traite l'azoture par une solution de soude caustique. L'ammoniaque produit par la distillation est, comme dans d'autres procédés, envoyé dans un bain d'acide sulfurique, et ainsi transformé en sulfate d'ammoniaque. On pourrait aussi transformer l'ammoniaque en acide azotique par une des méthodes précédemment indiquées.

L'alumine, séparée de l'azote, se combine à la soude. L'aluminate de soude formé est débarrassé des impuretés par des lavages, et on obtient l'aluminium en calcinant le produit concentré.

La France aurait intérêt à développer ce procédé. On pourrait utiliser sur place le minerai de bauxite exporté précédemment en Allemagne et en Suisse et dont il

existe sur le versant de la Méditerranée des gisements uniques en Europe par leur puissance.

On développerait la métallurgie de l'aluminium et on obtiendrait le sulfate d'ammoniaque comme sous-produit, à un prix de revient très bas.

Ce procédé appliqué en France, à Alais et à Saint-Jean-de-Maurienne, l'est aussi en Allemagne par la « Badische Anilin u Soda Fabriken ».

« La Société Norvégienne des Nitrures » a récemment utilisé des forces hydrauliques importantes pour son application en Norvège.

1 Kwan, utilisé dans de bonnes conditions, produit une quantité de nitrure d'où peuvent être extraits 2 tonnes d'alumine et de l'ammoniaque contenant 600 kilogrammes d'azote.

1 kilog de nitrure 22% donne 1,11 de sulfate d'ammoniaque, et il aura fallu pour le décomposer 0,889 d'acide sulfurique.

CHAPITRE VII

Composés de l'azote nitrique.

(NITRATES SYNTHÉTIQUES)

L'acide nitrique, pour être employé par l'industrie ou l'agriculture, doit être fixé dans un sel présentant une manipulation facile et ne pouvant s'altérer dans les conditions ordinaires.

Ce sel, lors de son application, donnera aux produits industriels ou au sol l'azote nécessaire, en se décomposant dans certaines conditions spéciales.

L'azote étant ainsi demandé dans ses sels, l'acide azotique, produit par les procédés nouveaux, sert à fabriquer des nitrates de soude et surtout de chaux.

Pour obtenir ces derniers, on met simplement l'acide azotique en présence du carbonate de chaux, et il se substitue à l'acide carbonique.

M. Schloesing a imaginé de produire directement le nitrate de chaux, en remplaçant les colonnes d'eau où est dilué l'acide azotique par des récipients métalliques clos remplis de chaux vive.

Pour produire le nitrate de soude, on fait simplement passer les gaz nitrés, refroidis à leur sortie du four,

dans des colonnes contenant une solution de soude caustique.

Procédé Goldsmidt.

Le professeur Goldsmidt a inventé et mis au point un procédé pour extraire l'alumine du labrador, feldspath constitué par un silicate triple d'alumine, soude et chaux, et contenant 50 % du premier de ces éléments.

En chauffant l'acide nitrique dilué en présence de cette roche, on forme des nitrates de soude et de chaux, et le nitrate de soude, dissous dans l'eau, laisse déposer l'alumine.

On obtient ainsi les nitrates de soude et de chaux comme sous-produits de la fabrication de l'aluminium.

Ce procédé est employé en Norvège par la Société Norvégienne de l'azote. Se trouvant dans des conditions permettant de produire l'acide azotique en très grandes quantités et à un prix de revient très bas, cette Société peut sans doute employer ce procédé à son avantage. En raison de la quantité d'acide nécessaire, il n'en serait pas de même en France et dans les pays où l'unité de force hydraulique atteint des prix de revient beaucoup plus élevés qu'en Norvège.

On peut remarquer que certains trachytes contiennent 20 % d'alumine, des orthoclases 18 % et que toutes les roches éruptives en contiennent de 12 à 18 %.

CHAPITRE VIII

Composés de l'azote ammoniacal.

Comme l'azote nitrique, l'azote ammoniacal doit être incorporé dans des sels.

Sulfate d'ammoniaque.

Le plus anciennement employé parmi les sels ammoniacaux est le sulfate d'ammoniaque. Parmi les composés azotés, il est aussi celui produit en plus grande abondance.

La raison est la facilité avec laquelle on peut transformer en sulfate l'ammoniaque recueilli en distillant les combustibles, aussi bien que celui fixé par les nouveaux procédés industriels.

Le développement de la fabrication de l'acide sulfurique est une autre raison.

Pour obtenir du sulfate d'ammoniaque, on distille les eaux provenant des fours à gaz ou des fours à coke. Les gaz qui se dégagent passent par un tuyau plongeant dans une solution d'acide sulfurique

contenue dans un récipient couvert, d'où peuvent s'échapper les gaz non retenus, par l'acide.

Les cristaux de sulfate d'ammoniaque sont recueillis ensuite.

Pour éviter une double opération, Otto, au lieu de laver le gaz d'éclairage et de recueillir les eaux ammoniacales, fait passer le gaz d'éclairage directement dans les chambres à acide sulfurique. L'ammoniaque est absorbé et le sulfate d'ammoniaque produit se précipite.

La fabrication du gaz d'éclairage fournit en moyenne 9 1/2 kilogs de sulfate d'ammoniaque par tonne de houille. La fabrication du coke métallurgique donne une moyenne de 10 kilogs.

A côté de la houille, le *lignite*, à peine exploité en France où il est malheureusement considéré comme un produit inférieur, peut fournir des proportions importantes de sulfate d'ammoniaque. Contre un rendement moyen de 10 kgs de sulfate d'ammoniaque par la houille, on obtient du lignite une moyenne de 18 kgs.

Il rend aussi plus de 14 kilogs de benzol; tandis que le plus fort rendement de la houille ne dépasse pas 15 kilos.

Le lignite devrait être exploité, non comme combustible, mais comme matière première pour la production des goudrons, des sels ammoniacaux, des benzols et de la série des gaz hydrocarbonés, dont il donne de grandes quantités.

La distillation du lignite sur place serait très avantageuse pour l'industrie qui l'entreprendrait, et pour le régime économique général.

La *tourbe*, moins riche en azote, 1,5 % en moyenne, a cependant attiré déjà l'attention, sans doute en raison des grandes étendues qu'elle couvre dans certains pays. En Norvège et en Allemagne, on opère la carbonisation de la tourbe par l'électrothermie.

On recueille ainsi du coke, des goudrons, des huiles et du gaz.

Tous ces sous-produits sont ensuite traités pour en retirer les éléments commerciaux, parmi lesquels l'ammoniaque.

On opère aussi en Allemagne la distillation de la tourbe en vase clos, pour la production du gaz utilisé ensuite dans les centrales.

Certaines installations font passer ces gaz directement dans des chambres à acide sulfurique, où le sulfate d'ammoniaque est produit et déposé.

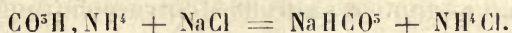
Les nouvelles méthodes de Lynn feront certainement faire de grands progrès à la distillation des lignites et tourbes et à la récupération des sous-produits de cette distillation.

On extrait aussi l'ammoniaque des *eaux-cannes* et des résidus animaux. Pour cela on produit la distillation suivant les méthodes employées pour le traitement des eaux ammoniacales.

Procédé Georges Claude.

(CHLORURE D'AMMONIUM)

On obtient depuis longtemps le carbonate de soude par la méthode Solvay, en traitant le chlorure de sodium par le carbonate d'ammoniaque. On obtient du bicarbonate de soude et du chlorure d'ammonium :



On emploie ainsi le sel gemme fourni dans les solutions pompées des mines exploitées par la méthode d'inondation.

On récupère l'ammoniaque en distillant la liqueur, après séparation du carbonate de soude et faisant passer les vapeurs dans un appareil à colonne.

Quant au liquide résiduaire, il contient des chlorures de sodium et de calcium. On l'envoie dans des bassins où on ramasse la matière précipitée qui, du reste, encombre grandement les abords des usines.

L'opération de la récupération de l'ammoniaque est coûteuse et on n'a pu trouver l'utilisation des dépôts laissés par les eaux résiduaires.

M. Georges Claude a récemment imaginé d'obtenir des sels ammoniacaux, utiles à l'agriculture, en recueillant le chlorure d'ammonium comme sous-produit de la fabrication du carbonate de soude et en faisant un engrais. Pour cela, il développe la mé-

thode Solvay, en prenant la liqueur avant l'opération de récupération de l'ammoniaque.

Il semble prendre aussi l'opération à son début, en mettant en présence l'ammoniaque et la solution de sel gemme.

Le chlore de celui-ci s'associe à la combinaison azote et hydrogène et forme un chlorure d'ammonium. La soude ainsi éliminée est carbonatée.

A chaque tonne d'azote fixé correspondraient trois tonnes de carbonate de soude.

Le chlorure d'ammonium apportera comme engrais deux éléments utiles, et l'on sait combien est apprécié, pour cette raison, le chlorure de potassium.

Il y aurait là aussi une utilisation intéressante des énormes gisements de sels gemmes, dont la consommation n'a pu jusqu'ici tirer un parti suffisant.

Dans la fabrication de la soude, on traite la solution salée par l'ammoniaque et l'acide carbonique. On obtient ainsi du bicarbonate de soude et du chlorure d'ammonium.

On régénère l'ammoniaque en l'extrayant de cette liqueur, mise pour cela en présence de la chaux. En adoptant les principes de M. Georges Claude sur l'utilisation du chlorure d'ammonium, on évitera cette régénération, et on aura ainsi un engrais de grande valeur, comme sous-produit de la fabrication de la soude.

Si cette méthode entrait en application, on éviterait la fabrication coûteuse de l'acide sulfurique employé

à produire le sulfate d'ammoniaque et qui nécessite un transport considérable de matières premières.

Le chlorure d'ammonium présenterait aussi sur le sulfate l'avantage de contenir, à poids égaux, une plus grande quantité d'azote. Le transport d'une quantité d'engrais de même efficacité serait donc beaucoup moindre.

Bien entendu, on utiliserait pour cette préparation l'ammoniaque provenant de la distillation de la houille, ou de l'une quelconque des méthodes synthétiques.

Procédé Franck et Caro.

(CYANAMIDE DE CALCIUM)

On obtient encore l'ammoniaque en décomposant la cyanamide de calcium.

Le procédé de fabrication de ce dernier produit est de découverte récente.

On connaissait la formation de l'acide cyanhydrique (C Az H) et du cyanogène, composé de carbone et d'azote. On générait le cyanogène par la combinaison de l'azote et du carbone.

Berthelot avait obtenu la synthèse de l'acide cyanhydrique en faisant agir l'arc électrique sur un mélange d'acétylène et d'azote.

On savait que le carbone et l'azote, se trouvant en présence d'une base alcaline à très haute température, se combinent directement.

Les sels correspondant à cette combinaison ont une action dissolvante énergique.

Cette propriété a été appliquée par MM. Mac Arthur et Forrest à la dissolution des particules d'or et d'argent que ne peuvent fixer le mercure, en raison de leur ténuité ou des impuretés empêchant leur amalgame.

Le minerai broyé est simplement envoyé dans une solution de cyanure, qui dissout les métaux précieux, pour les précipiter à nouveau dans des caisses contenant des copeaux de zinc.

Ce procédé est appliqué depuis 1888. L'Afrique du Sud, l'Australie et la Nouvelle-Zélande consomment des quantités considérables de cyanure de potassium, provenant presque uniquement d'Allemagne.

L'azote nécessaire à la fabrication des cyanures était obtenu, soit des matières animales carbonisées, soit des eaux ammoniacales et de l'épuration du gaz d'éclairage.

Connaissant la combinaison du carbone et de l'azote en présence d'une base alcaline et à très haute température, il fallait pouvoir produire économiquement cette température et, en même temps, il fallait trouver l'azote en quantité abondante et à bon marché.

MM. Franck et Caro ont réalisé ce problème combiné, en 1895, en utilisant le four électrique. Ils ont porté leur attention sur la fabrication du cyanure de potassium KC^2N^2 , qui était alors le produit demandé.

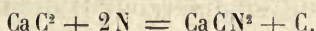
Ils eurent bientôt l'idée de se servir du carbure de

calcium pour arriver à un produit nitré, en lui faisant absorber l'azote de l'air. Le produit ainsi obtenu est la cyanamide.

A cet effet, le carbure de calcium pur est placé dans le four électrique dans lequel est envoyé un courant d'azote. Il est porté à 1200°. On forme ainsi un composé azoté de carbure et de chaux CaCN^2 .

En mélangeant du chlorure de calcium au carbure, une température de 500° est suffisante pour produire la réaction.

La réaction est représentée par la formule :



L'azote employé est obtenu au préalable en comprimant l'air dans des cornues en fer, dans lesquelles du cuivre porté au rouge absorbe l'oxygène, tandis que l'azote libéré est acheminé au four électrique, où il passe sur le carbure de calcium réduit en poudre fine.

Certaines usines obtiennent aussi l'azote en l'extrayant de l'air liquide par la méthode Linde, précédemment décrite.

On sait que le carbure de calcium s'obtient en chauffant un mélange de coke et de chaux dans le four électrique à une température de 2500°.

La cyanamide obtenue par le procédé Frank et Caro, retient jusqu'à 10% de carbure de calcium, qui la rend dangereuse à manipuler. Elle renferme aussi de la chaux très caustique. L'acétylène produit par le

carbure peut amener des explosions et la chaux attaque les tissus.

Pour obvier à ces inconvénients, on lave la cyanamide à l'eau. La chaux est ainsi neutralisée et le carbure est décomposé.

Pour remédier à son état pulvérulent, qui la rend nocive, en lui permettant, par pénétration des tissus, d'exercer une action corrosive, on la mélange à 5% de goudron ou d'huile lourde.

Une petite quantité de carbure et de chaux reste toujours mêlée à la cyanamide et suffit à faire foisonner le produit commercial. Il est nécessaire, pour conserver ou expédier celui-ci à la consommation, de le mettre dans des barils métalliques.

Fabriquée principalement dans le but de fournir aux agriculteurs un engrais azoté, la cyanamide n'a pas eu jusqu'ici leur faveur.

On se servait originairement de la cyanamide pour arriver à l'ammoniaque et au cyanure de potassium. En 1905 seulement, on eut l'idée de l'employer comme engrais direct.

Ses effets corrosifs ont exercé un effet pénible sur les mains et les organes de ceux qui en ont fait usage.

Pendant la guerre, profitant de la production élevée de carbure inemployé, tous les pays ont développé considérablement la fabrication de la cyanamide, pour fixer l'azote nécessaire à la préparation des explosifs.

La Société allemande « Cyanid gesellschaft » ayant

acquis, en 1904, la propriété des brevets Franck et Caro, vendit les brevets étrangers à la « Societa generale per la Cianamide ». C'est la raison du développement de la fabrication de la cyanamide en Italie avant la guerre.

La Société italienne vendit une licence à la « Société des produits azotés », qui installa une usine en Savoie, à Notre-Dame de Briançon, près de Moutiers, et une autre à Martigny, en Suisse. L'usine française produisait 7500 tonnes en 1915. On peut dire que la cyanamide était inconnue en France à cette époque.

Elle était plus connue en Allemagne, où on en fabriquait déjà des quantités importantes.

Au reste, en 1915, la production de cyanamide était dans les divers pays :

Allemagne.	24 000 tonnes.
Autriche-Hongrie.	7 500 —
États-Unis et Canada	48 000 —
France	7 500 —
Italie.	14 980 —
Japon.	7 000 —
Norvège.	22 110 —
Suède.	18 552 —
Suisse.	12 000 —
Total.	<u>154 442</u> tonnes.

1 kilowatt-an, utilisé dans de bonnes conditions, produit 2 tonnes de cyanamide à 20 % d'azote, soit 400 kilogrammes d'azote.

Le produit à 20 % d'azote est composé, en moyenne,

de 60 % de cyanamide pure associée à de la silice, de la chaux et du carbone.

Le produit commercial a une teneur de 15 % à 20 % d'azote, suivant sa fabrication.

Introduite dans le sol ou répandue à sa surface, la cyanamide est dissoute très rapidement par l'humidité, et l'ammoniaque est dégagé pour subir de nouvelles transformations.

Cette réaction, opérée industriellement, permet de tirer l'ammoniaque de la cyanamide et, par suite, d'arriver au sulfate d'ammoniaque et à l'acide nitrique.

Sur la cyanamide couvrant des surfaces bien exposées, on fait arriver la vapeur d'eau sous pression de 6 atmosphères. Au contact de l'eau, il y a dégagement d'ammoniaque et production de carbonate de calcium.

L'ammoniaque sous pression est évacué, et si l'on veut produire directement du sulfate, on fait barboter le gaz dans un bain d'acide sulfurique suivant la méthode ordinaire.

De la cyanamide, on arrive aussi à l'acide azotique et, par suite, aux nitrates; mais il semble que les prix de revient de ceux-ci doivent ainsi être fort élevés, du moins en France.

CHAPITRE IX

Production des composés azotés industriels.

La mise en exploitation des nitrates chiliens était venue à point pour satisfaire la grande demande d'azote, conséquence des découvertes sur la nutrition des plantes et sur les éléments nécessaires au sol devant produire ces plantes.

La consommation de ces sels naturels augmentant chaque année, certains ont voulu prédire l'épuisement rapide des gisements.

Les chimistes se sont mis à l'œuvre pour trouver d'autres produits azotés utilisables par l'agriculture, par l'industrie et pouvant être employés comme succédanés des nitrates de soude naturels.

Recherchant les diverses sources d'azote, ils ont pu l'extraire de certaines matières minérales ou végétales, ou de l'air atmosphérique, en produisant certains gaz ou certains sels dont il fait partie.

L'un de ceux-ci, le sulfate d'ammoniaque, est connu et employé depuis longtemps.

D'autres composés, produits industriellement depuis

seulement le commencement de ce siècle, étaient encore mal connus en 1915.

Cette industrie des produits azotés d'extraction, d'absorption et de synthèse a reçu une impulsion énorme depuis cette époque, par suite des besoins d'azote pour la fabrication des explosifs employés dans la guerre mondiale. L'Allemagne, principalement, a créé des installations considérables et prétend à la maîtrise du marché mondial de l'azote. Si certains pays ont pu lui ravir en partie le monopole des matières colorantes, elle cherche à le remplacer par celui de l'azote.

Non seulement la production a énormément augmenté pendant les années de la guerre, mais des usines importantes étaient en construction à la conclusion des hostilités. Elles ont été terminées, ou sont en voie d'être terminées, augmentant ainsi la capacité de production des divers pays.

Il faut tenir compte de cette capacité de production, pour connaître vraiment les quantités de produits azotés dont peuvent disposer l'agriculture et l'industrie.

Les conditions naturelles des pays sont différentes. Elles sont plus ou moins favorables à la production de certains composés azotés. L'Allemagne, l'Angleterre et l'Amérique disposant d'énormes réserves de houille et fabriquant de grandes quantités de coke métallurgique produisent en abondance le sulfate d'ammoniaque, comme sous-produit de la distillation de la houille.

Les prix de revient de ce combustible dans ces trois pays leur donne aussi un avantage. Cette même raison du prix moins élevé du charbon avantage l'Allemagne pour le prix de revient de la cyanamide produite sur son territoire.

Passant aux nitrates synthétiques, on doit constater les conditions spéciales dans lesquelles peuvent être utilisées les forces hydrauliques en Norvège et en Suède. Il en résulte un prix du kilowat bien inférieur à celui obtenu dans les autres pays, même en France où les conditions sont cependant favorables. Certaines fabrications employant le courant électrique sont donc fort avantagées dans les pays scandinaves. Si la fabrication des nitrates synthétiques y est une industrie profitable, il ne faut pas en conclure qu'elle le sera ailleurs.

La préparation du nitrure d'aluminium se fait dans les meilleures conditions en partant de la bauxite comme matière première.

Les gisements, uniques en Europe, possédés par la France, mettent celle-ci au premier rang pour la fixation de l'azote et la production simultanée de l'aluminium.

Sulfate d'ammoniaque.

En 1915, les nouveaux procédés de fixation de l'azote avaient à peine fait leurs preuves. Le sulfate d'ammo-

niaque était encore, avec les nitrates naturels, le seul gros pourvoyeur d'azote de l'agriculture et de l'industrie.

De tous les composés azotés, le plus abondamment produit est le sulfate d'ammoniaque, dont l'équivalent d'azote peut être pris à 20%.

	Production en tonnes.	Equivalent en azote en tonnes.
Allemagne	549 000	109 800
Autriche-Hongrie	35 000	7 000
Belgique	48 600	9 720
Danemark	2 800	560
Espagne	15 000	5 000
États-Unis.	176 900	55 580
France	74 500	14 900
Hollande	7 000	1 400
Italie	15 428	2 685
Japon	8 000	1 600
Portugal	2 000	400
Royaume-Uni	458 925	87 784
Australie	5 487	1 097
Canada	9 625	1 924
Russie	15 809	2 761
Suède	1 577	275
Total	1 401 447	280 286

En 1917, l'Allemagne, grâce à ses nouvelles usines, a produit 700 000 tonnes de sulfate d'ammoniaque. Les usines, pour l'application du procédé Haber, achevées en 1917 et 1918, doivent lui permettre d'augmenter encore cette production.

La « Badische Anilin u Soda » produisait, en 1912, par le procédé Haber, 55 000 tonnes de sulfate d'am-

moniaque. Elle a énormément développé l'emploi de ce procédé depuis cette époque.

En Hollande, la capacité de production est en voie d'augmentation. Par un contrat d'achat, le gouvernement a aidé la constitution d'une Société qui pourra donner annuellement l'équivalent en azote de 5 000 tonnes dans des usines en construction à Schiedam et à Dordrecht.

Les États-Unis ayant intensifié leur production ont pu produire 400 000 tonnes de sulfate d'ammoniaque en 1917. Leurs usines sont maintenant en état de donner 500 000 tonnes, c'est-à-dire près de trois fois leur production de 1915.

Le Japon a atteint 50 000 tonnes en 1917.

La France se trouve dans une situation toute spéciale, par suite de la destruction de la plupart des cokeries des départements du Nord et du Pas-de-Calais, qui donnaient 2 711 410 tonnes de coke métallurgique sur une production totale de 5 115 725 tonnes pour le pays entier.

Un nombre très limité de ces cokeries était installé en vue de la récupération des sous-produits. Il est certain qu'il en sera autrement pour les installations nouvelles. On construira des fours à récupération et on recueillera ainsi de grandes quantités d'ammoniaque, perdues jusqu'ici. La production du sulfate d'ammoniaque ou de tout autre sel ammoniacal sera ainsi augmentée.

Les cokeries de plusieurs grandes usines métallurgiques de la Lorraine recouvrée apporteront aussi leur contingent d'ammoniaque.

Par l'attribution du bassin de la Sarre, la France entre en possession de fours à coke métallurgiques produisant annuellement 2 millions de tonnes de coke.

Toutes ces cokeries de la Lorraine recouvrée et de la Sarre sont montées avec des fours à récupération. A raison de 10 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque par tonne de charbon traité, elles augmenteront d'une manière appréciable la production française.

Il est encore à souhaiter que de grandes cokeries centrales, productrices de gaz, soient créées et remplacent les usines à gaz installées d'une façon désuète.

En produisant dans ces usines à gaz du coke métallurgique, on pourra, en France, réduire considérablement le prix du gaz et, en même temps, satisfaire la très forte demande des usines métallurgiques.

Le gaspillage actuel du charbon et de ses produits dans les usines à gaz est une des causes de l'obligation où se trouve la France d'importer du coke métallurgique.

On peut aussi espérer voir se développer en France la carbonisation de la houille, qui permettra de ne plus gaspiller dans l'air, en gaz et en fumée, une série de sous-produits utiles à l'industrie chimique et inutilisés à la combustion.

De toute façon, on peut compter sur une augmen-

tation très importante de la production de sulfate d'ammoniaque en France dans les années à venir, à moins que de nouvelles méthodes n'utilisent plus avantageusement l'ammoniaque.

L'Angleterre n'a pas modifié ses installations en vue d'une production plus intensive.

La plus grande partie de la très forte production actuelle du Royaume-Uni provient des usines à gaz existant dans les moindres petites villes. On n'y pratique pas la carbonisation de la houille, et le gaspillage de celle-ci y est énorme, sans doute en raison des réserves que l'on pense inépuisables.

La fabrication du coke métallurgique est réalisée encore dans des fours d'ancien modèle, laissant perdre les sous-produits. Le nombre des fours à récupération est très limité.

Par suite de l'augmentation du prix de la houille, par suite aussi du développement de l'industrie métallurgique qui va se produire, le Royaume-Uni produira plus de coke. Les nouvelles cokeries seront montées certainement avec des fours à récupération. Le Royaume-Uni fournira ainsi de plus grandes quantités de sulfate d'ammoniaque.

En résumé, dès maintenant, la capacité de production mondiale en sulfate d'ammoniaque est passée à près de deux millions de tonnes, équivalant à 400 000 tonnes d'azote, et passera éventuellement à un chiffre plus élevé.

Nitrate synthétique.

Par l'acide azotique, obtenu en appliquant les procédés indiqués plus haut, on arrive aux nitrates de synthèse. Cette fabrication, commencée en Norvège avec l'appui des Sociétés allemandes, est entre les mains de Sociétés norvégiennes, dans lesquelles les intérêts allemands ont été achetés, plusieurs années avant la guerre, par des capitalistes français.

En 1915, les nitrates synthétiques étaient encore produits en petite quantité. La teneur moyenne en azote du nitrate de chaux livré au commerce est de 15 %.

La Norvège seule possédait des usines fonctionnant industriellement, et celles-ci ont donné 75 214 tonnes au cours de cette année. Ces usines utilisaient à Notødden une force de 200 000 chevaux. Les demandes pour les explosifs ont motivé un développement important de ces usines. En 1918 elles donnaient déjà 90 000 tonnes, et en 1919 leur capacité de production atteint 120 000 tonnes.

A son tour la Suède a porté son activité vers la fabrication des nitrates.

En Allemagne, aucune usine n'existait en 1915. Pendant la guerre, et pour satisfaire aux besoins des fabriques d'explosifs, plusieurs usines ont été installées, avec l'appui financier du gouvernement fédéral, et

produisent l'acide azotique et les nitrates. A Ludwigshafen, la « Badische Anilin u. Soda » a entrepris la fabrication des nitrates, en appliquant un nouveau procédé, modification de celui Birkeland Eyde.

La « Salpêtrer Industrie Gesellschaft » à Gelsenkirchen exploite le procédé Pauling.

Le procédé Ostwald semble avoir été le plus employé. Une usine très importante a été montée à Schleebusch par la « Société de dynamite Nobel ». La « Badische Anilin u. Soda » exploite aussi ce procédé, ainsi que la Société Baeyer, à Elberfeld.

Avec ces nouvelles installations, l'Allemagne est assurée d'une grosse production de nitrate synthétique.

Aux États-Unis, la première usine de fabrication de nitrates a été montée en 1918 à Toledo par la « Air Nitrate Co ».

En France, la Norvégienne de l'Azote a créé une fabrique de nitrates à Pierrefitte, dans les Hautes-Pyrénées, et l'a cédée depuis à une filiale, la « Société Française de l'Azote », disposant d'une force hydraulique de 52000 HP.

Ainsi, la capacité de production et les possibilités de fabrication des nitrates de synthèse sont en voie de développement.

Il convient de faire remarquer la consommation considérable d'énergie électrique nécessaire pour arriver aux nitrates par le procédé Birkeland Eyde ou

par ses modifications. Là seulement, où cette énergie peut être obtenue dans des conditions exceptionnelles de bon marché, on pourra employer ces procédés.

Cyanamide.

La cyanamide était encore peu connue en 1915. La France en fabriquait seulement 7500 tonnes et les agriculteurs français n'en avaient pas encore fait usage. En Allemagne, la production était plus importante, mais par suite des inconvénients signalés plus haut, les agriculteurs ne l'appréciaient pas.

	Production en tonnes.	Equivalent en azote en tonnes.
Allemagne	24 000	4 520
Autriche-Hongrie.	7 500	1 550
États-Unis et Canada	48 000	8 640
France	7 500	1 550
Italie.	14 980	2 696
Japon	7 000	1 260
Norvège	22 110	3 979
Suède	18 552	3 505
Suisse	12 000	2 160
Total.	154 442	29 060

Les 29 000 tonnes d'azote, fournies par la cyanamide en 1915, étaient bien peu de chose, à côté des 400 000 tonnes apportées à la consommation par les nitrates du Chili et des 280 000 tonnes données par le sulfate d'ammoniaque.

Par suite du blocus pour certains pays, ou de la

guerre sous-marine pour d'autres, il y a eu, pendant les années de guerre, impossibilité pour les uns et difficulté pour les autres à assurer leur ravitaillement en nitrates du Chili. L'existence de fabriques de carbure importantes en France, en Allemagne et aux États-Unis, et en même temps la rapidité avec laquelle pouvait être montée une usine de cyanamide, ont décidé l'extension de la fabrication de ce produit. La nécessité absolue d'obtenir l'azote industriellement n'a même pas donné le temps de rechercher la méthode la plus économique. Tous les procédés de fabrication de composés azotés ont été appliqués en même temps.

Il en est résulté un grand développement de la fabrication de la cyanamide et la construction de nombreuses usines. Certaines usines étaient seulement en voie de construction à la conclusion des hostilités. La capacité de production a donc augmenté dans de très grandes proportions. L'Allemagne était arrivée au chiffre de 400 000 tonnes de cyanamide en 1917, et ses usines peuvent maintenant en fournir 600 000 tonnes.

La Norvège a porté la capacité de ses usines à 200 000 tonnes et la Suisse à 65 000 tonnes.

La France pouvant utiliser la production considérable des fabriques de carbure de calcium a aménagé des forces hydrauliques dans les Alpes et les Pyrénées, en vue d'augmenter ses ressources en cyanamide. Sa capacité de production est ainsi passée de 7500 à 260 000 tonnes.

La capacité de production des usines de carbure de calcium est de 400 000 à 450 000 tonnes. La métallurgie et l'éclairage en emploient 50 000 tonnes. La matière première pourrait ainsi produire 600 000 tonnes de cyanamide, à moins que le carbure puisse être employé plus avantageusement à la fabrication de l'alcool ou d'autres produits.

Par la construction de nouvelles usines, la capacité mondiale de la production de cyanamide est passée à 1 117 000 tonnes, équivalant à environ 257 000 tonnes d'azote.

CHAPITRE X

Répartition de la consommation des produits azotés.

Jusqu'ici, l'industrie et l'agriculture semblent avoir employé les produits azotés de fabrication comme un appoint aux nitrates naturels. Le sulfate d'ammoniaque seul était entré largement dans la consommation et on le réservait à certains usages spéciaux. Il était du reste obtenu surtout comme sous-produit de certaines fabrications. Les procédés nouveaux de fabrication de l'acide nitrique et de l'ammoniaque étaient encore, en 1915, dans la période expérimentale, et la consommation était ainsi obligée de se suffire avec les nitrates naturels et le sulfate d'ammoniaque. Elle se répartissait comme suit en tonnes :

	Nitrate Chilien.	Sulfate ammoniaque.	Nitrate de potasse des Indes.
Allemagne.	746 791	460 000	»
Autriche-Hongrie	92 722	40 000	»
Belgique.	164 145	49 000	»
Espagne.	15 000	82 000	»
Egypte	56 474	»	»
États-Unis	650 256	258 000	2 587

	Nitrate Chilien.	Sulfate ammoniaque.	Nitrate de potasse des Indes.
France	516 847	99 000	»
Hollande	85 000	20 000	»
Italie	67 568	55 000	»
Japon	26 786	25 20	»
Royaume-Uni . . .	145 187	110 000	2 867
Australie	2 877	»	»
Canada	56 406	»	»
Ceylan	»	»	2 226
Scandinavie	10 000	12 000	»
Chine	»	»	4 095

Quant aux nouveaux composés de fabrication, la consommation en 1915 se bornait pour la cyanamide à 50 000 tonnes en Allemagne et 75 000 tonnes dans les autres pays.

L'Allemagne consommait aussi 55 000 tonnes de nitrate synthétique de Norvège, et les autres pays environ 15 000 tonnes, comprenant 5000 tonnes absorbées en Norvège même.

Cette consommation correspondait pour les divers pays et pour chaque produit azoté à des quantités d'azote pur, qu'il faut connaître.

AZOTE PUR EN TONNES CONTENU

	dans nitrate Chilien.	dans sulfate d'ammoniaque.	dans nitrate de potasse.
Allemagne	112 018	92 000	»
Autriche-Hongrie .	14 108	8 003	»
Belgique	54 621	9 800	»
Espagne	2 250	16 000	»
Egypte	8 471	»	»
États-Unis	94 558	51 600	»

AZOTE PUR EN TONNES CONTENU

	dans nitrate Chilien.	dans sulfate d'ammoniaque.	dans nitrate de potasse.
France	47 527	19 800	»
Hollande.	12 450	4 000	»
Italie.	10 105	6 600	»
Japon.	4 017	25 200	»
Royaume-Uni . . .	21 478	22 000	»
Australie	451	»	»
Canada	5 460	»	»
Ceylan	»	»	»
Scandinavie . . .	»	»	»
Chine.	»	»	»

A ces quantités d'azote consommé, il convient d'ajouter 18 900 tonnes, équivalent pour la cyanamide, et 6500 tonnes pour les nitrates synthétiques.

Pendant la période 1914 à 1919, la consommation de nitrate du Chili aux États-Unis a été en augmentant, pour atteindre en 1918 environ le triple de celle de 1915. C'était une consommation de guerre répondant aux nécessités de la fabrication des explosifs.

On ne peut établir aucune base pour la consommation des produits azotés, en partant des chiffres de la période 1914 à 1919.

Toutefois, le développement de la fabrication des succédanés des nitrates a appelé l'attention sur la possibilité, pour certains pays, de s'affranchir de l'importation des nitrates chiliens. L'Allemagne, grâce à ses nouvelles usines, peut fixer une quantité d'azote supérieure à celle que lui fournissait en 1915 le nitrate importé du Chili.

Cette importation sera très certainement réduite.

En France, on paraît aussi avoir le désir de la réduire en raison de sa contre-partie en exportations d'or considérables.

La tendance des divers pays est de trouver ou produire chez eux les composés azotés.

La France dispose de forces hydrauliques atteignant, en eaux moyennes, dix millions de chevaux, dont 1500 000 seulement sont actuellement mis au service de l'industrie, par des travaux anciens ou tout à fait récents. L'électro-chimie n'emploie qu'une très petite proportion de cette force, mais elle peut espérer dans l'avenir se développer, grâce aux énormes réserves restant encore à mettre en valeur.

Le gouvernement fédéral allemand vient de réussir à former le « Syndicat de l'Azote ». Les Sociétés productrices étant moins nombreuses, l'organisation était plus facile que pour le Syndicat de la Potasse. Le principe de l'organisation n'est pas le même, car elle est réellement un comptoir de vente. L'association commerciale ainsi constituée est sous le contrôle du gouvernement fédéral, qui a souscrit un tiers du capital et nommé le président. Les Sociétés de produits azotés ont fait le reste du capital, chacune en proportion de sa production.

Le Conseil du Comptoir fixera les prix de vente et les quantités pour chaque Société.

Il est intéressant de constater, que la proportion

attribuée à la « Badische Anilin u soda », dans le capital et dans la vente, est 42 %.

La double question de la main-d'œuvre et du charbon domine à l'heure présente les problèmes industriels.

Dans tous les pays il convient d'économiser le plus possible la première.

Quant au second, son prix est élevé dans certains pays comme la France, la Suisse et l'Italie.

Ces pays disposent de forces hydrauliques importantes pouvant générer le courant électrique. Toutefois, ils ne peuvent atteindre les bas prix de l'unité obtenus en Suède et en Norvège, où le prix de revient du cheval est de 10 francs, tandis que dans les autres pays il est de 100 francs.

En raison des progrès constants et des procédés nouveaux imaginés chaque année, on ne peut déterminer, mathématiquement et une fois pour toutes, les genres de fabrications convenant économiquement à chaque pays voulant se procurer l'azote par fixation industrielle.

Les procédés à l'arc ne demandant pas de combustible, mais nécessitant des consommations considérables de courant électrique, semblent convenir aux pays scandinaves, où l'aménagement peu coûteux des forces hydrauliques a comme conséquence des prix peu élevés de l'unité électrique.

La France possède des ressources considérables en

forces hydrauliques, dix millions de chevaux environ, mais les conditions dans lesquelles se présentent les chutes nécessitent d'énormes capitaux pour leur aménagement.

Le résultat est un prix de l'unité électrique beaucoup plus élevé que dans les pays scandinaves. Les procédés à l'arc n'y sont pas tous applicables dans des conditions économiques favorables.

En Suisse, par exemple, le professeur Guze estime que la fabrication de 5000 tonnes de nitrate synthétique exigerait 20 000 kilowats; on utiliserait ainsi une très petite partie des deux millions de chevaux que peuvent fournir les forces hydrauliques.

En France, comme en Suisse, et dans tous les pays peu riches en combustibles, la fabrication de la cyanamide consomme des quantités de charbon qui semblent trop importantes. Il faut, en effet, obtenir d'abord le carbure de calcium, or, la fabrication de la quantité nécessaire pour produire une tonne d'azote nécessite 7 tonnes de coke. Si l'on veut opérer la transformation de la cyanamide, il faut de nouvelles quantités de combustibles.

L'union directe de l'azote et de l'hydrogène par le procédé Haber demande 1,55 de coke ordinaire pour la fabrication du gaz à l'eau, nécessaire à la fixation d'une tonne d'azote. Il faut aussi produire la chaleur nécessaire pour amener ce coke au rouge.

mais cette opération peut être produite par l'action électrique.

Dans le procédé par le nitrure d'aluminium, on consomme seulement une petite quantité de charbon, introduite en mélange dans le four électrique.

Comme point de départ de la meilleure utilisation de la force nécessaire à la production de l'azote, on peut prendre les chiffres correspondant à la production de l'azote par chacun des procédés.

Des résultats obtenus, on semble pouvoir conclure que pour produire une tonne d'azote, il faut employer par les procédés :

Nitrates synthétiques	9	H P.
Cyanamide 15 %	4	—
Nitrure d'aluminium	1,80	—
Haber	0,52	—

Les grands besoins de la guerre ont amené de grands perfectionnements dans les méthodes de production des composés azotés, et de nouveaux procédés ont aussi été imaginés. Mais il fallait produire en grandes quantités et très vite. Le côté économique de la question a donc été négligé et on a produit de l'acide nitrique à n'importe quel prix.

Aujourd'hui encore, on ne peut fixer avec certitude le procédé le plus économique pour chaque pays.

En recherchant ce procédé, on ne doit pas perdre de vue, que l'effort et les recherches du temps de

guerre avaient pour but d'obtenir des composés azotés utilisables pour la fabrication des explosifs.

Le problème actuel est entièrement différent. Il faut obtenir des composés facilement et pratiquement assimilables comme engrais. Il faut pouvoir les manipuler et les transporter sans inconvénient ni danger.

DEUXIÈME PARTIE

ACIDE PHOSPHORIQUE ET PHOSPHATES

CHAPITRE PREMIER

L'acide phosphorique dans la nature.

L'acide phosphorique, dans les phosphates, existe dans la nature comme partie des roches primitives et des roches volcaniques d'époques plus récentes.

Le phosphate tribasique de chaux PO_4Ca^2 se trouve fréquemment dans les roches ignées et métamorphiques en cristaux du système hexagonal.

L'analyse générale de la masse fait aussi constater sa présence.

Les granites et les schistes d'une part; les laves anciennes et modernes d'une autre, contiennent de 0,25 à 1 % de phosphate de chaux.

Les éléments de ces phosphates, ainsi contenus dans

les roches d'origine éruptive, sont venus de l'intérieur du globe avec la matière en fusion qui, par refroidissement, a constitué les roches.

Ces faits, permettent d'attribuer au magma interne l'origine de l'acide phosphorique et des phosphates rencontrés dans la nature.

Les matières désagrégées des roches éruptives ont, en effet, constitué les roches sédimentaires, qui ont elles-mêmes fourni aux végétaux l'acide phosphorique de leurs tissus.

Les eaux ont aussi dissout certaines quantités d'éléments phosphorés.

Par les végétaux et les eaux, ces éléments se reproduisent dans les corps des animaux et contribuent en grande partie à leur constitution, principalement pour les os.

L'acide phosphorique se trouve ainsi faire partie de nombreux composés minéraux.

Il est aussi un des constituants des tissus végétaux comme de la charpente et des tissus animaux.

L'analyse a donné à Berthier 7,20% de phosphate de chaux dans les cendres de bois de pin maritime. Les cendres de luzerne lui ont donné 9,10%.

Les os laissent en moyenne 68 % de leur poids en cendres, et ces cendres elles-mêmes contiennent en moyenne 60% de phosphate de chaux et 1,5% de phosphate de magnésie.

Les phosphates existant ainsi dans les végétaux et

les animaux sont indispensables à leur existence. S'ils pouvaient toujours être récupérés, on serait à même d'obtenir des débris végétaux et animaux les quantités nécessaires à la croissance et à la vitalité des individus nouveaux. Ce cycle est malheureusement impossible et les pertes sont trop importantes.

Les composés minéraux peuvent heureusement fournir l'acide phosphorique nécessaire pour remplacer les quantités disparues.

CHAPITRE II

Emploi des phosphates naturels et des composés de l'acide phosphorique.

L'acide phosphorique est nécessaire à la constitution des tissus végétaux. Il entre dans la composition des os des animaux et aussi de leurs tissus. Les animaux l'absorbent dans ses composés, soit dans l'eau, soit dans les végétaux. La viande et le poisson le renferment donc aussi.

Dans le cours ordinaire de la vie végétale et animale. l'origine de cet acide phosphorique est dans le sol, où vont le puiser les racines des plantes, pour le faire passer dans leur tige, et de là dans le corps des animaux vivant de ces plantes.

Parmi les éléments constitutifs des plantes. puisés par elles dans le sol, l'acide phosphorique disparaît presque totalement et les fumiers n'en restituent qu'une très minime partie. Par les cultures prolongées l'épuisement de l'acide phosphorique se produit.

L'effet d'un apport au sol d'acide phosphorique dans une quelconque de ses combinaisons a été la meilleure preuve de ce fait.

On a employé depuis longtemps les vidanges, les os et le noir animal, par exemple, avec des résultats faciles à constater par l'abondance des récoltes.

Les ressources de ces produits étaient limitées, et ne pouvaient fournir des quantités suffisantes pour la grande culture.

Dans la première moitié du xix^e siècle, les guanos de la côte du Pacifique Sud purent fournir à l'Europe de l'acide phosphorique en combinaison. Toutefois, on reconnaissait immédiatement l'efficacité peu durable présentée par l'application de ce produit.

Entre temps, dans certaines régions où existaient des dépôts de phosphate, des agriculteurs employaient sur une petite échelle ce produit, dont l'expérience leur avait montré l'utilité. Un concassage, et parfois un pilonnage de la matière, leur suffisait.

Peu à peu, les découvertes de gisements, en France et en Belgique, ont développé l'emploi de ces phosphates minéraux. On les réduisait en poudre, et ils étaient ainsi plus assimilables. Au contact de l'acide carbonique contenu dans les précipitations atmosphériques, l'acide phosphorique était rendu libre, et pouvait être absorbé par les plantes.

Cette réaction, très simple, était longue cependant à s'opérer. Les eaux de pluie contiennent seulement un petit nombre de milligrammes d'acide carbonique par litre.

Pour libérer des quantités appréciables d'acide phos-

phorique, il fallait donc une durée d'action très étendue.

L'effet sur les plantes se répartissait sur un temps très long, et les agriculteurs, dès la première récolte, auraient voulu profiter du capital employé à l'achat du phosphate. Il fallait trouver un moyen de rendre rapidement assimilable l'acide phosphorique de ces phosphates.

La totalité de l'acide phosphorique n'était, en fait, pas assimilable. Le double problème consistait à rendre soluble la plus grande partie possible de l'acide phosphorique, et à la rendre rapidement soluble. Pour résoudre ce problème, les travaux de Liebig et de Schlœsing ont conduit à lui combiner l'acide sulfurique. On a créé ainsi un produit appelé superphosphate, dans lequel le phosphate de chaux est mélangé au sulfate.

La fabrication de ce sulfate phosphaté remonte à 1860.

Des essais permettent de déterminer la quantité d'acide sulfurique, convenant au phosphate à traiter.

Quant à la teneur du produit en acide phosphorique, elle dépend naturellement de la teneur du phosphate traité.

Le malaxage du mélange de 100 kilogrammes de minerai phosphaté et de 90 à 95 kilogrammes d'acide sulfurique à 55° donne 175 à 180 kilogrammes de superphosphate.

Par le mélange des phosphates avant l'opération, ou par le mélange des superphosphates, on obtient les superphosphates des divers titres demandés par l'agriculture.

On a ainsi créé, dans le commerce, des types de superphosphates dont la teneur en acide phosphorique soluble varie de 12 % à 20 %.

La fabrication est extrêmement simple. Le phosphate concassé est broyé et réduit en poudre. Pour que le phosphate soit attaqué uniformément par l'acide sulfurique, et pour régler l'opération d'une façon précise, il convient que les grains soient de dimension uniforme.

La poudre de phosphate est envoyée dans un cylindre en fonte, dans lequel se trouve un axe en métal, animé d'un mouvement tournant, et sur lequel sont fixées des palettes. L'acide sulfurique est envoyé en même temps dans ce cylindre.

Les proportions du mélange sont réglées, pour chaque élément, par des distributeurs.

Le superphosphate ainsi produit est séché dans des chambres par un courant d'air, ou dans un cylindre animé d'un mouvement de rotation et réchauffé par les gaz.

Le superphosphate est alors soumis à un broyage et tamisage, et l'on règle son titre souvent par l'addition de matière inerte.

CHAPITRE III

Phosphates minéraux.

On trouve de l'acide phosphorique en combinaison dans les roches de toutes les époques géologiques.

Les phosphates se trouvent en dépôts concrétionnés dans les formations géologiques primitives et sédimentaires.

Dans des conditions un peu différentes, ils appartiennent à l'époque quaternaire.

Enfin, ils constituent de puissantes couches sédimentaires.

Phosphates cristallisés et concrétionnés.

Au milieu des roches cristallines, on reconnaît parfois des petits amas de cristaux jaunes ou roses, quelquefois vert d'eau, du système hexagonal et rayables à l'acier. Ces cristaux sont un phosphate de chaux, associé avec 5 à 8 % de fluorure de calcium ou de chlorofluorure de calcium.

Ces cristaux sont de l'*Apatite*.

En supposant la roche contenir seulement le fluorure, sa formule serait : $\text{Ca}^5\text{P}^5\text{O}^{12}\text{Fl}$.

Il semble bien, comme l'a récemment énoncé M. Armand Gautier, que le fluor est dans la nature intimement associé au phosphore. Les deux éléments se comportent de la même façon, et en donnant du fluor au sol, on en constaté l'assimilation par les plantes.

L'apport au sol du fluorure de calcium favorise grandement la végétation de nombreuses plantes.

Parfois, comme pour certains gîtes d'Espagne, l'apatite a rempli des fissures, non seulement dans les roches cristallines, mais aussi dans les roches sédimentaires.

Ailleurs, on la trouve dans des cavités qui semblent être des expansions de fissures.

Ces gisements n'ont pas une réelle valeur industrielle, en raison des quantités peu considérables de minerai qu'ils peuvent fournir. Par contre, la richesse de ce minerai est remarquable. Il contient jusqu'à 90 % de phosphate tribasique dans les gisements connus de Norvège. En général, la teneur en phosphate est d'au moins 60 %.

On peut attribuer la formation de ces dépôts cristallisés à la précipitation des matières contenues dans les eaux d'infiltration.

Les eaux des précipitations atmosphériques, venant au contact des matières végétales, animales et minérales du sol et du sous-sol, dissolvent constamment une certaine quantité de phosphate, par suite

des réactions dues à l'acide carbonique qu'elles contiennent. Ces eaux, suintant à travers les couches de la croûte terrestre, et arrivant à des fissures ou à des cavités, y déposent le phosphate, le fluorure et le chlorure de calcium, qui constituent là une formation filonienne. En effet, l'acide carbonique se dégage de nouveau rendant libre le phosphate.

Ces dépôts, d'une très faible teneur en fluor ou chlore, se présentent sous des formes mamelonnées. Ils sont pour ainsi dire constitués de séries de couches concentriques.

Ce sont des *phosphorites*.

Les couches, ou plutôt les veines, de ces rognons sont de teintes bleutées ou grisâtres, parfois noirâtres, avec des reflets cristallins.

Cette roche contient du calcium, de l'acide phosphorique et de l'acide carbonique, qui entrent pour environ 86% dans sa composition.

Elle contient, en outre, du fluor, du chlore, de l'oxyde de fer et de l'alumine.

La teneur en fluor et en chlore dans les phosphorites est beaucoup moindre que dans les apatites.

Parfois, on y rencontre seulement des traces de ces corps. Elles renferment aussi de l'iode.

De tels gîtes de phosphorite existent en France, dans les départements de l'Aveyron, du Gard, du Tarn-et-Garonne. Les concrétions s'y trouvent dans des crevasses, des poches ou des grottes, au milieu des cal-

caires. Leur formation est due à des dépôts concentriques autour d'une matière carbonatée.

L'apport de phosphate provient des eaux d'infiltration, qui ont laissé dégager leur acide carbonique, en suintant sur les parois des fissures ou des cavités, ou en tombant sur le sol de la grotte.

La nature des débris fossiles associés à ces dépôts a fait attribuer l'origine des phosphorites du Languedoc à la période oligocène.

Elles ont été formées ailleurs à d'autres époques géologiques. On les trouve toujours au milieu, ou à proximité de terrains calcaires.

Dans ces terrains, les eaux ont puisé les éléments des dépôts concrétionnés.

À l'époque quaternaire, les dépôts phosphatés se sont faits distinctement en association avec les débris de la vie animale. Dans des grottes ou cavités des terrains d'époques antérieures, on trouve ces dépôts conjointement avec les ossements d'animaux appartenant à l'époque quaternaire. Ces ossements sont aussi les noyaux sur lesquels se sont effectués les dépôts.

Les gîtes de Villeneuve-les-Avignon sont de cet ordre.

Les dépôts contiennent, en moyenne, 56 % d'acide phosphorique et 5,25 % de fluor.

Les dépôts phosphatés quaternaires n'ont pas été produits partout dans les mêmes conditions.

Dans certaines cavernes, des troupes d'animaux ont trouvé refuge. Il s'est produit une accumulation de

leurs ossements, dont la décomposition, sous l'influence des eaux acides, a fourni des matières phosphatées parfois assez menues, parfois à l'état concrétionné.

La vie animale était alors intense, et ces accumulations d'ossements ont pu être constatées en France même, dans l'Hérault et le Gard, par exemple. Les ossements, et les produits de leur décomposition, y sont mélangés avec des cailloux roulés, restés là comme témoins de l'invasion par les eaux diluviennes, qui, à diverses reprises, ont transformé la surface terrestre pendant l'époque quaternaire.

Dans certaines régions, ces cimetières n'existent pas seulement dans des cavernes. Dans les régions arctiques, on trouve, par exemple, en Sibérie, des accumulations d'ossements sur des plateaux ou des hauteurs, et couvrant souvent des étendues considérables.

A l'époque quaternaire, les diverses espèces de mastodontes occupaient ces régions par troupes énormes. Les bouleversements, dus aux phénomènes météorologiques, les ont forcés à se concentrer dans des points où ils ont cru pouvoir échapper. Les ossements de ces gigantesques cimetières ont immédiatement commencé à subir l'action des eaux. Ceux dont la décomposition ne s'est pas encore produite continuent à se transformer de nos jours par les réactions des acides.

Là aussi, les matières phosphatées, les ossements et les galets se trouvent mélangés.

Soit dans les cavernes, soit à la surface, les osse-

ments ont été ainsi transformés par le contact des eaux diluviennes acides ou déjà chargées de phosphates. Il est d'autres cas où, dans les cavernes, les eaux de suintement ont seules opéré la réaction chimique.

Traversant des terrains calcaires, et y trouvant aussi des éléments phosphatés, elles sont arrivées à travers les assises géologiques jusqu'aux cavernes. L'acide carbonique, contenu dans les eaux, a permis à celles-ci de déposer le phosphate dissous sur une matière contenant elle-même du phosphate.

Ces ossements sont aussi un noyau sur lequel se déposent d'autres éléments tels que la silice, qui constitue alors des fossiles, et différents sels de calcium.

Dans certains de ces dépôts, comme ceux de la grotte de Fouzan, dans l'Hérault, les eaux ont également produit une précipitation d'alumine, en mélange avec les phosphates.

Tous ces dépôts phosphatés contiennent du fer en combinaison, et leurs teintes diverses sont dues à des sels ferreux.

Ainsi la vivianite, phosphate de fer hydraté, donne des teintes bleues aux veines concentriques des concrétions.

Roches phosphatées sédimentaires.

Les dépôts de phosphates les plus importants sont ceux faisant partie des formations sédimentaires de

diverses époques géologiques. Ils fournissent à l'agriculture et à l'industrie à peu près la totalité de l'acide phosphorique recherché par elles.

Quelle est l'origine de l'acide phosphorique en combinaison dans les dépôts sédimentaires ?

La plupart des géologues l'ont attribué aux eaux des mers dans lesquelles se sont formés ces dépôts. Peu d'entre eux se sont préoccupés d'indiquer d'où il était venu dans ces eaux.

L'apatite ($3\text{Ca}^3\text{PO}_4 + \text{CaF}_2$) existe dans les roches primitives en cristaux du système hexagonal, et aussi dans les roches métamorphiques.

La vivianite ($\text{Fe}^3\text{P}^2\text{V}^8\text{84}^2\text{V}$) se trouve aussi dans certaines formations métallifères.

Le magma interne a donc apporté les éléments phosphorés dans les roches terrestres.

L'eau de pluie pénètre toutes les roches, et son pouvoir dissolvant sur tous les éléments minéraux a été prouvé par des expériences et des constatations relevées dans la nature.

L'action chimique des eaux, pénétrant et attaquant les roches, leur a permis de prendre en solution l'acide phosphorique des roches phosphatées.

Les eaux parvenant aux mers ont fait de celles-ci des réservoirs d'acide phosphorique.

Les organismes animaux y ont puisé, à toutes les époques géologiques, les éléments qui les constituent.

De même, en déposant les couches sédimentaires,

ces eaux y ont introduit des éléments phosphatés, qui passent dans les plantes à la suite de la décomposition de ces roches.

Les grands dépôts de phosphate doivent à la mer l'origine de leur acide phosphorique, et celui-ci, avant de former les strates phosphatées, a déjà passé par des plantes, des animaux ou des diatomées.

Dans les eaux, les éléments phosphatés sont à une trop petite dose pour pouvoï former eux-mêmes des dépôts phosphatés, mais les animaux, les plantes et d'autres organismes effectuent dans leurs ossements ou leurs tissus une concentration de ces éléments.

C'est ensuite à l'accumulation des débris et aux réactions, de nouveau opérées sur ceux-ci par les eaux, que l'on doit les dépôts phosphatés exploitables.

Les conditions dans lesquelles on rencontre ces dépôts, et celles dans lesquelles ils ont été effectués, varient beaucoup. L'étude individuelle peut seule les déterminer.

Les gisements les plus importants sont ceux de la Somme, du Hainaut, d'Algérie-Tunisie, de Russie, des îles du Pacifique, des États-Unis.

CHAPITRE IV

Description des gisements phosphatés exploités.

Gisements de France et de Belgique.

Les principaux gisements connus et exploités en France se trouvent dans les départements de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, dans le bassin de la rivière la Somme. Leur découverte date de 1886.

Ils sont constitués par des sables verdâtres intercalés dans la craie du Sennonien. Ces sables phosphatés forment des amas au milieu de la craie, constituée elle-même en partie par des débris de la vie animale, dont elle s'est assimilé le phosphate. Un travail lent des eaux a dissous et entraîné l'acide phosphorique vers des poches, où il s'est accumulé, en combinaison avec le calcium provenant de la désagrégation des roches crayeuses.

La nature produit ainsi des sables enrichis, dont la teneur en phosphate atteint 60%, 70%, et jusqu'à 80%. Ils contiennent aussi une forte proportion de fluorure de calcium (CaF_2), variant de 5% à 7%.

La proportion de carbonate de chaux Ca Co^3 est très variable, 5 à 15 %.

Les sables contiennent aussi $\text{Fe}^2 \text{O}^3$, qui leur donne une couleur grise et quelquefois noire.

En analysant un échantillon de ces sables M. Carnot a trouvé :

$\text{Ca}^2 \text{P}^2 \text{O}^8$	62,06
Ca Fl^2	6,16
Ca Co^3	7,68
Mg Co^3	1,55
$\Delta \text{E}^2 \text{O}^3 \text{Fe}^2 \text{O}^3$	6,41
SiO^2	9,75

La craie, constituant la roche sédimentaire en place, a fourni le phosphate aux sables contenus dans les crevasses et les poches. Elle est donc elle-même phosphatée. Elle ne l'est pourtant pas dans toute son étendue.

La craie Sénonienne couvre bien toute cette région du bassin de la Somme et de l'Oise, mais elle est phosphatée seulement dans certaines zones formant de petits bassins. Dans ceux-ci, les éléments phosphatés ont trouvé des conditions favorables pour s'accumuler et se combiner à la craie, à l'époque où elle était déposée par les eaux.

Les coquillages mélangés à la masse, et sur lesquels s'est aussi précipité le phosphate, sont d'origine marine. Les protozoaires, oursins, écailles de poissons sont en abondance, à côté de nombreux débris de la vie animale.

La teneur moyenne de ces craies en acide phosphorique est de 15 % à 25 %,

Les sables sont plus riches en acide phosphorique.

En Belgique, les gisements de craie phosphatée se rencontrent dans le Hainaut, aux environs de Mons, particulièrement à Ciply. Les couches phosphatées d'une puissance moyenne de 8 mètres sont exploitées depuis 1876. Elles sont formées de craie, qui serait la gangue dans laquelle se trouvent des grains de phosphate de chaux colorés en brun par l'oxyde de fer. La proportion de ces grains est assez importante pour donner à toute la masse un aspect brunâtre.

La teneur de la masse est 50 % de phosphate de chaux.

Dans la craie, on trouve des poches contenant du sable phosphaté très riche, comme dans les gîtes de la Somme.

Ces gisements semblent appartenir au Campanian.

Le phosphate se rencontre du reste à une faible teneur, qui descend presque à de simples traces dans un grand nombre de roches de cette région du Hainaut.

Gisements de l'Afrique du Nord.

L'époque Eocène a vu se déposer les couches de marnes et de calcaires phosphatés de l'Afrique du Nord.

Elles appartiennent presque uniformément à l'étage Suessonien.

Leur puissance varie de 1 mètre à 5 mètres, et elles sont recouvertes par d'autres couches calcaires. Les couches phosphatées riches semblent être toujours recouvertes de calcaires contenant de grandes quantités de nummulites. Celles-ci constituent souvent jusqu'à 90% de la roche.

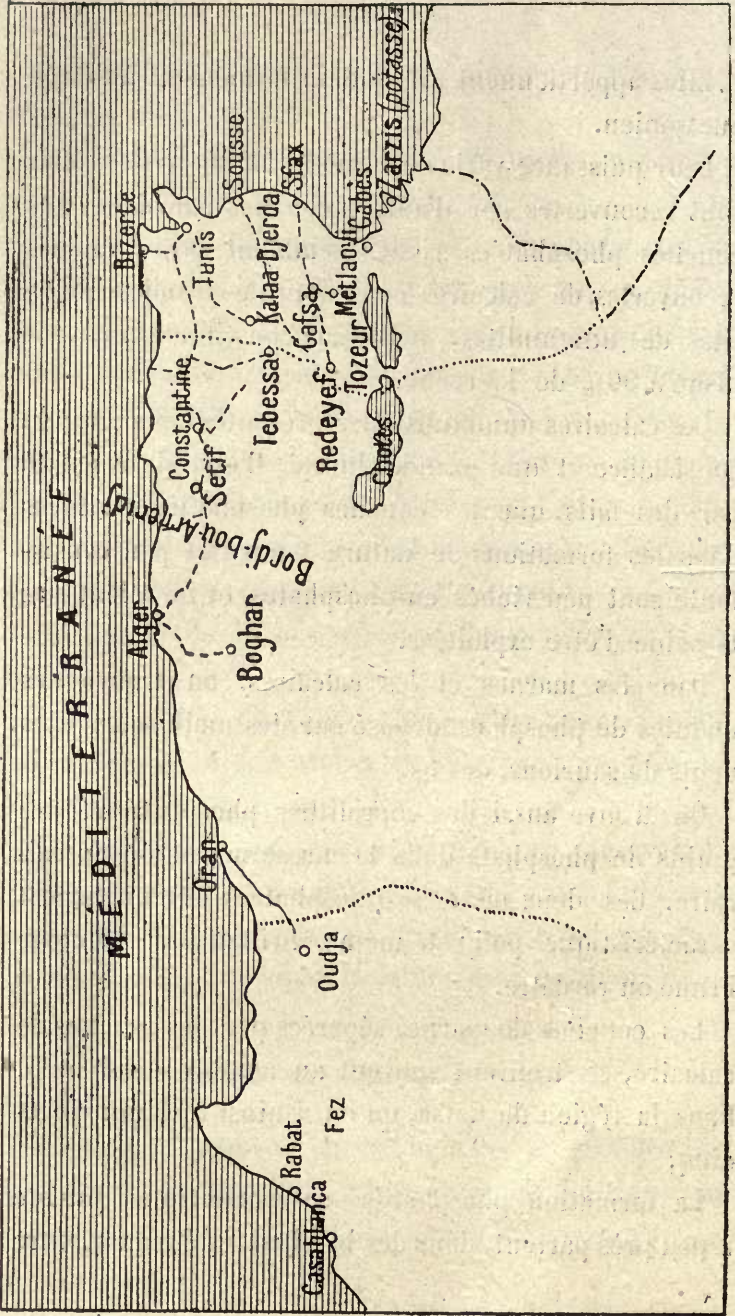
Ces calcaires nummulitiques présentent une grande consistance et une grande dureté. Il semble constaté par des faits, que les couches phosphatières situées dans les formations de nature tendre et peu consistante sont peu riches en phosphates, et ne valent pas la peine d'être exploitées.

Dans les marnes et les calcaires, on trouve des nodules de phosphate déposé sur des mollusques, des dents de sauriens, des os.

On trouve aussi des coprolithes phosphatés et des grains de phosphate dans la masse marneuse ou calcaire. Ces deux matières phosphatées ont un aspect caractéristique poli et même brillant, de couleur brune ou verdâtre.

Les couches de marne, séparées par des couches de calcaire, se trouvent souvent au nombre de 4 ou 5. Dans la région de Gafsa, on en a ainsi reconnu vingt-cinq.

La formation phosphatière se rencontre en Tunisie à peu près partout, dans des bassins très étendus, entre



Gisements de phosphates de l'Afrique du Nord.

Téboursouk au nord et la ligne des Chotts au sud, c'est-à-dire sur 250 kilomètres.

De l'Est à l'Ouest, en Tunisie et dans le département de Constantine, elle a été reconnue sur la même distance.

On exploite ainsi des gisements riches dans la région de Tebessa, dans les environs de Sétif et de Bordj bou Arréridj. Le sous-sol des plateaux entourant Sétif est constitué de roche phosphatée.

Elle a été reconnue aussi en certains points du département d'Alger, notamment à Boghar, dans celui d'Oran, et au Maroc. Des dépôts contenant 72 0/0 de phosphate ont été récemment reconnus dans ce dernier pays à El Borough et El Dzem.

On peut estimer qu'elle s'étend ainsi suivant une bande dans toute l'Afrique française du Nord.

Les gisements phosphatiers ont été souvent reconnus et attaqués sur les versants de mamelons dominant la plaine tunisienne ou algérienne.

Le calcaire nummilitique, très dur et résistant, ne s'est pas conformé aux plissements de l'écorce terrestre comme les couches moins solides. Il s'est brisé là où les mouvements ont été les plus accentués, produisant ainsi ces mamelons. Les calcaires phosphatés riches, qu'il recouvre, se sont ainsi trouvés, exposés sur les versants de ceux-ci. Il a été facile de les reconnaître et d'en entreprendre l'exploitation.

La formation phosphatière de l'Afrique du Nord,

nettement d'origine marine, semble être aussi lagunaire.

La grande abondance des lébris de sauriens dans les roches phosphatées est un indice suffisant.

La découverte des gisements de phosphates dans le Suessonien n'est pas due au hasard. Elle est le résultat de recherches systématiques exécutées en Tunisie, puis dans la province de Constantine. Dans les provinces d'Alger et d'Oran, et au Maroc, aucuns travaux de ce genre n'ont été faits jusqu'ici.

Les travaux théoriques préliminaires et la découverte des gisements sont entièrement dues à M. Philippe Thomas, vétérinaire principal de l'armée. A la suite d'études géologiques sur le Sud tunisien et d'explorations méthodiques dans cette région, il découvrit, en 1885, les gisements de Gafsa.

Cette reconnaissance lui ayant permis de déterminer les fossiles associés à ces gisements, il arriva, pendant les années suivantes, à prouver l'existence des couches exploitées aujourd'hui dans le département de Constantine.

Il démontra aussi l'existence de la formation phosphatière depuis Kairouan jusqu'à Boghari, dans le département d'Alger. Les études géologiques et paléontologiques seules lui permirent d'arriver à ces conclusions, qu'il put ensuite prouver par des prospections.

Le minerais *exploité* a une teneur minima de 58 % en phosphate; mais on trouve un peu partout en

Tunisie des minerais à faible teneur. Ceux-ci pourront être exploités, quand on procédera économiquement à leur enrichissement et à leur transport.

L'exploitation des gisements à faibles teneurs ne semble pas devoir être entreprise d'ici longtemps, étant données les énormes réserves de minerai riche.

La Compagnie de Gafsa seule, semble avoir en vue à Metlaoui 40 millions de tonnes à 60 % de moyenne, à Redeyef, 50 millions de tonnes à 64 % de moyenne. A Mrata et Moularès, elle aurait 70 millions de tonnes à 65 % de moyenne.

De nombreux autres gisements en exploitation, appartenant à d'autres Sociétés, ont des teneurs moyennes de 58 % à 70 %. D'autres, dépourvus de moyens de transport n'ont pas encore été attaqués.

Les méthodes d'exploitation ne sont peut-être pas telles que les progrès des moyens mécaniques le permettraient. Le bas prix de la main-d'œuvre indigène et italienne n'a pas poussé à réduire le prix d'extraction par l'emploi des machines appropriées.

On est allé aussi aux gisements riches, négligeant les autres.

Par leur situation près de la côte, ceux-ci auraient parfois été d'une exploitation plus avantageuse, si les méthodes de triage, d'enrichissement et de travail en général avaient été étudiées et perfectionnées.

Gisements des États-Unis.

Les minerais phosphatés sont reconnus et exploités dans les États de Floride, Caroline du Sud, Tennessee, Kentucky, Wyoming et Utah.

Les principaux gisements exploités se trouvent dans les deux premiers, et surtout en Floride.

Les gisements de Floride appartiennent aux époques tertiaire et quaternaire.

Les premiers se sont formés pendant la période éocène. La roche y est en place, et constitue la catégorie de minerai phosphaté dénommée commercialement « Hard rock ». Elle a fourni par sa décomposition les éléments phosphatés des autres minerais dénommés : « Soft phosphate », « Land pebbles » et « river pebbles ».

La chaux phosphatée en roche (hard rock) de Floride renferme de grandes quantités de débris de poissons et d'oiseaux de mer. La formation du phosphate est sans aucun doute due à l'action de l'eau de mer.

Les accumulations de débris et d'ossements sur les plages et dans les criques de la côte ont fourni le phosphate, que les animaux avaient eux-mêmes pris à la mer. Poussés par les eaux dans les points bas et les lagunes, ces débris étaient continuellement lavés par elle.

Les eaux, grâce à la présence de l'acide carbonique,

ont pu dissoudre le phosphate contenu. Elles l'ont précipité à nouveau, lorsqu'elles se sont trouvées s'étaler, en même temps qu'elles étaient soumises à l'évaporation d'un soleil semi-tropical. La formation appartient à la période éocène.

M. Carnot a donné les proportions suivantes des principaux éléments de la roche éocène de Floride.

Phosphate de chaux	85,44
Fluorure de calcium	6,59
Chlorure	traces
Sulfate de chaux	0,51
Carbonate de magnésie	0,69
Protoxyde de fer et alumine	5,70

Par suite des dislocations et désagréations des couches éocènes, cette roche phosphatée a été brisée et charriée par les eaux dans une période postérieure, qui semble être pliocène.

Les fragments, roulés par les grands courants d'eau et déposés dans les dépressions, y ont constitué un conglomérat, dans lequel les galets contiennent 60 à 70 % de phosphate, et ont un aspect sombre et poli.

Ce sont les nodules de phosphate connus sous le nom de « Land pebbles ». Elles ont formé, dans les vallées, de grands gisements pliocènes, surmontant les lits et les vallées des rivières actuelles.

Ces conglomérats pliocènes, à leur tour, ont été attaqués par les rivières de l'époque quaternaire, qui ont entraîné ces éléments constituant pour les déposer

dans les thalwegs des vallées. Dans ces anciens thalwegs, les rivières de notre époque ont creusé, et creusent encore leur lit.

Les galets, ainsi déposés à l'époque quaternaire, sont des nodules de roche phosphatée plus petits que ceux déposés dans les alluvions pliocènes.

On a donné le nom de « river pebbles » à cet autre minerai de phosphate. La composition de ce minerai d'après M. Carnot est en moyenne :

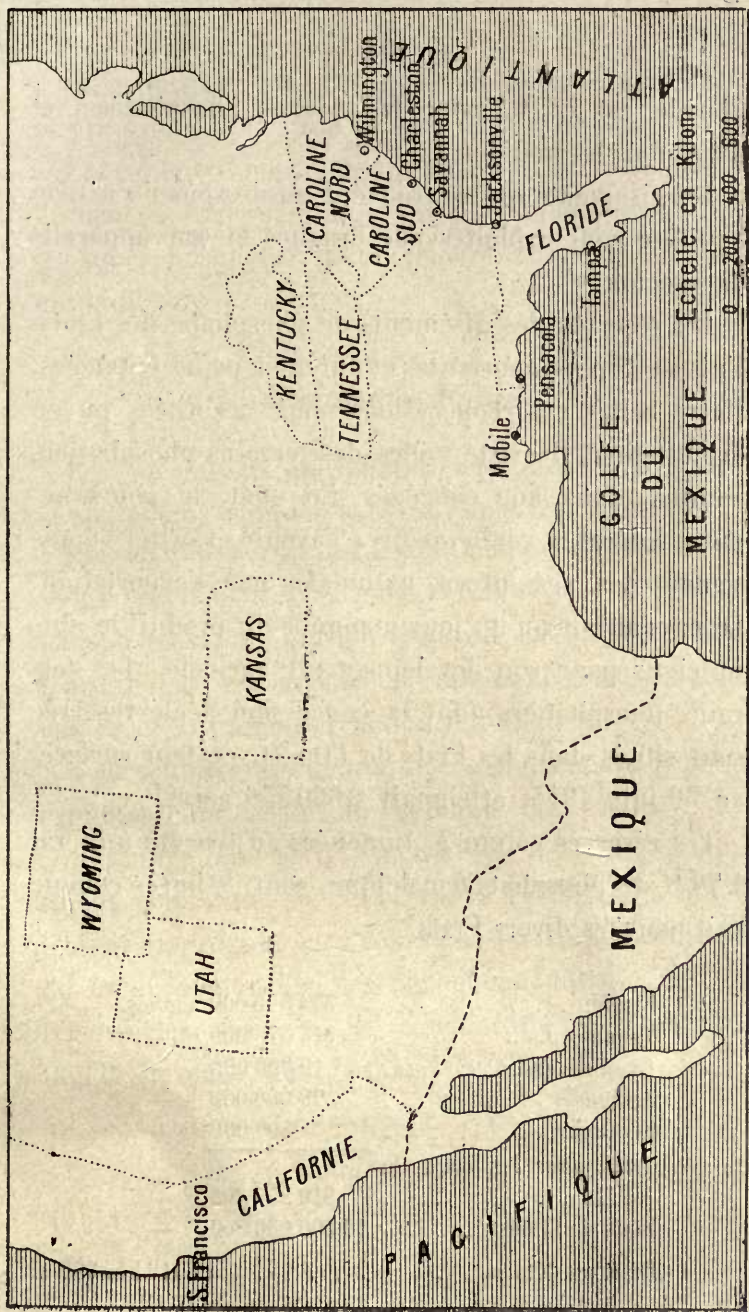
Phosphate de chaux.	71,78
Fluorure de calcium	7,24
Chlorure	traces
Sulfate de chaux.	1,45
Carbonate de chaux.	7,54
Carbonate de magnésie	9,65
Peroxydè de fer et alumine.	5,96

Enfin, une autre variété de minerai de phosphate est le « soft phosphate ». Non coloré, il semble que l'action atmosphérique lui ait fait subir une décomposition.

La texture est celle d'une roche calcaire. Soumise à l'action de la chaleur ou des éléments atmosphériques, cette roche se réduit en particules minces sous la simple pression des doigts.

De richesse variable en phosphate, elle présente la caractéristique d'une forte teneur en oxydes de fer et d'alumine, atteignant jusqu'à 10 %. Sa teneur en carbonate de chaux atteint aussi souvent ce chiffre.

La teneur moyenne en phosphate des minerais de



Phosphate et potasse aux États-Unis.

Floride est 77 % pour les roches phosphatées, et 68 % pour les nodules.

Les gisements qui se trouvent au-dessous du niveau aquifère sont exploités par dragues et par appareils de succion.

Les réserves des gisements de phosphates des États-Unis sont très importantes et ont été à peine entamées. Outre celles des concessions déjà accordées ou en exploitation, il existe celles des terrains phosphatiers connus, mais non concédés. En effet, le gouvernement fédéral, a voulu assurer l'avenir et éviter l'épuisement des ressources nationales par l'exportation. Le pays aurait pu un jour manquer du produit le plus précieux pour son développement agricole. Les terrains phosphatiers dont la concession a été réservée sont situés dans les États de l'Ouest, et leur surface, au 30 juin 1915, atteignait 2 660 556 acres.

Les réserves connues, ramenées au type du min-rai à 70 % de phosphate tricalcique, sont estimées comme suit pour les divers États.

Floride	574 500 000	tonnes.
Tennessee	115 075 000	—
Caroline sud.	10 000 000	—
Arviansas	20 000 000	—
Kentucky	500 000	—
Total pour les États de		
l'Est	519 857 000	—
États de l'Ouest.	10 000 000 000	—
Réserves totales	10 519 875 000	t.

On estime que tous ces phosphates sont exploitables, et utilisables, à la suite de leur enrichissement.

Les exploitations de phosphates sont entre les mains de Sociétés très puissantes, qui fabriquent elles-mêmes les superphosphates, parallèlement à d'autres produits chimiques.

Gisements divers.

Les formations phosphatières les plus importantes, actuellement connues, sont sans aucun doute celles de l'Afrique du Nord, des États-Unis, de France et de Belgique. Il existe cependant des dépôts de roches phosphatées sur plusieurs autres points du globe. L'origine de ces dépôts est attribuable aux mêmes causes et aux mêmes réactions chimiques.

Tels sont les gisements de Russie, encore à peine exploités, ceux des îles du Pacifique et du Japon.

Il semble que les gisements des îles du Pacifique soient constitués par des strates calcaires, graduellement imprégnés par l'acide phosphorique provenant de la décomposition des phosphoguanos qui les ont recouvertes. Il y a eu là, condensation et imprégnation de la roche, dont la teneur atteint 70 %.

CHAPITRE V

Ressources mondiales.

L'exploitation des phosphates a pris un développement considérable depuis vingt-cinq ans.

Leur emploi date de 1868, époque de la mise en exploitation des minerais des États-Unis.

La craie phosphatée de Belgique a été connue en 1878.

En 1886 les gisements du bassin de la Somme et ceux de l'Afrique du Nord ont été découverts.

A cette époque, on produisait seulement 800.000 tonnes de minerai, et pendant l'année 1913 on est passé à 6.700.000 tonnes.

Europe.

La France tient la tête des pays producteurs en Europe, mais les quantités extraites vont en décroissant et les réserves connues semblent devoir être épuisées dans un avenir peu éloigné.

La production française a été :

1911.	512 000 tonnes
1912.	515 000 —
1913.	298 850 —

Les réserves de craie phosphatée en *Belgique* ne semblent pas être très importantes. Ce minerai est utilisé sur place pour fabriquer des superphosphates. La situation industrielle de la Belgique, les ressources et le prix du combustible permettent ainsi l'utilisation de ce produit à basse teneur.

La Russie n'a pas encore mis en valeur les énormes dépôts reconnus dans le centre du pays. Elle ne produisait encore que 25 000 tonnes annuellement, avant la période critique par laquelle elle est en train de passer.

La Norvège fournit annuellement 1000 tonnes, la Suède 3000 et l'Espagne 5500 tonnes.

Afrique.

Si l'Europe n'exploite encore que des gisements phosphatiers peu importants, elle trouve, par contre, à sa porte, des ressources pouvant lui suffire pendant une période dont on ne peut prévoir le terme.

L'Afrique du Nord française possède en effet des réserves énormes. Le minerai à 50 et 40 % de phosphate abonde en Tunisie et en Algérie, mais

n'y est pas exploité. En présence de minerai à 58 et 70 %, il est négligé. Des méthodes économiques de transport et d'enrichissement lui permettront d'arriver sur le marché, lorsqu'il se trouvera dans des conditions avantageuses d'exploitation.

La Tunisie a développé ses richesses minières beaucoup plus rapidement que l'Algérie.

Dans le sud-est de la province de Constantine, de grands gisements attendent la construction de voies ferrées les reliant à la côte.

L'extraction a atteint en tonnes.

	1911	1912	1913
Algérie	739 000	207 000	577 000
Tunisie	1 592 000	2 050 000	2 170 500
Total pour l'Afrique du Nord. .	2 531 000	2 057 000	2 548 400

On peut considérer les réserves comme illimitées.

L'Égypte possède des gisements mal connus, mais paraissant peu importants.

On dit en avoir extrait 100 000 tonnes en 1915.

Amérique.

Les États-Unis sont les plus gros producteurs mondiaux de phosphate de chaux.

L'exploitation a pris un grand développement à partir de 1887, à l'époque même de la découverte des gisements de l'Afrique du Nord.

En 1890 l'extraction dans les divers États atteignait 518 592 tonnes. Elle dépassait un million en 1894, puis deux millions de tonnes en 1906. Elle était :

1911.	5 268 500 tonnes.
1912.	5 216 500 —
1915.	5 060 000 —

La presque totalité provient des trois États de Floride, Caroline du Sud et Tennessee. Toutefois l'extraction est en décroissance dans le second de ces États, passant de 554 456 tonnes en 1900, à 155 000 tonnes en 1915. Il semble que cette décroissance ne soit pas due à l'épuisement des gîtes, mais plutôt à des difficultés causées par le régime des concessions.

La Floride seule a donné, en 1915, un total de 2 600 000 tonnes, dont 2 120 000 tonnes de nodules et 420 000 tonnes de roches.

Il y a lieu de mentionner, à côté de la production des États-Unis, celle des Antilles, qui s'est élevée à 42 000 tonnes en 1915. Les phosphates des Antilles sont de la même catégorie que ceux de la Floride.

Asie.

L'île Christmas, possession Britannique de Malaisie, dépendant du gouvernement de Singapour, est jusqu'ici le plus gros producteur de phosphates en Asie.

Le minerai est très riche, sa teneur courante en phosphate étant de 78 % et même 85 %.

L'extraction était de 42 120 tonnes en 1904 mais est passée :

1911.	150 000 tonnes.
1913.	150 000 —

Le Japon est devenu producteur de phosphate en 1912 seulement, et l'extraction a été :

1913.	8 000 tonnes.
1914.	28 000 —

L'extension des gisements connus paraît très limitée. Toutefois le minerai a une grosse valeur, sa teneur courante étant de 75 %.

Océanie.

Certaines îles du Pacifique ont, seulement à une époque récente, commencé l'exploitation de minerais très riches et présentant des réserves importantes.

L'île de Makatea, colonie française du groupe des Tuamotou, dans le sud du Pacifique, dépendant du gouvernement de Tahiti, possède des minerais très riches. La teneur atteint jusqu'à 85 % de phosphate.

Les gisements sont exploités depuis 1910 seulement, et l'extraction a été :

1912.	65 000 tonnes.
1913.	85 000 —
1914.	75 000 —
1915.	62 000 —

Ces phosphates ont un débouché facile vers la côte Californienne.

L'île Océau possession britannique de l'Est du Pacifique, appartenant au groupe des Iles Gilbert, offre des gisements de chaux phosphatée à très haute teneur, 78 à 90 %.

L'exploitation commencée en 1901 s'est continuée sans interruption depuis cette époque. L'extraction atteindrait annuellement 200 000 tonnes. Les gisements ne sont guère connus que des employés de la Société concessionnaire, et ils parlent d'une réserve de cinquante millions de tonnes.

Les *Iles Nauru et Angaur*, du groupe des Marshall, anciennes colonies allemandes, devenues possessions japonaises, renferment de très beaux gisements d'un minerai à teneur moyenne de 80 0/0. On a extrait 252.000 tonnes en 1915.

Les *Iles du Pacifique* ont ainsi donné durant l'année 1915 un total de 667 000 tonnes de minerai phosphaté.

Résumé de la production.

On peut résumer la production mondiale de phosphate en 1915 par le tableau suivant. Il convient de se rappeler que 1915 a été la dernière année normale.

<i>Europe.</i>	Tonnes de minéral.	Teneur en phosphate.
France	298 000	40 % à 50 %
Belgique	219 000	20 % à 55 %
Russie	25 000	—
Espagne	5 500	—
Norvège	1 000	—
Suède	5 000	—
 <i>Afrique.</i>		
Afrique du nord française	2 784 000	58 % à 64 %
Egypte	100 000	—
 <i>Amérique.</i>		
États-Unis	5 060 000	60 % à 77 %
 <i>Asie.</i>		
Ile Christmas	150 000	78 %
Japon	8 000	—
 <i>Océanie.</i>		
Makatea	85 000	80 %
Océan	200 000	78 % à 90 %
Nauru et Angaur	252 000	80 %
<i>Total de la production mondiale en 1915</i>	<u>6 955 850</u>	tonnes.

CHAPITRE VI

Produit phosphaté d'origine minérale.

Scories de déphosphoration. Nature et composition.

Comme il a été dit au début, l'acide phosphorique existe dans la nature en petite quantité dans un grand nombre de matières minérales. Il ne se trouve pas dans toutes en quantités suffisantes pour justifier l'extraction des composés ainsi constitués.

Toutefois, ces composés peuvent être utilisés économiquement lorsqu'ils sont obtenus comme sous-produits de certaines fabrications ou opérations industrielles.

Ainsi on peut employer en agriculture à des prix modérés les scories ou résidus de la transformation de la fonte en acier, lorsque cette fonte provient de minerais de fer phosphatés. Ces minerais étaient peu employés jusqu'au jour où l'on trouva le moyen d'éliminer le phosphore.

En 1878, le procédé de MM. Thomas et Gilchrist était définitivement mis au point. Depuis lors, le minerai phosphoré est largement employé.

Dans des convertisseurs à revêtement de dolomie, carbonate double de chaux et magnésie, de la chaux

est mélangée à la charge. Lorsque le carbone de la fonte s'est combiné à l'oxygène, l'acide phosphorique s'unit à la chaux.

Les scories retirées du convertisseur ont une composition variant avec celle du minerai, mais un type moyen de ces scories contiendrait :

CaO	41,00
MgO	6,00
Al ² O ³	2,00
Fe ² O ³	14,00
SiO ²	8,00
P ² O ⁵	14,40
Fe O	6,

Ce sont les scories basiques.

Une modification apportée au procédé Martin permet aussi d'obtenir la déphosphoration des fontes, et par suite de produire des scories basiques dans les fours appliquant ce procédé.

Le traitement basique ayant permis l'emploi des minerais phosphorés, on a pu exploiter des gisements, dont il avait été impossible auparavant de tirer partie.

Les plus importants de ce ordre sont ceux de Lorraine. Des analyses types de minerai des environ de Briey, par exemple, sont représentées par les chiffres suivants :

Fer	50 à 56
Silice	6 à 7
Chaux	10 à 12
Alumine	4 à 5
Phosphore	0,6 à 0,9

En Normandie, l'hématite de la mine de Saint-Rémy, par exemple, donne :

Fer	52	à	55
Silice	10	à	12
Alumine	5		
Chaux et magnésie	2	à	5
Phosphore	0,6	à	0,7
Hydroxyde	5		

Dans les mines de l'Anjou, le phosphore est en moindre quantité, 0,5 à 0,7 %.

Le minerai, convenant à la fabrication de fontes à traiter par le procédé Thomas, contient 0,8 % de phosphore. Pour obtenir un minerai convenable on procède souvent à des mélanges.

La scorie basique du commerce contient 14 à 16 d'acide phosphorique.

M. Gouvy donne pour la composition des scories de Lorraine :

Silice	7,5	à	7,5
Chaux	47,0	à	49,0
Acide phosphorique	18,0	à	25
Oxyde de manganèse	6,5	à	8,0
Magnésie	1,6	à	2,7

Les scories recueillies après le traitement basique représentent 25 % du poids de l'acier obtenu.

Elles sont soumises à un broyage, qui les réduit en une poudre brune très foncée.

On apprécie leur valeur par la solubilité de leur

acide phosphorique dans l'acide citrique. Des scories basiques ne sont pas admises, si l'acide citrique ne dissout pas au moins 75 % de leur acide phosphorique.

Comme engrais, les scories conviennent surtout aux terres contenant des éléments acides, qui activent leur solubilité.

Les fontes du bassin Lorrain sont les plus intéressantes pour le traitement par le procédé Thomas. Avant la mise en pratique de ce procédé, elles étaient employées comme fontes de moulage. Ne pouvant les déphosphorer, on ne les transformait pas en acier.

La grande uniformité de la teneur en phosphore des minerais, et par suite de la fonte, permet au contraire une grande régularité dans l'opération de transformation en acier. Cette régularité de teneur est telle que l'on ne fait jamais l'analyse du minerai employé, et que la teneur des fontes en phosphore est toujours entre 1,7 et 1,9.

On comprend la valeur du minerai de Lorraine, comme matière première du produit phosphaté que sont les scories. Celles-ci constituent le véritable type du sous-produit, puisqu'elles sont employées à l'état même où elles sortent du convertisseur, et après un simple broyage. Leur utilisation est un immense avantage pour les fabricants d'acier, qui peuvent réduire le prix de vente de ce produit de la valeur des scories produites.

Le fait d'être un sous-produit, et leur qualité comme engrais, ont énormément développé leur emploi.

L'action des scories comme engrais est beaucoup plus lente que celle des superphosphates, mais elle est très efficace et plus durable: L'emploi en est préférable dans les terres humides.

Une liaison intime existe donc entre l'agriculture et l'industrie sidérurgique.

Production.

La production des scories basique était en tonnes :

	1911	1912	1913
Allemagne			2 250 000
Luxembourg			250 000
Autriche-Hongrie			50 800
Belgique			655 000
France			750 000
Royaume-Uni			404 000
Russie			49 000
Suède			18 554

Pendant la guerre, l'Allemagne exploitant le bassin Lorrain a pu produire des scories basiques pour le plus grand bien de son agriculture. Les usines des pays de l'Union douanière allemande lui ont fourni :

1914	2 067 0 0 tonnes.
1915	1 652 000 —
1916	1 914 000 —
1917	1 825 000 —
1918	1 476 000 —

L'Allemagne a pu ainsi satisfaire en partie à ses besoins en acide phosphorique.

A l'avenir elle produira encore des scories basiques avec les minerais et les fontes reçues de Lorraine et de Suède, mais la production des aciéries de Lorraine et du Luxembourg lui échappera.

En 1915, les usines de la Lorraine annexée ont donné environ 571.588 tonnes de scories. Cette production viendra s'ajouter à la production française, mais celle-ci par suite des destructions d'usines sera pendant plusieurs années très inférieure à celle de 1915.

Les usines de la Sarre fournissaient environ 519.956 tonnes, et cette production sera en partie sous le contrôle français.

Il semble que les usines allemandes, suffisamment ravitaillées en minerai ou fonte phosphorée, auront encore une capacité de production un peu supérieure à un million de tonnes de scories.

Tant que les usines françaises n'auront pas été reconstruites, on ne peut prévoir notre production. Elle atteindra sans doute un million et demi de tonnes. Si la capacité de traitement des nouvelles usines permettait de traiter en France tout le minerai phosphoré extrait sur son territoire, elle dépasserait beaucoup ce chiffre.

Cette éventualité n'est pas à prévoir.

CHAPITRE VII

Répartition de la consommation des produits phosphatés d'origine minérale.

Ainsi, les produits phosphatés d'origine minérale employés principalement par l'agriculture sont les superphosphates et les scories de déphosphoration.

L'Allemagne était en 1913 le pays consommant la plus grande quantité de produits phosphatés. Elle devançait même les États-Unis, malgré l'énorme différence des étendues de territoire et de population des deux pays.

Produisant 1 650 000 tonnes d'acide sulfurique, elle pouvait facilement transformer en superphosphates les 950 000 tonnes de phosphates qu'elle recevait des États-Unis, de l'Afrique du Nord et de ses colonies du Pacifique.

En même temps, l'énorme développement de son industrie sidérurgique, principalement dû à la minette phosphorée de Lorraine, dont elle traitait 22 millions de tonnes, lui fournissait des ressources considérables de scories. Par l'utilisation de ces ressources en scories, provenant de son propre territoire, elle trouvait

avantageusement chez elle l'acide phosphorique nécessaire à ses terres, et pouvait réduire ses achats de phosphates étrangers.

Ces ressources intérieures lui ont été très utiles pendant les années de guerre. Privée par le blocus de toute importation de phosphate, elle a trouvé dans son industrie sidérurgique une proportion importante de ses besoins en acide phosphorique.

Les *États-Unis* trouvent chez eux le phosphate en grande abondance. Ils en font un emploi considérable.

Ils ont absorbé en 1915 un total de 1 600 000 tonnes de phosphates d'origine indigène. Ces phosphates proviennent presque exclusivement des États de l'Ouest et du Centre, bien placés pour fournir la consommation nationale, tandis que l'exportation en serait coûteuse en raison de la distance des gisements à la côte. Ce sont les gisements de Floride qui alimentent l'exportation.

La Californie et les États de la Côte du Pacifique étaient petits consommateurs, en raison du coût des transports de la Floride aux centres de consommation.

L'ouverture du canal de Panama facilitera les transports et permettra d'y amener les phosphates de Floride.

Pendant les années de guerre, les phosphates de Makatea et d'autres îles du Pacifique, ayant trouvé un débouché en Californie y seront sans doute envoyés à

l'avenir, au lieu de prendre le chemin de l'Europe, dont la distance est si grande. Les circonstances créent souvent les besoins.

La *France* consommait jusqu'à maintenant principalement des superphosphates, mais aussi une quantité importante de scories provenant de son bassin métallurgique de Briey.

Par la restitution de la Lorraine; elle entre en possession des minerais et des mines, qui fournissaient à l'Allemagne la presque totalité de ses scories de déphosphoration. Si on se base sur la production de 1915, la France produira annuellement 41 millions de tonnes de minerai de fer phosphoré en Lorraine.

Elle trouvera là à bon compte, et comme sous-produit, un composé d'acide phosphorique en grande abondance.

La consommation des scories n'atteignait pas tout à fait 400 000 tonnes. Il semble probable que cette consommation va se développer dans des proportions considérables pour le plus grand bien de l'agriculture française. L'emploi des superphosphates n'en sera pas réduit, mais la quantité d'engrais phosphatés consommée sera plus importante.

La *Belgique* absorbe de grandes quantités de superphosphates et de scories, et le résultat s'en fait sentir dans l'abondance de ses récoltes. C'est le plus gros consommateur, en proportion de l'étendue des surfaces cultivées.

En 1915, les engrais phosphatés d'origine minérale ont été répartis comme suit, en tonnes métriques :

	Superphosphates.	Scories.
Allemagne	1 450 000	3 000 000
Autriche-Hongrie	455 000	58 000
Balkaniques	55 000	»
Belgique	525 800	150 000
Danemark	220 000	»
Espagne	570 000	»
États-Unis	5 500 000	»
France	1 950 000	591 000
Algérie	80 000	»
Tunisie	10 000	»
Hollande	110 000	»
Italie	1 000 000	»
Japon	750 000	»
Portugal	125 000	»
Royaume-Uni	900 000	200 000
Australie	215 000	»
Russie	350 000	»
Suède et Norvège	180 000	»
Suisse	55 000	»

CHAPITRE VIII

Produits phosphatés d'origine animale.

Guanos.

On a vu comment l'acide phosphorique arrivait à la matière animale dont il est un des constituants. On a vu aussi comment les débris animaux des époques préhistoriques avaient contribué à la formation des dépôts de phosphates de diverses origines. Ces grands charniers, ou ces dépôts de matières fécales, ne sont pas des phénomènes des seules époques tertiaire et quaternaire. Ils se sont produits sous certains climats et dans certaines conditions à des époques plus récentes, et ils se produisent encore.

Les guanos représentent un type de ces dépôts récents.

Certaines îles de la côte Sud de l'Océan Pacifique ne sont couvertes d'aucune végétation, et ne reçoivent aucune précipitation atmosphérique. Elles sont en outre soumises au soleil des tropiques avec une intensité continue.

Les mers qui les entourent sont très peuplées de poissons, et attirent par ce fait des nuées d'oiseaux pêcheurs. Ceux-ci viennent se reposer, établir leurs nids et passer leurs nuits sur ces rochers desséchés. Ils y apportent même des produits de leur pêche.

Ils y laissent surtout des accumulations d'excréments et y viennent aussi mourir.

Ainsi ce sont constitués les guanos des côtes du Pérou et du Chili, composés d'excréments, de débris de poissons et de squelettes d'oiseaux.

L'ardeur constante du soleil tropical réduit tous ces éléments, et forme des composés pulvérulents d'acide phosphorique, d'azote et de matières minérales.

Ils contiennent ainsi de 12 % à 20 % d'acide phosphorique, et en moyenne 14 % d'azote.

On comprend qu'ils ne pourraient être produits sur des territoires soumis à des précipitations atmosphériques ou à des lavages par les eaux. L'acide phosphorique et l'ammoniaque seraient en effet dissous et entraînés.

Il existe cependant des îles, situées dans une zone pluvieuse, où les dépôts de déjections et débris animaux sont l'origine de phosphates de chaux utilisables.

Si, en effet, ces dépôts reposent sur des couches de calcaires tendres, l'acide phosphorique des guanos, pris en dissolution dans les eaux de pluie, pénètre avec elles ces calcaires.

Certaines de ces couches ainsi enrichies sont exploi-

tées sur la côte du Pacifique. Certains guanos eux-mêmes sont transformés en phosphate de chaux par l'élimination des éléments azotés et autres, sous l'action des eaux de pluie.

Les guanos ont été les premiers engrais d'importation largement employés par l'agriculture européenne.

Leur teneur en phosphate variait, suivant leur provenance, entre 25 et 60 %.

La teneur moyenne semble être 56 %.

L'azote passe de 2 à 8 %.

Ils contiennent en outre des matières organiques non décomposées.

L'épuisement de ces dépôts n'est pas éloigné, et leurs produits ne sont plus employés que pour des usages très restreints.

Certaines îles océaniques offrent des dépôts peu considérables, et dans le sud de la Patagonie Argentine on a reconnu des guanos extrêmement riches en phosphate, mais offrant des réserves peu étendues.

Sur la côte péruvienne, l'exploitation des gisements de guano a fait l'objet d'une concession accordée par le gouvernement à la puissante Compagnie anglaise « Peruvian Corporation limited ».

De 1890 à 1916, cette Compagnie a exporté environ 1 500 000 tonnes de guano.

L'exportation du guano péruvien a commencé en 1841, et a atteint depuis cette époque un total d'environ 15 millions de tonnes.

Par le contrat de concession de 1890, entre le Gouvernement péruvien et la « Peruvian Corporation », celle-ci était autorisée à emporter 5 millions de tonnes de 1016 kilogs, plus la moitié de la production des îles Lolos. Par un arrangement ultérieur, la quantité fixe de 5 millions a été réduite à 2 millions.

Depuis cette époque, le Pérou même a absorbé, pour son agriculture, près de 500 000 tonnes.

Le tonnage total exporté depuis cette époque atteint environ 1 400 000 tonnes.

Le produit marchand est classé en deux catégories : le minerai pauvre contenant moins de 5 % d'azote, et le minerai riche, contenant en moyenne 10 % d'azote.

Pendant la dernière période normale, l'année administrative 1912-1915, l'exportation de guano des gisements péruviens a été d'après la « Peruvian Corporation » :

Année fiscale	1911-12	85 000 tonnes.
—	1912-15	72 000 —

Des gisements, mis récemment en exploitation aux îles anglaises des Seychelles, dans l'Océan Indien, rendent environ 20 000 tonnes de guano par an.

De leur côté, les dépôts appartenant à la République Argentine sont assez abondants. Ils ont fourni, en provenance des territoires du Sud :

1913	28 650 tonnes.
1914	21 972 —

Ceux de l'Uruguay, peu importants, ont cependant donné 5662 tonnes en 1914.

Composés d'os.

Les os contiennent l'acide phosphorique, en combinaison, dans une proportion élevée. On l'y recherche surtout, lorsqu'ils ne peuvent être utilisés autrement, ou lorsqu'il est obtenu comme sous-produit d'une fabrication usuelle.

Les os provenant des abattoirs, ou même importés des pays de l'Amérique du Sud grands producteurs de bétail, sont traités par la vapeur d'eau sous pression, pour en retirer la gélatine, la graisse et les composés nitrés. Ces os, à l'abattoir, contiennent 48 à 50 % de phosphates de chaux et magnésic.

Les résidus du traitement contiennent en moyenne 50 % d'acide phosphorique. Ces résidus broyés constituent la poudre d'os, que l'on employait sans préparation.

Elle est difficilement assimilable, et son acide phosphorique est dissous extrêmement lentement. On en tire maintenant des superphosphates pour l'utiliser d'une façon plus avantageuse.

A cet effet, les os sont soumis à l'action de l'acide sulfurique, à raison de 70 % du mélange. En les traitant par l'acide chlorhydrique, on obtient un précipité

phosphaté contenant jusqu'à 40 % d'acide phosphorique.

En mélangeant le phosphate d'os avec de la poudre de charbon de bois, et chauffant au rouge en vase clos, on produit la presque totalité du phosphore consommé.

Les ressources en os de l'Amérique du Sud sont considérables. En 1913, l'Argentine et l'Uruguay ont exporté 58 000 tonnes provenant des « saladeros », où sont fabriquées les conserves de viande.

On trouvait aussi une source d'engrais phosphatés dans le noir animal.

Ce produit est obtenu en calcinant les os en vase clos. Il est employé dans diverses industries, mais principalement dans la fabrication du sucre pour la purification et la décoloration de la liqueur sucrée. Il contient de 50 à 75 % de phosphate de chaux.

Lorsqu'il avait ainsi servi aux réactions industrielles, le noir animal était vendu à l'agriculture. Depuis quelques années on a trouvé un moyen de le régénérer et de le faire servir à nouveau à la purification du sucre. Cette source de produit phosphaté se trouve donc extrêmement réduite, pour le ravitaillement de l'agriculture en engrais.

Débris animaux.

Dans les fabriques de conserves de poissons, on rejette des quantités considérables de débris constitués

par les parties non comestibles de ces animaux, telles que têtes, queues, etc.

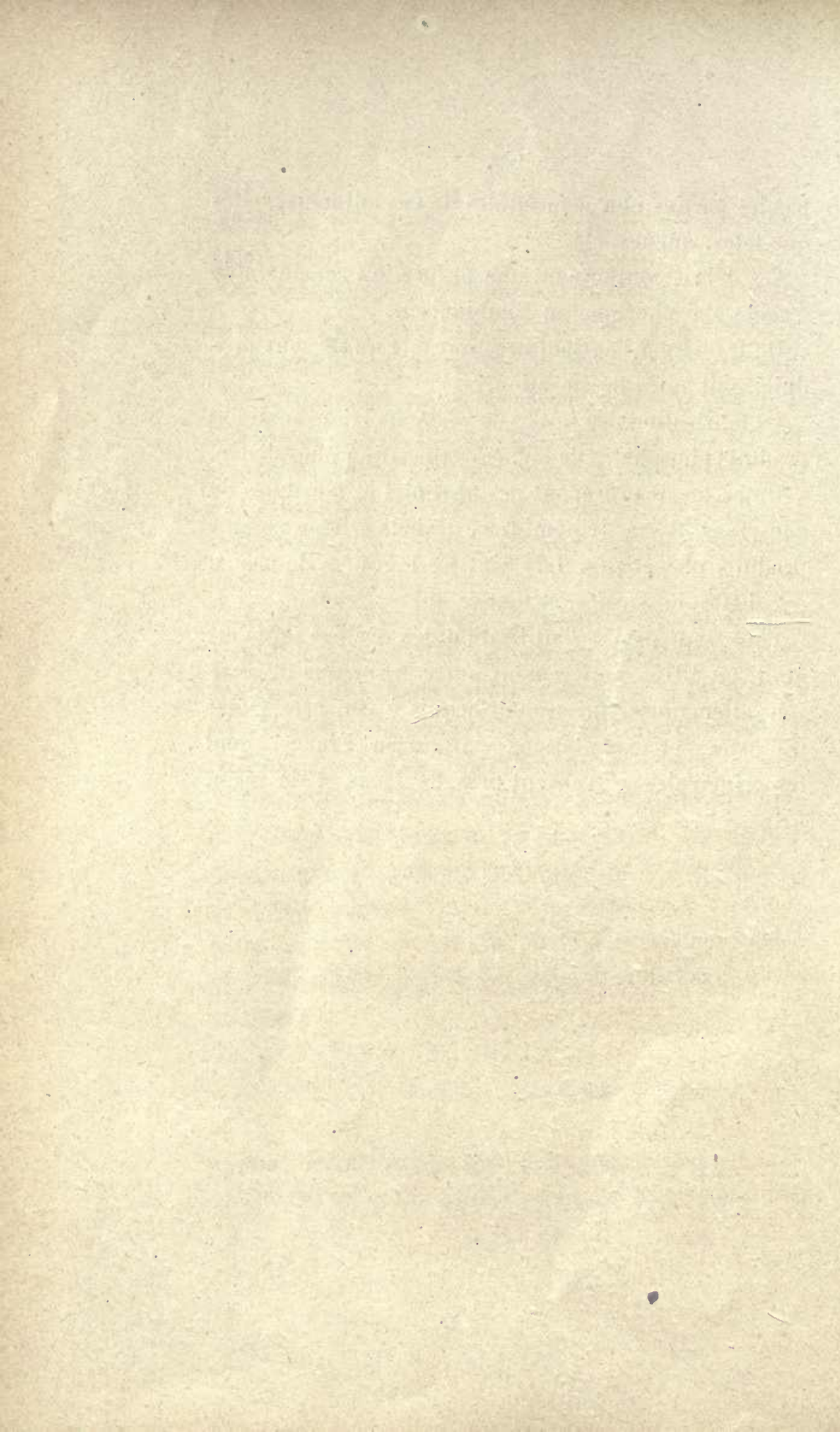
Ces débris contiennent une proportion considérable d'acide phosphorique en combinaison.

On les livre à l'agriculture, soit tels qu'ils sont produits, soit après dessiccation.

La fabrication des huiles de poissons laisse aussi des produits phosphatés de même composition phosphatée.

Outre les os provenant des abattoirs et fabriques de conserves, il y a de nombreux déchets utilisés comme produits phosphatés. Tels sont les rognures de peaux, les ongles, les cornes, et tout ce qui est rejeté.

Cette industrie de l'utilisation des déchets animaux était, en 1915, entièrement entre les mains de maisons allemandes, qui avaient acquis à peu près toutes les usines et exploitations existant en France, dont les principales se trouvent près de Paris et de Lyon.



TROISIÈME PARTIE

POTASSE ET SELS POTASSIQUES

CHAPITRE PREMIER

Composition des sels potassiques.

Le potassium, comme partie des sels potassiques, est très répandu dans la nature.

Ces sels sont, en effet, tous solubles dans l'eau, et le potassium peut ainsi entrer dans la composition d'un grand nombre de roches, en même temps qu'on le trouve dans les végétaux et les animaux. Il est contenu en proportion élevée dans les eaux de la mer.

Le plus répandu des composés du potassium est l'oxyde, qui, à l'état hydraté (KOH), entre en combinaison avec d'autres corps. On l'appelle usuellement potasse caustique ou potasse hydratée.

Un des principaux sels rencontrés dans la nature

est le *chlorure de potassium*. Il existe dans l'eau de la mer.

Le potassium, associé au magnésium, forme aussi un chlorure double auquel on a donné le nom de *carnallite*. Ce sel double est la roche exploitée dans les gisements les plus importants de sels potassiques.

La *sylvine* est un chlorure simple de potassium, souvent associé à un chlorure double de potassium et de sodium, la *sylvinite*.

Avec le soufre, le potassium se trouve combiné abondamment et constituant des roches, en dépôts puissants dans la nature.

Telle est la *kaimite*, sulfate double hydraté de magnésium et de potassium, combiné à du chlorure de potassium et de magnésium.

La *polyhalite* est un sulfate triple de calcium, potassium et magnésium.

On trouve aussi dans la nature, en roche, ou constituant partie des roches, mais peu abondant, l'*alun potassique*, sulfate double d'aluminium et de potassium.

Le *nitrate de potassium* est aussi un sel naturel, et est communément appelé salpêtre. Ce dernier sel se trouve dans des efflorescences à la surface du sol, ou mélangé à des matériaux basiques sur lesquels a été opérée la nitrification.

Au contraire, les autres sels mentionnés plus haut se rencontrent en couches et mélangés à d'autres sels

minéraux avec lesquels ils forment des roches d'origine sédimentaire.

Ces couches se trouvent au-dessus des dépôts de sel gemme. Elles sont aussi interstratifiées avec ceux-ci. Souvent les sels potassiques sont mélangés au sel marin ou au sulfate de magnésie, la kiéserite.

Les gisements de potasse sont bien d'origine marine. L'eau de mer, à notre époque et dans les conditions normales, renferme les quatre sels dans les proportions moyennes suivantes :

Chlorure de sodium	78,52
— magnésium	9,44
— potassium	1,69
Sulfate de chaux	3,94
— magnésie	6,40

Il a fallu des conditions spéciales pour permettre la formation des couches de sels potassiques.

De nos jours, près de certains rivages, comme ceux du Pacifique, il existe une végétation marine intense. Pour leur croissance, ces algues et varechs assimilent une grande quantité de potasse, qui leur est fournie par l'eau de mer. Il s'opère, pour ainsi dire, dans leurs tissus une concentration des sels potassiques.

Cette végétation est souvent favorisée par l'état plus calme des eaux, tel qu'il existe dans les lagunes, protégées contre les violences du vent, des tempêtes et des grands courants marins.

Les dépôts de sels potassiques, comme ceux de sel

gemme, affectent fréquemment une forme lenticulaire. On les rencontre intercalés dans les formations de l'époque tertiaire.

Dans les lagunes, ou de petits bassins de la mer tertiaire, s'est produite l'évaporation des eaux et ainsi la concentration des sels qu'elles contenaient.

La végétation marine, riche en potasse, a elle-même été soumise à une décomposition, n'ayant plus l'eau nécessaire à son développement. Ainsi s'expliquerait la présence des sels potassiques au-dessus du sel gemme.

Les végétaux marins se sont décomposés lorsque l'eau a entièrement disparu, et après que celle-ci avait déposé le sel gemme par évaporation.

Comme on le voit de nos jours, ces lagunes ont pu subir des alternances de remplissage et de dessèchement. Ces circonstances seraient la cause des successions de couches de sel gemme et de sel potassique, présentées par certains gisements.

La concentration, par évaporation des eaux, a produit le dépôt, en premier lieu, du chlorure de sodium, suivi de celui des sels de potassium et de magnésium.

Ainsi se serait faite naturellement l'opération industrielle effectuée dans certains marais salants, où l'on récupère les sels potassiques des eaux concentrées qui ont déjà donné le chlorure de sodium.

Les minerais de sels potassiques extraits du sous-sol ont des teneurs moyennes assez régulières, mais toutefois variables dans certaines limites. Pour en faciliter

le commerce, les Allemands, qui en détenaient le monopole avant 1919, ont fixé certains types commerciaux pour l'agriculture et l'industrie.

La kainite était ainsi de deux types :

42,4 % de potasse pure.

46 % —

Le sulfate de potassium est livré dans un composé en contenant 87 à 96 %, équivalant ainsi à 47 à 51 % de potasse pure.

Le chlorure de potassium est de quatre types :

97 à 98 %

90 à 95 % contenant 56,9 % de potasse pure.

80 à 85 % — 50 % —

70 à 75 % — 45 % —

La carnallite du type courant était à

9 % de potasse pure.

Ces types de sels potassiques marchands étaient ceux établis par le cartel allemand ; mais, bien entendu, ils peuvent être modifiés par des producteurs nouveaux, si ceux-ci déterminent des types différents convenant mieux à l'agriculture.

Jusqu'ici, ces types ont paru fournir au sol la potasse nécessaire dans la proportion la plus avantageuse.

Les sels potassiques livrés à la consommation proviennent, pour 90 %, des gisements minéraux. Les matières organiques et les sous-produits de fabrication

fournissent seulement 10 $\frac{\text{o}}{\text{o}}$ de la production, ramenée en potasse pure.

Les sels d'origine minérale proviennent des gisements du sous-sol et des dépôts lacustres.

Les matières organiques fournissant de la potasse, sont les varechs, algues et bois, le suint et les salins de betteraves.

La potasse est obtenue comme sous-produit en l'ex-trayant des eaux mères des marais salants et de celles de cristallisation du nitrate de soude. On commence à la récupérer dans les poussières de ciment et les fumées de hauts fourneaux.

CHAPITRE II

Emploi des sels potassiques.

Les roches, par leur désagrégation et leur décomposition, fournissent les éléments constituant la terre du sol. La potasse est un de ces éléments. Mais, cette potasse, contenue dans la roche désagrégée, est très lentement assimilable par les plantes, et ses sources ne sont pas inépuisables.

Un travail d'extraction de la potasse du sol et des roches s'accomplit lentement sous l'influence des agents atmosphériques pénétrant le sol, et par succion des racines des plantes. Cette potasse, ainsi extraite, se retrouve dans les plantes récoltées. Si elle était rendue entièrement à la terre par les fumiers, elle accomplirait un cycle, il serait inutile de se préoccuper de l'épuisement lent des ressources du sol.

Ce cycle n'a pas lieu, les produits de la terre étant vendus ou consommés au dehors, au moins en partie.

La clause des baux à ferme interdisant la vente des pailles produites sur les terres louées, était inspirée par la préoccupation de rendre à la terre les éléments absorbés par les récoltes. L'expérience seule en avait

montré la nécessité, bien que propriétaires et fermiers ignorassent, il y a peu d'années encore, l'existence de la potasse et des autres éléments constitutifs des plantes.

Si l'on peut rendre à la terre la potasse que lui enlève chaque récolte, aucune raison ne s'oppose plus à la consommation des produits au dehors. Si on peut en apporter une dose, même plus importante que celle prélevée par les plantes, la nouvelle récolte sera plus belle.

Ce double but est atteint par l'emploi des sels potassiques. Pour satisfaire à tous les besoins, il fallait trouver dans le sous-sol des ressources suffisantes.

La découverte, en 1850, des gisements de Stassfurt a provoqué, pendant une vingtaine d'années, des expériences et des développements techniques, qui ont permis l'utilisation réelle et rationnelle des sels potassiques à la fin seulement du siècle dernier.

On a reconnu les grands avantages de l'emploi de ces sels dans la culture des céréales et de la vigne. Les praticiens des États-Unis ont prouvé leur utilité dans la culture du coton.

La kainite est largement employée pour l'amendement des prairies.

Le sulfure de potassium favorise les cultures intensives, telles que celles du tabac, des légumes et des fruits.

Les découvertes de la chimie organique ont ainsi

porté vers l'agriculture la consommation des sels potassiques, auparavant presque uniquement absorbés par l'industrie.

Vers la même époque, les découvertes de Leblanc et de Solvay ont permis d'extraire économiquement la soude du sel gemme et de l'employer, au lieu de la potasse, dans la plupart des industries.

Actuellement, les sels potassiques absorbés par les usages industriels représentent seulement 12 % de la consommation totale, 88 % étant pris par l'agriculture.

La potasse a été à peu près remplacée par la soude dans la fabrication des verres et cristaux, dans la teinturerie et le blanchiment, ainsi que dans la fabrication des savons.

Les usages industriels de la potasse sont limités, à notre époque, à la préparation des sels nécessaires à la peinture, à la pharmacie et à quelques composés chimiques spéciaux, en particulier ceux entrant dans la composition de certains explosifs.

La consommation du cyanure de potassium s'est considérablement développée, depuis vingt ans, par l'application du procédé Mac Arthur Forest au traitement des minerais complexes d'or et d'argent, suivant la méthode précédemment exposée.

Certains sels de potasse sont aussi employés dans la photographie, dans la fabrication des allumettes, de la potasse caustique et de quelques verres spéciaux.

CHAPITRE III

Formations géologiques des gisements de sels potassiques et leur production.

Les gisements connus de sels potassiques sont peu nombreux. Leurs réserves sont considérables. L'agriculture et l'industrie n'ont pas lieu de s'inquiéter de leur épuisement.

Par l'étendue de ses gisements de la région de Stassfurt, l'Allemagne possédait un monopole, de fait, des sels de potasse. Par la découverte des dépôts de la Haute-Alsace et par celle plus récente de ceux de Catalogne, la concurrence va s'établir pour le ravitaillement mondial. Le gisement de Kalusch, en Galicie, est de moindre importance.

Quelques gisements secondaires sont aussi connus, et l'étude géologique de certaines formations permet de croire à de nouvelles découvertes. Les réserves actuellement connues sont cependant plus que suffisantes pour alimenter la consommation mondiale pendant un temps illimité.

Gisements de Stassfurt.

(SAXE ET PRUSSE)

Depuis l'époque romaine, le sel gemme a été extrait des Salines de la Saxe. Pendant des siècles, on a traité l'eau salée des courants souterrains sans rechercher l'origine de sa saturation.

La ville de Stassfurt, construite au milieu des salines, devint un centre industriel de grande importance.

Seulement à une époque récente, on reconnut l'origine du sel dissous dans les eaux traitées.

Plusieurs sondages pratiqués de 1837 à 1850 reconnurent les bancs de sel gemme, sans en déterminer toutefois la puissance totale, car ces sondages furent arrêtés après avoir traversé des épaisseurs de plus de 200 mètres de sel.

En 1856, en forant des puits destinés à l'exploitation de ce sel, on découvrit, au-dessus du banc de gemme pur, un dépôt de sel bigarré, que l'analyse prouva contenir du potassium et du magnésium.

Les matériaux de cette couche supérieure, enlevées pour exploiter le banc de gemme, étaient rejetés, et on les dénommait : sels de déblai. La valeur de ce déblai fut reconnue seulement en 1861.

Vers 1864, on put établir la section géologique des couches salifères de la région de Stassfurt, et déterminer les couches de sels potassiques.

Le bassin salifère occupe une énorme superficie s'étendant sur la Saxe, la Prusse, le Brunswick et le Hanovre. Cette surface est estimée à environ 1500 kilomètres carrés.

Les couches de sels potassiques se trouvent à des profondeurs variant de 300 mètres à 900 mètres.

Leur profil affecte une courbe sinusoïdale.

On rencontre d'abord une couche de 42 mètres de puissance, formée de *carnallite* et intercalée dans le sel gemme. Ensuite, vient une couche de 56 mètres de *kiésérite*, puis une de 60 mètres de sel gemme avec des lits intercalés de *polyhalite*. Au-dessous, se trouve l'énorme banc de sel gemme pur, dont la puissance dépasse 500 mètres.

Les couches des trois étages supérieurs ont une coloration rose due à la présence d'oxyde de fer.

Les sels de potasse du commerce sont retirés de la couche supérieure.

Un double triage à la main sépare d'abord la *carnallite* du sel gemme.

Le produit du triage est dissous dans l'eau chaude, et les sulfates de magnésium et de potassium restent sous forme de dépôt.

En laissant refroidir cette solution concentrée, on recueille, par cristallisation, des chlorures de potassium et de magnésium.

Faisant dissoudre de nouveau dans l'eau bouillante les sels combinés, et laissant refroidir la solution, le

chlorure de potassium, moins soluble, est déposé à peu près complètement, tandis que le chlorure de magnésium, très soluble au contraire, reste dans les eaux mères.

Les sulfates de la première opération sont employés à la préparation des engrais chimiques.

Le chlorure de potassium sert à la fabrication des produits chimiques.

Tout ce traitement humide nécessite d'abord un concassage du minerai extrait, suivi d'opérations de triage. Très simple en apparence, le traitement par dissolution est compliqué d'une série d'opérations et de manutentions.

Ce traitement et ces opérations sont nécessités par la présence des sels de magnésie mélangés aux sels de potasse. Il est nécessaire d'éliminer ces sels de magnésie pour avoir un produit potassique assimilable.

Les eaux évacuées des usines, après traitement des sels potassiques, sont souvent trop chargées de sels pour être employées dans les chaudières et pour certaines fabrications.

Le service hydrographique fédéral a fixé à 50 le degré de dureté, que ne doivent pas dépasser ces eaux, et a limité aussi la teneur en chlore.

Le brome est recueilli comme sous-produit dans le traitement des sels de potassium.

L'exploitation des sels potassiques du bassin de Stassfurt est faite par 209 sièges miniers.

Jusqu'en 1915, ces mines fournissaient la presque totalité des sels de potasse d'origine minérale consommés par l'agriculture et l'industrie du monde entier.

Le profil des couches n'est pas le plus favorable à l'exploitation, et cependant la nature du minerai et le peu de risques offerts par les chantiers d'abattage permettaient une extraction de 1,5 tonne par jour et par ouvrier, fond et surface compris.

Les prix en 1915, départ Stassfurt, étaient fr. 21,75 pour le chlorure à 60 % et fr. 25,50 pour le sulfate.

L'extraction, qui atteignait seulement 5 000 000 de sels bruts en 1900, était passée d'après l'annuaire de l'Institut international de Rome à :

9 706 507 tonnes en 1911.
11 070 014 — — 1912.
11 607 510 — — 1913.

Avec ces sels bruts les usines ont produit en 1915 :

4 650 000 tonnes de sels concentrés pour la consommation.
485 000 — de chlorure de potassium.
111 000 — — sulfate de potassium.

Environ la moitié des sels bruts étaient de la Kaïnite.

Les réserves de sels potassiques, de Saxe, Hanovre, Brunswick et Prusse peuvent être considérées comme illimitées.

Jusqu'ici la production était limitée seulement par la demande. A l'avenir elle le sera par la production

des mines concurrentes d'Alsace et de Catalogne. La concurrence existait seulement entre les mines allemandes, et le Gouvernement Fédéral allemand voulant éviter une surproduction et les difficultés qui en résulteraient pour les Sociétés minières et pour le commerce allemand, avait limité la vente des produits potassiques.

La loi du 25 mai 1910 a institué le cartel des producteurs de potasse, sous la protection et sous la surveillance du Gouvernement fédéral.

Un comité de sept membres administre le Cartel. Quatre membres représentent les Sociétés minières, et les trois autres, dont le Président, représentent l'État. En cas de désaccord, le Président peut en appeler au Reichstag. Les consommateurs sont ainsi protégés.

Une mine doit être admise d'abord dans le Syndicat de la Potasse, si ses propriétaires veulent être autorisés à vendre ses produits. Pour pouvoir faire partie du Syndicat, ils doivent conformer aux desiderata du Comité les travaux miniers et les installations de surface.

Les quantités de chaque catégorie de sels dont la vente est autorisée pour chaque mine, en Allemagne et à l'étranger, sont fixées annuellement par le Comité. Bien entendu, il fixe aussi les prix pour chaque catégorie. Tous les prix diffèrent suivant la destination, allemande ou étrangère. Le Comité fixe également les salaires des ouvriers.

Les décisions du Comité sont exécutoires pour toutes les mines. Les usines traitant les sels potassiques extraits des mines allemandes, ne peuvent être créées, même à l'étranger, sans l'approbation du Comité, qui peut interdire de les approvisionner.

Les mines ne peuvent vendre à des intermédiaires ou à des courtiers.

Les ventes à l'étranger doivent être faites directement, c'est-à-dire par les agents ou représentants des mines elles-mêmes.

Les sels préparés peuvent être produits seulement dans les usines dépendant des mines, et dans huit usines spéciales existant avant le vote de la loi.

Comme on le voit, le but de cette loi est d'empêcher la surproduction et la concurrence. Elle cherche à concilier l'intérêt général avec l'intérêt particulier. Elle permettait aux concessionnaires d'engager sans risques les gros capitaux nécessaires aux travaux de premier établissement et aux installations des usines.

On estimait, en 1914, à dix millions de francs la somme à engager pour la mise en marche d'un siège minier avec son usine de traitement. Une telle mine rendait annuellement 2250 000 francs, après une préparation de quatre à cinq années.

Pour satisfaire à toutes les lois et à tous les impôts, il doit exister une marge considérable entre le prix de vente et le prix de revient industriel, et là se trouve le point faible de l'industrie potassique allemande en

face de concurrentes, comme peuvent le devenir l'Alsace et la Catalogne.

La grande quantité de magnésie mélangée à la potasse, et nécessitant un traitement coûteux, est aussi un désavantage.

La moyenne des bénéfices nets des exploitants était de 9 %.

Pour sauvegarder leurs intérêts, le Conseil fédéral a décidé, en 1917, qu'aucune mine nouvelle ne pourrait être mise en exploitation. C'est un monopole de fait pour les exploitations actuelles, à moins qu'une nouvelle législation n'intervienne.

Les contingents des différents sels, fixés pour 1915, pour la consommation allemande et pour l'exportation, donnent une idée exacte de la production des mines allemandes, qui fournissaient ainsi exclusivement le monde entier.

	Pour con- sommation allemande. Tonnes.	Pour exportation. Tonnes.	Total. Tonnes.
Carnallite entre 9 % et 12 %.	7 210	70	7 280
Sels bruts entre 12 % et 15 %.	525 200	155 020	556 702
Sels de fumure 20 % à 22 %.	2 250	47 000	49 250
Sels de fumure 20 % à 32 %.	3 800	17 280	21 080
Sels de fumure 40 % à 42 %.	201 000	65 500	264 500
Chlorure de potassium . . .	66 200	174 100	240 300
Sulfate de potassium à plus de 42 %	1 700	57 450	59 150
Sulfate double de potassium et magnésium	190	15 120	15 310
Total de potasse anhydre . .	606 580	519 540	1 126 120

La situation est entièrement modifiée par suite de la concurrence des mines françaises d'Alsace.

Les prix de vente pour l'exportation étaient plus élevés que ceux appliqués à la consommation allemande.

Celle-ci avait aussi l'avantage de pouvoir employer des sels pauvres. Produits au centre de l'Allemagne, ils étaient grevés de frais de transports peu élevés et pouvaient, grâce à leur prix très bas, être utilisés par les agriculteurs, malgré une proportion peu élevée de sels utiles pour leur poids.

Cette grande industrie employait 42 000 ouvriers en 1914, et avait à rémunérer un capital de deux milliards de francs.

Gisements de Haute-Alsace.

De tous temps, on a connu des sources salées en Haute-Alsace, dans la région située au sud de Colmar. Les noms de nombreuses villes ou villages, Soultzbach, Soultz, sont suffisamment significatifs. Comme en Saxe, on se contenta pendant des siècles d'exploiter les courants souterrains d'eaux renfermant le sel gemme en dissolution.

En 1904, MM. Vogt, Zurcher et Grisez s'associèrent à quelques capitalistes alsaciens et Français, dans le but d'exécuter des sondages pour rechercher le pétrole.

Ils constituèrent la Société « Bonne Espérance » et chargèrent MM. Vogt, de Niederbruck, d'effectuer les opérations de recherche.

Les premières découvertes de sels potassiques, ainsi réalisées fortuitement, datent de 1904, et depuis cette époque jusqu'en 1915 la Société a exécuté 160 sondages.

Les couches potassiques se trouvent à des profondeurs variant de 450 à 1000 mètres, et sont situées au-dessous d'un dépôt de sel gemme dont la puissance atteint 240 mètres. Elles sont au nombre de deux, séparées par des schistes. La puissance de la couche supérieure est de 1 m. 60 et celle de la couche inférieure de 4 m. 15. L'une et l'autre sont constituées par une combinaison de chlorures de potassium et de sodium, c'est-à-dire de sylvinite. La couche supérieure a une teneur moyenne de 55 % de chlorure de potassium, et la couche inférieure de 50 %.

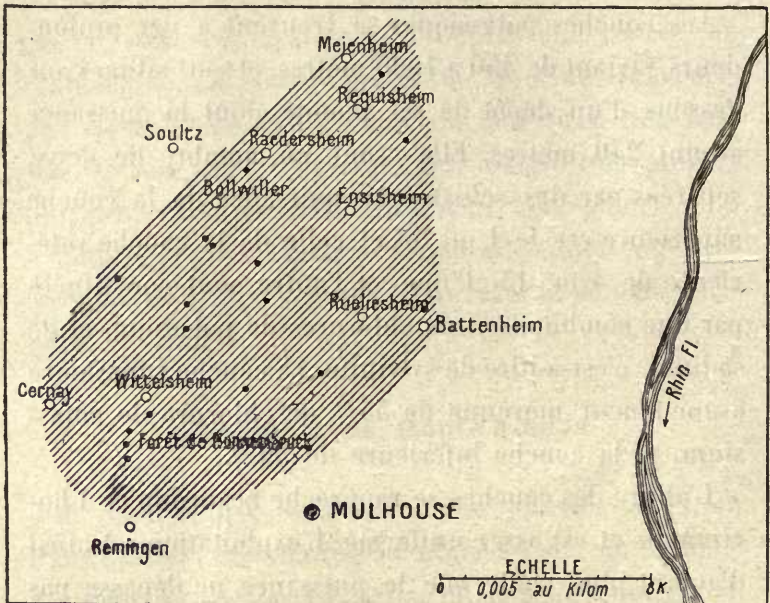
L'allure des couches se rapproche beaucoup de l'horizontale et est assez uniforme. L'exploitation est ainsi d'autant plus facile que la puissance ne dépasse pas 4 m. 50.

Le traitement du minerai extrait est très simple. La kieselite est le seul sel de magnésium faisant partie de la masse, et sa séparation par triage est facile.

Les sondages ont permis de prouver l'existence de ces dépôts dans un bassin s'étendant sur une superficie de 26 000 hectares. Dans un rapport à la Société industrielle de Mulhouse, M. Binder démontre que l'on

pourra extraire environ un milliard et demi de tonnes de sels, renfermant trois cents millions de tonnes de potasse pure.

Un géologue de Munich, le Docteur Foerster, qui a habité longtemps la Haute-Alsace et y a étudié les



Bassin potassique de Haute-Alsace.

résultats des sondages, a estimé aussi à 500 millions de tonnes de potasse pure les réserves du bassin alsacien.

Tous ces calculs sont basés sur les sondages et travaux exécutés, sans tenir compte de l'extension possible des gisements dans les régions limitrophes.

La région ainsi reconnue est délimitée par un tracé ellipsoïdal passant par Remingen, les faubourgs de Mulhouse, Battenheim, Biltzheim, Boedersheim, Cernay.

Des sondages exécutés en territoire Badois, de l'autre côté du Rhin, ont recoupé les couches potassiques. Par contre, ceux exécutés dans les environs de Belfort n'ont rien trouvé.

A l'époque oligocène, la Haute-Alsace actuelle était recouverte par la mer. Par suite de la séparation ultérieure de ce bassin, les eaux ont pu déposer par évaporation les sels qu'elles contenaient. Des alternances de communication et de séparation de ce golfe avec la mer ont ainsi amené le dépôt de couches superposées. Les couches supérieures de sel gemme et d'argile sont dues à l'époque tertiaire. Enfin, sont venues les alluvions du Rhin, lorsque à la fin de la même époque, ce fleuve a formé son Thalweg, et est devenu le canal d'écoulement des eaux de Haute-Alsace et du pays de Bade.

Sur les concessions de la Société Amélie et de ses filiales existent huit puits, par lesquels les couches de sels potassiques sont exploitées à des profondeurs de 570 à 650 mètres.

La Société « Sainte-Thérèse » a foncé quatre puits. Les travaux de fonçage, équipement et développement sont très avancés sur les autres concessions.

En 1915, les mines alsaciennes avaient extrait déjà

des sels potassiques équivalant à 2 200 tonnes de potasse pure. Elles sont entrées en 1915 dans la période définitive de production.

La Société « Hohenzollern » a commencé son exploitation en 1916, en produisant une quantité de sels équivalant à 1 455 tonnes de potasse pure.

Il semble que l'industrie minière de Haute-Alsace, dans son état de développement actuel, soit prête pour une extraction annuelle de six millions de tonnes de sels. Après deux années de plein développement, on peut espérer pouvoir produire douze millions de tonnes de sels.

Il convient de signaler que les sels potassiques d'Alsace peuvent être extraits et livrés au commerce à des prix inférieurs à ceux pratiqués pour les sels de Stassfurt, si les voies et moyens de transports sont améliorés. Les sels de potassium sont exempts de magnésium à l'état de combinaison. Les sels de magnésium sont seulement juxtaposés. Le traitement long et coûteux, consistant en une série d'opérations de dissolution et de précipitation, est donc économisé.

L'extraction peut aussi être plus économique.

Les couches à profil sinusoïdal de Stassfurt nécessitent des travaux de préparation plus dispendieux et des abatages de stérile, qui sont évités en Alsace par l'allure régulière de la formation potassique.

Par suite de ces conditions avantageuses, le capital à rémunérer est moins considérable.

La découverte des gisements de potasse d'Alsace et la reconnaissance absolue du bassin par des travaux de recherches et de sondage, ont été entièrement dues à l'initiative et aux études des techniciens et des capitalistes de France et d'Alsace, fondateurs de la Société « Bonne Espérance ». Ils ont prouvé l'existence d'un bassin salifère capable d'alimenter en potasse la consommation mondiale.

Les retards apportés à la mise en valeur de ce bassin sont dus uniquement à l'opposition du puissant Syndicat allemand de la potasse, qui voulait réserver le marché mondial aux mines de la région de Stassfurt.

Dans les années 1910 et suivantes, les grandes Sociétés allemandes ayant cependant pris des intérêts importants dans les mines alsaciennes, et certaines de celles-ci ayant été admises dans le Syndicat, le développement de ces mines est devenu plus rapide.

A la suite des résultats obtenus par ses sondages, la « Bonne Espérance » avait fondé la Société « Amélie », à laquelle furent attribuées des concessions couvrant 19 000 hectares.

A son tour, la Société « Amélie » a fondé onze filiales, afin de profiter des règlements du cartel de la potasse, qui attribuent, pour la vente des sels, un quantum par siège d'extraction opérant sur 1 800 hectares. La société « Amélie » a pu en 16 mois foré un puits de 670 mètres et commencer en 1910 l'exploitation des sels.

Aussitôt, la société allemande de Stassfurt la « Deutsche Kaliwerke », comprenant la valeur du gisement alsacien, et redoutant l'esprit d'indépendance de ces nouveaux concurrents, acheta un nombre de parts suffisant pour s'assurer le contrôle de la Société « Amélie ». Elle paya même 50 000 marks les parts ayant coûté 6 000 marks à leurs détenteurs.

Un nombre important d'actions des filiales de la société « Amélie » sont restées en possession de capitalistes français et alsaciens.

En même temps que la Société « Bonne Espérance » organisait la Société « Amélie », un autre groupe de capitalistes français et alsaciens constituait la Société « Sainte Thérèse ». Celle-ci obtenait alors des concessions couvrant 5600 hectares, et achetait ensuite la majorité des parts dans deux autres sociétés, propriétaires des concessions limitrophes des siennes.

Deux groupes allemands ont aussi acquis des concessions et ont entrepris leur mise en valeur.

On peut dire que, à l'époque du retour de l'Alsace à la France, le bassin potassique de la région de Cernay était sous le contrôle de quatre groupes principaux.

1° La « Deutsche Kaliwerke » a engagé environ 40 millions de francs dans huit sociétés minières d'Alsace constituées à mille parts, et ses intérêts peuvent être indiqués comme suit :

	Capital en marks par les détenteurs de parts.	Capital obligations en marks.	Nombre de parts sur mille possé- dées par « Deutsch Kaliwerke ».
Sté Amélie	6 000 000	2 627 000	997/1 000
— Anna	4 150 000	2 250 000	96/1 000
— Else.	»	2 425 000	980/1 000
— Joseph	»	»	980/1 000
— Marie	5 100 000	1 500 000	501/1 000
— Marie-Louise .	»	1 800 000	501/1 000
— Marc	2 550 000	2 000 000	444/1 000
— Reichsland. .	6 500 000	2 384 000	41/1 000

2° La société « Sainte Thérèse » était une société au capital de 8 000 000 marks, divisé en actions de mille marks chacune. Elle avait un capital obligations de 2 400 000 marks. Elle s'est transformée en une société française au capital de dix millions de francs.

Elle avait engagé environ 22 500 000 marks dans les diverses concessions ou Sociétés dans lesquelles elle était intéressée.

Elle possède ainsi sept concessions, et elle détient toutes les parts de la société « Alexis », propriétaire de neuf concessions, et aussi toutes celles de la société « Rodolphe », possédant elle-même huit concessions.

5° Le groupe « Wintershall » aurait engagé environ 16 millions, et est intéressé dans les sociétés « Prince Eugène » et « Théodore », dans chacune desquelles il détient 501 parts sur 1 000 émises.

Chacune de ces deux sociétés a aussi émis 2 000 000 marks d'obligations. La première Société possède trois concessions, et la seconde dix. Le Gouvernement d'Al-

sace-Lorraine aurait reçu des parts de chacune de ces Sociétés.

4° La Société « Hohenzollern », formée par le groupe des métallurgistes Roechling, possédait 750 parts sur 1000 dans la société « Anna », propriétaire de six concessions, et 600 parts sur 1000 dans la société « Reichsland », propriétaire de neuf concessions. Le Gouvernement d'Alsace-Lorraine aurait reçu 554 parts de la société « Reichsland ».

La « Gluckauf », de Sondershausen, a acheté, en mars 1918, tout l'actif de la société « Hohenzollern », moyennant 500 actions nouvelles « Gluckauf ».

La loi fédérale de 1910 accordait certains avantages aux mines de potasse dans lesquelles les États étaient intéressés. Pour obtenir ces avantages, certaines sociétés ont ainsi attribué au Gouvernement d'Alsace-Lorraine 5 % à 8 % de leurs parts émises.

Le total des capitaux engagés dans les mines de Haute-Alsace ne dépasserait pas cent millions, et déjà une dizaine de sièges d'extraction sont en état de livrer les sels potassiques. En se basant sur les résultats obtenus à Stassfurt, et sans tenir compte même des conditions plus avantageuses de l'exploitation, le rendement des capitaux devrait être élevé. Dans tous les cas, les capitaux engagés sont bien inférieurs à ceux absorbés par les mines de Stassfurt. C'est là un grand avantage pour l'avenir.

En tenant compte des concessions exploitées uni-

quement par les Français et les Alsaciens, aussi bien que des intérêts possédés par eux dans les sociétés allemandes, on estimait les intérêts français et alsaciens à 40 % du total des intérêts divers dans les mines de potasse d'Alsace avant le retour de ce pays à la France.

Le traitement du minerai est très simple.

Le minerai extrait est soumis à un concassage, qui permet d'effectuer un triage. Les sels potassiques sont ensuite pulvérisés pour être ensachés et livrés au commerce. Celui-ci exigeant différents titres de chlorure, on obtient ces catégories par des mélanges dont l'analyse détermine les teneurs.

Cette préparation purement mécanique est très simple, et fournit les sels employés par l'agriculture.

L'industrie demande généralement des sels à plus haut titre.

On obtient un chlorure de potassium plus pur, en traitant le minerai dans une dissolution bouillante de sel marin. Le chlorure de potassium est dissous et le chlorure de sodium étant en excès se précipite. Après clarification, la liqueur est envoyée dans des cuves où se produit la cristallisation du chlorure de potassium. Par des dissolutions successives, on peut enrichir ces cristaux.

Les cristaux sont séchés dans des fours rotatifs.

Du fait de l'absence de sels de magnésie, la préparation des sels potassiques est plus simple qu'à Stassfurt, et par suite moins dispendieuse.

Jusqu'ici, la préparation du chlorure de potassium a été peu poussée en Alsace. Les mines produisaient surtout des sels bruts de Sylvinite.

Lors de la prise de possession par l'administration française à la terminaison des hostilités, il existait dix puits équipés et pouvant extraire. Tous ces puits peuvent produire actuellement 1500 à 2000 tonnes de sylvinite par jour.

Le ravitaillement de la France en potasse est ainsi déjà assuré au delà de la consommation de 1915, et une quantité importante peut dès maintenant être attribuée à l'exportation.

Gisements de Catalogne.

L'abondance des ressources allemandes et la puissance du Syndicat de la potasse avaient arrêté toutes recherches spéciales pour découvrir de nouveaux gisements de sels potassiques dans d'autres pays. On a vu que la première reconnaissance des couches potassiques en Alsace avait été fortuite. Le même fait s'est produit en Catalogne, et cependant, là aussi, on semble se trouver en présence de très grandes réserves.

On peut dire que le sous-sol n'a jamais été prospecté pour la potasse.

Étant donnée l'importance des nombreux bassins connus de sel gemme, on peut s'attendre à trouver ailleurs de nouveaux gisements.

Ce fait, déjà constaté en Saxe et en Alsace, se vérifie aussi en Catalogne.

Comme dans les deux premières régions, le sel gemme y est exploité de temps immémorial.

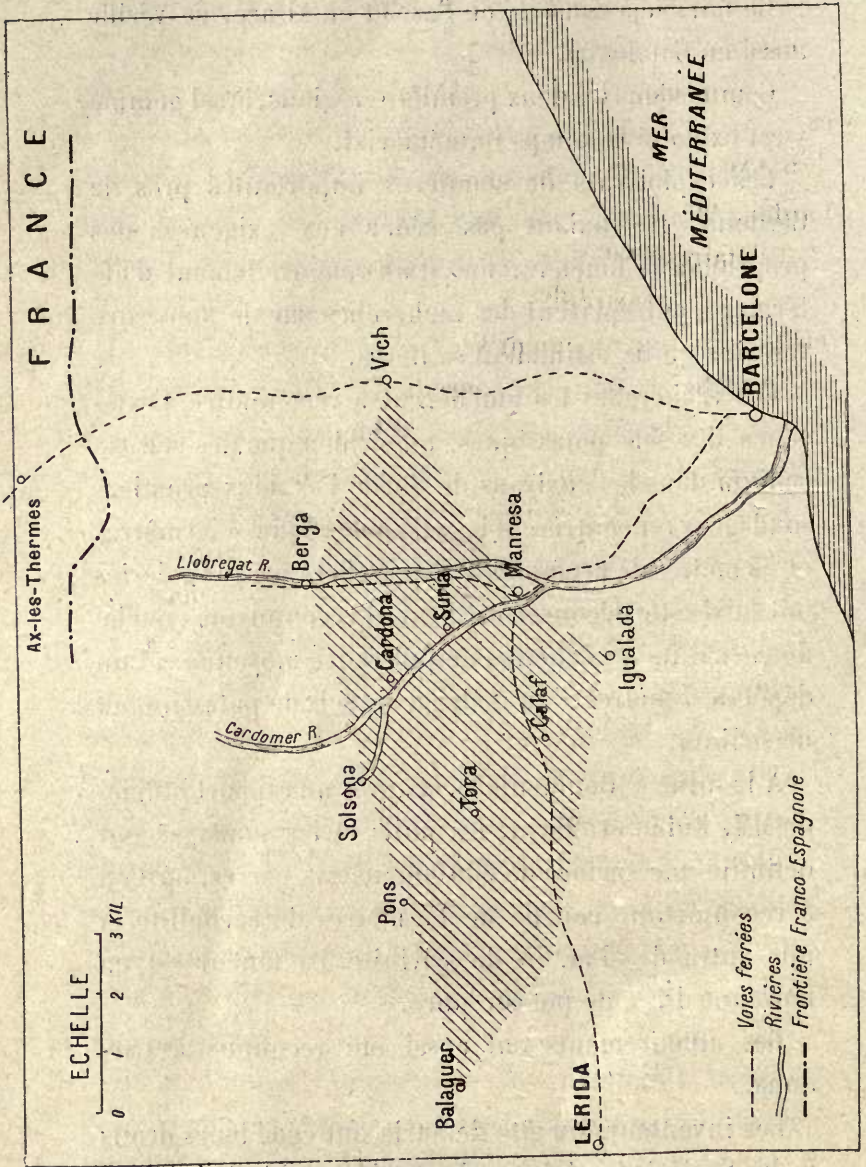
Les exploitants de soudières importantes près de Cardona, ne voulant pas céder aux exigences des propriétaires fonciers, lors d'un renouvellement d'affermage, entreprirent des recherches sur de nouveaux terrains qu'ils estimaient salifères.

Ces recherches les amenèrent à reconnaître l'existence des sels potassiques, aussi bien que des sels de sodium dans les environs de Suria. Les deux premiers sondages y rencontrèrent les sels potassiques à 58 mètres et 55 mètres de profondeur. Des recherches par galeries ont suivi cette découverte. Elles ont reconnu une couche de carnallite de 4 mètres de puissance moyenne, et un dépôt de 7 mètres d'un mélange de sels de potassium et de sodium.

A la mine « Roumanie », d'après un rapport officiel de MM. Rubio et Marin, les puits et les sondages ont délimité une surface de 230 000 mètres carrés, où l'on a reconnu une couche de 17 mètres de carnallite et une autre de 5 m. 75 de sylvinite. La teneur est en moyenne 12 % de potasse pure.

Des affleurements ont aussi été reconnus à Cardona.

Les inventeurs du gîte de Suria ont cédé leurs droits à la Société bordelaise de produits chimiques, qui



Bassin potassique de Catalogne.

constitua avec M. M. Solvay un Syndicat Franco-Belge, dans le but de continuer les recherches et d'obtenir les concessions.

Tous ces faits datent seulement de 1915 et 1914. L'existence des sels potassiques semble prouvée dans un quadrilatère de 120 kilomètres par 60 kilomètres.

Le Syndicat Franco-Belge seul a exécuté douze sondages de 500 à 850 mètres de profondeur sur ses concessions couvrant 12000 hectares. Ces sondages ont traversé de puissants banes de sel gemme avant d'atteindre les sels potassiques. Ils ont reconnu une zone de dix kilomètres, où les sels potassiques existent dans des conditions favorables pour l'exploitation. Un puits d'extraction d'une capacité de mille tonnes par jour a été foré.

Une autre société, la « Fodina », a effectué quatre sondages et d'autres travaux d'exploration.

La « Sociedad Industrial y Commercial » a foré trois puits près des salines de Cardona, et a atteint les couches de sels potassiques.

Les résultats de tous ces travaux et les études faites par les ingénieurs du Gouvernement espagnol montrent que Suria occupe le centre des dépôts laissés par un lac s'étendant, à la fin de l'Eocène et au commencement de l'Oligocène, sur la région formant actuellement le Nord-Ouest de la province de Barcelone et l'Est de celle de Lérida.

Dans ce lac, se sont produites des zones de concen-

tration, et Suria se trouve ainsi au centre d'une de ces zones.

Les sondages semblent avoir prouvé un certain nombre de caractères de la formation géologique.

Ils ont traversé, d'abord sur des sections variant de 200 à 500 mètres, des couches alternées de calcaire, sables et marnes.

Dans une deuxième zone, de 150 à 200 mètres de puissance, ils ont rencontré des couches de marne contenant du gypse, et alternant avec des couches de calcaire de faible puissance.

La troisième zone présente des couches de sel marin fortement coloré alternant avec des couches de sables, dans lesquels sont emmagasinés des hydrocarbures.

Dans la quatrième zone, on arrive aux sels potassiques. Sur une puissance variant de 50 à 100 mètres, on a trouvé le sel gemme, alternant ou mélangé avec les sels potassiques.

Après avoir traversé des banes de marne et de sel gemme, on arrive à une nouvelle zone potassique de 15 mètres en moyenne, où la carnallite est mélangée au sel gemme.

Les surfaces concédées avant le décret réservant les droits de l'État semblent être :

Syndicat Franco-Belge.	15 000 hect.
La Sevillana	8 000 —
La Fodina	59 000 —
	<hr/>
A reporter	62 000 hect.

	<i>Report</i>	62 000 hect.
La Minera		55 000 —
Sociedad industrial y comercial		11 500 —
Demetrio Castellana		2 150 —
Juan Vives		1 950 —
Duque de Tarifa		180 —
Bradley		2 400 —
	Total	115 180 hect.

Les deux premières concessions sont contrôlées par des Français.

La Fodina et la Minera sont contrôlées par des Allemands.

Les autres concessions appartiennent à des Espagnols, à l'exception de celle attribuée à M. Bradley qui est américain.

On voit que la plus grande partie de la surface concédée appartient à des Allemands.

Les travaux de recherches ne sont pas encore assez avancés pour permettre d'évaluer les réserves, mais on peut les considérer dès maintenant comme très importantes.

L'allure régulière des couches, leur proximité de la surface, le prix de la main-d'œuvre, donnent aux gisements de Catalogne un grand avantage sur ceux de Stassfurt. Peu éloignés du port de Barcelone, et reliés par la voie ferrée aux terres les plus cultivées de l'ouest de l'Espagne et du midi de la France, leurs produits pourront être envoyés économiquement vers de grands débouchés de consommation.

Il est à croire que le Gouvernement espagnol prendra toutes mesures pour favoriser le développement de cette richesse de son sous-sol.

Il est intéressant de constater que la reconnaissance de ces richesses naturelles est due, comme en Alsace, à l'initiative et aux capitaux français.

Jusqu'ici le gouvernement espagnol a paru chercher à réserver l'avenir. Un décret du 1^{er} juillet 1914 a soumis au contrôle par l'État la production et la vente des sels des concessions à accorder ultérieurement.

Le 1^{er} Octobre 1914, un nouveau décret a fixé une zone réservée temporairement par l'État, et comprise entre les points suivants : Isona, Berga, Vich, Manresa, Igualada, Torrega et Balaguer.

Le gouvernement a aussi émis la prétention, non acceptée par les anciens concessionnaires, d'obliger ceux-ci à travailler leurs concessions sans interruption, soit pour prospection, soit pour exploitation. L'exploitation pourrait avoir lieu seulement si elle laissait des bénéfices, et, sur ceux-ci, une part serait attribuée à l'État. De telles revendications n'existent jusqu'ici dans aucun code minier.

Gisements de Galicie.

Les sels potassiques sont exploités à Kaluez depuis fort longtemps, mais les dépôts sont loin d'atteindre l'importance de ceux précédemment étudiés. Leur pro-

duction annuelle représente seulement une moyenne de 1500 tonnes de potasse pure.

Gisements des États-Unis.

Les soulèvements ayant donné naissance à la chaîne des Montagnes Rocheuses ont, par une série de secousses, élevé aussi toute la côte du Pacifique. Des bassins salins ont subsisté, isolés de l'Océan. Les eaux, contenant les sels en dissolution, se réunissent dans des lacs nombreux, principalement dans les États de l'Utah, Nebraska, Nevada et Californie.

Ces lacs constituent des réservoirs de concentration dans lesquels les eaux chargées de sels, amenées par de petites rivières, sont soumises à une évaporation constante.

Pendant longtemps, le sel marin a été seul recueilli dans ces lacs par le traitement usuel. Des analyses complètes des eaux et de leurs dépôts ont fait reconnaître la présence, dans certains lacs, de proportions élevées de sels de potassium, magnésium, brome, etc., etc....

Depuis 1912, de nombreuses études ont été faites industriellement en vue de la séparation des différents sels. Le lac Searles, situé en Californie, au nord de San Francisco, a paru tout spécialement riche en sels potassiques.

La « American Trona Corporation » a installé là des

usines fonctionnant d'une façon régulière depuis 1918, et donnant des résultats très brillants, quant aux sels extraits et à leurs prix de revient. Les sels potassiques sont considérés comme produit principal et les autres sels comme sous-produits. La raffinerie de San Pedro complète les usines du lac Searles.

Ses installations lui permettent de produire journalièrement une quantité de sels potassiques équivalant à cent tonnes de potasse pure.

D'autres dépôts de sels potassiques sont soumis à l'étude.

Stimulée par les besoins du pays, privée de la potasse d'importation pendant les années de guerre, l'industrie américaine a pu retirer des lacs de l'Ouest, en 1918, un total de 147 125 tonnes de sel, équivalant à 59 255 tonnes de potasse pure.

En Russie, dans le gouvernement de Perm, il existe un gisement encore inexploité à Salikouk, sur un affluent du Volga.

En Hollande, on connaît depuis longtemps, dans la province d'Overyssel, des gisements qui n'ont pu encore être exploités.

Dépôts lacustres d'Érythrée et de Tunisie.

Dans la colonie italienne d'Érythrée, une compagnie anglaise exploite des minerais d'une teneur de 80 % en sels potassiques. Le gisement est une formation

lacustre d'époque récente, et présente une réserve peu considérable. On a cependant extrait 50 000 tonnes en 1917.

Le gîte de « Sekra el Mela » sur la côte tunisienne, près de Zarzis, au sud de Gabès, est une formation de même origine. Un bassin lacustre y couvre une superficie de 15 000 hectares.

Le fond de ce bassin est constitué par une couche de sels en partie cristallisés. Sous cette couche, on rencontre souvent des poches contenant une eau chargée de sels et titrant 27°5 B. Ces poches sont inépuisables, c'est-à-dire que le liquide s'y renouvelle constamment lorsqu'on en opère l'extraction.

Cette solution contient en moyenne par litre :

Chlorure de potassium.	20	grammes.
Bromure —	6	—
Chlorure de magnésium	200	—
Sulfate —	40	—
Chlorure de sodium.	160	—

La première utilisation industrielle de ces dépôts a eu pour but l'extraction du brome, et, à cet effet, une usine de traitement fut installée à 25 kilomètres de la côte, en 1915.

Pour récupérer les sels de potasse, on a installé ensuite une autre usine à 8 kilomètres de la côte.

On procède par évaporation totale au soleil, puis on dissout par l'eau froide les sels de magnésium. Les sels de potassium, moins solubles, sont ainsi isolés.

Une superficie de 200 hectares est ainsi affectée à l'évaporation des eaux mères. La production a atteint :

1917	20 000 tonnes.
1918	25 000 —

de sels bruts de potasse à 40 %.

Commercialement, ce sel est dénommé Sebkaïnite et a été reçu avec faveur sur le marché français.

On a monté plus récemment une raffinerie. La Sebkaïnite additionnée de chlorure de magnésium est dissoute et l'on recueille de la carnallite cristallisée. Par simple lavage à l'eau froide, on obtient le chlorure de potassium pur.

On a projeté des installations nouvelles, quadruplant la surface d'évaporation, et on espère produire 100 000 tonnes annuellement.

La nature même du dépôt et des solutions traitées a démontré l'existence de réserves très considérables, dont on pourra tirer spécialement du chlorure de potassium, sel employé chaque année davantage.

Dépôts lacustres du Chili.

Au Chili, des dépôts lacustres sont aussi exploités depuis un nombre d'années. Les lacs Pintados et Bella Vista, situés dans la province de Tarapaca, présentent des dépôts dont l'épaisseur moyenne est 0 m. 20.

Ces sels ont été déposés par les eaux de mer, avant

l'époque où les terres de cette côte ont émergé, et la croûte terrestre en est imprégnée.

Les eaux prenant ces sels en dissolution, l'évaporation produit ensuite une concentration dans ces lacs.

MM. Lemétayer et Martens, professeur de chimie de l'Université, chargés par le gouvernement chilien d'étudier ces dépôts, estiment les réserves à deux millions de tonnes contenant, suivant les points, de 5 % à 12 % de chlorure de potassium.

M. Taulis, de Santiago, ayant analysé ces dépôts, a trouvé pour leur composition :

Chlore	57,96
Sodium	29,55
Acide sulfurique anhydre	15,55
Potassium	7,41
Oxygène	5,07
Calcium	0,27
Acide carbonique	0,15
Magnésium	traces
Matières insolubles	1,52
Humidité	5

La potasse serait entièrement en combinaison dans les chlorures.

Pour traiter ces dépôts, on peut lessiver à l'eau, à la température de 20°, et on dissoudra ainsi tout le sulfate, avec lequel sera entraîné un peu de chlorure. En chauffant cette solution, le sulfate sera entièrement précipité.

Pour séparer le chlorure de sodium du chlorure de

potassium, on procède par des séries de lavages qui dissolvent le chlorure de potassium. On peut ainsi arriver à un produit contenant le chlorure de potassium à la proportion que l'on désire.

Par une convention récente avec le gouvernement chilien, la Compagnie « Nitrate Railways » s'est engagée à terminer la voie ferrée devant relier le lac Pintados au port d'Iquique. Le transport des produits sera ainsi plus économique et, par suite, on peut prévoir un plus grand développement de l'exploitation.

Feldspaths potassiques.

La plus grande partie de la potasse contenue dans le sol, et assimilée par les plantes, provient du feldspath. Celui-ci, un des constituants des roches cristallisées, dont principalement le granit, est très répandu sous diverses formes.

Les feldspaths ont été apportés jusqu'à la surface de la croûte terrestre dans le magma des roches éruptives d'origine plus récente.

Ce sont des silicates anhydres à base de potasse, soude ou chaux.

Les feldspaths potassiques sont l'orthoclase et le microline ($K^2Al^2Si^4O^{16}$), dont la formule chimique est la même, et dont la composition exacte est :

	Silice.	Alumine.	Potasse.
Orthoclase	64,6	18,4	16,9
Microline.	64,5	19,6	15,6

Dans les terrains de toutes les époques géologiques, et même presque sous nos yeux, peut s'observer la décomposition des roches feldspathiques telles que le granit.

L'eau, chargée d'acide carbonique, dissout la potasse et laisse libre l'alumine et la silice.

Cette décomposition a formé les dépôts de kaolin et de silicates plus ou moins purs, employés pour la fabrication des produits réfractaires.

Les feldspaths potassiques se présentant fréquemment en masses cristallisées importantes au milieu des roches éruptives, on a cherché à reproduire industriellement l'action des eaux de pluie. On pensait obtenir ainsi la potasse, en même temps qu'un sous-produit marchand. A diverses reprises, des expériences ont été faites en vue d'obtenir ce résultat.

En 1917, on a poussé les recherches en Angleterre.

On paraît avoir atteint un résultat pratique et industriel, en séparant la potasse par l'action du sel marin. Celui-ci, existant en surabondance dans la nature, trouverait là un emploi heureux. Quant aux silicates, devenus sous-produits de l'extraction de la potasse, ils pourraient être employés à la fabrication économique de poteries et de produits réfractaires. Un grillage de la matière première facilite la réaction.

Il existe en Cornouailles, dans le pays de Galles, et en Écosse, des masses très importantes de feldspaths potassiques.

Si le procédé nouveau entrait définitivement dans le

domaine d'une exploitation industrielle pratique, la Grande-Bretagne pourrait trouver chez elle une partie de la potasse qu'elle doit importer totalement pour ses besoins. Les États-Unis pourraient extraire aussi un appoint de leur consommation.

Depuis quelques années, l'alunite de l'Utah est traitée en vue de séparer la potasse de l'alumine. On produit ainsi du sulfate de potassium, qui est converti en carbonate, en le chauffant en présence du carbonate de baryte. Le sulfate d'aluminium sert à préparer l'aluminium.

Cette industrie est encore peu développée, et la méthode n'est peut-être pas tout à fait au point, mais on produit ainsi quelques milliers de tonnes de carbonate de potassium.

CHAPITRE IV

Sels potassiques extraits des matières organiques.

Comme il a été vu précédemment, la potasse, par suite de la décomposition de certaines roches, s'introduit dans la vie végétale et animale.

Autrefois, on la récupérait exclusivement dans les matières organiques. Cette industrie existe encore, mais ne s'est pas développée par suite des ressources trouvées dans les sels potassiques minéraux.

Quelles que soient les découvertes et les procédés adoptés, on retirera des végétaux une quantité de potasse insignifiante pour les besoins mondiaux.

Les ressources en potasse d'origine végétale proviennent des algues et végétaux marins, des cendres de bois, et des résidus de fabrication du sucre de betterave.

Une autre source organique à laquelle on a recours est celle des toisons et de la laine.

Cendres de varechs, algues et bois.

L'incinération des varechs recueillis sur les côtes de Bretagne et des Iles britanniques a fourni pendant

longtemps au commerce la potasse, l'iode et le brome. Ces plantes marines proviennent des eaux profondes, et aussi des rochers de la côte.

On les incinère dans des fosses. Par le lessivage des cendres recueillies, et par des opérations successives d'ébullition et de refroidissement, on sépare les sels de potassium.

On extrait ensuite l'iode et le brome.

La teneur des cendres en potasse anhydre varie de 6 % à 15 %, suivant l'espèce et l'origine des varechs. C'est une proportion certainement importante.

Les varechs donnent un rendement en cendres égal à 16 % de la matière incinérée, proportion très élevée pour une matière végétale, mais fournissant cependant de bien petites quantités de potasse.

Dix mille tonnes de varech laissant 1 600 tonnes de cendres à 10 % de potasse donneraient 160 tonnes de ce produit.

L'exploitation et le traitement des varechs peut donc apporter seulement un faible appoint à la production mondiale.

La côte nord américaine de l'Océan Pacifique est bordée d'immenses champs sous-marins d'algues géantes. L'espèce la plus commune, la « *macrocystis pyrifera* », a une teneur en potasse beaucoup plus élevée que les plantes marines d'Europe. Elle contiendrait à l'état frais de 3 % à 5 % de chlorure de potassium. Plusieurs usines traitent ces algues par le

procédé ordinaire, et les États-Unis arrivaient ainsi à en retirer 1 500 tonnes de potasse anhydre par an. Une usine seule traite maintenant deux cents tonnes d'algues par jour.

De grands efforts ont été faits pendant la guerre pour développer cette industrie. D'après les chiffres officiels, on serait arrivé à produire en 1918 une quantité de sels équivalant à un peu plus de 4 000 tonnes de potasse pure.

En Colombie Britannique, une usine traite quarante tonnes d'algues par jour.

Cette industrie existe aussi au Japon.

Il ne semble pas que les algues et varechs doivent jamais fournir une proportion importante de la production mondiale de potasse.

L'iode et le brome sont aussi recueillis dans cette industrie.

Quant aux cendres de bois, elles ont été longtemps utilisées pour obtenir la potasse, aux temps et dans les pays où le bois était abondant et intransportable.

On séparait la potasse par des lessivages successifs des cendres, et la liqueur obtenue était évaporée. Les sels cristallisés subissaient ensuite une calcination.

Dans certaines régions des États-Unis et de la Russie, éloignées des côtes et couvertes de forêts épaisses, le bois avait peu de valeur. Après incinération des bois, on récupérait la potasse par des lessivages à l'eau chaude, et par évaporation, suivie de la calcination du dépôt obtenu.

Cette industrie tend à disparaître laissant les bois pour un meilleur usage économique. L'élévation des prix de toutes les essences y mettra fin. En présence des autres ressources en potasse et du déboisement amené par cette industrie, on peut souhaiter la voir disparaître entièrement.

Le suint.

Le suint des peaux et de la laine de mouton, produit de la transpiration animale, contient des sels de potassium. On récupère ceux-ci par des lavages à l'eau dans laquelle le suint se dissout facilement.

La quantité de suint contenue dans une toison est très variable. Elle oscille entre 20 % et 60 % du poids de celle-ci.

On extrait les sels alcalins par évaporation de la solution, suivie de la calcination du dépôt, produit de cette évaporation.

On obtient ainsi du sulfate, du carbonate et des chlorures de potassium.

La quantité de sels bruts récupérés peut atteindre, au maximum, 150 grammes par toison.

CHAPITRE V

Sels potassiques obtenus comme sous-produits.

La potasse, existant à l'état de combinaison dans les roches, et par suite aussi dans les eaux, est obtenue dans les résidus de certaines fabrications après l'extraction du produit principal.

On la trouve en quantité appréciable dans les fumées et résidus de hauts fourneaux, et aussi dans les poussières produites dans la fabrication du ciment. Les eaux mères qui ont donné le nitrate de soude, et celles des marais salants qui ont fourni le sel marin, en contiennent également.

On n'a trouvé jusqu'ici aucune méthode économique et industrielle permettant la récupération de la potasse contenue dans les *fumées de hauts fourneaux*. Des essais très complets ont été faits aux aciéries de Bethléem, et une note a été présentée à l'« American Institute of Mining Engineers » par le directeur des hauts fourneaux de la Compagnie.

Les procédés d'extraction sont encore imparfaits, mais les quantités de potasse contenues dans les fumées de hauts fourneaux sont très importantes.

On y a, en effet, reconnu des teneurs en potasse pure variant de 4 à 18 %, suivant les matières premières employées.

De même, les goudrons extraits des hauts fourneaux donnent 6 à 7 % de potasse pure.

L'extraction des sels potassiques contenus dans *les poussières résultant de la fabrication des ciments* est plus au point. Des recherches et des travaux importants ont été faits aux États-Unis pendant les années 1916, 1917, et 1918.

Aux usines de la « Security Cement », à Hagenstown, on a installé des appareils Cottrell. Ces appareils recueillent, par l'action du courant électrique à haute tension, les poussières s'échappant des fours à ciment et à chaux. Le volume des gaz traités est d'environ 5 000 mètres cubes par minute, à la température approximative de 500 degrés centigrades. On obtient ainsi par 24 heures de 20 à 25 tonnes de poussière concentrée contenant 5 à 10 % de potasse anhydre, en combinaison sous la forme de sulfate de potassium. Par un lavage des poussières, on dissout la potasse dans l'eau.

D'autres usines installent des appareils Cottrell.

Par les chiffres ci-dessus, on voit qu'il ne faut pas compter obtenir plus de quelques milliers de tonnes de potasse en Amérique, où il existe cependant des fabriques de ciment importantes.

Les sels retirés ainsi des poussières de ciment en 1918 représentaient 1 429 de potasse pure.

Le minerai extrait des gisements de *nitrate de soude* du Chili, pris à l'état brut, contient environ 5 % de nitrate de potassium. En recueillant *les eaux provenant des bassins de concentration du nitrate de soude*, et en les faisant évaporer complètement, on obtient un produit contenant 25 % de nitrate de potasse.

La « Du Pont Nitrate Cy » a ainsi réussi à fabriquer annuellement 40 000 tonnes de ce produit, équivalant à 4 200 tonnes de potasse pure.

Dans les marais salants, les eaux mères, après avoir abandonné la plus grande partie de leur chlorure de sodium, renferment encore les sels de potassium et de magnésium. On sépare alors les sels de potassium par le procédé Balard.

Aux Salins de Giraud, situés dans la Camargue, on extrait ainsi annuellement 600 tonnes d'un produit à 72 % de chlorure de potassium, en traitant 15 000 mètres cubes d'eaux mères.

On extrait de même les sels de potassium en Sicile à Trapani, et en Tunisie à Sousse, mais on peut dire que la plupart des marais salants ne procèdent pas à cette récupération.

Les salins de betteraves sont un autre sous-produit fournissant de la potasse.

Dans le traitement des betteraves pour la fabrication du sucre, on est amené à éliminer tout d'abord les sels de calcium, magnésium et silicium, ainsi que les éléments organiques non solubles dans l'eau.

Au contraire, les sels de potassium solubles dans l'eau passent, avec quelques autres composés, dans la dissolution sucrée.

Dans les opérations qui suivent, on obtient la cristallisation du sucre et un résidu, la mélasse. Celle-ci contient encore 40 % de sucre, et par distillation donne de l'alcool.

En évaporant le liquide, résidu de cette distillation, on obtient un dépôt contenant la potasse mélangée à des matières organiques.

Ce dépôt est appelé salin de betteraves et sa composition est :

Carbonate de potassium	10 à 25 %
Chlorure —	18 à 20 %
Sulfate —	15 à 17 %
Carbonate de sodium	14 à 30 %

La betterave contient au maximum 1,5 % de matières minérales, dans la composition desquelles la potasse entre seulement pour 45 %. La quantité de salins, et surtout de potasse obtenue comme sous-produit de la fabrication du sucre, est donc extrêmement minime.

Le contingent apporté par les salins de betteraves aux ressources mondiales en potasse est insignifiant.

En fait, *tous ces procédés de récupération* ont peu d'importance, lorsqu'on dispose des énormes réserves maintenant connus, en Saxe-Hanovre, Alsace et Cata-

logne, où l'extraction des sels peut se faire économiquement.

Il faut cependant tenir compte des résultats industriels obtenus aux États-Unis, où les diverses usines productrices de sels de potassium, extraits des matières minérales et organiques, ont maintenant une capacité de production égalant environ les 5/12 de la consommation en 1913.

Ces usines sont montées pour fournir des quantités de sels équivalant à 100 000 tonnes de potasse pure.

Cependant, à moins d'être protégée par des droits de douane, cette industrie ne paraît pas en mesure de fournir ses produits à des prix pouvant lutter avec ceux des sels importés d'Alsace ou d'Allemagne.

La préparation et l'utilisation des sous-produits pourraient seules permettre d'obtenir pour la potasse un prix de revient capable de concurrencer, en Amérique, celui de la potasse française ou allemande.

Il convient d'indiquer que celle-ci est livrée maintenant aux États-Unis à un prix ne dépassant pas un tiers du prix de la potasse qui y était vendue pendant la guerre.

CHAPITRE VI

Répartition de la consommation mondiale des sels potassiques.

La situation des seuls gisements de sels potassiques exploités, et le monopole de fait qui en résultait pour un seul pays, l'Allemagne, dominaient la répartition de ces sels et leur consommation par les différents pays.

La production de ces gisements inépuisables étant limitée seulement par la demande, l'Allemagne avait naturellement développé chez elle une consommation intensive de la potasse par l'agriculture et l'industrie.

Elle en a fait usage pour amender ses terres pauvres, dont un climat très rude ne favorisait pas non plus la culture. Le syndicat des producteurs de la potasse a merveilleusement diffusé, dans la population des campagnes, les éléments de science agricole suffisants pour faire comprendre la nécessité de l'emploi des engrais chimiques, et particulièrement de la potasse.

La progression de la consommation des sels potassiques par l'agriculture allemande a été formidable, même si on compare seulement les chiffres corres-

pendant aux cinq dernières années ayant précédé la guerre.

Les équivalents en potasse pure ont été :

1908.	272 989 tonnes.
1909.	505 960 —
1910.	559 535 —
1911.	422 340 —
1912.	465 585 —
1915.	536 102 —
1915.	520 210 —
1916.	681 060 —
1917.	800 000 —

La réduction de l'étendue des territoires dépendant de la fédération allemande amènera, peut-être, une diminution de la consommation correspondant à celle-ci. Le total consommé par tous les territoires faisant partie des anciens États allemands ne sera certainement pas réduit.

La consommation de l'*Autriche-Hongrie* faisait bien petite figure à côté de celle de l'Allemagne, pendant cette même série d'années. Les équivalents en potasse pure étaient :

1908	10 278 tonnes.
1911	17 809 —
1912	22 609 —
1915	25 072 —
1914	24 195 —
1915	19 406 —
1916	28 530 —

Après l'Allemagne, les *Etats-Unis* étaient le pays le plus gros consommateur de sels potassiques. Leur agri-

culture les employait pour améliorer les rendements de coton et de céréales. Elle a ainsi absorbé en équivalents en potasse pure :

1910.	244 910 tonnes.
1911.	237 442 —
1912.	215 965 —
1915.	231 689 —

La *France* a beaucoup développé l'emploi des sels potassiques, et sa consommation a plus que doublé pendant les cinq années précédant la guerre :

1909	17 645 tonnes.
1910	22 849 —
1911	26 468 —
1912	31 691 —
1915	35 115 —

La consommation française prendra un grand développement, favorisé par l'exploitation des sels potassiques en territoire français de Haute-Alsace. Pour une surface cultivée presque égale à celle de l'Allemagne, la France n'employait guère que le dixième des quantités absorbées par celle-ci.

Les sels reçus d'Allemagne par la France se répartissaient en 1915 en :

Kaïnite	70 000 tonnes.
Chlorure de potassium.	51 400 —
Sulfate de potassium	15 000 —

Le *Royaume-Uni*, qui avait devancé la France dans l'emploi de la potasse, n'a pas développé sa consom-

mation, sans doute en raison du peu de faveur dans laquelle était tombée l'agriculture dans le pays. Les équivalents en potasse pure ont été :

1910	18 258 tonnes.
1911	20 902 —
1912	25 414 —
1915	23 411 —

Pour l'étendue de son territoire, la *Belgique* employait plus de potasse que les autres pays :

1910	8 987 tonnes.
1911	9 401 —
1912	10 945 —
1913	15 182 —
1914	10 371 —
1915	10 674 —
1916	10 560 —

Les résultats de l'emploi abondant des engrais chimiques en Belgique étaient probants. Elle produisait 25,2 quintaux de blé à l'hectare en 1915.

L'*Italie* augmentait aussi sa consommation :

1909	4 129 tonnes.
1910	5 600 —
1911	6 060 —
1912	7 295 —
1915	6 554 —
1914	4 456 —

Il y a dans ce pays une grande marge pour l'augmentation de la consommation des engrais potassiques.

Le *Portugal* a doublé en quatre ans sa consommation :

1909.	545 tonnes.
1910.	791 —
1911.	1 151 —
1912.	1 154 —
1915.	1 241 —

La *Hollande*, malgré son peu d'étendue, tient le second rang en Europe, venant immédiatement après l'Allemagne :

1911.	54 374 tonnes.
1912.	59 474 —
1913.	45 478 —
1916.	56 850 —

Le *Danemark*, autre pays de culture intensive, ayant obtenu en 1915 un rendement moyen de 55^a,7 de blé à l'hectare, a plus que doublé sa consommation en quatre ans :

1911.	5 652 tonnes.
1912.	6 008 —
1915.	7 478 —

La *Russie* consommait peu :

1911.	18 405 tonnes.
1912.	24 482 —
1915.	24 260 —

La *Suède* augmentait chaque année l'emploi de la potasse :

1908	14 852 tonnes.
1911	17 452 —
1912	20 670 —
1915	19 515 —
1915	22 644 —

La *Norvège*, absorbait :

1911.	2 285 tonnes.
1912.	3 451 —
1913.	5 595 —

La *Suisse* a reçu d'Allemagne :

1911.	2 677 tonnes.
1912.	3 501 —
1913.	3 308 —
1916.	6 850 —

L'*Espagne* était aussi tributaire de l'Allemagne, dont elle est maintenant affranchie par la découverte des gisements de Catalogne. Sa consommation était jusque-là peu élevée :

1910.	7 548 tonnes.
1911.	9 845 —
1912.	9 009 —
1913.	8 292 —

C'était à peine 40 kilogrammes par kilomètre carré de terre cultivable.

CONCLUSION

Les trois industries des nitrates, des phosphates et de la potasse se trouvent actuellement dans une période de transformation technique et commerciale.

Les résultats pratiques des années qui vont suivre pourront seuls déterminer les produits devant donner satisfaction, à tous les points de vue, à la consommation agricole et industrielle.

Soit dans les nitrates naturels, soit dans les produits industriels obtenus par les procédés de synthèse, l'exploitation de l'azote se trouve dans une période de transition et d'incertitude.

Par suite des prix du fret, de la main-d'œuvre et du charbon, le prix des nitrates naturels ne peut être déterminé d'une façon fixe.

Les combinaisons que l'on pourra faire, pour réduire ce prix et le fixer, seront combattues par les variations et l'incertitude des prix de ces éléments.

D'un autre côté, pour obtenir l'azote, sous une forme présentant moins d'incertitudes, on fait de grands efforts en vue de perfectionner les procédés de fixation industrielle.

Ces procédés, même imparfaits actuellement, ont grande chance de supplanter les nitrates naturels,

aussi longtemps que durera la crise des frets et du charbon.

Les bateaux anglais et norvégiens ne transportant plus vers la côte du Pacifique le charbon anglais, le fret de cette côte en Europe sera encore plus rare et plus cher.

Il appartient à chaque pays de déterminer et d'exploiter les méthodes industrielles, convenant le mieux à chacun d'eux, pour fixer l'azote dans des produits donnant satisfaction à la consommation.

Les phosphates naturels sont extrêmement abondants.

La production est limitée seulement par la demande de la consommation.

On exploite, jusqu'ici, seulement les gisements les plus riches. Ceux-ci présentent des réserves énormes. En Afrique du Nord et aux États-Unis, chaque jour de nouvelles découvertes se produisent. Il n'y a donc pas à s'inquiéter de l'avenir. On peut dire que la production des phosphates se pliera toujours aux besoins de la consommation.

De nouvelles voies de communication permettraient la mise en valeur de gisements inexploités et riches.

Entre les exploitations phosphatières la concurrence est à craindre. Celles se trouvant dans des conditions toutes spéciales sont assurées de l'avenir.

Par contre, l'industrie des phosphates naturels n'a pas à redouter la concurrence des succédanés phosphatés.

Il subsiste seulement une incertitude. Continuera-t-on à transformer en superphosphates tous les phosphates extraits?

Sans doute, les grandes installations de fabrication d'acide sulfurique et les réserves de pyrites permettent de persévérer dans la voie suivie. Les sociétés propriétaires de ces installations seront certainement longues à admettre aucun changement.

Il peut arriver cependant qu'on se décide à employer, au moins dans certains cas, la poudre de phosphate enrichi, au lieu du superphosphate.

Une entente entre les divers producteurs évitant les longs transports, en donnant à chacun des zones commerciales voisines des lieux de production, serait avantageuse à l'industrie et à la consommation.

La *production des sels potassiques* est limitée seulement par la consommation. Celle-ci peut se développer dans de grandes proportions sans amener l'épuisement des ressources mondiales.

Pour permettre de vivre aux diverses sociétés minières allemandes, on avait dû limiter par une loi la production des sels, à une époque où elles étaient seules à alimenter la consommation mondiale.

Maintenant, les mines alsaciennes entrant en pleine production, et celles de Catalogne pouvant être en activité dans deux ou trois ans, la concurrence deviendra extrême.

Il se produira fatalement une sélection dans les diverses mines de sels potassiques, comme cela a lieu pour toutes les mines. La concurrence sera très grande.

Les exploitations rémunératrices seront celles où le gisement se présentera dans des conditions d'extraction facile, et fournira du minerai de teneur riche, n'exigeant pas non plus un traitement long et dispendieux, pour séparer les sels potassiques des autres sels auxquels ils pourraient être mélangés.

Pour ces raisons, les mines alsaciennes présentent un avantage sur les mines allemandes. Ces dernières continueront certainement à ravitailler l'Europe centrale et orientale. Si les voies de communication entre la Haute-Alsace et les ports de la Manche et de l'Atlantique sont améliorées, l'Alsace fournira l'Europe occidentale et tout le Continent américain.

Il faut pour cela développer le gabarit des canaux, et relier ceux-ci aux principaux ports, où des dispositifs de transbordement modernes devront être installés.

Si les conditions de main-d'œuvre sont les mêmes en France et en Allemagne, l'avantage restera aux mines alsaciennes.

Les gisements espagnols sont insuffisamment connus pour pouvoir être appréciés. Il semble que leur nature et les conditions dans lesquelles ils pourront être exploités, les mettent sur le même rang que les gisements alsaciens. Toutefois les moyens de transports sont là à créer entièrement. Il n'existe dans la région aucuns canaux, et les voies ferrées à grand débit sont aussi à construire.

Ainsi, les mines de sels potassiques les plus riches, et les mieux situées, alimenteront seules la consommation mondiale.

Leur exploitation pourra être rémunératrice avec une bonne administration, mais il est probable qu'elles rendent des bénéfices extraordinaires.

Les finances des pays, possédant des mines potassiques, bénéficieront par contre largement de leur exploitation. L'exportation des sels produira un mouvement commercial avantageux avec l'étranger, et exercera une très heureuse influence sur la balance du commerce et les changes, en faveur des pays exportateurs.

A l'heure actuelle, et pour plusieurs années, la France et l'Allemagne sont seules en mesure d'approvisionner le monde en sels potassiques. L'Espagne leur fera concurrence, lorsqu'elle aura organisé son exploitation.

Les États-Unis ont lieu d'être justement fiers du développement des industries des succédanés potassiques pendant les années de guerre. A moins que des droits de douanes élevés ne soient mis à l'importation de la potasse française et allemande, ces industries ne subsisteront pas. La différence entre les prix de livraison sera trop grande. Les États-Unis auront tout avantage à recevoir de la potasse bon marché et à répartir leur activité industrielle sur d'autres directions. Ils conserveront cependant la production des lacs de l'Ouest et de leurs sous-produits.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE.	1
INTRODUCTION. Les composés azotés, phosphatés et potassiques dans la nature.	5

PREMIÈRE PARTIE

Nitrates et composés azotés.

CHAPITRE PREMIER. — <i>Emploi des nitrates et composés azotés.</i>	11
CHAPITRE II. — <i>Nitrate de soude naturel du Chili.</i>	16
Gisements et formation géologique	16
Exploitation et traitement du minéral.	20
Production et commerce.	25
CHAPITRE III. — <i>Nitrate de potassium.</i>	28
CHAPITRE IV. — <i>Origine des composés azotés industriels.</i> . .	50
CHAPITRE V. — <i>Fixation de l'azote dans l'acide nitrique.</i> . .	52
Procédé Birkeland Eyde.	53
— Schönherr.	55
— Pauling.	55
— Hauser.	56
— Ostwald.	57
CHAPITRE VI. — <i>Fixation de l'azote dans l'ammoniaque.</i> . .	58
Ammoniaque produit par distillation des combustibles	59
Procédé Haber.	41
— Serpek et Bodin	45
CHAPITRE VII. — <i>Composés de l'azote nitrique.</i>	48
Nitrates synthétiques.	48
Procédé Goldsmidt.	49

	Pages
CHAPITRE VIII. — <i>Composés de l'azote ammoniacal</i>	50
Sulfate d'ammoniaque	50
Chlorure d'ammonium	55
Cyanamide de calcium	55
CHAPITRE IX. — <i>Production des composés azotés industriels</i> .	61
Sulfate d'ammoniaque	65
Nitrate synthétique	68
Cyanamide	70
CHAPITRE X. — <i>Répartition de la consommation des produits azotés</i>	75

DEUXIÈME PARTIE

Acide phosphorique et phosphates.

CHAPITRE PREMIER. — <i>L'acide phosphorique dans la nature</i> .	81
CHAPITRE II. — <i>Emploi des phosphatés naturels et des composés d'acide phosphorique</i>	84
CHAPITRE III. — <i>Phosphates minéraux</i>	88
Phosphates cristallisés et concrétionnés	88
Roches phosphatées sédimentaires	95
CHAPITRE IV. — <i>Description des gisements phosphatés exploités</i>	96
Gisements de France et Belgique	96
Gisements de l'Afrique du Nord	98
Gisements des États-Unis	104
Gisements divers	109
CHAPITRE V. — <i>Ressources mondiales</i>	110
Europe	110
Afrique	111
Amérique	112
Asie	115
Océanie	114
Résumé de la production	115
CHAPITRE VI. — <i>Produit phosphaté d'origine minérale</i> . . .	117
Scories de déphosphoration	117
Nature et composition	117
Production	121

	Pages
CHAPITRE VII. — <i>Répartition de la consommation des produits phosphatés d'origine minérale</i> . . .	125
CHAPITRE VIII. — <i>Produits phosphatés d'origine animale</i> . .	127
Guanos.	127
Composés d'os.	131
Débris animaux.	132

TROISIÈME PARTIE

Potasse et sels potassiques.

CHAPITRE PREMIER. — <i>Composition des sels potassiques</i> . . .	135
CHAPITRE II. — <i>Emploi des sels potassiques</i>	141
CHAPITRE III. — <i>Formation géologique des gisements de sels potassiques et leur production</i>	144
Gisements de Stassfurt	145
— Haute-Alsace.	152
— Catalogne	162
— Galicie	168
— des États-Unis	169
Dépôts lacustres de l'Érythrée et de Tunisie . . .	170
— du Chili	172
Feldspaths potassiques	174
CHAPITRE IV. — <i>Sels potassiques extraits des matières organiques</i>	177
Cendres de varechs, algues et bois	177
Suint	180
CHAPITRE V. — <i>Sels potassiques obtenus comme sous-produits</i>	181
Fumées de hauts fourneaux	181
Poussières de ciment.	182
Eaux mères des nitrères	183
Eaux mères des marais salants.	183
Salins de betteraves	183
CHAPITRE VI. — <i>Répartition de la consommation mondiale de sels potassiques</i>	186
CONCLUSION	192

1381

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY,
BERKELEY

**THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW**

Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to \$1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.

APR 26 1930

OCT 25 1940 M.

YD 03920

486848

T. N. 11
B6

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

