Letellier, A.

Étude de la fonction urinaire chez les mollusques Acéphales

1887

SÉRIE A. N° 96

N° D'ORDRE
599

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

AUGUSTIN LETELLIER

CHARGÉ DE COURS DE PHYSIQUE AU LYCÉE D'ALENÇON.

1re THÈSE. — ETUDE DE LA FONCTION URINAIRE CHEZ LES MOLLUSQUES ACÉPHALES.

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 29 novembre 1887, devant la Commission d'Examen.

MM. HÉBERT, *Président.*
Y. DELAGE, BONNIER, } *Examinateurs.*

POITIERS
TYPOGRAPHIE OUDIN
4, RUE DE L'ÉPERON, 4.

1887

ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

	MM.	
DOYEN	HÉBERT, PROFESSEUR	Géologie.
PROFESSEURS HONORAIRES	PASTEUR.	
	DUCHARTRE	Botanique.
	DE LACAZE-DUTHIERS	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
PROFESSEURS	HERMITE	Algèbre supérieure.
	TROOST	Chimie.
	FRIEDEL	Chimie organique.
	DARBOUX	Géométrie supérieure.
	DEBRAY	Chimie.
	TISSERAND	Astronomie.
	LIPPMANN	Physique.
	HAUTEFEUILLE	Minéralogie.
	BOUTY	Physique.
	APPELL	Mécanique rationnelle.
	DUCLAUX	Chimie biologique.
	BOUSSINESQ	Mécanique physique et expérimentale.
	PICARD	Calcul différentiel et calcul intégral.
	POINCARÉ	Calcul des probabilités, Physique mathém.
	BONNIER	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
PROFESSEURS ADJOINTS	WOLF	Physique céleste.
	CHATIN	Zoologie, Anatomie, Physiol. comparée.
SECRÉTAIRE	PHILIPPON.	

A M. Y. DELAGE

PROFESSEUR DE ZOOLOGIE, D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE COMPARÉES
A LA FACULTÉ DES SCIENCES.

OUVRAGES A CONSULTER

1. **Moquin-Tandon**. Histoire naturelle des mollusques terrestres et fluviatiles de France.
2. **Bojanus**. « Uber die Athemünd Kreislaüfwerkzeüge der zweischaligen Müscheln ». Isis, 1819, 1820, 1827.
3. **Lacaze-Duthiers**. Mémoire sur l'Organe de Bojanus des Acéphales. Ann. sc. nat., 4e série, T. IV, 1855.
4. **Swammerdan**. Biblia naturæ.
5. **Poli**. Testacea utriusque Siciliæ eorumque historia et anatomia.
6. **Garner**. On the anatomy of the lamellibranchiate conchifera. Transact. zoolog. soc London, VIII, 1841.
7. **Owen (R.)**. Lecture on the comparat. anatomy. Todd's cyclopedia VI, 1836, art. Conchifera.
8. **Will et Gorup Besanez**. Gelehrte Anzeigen der bayer. Academie, n° 233, 22 novembre 1848, § 828.
9. **Schlossberger (J.)**. Müller's Archiv. 1856, s. 540, et Annalen der Chimie ünd Pharmazie. 1853. Bed 98 Hoff 3, § 346.
10. **Voit (C.)**. Zeistchrift f. wissenschaftliche Zoologie. Bed X. Anhaltspünkte für die Physiologie der Perlmüschel.
11. **Claus (C.)**. Traité de zoologie. Traduction française par Moquin-Tandon, 1re édition, 1878.
12. **Frédéricq**. La digestion des matières albuminoïdes chez quelques invertébrés. Arch. de zool. exp. T. VII, 1878, n° 3.
13. **Valenciennes et Fremy**. Recherches sur la composition des œufs et des muscles dans la série des animaux. Ann. de chimie et de physique. 3e série, T. L, 1857.
14. **Sabatier (A.)** . Etudes sur la Moule commune, 1877.
15. **Bourquelot**. Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les mollusques céphalopodes. Arch. des Sc. naturelles, série.
16. **Balfour**. Traité d'embryologie et d'organogénie comparées, 1883, traduction de A. Robin.
17. **Robin et Verdeil**. Traité de chimie anatomique et physiologique, 1853.
18. **Robin**. Leçons sur les humeurs normales et morbides du corps de l'homme, 1874.
19. **Otto Fünke**. Atlas der physiologischen Chemie. 1858.

20. **Gorup Besanez**. Traité d'analyse zoochimique qualitative et quantitative, 1875.
21. **Wurtz**. Traité de Chimie biologique, 1885.
22. **Fleischmann** (**A.**). Die Bewegüng des Füsses der Lamellibranchiaten. Zeitschrift für Wissenschafliche Zoologie (1885, octobre).

ÉTUDE

DE LA

FONCTION URINAIRE

CHEZ LES

MOLLUSQUES ACÉPHALES

PAR

AUGUSTIN LETELLIER

CHARGÉ DE COURS DE PHYSIQUE AU LYCÉE D'ALENÇON

CHAPITRE I.

RÉSUMÉ DES RECHERCHES QUI ONT ÉTÉ FAITES A DIFFÉRENTES ÉPOQUES AFIN DE CONNAITRE LA PHYSIOLOGIE DE L'ORGANE DE BOJANUS DES MOLLUSQUES ACÉPHALES. — CAUSES DE L'INSUCCÈS DE CES RECHERCHES.

Les naturalistes ont donné divers noms à la glande des Mollusques acéphales dont les sécrétions, ou les excrétions, font l'objet de ce travail. Située dans la partie dorsale de l'animal, c'est-à-dire sous la charnière, au-dessous et sur les côtés du cœur, par conséquent à la base des branchies, elle est ordinairement paire. Chacune de ses parties communique avec celle qui est du côté opposé par un orifice situé en avant, et débouche latéralement dans le sillon que forment le pied et la branchie interne par un pore qui est placé sur une papille. Lister, et après lui Moquin Tandon (1), à cause de sa position dans le voisinage du cœur, l'ont appelée la *glande pré-*

cordiale; Cuvier l'a désignée sous le nom d'*Organe de la viscosité*, de *sac de la glu ;* Jacobson, Hunger, Siebold, de Blainville, sous celui de *rein*, d'*Organe de la dépuration urinaire*. C'est le professeur de Lacaze-Duthiers (3) qui le premier, dans son Mémoire sur l'Organe de Bojanus des Acéphales, lui a donné le nom du savant professeur de Wilna, rendant ainsi au travail consciencieux, quoique erroné en plusieurs points, de Bojanus (2) une justice dont il n'a pas toujours été payé de retour.

En se reportant à ce Mémoire qui n'a laissé aux anatomistes, rien à refaire, presque rien à ajouter, on voit que la topographie des Corps de Bojanus est très compliquée et qu'elle éprouve de nombreuses modifications dans la série des Mollusques acéphales.

Si l'on examine avec soin leur texture histologique, il ne semble point douteux que les Sacs de Bojanus ne soient de véritables glandes. Que l'on puisse ou non les comparer à un organe segmentaire, leur nature glandulaire ne fait aucun doute : aussi, bien avant que l'on ne connût exactement leur constitution, sans même savoir leur topographie, les naturalistes cherchaient déjà quel pouvait bien être leur rôle physiologique. Ils se sont souvent trompés, il n'en pouvait être autrement. C'est qu'il ne suffit pas, pour fixer la fonction d'une glande, d'en faire l'anatomie, de décrire avec soin ses éléments histologiques, de rappeler les connexions qu'elle a avec les autres organes de l'animal, de s'aider, en un mot, des seules données que l'anatomie comparée peut mettre à notre disposition ; il faut que l'analyse chimique ait dit la nature exacte des produits qu'elle sécrète.

Il n'est même pas certain que, ces connaissances une fois acquises, le problème soit résolu, tant la division du travail physiologique chez les animaux inférieurs est probablement différente de celle que nous avons coutume d'observer chez l'homme et chez les vertébrés supérieurs.

Quand on consulte les différents mémoires écrits sur l'Organe de Bojanus, on voit qu'il n'y est parlé qu'incidemment des sécrétions

de la glande et seulement lorsque des concrétions remarquables par leur grosseur ou par leur transparence se sont rencontrées par hasard dans les cellules du tissu examiné. Aucun travail d'ensemble ayant pour but l'étude de la sécrétion elle-même, tant liquide que solide, n'a été tenté. Seul le Dr Voit, de Munich, en étudiant l'*Huître perlière*, a cherché si certains corps existent dans les Sacs de Bojanus. Il ne les y a point trouvés et n'a rencontré que du phosphate de chaux. Avant de donner un résumé de ses recherches qui ont paru dans la *Zeitschrif f. wissenschafliche Zoologie*, et dont l'importance au point de vue physiologique est réelle, je crois devoir faire connaître les résultats des observations des autres naturalistes.

Le professeur Lacaze-Duthiers, se trouvant à Mahon, a observé à l'intérieur des papilles qui tapissent la face interne des Sacs de Bojanus du *Jambonneau* des sécrétions perliformes, arrondies, transparentes, d'une couleur brunâtre (rappelant la terre de Sienne) et à lignes concentriques. Riche, qui s'était chargé de les analyser, a cru y reconnaître la présence de l'urée en employant la méthode de Millon. Malheureusement la quantité de matière était insuffisante, et par conséquent le résultat de l'analyse douteux. Plus heureux avec des *Lutraires* que Lacaze-Duthiers avait rapportées de Saint-Jacut-la-Mer, Riche, en desséchant la poussière brunâtre qui s'échappe de l'Organe de Bojanus de ces acéphales, puis en la traitant à chaud par une dissolution de potasse caustique et en décomposant la solution par l'acide chlorhydrique, a obtenu un précipité d'acide urique. En effet, les cristaux ainsi préparés étaient insolubles dans l'eau, l'alcool et l'éther ; quand on les traitait par l'acide azotique et qu'on soumettait ensuite le résidu à l'action des vapeurs d'ammoniaque, la couleur rouge si caractéristique de la murexide apparaissait.

Examinée au microspope, la poussière brunâtre qui s'échappe des Corps de Bojanus de la *Lutraire* possède l'aspect ordinaire de l'acide urique. Les cristaux qui la forment sont groupés autour

d'un noyau de matière colorante, comme cela s'observe très souvent dans les dépôts urinaires.

La *Mactre* a présenté aussi à Lacaze-Duthiers des cristaux qui rappellent ceux de l'acide urique : le dessin qu'il en a donné est bien semblable à celui que Robin et Verdeil (17) ont figuré Pl. XVI, fig. I, *d*, lequel représente des cristaux d'acide urique hydraté déposés rapidement de leur dissolution dans l'eau chaude.

Funke (19) n'a point reproduit cette forme cristalline à la Pl. VII de son atlas.

On regrette qu'il n'ait point été fait une analyse concluante des calculs de la *Mactre*, car la similitude des formes cristallines ne garantit pas l'identité de composition, et rien ne prouve que les concrétions observées fussent réellement constituées par de l'acide urique ; c'est même assez douteux, comme on le verra plus loin.

On a fait observer que Lacaze-Duthiers n'est pas le premier qui ait annoncé que l'Organe de Bojanus des Acéphales renferme de l'acide urique, et que Richard Owen (7) l'avait dit avant lui. C'est exact ; mais malheureusement ce savant observateur n'a pas laissé le détail des analyses sur lesquelles il basait sa découverte. Or il est facile de trouver plusieurs corps ayant avec l'acide urique des formes cristallines identiques, on peut même en indiquer dont les réactions, en présence de l'acide azotique et de l'ammoniaque, par exemple, sont sensiblement les mêmes. En l'absence d'indications précises, l'annonce de la présence de l'acide urique dans l'Organe de Bojanus ne pouvait être considérée que comme celle d'une découverte, importante si elle avait été prouvée, mais insuffisamment démontrée dans les conditions où il la présentait.

Siebold nous dit qu'étant parvenu à recueillir une quantité considérable de calculs qui provenaient d'un *Pectunculus pilosus*, il les donna à de Babo pour en faire l'analyse. Ce chimiste trouva qu'ils étaient en majeure partie formés de phosphate de chaux, avec une trace de phosphate de magnésie et une faible quantité

d'une matière organique se comportant avec l'acide nitrique exactement comme l'acide urique.

Ainsi, des calculs trouvés dans l'Organe de Bojanus, produits évidemment pathologiques, avaient seuls été analysés quand Will et Gorup Besanez [8] crurent trouver dans la glande elle-même la guanine qu'ils venaient de découvrir chez l'*Epeire diadème*. C'est là la première tentative d'une recherche ayant la sécrétion même de la glande pour objet. Mais ces physiologistes n'ont pas tardé à être suivis dans la même voie, par Voit [10] surtout. Malheureusement, pour des raisons que j'exposerai plus loin, aucun corps nouveau, si l'on en excepte le fer et le phosphate acide de chaux, n'a été ajouté par les successeurs de Will et de Gorup Besanez à la liste, pourtant si courte, de ceux que l'on savait exister dans la glande. Aussi, avant de parler des mémoires de Schlossberger [9] et de Voit, je ferai ressortir l'importance des découvertes antérieures.

Au premier abord, il paraît étrange que le premier corps découvert dans l'Organe de Bojanus, c'est-à-dire dans une glande à laquelle sa position assigne le rôle d'un foie, ait été l'acide urique, un des produits ordinaires de la sécrétion urinaire. Mais il y a deux raisons pour cela : la première, l'acide urique était déjà signalé dans le Sac des *Gastéropodes*, et l'analogie de position ayant amené l'identité des noms, les naturalistes ont été tout naturellement conduits à supposer qu'il y avait identité dans les produits excrétés, et par conséquent ils les ont cherchés. La seconde raison est la suivante : l'acide urique, insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther et les acides, se signale immédiatement par ses formes cristallines, souvent caractéristiques, à l'attention des observateurs. Quoi qu'il en soit, la présence de l'acide urique dans des concrétions pathologiques de l'Organe de Bojanus était assurément un fait de la plus haute importance ; mais suffisait-elle pour qu'il fût permis d'en conclure immédiatement la fonction de la glande? C'est une question que nombre de naturalistes, et des plus éminents, n'ont pas craint de trancher par l'affirmative. Pour R. Owen, pour Sic-

bold, Deshayes, de Blainville, l'Organe de Bojanus est un rein. Lacaze-Duthiers se range aussi à cette opinion, mais il émet des réserves dont les observations ultérieures devaient montrer l'importance. « L'opinion la plus vraisemblable, la plus accréditée aussi, « écrit-il en effet, est que le sac de Bojanus joue le rôle d'un « rein. Or on se base sur la présence de l'acide urique, comme « s'il était par avance démontré que la sécrétion urinaire était tou- « jours caractérisée dans la série animale par la présence de cet « acide. On se demande si la présence, dans une partie de l'orga- « nisme, de quelques concrétions se comportant comme de l'acide « urique est bien une preuve que cette partie est un rein. Nous sa- « vons si peu sur les fonctions des animaux inférieurs que vérita- « blement c'est aller un peu vite en se prononçant catégoriquement « sans autres preuves. » Si cette réserve est prudente quand il y a de l'acide urique, combien n'est-elle pas indispensable quand il est prouvé que cet acide, trouvé chez la *Lutraire* et le *Pectunculus pilosus*, soupçonné, mais à tort probablement, chez la *Mactre*, n'a depuis été rencontré chez aucun autre Mollusque acéphale. Les concrétions d'une *Pinne marine* analysées par Schlossberger n'en renfermaient pas ; il en est de même de la sécrétion de l'Organe de Bojanus de l'*Anodonte* et de l'*Huître perlière*, et même des calculs d'un *Pectunculus pilosus*, suivant le Dr Voit. Enfin la suite de ce travail montrera que ce n'est pas là un fait particulier à ces mollusques, puisque je n'en ai jamais trouvé, quoique j'aie étudié la sécrétion bojanienne d'un grand nombre d'entre eux, et que j'y aie pu constater la présence de beaucoup d'autres corps.

En 1856, Schlossberger a fait connaître l'analyse de deux concrétions de la grosseur d'un petit pois retirées par lui de l'organe de Bojanus d'un *Pinna nobilis*. L'une de ces concrétions était brun clair, l'autre presque noire. Toutes les deux étaient insolubles dans l'eau, l'alcool et l'éther, et en présence des acides donnaient naissance à une légère effervescence. Par calcination elles répandaient l'odeur de la corne brûlée ; elles n'étaient cepen-

dant pas combustibles, puisqu'elles renfermaient 64,33 0[0 de matière minérale. La plus grande partie des calculs était constituée par les phosphates de chaux et de magnésie ; il y avait en outre du carbonate de chaux et une trace d'oxyde de fer.

En chauffant quelques granulations entières avec de l'acide azotique, il se formait autour de ces dernières un anneau d'un liquide jaune foncé d'où se dégageaient des bulles gazeuses ; mais la dessiccation n'amenait que la formation d'une masse brunâtre qui ne prenait point la couleur rouge avec l'ammoniaque.

L'acide urique n'existait point non plus dans la partie que l'acide chlorhydrique ne pouvait dissoudre. En effet, le précipité brun renfermant du fer, insoluble dans cet hydracide, fut dissous dans une lessive de potasse bouillante ; il se dégagea de l'ammoniaque, et, après avoir jauni, le liquide finit par prendre la couleur malaga. Schlossberger en a conclu que les concrétions étaient formées d'une partie minérale et d'une matière colorante.

De son côté, Voit[10] n'a pu trouver d'acide urique ni chez l'*Anodonte*, ni chez l'*Huître perlière*, ni enfin chez le *Pectunculus pilosus*. Sa méthode laisse, si l'on veut, place à la critique : ainsi il a employé un nombre d'animaux réellement insuffisant ; il n'a pas toujours dissocié les organes dont il voulait connaître les sécrétions, et on peut aussi lui reprocher de n'avoir point toujours attendu un temps assez long pour qu'il fût assuré que les corps dont il annonce l'absence n'existaient point en réalité ; néanmoins on pourrait difficilement douter de l'exactitude de ses recherches en ce qui concerne l'acide urique. Un corps aussi insoluble, aussi facile à caractériser, n'aurait pu lui échapper. Par sa manière d'opérer, Voit a même prouvé que cet acide n'existe dans aucune partie du corps des mollusques qu'il a étudiés, puisqu'il a souvent traité l'animal entier par les réactifs appropriés à ce genre de recherches. Du reste, voici ce qu'il a fait.

Dans une première expérience, il a desséché à 100° 40 *Huîtres perlières* environ, puis il les a traitées par l'eau de chaux bouillante

a filtré et acidulé le résidu par l'acide chlorhydrique. Au bout de 48 heures, il ne s'était pas encore formé de cristaux.

Dans une seconde expérience, les Organes dissociés et pulvérisés d'un grand nombre (il ne dit pas lequel) d'*Huîtres perlières* ont été traités par l'eau bouillante. Le liquide a été évaporé presque à siccité et enfin additionné d'acide acétique. Cette fois encore, il ne se forma pas de cristaux.

C'est alors que, pensant qu'il lui serait plus facile de découvrir les principes urinaires s'il les cherchait dans la partie périphérique de l'Organe de Bojanus, le Dr Voit dessécha avec soin vingt exemplaires de l'*Huître perlière* tirés vivants de l'eau. Le résultat sec finement pulvérisé n'abandonna à l'alcool bouillant aucune trace d'urée. Ayant ensuite traité par une grande quantité d'eau la partie insoluble dans l'alcool, il obtint un liquide à réaction alcaline qui devait renfermer l'acide urique. Il concentra donc le liquide : des pellicules superficielles se formèrent, il les enleva au fur et à mesure et les mit en présence de l'acide acétique. Il se forma dans ces conditions un précipité de matières albuminoïdes qui renfermait quelques cristaux transparents qui n'étaient ni de l'acide urique ni de l'acide hippurique.

Ce qui restait après le traitement par l'eau ayant été chauffé avec l'acide chlorhydrique, il ne se forma point de cristaux; mais seulement des flocons brunâtres qui, au microscope, semblaient formés uniquement de granulations très petites, probablement constituées par de l'albumine.

Plus tard Voit a traité un grand nombre d'Organes de Bojanus desséchés par une lessive de potasse qui n'en a dissous qu'une faible partie, laissant un résidu abondant et d'aspect terreux. Un courant d'acide carbonique passant à refus, n'ayant pas amené la formation de cristaux, l'expérimentateur en a conclu à l'absence de l'acide urique, de la guanine, de la xanthine et de l'hypoxanthine. Avec le sel ammoniac, rien ; pas de guanine ou de xanthine : avec l'acide acétique en ex-

cès, rien non plus, des flocons brunâtres seulement, pas de cystine : enfin, après filtration et addition d'acide chlorhydrique aucun précipité n'ayant été obtenu, il n'y avait pas de xanthine.

Un fragment de l'Organe de Bojanus et de l'*Unio* ou de l'*Anodonte* chauffé en présence de l'acide azotique concentré a fourni à Voit une solution jaune, ne donnant point avec l'ammoniaque ou la potasse la couleur rouge qui caractérise l'acide urique : seule une coloration jaune plus foncée est apparue, et il faut l'attribuer à l'action de l'acide sur la matière albuminoïde.

Enfin le Dr Voit a eu, comme je l'ai dit plus haut, l'occasion d'étudier les granulations extraites de l'Organe de Bojanus d'un *Pectunculus pilosus*, et, contrairement à toute attente, il n'y a point trouvé d'acide urique. Les calculs qu'il analysa étaient remarquables par leur grosseur et variaient depuis les dimensions d'un grain de sable jusqu'à celles d'une lentille. Leur couleur était jaune et ils étaient transparents comme du verre. Ils ne faisaient point effervescence avec l'acide azotique et se comportaient comme du phosphate acide de chaux. Or, quoiqu'il fût bien permis de penser que l'acide urique, s'il se trouve d'ordinaire en quantité infime, devait s'être accumulé dans ces concrétions pathologiques, l'épreuve de la murexide a été constamment nulle ; les calculs ne renfermaient pas d'acide urique.

Voit n'a pas trouvé de guanine chez l'*Anondote*. Il ne regarde pas comme caractéristique la couleur jaune qui apparaît quand on traite un fragment de l'Organe de Bojanus de ce mollusque par l'acide azotique et l'ammoniaque. Le muscle postérieur de l'*Unio* se colore en jaune en présence des mêmes réactifs, et cette couleur doit être attribuée à l'albumine. Cette manière de voir est si universellement adoptée depuis Voit, qu'il n'est plus fait mention de la guanine comme étant un des éléments de la sécrétion Bojanienne des Mollusques acéphales dans les ouvrages les plus récents.

En résumé, d'après les travaux les plus récents, on ne trouve

dans l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales, ni urée, ni acide urique, ni acide hippurique, ni guanine, ni xanthine, ni hypoxanthine, ni cystine, mais seulement des matières albuminoïdes indéterminées et des calculs formés ordinairement de phosphate de chaux, avec des traces de phosphate de magnésie et de peroxyde de fer. Enfin Riche a trouvé, chez la *Lutraire* de Saint-Jacut-la-Mer et chez un *Pectunculus pilosus*, des traces d'acide urique.

Dans ces derniers temps, Krukenberg a découvert chez un *Pinna squammosa* des concrétions presque en entier formées d'un sel de manganèse.

On remarquera que les naturalistes, qui à diverses époques ont analysé des concrétions, ne sont tombés d'accord que sur un seul point : tous ont reconnu dans ces produits anormaux de la glande la présence de phosphates. Mais tandis que de Babo et Schlossberger y voyaient du phosphate de chaux uni à du phosphate de magnésie, Voit n'y trouvait que du phosphate acide de chaux. Est-il vrai que les produits sécrétés par l'Organe de Bojanus sont différents quand on passe d'une famille à une autre, d'un animal à un autre ? Evidemment oui, cela est vrai, et le *Pectunculus pilosus* est un exemple remarquable de la diversité de composition des calculs, que deux animaux appartenant à la même espèce peuvent offrir : les calculs que de Babo a analysés, renfermaient de l'acide urique, ceux que Voit a étudiés n'en contenaient pas. Mais d'autres raisons encore auraient fort bien pu produire ce manque de concordance dans les résultats : les méthodes analytiques suivies par les expérimentateurs n'ont pas toujours été excellentes, et d'un autre côté ce genre de recherche présente des difficultés particulières. Il faut en outre observer que l'analyse zoochimique est une science toute récente, à peine aujourd'hui comprise parmi les branches diverses de l'Enseignement supérieur, et qu'il n'est pas surprenant que des analyses faites il y a déjà plusieurs années, et à plus forte raison quand elles datent du commencement de ce siècle, ne

donnent souvent que des résultats incomplets et contradictoires.

Enfin les animaux inférieurs, le plus souvent de petite taille, se prêtent difficilement aux procédés d'analyse habituellement employés par les physiologistes. Il est malaisé de séparer exactement une glande des parties qui l'entourent ; il est impossible de la soumettre aux moyens d'investigation ordinairement employés. Le système des fistules artificielles, par exemple, qui a permis de se rendre un compte si exact de la sécrétion gastrique de l'homme et du chien, ne saurait être appliqué. Il en résulte que souvent les naturalistes ont eu recours à un procédé que j'ose dire barbare et qui était le seul auquel ils crussent pouvoir recourir en présence de tant de difficultés : ils ont trituré l'animal entier et cherché, dans le magma qu'ils obtenaient, les principes organiques qu'ils désespéraient d'obtenir par une autre méthode. Tel a été le procédé suivi par Fredericq, quand il a cherché les ferments digestifs du *Colimaçon*, et par Voit dans une partie de son étude chimique de l'*Huître perlière*. Les inconvénients que présente une semblable manière d'opérer sautent aux yeux, et il y a longtemps que Valenciennes et Fremy avaient su les éviter dans leurs « Recherches sur la composition des œufs et des muscles dans la série animale ».

Il faut encore remarquer que, parvînt-il à force de patience à isoler l'organe qu'il étudie, le naturaliste n'en reste pas moins très souvent dans l'impossibilité de faire des analyses quelque peu exactes, à cause de la difficulté qu'il éprouve à se procurer un nombre d'exemplaires suffisant de l'animal objet de son travail. Il n'y a point besoin pour cela qu'il soit très rare ; il suffit qu'il ne soit pas excessivement commun. Ainsi, malgré l'extrême obligeance avec laquelle il m'a été, à différentes reprises, fait des envois de *Cythérées* du Laboratoire de Zoologie expérimentale de Roscoff (1), je n'ai pas pu extraire de l'Organe de Bojanus de ces

(1) Je prie M. le Professeur Lacaze-Duthiers d'accepter ici l'expression de toute ma reconnaissance pour la bienveillance avec laquelle il m'a ouvert son Laboratoire et rendu possible par des envois réitérés de mollusques l'étude que j'avais entreprise depuis longtemps sur la sécrétion bojanienne des Acéphales.

animaux toutes les substances que j'ai retirées par la suite de la même glande chez la *Moule commune ;* des premières, je n'ai eu que quelques centaines d'individus ; des seconds, j'en ai traité des milliers. Or, quand les produits sont peu abondants, si sensibles que soient les réactions microchimiques, si nettes que soient les formes cristallines, il est souvent impossible de déterminer la nature des corps que représentent seuls quelques cristaux épars au milieu d'une préparation.

Dans tous les cas, en présence du peu de concordance des résultats obtenus, quelle qu'en soit d'ailleurs la cause, qu'elle vienne des sécrétions elles-mêmes, variables d'un mollusque à un autre, ou du nombre réellement insuffisant des animaux étudiés et de la méthode d'analyse suivie par les expérimentateurs, il était désirable que de nouvelles recherches fussent entreprises. Mais alors il fallait que celui qui les poursuivrait soumît à ses analyses les sécrétions de plusieurs espèces de mollusques, qu'il traitât de chacune d'elles un grand nombre d'individus, et que, s'entourant de toutes les ressources de la chimie biologique, il se servît des procédés analytiques perfectionnés mis aujourd'hui à la portée des physiologistes. Un pareil travail exige plus de patience que de savoir, plus d'analyses que de raisonnements. Ce n'est pas une raison pour en nier l'utilité : la moindre vérité démontrée possède, à nos yeux, plus de poids que la plus brillante des idées préconçues et que la plus ingénieuse des théories.

CHAPITRE II.

DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE. — RAISONS QUI ONT DÉTERMINÉ LE CHOIX DE LA MOULE POUR SUJET D'ÉTUDE. — ORDRE SUIVI DANS CES RECHERCHES. — DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ORGANE DE BOJANUS DE LA MOULE. — VOIES QUE SUIVENT LES PRODUITS SOLIDES OU LIQUIDES SÉCRÉTÉS OU EXCRÉTÉS PAR LA GLANDE. — LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE EST NEUTRE AUX RÉACTIFS COLORÉS ET RENFERME DES MATIÈRES ALBUMINOÏDES.

Le choix que j'ai fait de la *Moule commune* comme sujet d'étude, en vue de connaître la nature de la sécrétion bojanienne des Mollusques acéphales, est facile à justifier. Il suffit en effet de rappeler que c'est au nombre insuffisant des animaux qu'ils ont employé dans leurs recherches que les naturalistes ont dû le plus souvent l'insuccès de leurs analyses. Pour trouver la créatine, par exemple, on recommande de traiter au moins une dizaine de kilogrammes de chair musculaire, si l'on désire pouvoir compter sur un résultat certain. Que signifient quarante *Huîtres perlières* devant un pareil poids, et qui s'étonnera que Voit n'ait rien trouvé ?

La *Moule* et la *Coque, Cardium edule,* sont les deux acéphales qu'on trouve le plus communément sur nos marchés, et il est facile de se les procurer en abondance. Mais l'Organe de Bojanus de la première est bien plus grand, bien plus facile à distinguer et par suite à dissocier que celui du *Cardium :* j'ai donc choisi la *Moule.* J'ai opéré sur des animaux de grande taille, ce qui m'a rendu la dissection plus aisée et surtout infiniment moins longue que si j'avais employé des *Moules* ordinaires. Or c'est là une considération qui n'est point à négliger, si l'on songe que, pour les ana-

lyses qui comportaient un grand nombre d'opérations, j'ai employé jusqu'à cinquante litres de grosses *Moules* d'Isigny, c'est-à-dire que dans ces expériences j'ai dû séparer avec soin des parties qui l'entourent l'Organe de Bojanus de plus de 3,000 animaux. Si ennuyeuse que fût cette dissection, elle était nécessaire parce que la ponction des Sacs ne donnait qu'un résultat insignifiant. Evidemment la dissection a été grossière, et je n'ai pas la prétention d'avoir enlevé uniquement l'Organe de Bojanus de toutes ces *Moules ;* mais, telle que je l'ai pratiquée, elle offre encore des avantages nombreux sur le traitement de l'animal entier, comme l'ont fait Fredericq et Voit. Il va sans dire que cette dissection est une opération extrêmement longue, que la dextérité, rapidement acquise par l'opérateur, ne permet pas d'exécuter en quelques heures seulement : aussi faut-il, pour éviter les altérations que le temps ne manquerait pas de faire éprouver aux glandes dissociées, les plonger immédiatement dans l'alcool à 90°. En évaporant plus tard l'alcool et l'eau, puis desséchant sur l'acide sulfurique, on a les Organes de Bojanus de la *Moule* dans un état convenable pour tous les essais auxquels on croit devoir les soumettre.

Avant d'entrer dans le détail des analyses que j'ai faites, je crois devoir indiquer l'ordre que je me propose de suivre dans cet exposé de mes recherches.

Après avoir donné une description sommaire de l'Organe de Bojanus de la *Moule*, description que j'emprunterai aux « Etudes sur la Moule commune » par le professeur Sabatier, j'indiquerai la voie que suivent les liquides pour sortir au dehors ; j'expliquerai comment, de centrales qu'elles étaient à l'origine , les concrétions deviennent périphériques à la fin ; puis je passerai à l'étude purement chimique des sécrétions ou excrétions de la glande, c'est-à-dire que je chercherai à isoler, à distinguer les divers principes immédiats qu'elle renferme, sans altérer leur nature ; qu'en un mot,

je tenterai de les obtenir tels qu'ils existent dans le corps de l'animal. Malheureusement il n'y a pas encore, malgré les progrès de l'analyse zoochimique, de méthode générale qui permette de séparer successivement les divers principes immédiats d'un liquide animal au moyen d'une seule série d'essais. Il est même impossible par une analyse générale d'en déterminer la nature, chose qui se fait communément pour les corps de la chimie minérale. Dans bien des cas, et notamment lorsqu'il s'agit de substances que leur rareté dans l'économie cache facilement à l'observateur, il me faudra avoir recours à des procédés particuliers. C'est ainsi qu'après avoir déterminé la nature des principes immédiats solubles dans l'éther, l'alcool et l'eau, j'aurai à indiquer quelques expériences qui permettent de découvrir dans la sécrétion bojanienne celles de ces substances qui n'y sont qu'à l'état de traces. Encore même m'arrivera-t-il quelquefois, en présence de cristaux microscopiques, de ne pouvoir employer les réactions microchimiques ordinaires. J'examinerai alors s'il est possible d'en faire néanmoins la détermination en s'appuyant sur les circonstances qui ont précédé, accompagné ou suivi leur production.

En résumé, voici donc l'ordre que je vais suivre. Je commencerai, comme je l'ai déjà dit, par la description anatomique de l'organe de Bojanus de la *Moule;* j'indiquerai ensuite la voie qui est ouverte aux liquides et aux concrétions très petites qu'il sécrète ; j'expliquerai comment les calculs plus gros, venant à s'enkyster, ne cessent pas pour cela de cheminer au travers des parois de la glande et tombent à la fin dans le courant formé par l'eau qui a baigné les branchies. Cela fait, je montrerai que la sécrétion est neutre aux réactif colorés ; qu'elle renferme des substances albuminoïdes et de la mucine. J'étudierai ensuite les corps que la glande abandonne à l'éther, à l'alcool et à l'eau ; je chercherai par des méthodes particulières les principes rares que l'analyse générale n'aura pas montrés ; j'examinerai soigneusement les calculs que renferme l'Organe de Bojanus, et j'en comparerai la composition avec celle

des perles et de la coquille ; enfin, je terminerai par l'analyse des cendres.

A l'inverse de ce que l'on observe chez les autres Mollusques acéphales, l'Organe de Bojanus de la *Moule* n'est point ramassé et nettement circonscrit, mais, en quelque sorte, dans un état de dispersion ou de dissémination. Les sacs qui le forment semblent fendus longitudinalement ; et cette apparence, dont Lacaze-Duthiers a donné l'explication, a jadis induit en erreur Treviranus et Siebold. Comme chez tous les Acéphales, les Corps de Bojanus sont en contact avec la base des branchies, et celle-ci étant très étendue, il en est de même des Sacs qui vont des tentacules buccaux au muscle adducteur postérieur des valves. Ils sont creux dans toute leur longueur, et la cavité qu'ils renferment a reçu de Sabatier le nom de canal collecteur ; Lacaze-Duthiers l'appelle le canal ou la poche périphérique.

De l'Organe de Bojanus de la *Moule* se détachent dans toute la région abdominale des replis nombreux ou piliers fusiformes qui, libres dans leur partie moyenne, adhèrent par leur extrémité inférieure à la face externe du foie. Un diverticulum du canal périphérique pénètre dans chaque pilier dont la partie inférieure entourée d'un tissu lacunaire est en communication avec les vaisseaux superficiels de la région antérieure du corps.

Le canal périphérique s'élargit d'avant en arrière ; il est anfractueux et communique d'une part avec l'extérieur, par un orifice punctiforme situé sur une papille cachée derrière le pore génital, entre la bosse de Polichinelle et la base des branchies, et d'autre part avec le péricarde par une ouverture ovalaire placée au fond du couloir péricardique.

Le professeur Sabatier regarde le couloir oblique du péricarde comme l'homologue de la cavité centrale de l'*Anodonte* : comme elle, en effet, il s'ouvre dans le péricarde et dans le canal périphérique et met ainsi les deux cavités en communication.

Quant aux grosses cellules sécrétantes de l'Organe de Bojanus, elles sont faciles à dissocier : ce sont alors des sphères de 18 μ de diamètre environ, dont le noyau transparent est difficile à distinguer, et qui renferment presque toujours des granulations colorées. Il est à remarquer qu'aucune de ces cellules n'est ciliée ; ce fait semble en contradiction avec l'idée que l'on se forme habituellement des cellules bojaniennes d'après Lacaze-Duthiers; mais il n'est pas particulier à la *Moule*, et nous verrons que la *Cythérée*, par exemple, n'offre de cellules à cils vibratiles que dans la cavité centrale.

Polygonales quand elles sont pressées les unes contre les autres, les cellules bojaniennes de la *Moule* constituent une couche unique reposant sur une lame mince de tissu fibrillaire qui forme, soit la paroi de la grande veine longitudinale, soit celle des trabécules également fibrillaires du tissu conjonctif périphérique. Elles renferment une matière protoplasmatique hyaline, au milieu de laquelle on observe de nombreuses granulations jaunes verdâtres qui d'ordinaire cachent le noyau qui est très pâle. Ces granulations se réunissent généralement en un amas central ; mais parfois aussi elles sont disséminées en plusieurs îlots distincts entourés d'une couche parfaitement transparente. Quelques cellules semblent avoir perdu leur noyau, ou du moins la réfrangibilité de celui-ci est identique à celle du contenu de la cellule et on ne le distingue pas.

Sans avoir la prétention de faire dès maintenant la physiologie de la glande, on est en droit de se demander ce que deviennent les produits solides et liquides qui résultent de la sécrétion des cellules, et de chercher le chemin qu'ils suivent. Deux voies leur seraient ouvertes, le pore bojanien et l'orifice du couloir péricardique, si Sabatier n'avait montré que la communication de ce dernier couloir avec le canal périphérique est fermée par une soupape qui permet bien aux liquides excrétés par le péricarde et par le couloir oblique de pénétrer dans le corps de Bojanus, pour de là être

rejeté par le pore bojanien, mais empêche tout retour inverse de la cavité périphérique dans le couloir et dans le péricarde. Les liquides et les solides qui proviennent de la sécrétion des cellules ne peuvent donc normalement sortir que par le pore bojanien. Tous ne suivent pas cependant cette voie, car, sans compter les liquides qui sont repris par le lacis sanguin qui tapisse de toute part la paroi de l'Organe de Bojanus, il est évident que les granulations trop grosses ne peuvent sortir par le pore bojanien qui est excessivement fin. Elles restent donc dans le canal périphérique : libres d'abord, elles grossissent à la longue, grâce à l'attraction que toute substance cristalline exerce sur les corps qui lui sont identiques ou simplement isomorphes. En grossissant, elles gênent la nutrition des cellules sur lesquelles elles reposent, ce qui est cause qu'elles finissent par en amener la mort : alors elles s'enkystent. Il semble vraisemblable que le phénomène qui se passe est analogue à celui qui détermine la disparition d'un clou enfoncé dans un arbre et que finit par recouvrir non seulement l'écorce, mais le ligneux lui-même. On peut supposer que les granulations qui reposent dans l'espace vide laissé par les cellules mortes, entourées qu'elles sont par des cellules vivantes, ne tardent pas à en être recouvertes, parce que ces cellules viennent en avant du côté du canal en bourgeonnant, et cela d'autant plus vite que le nombre des cellules détruites est plus grand et que l'excès de principes alibiles est plus grand par conséquent pour celles qui sont encore vivantes. Ce n'est là qu'une hypothèse ; mais elle expliquerait comment il se fait que, libres d'abord, puis enkystées dans les profondeurs de la glande, par la continuation des mêmes causes agissantes, les granulations finissent par devenir superficielles. Il suffit alors de la rupture de la mince paroi qui les sépare de l'extérieur pour qu'elles tombent dans le courant qui, après avoir baigné les branchies, va sortir par cet orifice supérieur du manteau qui correspond au siphon anal. Ainsi tombent parfois des plaies des goutteux des concrétions qui sont devenues superficielles.

Les exemples de semblables enkystements sont rares, je n'en ai rencontré qu'un seul, mais il suffit pour nous expliquer la sortie des calculs qui ne peuvent, à cause de leur grosseur, s'échapper au dehors par le pore bojanien.

Chez la *Moule*, les concrétions sont donc d'ordinaire microscopiques, soit parce que l'être est naturellement inapte à toute diathèse calculeuse, soit peut-être aussi parce que la vie de ces animaux, fort recherchés pour l'alimentation et aussi pour l'amendement des terres par les populations riveraines de la mer, est en réalité de trop courte durée.

Cet aperçu sommaire de l'anatomie de l'organe de Bojanus de la *Moule* était indispensable pour comprendre ce qui va suivre, et tout le monde trouvera comme moi qu'il était utile de dire ce que deviennent les produits que sécrète la glande. Il ne me reste plus qu'à les étudier maintenant d'une façon toute particulière, à donner d'abord les propriétés organoleptiques de la sécrétion brute , à séparer ensuite les principes immédiats qui la composent et à les caractériser par leurs réactions. C'est à quoi sera désormais consacré le reste de cette Étude.

La préparation de la sécrétion brute de l'organe de Bojanus de la *Moule* exige quelques explications préliminaires. En effet, la dissection de la glande est une opération longue, mais simple, pour laquelle il est inutile d'indiquer une méthode particulière quand elle doit n'être faite que sur quelques mollusques seulement ; mais il n'en est pas de même quand le nombre de ceux-ci s'élève à quelques centaines, voire à quelques milliers ; il est alors de la plus haute importance d'employer des moyens rapides : aussi crois-je devoir indiquer comment j'ai opéré. Tenant la *Moule* de la main gauche , j'appuie le bord libre des valves sur une planche, et d'un coup de couteau je tranche entièrement la charnière ; l'animal est ainsi coupé en deux. Je détache ensuite chacun des sacs, en ayant soin de

séparer les piliers fusiformes dans le haut, afin de n'emporter aucune parcelle du foie. L'opération est facilitée par la couleur jaune brun de l'Organe de Bojanus, couleur qui tranche nettement sur le vert foncé du foie et sur le blanc laiteux du reste du corps. Les glandes dissociées sont triturées dans un mortier en présence de l'eau pure ; on filtre ensuite sur un papier poreux, comme le papier berzelius ou le papier macéré à la gelée , et on obtient un liquide limpide. Il est indispensable d'avoir recours au papier, parce que le passage au travers d'un linge non amidonné n'arrête point suffisamment les corps étrangers et que le liquide est toujours trouble. On peut aussi employer un appareil aspirateur : la filtration se fait alors baucoup plus vite ; mais cela n'est point indispensable, parce que la fibrine de la *Moule* ne se coagule pas et qu'il est par suite inutile de craindre de la voir rester sur le filtre à l'état de coagulum.

Le liquide ainsi obtenu, et que j'appellerai l'extrait brut de l'Organe de Bojanus , est limpide , légèrement opale et un peu filant. Il n'est pas pur, et renferme, en outre de la sécrétion proprement dite de la glande, la matière protoplasmatique des cellules non encore à maturité , du sang et de l'eau de mer. Il en résulte que sa saveur est salée ; son odeur est celle de la *Moule*.

La sécrétion brute de l'Organe de Bojanus de la *Moule* est, quand elle est fraîche, sans action sur le papier de tournesol bleu ou rouge et sur la teinture de curcuma : elle est neutre aux réactifs colorés.

On peut facilement montrer que l'extrait brut de la glande de Bojanus renferme des substances albuminoïdes. Ces matières existent chez les êtres vivants sous deux états : sous l'une, elles sont insolubles, et alors elles constituent les principaux tissus de l'animal ; sous l'autre, elles sont dissoutes dans les humeurs. Souvent alors

leur solubilité n'est qu'apparente ; une base alcaline, un sel dissous sont cause qu'elles sont fluides. L'action de la chaleur, de l'alcool et des acides minéraux les coagulent généralement. Mais, quelle que soit leur diversité quand elles étaient dissoutes, solides elles sont si semblables entre elles que l'analyse élémentaire devient impuissante à leur trouver des différences. Aussi toutes ne sont pas parfaitement connues, et sous le même nom le chimiste comprend souvent des corps qui sont loin d'être identiques. C'est ainsi que l'albumine de l'œuf de la *Poule* diffère de celle de l'œuf du *Canard* ou du *Corbeau*, que la fibrine du sang de l'homme qui se coagule au sortir de la veine n'est point pareille à celle que l'on extrait du cœur de l'*Huître* ou de la *Moule* et qui reste fluide.

Chez la *Moule*, comme chez tous les autres animaux, les matières albuminoïdes existent sous les deux modifications solides et liquides. Je ne m'occuperai que de celles qui sont sous ce dernier état, c'est-à-dire des substances protéiques, sécrétées ou simplement excrétées par la glande et qui sont dissoutes dans le liquide qu'on en peut extraire.

J'ai fait diverses expériences pour montrer que l'extrait brut des Corps de Bojanus renferme des matières albuminoïdes ; les voici :

1° Quand on fait bouillir pendant un instant l'extrait aqueux après y avoir ajouté quelques gouttes du réactif de Millon, on observe que les flocons qui se forment à la surface du liquide, d'abord blancs, ne tardent pas à se colorer en rose rouge.

2° L'acide azotique donne, avec la même liqueur, un liquide jaune qui passe à l'orangé quand on y ajoute de l'ammoniaque.

3° L'extrait aqueux versé dans une solution de sulfate de cuivre, puis additionné d'un excès de potasse, devient bleu violacé.

4° Si l'on verse dans la sécrétion bojanienne de la *Moule* un excès d'acide acétique, puis de l'acide sulfurique concentré, le liquide qui est au fond du tube prend une teinte violette. (Sa fluorescence ne m'a pas paru bien manifeste.)

5° Enfin l'acide sulfurique et une goutte d'une solution de sucre donnent à la liqueur une coloration violet rouge.

Toutes ces réactions sont considérées comme caractéristiques des matières albuminoïdes : l'extrait de la glande de Bojanus en renferme donc. Mais quelles sont ces substances ? c'est ce qu'il est beaucoup plus difficile de découvrir et ce dont je m'occuperai dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE (*Suite*).

LES SUBSTANCES ALBUMINOIDES QUE RENFERME L'EXTRAIT BRUT DE L'ORGANE DE BOJANUS DE LA MOULE SONT : DE LA SÉRINE, UNE ALBUMINE ET UNE FIBRINE PROPRES A LA MOULE, ENFIN UN ALBUMINATE A BASE INDÉTERMINÉE PLUS OU MOINS ANALOGUE A LA CASÉINE. IL Y A AUSSI DE LA MUCINE.

Quand on a constaté qu'un liquide renferme des matières albuminoïdes, il n'y a plus qu'à chercher si une seule substance est dissoute, ou s'il y en a plusieurs. Le dernier cas est le plus fréquent. On essayera ensuite de voir si l'on a affaire à de l'albumine et à ses variétés, aux diverses fibrines, à de la caséine ou aux albuminates analogues.

Sous ce titre « albumine et ses variétés » on comprend l'albumine du sérum ou sérine, l'albumine de l'œuf, la paralbumine et la métalbumine.

Il n'y a pas lieu de croire que la sécrétion bojanienne renferme les deux derniers de ces corps, qui sont du reste très rares ; mais on en a la preuve, car :

1° La liqueur se trouble par l'addition d'une petite quantité d'acide acétique et d'acide chlorhydrique.

2° Le ferrocyanure de potassium la trouble également quand on l'y introduit après un excès d'acide acétique.

3° Le coagulum plus ou moins fibreux que produit l'alcool ne se dissout pas par une longue digestion en présence de l'eau pure et à la température ordinaire.

Il n'y a donc pas de métalbumine ; il n'y a pas davantage de paralbumine. Ce corps se précipite en présence de l'alcool sous la

forme de flocons granuleux qui se dissolvent dans l'eau à la température de 35°. Or :

1° Le coagulum floconneux qui se produit quand on verse de l'alcool dans la sécrétion des Corps de Bojanus de la *Moule* ne disparaît pas dans l'eau à 35° ; il faut une longue, très longue ébullition pour le dissoudre et encore partiellement.

2° La température de 100° n'amène pas seulement un trouble dans la liqueur, mais un coagulum véritable, et en filtrant on a un liquide limpide.

Ainsi l'albumine de la sécrétion bojanienne de la *Moule* ne peut être que de la sérine ou une substance analogue à l'albumine de l'œuf de la *Poule*. Nous allons voir que l'extrait obtenu en triturant la glande en présence de l'eau les contient toutes les deux, car elle offre un grand nombre de réactions qui conviennent à l'une et à l'autre de ces substances protéiques.

1° Quand on chauffe la sécrétion brute de l'Organe de Bojanus de la *Moule* dans un tube à essai, bien avant que le point d'ébullition ne soit obtenu, on voit se former un coagulum à la partie supérieure du liquide. Le coagulum donne naissance à des flocons distincts blancs, d'une texture finement granuleuse, très légèrement élastiques, sans odeur ni saveur. Après leur apparition, un léger trouble se manifeste et se propage de haut en bas.

Quand on fait cette expérience, il est inutile, le liquide étant neutre, d'ajouter une goutte d'acide acétique ou de neutraliser par le sulfate de soude, le chlorhydrate d'ammoniaque ou tout autre sel alcalin.

Le trouble que l'on obtient ne peut être confondu avec celui que produisent parfois, dans les mêmes circonstances, les phosphates terreux (phosphates de chaux, de magnésie, ou encore ammoniaco-magnésien). On sait que ces phosphates, qui se séparent facilement à l'ébullition de leurs solutions neutres, disparaissent rapidement par l'addition d'une goutte ou deux d'acide chlorhydrique dans la liqueur. Dans l'expérience que je cite, le trouble ne disparaît pas.

2° L'acide azotique modérément étendu produit dans l'extrait de la glande un précipité blanc qui est soluble dans un grand excès d'acide et en présence de beaucoup d'eau.

3° Les acides chlorhydrique, sulfurique et picrique donnent également naissance à un précipité, à un coagulum floconneux.

4° Mais le précipité fourni par l'acide chlorhydrique est difficilement soluble dans un excès de réactif. Il forme une masse gélatineuse, transparente, qui remplit le tube à essai sans se dissoudre.

5° L'acide acétique, l'acide lactique donnent naissance à un précipité.

6° L'alcool forme immédiatement un coagulum blanc floconneux qui ne se dissout qu'en partie, lorsque, l'ayant immédiatement séparé de l'alcool, on l'agite dans l'eau distillée.

7° L'acide tannique et le bichlorure de mercure donnent d'abondants précipités avec la sécrétion bojanienne de la *Moule*.

8° L'éther agité en présence de l'extrait des Corps de Bojanus donne naissance à un coagulum qui par le repos se sépare en deux précipités. En effet, on observe au bout de quelque temps dans le tube où l'on a fait l'expérience trois couches superposées : à la surface un coagulum transparent et gélatineux, au milieu une couche liquide et au fond un précipité blanc floconneux. Le coagulum d'apparence gélatineuse, qui se forme à la partie supérieure du liquide porté sous le microscope, se montre formé par des gouttelettes d'éther entouré d'une membrane anhiste. Le précipité floconneux est finement granuleux.

La manière dont se comporte l'extrait de l'Organe de Bojanus de la *Moule* est aussi la même que celle qu'on observe quand on met la sérine en présence des acides azotiques, sulfuriques et picriques, de l'alcool, du bichlorure de mercure et du tannin. Mais les réactions que fournissent l'acide chlorhydrique, l'acide acétique et l'acide lactique, le coagulum surtout qui est dû à l'éther indiquent une substance analogue, mais non identique à l'albumine de l'œuf

des oiseaux, ou plus exactement de l'œuf de la *Poule*, qui seule a été bien étudiée.

Ainsi deux sortes d'albumines paraissent exister dans la sécrétion bojanienne de la *Moule :* ce sont la sérine et une albumine plus ou moins semblable à celle de l'œuf ; mais il pourrait se faire qu'au lieu de deux, il n'y en eût qu'une seule, et que par l'ensemble de ses propriétés elle participât de l'une et de l'autre de ces matières protéiques. Nous allons voir qu'il y a en réalité deux albumines.

Traitons en effet cet extrait de la glande par l'éther, agitons, puis laissons reposer un instant et filtrons. S'il y a de la sérine, on la retrouvera dans le liquide limpide qui passe, puisque l'éther est sans action sur elle et que seule l'albumine propre à la *Moule* aura été coagulée et sera par conséquent restée sur le filtre. Or, si l'on verse dans la liqueur quelques gouttes d'une solution de sulfate de cuivre, puis une très petite quantité de lessive de potasse, on verra apparaître une belle couleur bleue violacée. Nous savons que cette réaction, une des plus sensibles qui existent, caractérise les corps dits protéiques. Le liquide filtré renferme donc une matière albuminoïde : cette matière est de la sérine.

Quant au coagulum resté sur le filtre et qui renferme, en outre de l'albumine proprement dite, quelques autres matières albuminoïdes, il n'est point formé par une substance identique au blanc de l'œuf de la *Poule*. Nous en avons pour garanties les réactions que, sous sa modification soluble, cette albumine fournit avec les divers acides chlorhydrique, acétique et lactique, et que l'on n'observe point avec les solutions dans l'eau de l'albumine de l'œut des *Gallinacés*. Les expériences montrent de plus que cette albumine, particulière à la *Moule*, forme la majeure partie des coagulums obtenus, et que la sérine n'existe qu'à l'état de traces dans la sécrétion.

La sérine et l'albumine particulière à la *Moule* ne sont pas les

seules substances albuminoïdes que renferme la sécrétion de l'Organe de Bojanus ; on y trouve encore de la fibrine et une caséine.

La recherche de la fibrine est rendue particulièrement difficile parce qu'elle ne se coagule pas. Ce qui caractérise en effet ce corps, c'est sa coagulation spontanée. Ce caractère va en s'affaiblissant à mesure qu'on descend l'échelle des êtres : la fibrine du sang des crustacés met déjà un temps assez long à se coaguler ; celle du sang de l'*Huître* ne se coagule jamais. Il en est de même pour la *Moule* dont le sang, mêlé à beaucoup d'eau, paraît seulement plus filant, plus gluant au bout de quelques heures. Aussi, à défaut de sa propriété caractéristique, on en est réduit, pour la déterminer, à chercher d'autres réactions ; il n'en existe malheureusement pas qui soient bien démonstratives. Le microscope nous apprend que la fibrine coagulée est un corps blanc, amorphe, sans texture histologique; et la chimie nous montre que cette matière se dissout à la longue dans une solution d'azotate de potasse dans l'eau pure, quand on a soin de maintenir pendant longtemps la température constante et dans le voisinage de 40°. La dissolution que l'on obtient forme un liquide visqueux que la chaleur coagule. La sérine se prend aussi en grumeaux par la chaleur, mais toute confusion est impossible, car l'acide acétique précipite la fibrine dissoute, ce qu'elle ne fait pas avec la sérine. Ainsi, quoique se rapportant à un état sous lequel la fibrine des humeurs de la *Moule* ne se présente point habituellement, la constitution histologique et la solubilité dans le salpêtre pourraient néanmoins suffire à la caractériser, s'il n'était malheureusement aujourd'hui prouvé que toute fibrine n'est pas soluble dans l'azotate de potasse, et que celle-là même qui s'y dissout perd avec le temps cette propriété et devient insoluble après une longue exposition à l'air. Quand la fibrine ne se coagule pas spontanément, si elle est insoluble dans l'eau salpêtrée, il n'y a que l'observation microscopique qui puisse, en montrant l'état anhiste de ses flocons coagulés, faire croire à sa présence. C'est là le cas de la fibrine de la *Moule*.

Quand on verse de l'alcool à 90° dans la sécrétion artificielle de la glande, il se produit immédiatement un abondant précipité blanc. Le précipité, ou plutôt le coagulum est constitué en majeure partie par une albumine particulière à la *Moule* avec des traces de sérine et aussi de fibrine et de mucine, ainsi que nous allons le voir. Pour isoler la fibrine, on débarrasse par filtration le coagulum de l'alcool qui l'imprègne, on le lave et on le met en présence d'une solution concentrée d'azotate de potasse, et cela pendant longtemps. Je me suis servi pour cela d'une étuve à éther. Après onze heures de contact, j'ai mis fin à l'expérience ; j'ai filtré et j'ai obtenu un liquide limpide, nullement visqueux, que la chaleur ne troublait pas et dans lequel l'acide acétique versé goutte à goutte ne formait aucun précipité. Ce liquide ne renfermait donc point de fibrine dissoute. La fibrine de la *Moule*, s'il en existe dans le coagulum, n'est pas soluble dans le salpêtre, au moins dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire au bout de onze heures de contact, la température étant de 35° 5. Et non seulement la liqueur ne renferme pas de fibrine, mais elle ne contient aucune autre matière albuminoïde, car le sulfate de cuivre et la potasse n'y produisent aucune coloration bleue violacée.

Puisque la fibrine de la *Moule* ne se coagule pas et ne se dissout pas dans l'azotate de potasse, nous n'avons, pour la reconnaître, que l'examen microscopique ; encore faudra-t-il nous placer dans des conditions où il soit possible. Voici comment j'ai opéré : on se souvient que, quand on agite l'extrait artificiel en présence de l'éther, on a, après repos, dans le tube où l'on fait l'expérience, trois couches superposées, deux solides et une liquide intermédiaire. Le dépôt du fond est floconneux, il est blanc et finement granuleux, c'est de l'albumine. Au-dessus est une couche liquide qui tient les sels en dissolution ; enfin à la surface il y a un coagulum d'aspect gélatineux. Or, quand on examine ce dernier sous un grossissement suffisant, on le trouve formé de très nombreux globules d'éther entourés d'une mince couche d'une sub-

stance sans texture histologique. Cette couche est, selon moi, constituée par de la fibrine. Il n'en existe que des traces dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*. Mais alors cette fibrine provient-elle de la glande elle-même, ou n'est-elle pas plutôt apportée dans l'extrait par le sang du mollusque qui y est abondamment mélangé ? — Cette hypothèse est la plus vraisemblable. Par son mode même de préparation la sécrétion brute de l'Organe de Bojanus, renferme du sang. Si l'on se rappelle la configuration de la glande, on voit qu'entouré d'un lacis sanguin dont le réseau très riche en capillaires le pénètre de toutes parts, chaque Sac communique en plus directement avec le péricarde. En triturant une pareille glande il est impossible qu'on n'introduise point du sang dans le liquide qu'elle fournit. Si donc le sang des invertébrés ou, pour parler plus exactement, si le sang de la *Moule* est constitué comme celui des animaux vertébrés, s'il renferme un corps analogue à la fibrine et n'en différant que par son inaptitude à se coaguler spontanément et à se dissoudre dans le salpêtre, on doit le trouver dans le produit de la trituration de la glande, dans la sécrétion artificielle des Corps de Bojanus. Nous venons de voir qu'on l'y trouve en effet. S'il y en avait beaucoup, on devrait en attribuer une partie à la sécrétion propre de la glande ; mais comme il n'y en a que des traces, il semblera probable que cette substance provient uniquement du sang de la *Moule*.

Quand j'aurai montré qu'il existe encore une caséine dans la sécrétion brute de l'Organe de Bojanus de la *Moule*, j'aurai terminé la détermination des principes albuminoïdes qu'elle renferme.

On sait que la caséine et les albuminates de potasse ou de soude ne sont point coagulés par la chaleur : aussi j'ai pensé que la méthode la plus rapide et en même temps la plus sûre pour les obtenir consistait à faire bouillir l'extrait et à filtrer. Quelques traces de caséine pourraient à la rigueur s'être coagulées à la surface du

liquide, mais il y en a si peu dans la sécrétion, qu'on peut sans inconvénient les négliger. Dans le liquide limpide qui passe, j'ai versé de l'acide acétique, et il s'est manifesté un léger trouble. Un excès de réactif ne l'a point fait disparaître ; mais la liqueur m'a paru un peu plus limpide. Cette apparence peut tenir à deux causes : à la plus grande dilution du liquide, et alors il n'y a ni caséine ni albuminate ; mais on peut aussi l'attribuer à la disparition d'une partie du précipité, et dans ce cas il y avait des traces de caséine ou d'un albuminate analogue. Je crois à la seconde de ces causes ; je regarde comme certaine la dissolution d'une partie du précipité, par conséquent j'admets la présence d'une caséine , non identique évidemment à celle du lait de la vache, mais à base de soude ou de potasse. Je n'ai du reste ni l'intention ni les moyens d'entrer dans la discussion que sa composition pourrait soulever ; il n'y en a que des traces ; je ne l'ai point isolée ; sa présence même n'a pu être affirmée que par une différence de teinte, différence qui doit toute sa valeur à l'habitude que l'opérateur peut avoir acquise par l'observation des divers degrés de transparence qui se présentent dans des cas semblables. En admettant l'existence de cet albuminate dans l'extrait, on n'en peut même déterminer la base. On élimine la sérine, l'albumine propre à la *Moule* et sa fibrine ; on évapore le liquide limpide obtenu par filtration, non sans l'avoir au préalable additionné de quelques gouttes d'acide chlorhydrique ; puis on verse sur le résidu de l'alcool pur et on l'allume. La flamme est jaune ; mais, en la regardant au travers d'un verre bleu, le jaune disparaît et fait place au violet. Peut-on dire que l'albuminate est à base de potasse ? non , car on pourrait tout aussi bien le croire à base de soude, puisque la flamme est jaune quand on la regarde directement.

L'expérience n'est pas concluante, elle n'indique pas quelle est la base qui entre dans la composition de la caséine, elle nous montre seulement, chose que nous savions, qu'il y a dans l'eau de mer

des sels de soude et de potasse, et ne prouve pas qu'il y en a aussi dans la sécrétion de l'Organe de Bojanus.

En résumé, quatre substances albuminoïdes existent dans la sécrétion bojanienne de la *Moule commune*. Une d'elles y est abondamment répandne ; c'est une albumine qui ressemble à celle de l'œuf de la *Poule*, mais elle en diffère parce qu'elle est coagulée par les acides chlorhydrique, lactique et acétique, employés à l'état de traces, et aussi parce que, précipitée par l'alcool et immédiatement soustraite à l'action de ce réactif, elle ne se dissout pas dans l'eau, même après une longue agitation.

Les trois autres substances albuminoïdes ne sont qu'à l'état de traces dans l'extrait de la glande : ce sont de la sérine, une fibrine propre à la *Moule* et un albuminate à base indéterminée. Il est probable que ces trois corps appartiennent au sang qui est mélangé avec l'extrait; quant au premier, à l'albumine, c'est certainement un des principes propres à l'Organe de Bojanus.

Avant de passer à l'étude des divers extraits qu'on peut faire de la sécrétion bojanienne de la *Moule*, il convient de montrer que celle-ci renferme des traces d'une matière muqueuse, la mucine, que l'ensemble de ses propriétés rapproche des substances albuminoïdes proprement dites. Voici comment on en peut prouver la présence :

1° On porte l'extrait brut de la glande à l'ébullition: au bout de quelques instants l'albumine et la fibrine sont coagulées; ou filtre et dans la liqueur limpide qui passe il n'y a plus que l'albuminate et la mucine ; on verse alors goutte à goutte de l'acide acétique, un trouble bien plutôt qu'un précipité véritable se forme. On a vu qu'il ne disparaît pas par un excès de réactif : il y a de la mucine dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*.

2° On coagule en bloc, au moyen de l'alcool, les albumines, la fibrine, la caséine et la mucine; puis on maintient le coagulum frais pendant longtemps en présence de l'eau aiguisée d'acide acétique : albumines, fibrine et caséine se dissolvent ; seule la mucine reste à l'état insoluble dans la liqueur et lui donne du louche, pour peu qu'elle y soit à l'état de traces seulement.

Pour avoir des renseignements plus complets sur la mucine de la sécrétion bojanienne, pour la connaître comme celle du *Colimaçon*, il aurait fallu l'isoler, ce n'était pas possible. Il y en a même si peu qu'on peut penser que les faibles traces qu'on en observe viennent du sang de la *Moule;* je n'attribue pas cependant la viscosité de cette humeur après plusieurs heures d'exposition à l'air, à la mucine qu'elle renferme, mais à la fibrine qui y est en plus grande abondance. Dans tous les cas, il semble que le plasma du sang de la *Moule* a une composition analogue à celle du sang des vertébrés, puisqu'on y trouve des traces des mêmes matières albuminoïdes unies à des traces de mucine.

CHAPITRE IV.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE (*Suite*).

L'EXTRAIT ÉTHÉRÉ DE L'ORGANE DE BOJANUS DE LA MOULE RENFERME DE LA STÉARINE, DE LA MARGARINE, DE L'OLÉINE, DE LA LÉCITHINE, DE L'ACIDE VALÉRIANIQUE ET DE L'ACIDE BUTYRIQUE.

Les graisses sont en général si solubles dans l'éther qu'en prenant quelques précautions bien simples, il est facile de les isoler des tissus qui les renferment ; l'opération n'est pas plus compliquée quand elles flottent dans les humeurs sous la forme de globules jaunes et transparents doués de la propriété de réfracter fortement la lumière. Grâce à leurs caractères physiques qui sont nettement tranchés, et en s'aidant de quelques réactions rapidement exécutées, l'observateur peut reconnaître d'une façon générale la nature du résidu que l'éther lui abandonne en s'évaporant. Toute autre est la difficulté qu'il éprouve quand il tente de séparer les divers glycérides et les acides libres qui forment la substance grasse. S'il ne dispose de plusieurs kilogrammes de matière, il est exposé à laisser passer sans les apercevoir divers acides volatils qui disparaissent pendant la série de ses opérations ; et ceux-là même que leur fixité garantit contre une semblable disparition lui réservent, par la similitude de leurs formes cristallines, bien des recherches infructueuses, bien des comparaisons délicates avant que la certitude se forme dans son esprit.

La première chose à faire est donc de se procurer la plus grande quantité possible de matière grasse. Aussi, pour mes premières

recherches j'ai cru devoir employer cinquante litres de grosses *Moules* d'Isigny, et dans la seconde, qui avait pour but de vérifier les résultats de la première, j'ai disséqué et traité par l'éther les Organes de Bojanus de vingt-cinq litres du même animal. J'ai néanmoins toujours été loin d'avoir les kilogrammes de matière que j'aurais désiré manipuler, et cependant pour ma première analyse j'ai ouvert plus de trois mille *Moules*, plus de quinze cents pour la seconde. Dans ces deux expériences, je n'ai pas procédé d'une façon identique à la séparation des corps solubles dans l'éther : les résultats n'en ont pas moins été les mêmes, d'où il suit qu'on peut employer indistinctement l'une et l'autre méthode.

Quand j'ai fait mes premières recherches, j'ai laissé pendant huit jours les organes dissociés dans l'alcool à 90°, puis l'ayant décanté, je l'ai remplacé par une nouvelle quantité du même liquide, et j'ai attendu deux jours encore. Au bout de ce temps j'ai filtré et j'ai traité les glandes par l'alcool à 100° et bouillant. Après vingt minutes d'ébullition, j'ai filtré et j'ai joint le liquide aux extraits déjà obtenus. Les Sacs de Bojanus avaient à ce moment presque entièrement perdu leur couleur brune et étaient devenus presque blancs. Je les ai alors mis en présence de l'éther anhydre à 35° 5, et ayant prolongé l'ébullition pendant un quart d'heure environ, j'ai filtré et j'ai joint l'extrait éthéré aux divers liquides alcooliques. Le mélange ainsi formé renfermait donc les corps solubles dans l'alcool, dans l'éther et dans l'eau. Afin d'isoler celles de ces substances que l'éther peut dissoudre, j'ai évaporé au bain-marie jusqu'à siccité, et j'ai enfin repris le résidu par l'éther exempt d'eau et bouillant.

Pour la seconde expérience j'ai mis d'abord dans l'alcool à 90° les Sacs de Bojanus au fur et à mesure que je les dissociais, ce qui les préservait de toute altération ; mais la dissection une fois terminée, j'ai versé le tout dans une vaste capsule et évaporé l'alcool et l'eau ; puis j'ai achevé la dessiccation sur l'acide sulfurique. Quinze jours plus tard, j'ai mis les Organes bien secs en présence de l'éther bouillant et j'ai filtré.

Le traitement par l'éther est une opération délicate qui demande quelques précautions, à cause de l'inflammabilité de ce dissolvant. Je me suis toujours servi d'une vaste capsule chauffée au bain-marie ; mais il vaudrait mieux employer un appareil à déplacement : on n'aurait plus à craindre de voir l'éther prendre feu, et le lavage serait bien plus méthodique et bien plus complet. En rinçant ensuite soigneusement tubes et ballons, on ne perdrait aucune trace des corps gras que renferment les tissus et la sécrétion concrétée de la glande. Je reconnais donc que ma méthode était aussi défectueuse qu'elle était dangereuse ; mais les inconvénients qu'elle présente ont été pour moi sans conséquences, puisque les corps que l'éther n'avait point dissous se sont retrouvés dans l'alcool, quand j'ai fait l'étude de l'extrait que ce dernier liquide avait fourni.

Quelle que soit la méthode suivie pour sa préparation, le liquide éthéré est jaune, et sa couleur se fonce à mesure que l'éther s'évapore ; elle devient roussâtre à la longue et finit par prendre la teinte acajou. C'est là également la couleur du résidu que le dissolvant abandonne, en s'évaporant spontanément. L'aspect de ce résidu est celui d'un corps gras, et les taches qu'il fait sur le papier ne disparaissent pas avec le temps. Il est imparfaitement soluble dans l'eau, et la densité de la partie non dissoute est égale à celle de ce liquide ou lui est un peu supérieure. Son odeur est celle de la *Moule*, mais elle est plus forte et plus pénétrante. On ne voit point de cristaux dans le résidu éthéré, et quand on le met sur une lame porte-objets, il est par transparence d'un beau jaune brillant. Il réfracte donc fortement la lumière, mais, comme toutes les graisses, il est sans action sur la lumière polarisée dans laquelle les bords seuls de la préparation sont fortement illuminés. Les matières colorantes ne changent pas de couleur quand on les met en sa présence. Enfin la chaleur le fond, puis le décompose en le boursou-

flant ; il brûle alors avec une flamme très éclairante et laisse pour résidu un charbon noir et brillant.

A ces caractères on reconnaît un corps gras. Je n'ai plus qu'à ajouter que le résidu était peu abondant, malgré le nombre des *Moules* sacrifiées, et qu'il recouvrait, comme un vernis, les parois du vase qui avait contenu l'éther.

L'étude physique de l'extrait éthéré étant terminée, il me reste à parler des corps gras qui le constituent. Il en renferme plusieurs, ce qui n'est pas surprenant, les graisses ayant en général une composition complexe ; voici du reste comment on s'en assure :

On traite à chaud la graisse par une solution alcoolique de potasse ; dans ces conditions, la saponification est presque instantanée. Des grumeaux roussâtres et visqueux, les uns flottants sur le liquide et les autres collés au fond de la capsule, se forment rapidement. Pour compléter la saponification, on ajoute à différentes reprises et par petites portions de la potasse en dissolution dans l'alcool. Une fois le savon formé, on chasse l'alcool en faisant bouillir le liquide, et l'on ajoute de l'eau pour dissoudre le savon et la glycérine. On attend ensuite que la masse se soit refroidie, et, l'ayant introduite avec de l'éther dans un flacon bouché à l'émeri, on agite fortement et à plusieurs reprises. Après deux jours de repos, on voit deux couches superposées, l'une, la supérieure, jaune et constituée par l'éther qui a dissous les corps gras non saponifiés, l'autre, inférieure, aqueuse et transparente, renfermant la potasse en excès, le savon et la glycérine.

La couche éthérée décantée avec soin est abandonnée à l'évaporation spontanée ; mais en ralentissant sa disparition, on n'obtient pas encore de cristaux et le résidu amorphe et jaune forme seulement un enduit mamelonné sur les parois du vase.

Quant à la couche aqueuse, après l'avoir débarrassée de l'éther, on l'évapore à siccité, puis on reprend le résidu par l'alcool à

90°, et on verse, dans la solution alcoolique de savon, de l'acide sulfurique goutte à goutte, afin de séparer les acides gras. Il se forme un abondant précipité de sulfate de potasse, et les acides gras que l'alcool dissout facilement surtout à chaud restent dans le liquide avec la glycérine et l'excès d'acide. En filtrant, on les sépare des cristaux de sulfate de potasse. Mais avant d'indiquer les manipulations auxquelles il faudra soumettre encore la solution alcoolique des acides gras afin de les isoler, je dois signaler deux particularités importantes que l'on observe toujours quand on verse l'acide sulfurique dans la dissolution des savons. Chaque goutte d'acide qui tombe y produit une belle couleur rose que je ne puis mieux caractériser qu'en la disant identique à celle que fournit l'acide azotique, ou un azotate quand on le met en présence du réactif ferroso-ferrique, c'est-à-dire d'un mélange de sulfate de protoxyde et de sesquioxyde de fer pulvérisé et en suspension dans l'acide sulfurique. Par une nouvelle addition d'acide la couleur se fonce et vire enfin au rouge brun ; mais au bout de vingt-quatre heures de repos, toute coloration disparaît. Si l'on chauffe le sulfate de potasse en présence de l'acide sulfurique pour voir s'il n'aurait point entraîné des traces d'acides gras volatils, on voit les cristaux encore adhérents au dôme de la cornue prendre une couleur violette magnifique. Cette suite de couleurs, rose, rouge et violet, rappelle immédiatement à l'esprit la série des colorations que fournissent les acides biliaires quand on les traite par la méthode de Bogomoloff. Il ne faudrait pas cependant croire à l'existence de produits biliaires dans la sécrétion bojanienne de la *Moule* qui, nous le verrons, n'en renferme point de traces. Au contact de l'alcool et de l'acide sulfurique, et même de ce dernier tout seul, les graisses donnent souvent des colorations trompeuses qui sont si semblables à celles que fournissent les acides biliaires qu'on peut facilement se méprendre sur la cause qui les a produites. On peut cependant reconnaître leur origine véritable, en élimi-

nant en même temps que les corps gras et l'albumine, l'alcool; les réactions de Pettenkofer et de Gmelin sont alors muettes et nulle couleur n'apparaît. Dans le cas présent, on peut, je pense, attribuer les diverses colorations observées à l'oléine de l'extrait éthéré. L'huile d'olive pure prend en effet les mêmes couleurs quand on la traite par l'alcool et l'acide sulfurique, mais les teintes ne sont point tout à fait identiques, le violet étant plutôt lie de vin avec l'huile que violet pur. Enfin il n'est point inutile de remarquer qu'une série de couleurs, en tous points semblable à celle qui se produit avec la graisse de la *Moule*, apparaît toutes les fois que l'on traite de l'huile animale de *Baleine* ou de *Morue* par le procédé de Heydenreich, c'est-à-dire par l'acide sulfurique à 66°. Ces huiles sont ailleurs fortement colorées, comme la graisse de la *Moule*, et il est, dans l'état de nos connaissances, difficile de dire si les colorations observées tiennent à la matière grasse proprement dite ou à la substance colorante qu'elle renferme et qu'on n'a pu encore isoler jusqu'à ce jour.

La deuxième observation importante à faire est la suivante : en même temps que la liqueur alcoolique se colore en rose, elle s'échauffe fortement à cause de l'hydratation de l'acide sulfurique et de la combinaison de la potasse avec l'acide, et on sent une insupportable odeur de valériane. Nous allons voir plus loin qu'en effet l'acide valérianique accompagne l'acide butyrique à l'état probable de glycéride dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*, car nous aurons l'occasion de l'observer sous la forme de cristaux rectangulaires de valérianate de baryte disséminés. au milieu de nombreux losanges de butyrate de la même base.

Cette digression, un peu longue, était nécessaire si l'on tient à être au courant de tous les phénomènes qui se produisent au cours de l'analyse ; du reste, je vais maintenant la reprendre pour ne plus la quitter.

On a vu qu'après la formation du sulfate de potasse, on filtre. Le liquide qui passe renferme les acides gras, la glycérine et l'acide

sulfurique en excès. On l'additionne de cinq ou six fois son volume d'eau, puis on y verse une dissolution d'hydrate de baryte qui précipite immédiatement l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryte et donne en même temps naissance à divers savons barytiques insolubles. Comme il est impossible de verser exactement la quantité d'hydrate de baryte strictement nécessaire, on se débarrasse de l'excès de base par un courant d'acide carbonique passant à refus. On chauffe ensuite, ce qui chasse l'acide carbonique et l'alcool, on filtre, et, mettant le précipité en suspension dans l'eau, par une dernière addition d'acide sulfurique, on met les acides gras fixes en liberté.

Les acides ne sont pas solubles dans l'eau ; on pourrait espérer les obtenir sous leurs formes cristallines caractéristiques ; mais il n'en est rien ; on a des gouttelettes huileuses et pas de cristaux. J'ai essayé d'en préparer avec l'éther et avec le sulfure de carbone, que je laissais s'évaporer lentement, et je n'ai obtenu que des taches graisseuses. Une seule fois, ayant décomposé le savon barytique par l'acide chlorhydrique, j'ai obtenu quelques cristaux réunis en éventail, très nets et semblables à ceux que Robin et Verdeil ont figuré Pl. XXXIX, f. 2 *f*, lesquels sont des cristaux d'acide stéarique.

J'ai recommencé plus tard la même recherche par la même méthode ; mais, soit qu'elle ait été défectueuse, soit plutôt que l'extrait éthéré ait été mal préparé, je n'ai point obtenu de cristaux d'acide stéarique ; je n'en conclus pas moins que l'extrait éthéré renferme des traces de stéarine. Cette manière de voir s'est du reste trouvée ultérieurement justifiée par des observations microscopiques, qui m'ont permis de constater l'existence de cristaux de stéarine mêlés à des cristaux de margarine dans un extrait éthéré préparé plus soigneusement.

Quant aux gouttelettes huileuses que l'acide sulfurique met en liberté, il est assez facile d'en déterminer la nature. Leur aspect est semblable à celui de l'acide oléique ; j'ai en conséquence cher-

ché si l'emplâtre qu'elles forment est partiellement soluble dans l'éther. J'ai fait bouillir en présence du massicot et de l'eau une partie de l'extrait éthéré, et, par une agitation continue, j'ai obtenu un précipité que j'ai séparé par filtration après refroidissement. J'ai desséché cet emplâtre avec soin, puis je l'ai mis en présence de l'éther bouillant qui a dissous seulement l'oléate de plomb, et j'ai filtré. J'ai alors versé goutte à goutte de l'acide chlorhydrique dans la liqueur ; un léger précipité de chlorure de plomb s'est formé ; une petite quantité d'oléate s'était donc dissoute. J'ai laissé reposer pendant vingt-quatre heures, puis j'ai décanté et j'ai chassé au bain-marie l'éther et l'excès d'acide chlorhydrique. Le liquide, après toutes ces manipulations, renfermait de fins globules incolores qui réfractaient fortement la lumière : j'étais évidemment en présence de l'acide oléique. Pour en être plus certain, j'aurais voulu essayer la réaction que produit l'acide azotique nitreux, mais la quantité de matière grasse dont je disposais était insuffisante, et je n'ai obtenu rien de bien net. Néanmoins, la formation d'un emplâtre partiellement soluble dans l'éther, l'aspect des gouttelettes sont autant de raisons qui permettent d'affirmer avec une certitude suffisante qu'il existe de l'oléine dans l'extrait éthéré de l'Organe de Bojanus de la *Moule*.

On a vu (page 36) que l'extrait éthéré traité par une solution alcoolique de potasse bouillante donne naissance à des grumeaux relativement volumineux, bruns, visqueux, aussi denses, sinon plus denses que la solution potassique, au sein de laquelle ils se sont formés, gluants et s'agglutinant facilement entre eux. Or ces grumeaux ne sont pas formés par des savons ; la quantité de ceux que forme la potasse est très petite, et nous savons que ce sont presque uniquement de l'oléate de potasse. L'éther ne dissout point les savons et dans tous les cas ne peut les enlever à l'eau : les grumeaux brunâtres, fournis par l'extrait éthéré, sont cependant très

solubles dans l'éther ; ce ne sont pas des savons ; que sont-ils alors? c'est ce que je vais examiner.

Quand on introduit quelques-uns de ces grumeaux dans une solution azotique de molybdate d'ammoniaque, on obtient après ébullition un liquide d'un beau jaune qui donne, quand la quantité de matière est suffisante, un précipité également jaune. On en doit conclure que ces grumeaux renferment du phosphore, car on ne peut attribuer la coloration et le précipité à une matière albuminoïde, que l'acide azotique aurait ainsi colorée. Il serait surprenant que l'éther eût dissous un corps albuminoïde ; d'ailleurs les mêmes grumeaux introduits dans l'acide azotique seul ne donnent pas lieu à la coloration jaune observée. Ainsi ces grumeaux renferment du phosphore : sont-ils complexes? c'est possible ; mais dans tous les cas la liste des corps phosphorés étant assez courte, on peut espérer en trouver la composition.

Si l'on remarque en effet les propriétés physiques des grumeaux, leur aspect, leur consistance cireuse, leur gonflement dans la lessive de potasse, leur insolubilité dans l'eau, leur excessive solubilité dans l'éther, enfin leur facile fusibilité, on a presque tous les caractères de la lécithine. Si à une solution alcoolique des grumeaux, on ajoute une solution également alcoolique de chlorure de platine et une goutte d'acide chlorhydrique, on a un précipité plus ou moins floconneux jaunâtre qu'on peut prendre pour du chlorure double de platine et de lécithine. Ce précipité est excessivement soluble dans l'éther, mais il ne m'a pas paru se dissoudre en entier dans le chloroforme et dans la benzine, ce qui fait que j'hésite un peu à le regarder comme renfermant de la lécithine, quoique la chose soit excessivement probable. Valenciennes et Fremy ont du reste montré que l'acide oléophosphorique combiné à la soude se montre dans presque toutes les parties de l'organisme, et notamment à l'état de traces dans les muscles des Mollusques : or cet acide dérive de la lécithine. Il en est de même de l'acide phosphoglycérique que l'on sait exister dans beaucoup de tissus, le cerveau,

la substance médullaire des nerfs, le jaune de l'œuf et la bile. Il est donc possible que des recherches qui porteraient sur une plus grande quantité de matière, permettraient de reconnaître ces deux acides phosphorés, et il est encore plus vraisemblable qu'elles permettraient d'isoler la lécithine, ce que j'ai regretté de ne pouvoir faire.

Il me reste maintenant à parler des acides gras volatils qui donnent à l'extrait éthéré son odeur spéciale.

Déjà, en décrivant la préparation des acides gras fixes, j'ai fait observer qu'une forte odeur de valériane s'exhale du liquide alcoolique renfermant les savons, la glycérine et l'excès de potasse, quand on le traite par l'acide sulfurique. Afin de voir si des traces d'acide valérianique n'auraient point été entraînées par les cristaux de sulfate de potasse, j'ai distillé en présence de l'acide sulfurique le précipité que j'avais recueilli sur le filtre. J'ai obtenu ainsi une petite quantité d'un liquide ayant, mais faiblement, l'odeur de la valériane légèrement masquée par celle de l'acide sulfureux ; le dernier acide provenait de lambeaux de filtre introduits dans la cornue avec le sulfate et qui, carbonisés par l'acide sulfurique, avaient réduit ensuite cet acide lui-même pour fournir de l'acide carbonique et de l'acide sulfureux. Mais plus tard, après avoir, dans une seconde série de recherches, essayé de préparer de nouveau les acides gras fixes au moyen du précipité barytique resté sur le filtre, j'ai pu extraire les acides valérianique et butyrique du liquide limpide qui avait passé et qui renfermait les composés barytiques des acides gras volatils. Pour cela j'ai additionné la liqueur avec de l'acide phosphorique, et j'ai distillé. J'ai employé l'acide phosphorique, parce qu'il est fixe et parce que, ainsi, j'évitais toute trace d'acide sulfureux. J'ai donc obtenu par ce procédé un liquide dont l'odeur était celle des deux acides valérianique et butyrique mélangés. Je l'ai mis en

présence d'une solution d'hydrate de baryte, et j'ai abandonné le mélange à l'évaporation spontanée sur l'acide sulfurique. Au bout de quelque temps toute trace de liquide ayant disparu, il est resté sur le fond du vase de nombreux cristaux, parmi lesquels plusieurs, qui étaient rectangulaires et plus ou moins semblables à la cholestérine, étaient vraisemblablement des cristaux de valérianate de baryte. A côté d'eux se trouvaient d'autres cristaux en forme de losange formés de butyrate de baryte. On trouvera, Pl. I, fig. 1 et 2, des dessins des cristaux barytiques de ces deux acides.

L'étude de l'extrait éthéré des Corps de Bojanus de la *Moule* montre qu'il contient :

1° *De la stéarine (traces).*

2° *De la margarine (id.).*

3° *De l'oléine.*

4° *De la lécithine (?).*

5° *De l'acide valérianique (traces).*

6° *De l'acide butyrique (traces).*

CHAPITRE V.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE (*suite*).

L'EXTRAIT ALCOOLIQUE DE L'ORGANE DE BOJANUS DE LA MOULE RENFERME : DU CHLORURE DE SODIUM, DE L'ACIDE STÉARIQUE LIBRE, DE LA STÉARINE, DE LA MARGARINE, DE LA CRÉATININE, DE LA CRÉATINE ET ENFIN UNE GRAISSE SPÉCIALE A LA MOULE.

Je n'ai pas préparé l'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la *Moule* d'une façon identique, lorsque j'ai fait mes premières recherches et quand j'ai voulu vérifier plus tard les résultats que j'avais obtenus. On se souvient que pour la première série d'analyses, j'ai commencé par préparer un extrait sec qui contenait les corps solubles dans l'éther ; ceux qui, n'étant point solubles dans ce dissolvant, l'étaient au contraire dans l'alcool, et enfin la substance que l'eau seule peut dissoudre. La présence de ces derniers corps dans l'extrait sec provenait de ce que les glandes renfermaient de l'eau de mer au moment de leur dissection, et de ce que l'alcool employé était, lui aussi, légèrement hydraté. En traitant cet extrait par l'éther anhydre, je lui ai enlevé divers corps gras, à l'étude desquels le chapitre qui précède a été consacré. J'ai repris ensuite la partie non dissoute par l'alcool à 100° bouillant, et j'en ai ainsi isolé les substances que l'éther n'avait point dissoutes, soit qu'elles y fussent peu ou point solubles, ou qu'elles fussent plus spécialement solubles dans l'alcool. Par l'évaporation de l'alcool il est resté une masse brune dont je vais maintenant m'occuper.

Lorsque j'ai voulu refaire les mêmes recherches, j'ai préparé l'extrait alcoolique autrement. J'ai commencé par dessécher les glandes dissociées, et, après les avoir pulvérisées, je les ai traitées

d'abord par l'éther et ensuite par l'alcool. J'ai filtré et j'ai abandonné comme précédemment à l'évaporation spontanée.

Quelle qu'ait été la méthode employée, les corps dissous ont été les mêmes, les formes seules des cristaux ont varié. A cela rien de surprenant ; il ne faut pas avoir fait de bien nombreuses observations pour s'être aperçu de l'influence que la présence des corps étrangers, la température, l'état de saturation du liquide, la rapidité ou la lenteur de son évaporation exercent sur les groupements moléculaires des substances cristallisables. C'est même là souvent une cause d'erreurs et de tâtonnements longs et pénibles. La créatinine de l'extrait alcoolique nous sera un bon exemple de semblables modifications, car si tout le monde la reconnaît aisément à ses formes cristallines, peu de personnes pourraient, je pense, la retrouver sous l'aspect que j'ai figuré Pl. I, fig. 3 ; mais l'ayant vue en quelque sorte cristalliser ainsi sous mes yeux, le doute n'était point possible pour moi. C'est donc une vérification nouvelle de l'influence encore inexpliquée des causes extérieures sur les formes des corps cristallisés.

Le liquide alcoolique, qui par son évaporation spontanée fournit l'extrait que j'étudie, est limpide ; quand il a été filtré, sa couleur est jaune roussâtre, son odeur est celle de la *Moule*. Le résidu qu'il laisse, après évaporation et dessiccation sur l'acide sulfurique, est de consistance cireuse, brun roux, déliquescent et rempli de cristaux transparents, dont plusieurs sont assez gros pour être visibles à l'œil nu. Il fond facilement, et comme toutes les graisses il fait des taches permanentes sur le papier ; enfin il est sans action sur le tournesol bleu ou rouge. Quand on le traite par l'eau, une partie se dissout et donne à l'eau une teinte rousse. Le liquide, trouble d'abord, devient limpide avec le temps, tout en conservant sa couleur. Quand on l'évapore, il abandonne un enduit brun, roussâtre, excessivement déliquescent, lequel est pétri de cristaux de créatinine et de créatine avec quelques aiguilles de stéarine et de margarine entraînées mécaniquement.

Ainsi l'extrait alcoolique des Corps de Bojanus de la *Moule* renferme une substance grasse (on peut la saponifier), qui est soluble dans l'eau et dans l'alcool. Valenciennes et Fremy ont, il y a déjà longtemps, fait une observation analogue ; et M. Bourquelot, dans une thèse récente, parle d'une graisse qu'il a trouvée dans le foie de divers *céphalopodes* et qui possédait la même propriété.

Quand on chauffe l'extrait alcoolique de la *Moule*, il fond, puis se boursoufle et enfin brûle avec une flamme éclairante, quoique fuligineuse. Les cendres qu'on obtient sont nettement alcalines : la cause en est vraisemblablement dans la présence de sels de soude contenus dans l'extrait, et qu'on y observe souvent sous la forme d'octaèdres parfaits. Quand on croise les nicols, ces octaèdres disparaissent ; on en conclut qu'ils sont formés par du chlorure de sodium. On peut d'ailleurs s'assurer facilement que l'extrait renferme du sodium, en le dissolvant dans l'alcool pur que l'on enflamme ; la couleur jaune de la flamme décèle le métal qu'elle renferme. Mais il y a aussi des sels de potasse dans l'extrait calciné, car la flamme prend une teinte pourpre quand on la regarde au travers d'un verre bleu.

J'ai cherché à déterminer la nature des corps qui donnent à l'extrait alcoolique son odeur de marée : le résultat auquel je suis arrivé n'a pas été concluant. J'ai distillé une partie de l'extrait (il n'y en avait certainement pas un gramme) en présence de l'acide phosphorique. Le liquide obtenu a présenté l'odeur de l'acide formique dilué ; mais peut-on raisonnablement en conclure que cet acide donne, avec les acides valérianique et butyrique, son odeur à l'extrait alcoolique ? Je ne l'ai pas pensé ; et, sans vouloir prétendre qu'il n'en renferme point, je ne dirai pas qu'on trouve de l'acide formique dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*, parce qu'il y a réellement trop de corps organiques qui, distillés en présence d'un acide, en fournissent des traces.

Le liquide, en outre de son odeur, offrait encore cette particularité, qu'on y observait un nuage blanc que formaient de très

nombreux globules microscopiques jaunes, transparents et doués de la propriété de réfracter fortement la lumière. J'ai essayé, mais je n'ai pas réussi à combiner la substance qui formait ces globules, avec le baryte ; avec les cristaux que j'aurais obtenus, il aurait peut-être été possible de déterminer la nature des acides qui formaient la traînée blanchâtre, flottante dans le liquide.

J'ai fait un grand nombre de préparations microscopiques de l'extrait alcoolique. J'ai cru quelquefois devoir chauffer la lame afin de fondre légèrement l'extrait et d'appliquer la lamelle, mais alors la créatinine a quelquefois pris l'aspect figuré Pl. I, fig. 3. Les préparations, faites avec l'extrait obtenu par la seconde méthode, n'ont pas offert ces cristaux.

L'inspection microscopique des préparations permet de distinguer immédiatement :

1° *Du chlorure de sodium.*

2° *De l'acide stéarique libre.*

3° *De la stéarine.*

4° *De la margarine.*

5° *De la créatinine.*

6° *De la créatine.*

7° *Un corps gras, jaune, brun, renfermant tous ces cristaux.*

Je vais donc les étudier successivement.

1° Le sel marin dissous dans l'alcool, puis cristallisé dans les préparations, est généralement sous la forme octaédrique, mais on le trouve aussi cristallisé en cubes ou encore en masses allongées assez semblables à des cristaux de phosphate triple (Voir Robin et Verdeil, Pl. I, fig 3, *b* et *d*), mais en différant par leur manque d'action sur la lumière polarisée dans laquelle ils s'éteignent. J'ai dessiné plusieurs des formes que j'ai observées (Pl. I, fig. 2) ; on

remarquera qu'elles sont identiques à celles que prend le sel marin extrait du sang du bœuf par l'alcool ou par l'éther.

2° L'acide stéarique libre n'a guère été observé dans les graisses animales que dans des cas morbides. Il n'est pas douteux cependant que les cristaux figurés Pl. I, fig. 5, ne soient formés par cet acide. Ils sont transparents, ainsi qu'il arrive toujours quand l'acide stéarique se sépare de sa solution alcoolique, et forment généralement des masses sphériques, hérissées de pointes courtes; mais il arrive aussi souvent que les cristaux (tel est le cas pour ceux que j'ai dessinés) sont constitués par deux masses cristallines en forme de balai et opposées l'une à l'autre. C'est là, du reste, une disposition fréquente chez les substances cristallines, qu'on retire du corps des animaux, disposition dont j'expliquerai plus loin l'origine, quand je parlerai des calculs bojaniens de la *Cytherea chione* (p. 223).

Si rare que soit dans l'organisme l'acide stéarique libre, l'acide margarique l'est encore davantage ; je n'ai donc pas été surpris de n'en point trouver dans mes préparations de l'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la *Moule*. Son aspect est d'ailleurs si caractéristique que toute confusion est impossible ; si donc je n'en ai pas vu, c'est qu'il n'y en a pas.

3° La stéarine affecte dans les préparations deux aspects différents. Parfois en aiguilles raides et pointues, formant un groupe peu compliqué, la stéarine se montre dans d'autres cas sous l'aspect de masses sphériques ou ovoïdes, hérissées de pointes droites, dirigées dans tous les sens et s'irradiant à partir du centre. Il est généralement impossible d'apercevoir le noyau autour duquel s'irradient les aiguilles cristallines ; mais on distingue souvent dans ces étoiles un ou plusieurs rayons qui paraissent plus clairs que les autres. J'ai

cherché à rendre cet aspect dans les dessins que je donne, Pl. I, fig. 6, des cristaux que j'ai observés.

Les aiguilles de stéarine sont excessivement fines, et il faut pour les distinguer avoir recours à un grossissement d'environ 500 diamètres. Je n'ai jamais vu ces cristaux atteindre la grosseur de ceux que donne le suif du mouton quand on dissout la stéarine, qui s'y trouve en abondance, dans de l'éther. Je n'en ai jamais observé non plus qui eussent la forme de ces masses losangiques que Robin et Verdeil ont figurées dans leur atlas.

Les cristaux de stéarine, qui existent dans toutes les préparations de l'extrait alcoolique, sont identiques à ceux que l'on extrait au moyen de l'alcool de la graisse humaine.

Comme dernière remarque, je ferai observer que les cristaux de stéarine sont presque aussi nombreux que les cristaux de margarine ; en général, dans les graisses animales, les cristaux de margarine sont beaucoup plus nombreux que les cristaux de stéarine.

4° Assez nombreux dans l'extrait alcoolique, les cristaux de margarine y sont en général colorés en jaune roux. Constitués par des aiguilles flexueuses, ils forment constamment des groupes sphériques ou allongés. Souvent une zone pâle entoure les amas de margarine; le centre est opaque et difficile à distinguer, mais il arrive quelquefois que le centre est clair et comme ponctué. Les aiguilles qui forment les groupes, affectent parfois la forme de balais opposés, aspect auquel l'acide stéarique libre nous a déjà familiarisés.

Dans la lumière polarisée, la margarine présente le phénomène d'une croix brillante sur un fond noir, quand on croise les axes des cristaux. Rien qu'en éclairant la préparation par un rayon de lumière polarisée, on obtient une croix noire ; le phénomène est moins brillant que si l'on croise les nicols, mais il est plus facile à dessiner. La fig. 7, Pl. I, montre des cristaux de margarine vus sous un grossissement de 500 diamètres environ, et la fig. 3, Pl. I, fait

fait voir ces mêmes cristaux fixés sur des aiguilles de créatinine en compagnie de cristaux de stéarine ; le dessin a été fait dans la lumière polarisée.

5° Il pourrait paraître étrange de voir sur les préparations de l'extrait alcoolique autant de cristaux qu'on en aperçoit, si l'on ne se rappelait qu'on a fait agir l'alcool absolu bouillant sur les glandes ou sur l'extrait brut, et que la créatinine y est, dans ces conditions, facilement soluble. Du reste, si nombreux que soient les cristaux de créatinine, on se tromperait si l'on pensait qu'il y en a une quantité pondérable grande dans l'Organe de Bojanus de chaque mollusque ; il n'y en a bien probablement que quelques cent-millièmes de gramme, si l'on en juge par les analyses qu'on trouvera plus loin.

L'observation microscopique des cristaux de créatinine exige que la préparation soit lutée, car sans cette précaution il arrive souvent que l'humidité de l'air liquéfie le résidu alcoolique, et les cristaux en partie dissous deviennent diffus ; leurs caractères s'effacent, et toute observation fructueuse devient difficile, sinon impossible.

Les cristaux de créatinine de la *Moule* ressemblent assez exactement à ceux que Robin et Verdeil ont figurés pour qu'il ne m'ait point paru absolument indispensable de dessiner toutes les formes que j'en ai pu observer. Je dois dire cependant que je n'en ai pas trouvé qui fussent identiques aux cristaux que Funke a figurés Pl. IV, fig. 5 ; mais, comme l'observe Robin, les formes de la créatinine peuvent différer avec la rapidité de l'évaporation du liquide, avec sa nature, et surtout avec celle des corps qu'il tient en même temps qu'elle en dissolution. Enfin le volume des cristaux et leurs biseaux diffèrent un peu les uns des autres selon l'animal d'où on les a retirés : cette remarque a son importance dans le cas de la *Moule*, car les fuseaux que l'on observe ne sont pas complets, mais toujours tronqués par une de leurs extrémités.

J'ai dessiné, Pl. I, fig. 3, un groupe des cristaux de créatinine très remarquable par sa disposition en éventail et par son éclat. Je l'ai obtenu lorsque j'ai fait mes premières recherches, en chauffant légèrement la plaque, afin d'y déposer convenablement la lamelle. Les longues aiguilles de créatinine de cette préparation auraient été assez difficiles à déterminer, si, avant leur formation, je n'avais observé des cristaux de ce corps ayant les formes ordinaires bien connues de la créatinine. On peut observer ces cristaux aiguillés avec profil dans la lumière polarisée : à cause de leur action sur cette lumière, ils apparaissent brillants sur un champ noir, et on peut alors distinguer facilement les détails de leur contour. Excessivement minces, les lames prismatiques qui constituent les groupes de cristaux se font voir tantôt de profil et tantôt de face : de là un aspect différent d'un prisme à un autre et les teintes claires et foncées qu'on observe. Plusieurs cristaux placés à la base du groupe ont été évidemment déplacés mécaniquement par les glissements de la lamelle ; on en voit même qui sont tordus, d'où une exagération dans l'aspect flexueux de la préparation.

Quand on croise les nicols, les cristaux de créatinine ne sont pas seulement brillamment illuminés, ils sont encore colorés. On voit aussi dans le même cas des festons très éclatants qui sont formés par des cristaux de créatinine, solidifiés autour de ce qui fut autrefois les bords de bulles d'air. Il faut savoir que ces cristaux existent pour les distinguer dans la lumière ordinaire ; dans la lumière polarisée, ils sont au contraire aisés à observer et très remarquables. Leur aspect est celui d'une draperie dont les plis arrondis sont traversés perpendiculairement à ses bords par des traits noirs excessivement fins, très nombreux et nettement tracés. La photographie microscopique permettrait seule de reproduire le phénomène dans toute sa beauté, à cause de la délicatesse des détails.

Quoiqu'il soit difficile de se tromper sur la nature des fuseaux d'aspect blanc bleuâtre, presque fluorescents, que forme la créatinine, il importait cependant de recourir à sa réaction caractéristi-

que, c'est-à-dire d'essayer de former le chlorure double de zinc et de créatinine. J'ai donc dissous l'extrait dans l'alcool, et j'ai versé ensuite dans la solution quelques gouttes de chlorure de zinc neutre dissous dans l'alcool absolu. Au bout de quelques jours, j'ai obtenu des groupes de cristaux qui m'ont paru être le chlorure double que je voulais préparer.

Cette étude de la créatinine que l'on trouve dans l'Organe de Bojanus de la *Moule* ne serait pas complète si je n'indiquais comment j'ai vu qu'il y en a quelques dixièmes de milligrammes chez chaque mollusque. Je ne me suis pas servi, pour ce dosage, de l'extrait alcoolique dont j'étudie la composition dans ce chapitre ; j'ai eu recours à un autre extrait que j'ai préparé de la façon suivante : j'ai mis les Sacs des *Moules* que je sacrifiais (il y en avait 262) dans l'alcool à 90°, puis j'ai pressé pour enlever tout l'alcool, et j'ai ensuite chassé celui-ci par l'ébullition. J'ai alors repris le résidu par l'eau froide et j'ai filtré afin d'éliminer les graisses et les substances albuminoïdes coagulées. Le liquide a passé coloré , parce que la graisse de la *Moule* est en partie soluble dans l'eau. Malgré cet inconvénient, j'ai concentré la liqueur à consistance de sirop et traité ensuite la masse par l'alcool absolu bouillant. Après vingt-quatre heures de repos, j'ai décanté l'alcool qui contient l'urée et j'ai placé sur l'acide sulfurique la partie insoluble dans l'alcool froid. En se desséchant, ce résidu s'est recouvert de nombreux cristaux qu'à leur aspect il est facile de reconnaître pour de la créatinine ; ce corps, qui s'était en effet facilement dissous dans l'alcool bouillant, est peu soluble dans l'alcool froid, c'est pourquoi on le retrouve presque en entier dans le résidu.

Pour faire ensuite le dosage, j'ai eu recours à la méthode volumétrique, la seule du reste qu'il me fût possible d'employer, et j'ai décomposé la créatinine par l'hypobromite de soude. J'ai dissous à cet effet le résidu dans 10 centimètres cubes d'eau

bouillante, et, prenant deux centimètres cubes de la solution, je les ai décomposés par dix centimètres cubes d'hypobromite. J'ai obtenu deux centimètres cubes d'azote. Si tout le liquide avait été décomposé, j'en aurais donc eu dix centimètres cubes, c'est-à-dire que j'aurais obtenu 0 g. 01257 d'azote. Comme 42 g. d'azote proviennent de la décomposition de 113 g. de créatinine, 0 g. 01257 du même gaz auraient été produits par 0 g. 0338 de créatinine. Mais alors, si 262 moules ont 0 g. 0338 de créatinine dans leurs Organes de Bojanus réunis, chacune d'elles en a environ 0 g. 00013 dans la glande qui lui est propre.

On pouvait craindre qu'une partie du gaz recueilli dans cette expérience ne provînt de l'action de l'hypobromite de soude sur quelques substances albuminoïdes restées avec le résidu. D'abord on ne voit pas bien comment la chose serait possible ; mais pour plus de sûreté, j'ai recommencé en me mettant encore plus à l'abri, si c'était possible, de cette cause d'erreurs. J'ai étendu d'eau 4 centimètres cubes de la liqueur précédente ; j'y ai versé une solution de sous-acétate de plomb, qui a donné naissance à un abondant précipité, et j'ai filtré. J'ai ensuite précipité l'excès de plomb par le carbonate de soude ; j'ai filtré de nouveau, et concentrant la liqueur, je l'ai ramenée à son volume primitif, quatre centimètres cubes. En traitant comme précédemment deux centimètres cubes de ce liquide par l'hypobromite de soude, je n'ai obtenu que un centimètre cube et demi d'azote. J'attribue cette différence dans le volume de l'azote mis en liberté, non pas à l'élimination de matières albuminoïdes qui n'existaient pas dans le liquide, mais aux pertes de matière qu'on éprouve toujours quand on opère rapidement sur de très petites quantités de liquide. On ne s'écartera donc point de la vérité en admettant qu'en moyenne l'Organe de Bojanus de la *Moule* contient 0 g. 0001 de créatinine.

La découverte de la créatinine dans la sécrétion bojanienne de la *Moule* me paraît importante, car ce principe immédiat est avec

l'urée un des éléments les plus constants de l'urine des animaux vertébrés.

6° On peut reconnaître au milieu des cristaux de créatinine diverses formes qui appartiennent évidemment à la créatine. Ce sont ordinairement des prismes rectangulaires droits ou des prismes rhomboïdaux droits. Il y en a de très petits, ce sont les plus parfaits ; mais on en trouve aussi qui sont assez gros et qui ressemblent à ceux que Robin et Verdeil ont figurés Pl. XXII, fig. 1, *e, g, m.*, et que Funke a représentés Pl. IV, fig. 4. Gorup Besanez donne, page 225, fig. 77, quelques formes cristallines du même corps qui sont un peu différentes et qui sont celles que l'on observe le plus fréquemment avec les préparations que j'ai faites.

On sait que la créatine est bien moins soluble que la créatinine dans l'alcool absolu bouillant; c'est même ce dissolvant qui est employé pour les séparer. On ne pouvait donc s'attendre à trouver de nombreux cristaux de créatine dans l'extrait alcoolique des Corps de Bojanus de la *Moule*. Mais, d'un autre côté, la créatine devant être considérée comme un produit résultant de la décomposition de la créatinine, il était à prévoir qu'observant l'un de ces corps on devait infailliblement trouver au moins quelques cristaux de l'autre. Il y en a en effet ; et la meilleure preuve (les naturalistes se défient toujours des raisonnements), c'est qu'en traitant l'extrait alcoolique par le chlorure de zinc, il reste toujours quelques cristaux qui n'ont changé ni de forme ni d'aspect : ces cristaux sont des prismes de créatine, sur lesquels le chlorure de zinc est sans action.

7° Reste maintenant à étudier l'enduit jaune brun au milieu duquel on observe tous les cristaux que je viens d'étudier. Quelle est sa nature ? Est-ce une espèce organique simple ? Ne serait-ce pas plutôt un mélange de divers principes immédiats ?

Voilà bien des questions auxquelles il me semble difficile de répondre d'une façon quelque peu satisfaisante. Un point seulement paraît acquis, c'est vraisemblablement un corps complexe : la preuve, c'est que cet enduit est partiellement soluble dans l'eau. Je dis partiellement, car même à l'ébullition tout ne se dissout pas; le liquide est trouble, et des flocons jaunes bruns finissent par tomber au fond du vase.

Sans action sur le tournesol bleu ou rouge et sur la teinture de curcuma, cet enduit ressemble à de la cire, dont il a du reste la consistance. On le fond facilement, il tache alors le papier, et quand la température s'élève, il se décompose, se boursoufle et brûle avc une flamme éclairante, quoique fuligineuse.

On ne peut pas en séparer l'acide stéarique libre, la stéarine et la margarine, puisqu'il est soluble dans l'alcool. Je l'ai soumis néanmoins à quelques essais. Quand on traite le résidu alcoolique par l'acide azotique bouillant, il se dissout assez facilement et sans dégagement apparent de gaz. Lorsque l'acide est en grande partie évaporé, si l'on ajoute une goutte d'une solution concentrée de potasse, la liqueur se colore en jaune rouge. Par dessiccation presque totale, le liquide rouge se prend en une masse de teinte violacée qui ne tarde pas à noircir quand on continue à chauffer, parce qu'alors la matière se décompose.

Ce sont là des réactions propres à la xanthine ; mais on peut se demander si en réalité elles sont suffisantes, pour être sûr que la sécrétion bojanienne en renferme. Oui, elles suffisent, si l'on veut bien se contenter des preuves approximatives qu'on donne le plus souvent quand on veut prouver qu'un corps très rare existe dans une humeur, non si, pour être certain de ce que l'on dit, il faut avoir préparé le corps en nature et l'avoir étudié pur. Je dis seulement : aucun des principes immédiats que nous savons exister dans l'extrait ne peut donner ces colorations. L'acide urique et les urates fournissent une couleur rouge quand on les traite par l'acide azotique et la potasse, mais le rouge qu'ils donnent est si caracté-

ristique qu'il est impossible de le confondre avec un autre; la couleur rouge observée ne provient donc pas de ces corps que l'Organe de Bojanus ne renferme pas d'ailleurs, pas plus qu'aucune autre partie de la *Moule*.

Evidemment, si l'on admet la présence de la xanthine, on l'admet à l'état de traces. A cela rien de surprenant, puisque c'est un corps toujours très rare dans l'économie : 300 kilogrammes d'urine humaine n'en contiennent pas plus d'un gramme. Combien, si les proportions sont gardées, en peut-il exister dans l'Organe de Bojanus d'une *Moule* ?

Après l'insuccès relatif de mes recherches à propos de la xanthine, je devais m'attendre à n'être pas plus heureux avec l'hypoxanthine. L'expérience s'est chargée malheureusement de me montrer que j'avais pensé juste, en prévoyant ainsi un résultat négatif.

J'ai essayé la réaction de H. Weidel ; j'ai dissous l'extrait dans l'eau de chlore, puis j'ai additionné la liqueur d'une goutte d'acide azotique. Le liquide est devenu rouge, puis jaune, puis brun en se desséchant. La vapeur d'ammoniaque a coloré très légèrement en rouge le résidu sec, préparé sur une lame de platine, et n'a rien produit dans une seconde expérience.

Ces résultats sont loin d'être satisfaisants, et il en sera probablement ainsi tant qu'on n'agira pas sur un nombre suffisant d'animaux ; par le nombre de *Moules* que j'ai employé, on sait ce que cela veut dire.

Que la xanthine, que l'hypoxanthine existent ou non à l'état de traces dans l'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la *Moule*, cela ne nous fournit aucun renseignement sur la nature même de l'enduit qui en forme la plus grande partie et qui la contient en même temps que bien d'autres corps.

On peut croire que c'est un corps gras, aux taches permanentes qu'il forme sur le papier, et qu'on ne pourrait sans erreur, vu leur

quantité minime, attribuer à la stéarine et à la margarine qu'il contient. D'ailleurs les taches, petites à l'origine, grandissent rapidement, parce que l'humidité de l'air ne tarde pas à liquéfier le résidu alcoolique déposé sur le papier. Voilà certainement une singulière graisse, et que l'on ne se serait pas attendu à trouver, si déjà Valenciennes et Fremy n'en avaient rencontré de pareilles. Il est bien regrettable qu'ils n'en aient pas fait l'analyse. J'ai dit que dernièrement M. Bourquelot a, lui aussi, trouvé dans le foie des *Céphalopodes* une graisse soluble dans l'eau.

Quand on traite cet enduit par une lessive alcoolique de potasse, il se forme un savon visqueux, soluble dans l'eau, et donnant par un excès d'acide chlorhydrique un léger précipité insoluble. Celui-ci, vraisemblablement, est formé par les acides gras insolubles que l'on sait exister dans l'extrait à l'état de glycérides et qui se présentent, une fois libres, sous la forme de fines gouttelettes huileuses, ou même sous celui de masses concrétées, sans formes cristallines définies. Quant au liquide, il est brun, et lorsqu'on l'évapore il abandonne des cristaux de chlorure de potassium qui sont souillés par un liquide visqueux, brun également. Ce liquide visqueux est l'acide du corps gras propre à la *Moule* qui constitue la presque totalité du résidu alcoolique des Organes de Bojanus du mollusque.

Il me reste encore à noter que l'extrait alcoolique donne, quand on le traite par la liqueur de Millon ou par le sulfate de cuivre et la potasse, les colorations des substances albuminoïdes. Ainsi avec la liqueur de Millon le liquide se colore en rose au bout de quelque temps ; avec le sulfate de cuivre et la potasse, il est bleu violet. Il n'y a pas de substances albuminoïdes pourtant dans l'extrait, car elles persistent après le traitement par le sous-acétate de plomb ou le sulfate de soude. Ces colorations trompeuses sont donc dues à la graisse de la *Moule*, à moins qu'on n'admette qu'il y a des substances albuminoïdes que l'eau bouillante, que

l'alcool absolu et bouillant, que le sous-acétate de plomb et le sulfate de soude ne précipitent pas. Pour moi, je n'en connais pas.

En résumé, l'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la *Moule* commune renferme :

1° *Du chlorure de sodium.*

2° *De l'acide stéarique libre.*

3° *De la stéarine.*

4° *De la margarine.*

5° *De la créatinine.*

6° *De la créatine.*

7° *De la xanthine.*

8° *De l'hypoxanthine.*

9° *Une graisse propre à la Moule, dont l'acide est, comme elle, soluble dans l'alcool et dans l'eau.*

CHAPITRE VI.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE (*suite*).

L'EXTRAIT AQUEUX DES ORGANES DE BOJANUS DE LA MOULE RENFERME DE LA TYROSINE ET DE LA LEUCINE. — ON NE TROUVE DANS LA GLANDE DE BOJANUS NI ACIDE URIQUE, NI URATES, NI ACIDE HIPPURIQUE, NI GUANINE, NI PRODUITS BILIAIRES ; MAIS ON Y TROUVE DE L'URÉE ET DE LA TAURINE. — DOSAGE DE L'URÉE DE LA MOULE.

Après avoir abandonné successivement à l'éther, puis à l'alcool, les divers corps que ces liquides pouvaient dissoudre, l'extrait brut des Glandes de Bojanus de la *Moule* ne renfermait plus que les substances qui sont uniquement solubles dans l'eau, ou qui sont infiniment plus solubles dans ce dissolvant que dans tout autre.

Solide après toutes ces manipulations, dur, cassant, couleur brun rouge pâle, le résidu était complexe. Il renfermait en effet, en outre de la matière grasse propre à la *Moule*, que nous savons soluble à la fois dans l'alcool et dans l'eau, diverses substances albuminoïdes dont il importait de le débarrasser. J'ai traité dans ce but l'extrait par l'eau bouillante : j'ai obtenu ainsi un liquide lactescent, d'une filtration difficile, et qui donne une liqueur opaline blanchâtre. J'ai additionné celle-ci de sous-acétate de plomb, il s'est formé un précipité, et j'ai filtré. L'opération a été assez longue, comme c'est du reste la règle quand on filtre un liquide quelconque additionné de sous-acétate de plomb. J'ai alors fait passer un courant d'acide sulfhydrique jusqu'à refus ; vingt-quatre heures après, j'ai filtré ; et chauffant au bain-marie, j'ai chassé à la fois l'acide en dissolution et l'eau. Quand le liquide est devenu sirupeux, je l'ai retiré du bain et j'ai achevé la dessiccation sur l'acide sulfurique. Au bout de

plusieurs jours la masse primitivement amorphe s'est montrée parsemée de nombreux cristaux.

Lors de mes premières recherches, tous ces cristaux, à quelques rares exceptions près, étaient semblables entre eux et formés de fines aiguilles, disposées en forme de mâcles ou de balais opposés. J'ai dessiné, Pl. I, fig. 8, diverses formes de ces cristaux; on pourra les comparer à celles que Gorup Besanez a figurées page 232, fig. 82, et aussi à celles que Funke a données Pl. IV, fig. 3. Le grossissement employé a été de trois cents diamètres environ ; mais l'emploi d'un objectif à immersion homogène m'a permis de voir et de dessiner le détail du groupement des cristaux.

La disposition des cristaux, la manière dont ils se comportent dans la lumière ordinaire et dans la lumière polarisée, la façon enfin dont ils ont été obtenus, indiquent qu'on a affaire à de la tyrosine. C'est là en effet un corps dérivé des albuminoïdes et qu'on doit s'attendre à trouver en compagnie de la leucine dans tout extrait animal analogue à celui que j'étudie, soit qu'il y existe naturellement, soit qu'il y ait été produit par les manipulations auxquelles on l'a soumis. La tyrosine existe normalement dans le pancréas de l'homme ; on la rencontre en abondance dans le foie malade et chez les typhiques. Gorup Besanez dit qu'elle existe dans les organes des animaux inférieurs, notamment chez les *Arthropodes*, et M. Bourquelot l'a trouvée dans le foie des *Céphalopodes*. Dans le cas de la *Moule*, je crois que ce corps existe normalement dans sa sécrétion bojanienne, les opérations auxquelles on a soumis celle-ci ne me paraissant pas de nature à en amener la production artificielle.

La tyrosine que j'ai obtenue est inodore, très peu soluble dans l'eau froide, assez soluble dans les acides minéraux et les alcalis ; enfin, soluble dans l'alcool et dans l'éther, suivant Gorup Besanez, presque insoluble dans ces dissolvants, suivant Berthelot et Jungfleisch et suivant mes propres observations.

Ces caractères physiques ne suffisant pas pour déterminer la tyrosine, j'ai eu recours à la réaction caractéristique de ce corps, à la réaction de Piria. La coloration rouge passagère a été peu marquée et la couleur violette magnifique qui doit suivre, peu distincte. Mais on sait l'importance toute particulière qu'il y a à obtenir la tyrosine à l'état pur, si l'on ne veut voir la réaction en partie masquée : or il est impossible de se débarrasser notamment des traces de graisse propre à la *Moule*, à cause de leur solubilité dans l'eau et dans l'alcool.

En même temps que la tyrosine, on voit des cristaux mal définis, ou plutôt des masses arrondies qu'on peut attribuer à la leucine. Les causes qui donnent naissance à ce corps sont d'ailleurs si nombreuses qu'il serait bien extraordinaire que le liquide n'en renfermât pas. La caséine, la fibrine et beaucoup d'autres corps analogues lui donnent en effet naissance sous l'influence des acides, des alcalis et de la putréfaction. Il est vrai qu'on pourrait objecter que le liquide est neutre, qu'il ne renferme par conséquent ni acides ni alcalis libres, et qu'on ne l'a point laissé se putréfier. La conséquence serait alors que la leucine se trouve normalement dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*. D'ailleurs ce n'est pas le seul invertébré qui en renferme, puisqu'on en trouve dans différents organes d'animaux inférieurs, et notamment dans le foie des *Céphalopodes*, du *Poulpe* commun et de la *Sèche*, par exemple.

Au premier abord il pourra sembler étrange que je n'aie trouvé dans l'extrait aqueux, en plus de la graisse propre à la *Moule*, que des traces de tyrosine et de leucine ; mais par son mode même de préparation, j'ai éliminé de cet extrait les corps qui, tout en étant solubles dans l'eau, le sont aussi dans l'éther et

dans l'alcool, enfin j'ai également enlevé les matières albuminoïdes. Or toutes ces substances ont été étudiées, quand j'ai cherché la composition des matières protéiques contenues dans la Glande et les différents corps que renferment ses extraits éthérés ou alcooliques.

Au début de ces recherches sur la composition des corps que sécrète l'Organe de Bojanus de la *Moule*, j'ai fait observer que, pour certaines substances peu répandues dans l'économie et qui échappent en conséquence facilement à l'observateur, il est indispensable de recourir à des méthodes analytiques particulières. Le nombre des corps à déterminer ainsi est heureusement assez restreint : six seulement m'ont paru nécessiter de semblables recherches, à cause de leur importance physiologique, c'est-à-dire des conséquences qu'on pourrait tirer de leur présence, pour expliquer la fonction de la Glande de Bojanus. Ces corps sont :

1° *L'acide urique et les urates.*
2° *L'acide hippurique.*
3° *La guanine.*
4° *La taurine.*
5° *L'urée.*
6° *Les produits biliaires.*
7° *La glycose.*

I. — Acide urique et urates.

Les formes cristallines qu'affecte l'acide urique sont si connues, les réactions au moyen desquelles on le reconnaît tellement caractéristiques qu'il semble impossible que R. Owen, de Babo et Riche se soient trompés dans leurs analyses. C'est par conséquent sans erreur probable qu'on a pu regarder, à partir de leurs tra-

vaux, l'acide urique comme un des éléments que l'on trouve dans l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales ; mais on aurait dû faire des réserves et ne point écrire, comme on le voit dans maints Traités de zoologie, que la Glande de Bojanus est spécialement chargée de sécréter de l'acide urique. Le cas est rare en effet où l'on trouve ainsi de l'acide urique, si rare même que, depuis les expérimentateurs que j'ai cités, personne n'en a trouvé, ni Schlossberger, ni Voit, et, pourrai-je le dire, ni moi non plus, quoique je l'aie cherché chez plus de vingt mollusques d'espèces différentes, et en employant toutes les précautions possibles. A l'époque où j'ai commencé ces recherches, ces faits n'étaient point connus, et l'idée d'un organe sécrétant des urates ou de l'acide urique avait cours partout : aussi ma surprise a été grande de n'en point trouver trace chez aucun des mollusques que j'étudiais. J'ai pensé alors que l'insuccès de mes analyses tenait au nombre des animaux que je sacrifiais, et j'ai ouvert des centaines de *Moules*, toujours inutilement. Et pourtant une seule *Hélix aspersa*, une seule *Hélix vigneronne* suffisent, un *Planorbe*, une *Physe*, qu'on dissèque, donnent de la murexide. J'ai eu beau varier les méthodes, je n'ai obtenu ni cristaux, ni réactions caractéristiques. Quand on traite l'Organe de Bojanus de la *Moule* par l'acide azotique, on a bien un liquide jaune rouge dont la couleur se fonce par les vapeurs ammoniacales ; mais jamais on ne voit un point, un seul, qui ait la couleur pourpre de la murexide ou même cette teinte groseille qui décèle des traces, qu'on pourrait dire pourtant impondérables, d'acide urique.

J'ai fait agir, fort inutilement du reste, la potasse caustique sur les glandes dissociées, dans l'espérance d'obtenir ensuite quelques cristaux d'acide urique, en décomposant les corps dissous par l'acide chlorhydrique ou par l'acide acétique.

J'ai aussi employé la méthode de Messner, j'ai coagulé l'extrait aqueux par la chaleur et une goutte d'acide sulfurique, puis, ajoutant de l'hydrate de baryte jusqu'à réaction alcaline, j'ai obtenu

un précipité que j'ai séparé par le filtre. Alors j'ai concentré le liquide limpide qui avait passé, mais par refroidissement il ne s'est formé aucun dépôt où l'on pût reconnaître un urate quelconque.

Le doute n'est pas possible, la sécrétion bojanienne de la *Moule* ne renferme pas d'acide urique. Je pourrais ajouter qu'il n'y en a pas non plus dans les autres parties du corps de ce mollusque ; car l'animal entier traité comme ses Glandes n'en laisse apercevoir aucune trace.

II. — Acide hippurique.

On pouvait croire que chez la *Moule* l'acide urique est remplacé par l'acide hippurique ; mais cela n'est pas, la sécrétion bojanienne de la *Moule* n'en renferme pas. Quand on traite les Glandes par l'acide azotique et l'ammoniaque, on a bien un liquide jaune rouge, et c'est ainsi que se colorent les humeurs qui renferment de l'acide hippurique ou des hippurates ; mais, comme Voit l'a fait observer à propos de l'*Huître perlière*, l'acide hippurique n'est pour rien dans cette coloration uniquement due à l'acide xanthoprotéique produit par la réaction de l'acide azotique sur les matières albuminoïdes.

Au reste, j'ai cherché à isoler l'acide hippurique en employant les méthodes ordinairement usitées quand on veut le retirer des tissus glandulaires, et je n'ai obtenu aucun cristal qui appartînt à ce corps.

III et IV. — Guanine et Taurine.

On a dit que l'Organe de Bojanus sécrète de la guanine. Basée sur une étude de la sécrétion bojanienne de l'*Anodonte*, cette idée n'est plus admise depuis que Voit n'en a pas trouvé, en refaisant les mêmes recherches sur le même animal. Ce n'était pas une raison

pour ne point essayer de trouver ce corps chez la *Moule;* mais je ne l'y ai point rencontré, et, au lieu de guanine, j'ai isolé de la taurine et peut-être de l'inosite.

J'ai traité les Sacs de plus de deux cents *Moules* par un lait de chaux bouillant : j'ai filtré quand la matière m'a paru suffisamment désagrégée, j'ai sursaturé le liquide limpide et concentré par l'acide chlorhydrique. Au bout de quelques jours j'ai vu au fond de la capsule de fines aiguilles prismatiques, incolores, à six faces, très longues, les unes isolées, les autres réunies en groupes étoilés. Quelques cristaux plus larges que les autres affectent la forme de tables tronquées obliquement aux extrémités (Voir Pl. I fig. 9).

On peut préparer des cristaux identiques, et cela en bien plus grande abondance, en traitant par la chaux, non plus l'Organe de Bojanus seulement, mais l'animal tout entier. Le dessin que je donne a été fourni par des cristaux obtenus en traitant ainsi les corps entiers de quatre litres de *Moules* d'Isigny.

A première vue, ces cristaux ressemblent assez à du chlorhydrate de guanine ; mais d'abord ils ne sont pas colorés, et en second lieu c'est en vain que, les ayant dissous dans l'eau, on ajouterait de l'ammoniaque à leur solution pour en précipiter de la guanine. Il ne se produirait rien, ce n'est pas du chlorhydrate de guanine.

Si maintenant on compare les cristaux obtenus aux dessins que Funke et Gorup Besanez donnent de la taurine, on n'hésite pas à les considérer comme constitués par ce corps dont ils ont les formes cristallines et les propriétés physiques et chimiques.

Ces cristaux sont en effet nacrés, durs, cassants, inaltérables à l'air, facilement solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool absolu, sans action sur les réactifs colorés. La chaleur les décompose difficilement, les acides et les bases les dissolvent sans se combiner avec eux, et seule l'eau régale, par une longue ébullition, les décompose et donne naissance à des traces d'acide sulfurique. Ainsi ces cristaux renferment du soufre : on ne doutera pas alors qu'ils ne soient de la taurine qu'on sait exister chez les Mollusques, depuis

la publication du beau mémoire de Valenciennes et Fremy.

Un fait reste étrange, c'est la présence même de la taurine chez un animal qui n'a point de produits biliaires, car la *Moule*, pas plus que les autres Mollusques acéphales que j'ai étudiés, n'en renferme aucune trace. Il en faut probablement conclure que la taurine a dans l'organisme d'autres sources que la décomposition de la bile.

Au milieu des cristaux de taurine on voit quelquefois des cristaux tabulaires, qui ressemblent si complètement à l'inosite que je me suis demandé s'ils n'appartenaient point à ce corps. Comme je n'ai pu recourir à aucune analyse, ce n'est évidemment qu'une pure hypothèse, qui n'a pour base que la similitude des formes cristallines, et je prends soin de mettre en garde contre les conséquences qu'on est souvent tenté de tirer trop hâtivement des formes des cristaux, lesquelles ne sont pas toujours démonstratives. On peut remarquer cependant que dans tous les cas il n'y aurait rien d'impossible à ce que quelques cristaux d'inosite se trouvassent mélangés à ceux de la taurine. Comme celle-ci, l'inosite n'est point attaquée par les acides et par les bases; elle existe dans les muscles des Mollusques, et il est bien certain qu'en dissociant l'Organe de Bojanus d'autant de *Moules*, je ne puis prétendre n'avoir jamais enlevé aucune partie des muscles avec leurs Glandes.

Si l'inosite existe dans l'Organe de Bojanus de la *Moule*, c'est bien certainement un des corps les plus rares qu'on y puisse rencontrer.

V. — Urée.

Quel que soit l'intérêt que présente la recherche de l'acide urique, de l'acide hippurique, de la guanine et de la taurine, on peut dire qu'il est presque nul en présence de celui qui s'attache à la

constatation de traces d'urée, si petites qu'elles soient, dans la sécrétion bojanienne de la *Moule commune*.

L'urée est en effet le corps que l'on doit regarder comme l'élément caractéristique de l'urine de l'homme et des animaux supérieurs. On peut, il est vrai, en trouver des traces dans d'autres humeurs, le sang et la lymphe, par exemple, ou même dans divers tissus, comme les muscles des *Plagiostomes*, mais l'urine est son véhicule par excellence, et le rein son organe éliminateur. Aussi, malgré les réserves qu'il convient *à priori* de faire sur l'identité possible ou simplement probable des fonctions chez les êtres qui appartiennent à des types zoologiques différents, constater la présence de l'urée chez la *Moule*, c'était, si la découverte était étendue à d'autres *Mollusques*, fixer d'une façon sinon indiscutable, du moins infiniment probable, le rôle physiologique de l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales.

A deux reprises différentes j'ai cherché et j'ai trouvé de l'urée dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*. Je l'ai préparée en nature et j'en ai essayé le dosage par les méthodes ordinaires. On verra plus loin comment cette découverte a été étendue à l'*Anodonta cygnea*, à l'*Anodonta anatina*, au *Cardium edule*, et, suivant toute vraisemblance, au *Cyclas corneus*.

Lorsque j'ai cherché, pour la première fois, l'urée dans l'Organe de Bojanus de la *Moule*, je me suis servi de près de quatre cents animaux (je ne les ai pas comptés), dont j'ai mis les Glandes dans l'alcool à 90° pendant dix jours. Puis, les ayant triturées dans un mortier, je les ai traitées à nouveau par l'alcool. Ayant filtré ces liquides, j'en ai chassé l'alcool au bain-marie, puis j'ai repris par l'eau, j'ai filtré pour enlever les graisses, et j'ai concentré à consistance sirupeuse. J'ai alors traité le sirop ainsi préparé par l'alcool absolu et bouillant, et j'ai abandonné au repos pendant vingt-quatre heures. Ce temps écoulé, il y avait au fond du vase un dépôt solide, et au-dessus un liquide alcoolique peu coloré. J'ai décanté celui-ci avec précaution, j'en ai chassé l'alcool par la chaleur, et j'ai

repris par l'eau. Cette opération était destinée à éliminer les dernières traces des corps gras, mais la graisse propre à la *Moule* étant soluble dans l'eau pure, le liquide qui a passé n'a rien abandonné au filtre, et il est resté coloré. Je l'ai mis alors en présence du sous-acétate de plomb ; il s'est formé un abondant précipité ; j'ai attendu qu'il se fût déposé au fond du vase et j'ai filtré. Le liquide que j'ai obtenu était limpide ; mais comme il contenait un excès de sel de plomb, j'ai dû, pour m'en débarrasser, le soumettre à l'action de l'acide sulfhydrique passant jusqu'à refus. Douze heures après, j'ai filtré, et j'ai obtenu un liquide d'une limpidité parfaite, qui néanmoins m'a donné par concentration un liquide sirupeux assez fortement coloré. Ainsi toutes les précautions employées n'ont pu débarrasser la liqueur de sa couleur roussâtre, et, lorsque l'ayant additionnée d'une goutte d'acide azotique, j'ai obtenu par une longue exposition sur l'acide sulfurique des cristaux d'azotate d'urée, ceux-ci se sont trouvés placés au sein d'une masse brunâtre. Or cette masse colorée rendait assez difficile l'observation microscopique des cristaux, parce que, excessivement déliquescente, elle absorbait rapidement l'humidité de l'air et alors tombait en déliquium. Malgré cet inconvénient, j'ai vu que les cristaux avaient bien les formes de l'azotate d'urée ; je ne me suis pas contenté de les observer seul, je les ai fait regarder par d'autres personnes qui n'ont pas hésité à se prononcer comme moi et à les reconnaître pour des cristaux d'azotate d'urée. Cela ne m'a pas suffi. Voulant être absolument sûr de ce que j'avance, j'ai eu recours aux deux réactions que je vais maintenant donner et qui ne laisseront, je l'espère, aucun doute dans l'esprit de ceux que ces questions peuvent intéresser. Il faut observer en effet que les azotates alcalins présentent des formes cristallines très voisines de celles de l'azotate d'urée et que la confusion est possible : aussi faut-il toujours recourir à des preuves plus certaines que celles qui résultent de la similitude des cristaux.

1° Quand on traitait sur une lame porte-objet un certain nombre

des cristaux que j'avais préparés par la liqueur de Millon, il se manifestait une vive effervescence. Or les bulles de gaz que l'on observait ne pouvaient évidemment provenir d'un azotate alcalin qui se dissout dans ces conditions sans dégagement gazeux.

2° Lorsque l'on croit qu'un liquide exempt de substances albuminoïdes renferme de l'urée, on peut s'en assurer, comme Knop l'a indiqué, en le traitant par l'hypobromite de soude qui décompose l'urée en acide carbonique et en azote ; l'acide carbonique est absorbé par l'excès de soude caustique, l'azote seul reste indissous, et de son volume on déduit le poids d'urée contenu dans la liqueur. Dissolvant l'azotate d'urée que j'avais préparé dans l'eau distillée, j'ai fait agir sur lui l'hypobromite de soude et j'ai obtenu de l'azote, d'où j'ai conclu pour la seconde fois que je n'avais pas affaire à un azotate alcalin, mais bien à de l'azotate d'urée.

Mais ce n'est pas tout : l'hypobromite de soude permet de doser l'urée que contient un liquide animal, si l'on a eu soin d'éliminer les matières protéiques ; alors j'ai cherché combien il pouvait y avoir d'urée dans l'extrait préparé au moyen des Organes des quatre cents *Moules*. Les résultats que j'ai obtenus n'ont pas été exacts, parce qu'il y avait eu plusieurs fois perte de matière pour mes différentes observations ; je suis plus tard arrivé à connaître plus exactement la richesse en urée de la sécrétion bojanienne de la *Moule* ; néanmoins je vais donner mon premier dosage, parce qu'il a été fait avec le plus grand soin, que je n'étais pas seul à le faire, et par conséquent sous l'influence des erreurs involontaires que commet souvent celui qui n'a avec lui personne pour lui signaler les causes d'insuccès de ses analyses. Je me suis servi, pour faire mon dosage, des appareils du Dr G. Noelet de Dannecy, qui ne sont que des modifications de celui d'Esbach. J'ai mis le résidu fort réduit que les quatre cents *Moules* m'avaient fourni dans deux centimètres cubes d'eau, et les introduisant dans le mélangeur, j'ai, par l'action de l'hypobromite de soude, obtenu cinq centimètres cubes d'azote : la température était de 23°,5. De cette expérience j'ai conclu qu'il y avait

0g.013 d'urée dans l'extrait analysé. Si l'on admettait que celui-ci n'eût point éprouvé de pertes, cela ferait 0g.00003 d'urée par animal ; mais des expériences postérieures, faites avec toutes les garanties désirables, m'ont fourni le nombre 0g.00045, et c'est celui que j'adopte pour le poids moyen de l'urée qu'on trouve dans l'Organe de Bojanus d'une *Moule* d'Isigny.

On ne peut pas objecter, contre la méthode analytique que j'ai suivie, que l'hypobromite de soude ne donne pas seulement naissance à un dégagement gazeux en présence de l'urée, mais que le même phénomène se produit quand le liquide renferme des urates, des matières albuminoïdes, de la créatine et de la créatinine. Des urates, la sécrétion bojanienne de la *Moule* n'en renferme pas ; quant aux substances albuminoïdes, il n'en reste plus après le traitement qu'on a fait subir à l'extrait pour préparer l'urée. Restent donc la créatinine et la créatine : il y a fort peu de l'une et de l'autre, parce que la première est presque insoluble dans l'alcool absolu à la température ordinaire, et que la seconde ne s'y dissout pas du tout. Et puis, pour produire cinq centimètres cubes d'azote, il ne faudrait pas moins de 1 g. 112 de créatinine, quantité évidemment supérieure à celle que quatre cents *Moules* peuvent fournir.

Malgré le bien fondé de ces observations, j'ai cru devoir recommencer le dosage de l'urée de la *Moule* et, pour être à l'abri des erreurs que les traces de créatine et de créatinine pouvaient entraîner, je me suis servi de la liqueur de Millon employée à froid. Mais alors l'opération est très lente, ce n'est qu'au bout de plusieurs jours que l'on peut considérer la décomposition comme terminée ; et comme, en l'état de nos connaissances, il n'y a point une importance majeure à savoir combien au juste chaque animal renferme d'urée dans ses Sacs de Bojanus, je ne retiendrai de l'analyse que j'ai faite que ce résultat capital qu'il s'est dégagé encore de l'azote.

Ainsi l'on trouve de l'urée dans l'Organe de Bojanus de la *Moule*, et cette importante observation est basée :

1° Sur la préparation à l'état d'azotate de l'urée qu'on en peut tirer ;

2° Sur sa décomposition par l'hypobromite de soude et par la liqueur de Millon.

Le lecteur trouvera, dans le dernier chapitre de ces recherches, des détails complémentaires sur la production de l'urée chez les *Mollusques*, et il y verra notamment que j'ai trouvé de l'urée dans l'Organe de Bojanus de tous les *Mollusques acéphales* chez lesquels je l'ai cherchée, tandis qu'il ne m'a pas été possible d'en découvrir chez les *Mollusques gastéropodes*.

VI. — Produits biliaires.

Il n'y a pas de produits biliaires dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*.

On a vu quelles expériences m'avaient conduit à soupçonner la présence des produits biliaires dans l'Organe de Bojanus de la *Moule*. Mais les analyses, faites avec assez de soin pour éliminer entièrement les substances albuminoïdes, les graisses et l'alcool, ce dernier surtout, ne m'ont pas permis d'obtenir les colorations caractéristiques des acides biliaires, soit en employant la méthode de Pettenkofer, soit en recourant à celle de Gmelin qui est encore plus sensible.

Les colorations observées, voisines de celles que prend l'oléine en pareilles circonstances, presque identiques aux colorations qu'on observe avec les huiles de *Baleine* ou de *Morue*, sont peut-être dues à la graisse propre à la *Moule* ou à sa matière colorante que je n'ai pas su isoler. Il est possible que ce soit cette même matière colorante qui produise la taurine, dont la présence sans l'existence de produits biliaires reste une énigme ; car, s'il n'y en a pas dans l'Organe de Bojanus, on aurait pu penser qu'il y en a ailleurs, et je me suis assuré qu'aucune partie du corps de la *Moule* n'en renferme.

VII. — Glycose.

J'ai cherché si l'organe de Bojanus de la *Moule* renferme du sucre. J'ai en conséquence trituré les glandes dissociées de 2 k. de *Moules* en présence de l'eau pure, j'ai ajouté du sulfate de soude et j'ai fait bouillir. Dans le liquide limpide que j'ai obtenu par filtration j'ai ajouté quelques gouttes de la liqueur de Fehling ; il s'est formé un précipité vert, mais pas d'oxydule de cuivre. J'en ai conclu que le liquide extrait de l'Organe de Bojanus de la *Moule* ne renferme pas de sucre.

Ayant eu connaissance d'une communication faite à la Kaiserliche Akademie der Wissenschaten de Vienne qui annonçait la possibilité de reconnaître des traces de sucre normal dans l'urine humaine, j'ai essayé la méthode indiquée. J'ai dissous du thymol dans l'alcool absolu et j'en ai ajouté quelques gouttes au liquide précédemment essayé; il y a eu un léger trouble provenant de la précipitation d'une petite partie du thymol : j'ai alors ajouté de l'acide sulfurique et j'ai fortement agité. La liqueur s'est colorée en rouge cinabre ; en étendant avec de l'eau, la couleur a viré au carmin. Après 48 heures, un dépôt rouge s'était formé ; ce dépôt était soluble dans l'ammoniaque et lui communiquait une coloration jaune. Cette expérience laisse supposer qu'il existe des traces de sucre dans les corps de Bojanus de la *Moule*, mais ces traces sont si insensibles que la liqueur de Fehling ne les révèle pas.

CHAPITRE VII.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE (*Suite*).

CALCULS BOJANIENS DE LA MOULE. — LEURS PROPRIÉTÉS PHYSIQUES, LEUR COMPOSITION, LEUR MODE DE CROISSANCE. — LEUR ÉLIMINATION. — PERLES DE LA MOULE. — COMPOSITION DE LA COQUILLE DE LA MOULE. — COMPARAISON DES CALCULS, DES PERLES ET DE LA COQUILLE AU POINT DE VUE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE.

Les cellules de l'Organe de Bojanus de la *Moule* renferment des cristaux qui sont généralement microscopiques; mais il arrive aussi que, se soudant les uns avec les autres, ces cristaux prennent des dimensions considérables et deviennent de véritables concrétions. Le cas est rare, il est même beaucoup plus rare que la présence d'une perle, plus ou moins bien faite, adhérente à la coquille. Je n'en ai trouvé qu'un seul exemple, et j'ai pourtant ouvert bien certainement plus de six mille *Moules* pour faire mes recherches : j'ai au contraire trouvé relativement assez souvent des perles en voie de formation et encore adhérentes aux valves.

Les calculs de la *Moule* sont généralement lisses à la surface, sphériques ou plus ou moins elliptiques, et alors assez semblables pour la forme et pour la taille à de petits grains de millet. Il y a des concrétions qui sont presque microscopiques : on en observe qui sont toutes bossuées et qui semblent formées d'un agrégat de petites sphérules, dont celles qui sont à l'extérieur sont seules visibles. La densité de ces calculs est supérieure à celle de l'eau ; ils sont durs, cassants, incombustibles, et on en peut faire facilement des coupes minces.

La coupe que je donne, Pl. XI, fig. 11, est celle d'un calcul assez gros qui est visiblement formé par deux calculs soudés qui, au moment de la juxtaposition, étaient déjà assez gros et que de nouveaux dépôts sont venus postérieurement enrober. Au centre se voit une ligne sombre, la ligne de soudure, et, de part et d'autre, deux centres d'attraction autour desquels le carbonate de chaux, dont ces calculs sont en majeure partie formés, s'est déposé par couches concentriques. On ne voit pas de différence entre la partie centrale et la périphérie, soit parce que la coupe a passé au-dessous du centre d'attraction moléculaire, soit parce que, et c'est ce qui est le plus vraisemblable, le noyau n'était pas distinct des dépôts qui se sont formés ultérieurement et se trouvait, lui aussi, constitué par un simple granule de carbonate ou de phosphate de chaux. Je crois que la coupe passe au-dessous du noyau et très près de celui-ci ; je l'admets identique aux couches postérieurement surajoutées, et je fonde ma manière de voir sur les observations que j'ai faites pendant la préparation même de la coupe.

Pour faire celle-ci, j'ai monté la concrétion dans le baume sec sur une lame de verre qui elle-même était fixée sur un bouchon percé en son centre. On pouvait ainsi suivre attentivement les progrès de la taille au moyen du microscope. Or jamais je n'ai vu un point noir ou un corps étranger quelconque au centre des zones concentriques ; ce centre à aucun instant ne m'a paru différer du reste de la préparation.

A une petite distance du centre et seulement sur un des deux calculs, primitivement libres, mais soudés l'un à l'autre plus tard, se voient de nombreuses sphérules plus ou moins bien soudées entre elles et semblables à celles qu'on aperçoit sur certaines concrétions microscopiques. La couche de sphérules est restée peu épaisse, et elle a bientôt été recouverte par une double enveloppe de cristaux prismatiques. Là où se trouve la soudure, il n'y a ni sphérules ni cristaux prismatiques. Quant au second calcul, il ne présente la trace d'aucune formation de la même nature, on n'y voit ni sphérules, ni prismes.

Il est probable que le double dépôt de sphérules et de prismes entourait primitivement de toutes parts le premier calcul et qu'il a disparu aux points où s'est effectuée la soudure par le frottement qu'il a éprouvé contre le second calcul. Le double dépôt pouvait cependant n'être pas partout de la même épaisseur que là où l'on en voit des restes : il ne manque pas en effet de concrétions qui ne sont pas identiques à leurs deux extrémités, et chez lesquelles certains dépôts se sont formés plus abondamment à un pôle qu'à un autre, mais penser qu'il n'existait ni granules ni prismes là où l'on n'en voit point et où les calculs se sont soudés, me paraît peu vraisemblable. Il est, ce me semble, plus naturel de croire que le gros calcul maintenu immobile par les tissus qui l'entouraient, incessamment frotté par le petit calcul que sa taille rendait plus mobile, a perdu à la longue sa double enveloppe protectrice. C'est en effet le corps qui est en mouvement qui entame celui qui est immobile, et le gros calcul pour cette raison a dû s'user plus vite que l'autre.

En regardant cette explication comme satisfaisante, on admet par là même, ce que du reste l'observation démontre vrai d'une façon journalière, que deux calculs voisins peuvent très bien n'être pas identiques. Cette diversité tient à plusieurs causes : les calculs, même ceux qui se forment dans les cellules voisines, ne prennent pas nécessairement naissance tous à la même époque, et, alors même qu'il en serait ainsi, il est certain que les dépôts qui se font dans les différentes cellules ou dans les mailles du tissu interstitiel ne doivent pas au même moment être partout identiques, mais varier avec la position et l'activité vitale des cellules. Du reste, pour en revenir aux deux calculs qui en se soudant ont formé la concrétion que j'étudie, on peut dire que si le petit calcul avait été identique au gros, il n'aurait pas perdu, en attaquant celui-ci, son enveloppe de cristaux prismatiques, évidemment plus dure que sa partie centrale, et par conséquent en ferait voir des traces sur la coupe.

Une fois soudées, les deux concrétions primitives ont été recouvertes de couches calcaires semblables à celles qui constituent le

noyau. Puis, sous l'influence d'un phénomène dont je vais donner l'explication, de nouvelles et nombreuses sphérules se sont déposées ; enfin, un ciment amorphe, postérieur à la formation des sphérules, ou peut-être même coexistant, s'étant formé à son tour, les granules se sont trouvés réunis les uns avec les autres et ont formé une sorte de poudingue.

On ne peut pas évidemment prévoir ce qui se serait passé ultérieurement à tous ces dépôts si l'animal eût vécu ; mais on doit penser qu'à mesure qu'il aurait grossi, le calcul se serait rapproché de la surface de la glande, et qu'enfin il serait tombé, par rupture de la paroi, dans le courant anal, et aurait ainsi été expulsé en même temps que l'eau qui a baigné les branchies. Mais j'ai déjà expliqué comment se fait ce cheminement lent des calculs du centre à la périphérie de l'Organe de Bojanus : il est donc inutile d'y revenir. Quant à ce qui est de la forme arrondie des dépôts, on en peut, il me semble, donner facilement la raison.

Quand on laisse un corps inorganique cristalliser dans un vase de laboratoire, on ne remarque pas en général que ses cristaux affectent l'aspect de sphères plus ou moins régulières ou de masses mamelonnées à contours arrondis. Il n'en est plus de même quand ce même corps a été extrait des tissus d'un animal ; il semble qu'il a acquis des propriétés nouvelles, car c'est toujours sous la forme de sphérules que se font ses dépôts cristallins. L'expérience est du reste facile à faire : on dissout de la chaux du marbre dans l'acide chlorhydrique, on sature le chlorure de calcium formé par l'ammoniaque et on abandonne le liquide à l'air libre. Bientôt sa surface est recouverte d'une mince pellicule de carbonate de chaux dans laquelle on ne remarque rien qui ressemble à des mâcles.

On prend alors une valve de *Moule* ou de tout autre mollusque, on la traite aussi par l'acide chlorhydrique, puis par l'ammoniaque, et au bout d'un jour ou deux on a sur la surface du liquide, sur les parois du vase et même sur le fond des sphérules de carbonate de

chaux. On peut au microscope voir qu'elles sont formées de couches concentriques superposées, et dans la lumière polarisée on admire le phénomène de la croix noire auquel toutes ces petites sphères donnent lieu, bien mieux encore que des grains d'amidon.

Pourquoi cette différence dans le mode de groupement des cristaux du carbonate de chaux? parce que la solution du test de la *Moule* renferme des détritus organiques, parce que ceux-ci, sensiblement de même densité que le liquide, flottent à sa surface ou dans sa masse, et servent de paroi aux cristaux de carbonate de chaux qui sont en train de se former. Mais ici la paroi peut être entourée dans tous les sens par les cristaux, il se formera donc des sphérules que les dépôts ultérieurs recouvriront de leurs couches superposées ; de là l'aspect au microscope et le phénomène de polarisation lamellaire observé.

Cette explication est si vraie qu'il suffit d'introduire dans la solution provenant du marbre des filoches de coton, ou une poussière impalpable, de la silice, par exemple, ou du bleu d'azur, pour voir le carbonate de chaux se déposer sous la forme de petites sphères.

Il est maintenant facile de comprendre pourquoi chez l'animal vivant les dépôts affectent généralement la forme sphérique. Là où ils se forment, les cellules sont en voie de dégénérescence, elles se désorganisent, et dans le liquide qu'elles contiennent doivent flotter des parcelles de leur tissu décomposé. Ce sont ces particules qui, visibles ou non, servent de support aux cristaux ; de là des granules, des perles très petites mais rondes qu'on observe si souvent.

A d'autres moments, les dépôts peuvent se faire au sein d'un liquide exempt de détritus organiques : les choses se passent alors comme dans le vase à précipités, et les cristaux formeraient des masses irrégulières, si les granules déjà déposés ne leur servaient de centres d'attraction.

Enfin, et nous en verrons de nombreux exemples, il peut arriver

que les dépôts se fassent si vite que la cristallisation ou les groupements moléculaires soient impossibles : dans ce cas, malgré la présence de débris organiques, il ne se formera plus de sphères, et l'on aura seulement une masse pigmentée dont les couches successives se distingueront par la plus ou moins grande abondance de détritus. Le même effet se produira encore lorsque le dépôt se fera lentement, si l'humeur au sein de laquelle il se forme est constamment agitée.

Tous les calculs ne montrent pas les mêmes alternances dans les dépôts qui les constituent. Ainsi j'ai fait la coupe de l'un d'entre eux qui était uniquement formé de la substance qui forme l'enveloppe du noyau du gros calcul dessiné à la Pl. XI, fig. 11. On n'y voit ni sphérules, ni cristaux prismatiques accolés. Cela n'empêche pas qu'on pourrait montrer maint calcul plus gros ou plus petit dont la surface n'est qu'un agrégat de sphérules de carbonate de chaux.

La conséquence à tirer de toutes ces observations, en s'en rapportant uniquement à ce que l'on voit, c'est qu'au même moment la sécrétion ou l'excrétion bojanienne ne doit pas être la même partout, mais plus abondante en certains points, moindre dans d'autres, nulle dans certaines parties. Là où le dépôt est abondant et rapidement effectué, il affecte l'aspect de graviers si petits que leur masse n'en paraît avoir acquis aucune texture cristalline ; et le même phénomène s'observe si les dépôts se sont formés au sein d'un liquide sans cesse agité, ce qui en certains points a dû nécessairement se produire, grâce à l'active circulation dont l'Organe de Bojanus est le siège. Là au contraire où la sécrétion est lente, où les dépôts se font dans des liquides à peine saturés, les cristaux ont le temps de se former et l'on a ces couches prismatiques qu'on observe dans beaucoup de calculs.

On peut encore attribuer la différence d'aspect des calculs à la nature chimique des dépôts qui ne sont pas toujours constitués par la même substance minérale. Mais cette raison, qui a sa valeur quand les corps cristallisent dans des systèmes incompatibles, n'est plus

guère admissible quand les substances sont isomorphes, parce qu'alors la substitution de l'un d'eux à un autre dans les cristaux qui se forment n'en change pas bien sensiblement les propriétés physiques.

Quoique, d'après les explications que j'ai fournies de l'origine des calculs, ceux-ci dussent être sphériques, on conçoit que cette forme a pu subir, suivant les circonstances, bien des modifications : aussi voit-on des concrétions qui sont aplaties comme des disques, d'autres qui sont allongées, d'autres enfin qui ont l'aspect de poires ou de lentilles. Toutes ces différences, sans importance, tiennent à l'irrégularité naturelle avec laquelle les diverses couches solides se sont déposées, et au hasard qui a présidé à la soudure des calculs élémentaires dont les concrétions sont formées.

Enfin, je ferai cette dernière remarque, qu'il est bien probable que tous les calculs n'ont pas le même âge, quoique placés côte à côte. Cela n'empêche pas que les calculs superficiels ne soient en général plus anciennement formés ; ce sont d'ailleurs les plus gros. J'ai expliqué ailleurs le mécanisme grâce auquel des calculs nés au centre du tissu glandulaire finissent par être superficiels ; j'ai dit que ces déplacements lents sont la conséquence de l'activité vitale des cellules bojaniennes et des mouvements imprimés aux concrétions, mouvements qui ont pour effet d'altérer et de détruire une à une et à la longue les cellules et le tissu conjonctif qui les séparent de la surface du corps. Chez la *Moule*, les calculs sont ainsi vite arrivés à la périphérie de l'Organe, ils la percent et tombent : aussi sont-ils rares et petits ; mais chez les mollusques dont la glande est ramassée, les concrétions qui, par suite du cheminement interne, arrivent dans le tissu conjonctif lacunaire de la partie dorsale de l'animal, arrêtées par le manteau, peuvent y séjourner longtemps avant de se frayer un chemin au dehors ; alors elles sont volumineuses et faciles à observer : tel est le cas de la *Cythérée*, dont j'étudierai les calculs un peu plus loin.

La coupe que j'ai donnée d'un calcul de la *Moule* (Pl. XI, fig. 11) est vue dans la lumière ordinaire ; dans la lumière polarisée elle apparaît brillante sur un champ noir. En même temps on y voit, mais peu distinctement à cause de son épaisseur, une double croix noire dont les branches se confondent presque partout et donnent ainsi l'apparence d'une croix unique.

Avec une préparation plus mince on peut voir que la substance qui constitue certains calculs est vivement colorée quand on croise les nicols.

L'analyse chimique des concrétions ne présenterait aucune difficulté si la quantité des matières était plus grande ; je crois cependant pouvoir garantir l'exactitude de la composition suivante :

1° Les calculs sont presque entièrement formés de carbonate de chaux. Ils font une vive effervescence quand on les traite par l'acide chlorhydrique ou par l'acide acétique. Leur solution acétique additionnée d'oxalate d'ammoniaque donne un précipité d'oxalate de chaux facilement soluble dans l'acide chlorhydrique.

2° La solution chlorhydrique des calculs saturée par l'ammoniaque abandonne, non immédiatement, mais à la longue, un précipité au milieu duquel on peut distinguer au microscope diverses formes du phosphate ammoniaco-magnésien et du phosphate acide de chaux.

3° En ajoutant au précipité de l'acide acétique, tout se dissout, preuve que les calculs ne renferment pas d'oxalate de chaux.

4° Les calculs ne paraissent pas renfermer de fer, ou, s'ils en contiennent, il y en a si peu que la réaction est insensible.

5° Ils ne contiennent ni urate, ni acide urique.

En résumé, les calculs de l'organe de Bojanus de la *Moule* sont formés, pour la plus grande partie, par du carbonate de chaux avec des traces constatées de phosphate acide de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien ; j'ai dit constatées, car il est proba-

ble qu'il s'y joint des traces de phosphate de chaux tribasique et de phosphate de fer. Le fer est en effet un corps si universellement répandu dans la nature qu'il serait surprenant de n'en point trouver dans les calculs de la *Moule*.

J'ai dit qu'on trouve des perles chez la *Moule*, qu'elles sont généralement adhérentes aux valves et le plus souvent irrégulières. M'en étant cependant procuré une qui était remarquable par sa régularité, j'en ai fait une étude attentive, afin de pouvoir la comparer avec les concrétions de l'Organe de Bojanus du même mollusque.

Cette perle était adhérente à la coquille par un mince pédoncule qui lui donnait un aspect piriforme. Je l'ai sciée en deux : la moitié supérieure m'a servi à faire une *coupe mince*, l'autre moitié a été employée aux analyses.

La coupe de la perle est intéressante : on y voit au centre deux noyaux comme dans le calcul de l'Organe de Bojanus qui vient d'être étudié ; mais l'origine de ces noyaux n'est pas la même dans la perle et dans le calcul. Un de ces noyaux est constitué par des prismes, formés vraisemblablement de phosphate acide de chaux et de phosphate ammoniaco-magnésien, disposés autour d'un axe organique qui a été coupé. Quant à l'autre noyau, il n'est point entouré de prismes et ne se distingue du reste de la perle que par la disposition en couches concentriques du carbonate de chaux qui y est déposé. Autour des deux noyaux et les enrobant entièrement, des couches très nombreuses et par suite peu épaisses de calcaire se sont déposées ; entre elles il n'existe aucune différence, sauf en deux ou trois points où les couches plus sombres forment des cercles concentriques. La surface de la perle n'est pas de composition différente de celle des couches profondes.

En examinant avec soin le pédoncule de la perle, il a été facile d'expliquer l'aspect de la coupe. La masse organique, origine de la perle, était terminée par deux branches de longueur inégale et

formant fourche à son extrémité libre. La branche la plus longue a été rencontrée par la scie qui a passé au-dessus de la petite. Malgré sa double origine, la perle était régulière, parce que les deux pointes étant très voisines, les dépôts formés autour de chacune d'elles n'ont pas tardé à se confondre.

Lorsqu'on examine la coupe dans la lumière polarisée, on s'aperçoit qu'un des noyaux, celui qui est formé par des prismes, est légèrement coloré. On distingue en même temps une double croix, signe certain qu'il y a eu deux centres de formation à l'origine, et cette croix apparaît noire sur le reste de la préparation dont l'éclat est assez vif.

La seconde partie de la perle, celle qui était adhérente à la coquille par un pédoncule, a servi à déterminer la composition de ces sortes de productions chez la *Moule*.

Je l'ai mise dans l'acide chlorhydrique, il s'est produit une très vive effervescence, et toute la partie minérale a été vite dissoute. Il est resté une masse organique, celle dont j'ai parlé, qui constituait l'axe du pédoncule. Je n'ai pas déterminé la nature de cette masse organique, et il ne m'a pas été possible de voir à quel être elle avait appartenu. Quant à la solution, elle était parfaitement limpide : je l'ai soumise aux divers traitements qui servent à faire l'analyse des cendres, et j'ai constaté que la perle était presque entièrement formée par du carbonate de chaux , avec une trace de carbonate de magnésie, de phosphate de chaux, de phosphate ammoniaco-magnésien et de phosphate de peroxyde de fer. J'ai le regret de n'avoir pu, faute de substance, déterminer la nature du phosphate de chaux qui entrait dans la constitution de cette perle ; mais, comme il semble que la composition de la perle et de la coquille est la même, le phosphate trouvé doit être du phosphate tribasique de chaux.

Je n'ai pas à faire ici l'étude physique de la coquille de la *Moule*,

laquelle ne diffère pas de celle des mollusques qui appartiennent à des familles voisines. Sa composition chimique va seule m'occuper, parce que je veux la comparer avec celle des calculs de l'Organe de Bojanus.

J'ai pris, pour faire mes recherches, la valve même sur laquelle la perle avait été fixée ; je l'ai bien nettoyée, car les *Moules* deviennent, quand elles vieillissent, un support d'élection pour une foule d'animaux à mœurs tranquilles : *Balanes, Briozoaires* ou autres ; je l'ai concassée et enfin introduite dans l'acide chlorhydrique. Il s'est produit une très vive effervescence, et quand elle s'est ralentie, j'ai achevé la dissolution de la coquille , en portant l'acide à l'ébullition. La partie minérale s'est entièrement dissoute ; seule, la conchyoline a résisté à l'action de l'acide chlorhydrique. J'ai filtré et j'ai obtenu un liquide légèrement jaune avec lequel j'ai pu reconnaître que la coquille de la *Moule* renferme :

1° *Du carbonate de chaux* qui la compose presque en entier,
avec une quantité notable
2° *De carbonate de magnésie*
et des traces ;
3° *De phosphate tribasique de chaux;*
4° *De phosphate ammoniaco-magnésien ;*
5° *De phosphate de peroxyde de fer.*

L'expérience montre qu'il y a du phosphate de magnésie j'ai cherché directement s'il y a du phosphate ammoniaco-magnésien et je l'ai trouvé ; mais il est possible, sinon certain, qu'il y ait aussi :

6° *Du phosphate de magnesie.*

Je n'ai trouvé ni cuivre, ni manganèse dans la coquille de la *Moule.*

La méthode d'analyse que j'ai suivie est celle qui convient pour chercher la nature des cendres organiques ; on en trouvera donc plus loin le manuel opératoire, quand je parlerai des recherches auxquelles je me suis livré sur les cendres de l'Organe de Bojanus de la *Moule.*

Les résultat des analyses qui précèdent ont été réunis dans le tableau suivant :

TABLEAU DONNANT LA COMPOSITION DES CONCRÉTIONS, DES PERLES ET DE LA COQUILLE DE LA MOULE.

Concrétions de l'Organe de Bojanus.	*Perle prise sur la coquille.*	*Coquille.*
En grande partie formée de *carbonate de chaux*	En grande partie formée de *carbonate de chaux*	En grande partie formée de *carbonate de chaux*
»	*carbonate de magnésie*	*carbonate de magnésie*
avec des traces de	avec des traces de	avec des traces de
	phosphate de chaux tribasique	*phosphate de chaux tribasique*
	phosphate de peroxyde de fer	*phosphate de peroxyde de fer*
phosphate ammoniaco-magnésien.	*phosphate ammoniaco-magnésien.*	*phosphate ammoniaco-magnésien*
		phosphate de magnésie.
phosphate acide de chaux.		

En résumé, les perles et la coquille ont sensiblement la même composition, et les différences qu'on observe tiennent probablement à la difficulté qu'il y avait à découvrir dans la perle les corps qu'on trouve dans la coquille et qui n'y sont qu'à l'état de traces insensibles avec aussi peu de matière.

Quant aux concrétions de l'Organe de Bojanus, elles paraissent avoir une composition notablement différente de celle de la coquille, et cela n'est bien probablement pas particulier à la *Moule*, car nous verrons qu'il en est de même pour les calculs de la *Cythérée*.

CHAPITRE VIII.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE LA MOULE COMMUNE (*Suite et fin*).

ANALYSE DES CENDRES. CORPS QUE L'ON TROUVE DANS L'ORGANE DE BOJANUS DE LA MOULE.

Pour compléter l'étude de la sécrétion bojanienne de la *Moule*, il me faut joindre aux recherches qui précèdent les résultats de l'analyse des cendres de la Glande elle-même. La détermination des corps que celle-ci renferme ne présente pas de difficultés, et deux ou trois cents mollusques suffisent à tous les besoins de l'analyse.

On incinère donc dans une capsule de platine, et au moyen d'un bon bec Bunsen, les Organes de Bojanus de quelques centaines de *Moules*, après les avoir préalablement dissociés et séchés avec soin. On obtient ainsi plutôt un charbon qu'une cendre, car il faudrait en réalité un fourneau à moufle ; mais, tel qu'il est, ce charbon peut suffire aux recherches qu'on veut faire.

I. — On traite une partie des cendres bien pulvérisées par l'eau bouillante, on filtre et on évapore quelques gouttes du liquide limpide sur une lame de platine. Il se forme un léger dépôt blanc, d'où l'on conclut que divers sels se sont dissous dans l'eau.

La liqueur étant neutre, on est assuré que si elle renferme des carbonates et des phosphates alcalins, ceux-ci n'y sont qu'à l'état de traces.

1° Pour voir s'il y a des carbonates, on additionne la liqueur avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Il ne se dégage

aucun gaz, par conséquent il n'y a ni carbonates solubles, ni sulfures solubles.

Les sulfures auraient pu provenir de la réduction des sulfates par le charbon ; mais la température ayant été peu élevée, le charbon a été sans action sur les sulfates abandonnés par l'eau de mer, qui baignait les glandes et que celle-ci a nécessairement abandonné en s'évaporant.

2° On cherche alors si la liqueur renferme des phosphates alcalins. Dans ce but, on ajoute à l'eau qui a bouilli avec les cendres un mélange bien limpide de sulfate de magnésie, de chlorure d'ammonium et d'ammoniaque ; mais ni au moment du mélange, ni après on n'aperçoit traces de cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien. Par conséquent la liqueur ne renferme pas de phosphates alcalins.

Remarque. On peut faire une contre-épreuve au moyen du molybdate d'ammoniaque dissous dans l'acide azotique ; mais on n'observe ni coloration, ni précipité jaune, d'où l'on conclut à l'absence du phosphore.

Ainsi l'eau n'enlève aux cendres ni carbonates alcalins, ni sulfures, ni phosphates solubles : nous allons y trouver divers sulfates et des chlorures.

3° On additionne la liqueur d'une goutte d'acide chlorhydrique, puis on y introduit une dissolution de chlorure de baryum. Il se forme immédiatement un abondant précipité blanc qui ne disparaît ni quand on étend le précipité avec de l'eau, ni quand on le met en présence de l'acide azotique ; il y a donc dans la liqueur :

Des sulfates.

4° On ajoute alors quelques gouttes d'acide azotique à la liqueur primitive, puis une goutte d'azotate d'argent. Il se forme un abondant précipité qui est soluble dans l'ammoniaque et qui noircit

rapidement à la lumière : c'est du chlorure d'argent. Le liquide contient :

Des chlorures.

Il reste maintenant à déterminer les noms des bases qui sont combinées avec l'acide sulfurique et des métaux unis au chlore.

5° On concentre la liqueur primitive ; on en met quelques gouttes sur une lame de platine et on évapore à sec. On verse sur le résidu de l'alcool pur, et on l'enflamme. On voit apparaître une coloration jaune ; le liquide renferme :

du sodium.

On interpose alors entre l'œil et la flamme un verre bleu, et la flamme paraît violette sur les bords ; la liqueur renferme :

du potassium.

Ainsi l'eau qui a bouilli avec les cendres leur a enlevé divers sulfates et chlorures dont le métal peut être du sodium ou du potassium. Comme nous verrons plus loin que les cendres renferment aussi du calcium et du magnésium, on pourra dès maintenant dire que les cendres renfermant les sels de la mer, l'eau contient :

du chlorure de sodium.
du chlorure de potassium.
du chlorure de magnésium.
du sulfate de chaux.
du sulfate de magnésie.

Si l'on voulait isoler tous ces sels, ce n'est pas quelques centaines, mais quelques milliers de *Moules* qu'il faudrait sacrifier : je n'en ai pas vu la nécessité.

II. — Nous allons maintenant découvrir des corps qui, n'existant pas dans l'eau de mer, sont évidemment un produit de la Glande.

On traite par l'acide chlorhydrique la partie des cendres que l'eau n'a pas dissoute. Une vive effervescence se manifeste, le gaz est inodore, c'est de l'acide carbonique ; les cendres contiennent donc :

des carbonates insolubles.

1° On mélange la solution chlorhydrique avec une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque et de l'ammoniaque jusqu'à réaction fortement alcaline, puis on fait bouillir. Il se forme un abondant précipité blanc floconneux ; donc la liqueur ne renferme pas de fer à l'état de peroxyde, mais du phosphate de fer.

Pour s'en assurer :

a. — A la solution chlorhydrique, on ajoute du sulfocyanure de potassium, et une belle couleur rouge sang apparaît.

b. — A la même liqueur primitive on ajoute du prussiate jaune de potasse, et il se forme immédiatement un beau précipité bleu.

Ces deux réactions sont celles qui conviennent aux sels de fer au maximum. Reste à déterminer l'acide auquel il est combiné. On verse alors dans un troisième échantillon de la solution chlorhydrique une dissolution concentrée d'acétate de soude, et on agite ; le précipité qui se forme est blanc jaunâtre ; les cendres renferment

du phosphate de peroxyde de fer.

Comme il est peu probable que le précipité obtenu par le chlorure d'ammonium et l'ammoniaque soit uniquement formé par ce dernier phosphate, on procède à la recherche des autres corps de la façon suivante :

2° — On précipite le phosphate de peroxyde de fer par l'acétate de soude, on filtre, et avec la liqueur limpide qui passe on procède aux divers essais dont je vais parler.

a. — On verse dans lo liquide une dissolution d'oxalate de potasse, il se forme immédiatement un précipité blanc insoluble dans l'acide acétique, mais soluble dans l'acide chlorhydrique : c'est de l'oxalate de chaux. Ainsi le précipité gélatineux, formé dans la so-

lution chlorhydrique par l'ammoniaque et le chlorure d'ammonium renferme

du phosphate de chaux.

b. — A un second échantillon de la liqueur on ajoute de l'acétate de soude et du perchlorure de fer jusqu'à coloration rouge et on fait bouillir. Il se forme un abondant précipité, on filtre, on additionne le liquide qui passe avec une solution de carbonate d'ammoniaque, on fait encore bouillir, la chaux se précipite, et on filtre une dernière fois. On ajoute alors du phosphate de soude, et après quelques instants un précipité s'étant formé, on sait que le liquide contenait de la magnésie combinée à l'acide phosphorique, c'est-à-dire du phosphate de magnésie ou du phosphate ammoniaco-magnésien, et vraisemblablement l'un et l'autre.

On s'assure que les cendres renferment du phosphate ammoniaco-magnésien, en les mettant dans un verre de montre avec une dissolution de potasse ; on recouvre ce verre avec un autre au fond duquel on a collé une bande de papier rouge de tournesol. Celle-ci au bout de quelque temps est bleue, donc les cendres renferment

du phosphate ammoniaco-magnésien.

Renferment-elles du phosphate de magnésie ? je dis : c'est probable, mais je n'en ai pas observé de cristaux.

On ne peut pas évidemment se contenter de savoir que les cendres renferment du phosphate de chaux, on voudra savoir quel est ce phosphate. Pour cela on traitera la solution chlorhydrique des cendres par l'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline et on abandonnera au repos.

Il se formera dans ces conditions un abondant précipité en grande partie constitué par du phosphate tribasique de chaux, ainsi que le montre l'observation microscopique ; mais en même temps, si l'on a attendu assez longtemps, on pourra voir et reconnaître quelques cristaux de phosphate acide de chaux.

En résumé, les cendres contiennent donc :

Du phosphate tribasique de chaux.

Du phosphate acide de chaux.
Du phosphate ammoniaco-magnésien.
Du phosphate de magnésie (probable).
Du phosphate de peroxyde de fer.

3° La vive effervescence qui se manifeste quand on attaque les cendres par l'acide chlorhydrique indique que celles-ci renferment des carbonates. Il est donc indispensable de chercher la chaux et la magnésie non combinées à l'acide phosphorique et à l'état de chlorures dans la solution. On filtre donc la liqueur après y avoir déterminé un précipité par l'ammoniaque et le chlorhydrate d'ammoniaque ; les phosphates sont ainsi séparés. Le liquide qui passe contient en plus des chlorures de calcium et de magnésium, de l'ammoniaque libre et du chlorure d'ammonium en excès.

On l'additionne d'oxalate de potasse, et on a un précipité d'oxalate de chaux, d'où il suit que la liqueur renfermait de la chaux non combinée à l'acide phosphorique.

On filtre pour se débarrasser de l'oxalate de chaux, et dans le liquide qui passe on verse une solution de phosphate de soude. Il se forme un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien facile à reconnaître à la forme de ses cristaux. Il existait donc dans les cendres de la magnésie non combinée à l'acide phosphorique, mais unie à l'acide carbonique.

Les cendres de l'Organe de Bojanus de la *Moule* renferment :
Du carbonate de chaux,
Du carbonate de magnésie.

Remarque. — Quand on fait l'analyse des cendres, il arrive assez souvent qu'on y trouve du cuivre et du plomb. J'ai cherché ces métaux par les méthodes ordinaires, et je ne les ai pas trouvés. D'autre part, Krukenberg ayant découvert du manganèse dans une concrétion retirée d'un *Pinna*, j'ai essayé la réaction bien connue

de l'acide azotique, exempt de chlore, et du bioxyde de plomb ; mais le liquide est resté complètement incolore.

En résumé, on trouve dans les cendres de l'Organe de Bojanus de la *Moule* :

1° Des corps que l'on rencontre dans l'eau de mer, à savoir :

Du chlorure de sodium,
Du chlorure de potassium,
Du chlorure de magnésium,
Du sulfate de chaux,
Du sulfate de magnésie,
Du carbonate de chaux,
Du carbonate de magnésie ;

mais les carbonates de chaux et de magnésie sont dans les cendres en proportions telles qu'on doit les regarder tout au moins comme partiellement excrétés par la Glande.

2° Des corps qu'on ne trouve qu'à l'état de traces dans l'eau de mer et qui sont assez abondants dans les cendres. Ce sont :

Du phosphate de chaux tribasique,
Du phosphate acide de chaux,
Du phosphate ammoniaco-magnésien,
Du phosphate de magnésie,
Du phosphate de peroxyde de fer.

Ainsi douze corps minéraux différents, trois chlorures, deux sulfates, deux carbonates et cinq phosphates existent dans les cendres de l'Organe de Bojanus. Nous les avions déjà presque tous découverts en faisant les diverses analyses auxquelles les extraits, les perles, les concrétions et la coquille de la *Moule* ont donné lieu.

L'étude des corps que l'on trouve dans l'Organe de Bojanus de la *Moule* est actuellement terminée : je crois donc utile d'en résumer les résultats et de les présenter dans l'ordre où ils ont été obtenus.

I. — La sécrétion bojanienne brute de la *Moule* est neutre aux réactifs colorés.

II. — Elle renferme diverses substances albuminoïdes, à savoir :

1° *Une sérine.*

2° *Une albumine propre à la Moule.*

3° *Une fibrine également particulière à la Moule.*

4° *Un albuminate à base indéterminée.*

III. — *Il y a des traces de Mucine.*

IV. — L'extrait éthéré de la Glande renferme :

1° *De la stéarine.*

2° *De la margarine.*

3° *De l'oléine.*

4° *De la lécithine?*

5° *De l'acide valérianique.*

6° *De l'acide butyrique.*

V. — L'extrait alcoolique renferme :

1° *Du chlorure de sodium.*

2° *De l'acide stéarique libre.*

3° *De la stéarine.*

4° *De la margarine.*

5° *De la creatinine.*

6° *De la créatine.*

7° *De la xanthine?*

8° *De l'hypoxanthine?*

9° *Une graisse propre à la Moule et dont l'acide est, comme elle, soluble dans l'eau.*

VI. — L'extrait aqueux contient :

1° *De la tyrosine.*

2° *De la leucine.*

VII. — Des analyses spéciales montrent que la sécrétion bojanienne renferme :

1° *De la taurine.*

2° *De l'inosite?*

3° *De l'urée.*

4° Peut-être des traces de *sucre.*

VIII. — Les calculs de l'Organe de Bojanus renferment :

1° *Du carbonate de chaux.*

2° *Du phosphate ammonia-comagnésien.*

3° *Du phosphate acide de chaux.*

IX. — Les perles contiennent :

1° *Du carbonate de chaux.*

2° *Du carbonate de magnésie.*

3° *Du phosphate tribasique de chaux.*

4° *Du phosphate ammoniaco-magnésien.*

5° *Du phosphate de peroxyde de fer.*

X. — La coquille de la *Moule* se compose :

1° *De carbonate de chaux.*

2° *De carbonate de magnésie.*

3° *De phosphate de chaux tribasique.*

4° *De phosphate ammoniaco-magnésien.*

5° *De phosphate de peroxyde de fer.*

6° *De phosphate de magnésie?*

XI. — Les cendres de l'Organe de Bojanus contiennent :

1° *Du chlorure de sodium.*

2° *Du chlorure de potassium.*

3° *Du chlorure de magnésium.*

4° *Du sulfate de chaux.*

5° *Du sulfate de magnésie.*

6° *Du carbonate de chaux.*

7° *Du carbonate de magnésie.*

8° *Du phosphate de chaux tribasique.*

9° *Du phosphate acide de chaux.*

10° *Du phosphate ammonia-comagnésien.*

11° *Du phosphate de magnésie.*

12° *Du phosphate de peroxyde de fer.*

XII. — On ne trouve dans les cellules bojaniennes de la *Moule* :
ni acide urique,
ni urates,
ni acide hippurique,
ni guanine,
ni produits biliaires.

On voit, par ce résumé, que l'Organe de Bojanus de la *Moule* renferme près de quarante corps différents, les uns sécrétés ou excrétés par la Glande, les autres introduits dans ses tissus par l'eau de mer.

Les recherches analytiques ont mis en lumière deux faits importants :

1° L'Organe de Bojanus de la *Moule* ne sécrète ni acide urique ni urates ;

2° Il renferme de l'urée, de la créatinine et de la créatine, substances que l'on trouve habituellement dans la sécrétion urinaire des animaux vertébrés et qui n'avaient point été signalées chez les mollusques.

CHAPITRE IX.

ÉTUDE DE LA SÉCRÉTION BOJANIENNE DE L'ANODONTA CYGNEA ET DE PLUSIEURS AUTRES MOLLUSQUES ACÉPHALES.

ON NE TROUVE PAS CHEZ LES MOLLUSQUES ACÉPHALES, DANS LES CONDITIONS NORMALES, D'ACIDE URIQUE, D'URATES, D'ACIDE HIPPURIQUE, DE GUANINE, DE PRODUITS BILIAIRES, MAIS DE LA TAURINE, UNE GRAISSE SOLUBLE DANS L'EAU (ANODONTA ET CARDIUM EDULE), DE LA CRÉATININE (CARDIUM EDULE) ET DE L'URÉE (ANODONTA CYGNEA, A. ANATINA, CARDIUM EDULE ET CYCLAS CORNEUS).

L'étude de la sécrétion bojanienne d'un seul animal, de la *Moule*, ne peut évidemment suffire à qui désire connaître la fonction physiologique de la glande dorsale des Mollusques acéphales. En bornant ainsi le champ de ses recherches, on serait exposé à tomber dans l'erreur commune, à prendre pour le cas général ce qui est particulier à une espèce ou même à un individu, à bâtir, en un mot, une de ces théories auxquelles ne manquent ni les raisonnements ingénieux, ni les apparences mêmes de la vérité, et qui n'attendent, pour être renversées, que des études nouvelles, que des analyses plus nombreuses ou mieux conduites.

J'ai donc entrepris chez d'autres Mollusques des recherches analogues à celles que j'avais poursuivies sur la *Moule* ; mais, à mon grand regret, je n'ai pu l'étendre qu'à quelques espèces différentes. Les recherches de ce genre supposent en effet la possibilité de se procurer en abondance les animaux qu'on étudie. Or, en plus de la *Moule commune*, de l'*Huître comestible* et du *Cardium edule*, il n'y a guère que les *Anodontes* dont il soit possible de se procurer un nombre suffisant d'individus.

On trouvera dans ce chapitre une étude sommaire de la sécrétion bojanienne de l'*Anodonta cygnea* et de l'A. *anatina* dont j'ai pu me procurer quelques centaines d'exemplaires venant de l'étang de Torigny-sur-Vire (Manche) et de la rivière de la Sarthe qui passe à Alençon. J'y joindrai diverses recherches faites sur le *Cardium edule* et sur nombre d'autres Mollusques acéphales dont je n'ai pu me procurer que de rares individus et quelquefois même qu'un seul exemplaire.

Je commencerai l'exposé de ces recherches par celles qui ont eu pour but de trouver de l'acide urique dans l'Organe de Bojanus, parce que, d'après les découvertes qui en ont été faites à plusieurs reprises, on considère généralement ce corps comme l'élément caractéristique de la sécrétion bojanienne des Acéphales. Comme la recherche de cet acide n'exige que peu d'animaux, j'ai pu la faire même chez les Mollusques dont je n'avais qu'un ou deux exemplaires.

Je montrerai ensuite que les *Anodontes* et le *Cardium edule* ne renferment ni acide hippurique, ni guanine, ni produits biliaires, mais seulement de la taurine.

Enfin, pour terminer l'étude de la sécrétion bojanienne de ces Mollusques, je m'occuperai de l'urée qu'elle renferme et dont la présence a été constatée chez les *Anodontes*, le *Cardium edule* et le *Cyclas corneus*.

I. — Recherche de l'acide urique.

J'ai cherché l'acide urique chez :

Ostrea edulis,

Pecten maximus,

Pecten varius,

Pinna verruculatus,

Pectunculus pilosus,
Anodonta cygnea,
Anodonta anatina,
Unio batava,
Cardium edule,
Cardium Pennanti,
Cardium norvegicum,
Cyclas corneus,
Tapes decussata,
Tapes pullastra,
Cytherea chione.
Mactra solida.
Tellina solidula.
Donax anatina,
Solen ensis,
Pholas dactylus,
Pholas candida,
Pandora rostrata.

C'est-à-dire chez vingt-deux espèces différentes appartenant à dix familles distinctes de Mollusques acéphales, les unes pourvues de siphons et les autres n'en ayant pas.

Je n'ai pu trouver de traces d'acide urique ou d'urates chez aucun de ces Mollusques, quel qu'ait été le soin apporté aux analyses ou le nombre des animaux soumis à l'expérience. Et cependant nous avons déjà vu qu'une seule *Hélix aspersa* ou *pomatia* suffit à ce genre de recherche.

Il n'est donc pas vraisemblable que mes résultats soient entachés d'erreur, que la couleur de la murexide ait passé inaperçue à mes yeux, que j'aie confondu une teinte avec une autre. Evidemment aucun de ces Mollusques ne renferme d'acide urique dans ses Sacs de Bojanus.

Si, au lieu de traiter les Glandes par l'acide azotique et l'ammoniaque, on les met digérer en présence de la potasse caustique,

à froid ou à chaud, peu importe, on n'obtient pas davantage de traces d'acide urique quand ensuite on verse dans la liqueur de l'acide chlorhydrique ou de l'acide acétique.

La *Mactra solida* m'a fait voir dans les tissus de sa Glande des cristaux qu'à leur aspect j'ai pris pour des mâcles d'acide urique. Mais j'ai reconnu mon erreur quand je les ai traités par l'acide azotique et l'ammoniaque, car je n'ai point obtenu de murexide. Il serait à craindre que les cristaux observés par le professeur Lacaze-Duthiers ne fussent pas également des cristaux d'acide urique : l'apparence était la même, c'est vrai, mais l'analyse n'en a pas été faite d'une façon suffisante.

On sait que de Babo, en analysant, à la prière de Siebold, les concrétions que ce savant avait retirées de l'Organe de Bojanus d'un *Pectunculus pilosus*, y a découvert de l'acide urique. Voit, qui a eu l'occasion de recommencer l'analyse sur des concrétions extraites des Corps de Bojanus d'un autre *Pectunculus pilosus*, n'en a pas trouvé. Pour moi, étant parvenu à me procurer deux *Pectunculus* vivants, j'ai cherché dans leur Glande l'acide urique ou des urates, et je n'ai rien trouvé. En faut-il conclure que de Babo s'est trompé? certainement non ; car l'admettre, ce serait dire que les concrétions ont toujours chez une même espèce de mollusque la même composition, alors que tout prouve le contraire et que nous voyons des différences physiques et chimiques exister entre des calculs appartenant, non pas à des individus différents d'une même espèce, mais au même mollusque et retirés de la même glande. Je regarde donc comme exacts les résultats des analyses de Babo et de Voit, c'est-à-dire que j'admets que la composition des concrétions, des calculs qu'ils ont étudiés, était différente, quoiqu'ils fussent extraits de l'Organe de Bojanus d'animaux de la même espèce, parce que c'est la seule conclusion qu'on puisse logiquement tirer des travaux de ces chimistes.

Quant à l'analyse que j'ai faite, elle portait sur la Glande elle-même du *Pectunculus* et non sur ses produits pathologiques. Si je

n'ai pas analysé les calculs de ce mollusque, ce n'est pas faute de les avoir cherchés avec soin ; mais les cellules des deux individus que j'ai étudiés ne renfermaient absolument que ces granulations microscopiques qui sont en quelque sorte le caractère distinctif des cellules bojaniennes ; de calculs, de graviers , voire même de sables, il n'y en avait pas trace. J'en ai donc été réduit à chercher l'acide urique ou les urates dans la Glande, et elle n'en renfermait pas. Mon expérience, par conséquent, ne confirme ni n'infirme les recherches de Babo et de Voit.

Il ne semble pas vraisemblable que l'on puisse prétendre que l'absence d'acide urique tient à l'âge du mollusque, à l'état d'activité ou de ralentissement de ses fonctions vitales, au fond qu'il habite. Ces objections seraient dans tous les cas sans fondement pour la *Moule,* chez laquelle j'ai pu poursuivre la série de mes recherches pour ainsi dire mois par mois. Et non seulement l'époque de l'année est sans importance ; mais il en est de même de la taille de l'animal et du lieu où il vit. J'en ai étudié de microscopiques, de moyennes et de très grandes ; j'ai disséqué des *Moules* qui avaient vécu sur des fonds légèrement vaseux, sur du sable et sur le rocher ; j'en ai fait venir de Vierville, de Trouville, d'Isigny et de Granville, et jamais je n'ai trouvé cet acide qu'on dit spécialement sécrété par l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales.

Riche en a pourtant trouvé chez la *Lutraire;* mais ce n'est pas dans la Glande qu'il l'a découvert, c'est dans la poussière qui en sortait quand on ouvrait les Sacs sous l'eau : c'est-à-dire que, comme de Babo, c'est dans un produit pathologique qu'il l'a trouvé. Il serait bien curieux de savoir si toutes les *Lutraires* renferment cette poussière d'acide urique dans leur Organe de Bojanus, et si cela n'est pas, si au moins toutes celles qu'on peut recueillir à Saint-Jacut-la-Mer sont atteintes de cette diathèse urique.

II. — Acide hippurique. — Guanine. — Taurine. — Produits biliaires.

N'ayant pas trouvé d'acide urique, j'ai cherché s'il ne serait pas remplacé dans la sécrétion bojanienne de certains mollusques par l'acide hippurique. Mes analyses ont été faites sur les Organes dissociés de l'*Anodonta cygnea*, de l'*Anodonta anatina* et du *Cardium edule*. J'en ai traité les Glandes de Bojanus par un lait de chaux, puis j'ai sursaturé le liquide filtré par l'acide chlorhydrique. Je n'ai obtenu par cette méthode aucun cristal ayant les formes ou les propriétés de l'acide hippurique.

La découverte de la Guanine chez l'*Anodonte* par Wil et Gorup Besanez, découverte dont la réalité était contestée par Voit, a nécessairement attiré mon attention. A différentes reprises, j'ai essayé d'isoler ce corps en traitant, suivant la méthode ordinaire, les Organes dissociés de plusieurs centaines d'*Anodonta cygnea* ou *anatina*, mais cela a toujours été en vain. J'ai bien obtenu des cristaux, mais c'étaient des aiguilles de taurine et non de la guanine. En effet, les longs cristaux qui s'étaient précipités avaient les formes et la transparence de la taurine, ils en avaient de plus la solubilité dans l'eau, l'insolubilité dans l'alcool et dans l'éther, et enfin la composition, car ils renfermaient du soufre.

Les produits biliaires m'ont longtemps occupé et ont été cause que j'ai fait de bien nombreuses recherches, fort inutilement du reste. A la suite de quelques expériences insuffisantes, quoique conformes aux indications des auteurs, j'ai cru pendant très longtemps que ces corps, acides ou non, existaient chez les Mollusques acéphales. Mais je me suis assuré, en éliminant avec soin les causes d'erreur, notamment l'alcool, l'éther et le chloroforme, qu'au-

cun corps de cette nature n'existe dans l'Organe de Bojanus des *Anodontes*, du *Pecten maximus*, du *P. varius*, du *Cardium edule*, du *C. Pennanti*, du *Tapes decussata*, de la *Cytherae chione*, de la *Mactre*, de la *Telline*, du *Solen* et des *Pholades*. On voit que je les ai cherchés chez presque tous les Mollusques dont j'ai pu disposer. J'ai employé, dans mes recherches, diverses méthodes qu'on trouve indiquées dans tous les Traités de physiologie; et comme je ne trouvais rien, j'ai fini par traiter directement l'Organe de Bojanus que j'étudiais par l'acide azotique nitreux et à la température ordinaire. Des expériences comparatives faites sur la bile de mouton ou de bœuf m'auraient permis de me rendre compte de la valeur et de la succession des teintes que j'aurais dû observer si des principes biliaires avaient existé. Mais je ne suis jamais parvenu à voir autre chose que le coagulum produit par les substances albuminoïdes et la couleur jaune rouge que prend le liquide saturé d'acide xanthoprotéique. La dernière méthode que j'ai employée a sur les autres l'avantage d'être applicable aux corps qui, comme la biliverdine, ne sont pas solubles dans l'eau.

III. — Graisse soluble dans l'eau de l'Anodonte et du Cardium edule. — Créatinine.

La préparation de l'Urée et, en général, de tous les sels qui se trouvent dans la sécrétion bojanienne des Mollusques acéphales est rendue excessivement difficile par la présence d'une graisse soluble dans l'eau, que j'ai déjà signalée à propos de la *Moule*. L'étude que j'en ai faite chez les Mollusques autres que celle-ci est si sommaire que je ne hasarderai rien sur sa composition et sur ses autres propriétés.

Avec le *Cardium edule* et avec les *Anodontes*, j'ai préparé quelquefois des extraits éthérés ou alcooliques ; je n'en ai fait qu'un examen sommaire au microscope, et la seule chose que je puisse

en dire, c'est qu'ils m'ont paru renfermer des aiguilles de stéarine et de margarine, et des cristaux volumineux de créatinine et de créatine.

La créatinine est du reste facile à reconnaître à ses formes cristallines. On l'obtient encore comme produit accessoire quand on prépare l'urée, et c'est ce qui m'a permis d'en faire un dosage approximatif chez le *Cardium*. Ayant en effet préparé l'urée que contenait l'Organe de Bojanus de 417 *Cardium*, j'avais obtenu la créatinine de ces animaux comme résidu insoluble dans l'alcool absolu et froid. J'en ai dissous le quart dans dix centimètres cubes d'eau chaude, et, mettant deux centimètres de la liqueur en présence de l'hypobromite de soude, j'ai obtenu 0,8cc d'azote. Si toute la créatinine avait été décomposée, il y aurait eu 16 centimètres cubes d'azote, c'est-à-dire 0,02g d'azote, ce qui correspond à 0, 054g de créatinine. Un seul *Cardium* en avait quatre cents fois moins ou 0, 00013.

Ce poids est précisément celui qui a été précédemment trouvé pour la créatinine contenue dans l'Organe de Bojanus de la *Moule*. Il n'en faudrait pas conclure que le *Cardium* en élimine autant dans le même espace de temps. L'expérience ne donne à ce sujet aucune indication ; en voir une, serait commettre la même erreur que celui qui, ayant grossièrement détaché les reins d'un chien et d'un chat, par exemple, prétendrait par le dosage de l'urée qu'il y aurait trouvée pouvoir comparer la sécrétion de ces deux animaux. Une seule chose était importante à connaître, c'est à savoir que le *Cardium* élimine de la créatinine. On pouvait, à titre de curiosité, chercher si chaque Glande en renferme peu ou beaucoup ; mais les conditions de l'analyse sont si défectueuses que les causes d'erreur y abondent et qu'il ne faut attribuer aux résultats que l'on obtient aucune importance réelle. Le hasard seul m'a fait trouver le même nombre, et l'unique conclusion à tirer de mon essai de dosage est que le *Cardium*, tout comme la *Moule*, renferme une très petite quantité de créatinine dans sa sécrétion bojanienne.

IV. — Recherche de l'Urée chez l'Anodonte cygnea, l'A. anatina, le Cardium edule et le Cyclas corneus.

Longtemps avant de l'avoir découverte chez la *Moule*, j'avais cherché l'urée dans la sécrétion bojanienne de l'*Anodonta cygnea* et de l'*Anodonta anatina*. J'avais même été assez heureux pour l'obtenir en nature, et j'en avais préparé l'azotate et l'oxalate. Je ne l'avais cependant point reconnue, parce que, comme rien ne ressemble autant aux sels d'urée que certains cristaux d'azotate et d'oxalate de soude ou de potasse, j'avais cru devoir m'assurer que les cristaux que j'observais satisfaisaient à la réaction caractéristique des sels d'urée, c'est-à-dire que j'avais cherché à voir si, chauffés sur une lame de platine, les cristaux disparaissaient sans laisser de traces. On sait que s'il en reste, que si elles sont alcalines surtout, on n'a point affaire à de l'urée, mais à un sel de soude ou de potasse. Or, en chauffant ainsi les cristaux que j'avais préparés, ils ne disparaissaient point entièrement, il restait toujours une tache blanche qui, dissoute dans une goutte d'eau, lui communiquait des propriétés fortement alcalines. Que conclure ? que les cristaux étaient des sels de soude ou de potasse.

Lorsque près d'une année après, pour remplir un programme que je m'étais tracé à l'avance, j'en suis arrivé à chercher s'il existait de l'urée dans la sécrétion bojanienne de la *Moule*, quoique mon espoir d'en trouver fût presque nul, je crus devoir modifier ma méthode d'analyse et j'employai le réactif ordinaire de tous les laboratoires de physiologie, l'hypobromite de soude. J'ai été assez heureux pour obtenir ainsi de l'azote, autrement dit pour constater qu'il existe de l'urée dans la sécrétion de l'Organe de Bojanus de la *Moule* ; alors j'ai repris immédiatement mes premières recherches et je n'ai pas tardé à me convaincre que les taches jadis observées tenaient aux impuretés qui souillaient les cristaux, et qu'en

les choisissant ils disparaissaient entièrement ; qu'enfin traitée par l'hypobromite ou la liqueur de Millon, leur solution fournissait de l'azote, ce que n'ont jamais fait les azotates alcalins. Ainsi le doute n'était plus possible et il était démontré que les cristaux depuis si longtemps préparés étaient bien, comme je l'avais un instant soupçonné, des cristaux d'urée.

On me pardonnera, je l'espère, à cause de l'importance du sujet, ce long exposé de mes hésitations. Peut-être rappellerai-je à quelques-uns combien ils ont eu de peine au début de leurs recherches à caractériser certains principes organiques dont ils n'avaient que des traces et qu'ils ne pouvaient purifier, alors que par surcroît leur aspect et leurs formes cristallines se trouvaient modifiés par la présence de corps étrangers.

Après les *Anodonta*, j'ai étudié le *Cardium édule*, puis enfin, mais succinctement, le *Gyclas corneus*. Je vais commencer par l'*Anodonta cygnea*.

J'ai préparé l'urée de ce mollusque de la façon suivante : j'ai enlevé les Organes de Bojanus de 400 *Anodonta cygnea* environ qu'un ami m'avait envoyées de Torigny-sur-Vire, et je les ai mis au fur et à mesure dans l'alcool à 90°. Après trituration et filtration, j'ai évaporé à consistance de sirop épais, puis repris par l'alcool absolu bouillant. L'alcool, décanté après repos et au bout de vingt-quatre heures, a été chassé au bain-marie, le résidu repris par l'eau et les phosphates éliminés par l'eau de baryte. J'ai filtré, puis précipité l'excès de baryte par un courant d'acide carbonique passant jusqu'à refus, filtré encore une fois et concentré à consistance de sirop. Enfin, mettant dans un endroit frais, j'ai achevé la dessiccation sur l'acide sulfurique.

J'ai obtenu ainsi des cristaux ayant l'aspect de l'urée, et tels qu'on les trouve dessinés dans les atlas de Robin et de Funke. Avec l'acide azotique et l'acide oxalique, ces cristaux m'ont donné des formes identiques à celles de l'azotate et de l'oxalate d'urée ; mais il m'a fallu choisir pour ces expériences les cristaux les plus nets, car ils

sont en général souillés par des matières étrangères. Un de ces mêmes cristaux bien propre, mis sur une lame de platine, disparaît quand on chauffe sans laisser de trace bien sensible. Enfin, par l'hypobromite de soude et par la liqueur de Millon, on obtient avec ces cristaux un dégagement d'azote.

J'ai employé avec le même succès le même moyen pour préparer l'urée de l'*Anodonta anatina* ; cela ne fait donc aucun doute pour moi que les *Anodontes* renferment de l'urée dans leurs Sacs de Bojanus.

Le *Cardium edule*, vulgairement appelé *coque*, m'a également fourni de l'urée. Abandonnant pour la recherche de ce corps la méthode que j'avais précédemment suivie, j'ai recouru, sans avantage du reste, à celle qui est préconisée pour extraire l'urée des muscles des poissons plagiostomes, méthode qui ne diffère de la précédente que par la substitution du sous-acétate de plomb à l'hydrate de baryte, et par conséquent de l'acide sulfhydrique à l'acide carbonique.

Mon expérience a porté, je crois l'avoir déjà dit, sur 417 *Cardium edule* ; j'ai préparé 40^{cc} d'un liquide dont 2^{cc} m'ont fourni $1,8^{cc}$ d'azote. J'en ai conclu que si les 40^{cc} avaient été décomposés, j'aurai obtenu 36^{cc} d'azote, lesquels correspondent à $0,097^{g}$ d'urée, c'est-à-dire qu'un seul *Cardium* avait en moyenne 0,00023 d'urée dans sa Glande. Ce poids est inférieur à celui que des analyses récentes ont assigné pour l'Organe de Bojanus de la *Moule*. Mais j'ai déjà dit que, suivant toute vraisemblance, des comparaisons de ce genre n'avaient ni fondement, ni utilité, et qu'une seule chose, l'existence même de l'urée, avait ici de l'importance.

J'ai voulu voir si le *Cyclas corneus*, qui est assez commun dans les ruisseaux, renferme aussi de l'urée ; mais comme la dissection d'un animal aussi petit m'a paru trop longue, j'ai eu recours à la méthode que j'ai si justement qualifiée de barbare : j'ai trituré les animaux avec leur coquille dans un mortier. J'ai ajouté de l'eau, j'ai filtré, j'ai fait bouillir pour coaguler les substances albuminoï-

des, j'ai filtré encore une fois, et j'ai enfin traité le liquide par l'hypobromite de soude et par la liqueur de Millon. Avec l'un et avec l'autre de ces réactifs, j'ai obtenu de l'azote, d'où j'ai conclu que le *Cyclas corneus* sécrète de l'urée. Mais par où s'élimine-t-elle? — Probablement par l'Organe de Bojanus.

Ainsi, chaque fois que, par le nombre des individus que je pouvais me procurer, il m'a été possible de chercher l'urée dans la sécrétion bojanienne d'un Mollusque acéphale, je l'ai toujours trouvée. C'est là un résultat à opposer au suivant : chaque fois que j'ai cherché l'acide urique dans la sécrétion bojanienne d'un Mollusque acéphale, je ne l'ai jamais trouvé.

CHAPITRE X.

CALCULS BOJANIENS DE LA CYTHEREA CHIONE (de Roscoff).

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ORGANE DE BOJANUS DE LA CYTHÉRÉE. — DISPOSITION, NOMBRE, GROSSEUR, DENSITÉ DES CALCULS. — DIVISION DES CALCULS EN DEUX ESPÈCES, CALCULS AMORPHES ET CALCULS TRANSPARENTS. — ORIGINE ET DÉVELOPPEMENT DES CALCULS AMORPHES. — POURQUOI LES CALCULS SITUÉS SOUS LE MANTEAU SONT PLUS GROS QUE LES CALCULS PLACÉS SUR LES CÔTÉS DE LA GLANDE.

Ce chapitre et le suivant sont consacrés à l'étude d'un mollusque acéphale, la *Cytherea chione*, que la forme de sa coquille avait rangé dans la famille des *Venus*, et qu'un détail d'organisation de la charnière en a récemment séparé.

Assez communes dans la baie de Paimpoul qui est toute parsemée de leurs valves éparses, les *Cythérées* vivent nombreuses dans les petites anses de la côte bretonne qui fait face à l'île de Batz. Là, sous la mince couche d'eau qui recouvre encore la laise de mer au moment des plus basses eaux d'équinoxe, deux trous tracés dans le sable indiquent la présence de la *Cythérée*. Je laisserai le conchyliologiste admirer la beauté, la régularité, la vivacité des couleurs de la coquille que mouille encore l'eau de la mer et que le temps effacera bientôt en partie, et je ne m'occuperai que de l'animal lui-même. Or, quand on écarte les valves d'une *Cythérée*, on remarque immédiatement que l'Organe de Bojanus du mollusque est rempli de calculs dont le nombre, la grosseur et la transparence sont réellement extraordinaires. Nous verrons que leur composition n'est pas moins remarquable et qu'elle diffère de celle de toutes les concrétions étudiées jusqu'à ce jour. Enfin, grâce à leurs dimensions qui

permettent d'en faire des coupes transparentes excessivement minces et larges, ces calculs apportent sur l'origine et sur le mode de développement des concrétions des Mollusques acéphales des renseignements entièrement nouveaux.

Avant d'entreprendre l'exposé des recherches et des théories auxquelles conduit l'étude des calculs de la *Cythérée,* je crois utile de donner une description sommaire de la Glande qui les contient. Pour procéder ainsi, j'ai deux raisons : la première, l'Organe de Bojanus de la *Cythérée* présente quelques particularités histologiques qui n'ont point encore été signalées ; la seconde, sans la connaissance de sa topographie, il serait difficile, sinon impossible, de comprendre comment se forment les calculs, pourquoi ils grandissent, par quel mécanisme ils cheminent lentement au travers des tissus de la Glande, comment il se fait enfin qu'on les rencontre gros et nombreux dans la partie dorsale de l'Organe de Bojanus, petits et rares sur ses côtés.

L'Organe de Bojanus de la *Cythérée* se voit aisément par transparence, sans aucune préparation, au travers du manteau ; mais, pour en suivre exactement les contours, il faut enlever ce dernier et les branchies. On remarque alors que la Glande a la forme d'un cône dont la base forme la paroi verticale du péricarde, tandis que sa pointe s'appuie sur le muscle adducteur postérieur des valves ; qu'elle est placée à la base des branchies et qu'elle est recouverte dans sa partie dorsale par de nombreuses concrétions qui lui forment toit. La minceur des parois du manteau est telle qu'on peut distinguer facilement dans la cavité péricardique les oreillettes et le ventricule traversé par le rectum ; on peut aisément compter les battements du cœur, il y en a 60 par minute.

Quand on ouvre le péricarde, on s'aperçoit que du tissu bojanien en forme le plancher et que les Sacs soudés ensemble le limitent en arrière. Quoique unies intimement dans leur par-

tie antérieure, les deux glandes qui constituent l'Organe de Bojanus de la *Cythérée* n'en sont pas moins distinctes en arrière. Entre elles passent le rectum, l'aorte postérieure et les muscles qui rattachent le pied à la coquille. Quant à la lame mince de tissu glandulaire qui forme le plancher du péricarde, elle finit avec celui-ci.

Si l'on ouvre un Sac, on voit qu'il est creux et qu'à l'intérieur il y a une éminence vasculaire creuse également. Le professeur Lacaze-Duthiers a montré comment ces deux cavités, cavité périphérique et cavité centrale, communiquent entre elles, comment la cavité centrale débouche au-dessous du cœur et en avant sur le plancher du péricarde, et comment l'autre communique avec l'extérieur dans le voisinage du pore génital. Je n'ai pas été assez habile pour découvrir l'orifice par lequel la cavité centrale débouche dans le péricarde; plus heureux avec celui qui met le couloir latéral en communication avec le dehors, j'ai vu qu'il est excessivement fin et situé en dessous de l'orifice génital. Le mamelon qui le porte est à l'angle externe antérieur de la glande, entre le pied et la branchie interne. Il est difficile à apercevoir sur l'animal mort asphyxié ; on peut cependant le rendre quelquefois apparent par une goutte d'alcool versée à l'endroit convenable et qui contracte les tissus. Il est plus certain de pousser une injection au carmin précipité par l'alcool dans le canal périphérique ; on aperçoit alors, quand l'opération réussit, un très mince filet rouge qui jaillit près de la base du pore génital et du côté du pied : c'est là qu'est placé l'orifice externe du Sac de Bojanus.

Quoiqu'il y en ait une de chaque côté, les glandes qui forment l'Organe de Bojanus ne communiquent point entre elles, sinon par l'intermédiaire (?) de la cavité péricardique. Quand on pousse une injection dans un des Sacs, l'autre reste incolore ; mais si la pression est trop grande, les tissus se déchirent, l'autre glande se remplit à son tour, et l'on peut croire qu'il y a une communication qui en réalité n'existe pas.

Les parois latérales des Corps de Bojanus contiennent des concrétions assez volumineuses pour être facilement visibles à l'œil nu ; dans la partie dorsale, les calculs sont si gros et si nombreux qu'ils ne laissent plus apercevoir le tissu brun de la Glande. Leur masse forme un véritable dallage qui déborde latéralement et antérieurement les Sacs de Bojanus et recouvre partiellement la cavité péricardique. Sur l'animal vu de dos, l'orifice buccal en haut, les concrétions qui font hernie dans le manteau, affectent la forme d'un triangle dont le sommet situé en bas s'appuie sur le muscle adducteur postérieur des valves ; la base sur le péricarde et dont la hauteur est donnée par la suture dorsale entièrement dépourvue de cristaux. Tous ces détails se voient facilement sur l'animal vivant, mais on peut les observer tout aussi bien sur des *Cythérées* rendues transparentes par une longue immersion dans l'essence de girofle, après déshydratation préalable par l'alcool absolu ou par imprégnation des tissus par la gélatine glycérinée. Dans le premier cas l'animal a pris une couleur rougeâtre, dans le second il est devenu transparent et incolore, son Organe de Bojanus a perdu sa couleur brune, mais les calculs, devenus blancs comme du lait, laissent voir leur mode de groupement avec une excessive netteté.

La figure 13, Pl. II, représente une coupe perpendiculaire au Sac gauche de l'Organe de Bojanus d'une très petite *Cythérée* : on l'a pratiquée vers le milieu de la hauteur de la Glande, et sa partie supérieure eût été surmontée par de gros calculs, si l'impossibilité d'en faire des coupes au microtôme n'avait forcé de les enlever au préalable. On voit qu'il est resté néanmoins quelques concrétions relativement volumineuses dans les parois laltérale et inférieure du sac, mais qu'il n'y en a pas dans la partie centrale, qui en est constamment dépourvue. On aperçoit bien dans quelques cellules plus grandes de la partie centrale des amas solides formés par de fins corpuscules, mais ceux-ci sont toujours de dimensions microscopiques, et jamais on ne les voit atteindre la taille des calculs superficiels de la Glande.

On reconnaît aisément sur une coupe de la cavité centrale (Pl. II, fig 14) le tissu glandulaire des histologistes. Les acini sont formés d'amas de cellules volumineuses à gros noyaux souvent polynucléolés. Quelques cellules plus grosses que leurs voisines renferment des concrétions que l'on ne voit pas augmenter par la suite, comme c'est le cas pour les calculs qui proviennent de la matière protoplasmatique des cellules bojaniennes qui tapissent le canal périphérique de la Glande. A la surface intérieure de la cavité centrale, les cellules sont cylindriques : sur la coupe on pourrait les croire caliciformes, mais l'aspect qu'elles y prennent est dû à la déshydratation des tissus. En effet, sur un lambeau frais de l'Organe, toutes les cellules épithéliales sont sphériques à leur surface et armées d'un long cil vibratile unique dont les mouvements rythmés sont faciles à observer avec un fort grossissement. Le cil forme une double boucle et se détend comme un fouet. Ainsi les cellules ne sont pas caliciformes, et la cupule qu'elles semblent présenter est produite par la contraction de la matière protoplasmatique intérieure sous l'influence prolongée des réactifs qui ont d'autre part agglutiné la substance muqueuse superficielle à ces cellules.

Les observations faites sur le vivant montrent que les cellules épithéliales ont un protoplasma fortement granuleux, qui tranche nettement sur celui beaucoup plus clair des cellules profondes dont le noyau est difficilement visible. Mais pour voir que telle est bien la nature de la surface de la poche centrale de d'Organe de Bojanus, il est indispensable de faire une observation très attentive, car, au moindre glissement, les cellules épithéliales se déplacent, et vues au milieu de celles des couches sous-jacentes, font penser à un revêtement formé de cellules sphériques au milieu desquelles plusieurs, irrégulièrement disposées, mais de couleur plus foncée, seraient seules armées d'un cil dont les mouvements persistent longtemps encore après que le lambeau qu'on examine a été enlevé à la paroi de la Glande.

Ce sont les cellules bojaniennes qui tapissent la cavité périphé-

rique et le tissu conjontif qui leur sert de support qui nous intéresseront le plus chez la *Cythérée*. C'est en effet le protoplasma des cellules bojaniennes du canal périphérique qui donne naissance aux calculs si curieux de la *Cythérée*; et lorsque plus tard ils sont devenus quelquefois énormes, c'est dans le tissu conjonctif qu'on les trouve enkystés.

Une fois dissociées, et c'est là chose facile à obtenir, les cellules bojaniennes de la poche périphérique sont absolument sphériques, transparentes et presque incolores, quelques-unes même le sont complètement. Leur noyau est très difficilement visible alors même qu'il n'existe pas de concrétions pour le cacher.

La transparence du noyau des cellules bojaniennes est tellement grande et sa réfrangibilité si comparable à celle du protoplasma, il fait si difficilement élection de matière colorante qu'il n'y a guère que le carmin de Grenacher qui permette de l'apercevoir facilement. On remarque alors qu'il est assez petit, qu'il a d'ordinaire un nucléole, mais qu'il arrive aussi qu'il en a plusieurs ;qu'enfin il est excentrique. La majeure partie de la cellule est en effet occupée généralement par une sphère liquide, transparente, qui ne laisse au protoplasma qu'un espace souvent très restreint.

Les divers aspects sous lesquels se présentent les cellules sécrétantes du canal périphérique sont les suivantes : il y a :

1° Des cellules absolument incolores, transparentes, formées probablement par des gouttes d'huile.

2° Des cellules à noyau invisible sans l'action des réactifs, presque entièrement remplies par une sphère liquide, incolore.

3° Des cellules semblables aux précédentes, mais chez lesquelles la sphère incolore ou les vacuoles incolores présentent des granulations :

a éparses,

b réunies en groupes distincts et multiples,

c en un seul groupe.

Pour quelle cause naturelle ou pathologique ces granulations

prennent-elles naissance dans certaines cellules et pas dans d'autres, c'est ce que je ne me charge pas d'expliquer, mais toujours est-il qu'on voit :

4° Des cellules dont l'amas cristallin remplit la cavité presque entière. La substance protoplasmatique a disparu, seule une zone claire formée par l'humeur cellulaire sépare encore le calcul des parois de la cellule.

A un degré plus avancé de développement des calculs correspondent :

5° Des cellules qui renferment chacune un calcul et qui communiquent entre elles grâce à la disparition de la portion de paroi qui leur était commune. Dans ce cas, les zones claires des deux cellules se confondent et entourent les deux concrétions, qui ne tardent pas à en faire une seule.

Enfin, par suite du grossissement continu du calcul, les cellules se trouvent réduites à leur paroi, ou plutôt à ce qui en reste, et si celle-ci n'est point emprisonnée par les calculs voisins quand ils se soudent, la désorganisation s'achève, et bientôt il ne reste plus rien des cellules qui ont contenu les calculs élémentaires, origines de la concrétion volumineuse que l'on voit incluse dans un méat intercellulaire.

En résumé :

1° Les Corps de Bojanus de la *Cythérée* sont disposés comme ceux des mollusques qui appartiennent à la famille des *Vénus*.

2° Les cellules bojaniennes de la cavité centrale sont seules ciliées, et elles ne renferment que des granulations microscopiques.

3° Les cellules du canal périphérique, non ciliées, renferment au contraire des calculs qui peuvent devenir assez gros pour les remplir entièrement.

On peut trouver des cellules bojaniennes à tous les états intermédiaires, depuis celles qui sont entièrement vides et sans noyau

jusqu'à celles qui sont en voie de disparition par suite de l'accroissement illimité du calcul auquel elles ont donné naissance.

D'après ce qui précède, on voit que nombre de calculs de la *Cythérée* sont, comme ceux de la *Moule*, formés de plusieurs calculs élémentaires soudés entre eux, chacun d'eux étant d'ailleurs lui-même constitué de granules presque invisibles. Beaucoup de ces concrétions restent microscopiques, mais il y en a toujours un certain nombre qui grandissent assez pour devenir visibles à l'œil et même pour former des masses aussi grosses qu'un petit pois.

Les concrétions que l'on voit sur les parois latérales de l'Organe de Bojanus ont déjà des dimensions beaucoup plus grandes que celles des cellules bojaniennes ; mais c'est dans la partie dorsale de la Glande qu'elles atteignent la taille la plus grande. J'en donnerai plus loin la raison, en ce moment il me suffit de remarquer que les calculs de cette partie supérieure de l'Organe de Bojanus, devenus énormes, sont pressés les uns contre les autres au point d'en être presque juxtaposés à la manière des murs cyclopéens. Les plus gros font hernie sous le manteau qui en est tout bossué et dans lequel on les croirait volontiers inclus. Il n'en est rien pourtant, ou du moins, si quelques-uns le pénètrent, il n'en faudrait pas conclure qu'ils y ont pris naissance et sont par conséquent des productions palléales. Les concrétions qui se forment dans les veines du manteau n'ont ni leur composition, ni leur action sur la lumière polarisée.

Certains de ces calculs sont d'une transparence parfaite, d'autres sont simplement translucides, d'autres opaques et alors généralement blancs comme du lait. Mais il y en a aussi qui, étant opaques, sont de la couleur du café au lait ou même brun marron foncé. Il y a des calculs qui sont partiellement transparents et opaques, une extrémité, par exemple, ressemblant au cristal le plus pur et l'autre à la porcelaine blanche. Les calculs que la lumière traverse sont souvent incolores, mais ils peuvent être légèrement ambrés ou

opalescents Enfin, quelle que soit leur transparence, les calculs la perdent quand on les déshydrate ; la dessiccation à l'air libre, dans l'alcool ou la glycérine leur donne à la longue l'opacité et la couleur blanche de la porcelaine. Nous avons vu comment on peut mettre cette propriété à profit pour juger de la disposition des calculs en les rendant opaques pendant que l'animal devient transparent grâce à une longue immersion dans l'essence de girofle ou à l'imprégnation de ses tissus par la gélatine glycérinée.

Les calculs de la *Cythérée* sont assez durs, ils raient le gypse, mais sont rayés par le carbonate de chaux. Leur cassure est souvent conchoïde : on peut les réduire en poudre fine. Ils sont insolubles dans l'eau douce et salée. Enfin leur densité déterminée au moyen d'un grand nombre d'entre eux pris au hasard est 2,135.

Un seul animal, en ne comptant, bien entendu, que les gros calculs, en renferme souvent plus de 150 et rarement moins de 20. Mais si l'on voulait compter tous ceux qu'on voit au microscope, le nombre en serait bien plus grand. Et même, là où, à cause de leur transparence et de leur petitesse extrême, on n'en peut distinguer dans la lumière ordinaire, il suffit de faire intervenir la lumière polarisée pour en découvrir des centaines à l'état de sédiments impalpables : ce sont alors autant de points brillants au milieu du champ noir du microscope.

Il y a des calculs qui ont $3^{mm},5$ et même plus de diamètre ; un d'entre eux avait ainsi le quinzième de la longueur totale de l'animal mesuré de l'orifice buccal à l'extrémité rétractée des siphons.

Trois Cythérées qui pesaient 4^{g}, 535, 14^{g}, 815 et 13^{g}, 475 ont fourni respectivement 0^{g}, 055, 0^{g}, 115 et 0^{g}, 205 de concrétions, soit environ $\frac{1}{127}$ $\frac{1}{196}$ et $\frac{1}{67}$ de leur poids total.

Le poids des calculs est nécessairement très variable, il est compris entre quelques dixièmes de milligramme et cinq milligrammes environ, le poids moyen étant habituellement peu supérieur à à 0^g, 001.

Il y a des calculs dont la surface est lisse, mais il y en a d'autres chez lesquels elle est entièrement recouverte de cristaux faciles à reconnaître pour des octaèdres (pl. III, fig. 15 *bis*). Certains sont volumineux, c'est du phosphate ammoniaco-magnésien qui les constitue ; mais il y en a aussi quelquefois d'autres qui sont moins gros et de forme plus allongée : ce sont alors des octaèdres d'oxalate de chaux.

A ces deux aspects différents de la surface des concrétions, surface lisse ou hérissée de pointes cristallines, correspondent deux espèces également différentes de calculs. La première comprend des calculs amorphes, l'autre des calculs cristallins. Mais on se tromperait si l'on croyait que les premiers ne renferment jamais de cristaux et que les seconds ne renferment point de ciment amorphe intercalé entre les cristaux. Et puis il y a des calculs qui sont amorphes par un bout et cristallins par l'autre extrémité. En général, les calculs amorphes sont lisses, blancs et alors laiteux, ou colorés en brun et opaques. Les calculs cristallins ont la surface hérissée de pointes, ils sont visiblement formés de cristaux et sont généralement incolores ou légèrement ambrés et toujours transparents.

On trouve presque toujours chez le même animal des calculs amorphes laiteux et opaques, en même temps que des calculs cristallins. Ainsi quelquefois, à côté d'une concrétion qui est transparente comme un grain de quartz hyalin, on en voit une ou deux autres qui sont blanches ou même couleur café au lait. Il est assez rare que les calculs étant presque tous opaques et bruns, on en trouve au milieu d'eux qui soient transparents ; mais ce cas se rencontre néanmoins. Toutes ces remarques sont d'ailleurs importantes, car,

ainsi qu'on va le voir, l'origine et la composition chimique diffèrent suivant que le calcul est amorphe ou cristallin.

Sur la coupe de l'Organe de Bojanus d'une *Cythérée* encore jeune que j'ai figurée pl. II, fig. 13, on voit des concrétions que le rasoir a coupées. Elles sont formées de couches superposées, et quoique encore microscopiques, certaines ont cependant déjà des dimensions qui dépassent celles de plusieurs cellules bojaniennes réunies. A côté de ces calculs se trouvent des débris qui proviennent de cristaux que le rasoir a brisés, aussi la coupe ne peut-elle nous instruire sur la constitution physique des calculs auxquels ces fragments informes ont appartenu. Ces calculs étaient de ceux que nous avons appelés calculs cristallins, les autres que le rasoir a coupés sont des calculs amorphes.

La coupe et l'observation des cellules bojaniennes du canal périphérique vont nous expliquer l'origine et le mode de développement de ces derniers. Que voit-on en effet sur la coupe? qu'un calcul amorphe type est formé d'une matière sans texture cristalline disposée par couches parallèles, alternativement claires et sombres. On y observe que cet état, presque idéal, se complique le plus souvent, que plusieurs calculs se soudent d'ordinaire entre eux, et que la concrétion ainsi formée s'entoure, elle aussi, de nouveaux dépôts reconnaissables à leurs zones alternativement claires et sombres indéfiniment répétées.

Voilà ce qu'apprend la coupe, voici maintenant ce que montrent les cellules bojaniennes du couloir périphérique. Elles font voir que les calculs ne prennent pas naissance dans la substance protoplasmatique elle-même, mais que, suivant une genèse identique à celle qu'on observe lors de l'apparition des dépôts minéraux chez les végétaux, c'est dans les sphères claires que j'ai signalées dans les cellules bojaniennes, qu'ils apparaissent pour la première fois, et cela sous la forme de granulations disséminées et excessivement petites.

Arrivée à une certaine période de son développement, la cellule bojanienne se remplit de vacuoles qui contiennent un liquide clair,

que l'on appellerait le suc cellulaire si la cellule était végétale, que nous désignerons sous le nom d'humeur de la cellule, et qui est un des éléments de la sécrétion bojanienne proprement dite aperçue à l'origine même de sa formation. Le protoplasma qui entoure les sphères liquides forme tout au travers de la cellule de minces membranes qui, comme des sortes de ponts, permettent pendant un temps encore le transport des granules protoplasmatiques et les échanges nutritifs dans tous les points de la substance vivante. Mais bientôt, la sécrétion cellulaire augmentant, les enveloppes des sphères disparaissent ; il n'y a plus qu'une sphère unique, et le protoplasma refoulé ne forme plus qu'une mince couche qui tapisse les parois de la cellule. Il semble que cet état n'est lui-même que passager, que la sphère liquide augmente toujours aux dépens du protoplasme qui disparaît à la fin. Alors la cellule, morte désormais, n'attend plus pour se déchirer et disparaître que l'action des forces osmotiques qui, en diluant l'humeur qui la remplit, en augmenteront le volume, la forceront par conséquent à se rompre et à répandre le liquide excrémentitiel qu'elle contient.

Mais si telle est la suite des phénomènes qui accompagnent le développement et la mort de beaucoup de cellules bojaniennes, il en est d'autres chez lesquelles elle se complique par l'apparition de produits solides au milieu des vacuoles liquides. Dans certaines cellules, on voit en effet des granules excessivement fins dans les vacuoles remplis de liquide : d'abord épars, puis réunis en groupes divers, ces granules finissent le plus souvent par ne plus former qu'une seule masse sphérique entourée par la sécrétion cellulaire.

Il n'est pas douteux que les granules des vacuoles ne sont point de même nature que les fins corpuscules que l'on sait toujours exister dans la substance protoplasmatique des cellules. Seules les cellules qui les renferment contiendront par la suite un ou plusieurs de ces calculs qui sont si communs dans l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales. Toute cellule dont les vacuoles ne renferment que la sécrétion limpide propre à la Glande est une cellule

saine qui aurait parcouru dans les conditions ordinaires les phases successives de son évolution et n'aurait laissé après elle ni graviers, ni concrétions.

On doit se demander pourquoi les granules, d'abord disséminés dans l'humeur de la cellule, finissent par se réunir, et quelle est la cause de la forme sphérique qu'affectent toujours leurs amas.

Je crois qu'il est facile de répondre à ces questions. La matière, quoiqu'elle soit inerte, attire la matière, et cette attraction qui au travers des espaces infinis maintient les astres dans leur orbite, sur la terre où nous vivons donne aux corps qui nous entourent leur forme et leur solidité. Soustraits aux actions de la pesanteur par le liquide où ils flottent, libres de céder à leurs attractions mutuelles, les granules se groupent donc fatalement et, comme tous les corps placés dans les mêmes conditions dynamiques, leurs amas prennent la forme de sphères. Enfin, comme si ces causes ne suffisaient pas pour tout expliquer, on pourra ajouter que les mâcles ne prennent naissance que dans des cellules en voie de dégénérescence et que les débris organiques qui nagent dans l'humeur cellulaire doivent être pour les granules autant de parois flottantes autour desquelles elles s'assemblent. Les détritus organiques sont ordinairement noirs, dira-t-on, le centre des calculs devrait être noir, il est blanc quelquefois ; mais qui pourrait se vanter de couper par son centre de pareils calculs ?

Ainsi le calcul initial, le nucléus, si l'on veut, doit son origine aux groupements que les granules des vacuoles, sous l'action de l'attraction moléculaire, effectuent nécessairement tôt ou tard, ou bien encore il la doit à la présence de quelque débris cellulaire qui a servi de paroi à ces mêmes granules. Mais, quelle que soit son origine, il est rare qu'il en reste là ; généralement il grossit par la juxtaposition de nouveaux dépôts, les uns foncés, les autres clairs, disposés par couches alternatives et superposées (fig. 16).

Avec un grossissement suffisant, on voit que la couleur des zo-

nes foncées provient de points noirs excessivement petits, qui sont disséminés au milieu de la masse amorphe et blanchâtre formée par la substance minérale du calcul. Ces points sont d'origine organique, car ils disparaissent quand on calcine le calcul : c'est la cellule qui les produit en se désagrégeant. On peut admettre qu'ils se sont déposés trop vite pour servir de paroi aux particules minérales ou que la mâcle déjà formée a, par son attraction propre, annulé celle que ces détritus organiques pouvaient exercer sur les fins granules de phosphate de chaux. Toujours est-il que là où ils abondent, la couche est noire, là où ils sont rares, blanche ou légèrement teintée, car il y a toujours de ces points noirs même dans les zones les plus claires et qu'on en pourrait croire totalement dépourvues.

A force de grandir, le calcul finit par remplir presque enentier la cellule ; alors la sécrétion cellulaire fortement comprimée distend les parois : c'est elle qui forme la zone claire liquide qui existe autour de certaines concrétions. Mais cette phase de l'évolution des calculs n'est que transitoire, parce que la cellule voisine est le siège de phénomènes analogues, et que la paroi qui est commune aux deux cellules, pressée dans tous les sens, cesse de se nourrir, meurt et se désagrège. Les liquides cellulaires se confondent, les calculs en contact se soudent, et, de nouveaux dépôts survenant, la concrétion prend la forme si connue des *dum bell* ou haltères. Cette disposition, elle aussi, disparaît bientôt, parce que les causes qui ont déterminé la soudure des deux premiers calculs auront vite fait d'agréger à leur masse de nouveaux calculs élémentaires, et que la concrétion résultant de leur union, déjà bien des fois plus grosse qu'une cellule bojanienne, finira par se souder elle-même à quelque autre concrétion voisine. Alors on pourra trouver à l'intérieur du calcul des lambeaux de parois, voire même des cellules bojaniennes entières que les concrétions ont emprisonnées en se juxtaposant, et qui, désormais à l'abri de la destruction organique,

pourront être observées telles qu'elles étaient au moment où elles ont été enveloppées.

Cette manière de concevoir le développement des calculs de la *Cythérée* trouve une confirmation dans l'expérience suivante qui réussit presque toujours. Au fond d'une lame creuse, on met un calcul et on le recouvre d'une lamelle, dont, pour plus de précaution, on lute deux bords seulement. On introduit ensuite dans la cellule de l'acide chlorhydrique, et le calcul disparaît en produisant une très légère effervescence. On dispose alors deux fils qui viennent au contact de la lamelle : l'un, servant de siphon, amène de l'eau distillée contenue dans un verre ; l'autre, qui pend, sert de canal au trop-plein de la cellule. Au bout de 24 heures, l'eau qui s'écoule est pure, et en regardant avec une loupe, on n'aperçoit rien sous la lamelle. Mais si l'on substitue le picrocarmin à l'eau et si on lave de nouveau, on distingue enfin une fine dentelle rouge reproduisant les contours des calculs élémentaires qui, en s'agrégeant, ont formé la concrétion disparue. Cette dentelle est formée par ce qui reste des parois des cellules-mères et par des débris de tissu conjonctif qui se sont trouvés également inclus quand les calculs se sont soudés.

J'ai dit que l'expérience réussit presque toujours, parce qu'il est rare qu'un calcul donné n'ait point une origine multiple ; mais il s'en trouve de gros, de très gros même, qui n'ont jamais augmenté que par une succession ininterrompue de dépôts qui se sont superposés sans qu'un calcul voisin soit jamais soudé à eux. Ce cas s'est nécessairement produit toutes les fois qu'une concrétion a pris naissance dans une cellule qui seule, entourée de cellules restées saines, était atteinte de la dégénérescence calculeuse.

Il ne faudrait pas croire que l'épaisseur des zones sombres et claires des calculs amorphes soit exactement la même; on se tromperait même si l'on pensait qu'elles correspondent à des dépôts de

nature différente. En réalité, le calcul est formé d'une substance minérale fondamentale partout la même, au milieu de laquelle on ne distinguerait aucune apparence de couches superposées, si à certaines époques de sa formation ne s'étaient déposés des détritus organiques en plus ou moins grande abondance. Dès lors on conçoit que la limite des zones sombres et claires ne doit pas être nettement tracée, ces dernières n'étant, en réalité, que des apparences auxquelles ne correspond aucune formation différente de celle qui la précède ou la suit.

On remarque souvent que la couche superficielle d'un calcul amorphe n'est pas pigmentée ; cela peut tenir à un changement dans la nature de la sécrétion ou à un déplacement du calcul qui, ayant quitté les couches profondes de la Glande, est venu se loger dans le tissu conjonctif superficiel au milieu duquel on l'a trouvé. On conçoit en effet que ce tissu, qui est résistant, élastique, et dont les fibres s'écartent facilement pour faire place à des concrétions déjà fort grosses, se désorganise difficilement ; et si la décomposition se produit, ce n'est qu'en certains points relativement peu nombreux où la concrétion frotte contre sa paroi organique. Dans ces conditions, il y a peu de débris en suspension dans le liquide qui baigne le calcul ; il ne s'en déposera donc presque pas, et les couches minérales qui se forment ne seront, pour ainsi dire, pas pigmentées. Placés d'ailleurs au milieu d'un tissu lâche, sans cesse drainé par l'eau et par le sang, les débris, plus légers que les sédiments phosphatés, doivent être plus facilement entraînés que ces derniers, et l'on peut admettre qu'ils ont cessé de se déposer sur le calcul quand les granules inorganiques continuent encore à le recouvrir de leurs fines aiguilles cristallines.

On voit aussi des calculs qui sont amorphes à l'intérieur et cristallins à la surface. Cela peut tenir à des changements survenus dans la sécrétion, changements qui ailleurs ont amené la forma-

tion de calculs purement cristallins ; mais cela peut encore provenir d'une autre cause et qui est celle qui produit les apparences si curieuses que présentent certains calculs amorphes quand on les regarde dans la lumière polarisée.

On taille facilement en lames minces les calculs de la *Cythérée ;* or ; quand on les regarde dans la lumière polarisée, on voit, au milieu de la masse fondamentale amorphe, des cristaux très petits, très brillants, non placés au hasard, mais disposés en traînées lumineuses, qui partent du centre suivant la direction des rayons. Quelques calculs présentent même de ces cristaux brillants et vivement colorés, qui, assemblés en grand nombre, se sont disposés en éventail à partir du centre. On se rend compte de cette disposition par la fig. 16 *bis* de la pl. III : en voici maintenant la cause.

Le liquide sanguin qui traverse l'Organe de Bojanus de la *Cythérée*, le séro-chyme, c'est le nom que Milne Edwards lui donne chez les invertébrés, renferme du phosphate basique de chaux en plus ou moins grande quantité, et des traces de phosphate ammoniaco-magnésien ou phosphate triple. Le premier de ces corps emprunté par la cellule vivante au liquide qui la baigne, se dépose, quand il est trop abondant, dans l'humeur des vacuoles, et, suivant un mécanisme qui nous est connu, y forme le nucléus de la concrétion future. Mais en même temps, par suite de l'échange moléculaire dont la substance protoplamastique de la cellule est le siège, le phosphate triple devenu saturant également se dépose. Ses cristaux, précipités primitivement au hasard, à la surface de la concrétion phosphatique amorphe, sans lien aucun qui les unisse, forment ces couches discontinues que le microscope nous révèle au centre de la préparation. Et il en serait toujours ainsi, toujours les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien se disposeraient au hasard si le phosphate de chaux les recouvrait entièrement avant toute nouvelle saturation de l'humeur cellulaire, c'est-à-dire avant la précipitation de nouveaux cristaux de phosphate triple. Mais si cela n'est pas, si les pointes de quelques prismes émergent au mi-

lieu de la pâte amorphe qui les entoure, alors le phénomène devient régulier, je dis même mathématique, dans sa production, parce que chaque pointe qui sort est un centre d'attraction et que les nouveaux cristaux se groupent nécessairement autour d'elle. Et par la continuité des mêmes causes agissantes, les cristaux, en se groupant au-dessus les uns des autres, forment à la longue ces files linéaires qui traversent comme des rayons lumineux les calculs amorphes. Mais il peut aussi se faire, et ce cas arrive fréquemment, que plusieurs cristaux se disposent autour d'une pointe unique ; le nombre va alors en augmentant à mesure qu'ils sont plus éloignés du centre, suivant la loi ordinaire des progressions géométriques, et il en résulte une disposition en éventail. Les cristaux de phosphate ammoniaco-magnesien formeront ainsi sur la coupe un triangle dont la pointe sera le cristal, situé du côté du milieu, et qui est le centre primitif d'attraction ; mais, sur le calcul lui-même, les cristaux de phosphate triple constitueront en réalité des cônes dont la pointe est tournée vers l'intérieur et la base du côté de la surface de la concrétion, si même elle ne concourt pas à la former.

Lorsque toutes les bases de ces cônes se touchent, le calcul paraît correspondre à une période de temps pendant laquelle la sécrétion a été différente de celle qui a donné naissance au noyau de la concrétion ; mais ce n'est là qu'une apparence, et l'on voit immédiatement qu'à l'époque même où se formaient ces dépôts cristallins, pouvaient s'en produire d'autres complètement amorphes, soit dans des cellules voisines, soit dans le même méat intercellulaire. Et c'est ainsi qu'il n'est point besoin d'admettre que les sécrétions sont différentes dans les cellules qui se touchent, parce que les produits ne sont pas les mêmes ; il suffit que le premier granule déposé soit d'une nature plutôt que d'une autre pour que les dépôts qui se formeront soient amorphes ou cristallins.

Jusqu'ici j'ai parlé des concrétions de la *Cythérée* comme si elles

restaient toujours à l'intérieur de la cavité que forment en se détruisant les cellules mères des calculs élémentaires qui les constituent ; mais le lecteur a compris qu'à partir du moment où leur taille a dépassé une limite rapidement atteinte, c'est en dehors des cellules bojaniennes, dans le tissu conjonctif sous-jacent que se trouve le calcul. Il n'en continue pas moins à grossir grâce à la juxtaposition des éléments minéraux qu'il puise dans le sérochyme qui penètre de toutes parts l'Organe de Bojanus, et, suivant toute vraisemblance, cette augmentation continue tant que dure la vie du mollusque. Dès lors, les calculs les plus anciennement formés doivent être les plus gros, parce que ce sont eux que les dépôts recouvrent depuis le plus de temps ; ce doivent être aussi les plus rapprochés de la surface, parce que les calculs sont vraisemblablement sans cesse poussés vers elle par une sorte de *vis a tergo*. Les calculs en effet ne détruisent évidemment que les cellules dont ils gênent la nutrition ; or ces cellules ne peuvent se trouver qu'entre eux et la surface corticale dure de la Glande, non vers l'intérieur, où le canal périphérique permet aux cellules de prendre le développement qu'elles sont susceptibles d'acquérir. Les concrétions cheminent donc lentement, mais sûrement, vers la surface de l'Organe de Bojanus. Si elles arrivent à la paroi latérale peu épaisse, elles la déchirent et tombent dans le courant anal qui les emporte ; si au contraire elles arrivent sous le manteau, celui-ci, plus résistant, s'oppose à leur sortie hors du corps de l'animal ; alors elles grossissent indéfiniment et forment le revêtement en mosaïque si étrange que l'on voit aussitôt qu'on écarte les valves d'une *Cythérée*. Ainsi se trouve expliquée d'une façon simple la différence de taille que l'on remarque entre les calculs qui sont placés dans la partie dorsale de la Glande et ceux que l'on trouve disséminés dans ses flancs.

CHAPITRE XI.

CALCULS BOJANIENS DE LA CYTHEREA CHIONE (*de Roscoff*).

(*Suite et fin.*)

CALCULS CRISTALLINS. — LEUR ORIGINE. — EXPLICATION DES PHÉNOMÈNES OPTIQUES QUE PRÉSENTENT LEURS LAMES MINCES.

CARACTÈRES DISTINCTIFS DES CALCULS AMORPHES ET DES CALCULS CRISTALLINS.

COMPOSITION CHIMIQUE DES CALCULS. — ELLE VARIE D'UN CALCUL A UN AUTRE.

PERLES DE LA CYTHÉRÉE.

COMPARAISON DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DES PERLES ET DE LA COQUILLE AVEC CELLE DES CALCULS DE L'ORGANE DE BOJANUS.

Après avoir, dès le début de cette étude des calculs de la *Cythérée*, distingué des calculs amorphes et des calculs cristallins, j'ai longuement exposé, dans le chapitre qui précède, l'origine et le mode de développement des premiers ; il me reste à parler des seconds.

Les calculs cristallins sont transparents, incolores ou légèrement ambrés ; il y en a de microscopiques, ce sont ceux que l'on voit dans le champ noir du microscope quand on croise les Nicols ; mais ils peuvent atteindre et dépasser la taille des calculs amorphes les plus gros. Leur surface est hérissée de pointes qui appartiennent à des octaèdres, parmi lesquels on peut parfois reconnaître des cristaux d'oxalate de chaux à leur forme allongée. Mais il y a aussi de ces calculs qui sont seulement recouverts de fins granules plus ou moins transparents et dont la surface est simplement mamelonnée.

Il n'est pas rare d'apercevoir, par transparence, des cellules

bojaniennes qui se sont trouvées incluses dans la masse du calcul (fig. 15 *bis*, Pl. III).

Certaines de ces cellules sont encore assez bien conservées pour qu'il soit possible de les colorer au picrocarmin afin de les étudier ; mais d'ordinaire elles sont remplies d'un pigment noir qui résulte de leur décomposition.

Nous avons vu précédemment que les calculs amorphes présentent le même phénomène d'inclusion ; mais, à cause de leur manque de transparence, on ne peut voir les cellules emprisonnées qu'en pratiquant des coupes ou encore en recourant à l'artifice que j'ai indiqué à la page 121.

Malgré leur limpidité, on se ferait difficilement une idée exacte de la nature des calculs transparents, si l'on ne recourait à l'examen des lames minces qu'on en peut faire. Sur celles-ci (fig. 17), on ne voit plus ces zones brunes concentriques, alternativement plus sombres et plus claires, qui sont l'élément caractéristique des calculs amorphes, mais de nombreux cristaux, généralement taillés en losange (*p*), empâtés dans une masse translucide qu'on pourrait croire amorphe, mais qui ne l'est pas, ainsi que le montrent ses propriétés optiques. On devine facilement sur ces préparations les contours des cellules qui contenaient les calculs élémentaires dont l'agrégation a formé le calcul qu'on étudie aux lignes sombres (*l*) qu'on aperçoit en certains points de la coupe. Ces lignes sont d'ailleurs caractérisées par un revêtement de fins granules à zones très pâles concentriques. Enfin, des traits sombres indiquent aussi les contours des lacunes (*l'*) que les calculs en se soudant n'ont point comblées, et qu'aucun liquide ne semble avoir remplies, car on ne voit par transparence rien qui ressemble à une inclusion de liquide quand on regarde un calcul entier et bien transparent.

La masse translucide intercalée entre les cristaux, vue par transparence, est toute parsemée de zones très pâles (*m*), disposées

circulairement autour d'un très grand nombre de points également très pâles et difficiles à définir.

La chimie nous montrera que les gros cristaux (*p*) sont des prismes de phosphate ammoniaco-magnésien, et que divers phosphates, parmi lesquels le phosphate tribasique de chaux est celui qui est le plus abondamment répandu, entrent dans la composition du ciment intercalaire. Ces notions sur la composition des calculs sont dès maintenant nécessaires pour comprendre ce qui va suivre.

Dans la lumière diffuse, on pourrait confondre un calcul de l'Organe de Bojanus avec une perle du manteau, si l'on n'apportait point à l'observation une attention suffisante ; mais dans la lumière polarisée toute confusion serait impossible. La perle donne lieu au phénomène de polarisation lamellaire qui se traduit par une croix noire nettement tracée à partir de son centre (voir fig 19, pl. III) ; le calcul se montre parsemé de cristaux irisés des plus vives couleurs, tandis que le ciment qui les unit est lui-même constellé de petites croix noires peuvisibles, sur l'origine desquelles je me réserve de revenir dans un instant (fig. 18 et 20).

On remarque que les cristaux irisés n'ont pas, en général, la forme des prismes du phosphate ammoniaco-magnésien ; mais il est facile de comprendre que les différences que l'on observe tiennent au hasard qui a présidé à la section des cristaux au moment où l'on a fabriqué la lame mince, et non à ce que le phosphate triple affecte chez la *Cythérée* des formes cristallines inédites. Au reste, il n'est pas difficile de trouver quelques cristaux ayant encore conservé l'aspect de ceux que Robin et Verdeil ont dessinés dans leur Atlas de chimie biologique ; et si l'on avait néanmoins encore des doutes, l'analyse se chargerait d'en montrer l'inanité.

Deux points importants sont à élucider :

1° Pourquoi ne voit-on pas de zones pigmentées dans les calculs cristallins ?

2° Quelle est la cause des cercles concentriques, excessivement pâles, alternativement transparents et laiteux, qu'on voit dans le ciment en apparence amorphe qui unit les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien ?

I. — A la première de ces questions il y a deux réponses à faire :

1° La transparence d'un cristal est indépendante de la limpidité du liquide au sein duquel il se forme.

Ce fait, prouvé par l'expérience journalière, tient à ce que l'augmentation de volume d'un cristal est due à l'attraction moléculaire qu'il exerce uniquement sur les particules cristallines qui lui sont identiques ou simplement isomorphes, Or, cette attraction, en vertu de laquelle les molécules attirées se groupent et s'orientent d'une certaine façon propre à la substance que l'on considère, doit être regardée comme une manifestation spéciale de l'attraction universelle que la matière exerce sur la matière et qui fait que le corps facile à mouvoir, attiré par celui qui l'est moins, se précipite à sa surface, destinée désormais à lui servir de support. Cette manière de voir est du reste conforme aux faits de l'expérience : la cristallisation est toujours accompagnée d'un dégagement de chaleur ; et quelquefois même elle donne lieu à des phénomènes lumineux : c'est ainsi qu'au moment où se forme un cristal d'acide arsénieux, on voit un éclair traverser la dissolution. Rien de pareil ne s'observe quand une poussière, organique ou non, cristalline ou amorphe, se dépose sur la paroi d'un vase. Si des débris de cellules souillent la surface des cristaux, leur transparence n'en peut être altérée, parce que les molécules cristallines qu'ils attirent se juxtaposent aux surfaces mêmes des cristaux, qu'elles déplacent tous les corps étrangers, et qu'en se soudant intimement avec eux, elles ne laissent interposée aucune substance qui leur soit étrangère.

Tout autre est le cas des calculs amorphes ; la matière qui les constitue est, au moment où elle se forme, à l'état d'un sédiment

sans texture cristalline ou même à l'état gélatineux ; rien ne s'oppose à ce qu'elle emprisonne des corps étrangers, s'il en existe à l'instant où elle se dépose. Or c'est précisément ce qui doit nécessairement arriver, car on peut difficilement admettre que l'augmentation de volume des calculs, c'est-à-dire la production de sédiments nouveaux, ne coexiste pas avec une dégénérescence des cellules de l'Organe de Bojanus, si même cette sécrétion phosphatique anormale n'en est pas la cause. Ainsi la présence de détritus organiques dans l'humeur cellulaire ne peut faire de doute : qu'elle soit cause ou effet, elle existe du moment qu'il y a des calculs en voie d'accroissement. Or, qu'on le remarque bien, ils se précipiteront à la surface des concrétions très peu de temps après leur apparition. On sait en effet que la présence d'un sel cristallisable, et il y en a plusieurs dans le liquide cavitaire, suffit pour amener rapidement la précipitation des matières non cristallisables en suspension dans un liquide quelconque. Les débris de cellule se déposent donc en même temps que les sédiments phosphatiques amorphes, et comme, une fois recouverts, ils sont à jamais préservés de la destruction, nous les retrouvons tels qu'ils se sont déposés.

2° La seconde raison que l'on peut donner de l'absence d'un pigment quelconque dans les concrétions cristallines, est tirée de la composition même des calculs, dont les cristaux pointus ont vite fait de perforer les parois des cellules qui les renferment, et de les enrober avant leur décomposition organique. Alors ils s'accroissent aux dépens des substances identiques ou isomorphes transsudées par les cellules voisines, sans que le phénomène d'une désorganisation bien appréciable des cellules animales se manifeste.

Quant à la rapidité avec laquelle les parois des cellules qui contenaient les calculs élémentaires ont dû être perforées, on en pourra juger à la fine dentelle que forment les parties conservées de ces parois, quand on les observe après avoir traité le calcul

par l'acide chlorhydrique, l'eau et le picrocarmin, suivant la méthode indiquée à la page 121 de cette Étude.

II. — Il me reste maintenant à expliquer pourquoi les calculs cristallins, au lieu d'une croix unique, présentent, dans la partie amorphe, des cercles concentriques excessivement pâles, quand on regarde les coupes dans la lumière ordinaire, et des croix noires petites et nombreuses quand on les observe dans la lumière polarisée.

Cercles et croix proviennent de ce que la lumière traverse un grand nombre de mâcles qui ont été coupées quand on a fait la lame mince. Pour se rendre compte des irrégularités que son passage au travers de ces sortes d'amas cristallins doit forcément lui faire éprouver, il est nécessaire de connaître comment se forment et comment s'accroissent les mâcles.

L'origine de celles-ci peut être une particule organique qui, en suspension dans l'humeur de la cellule, s'est entourée de cristaux qui forment ainsi une sphère toute hérissée de pointes. Mais la présence d'un débris de cellule n'est point nécessaire à la production du phénomène, et il suffit, pour s'en convaincre, d'observer attentivement l'action de l'acide acétique sur un calcul cristallin grossièrement concassé. On a alors de l'origine des mâcles une idée toute différente et qui, basée sur l'attraction que les extrémités des cristaux exercent les unes sur les autres, repose en définitive sur des faits d'observation, sur l'expérimentation elle-même.

Quand on met un cristal transparent grossièrement concassé en présence de l'acide acétique, il se délite en quelque sorte, parce que le ciment intercalé entre les cristaux se dissout le premier ; il donne alors naissance à de nombreux losanges, si l'on peut appeler ainsi des cristaux dont les angles obtus auraient été tronqués (voir Robin, pl. VII, fig. 3, et pl. X, fig. 1 et 2, *f*). Ces sortes de losanges paraissent sans action les uns sur les autres tant qu'ils sont dans une position quelconque ; mais ils se soudent bout à bout

aussitôt qu'ils se rencontrent par leur pointe. D'autres cristaux, identiques aux premiers, attirés par le centre d'attraction double ainsi formé, juxtaposent de préférence une de leurs pointes à l'une ou à l'autre de celles qui se sont ainsi soudées, et, à force de coller ainsi leurs facettes pointues les unes contre les autres, les cristaux ne tardent pas à donner à la masse la forme bien connue en France sous le nom de haltère, et en Angleterre sous celui de dum-bell.

Sans autre explication, on voit pourquoi deux haltères qui se rencontrent se mettent en croix et non bout à bout. Leur ensemble constitue alors un calcul qu'on pourrait croire formé de quatre granulations primitivement distinctes, actuellement étroitement unies.

Les nouveaux cristaux qui viennent insinuer une de leurs pointes contre toutes celles qui se sont antérieurement soudées, parce que c'est là que s'exerce toujours l'attraction maxima sans cesse croissante, comblent rapidement les vides; alors la masse cristalline prend l'aspect d'une sphère hérissée de pointes : la mâcle est formée. A partir de ce moment, les cristaux prismatiques qu'elle attire, en intercalant toujours leur pointe entre celles de la mâcle, lui forment des couches concentriques. Les choses continueraient à se passer ainsi, et la mâcle grandirait toujours, si deux ou un plus grand nombre de ces amas cristallins ne venaient à se toucher et, par suite, à se souder. Alors les cristaux qui se déposent les recouvrent tous ensemble de leurs couches parallèles et superposées.

Quand on vient à couper par la suite le calcul, comme les cristaux qui forment les mâcles ainsi que les couches parallèles qui les enveloppent sont transparents, on ne distingue les zones concentriques des premières et les couches superposées des secondes que par des différences presque imperceptibles dans les teintes. Là où se trouvaient enchevêtrées les unes dans les autres les pointes des cristaux, la lumière mille fois brisée n'arrive à l'œil que partiellement, d'où une ligne relativement pâle ; là au contraire

où la lumière traverse le corps des cristaux, une réfraction moins fréquente, une dispersion moins intense permettent une clarté plus grande, et l'on voit un cercle lumineux. Dans cette hypothèse, tous les centres devraient être pâles, et ils ne le sont pas toujours ; mais cela tient à ce que la coupe passe au-dessus ou au-dessous du centre de la mâcle, ou encore à ce que la préparation n'est pas au point ; car, en faisant varier la distance de l'objectif, on observe un renversement dans l'ordre des zones pâles et claires.

On ne peut pas opposer à cette façon de concevoir la formation des mâcles, cet argument que, les cristaux soudés étant identiques, la lumière qui les traverse ne peut, en passant de l'un à l'autre, éprouver ni réfractions ni réflexions multiples. Quoique formés par la même substance, il suffit que les axes des cristaux ne soient pas parallèles pour qu'il y ait réfraction à l'entrée de chacun d'eux ; or le mode de groupement des cristaux, disposés suivant les rayons d'une sphère, empêche les axes d'être parallèles. Et puis les calculs cristallins ne sont pas seulement formés de gros cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien, ils renferment également, tout au moins à l'état de traces, divers autres phosphates, phosphate de chaux, phosphate de peroxyde de fer, qui peuvent fort bien, à cause de leur isomorphisme, rester interposés entre les facettes des cristaux de phosphate triple, sans nuire à leur groupement moléculaire, mais qui alors par leur présence doivent forcément amener des réflexions multiples de la lumière au passage d'un cristal dans un autre.

On ne peut pas non plus, l'idée en peut paraître séduisante au premier abord, expliquer les zones claires et pâles par des différences dans l'hydratation des couches. S'il est vrai que les calculs cristallins perdent leur transparence et deviennent laiteux en se déshydratant, ce n'est pas une raison suffisante pour assimiler un calcul qui s'accroît à une cellule végétale qui s'épaissit. On ne voit pas à quelles époques de la vie du mollusque, à quelles périodes d'activité vitale ou d'engourdissement pourraient bien corres-

pondre ces couches qui tantôt seraient saturées d'humidité et tantôt en seraient dépourvues, alors que c'est toujours au sein du même liquide qu'elles se sont formées, liquide qui est si abondamment répandu chez ces êtres qu'il a été possible de dire que leur sang n'est que de l'eau de mer chargée de quelques principes alibiles.

Quand on place dans la lumière polarisée les lames minces des calculs cristallins de la *Cythérée* (fig. 18), en croisant les Nicols, on observe que les gros cristaux, formés de phosphate ammoniaco-magnésien, s'illuminent des couleurs les plus vives, en même temps que la partie amorphe en apparence qui les unit, devenue noire, laisse apercevoir des taches nombreuses, les unes brillantes et colorées, les autres simplement lumineuses et pâles. Les premières proviennent de cristaux que l'on n'avait point remarqués dans la lumière transmise ordinaire ; les autres sont produits par les espaces lumineux que laissent entre leurs bras les croix noires qui apparaissent partout où existent des mâcles. Le phénomène est semblable, par son aspect, sinon identique par ses causes, à celui que produit un amas de grains de fécule vu dans la lumière polarisée.

On peut expliquer la production des croix par la double réfraction que possède le phosphate ammoniaco-magnésien qui constitue les mâcles, et par ce que Biot appelle le phénomène de la polarisation lamellaire, c'est-à-dire par l'action qu'exercent sur la lumière polarisée l'arrangement des parties, leur mode de juxtaposition et la forme de leurs surfaces. Il est clair que le phosphate triple, doué, au plus haut degré, de la double réfraction moléculaire, ne perd point cette propriété parce qu'il est uni à des traces de phosphates isomorphes et qu'il la manifeste tout particulièrement là où ses prismes microscopiques constituent des mâcles. Les lamelles qui les forment, quoique composées d'aiguilles invisibles à l'œil, impriment nécessairement des inégalités et des intermit-

tences à la lumière polarisée qui en traverse les plans interstitiels de jonction. Partout où ces amas de cristaux existent, on doit, par avance, s'attendre à voir les différences de dispersion et d'interférence se traduire par des colorations et par des croix.

L'expérience a vérifié les déductions de la théorie. Après avoir pensé qu'il fallait attribuer les cercles concentriques à des mâcles formées suivant un processus dont la désagrégation des calculs en présence de l'acide acétique avait donné la clef, j'en ai conclu que des croix noires devraient apparaître à leur place si l'on observait la préparation dans la lumière polarisée ; alors, perfectionnant mon outillage, j'ai eu la satisfaction de faire des lames assez minces pour qu'il fût possible d'y voir dans toute sa beauté le phénomène que j'avais théoriquement prévu.

Il me faut maintenant expliquer pourquoi les calculs amorphes qui semblent formés de couches distinctes et superposées, ne donnent pas lieu au phénomène de la polarisation lamellaire.

Il est clair que cela ne tient pas à un manque de transparence dans les préparations, puisque, si mince qu'elles soient, on ne voit rien : c'est parce que, en réalité, les concrétions amorphes ne sont point formées de couches superposées, mais bien par un sédiment inorganique partout identique à lui-même. Les zones, en effet, nous l'avons vu, ne correspondent pas réellement à des dépôts de nature différente. Pareil milieu ne peut transmettre à l'œil qu'une clarté sensiblement la même en tous ses points, et c'est ce que l'on observe.

Il est maintenant possible de résumer en quelques lignes les caractères distinctifs des calculs amorphes et des calculs cristallins. On voit que les premiers :

1° Possèdent un pigment noir d'origine organique qui donne aux

concrétions l'apparence trompeuse d'une masse formée de couches concentriques alternativement noires et brunes ;

2° Qu'ils renferment des cristaux, brillants et colorés dans la lumière polarisée, lesquels, s'ils sont peu nombreux, sont disposés suivant les rayons de la sphère, et, s'ils sont nombreux, en forme de coins ou de cônes dont la pointe est tournée vers le centre du calcul;

3° Qu'ils ne présentent jamais le phénomène de la polarisation lamellaire, c'est-à-dire qu'on n'y voit point une croix noire sur un fond blanc.

Les calculs cristallins sont formés :

1° De gros cristaux qui se colorent vivement dans la lumière polarisée;

2° d'une pâte cristalline, exempte de pigment, laquelle est formée de mâcles microscopiques, et donne, par un phénomène de polarisation lamellaire, naissance à des croix petites et multiples quand on croise les Nicols à 90°.

Il va sans dire que les calculs cristallins cheminent à l'intérieur de l'Organe de Bojanus tout comme les calculs amorphes. Le même mode de destruction en arrière, de prolification des cellules en avant, du côté de la cavité périphérique, a pour effet de déplacer sans cesse les concrétions, et de les amener à la surface même de la Glande. Alors, selon qu'ils sont parvenus sur les flancs, ou dans la partie dorsale, ils disparaissent ou restent indéfiniment; de là aussi les différences que l'on observe dans la grosseur des calculs cristallins, tout comme dans celle des calculs amorphes, suivant l'endroit où on les voit.

En général, c'est là une remarque qui a déjà été faite à propos des calculs amorphes, les calculs qu'on voit chez le même animal

sont tous cristallins et par conséquent transparents, ou tous opaques et alors amorphes, à peu d'exceptions près.

J'ai fait encore observer que la présence de deux calculs, même placés côte à côte, l'un amorphe et l'autre cristallin, n'est point une preuve que ces calculs aient été produits à des époques différentes, époques pendant lesquelles les sécrétions auraient été également différentes ; mais que, comme on l'observe chez l'homme, ces sécrétions ont pu très bien se former et s'accroître non seulement dans le même temps, mais encore au sein du même liquide. Il suffit que l'origine première de ces calculs ait été différente, car, une fois le nucléus formé, il a dû déterminer de préférence la précipitation à sa surface des molécules minérales qui lui étaient identiques.

Après toutes ces observations, il ne me paraît pas utile de parler des anomalies que présentent certains calculs et des formes de passage d'un état à un autre que les changements (problématiques) dans la sécrétion de la Glande, ou la soudure de concrétions de nature différente, ont pu produire. Sans importance au point de vue physique, tous ces détails n'apporteraient en effet aucun éclaircissement nouveau sur la manière dont se fait la sécrétion de l'Organe de Bojanus, autrement dit, sur la fonction urinaire des Mollusques acéphales.

Plusieurs méthodes permettent de connaître facilement la nature des substances, minérales ou non, qui constituent un calcul. J'ai employé de préférence celle que Robin a décrite dans son « Traité des Humeurs » ; mais je me suis éclairé de tous les autres procédés qu'indique la chimie.

Les calculs de la *Cythérée* ne présentent aucune difficulté particulière à l'analyse ; les résultats en sont cependant souvent différents, à cause de l'inconstance indiscutable de leur composition ou

des proportions relatives des corps qui les constituent. Ce sont là, du reste, des choses que l'examen optique des lames minces a dû faire pressentir.

J'ai d'ordinaire, quand je voulais faire une analyse, pris en bloc toutes les concrétions grosses et petites, cristallines et amorphes de plusieurs animaux à la fois, parce qu'une seule *Cythérée* en aurait renfermé trop peu. En opérant ainsi, j'ai nécessairement trouvé tous les corps qui entrent dans la composition des calculs ; mais quand j'ai voulu constater la différence qui existe entre les calculs cristallins et les calculs amorphes, j'ai choisi sous le microscope tous ceux qui me paraissaient de même nature, et j'en ai fait séparément l'analyse. Des recherches ainsi faites m'ont mis à l'abri des surprises que réserve l'étude des concrétions de la *Cythérée*, quand on les prend au hasard. On peut en effet, suivant la prédominance plus ou moins prononcée du nombre des calculs cristallins sur celui des calculs amorphes, suivant que les concrétions ont été retirées de tel animal plutôt que de tel autre, observer, dans les résultats des analyses, des différences qui vont jusqu'à la constatation de la présence ou de la non-existence de certains corps, comme de l'oxalate de chaux, par exemple, ou de phosphates rares dans les calculs.

Ces observations étant faites, je prendrai comme exemple une analyse ayant porté sur un très grand nombre de calculs pris au hasard et dont la poussière renferme par conséquent tous les corps qu'on peut trouver dans les concrétions de la *Cythérée*.

Suivant la méthode indiquée, on partage la poussière des calculs en trois parts.

La première, A, sert à voir si les calculs renferment des matières organiques.

La seconde, B, est destinée à la détermination des principes qui sont solubles dans les acides.

La troisième, C, sert à découvrir les corps que l'eau seule peut dissoudre sans les décomposer.

I. — Analyse de la portion A.

Une certaine quantité de la poussière des calculs, bien triturée dans un mortier d'agate, est fortement chauffée dans une capsule de porcelaine ou de platine : elle ne perd presque rien de son poids, d'où l'on conclut que :

Les calculs de la *Cythérée* renferment très peu de matières organiques.

On chauffe alors un calcul au chalumeau ; il fond à peine à sa surface :

Les calculs ne sont pas entièrement formés de phosphate ammoniaco-magnésien.

On cherche alors la nature de la substance organique disparue, et pour cela on chauffe un fragment de calcul en présence de l'acide azotique. On a un liquide jaune qui ne vire pas au rouge cramoisi par l'ammoniaque ou la potasse :

Les calculs ne renferment pas d'acide urique.

(La matière organique était formée par le pigment et par les débris de cellule ou de tissu conjonctif.)

II. — Analyse de la portion B.

La poussière des calculs est introduite dans une capsule de porcelaine; on y verse ensuite de l'acide chlorhydrique et on fait bouillir. Quelques bulles de gaz se dégagent à la température ordinaire, mais il y en a très peu, et l'on ne peut pas dire qu'il y ait effervescence. Lorsque tout est dissous, il ne reste que de rares détritus organiques, on filtre. La liqueur est légèrement colorée, on l'étend d'eau et :

1° On ajoute graduellement de l'ammoniaque, en s'arrêtant aussi-

tôt que l'acide est saturé. Un abondant précipité se forme, il renferme l'oxalate de chaux et divers phosphates ; quant aux carbonates que pouvait contenir la poussière, ils restent en dissolution à l'état de chlorures.

2° On verse alors de l'acide acétique dans le liquide, le précipité disparaît, à l'exception d'un résidu composé de cristaux ayant la forme des enveloppes de lettres.

Les calculs de la *Cythérée* renferment de l'oxalate de chaux.

3° On filtre pour se débarrasser de l'oxalate de chaux, et on ajoute un excès d'ammoniaque. Tous les phosphates se précipitent, on les recueille sur un filtre, et on cherche dans le liquide qui passe la chaux et la magnésie. On obtient la première sous la forme d'oxalate de chaux ; la seconde, après l'élimination de la chaux, sous celle de phosphate ammoniaco-magnésien. Ainsi :

Les calculs renferment des traces de chaux, c'est-à-dire de carbonate de chaux, et des traces de carbonate de magnésie.

4° On dissout alors le précipité formé par les phosphates dans l'acide acétique, et, ajoutant de l'oxalate d'ammoniaque, on a un précipité d'oxalate de chaux : donc

Les calculs renferment du phosphate tribasique de chaux.

5° On filtre, et le liquide qui passe, additionné d'ammoniaque, donne immédiatement un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien, et, à la longue, divers cristaux, parmi lesquels on reconnaît le phosphate acide de chaux, qui les constitue presque tous à lui seul, et, plus rarement, du phosphate neutre de soude, du phosphate acide de soude et du phosphate de magnésie. Mais ces derniers cristaux ne se voient point toutes les fois qu'on fait une analyse ; ils sont très rares et n'existent probablement que dans certains calculs.

La solution des phosphates traitée par l'acide chlorhydrique donne avec le sulfocyanure de potassium une belle couleur rouge ; d'où cette conclusion :

Les calculs renferment du phosphate de peroxyde de fer.

La présence du phosphate ammoniaco-magnésien dans les calculs

se constate facilement de la manière suivante : on met la poussière dans un verre de montre, on ajoute une goutte de lessive de potasse, et on recouvre avec un autre verre au fond duquel on a collé une bande de papier rouge de tournesol. Soit aussitôt, soit à la longue, suivant les proportions, le papier vire du rouge au bleu.

En résumé, les phosphates que l'on trouve dans les calculs de la *Cythérée* sont :

très abondants	*le phosphate tribasique de chaux,* *le phosphate ammoniaco-magnésien,*
peu abondants mais existent toujours	*le phosphate acide de chaux,* *le phosphate de peroxyde de fer,*
très rares	*le phosphate neutre de soude,* *le phosphate acide de soude,* *le phosphate de magnésie.*

III. — Analyse de la portion C.

Quoique l'essai de la portion A ait montré que les calculs de la *Cythérée* ne renferment qu'une quantité infime de matières organiques, on soumet leur poussière finement pulvérisée à une longue ébullition dans l'eau distillée, et on filtre. Par refroidissement on n'obtient ni cristaux d'acide urique, ni traces d'un urate quelconque.

J'ai cherché si les calculs de la *Cythérée* renferment de l'urée, on en trouve quelquefois dans les concrétions de l'homme et des animaux, et Riche avait cru, sans en être certain, en trouver dans les calculs de la *Pinne* des Baléares. Je me suis servi, pour cette recherche, de l'appareil du docteur Noël, que j'ai modifié de la manière suivante : j'ai mis la poussière des calculs là où se placent les deux centimètres cubes d'urine, et j'ai rempli d'une lessive de soude l'éprouvette où plonge la cloche. Quand on fait le mélange, c'est à

grand'peine qu'il se dégage quelques bulles de gaz. J'ai pensé que ces bulles étaient formées par de l'acide carbonique, et que dans tous les cas il n'y avait point d'urée dans les calculs que j'étudiais.

Le fait capital mis en lumière par ces analyses est la découverte dans les concrétions de la *Cythérée* de l'oxalate de chaux, substance non encore signalée chez les Mollusques, et de divers phosphates sur l'identité desquels il ne peut y avoir de doutes.

On remarquera, de plus, que les calculs de la prétendue glande coquillère de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée* ne renferment que des traces de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie.

Il me reste à comparer, ainsi que je l'ai fait pour la *Moule*, les concrétions de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée* avec les perles et avec la coquille du même mollusque.

Les perles sont rares chez la *Cythérée;* celles que j'ai trouées, au nombre d'une vingtaine environ, étaient toutes placées à la suite les unes des autres dans la veine anastomotique qui, longeant la base du muscle postérieur, fait communiquer l'Organe de Bojanus et le sinus du muscle adducteur postérieur des valves avec la veine horizontale du manteau et la veine marginale. L'animal qui les a fournies était de grande taille ; arrivé aux limites de la vieillesse, il avait en partie résorbé une portion de son test. J'ai fait plusieurs coupes de ces perles ; celle que j'ai figurée pl. III, fig. 19, provenait de deux perles qui étaient intimement soudées. Je l'ai dessinée dans la lumière polarisée ; on voit qu'elle y présente le phénomène de la polarisation lamellaire. On en peut conclure immédiatement que les perles doivent leur accroissement à la superposition par couches concentriques du carbonate de chaux qui les constitue presque totalement, chaque couche étant d'ailleurs formée elle-même de cristaux très petits et invisibles, collés les uns contre les autres.

Le noyau de ces deux perles n'est pas visible dans la lumière ordinaire ; mais une autre perle que j'ai étudiée nous le montre assez semblable à celui de la perle de la *Moule*, et il est bien probable que sa composition est aussi la même.

L'analyse de ces perles faite sur une quantité insuffisante de matière a permis de reconnaître qu'elles sont presque entièrement formées de carbonate de chaux, avec une trace de carbonate de magnésie et de divers phosphates, parmi lesquels se trouvent certainement le phosphate de peroxyde de fer, qui est décelé par le sulfocyanure de potassium, et le phosphate ammoniaco-magnésien, qui ramène au bleu, en présence de la potasse, le papier rouge de tournesol.

J'ai fait une analyse attentive de la coquille de la *Cythérée*. Il est inutile d'entrer dans le détail de l'analyse, qui ne serait qu'une répétition de ce que nous savons déjà ; il suffit de dire que le test de ce mollusque est en grande partie formé de :

carbonate de chaux,
carbonate de magnésie,
avec des traces de :
phosphate de peroxyde de fer,
phosphate de magnésie,
phosphate ammoniaco-magnesien,
phosphate tribasique de chaux.

La quantité de ces divers phosphates que renferme une coquille de *Cythérée* est infinitésimale, principalement peut-être en ce qui regarde le dernier de ces corps.

Il est indiscutable que la poussière du test de la *Cythérée* renferme du phosphate triple, car en présence de la lessive de potasse, elle fait virer le papier rouge de tournesol au bleu. Mais je n'affirme point que la coquille renferme également du phosphate de magnésie ordinaire, l'expérience ne prouvant rien ni pour ni contre.

De la comparaison que l'on peut faire entre la composition chimique des calculs, des perles et de la coquille, il résulte que quatre corps leur sont communs. Ce sont :

le carbonate de chaux,

le carbonate de magnésie,

le phosphale de peroxyde de fer,

le phosphate ammoniaco-magnésien.

Un seul corps est uniquement commun aux calculs et à la coquille, c'est le phosphate tribasique de chaux ; encore convient-il de faire des réserves, à cause de l'insuffisance de la matière analysée.

Pour compléter cette étude des calculs de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée*, j'aurais voulu pouvoir ajouter à l'étude qui précède celle des sécrétions de la Glande ; mais je n'ai pu qu'y constater l'absence :

de l'acide urique,

des urates,

de l'acide hippurique,

de la guanine,

et des produits biliaires.

CHAPITRE XII

CONCLUSION.

IL Y A UNE FONCTION URINAIRE CHEZ LES MOLLUSQUES ACÉPHALES. — LES PRODUITS EN SONT PRESQUE IDENTIQUES A CEUX DE LA MÊME FONCTION CHEZ L'HOMME ET CHEZ LES ANIMAUX VERTÉBRÉS SUPÉRIEURS. — CETTE FONCTION SEMBLE CARACTÉRISÉE, CHEZ LES MOLLUSQUES ACÉPHALES, PAR LA PRODUCTION D'URÉE ET L'ABSENCE D'ACIDE URIQUE ; CHEZ LES MOLLUSQUES GASTÉROPODES , PAR LA SÉCRÉTION D'ACIDE URIQUE ET L'ABSENCE D'URÉE.

LES CORPS DE BOJANUS SONT LES REINS DES ACÉPHALES. — POURQUOI LES CALCULS BOJANIENS N'EXISTENT QUE DANS LES PAROIS DU CANAL PÉRIPHÉRIQUE.

La corrélation qui existe fatalement entre l'organisation et la fonction est cause que celle-ci a presque toujours servi à désigner et à classer les parties du corps des animaux, et cela encore par comparaison avec ce qui se passe chez l'homme. On sait les inconvénients, plus apparents que réels, qui en résultent déjà pour les vertébrés supérieurs, chez lesquels nous voyons la même fonction remplie successivement par des parties du corps qui n'ont entre elles ni homologie, ni communauté d'origine, mais seulement l'analogie qui résulte du service physiologique rendu. L'Anatomie comparée, à cause de la simplicité qui en résulte, a tiré profit de ces désignations empruntées aux fonctions supposées des parties qu'elle décrit; l'étude des fonctions est en effet sans importance pour elle qui ne cherche que les relations morphologiques des organes. Il n'en est pas de même pour la physiologie : l'abus des mêmes désignations appliquées à des parties semblablement placées, et cela chez des êtres aussi différents qu'un vertébré et un mollusque, est une source continuelle d'ennuis, sinon d'erreurs. Là le nom ne fait rien à la

chose et souvent cache la vérité : c'est ainsi que le foie du *Céphalopode* est sa glande digestive. L'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales n'a point échappé aux inconvénients qu'entraînent les dénominations fondées sur des fonctions supposées ou imparfaitement étudiées. Tour à tour *Glande coquillère*, *Sac de la viscosité*, *Testicule*, puis *Rein*, il en a porté les noms jusqu'à ce qu'enfin Lacaze-Duthiers lui ait donné celui qu'il a et qui ne préjuge rien.

Telle était, bien du reste, l'intention de son auteur : tout en publiant les résultats de l'analyse de Riche et en en faisant ressortir l'importance, Lacaze-Duthiers n'en faisait pas moins observer en effet que les Corps de Bojanus sont sur le trajet du sang qui, chargé des produits alimentaires, se rend à l'appareil respiratoire, qu'ils sont en conséquence dans la position d'un foie, et qu'on pourrait s'attendre à voir en eux un organe appelé à remplir la même, fonction physiologique. « C'est donc, écrivait-il, si c'est un rein un rein bien différent de celui des animaux supérieurs, car il est dans des conditions autres. »

Malgré ces réserves, dont la prudence n'échappera à personne, il a suffi que R. Owen ait trouvé de l'acide urique chez un mollusque resté inconnu, que de Babo et Riche aient découvert le même corps, le premier dans les concrétions d'un *Pectunculus pilosus*, le second dans les granulations de quelques *Lutraires*, pour que les naturalistes se soient accordés à regarder d'un commun accord l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales comme un rein. On pouvait trouver les preuves insuffisantes et s'étonner que la présence de quelques cristaux dans des produits pathologiques suffît à déterminer la fonction d'un organe. Il ne semble pas cependant que ces objections aient fait impression sur l'esprit des anatomistes, car si l'on en excepte Voit, qui du reste est un physiologiste, personne ne s'en est préoccupé ; et, depuis plus de vingt-cinq ans, aucun travail n'a paru qui eût pour objet l'étude la sécrétion bojanienne des Mollusques acéphales.

Il est vrai que ce genre de recherches a longtemps présenté des

difficultés particulières ; qu'aujourd'hui on a même encore beaucoup de peine à déterminer avec quelque exactitude la nature des sécrétions des organes glandulaires, et par suite leur rôle physiologique. Malgré les perfectionnements apportés à l'outillage scientifique, malgré les travaux les plus nombreux et les plus patients, on ignore encore la fonction de plus d'une glande ; il suffit de citer le thymus. Quand nos connaissances physiologiques sont aussi bornées sur les organes mêmes de l'homme, il est naturel de penser que nous devons être loin de pouvoir dire avec certitude quelle est chez un invertébré la fonction d'une glande que nous connaissons à peine. Avant donc de déclarer que l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales est un rein, il aurait été prudent de chercher si ces animaux possèdent une fonction identique ou même analogue à la fonction urinaire des vertébrés. Pour répondre à cette question, il eût suffi d'analyser avec soin les produits sécrétés ou excrétés par la Glande, la connaissance de leur composition pouvant seule éclairer à ce sujet. Personne n'a fait ce travail : j'ai cru devoir l'entreprendre. J'ai donc cherché la nature des produits liquides et solides, normaux et pathologiques de la Glande de Bojanus ; j'ai fait une analyse aussi complète que possible des corps que je trouvais dans les cellules bojaniennes de la *Moule* et dans les calculs de la *Cythérée*, et j'ai étendu mes recherches à plusieurs autres mollusques, afin de contrôler les résultats auxquels j'avais été conduit. Or ces résultats me permettent maintenant de dire qu'il y a une fonction urinaire chez les Mollusques acéphales, que les produits en sont presque identiques à ceux qu'on trouve dans l'urine des vertébrés, et qu'enfin cette fonction qui s'exerce au moyen de l'Organe de Bojanus fait de cette Glande le rein de ces animaux. Par l'étude que j'ai faite des modifications que subissent les cellules sécrétantes du Corps de Bojanus, par l'exposé que j'ai donné du mode de formation et d'élimination probable des calculs de la *Cythérée*, j'ai soulevé un coin du voile qui nous cache encore la part qui existe entre la filtration propre à la Glande et le travail vital de ses cellules.

Les Mollusques acéphales, si l'on en peut juger par la sécrétion bojanienne de la *Moule commune* et de quelques autres bivalves, possèdent une fonction urinaire. Par fonction urinaire, j'entends la fonction qui consiste dans l'expulsion au dehors, et par un organe spécial, d'un liquide extrait du sang, renfermant en même temps que l'excès d'eau introduite dans cette humeur, diverses substances en général quaternaires qui ont fait autrefois partie de l'être et qui, après avoir concouru ainsi à l'exercice de sa vie propre, ont été versées dans le sang à l'état de résidus. Ainsi, pour montrer qu'il existe une fonction urinaire chez les mollusques, il faudrait prouver que :

1° Le liquide qui sort par le pore bojanien contient l'eau en excès dans le sang.

2° La sécrétion bojanienne renferme les excreta non gazeux de la vie cellulaire.

Il est malheureusement difficile de montrer que l'eau en excès dans le sang est éliminée par l'Organe de Bojanus. Il eût fallu pour cela étudier la sécrétion vraie de la Glande, et non une sécrétion artificielle qui ne peut en aucune façon indiquer le rapport des poids de l'eau et des substances solides que contient la sécrétion naturelle. Avant de se prononcer, il convient donc d'attendre que des recherches poursuivies sur des animaux de grande taille aient permis de faire l'analyse de la sécrétion elle-même. Enfin il est possible, sinon probable, que la question aura fait un pas décisif le jour où l'on saura exactement par quelle voie se fait l'introduction de l'eau dans le sang. Sabatier admettait qu'elle se fait par le pied ; mais le Dr A. Fleischmann a conclu de ses recherches sur les Lamellibranches qu'il n'existe point de communication entre les glandes du pied et le système vasculaire, et en particulier entre ces glandes et les Corps de Bojanus. Les mouvements vermiformes du pied de la *Moule*, dans l'expérience si curieuse de Sabatier, peuvent du reste s'expliquer par les déplacements du sang à l'intérieur de cet organe, et les courants que l'on observe dans

l'eau sont dus aux mouvements des cils vibratiles qui le recouvrent. Il est probable que l'introduction de l'eau dans le sang se fait par l'intermédiaire des voies digestives et par imbibition.

Dans tous les cas, nous savons que le sang, avant d'arriver aux branchies, traverse l'Organe de Bojanus ; là, des différences de pression doivent nécessairement produire, tout comme dans le rein d'un vertébré, la filtration de l'eau en excès. Mais cette eau n'est pas seule, pas plus que l'urine n'est de l'eau pure, avec elle sont entraînés les déchets de la vie cellulaire, et c'est précisément ce qui caractérise aussi la sécrétion urinaire.

J'ai fait voir en effet que l'Organe de Bojanus, trituré en présence de l'eau, lui abandonne un grand nombre de corps, parmi lesquels plusieurs sont évidemment des corps oxydes destinés à être éliminés. De ce nombre et en première ligne, se trouve l'urée que j'ai découverte chez l'*Anodonta Cygnea* et l'*A. anatina*, chez la *Moule commune*, le *Cardium édule*, le *Cyclas corneus*. Au même groupe de corps appartiennent la créatinine, la créatine, la xanthine l'hypoxanthine, etc. Il en est encore de même de l'acide urique et des urates découverts par R. Owen, de Babo et Riche.

Je n'ai pas évidemment à refaire ici les théories qui servent à expliquer la formation de ces divers principes immédiats et à montrer comme quoi ce sont bien des excreta de la vie cellulaire, des produits de la combustion vitale. Il me suffit de constater que les physiologistes s'accordent à les regarder chez l'homme et chez les vertébrés supérieurs comme les éléments caractéristiques de l'urine de ces animaux, pour que je sois en droit, les trouvant dans l'Organe de Bojanus de la *Moule*, de l'*Anodonte* et du *Cardium*, de dire que cet organe est un rein, et que sa sécrétion est l'urine de ces mollusques, qu'enfin ils ont une fonction urinaire. Et comme il ne semble pas douteux que les mêmes phénomènes se produisent chez les autres mollusques, on pourra admettre qu'il existe une fonction urinaire chez les Acéphales, ce qui est la proposition que je m'étais efforcé d'établir.

Les corps que l'on trouve normalement ou seulement dans les états pathologiques, dans l'urine humaine, sont bien connus. Pour la *Moule*, il n'a pas été possible de faire la part de ce qui appartient au protoplasma des cellules bojaniennes et à leur sécrétion proprement dite, puisqu'elle n'a point été analysée. Cependant il m'a paru intéressant d'énumérer tous ceux de ces corps qui existent dans l'urine humaine, normale ou pathologique, et que l'on trouve dans la Glande de Bojanus des Mollusques acéphales. Ce sont, en plus de traces de substances albuminoïdes,

du chlorure de sodium,
du chlorure de potassium,
du carbonate de chaux,
du carbonate de magnésie,
du carbonate de potasse,
du sulfate de soude,
du sulfate de potasse,
du phosphate neutre de soude,
du phosphate acide de soude,
du phosphate de magnésie,
du phosphate ammoniaco-magnésien,
du phosphate acide de chaux,
du phosphate tribasique de chaux,
du phosphate de peroxyde de fer,
de l'oxalate de chaux,
de l'urée,
de la leucine,
de la créatinine,
de la créatine,
de la xanthine?
de l'hypoxanthine?
de l'inosite?
de la tyrosine,
de la taurine,

des corps gras, margarine, oléine stéarine,

Enfin dans des cas morbides,

de l'acide urique ou des urates.

Si donc on en excepte quelques substances qui n'y sont qu'à l'état de traces, on peut dire que tous les corps qui existent dans l'urine humaine se retrouvent dans l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales. Un seul, l'acide urique, normal chez l'homme, ne se trouve chez ces animaux que dans des concrétions dont l'origine pathologique est évidente. Mais c'est là un fait du même ordre que celui qui résulte de la substitution partielle de l'acide kynurique, par exemple, ou de l'acide hippurique à l'acide urique, chez le chien ou le cheval.

Une comparaison, assurément plus curieuse que celle que l'on peut faire de la sécrétion bojanienne de la *Moule* ou de l'urine de l'homme, c'est celle de la sécrétion de ce même animal et des autres Mollusques acéphales avec le liquide que l'on extrait de l'Organe de Bojanus des Mollusques gastéropodes.

J'ai déjà dit qu'il est facile de constater la présence de l'acide urique chez l'*Hélix aspersa* : un petit nombre d'individus suffit, et même souvent un seul. Cette Hélice n'est pas du reste l'unique Gastéropode qui soit dans ce cas, il en est de même de l'*H. pomatia*, de la *Limnea stagnalis* ou *palustris*, de la *Physa acuta* ou du *Planorbis corneus*. Mais si l'on cherche de l'urée, on n'en trouve pas.

J'ai voulu voir en effet si la sécrétion bojanienne de l'*Hélix aspersa* renferme de l'urée. J'ai traité les Glandes dissociées de cent cinquante de ces animaux comme celles de la *Moule* et du *Cardium*, puis j'ai soumis le liquide ainsi préparé à l'action de l'hypobromite de soude. Il ne s'est pas dégagé une seule bulle de gaz : la liqueur ne renfermait pas d'urée.

Que fallait-il conclure de ce résultat ? que tous les Gastéropodes sont dans ce cas ; ou que l'absence d'urée était due à ce que je m'étais adressé à un mollusque terrestre ? Alors j'ai préparé la sécrétion bojanienne de la *Limnea stagnalis* ; mais pas plus que

dans celle de l'hélice chagrinée je n'ai pu y trouver trace d'urée.

Ces expériences sont évidemment insuffisantes ; ce n'est pas avec les résultats de deux analyses que l'on caractérise la sécrétion d'une glande spéciale d'un groupe d'animaux aussi important que celui des Mollusques gastéropodes. Mais elles autorisent à se demander si des recherches ultérieures ne seraient point appelées à montrer que si :

1° La sécrétion de l'Organe de Bojanus est caractérisée normalement chez les Mollusque acéphales par la présence de l'urée et l'absence d'acide urique et des urates.

2° Chez les Mollusques gastéropodes, c'est au contraire par la présence normale de l'acide urique ou de ses sels et l'absence d'urée qu'elle est caractérisée.

Je me propose, du reste, de reprendre ces recherches : je désire voir si l'absence d'urée est générale dans la sécrétion de l'Organe de Bojanus de ces Mollusques, si elle est aussi complète que j'ai cru l'observer chez l'*Hélix* et chez la *Limnée* ; enfin si dans les cas pathologiques la Glande de Bojanus des Mollusques gastéropodes ne sécréterait point de l'urée, comme le *Pectunculus pilosus* sécrète de l'acide urique.

Pour le moment, ce que je tenais à montrer me paraît assez bien établi pour qu'il soit difficile de nier l'existence d'une fonction urinaire chez les Acéphales. Il ne me reste plus qu'à chercher comment fonctionne l'appareil éliminateur, c'est-à-dire l'Organe de Bojanus.

La rein de la *Moule* ne renferme ni glomérules, ni système-porte, mais par l'étendue de la surface sécrétante, par la complication du réseau capillaire qui la parcourt, elle supplée à l'absence des premiers et aux facilités que présente le second à la filtration urinaire. On sait en effet que la Glande de Bojanus est formée d'une couche, le plus souvent unique, de cellules sécrétantes qui y circonscrivent deux cavités principales : le canal périphérique et la cavité centrale qui est le couloir oblique du péricarde de la *Moule*. On sait également que ces cavités présentent mille replis, mille

contournements qui en font des canaux très compliqués, dont la lumière, souvent difficile à distinguer, paraît obstruée par des prolongements, par des pénétrations du tissu lacunaire sous-jacent, lequel est toujours recouvert d'une couche de tissu bojanien. De cette disposition résulte une énorme surface glandulaire, et par suite un ensemble on ne peut plus favorable à la filtration sanguine, car les cellules bojaniennes reposent partout, soit sur la paroi même des veines et des capillaires, soit sur la lame mince du tissu lacunaire que le sang pénètre largement. Il est vrai que la situation des Corps de Bojanus est très différente de celle du rein des vertébrés, puisque, comme le remarque Lacaze-Duthiers, ils sont dans la position d'un foie. Mais ce n'est pas là un argument qui soit probant pour la fonction physiologique, puisque celle-ci ne dépend pas de l'organe et de sa morphologie, mais des produits qu'elle sécrète. Or on ne trouve pas de produits biliaires dans l'Organe de Bojanus, on n'y rencontre pas non plus de sucre, sinon peut-être des traces comme on en peut trouver dans bien d'autres organes qui ne remplissent pas le rôle d'un foie, mais de l'urée qui est le corps caractéristique de la sécrétion urinaire. Le sang qui traverse la Glande de Bojanus est du sang veineux, chargé des principes alibiles ; mais le fait n'est pas particulier aux Mollusques acéphales, si l'on admet, contrairement à l'opinion de Cuvier, que chez les poissons et les reptiles il arrive dans le rein du sang noir provenant des parties postérieures du corps. Et d'ailleurs on peut dire qu'une partie du sang qui traverse l'Organe de Bojanus est du sang artériel. Sabatier regarde en effet le sang qui provient des palpes et de la partie superficielle antérieure du corps comme se rendant directement au cœur, sans passer par les branchies ; or ce sang qui a traversé un réseau de capillaires très compliqué est vraisemblablement oxygéné.

Comment maintenant se fait la sécrétion ? Est-elle produite par la fonte des cellules bojaniennes, ou résulte-t-elle d'une transsudation, comme le pense Ranvier pour ce qui est de la sécrétion urinaire de l'homme, et comme semblent le rendre probable les expériences de

MM. Arloing et Renaut ? Dans l'état actuel, on ne peut se prononcer. Quand on fait une coupe de l'Organe, on distingue de nombreuses cellules incolores qui sont dans les cavités de la Glande ; mais il est impossible de dire qu'elles n'ont point été détachées par le rasoir, le tissu bojanien étant très facile à dissocier, et d'autre part on ne voit point de croissants de Giannuzi. S'il était encore possible d'étudier la sécrétion obtenue par une fistule, on pourrait chercher si elle renferme des éléments figurés, mais nous savons que cela est impossible à cause de la petitesse des animaux sur lesquels les recherches qui précèdent ont été faites.

Un dernier point reste encore à élucider. Pourquoi ne trouve-t-on point de calculs dans les parois de la cavité centrale de l'Organe de Bojanus des Mollusques acéphales, tandis qu'on les voit nombreux dans celles du canal périphérique ? Il ne semble pas que ce fait puisse dépendre de ce que les calculs qui s'y seraient formés sont entraînés dans le couloir périphérique, car on devrait les trouver dans le tissu à l'état de formation. Aussi est-on en droit de se demander si les cellules de la cavité centrale ne sont pas différentes de celles que l'on trouve dans les autres parties de l'Organe. Plusieurs anatomistes ont répondu par l'affirmative. Chez la *Cythérée*, on remarque qu'elles sont plus fortement granuleuses que celles du canal périphérique ; on n'y voit point, ou du moins le cas en est rare, ces vacuoles claires qui sont le caractère particulier, commun et caractéristique de celles-ci ; enfin elles ont un cil vibratile, les autres n'en ont pas. Pour la *Moule*, Sabatier, qui a fait l'observation de différences analogues, en a été si frappé qu'il s'est demandé si, en concourant à l'exercice de la fonction urinaire, elles ne sont point chargées d'éliminer des produits différents de ceux qu'excrètent les cellules bojaniennes du reste de l'Organe. C'est là une manière de voir qui n'a point été justifiée par l'expérience et que je n'ai pu contrôler personnellement, ayant toujours fait porter mes analyses sur l'ensemble de la Glande.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

Fig. 1. — Butyrate de baryte préparé avec l'extrait éthéré de l'Organe de Bojanus de la *Moule*.

Fig. 2. — Valerianate de baryte préparé avec le même extrait.

Fig. 3. — Créatinine cristallisée dans l'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la *Moule* avec cristaux de Margarine et de Stéarine.

g. 300 diamètres environ.

Fig. 4. — Chlorure de sodium.

Formes remarquables et semblables à celles du phosphate triple observées dans divers extraits de l'Organe de Bojanus de la *Moule*.

Fig. 5. — Acide stéarique cristallisé dans l'extrait alcoolique de la *Moule*.

g. 300 diamètres.

Fig. 6. — Stéarine de l'extrait alcoolique de la *Moule*.

g. 300 diamètres.

Fig. 7. — Margarine.

Cristaux observés dans l'extrait alcoolique de la *Moule*.

g. 300 diamètres.

Fig. 8. — Tyrosine préparée avec l'extrait aqueux de l'Organe de Bojanus de la *Moule*.

g. 300 diamètres.

Fig. 9. — Taurine extraite de la *Moule commune*.

g. 130 diamètres.

PLANCHE II.

Fig. 10. — Créatinine de l'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la *Moule*.

g. 300 diamètres.

Fig. 11. — Calcul de l'Organe de Bojanus de la *Moule*.

Coupe vue dans la lumière ordinaire.

g. 130 diamètres.

Fig. 12. — Perle de la *Moule*.

Coupe vue dans la lumière polarisée, les nicols étant croisés.

g. 130 diamètres.

Fig. 13. — Coupe demi-schématique de la partie périphérique de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée*.

a. Cellules épithéliales de la surface externe de la glande.
b. Tissu conjonctif superficiel.
b'. Faisceaux de fibres conjonctives.
c. Acinus.
d. Cellules épithéliales de la cavité périphérique.
e. Calcul opaque.
f. Débris de calcul transparent.

FIG. 14. — Coupe demi-schématique de la partie centrale de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée*.

a. Cellules épithéliales du côté de la cavité périphérique.
b. Tissu conjonctif.
c. Acinus.
d. Cellules épithéliales à long cil vibratile de la cavité centrale.

FIG. 15. — CALCUL AMORPHE de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée*.

FIG. 16. — CALCUL AMORPHE.

Coupe vue dans la lumière ordinaire.

PLANCHE III.

FIG. 15 *bis*. — CALCUL CRISTALLIN de l'Organe de Bojanus de la *Cythérée*.

On aperçoit par transparence des cellules bojaniennes incluses.

FIG. 16 *bis*. — CALCUL AMORPHE de la *Cythérée*.

Coupe vue dans la lumière polarisée, les nicols étant croisés, afin de montrer la disposition des cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien.

FIG. 17. — CALCUL CRISTALLIN de la *Cythérée*.

Coupe vue dans la lumière ordinaire.

p. Phosphate ammoniaco-magnésien.
l. Limites des calculs primitifs.
m. Mâcles qui apparaissent sous la forme de cercles plus réguliers que sur le dessin.
l'. lacunes.

FIG. 18. — CALCUL CRISTALLIN vu dans la lumière polarisée, les nicols étant croisés.

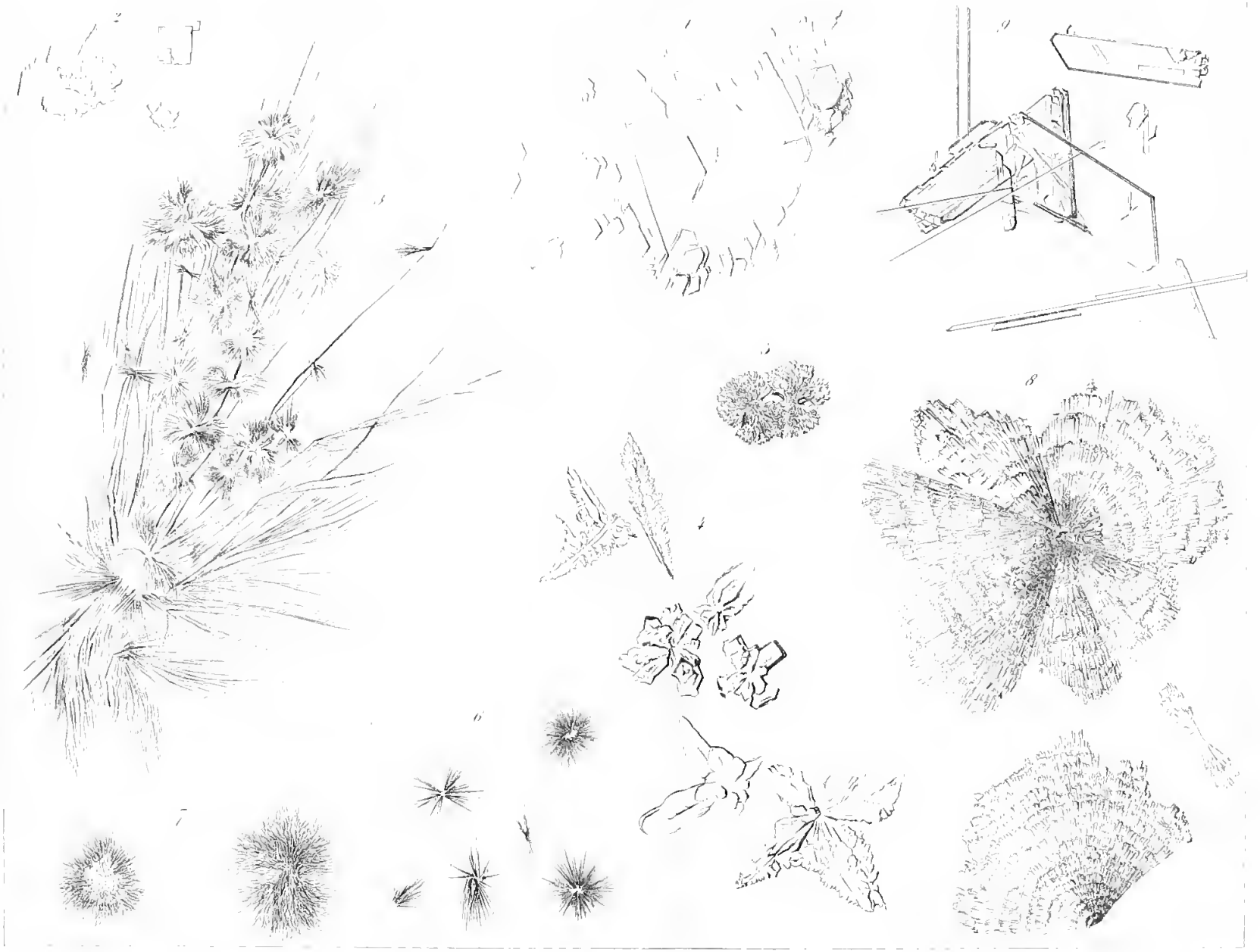
Cette coupe est la même que la précédente ; elle montre quelques croix blanches là où existent des mâcles.

FIG. 19. — PERLES du manteau de la *Cythérée*.

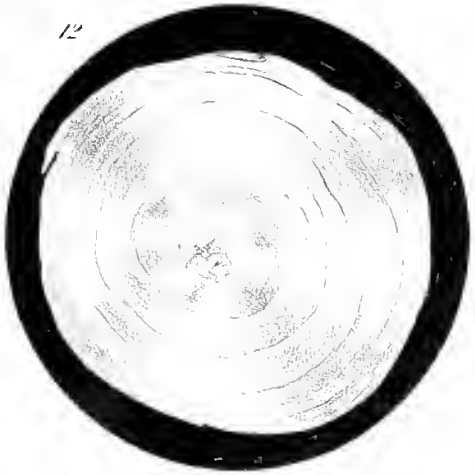
Coupe vue dans la lumière polarisée.

FIG 20. — CALCUL CRISTALLIN de la *Cythérée*.

Coupe vue dans la lumière polarisée : on y distingue facilement les mâcles.


9
8
6
7

12



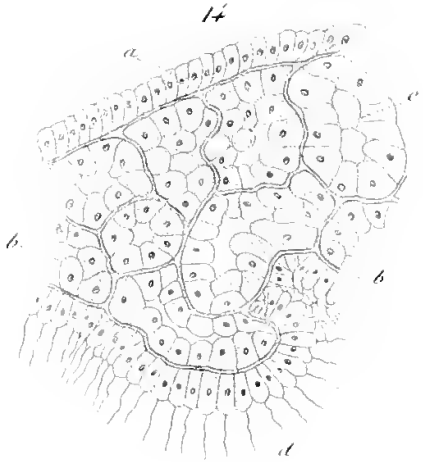
16

13

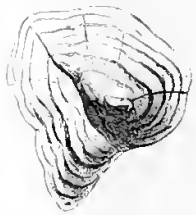
11

10

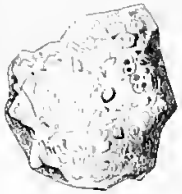
14



15



15. bis



20

17

18

16. bis

19

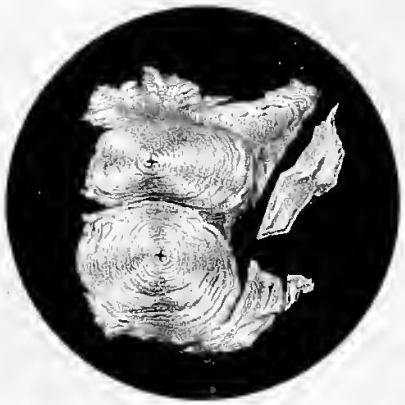


TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I.

Résumé des recherches qui ont été faites à différentes époques afin de connaître la physiologie de l'Organe de Bojanus des Mollusques acépales. — Causes de l'insuccès de ces recherches. 1

CHAPITRE II.

Raisons qui ont déterminé le choix de la Moule pour sujet d'étude. — Ordre suivi dans ces recherches. — Description sommaire de l'Organe de Bojanus de la Moule. — Voies que suivent les produits solides ou liquides sécrétés ou excrétés par la glande. — La sécrétion bojanienne de la Moule est neutre aux réactifs colorés et renferme des matières albuminoïdes. 13

CHAPITRE III.

Les substances albuminoïdes que renferme l'extrait brut de l'Organe de Bojanus de la Moule sont : de la serine, une albumine et une fibrine propres à la Moule, enfin un albuminate à base indéterminée plus ou moins analogue à la caséine. — Il y a de la mucine. 23

CHAPITRE IV.

L'extrait éthéré de l'Organe de Bojanus de la Moule renferme de la stéarine, de la margarine, de l'oléine, de la lécithine, de l'acide valérianique et de l'acide butyrique. 33

CHAPITRE V.

L'extrait alcoolique de l'Organe de Bojanus de la Moule renferme : du chlorure de sodium, de l'acide stéarique libre, de la stéarine, de la margarine, de la créatine, de la créatinine et enfin une graisse spéciale à la Moule. 44

CHAPITRE VI.

L'extrait aqueux de l'Organe de Bojanus de la Moule renferme de la tyrosine et de la leucine. — On ne trouve dans la Glande de Bojanus ni

acide urique, ni urates, ni acide hippurique, ni guanine, ni produits biliaires, mais on y trouve de l'urée et de la taurine. — Dosage de l'urée de la Moule. 59

CHAPITRE VII.

Calculs bojaniens de la Moule. — Leurs propriétés physiques, leur composition. — Leur mode de croissance. — Leur élimination. — Perles de la Moule. — Composition de la coquille de la Moule. — Comparaison des calculs, des perles et de la coquille au point de vue de la composition chimique. 73

CHAPITRE VIII.

Analyse des cendres. — Corps que l'on trouve dans l'Organe de Bojanus de la Moule. 85

CHAPITRE IX

On ne trouve pas chez les Mollusques acéphales, dans les conditions normales, d'acide urique, d'urates, d'acide hippurique, de guanine, de produits biliaires, mais on y rencontre de la taurine, une graisse soluble dans l'eau (Anodonta et Cardium édule), de la Créatinine (cardium édule) et de l'urée (Anodonta cygnea, Anatina, Cardium édule, et Cyclas corneus). 95

CHAPITRE X.

Description sommaire de l'Organe de Bojanus de la Cythérée. — Disposition, nombre, grosseur, densité des calculs. — Division des calculs en deux espèces, calculs amorphes et calculs transparents. — Origine et développement des calculs amorphes. — Pourquoi les calculs situés sous le manteau sont plus gros que les calculs placés sur les côtés de la Glande. 107

CHAPITRE XI.

Calculs cristallins. — Leur origine, — explication des phénomènes optiques que présentent leurs lames minces. — Caractères distinctifs des calculs amorphes et des calculs cristallins. — Composition chimique des calculs. — Elle varie d'un calcul à un autre. — Perles de la Cythérée. — Comparaison de la composition chimique des perles et de la coquille avec celle des calculs de l'Organe de Bojanus. 126

CHAPITRE XII.

Conclusion. — Il y a une fonction urinaire chez les Mollusques acéphales. — Les produits en sont presque identiques à ceux de la même fonction chez l'homme et chez les animaux vertébrés. — Cette fonction semble caractérisée : chez les Mollusques acéphales, par la production d'urée et l'absence d'acide urique ; chez les Mollusques gastéropodes, par la sécrétion d'acide urique et l'absence d'urée. — Les corps de Bojanus sont les reins des Acéphales. — Pourquoi les calculs bojaniens n'existent que dans les parois du canal périphérique. . . . 145

Vu et approuvé :

Paris, 5 février 1887.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

E. HEBERT.

Vu et permis d'imprimer :

LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS.

Paris, le 6 février 1887.

GRÉARD.

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — Tuniciers, organisation et développement.

BOTANIQUE. — Famille des Graminées.

GÉOLOGIE. — Aperçu des terrains sédimentaires les plus anciens du département de l'Orne.

Vu et approuvé :
Paris, 5 février 1887.
LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,
E. HEBERT.

Vu et permis d'imprimer :
LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS.
Paris, le 6 février 1887.
GRÉARD.

POITIERS. — TYPOGRAPHIE OUDIN.