L'EAU DE MER

MILIEU ORGANIQUE

CONSTANCE DU MILIEU MARIN ORIGINEL,
COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, A TRAVERS LA SÉRIE ANIMALE

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE R.F. IMPRIMÉS

PAR

RENÉ QUINTON

Assistant du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes-Études,
au Collège de France

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1904

8°S
Lm37

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE
R

L'EAU DE MER

MILIEU ORGANIQUE

1795

8° S
11957

Tous droits réservés.

L'EAU DE MER

MILIEU ORGANIQUE

BIBLIOTECA

CONSTANCE DU MILIEU MARIN ORIGINEL,

COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, A TRAVERS LA SÉRIE ANIMALE

PAR

RENÉ QUINTON

Assistant du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes-Études,
au Collège de France

DÉPÔT LÉGAL
1904

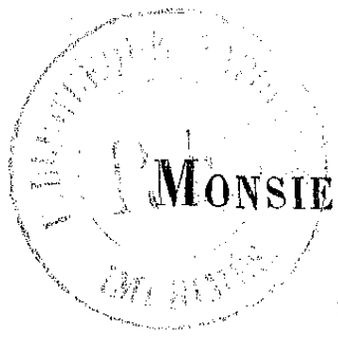
PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1904

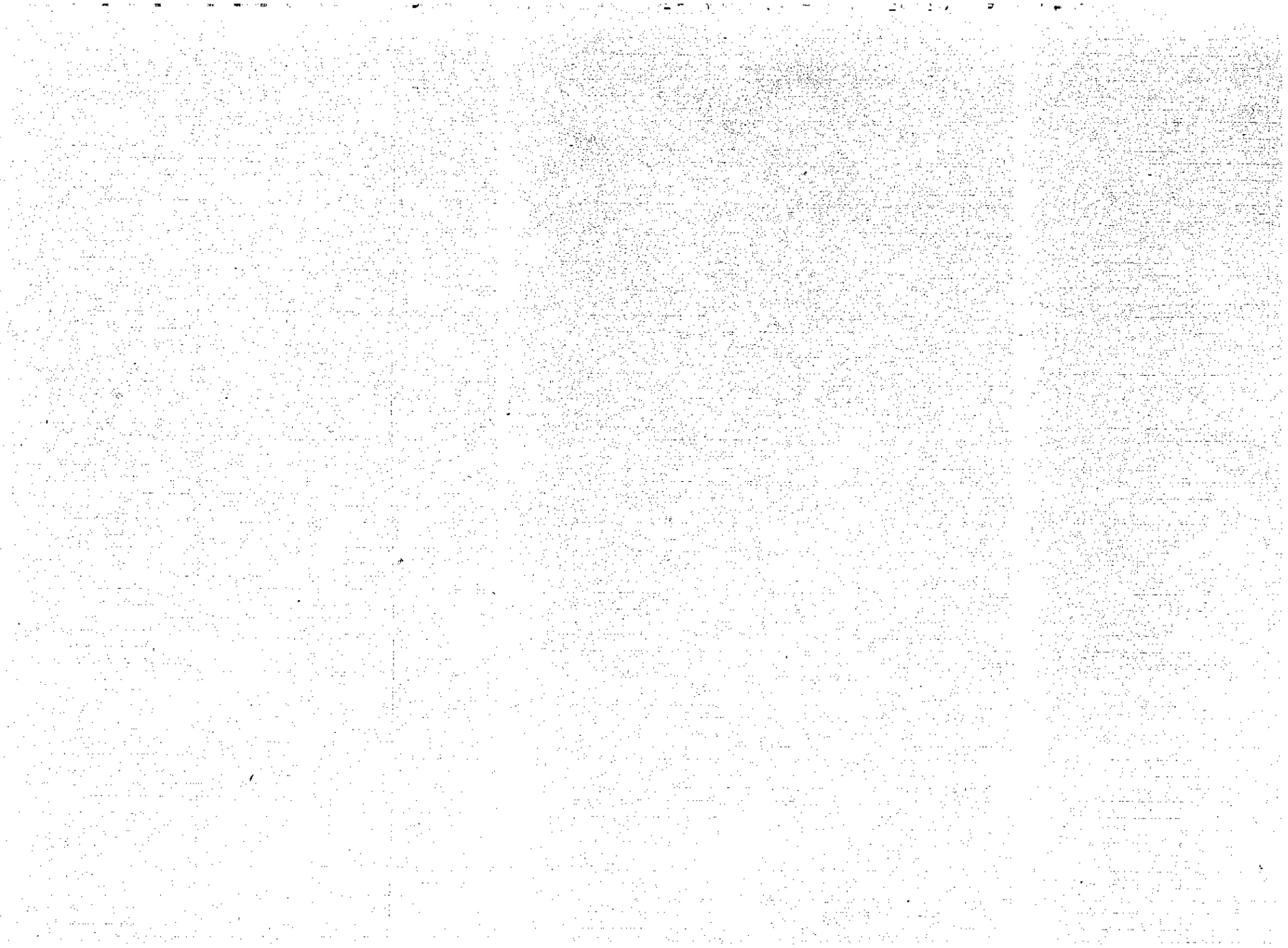


A

MONSIEUR E.-J. MAREY

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE



PRÉFACE

La *loi de constance marine*, objet primordial de ce livre, repose sur les cinq faits suivants :

1° Origine marine des premières cellules animales;

2° Maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, chez les Spongiaires, les Hydrozoaires, les Scyphozoaires et quelques Échinodermes;

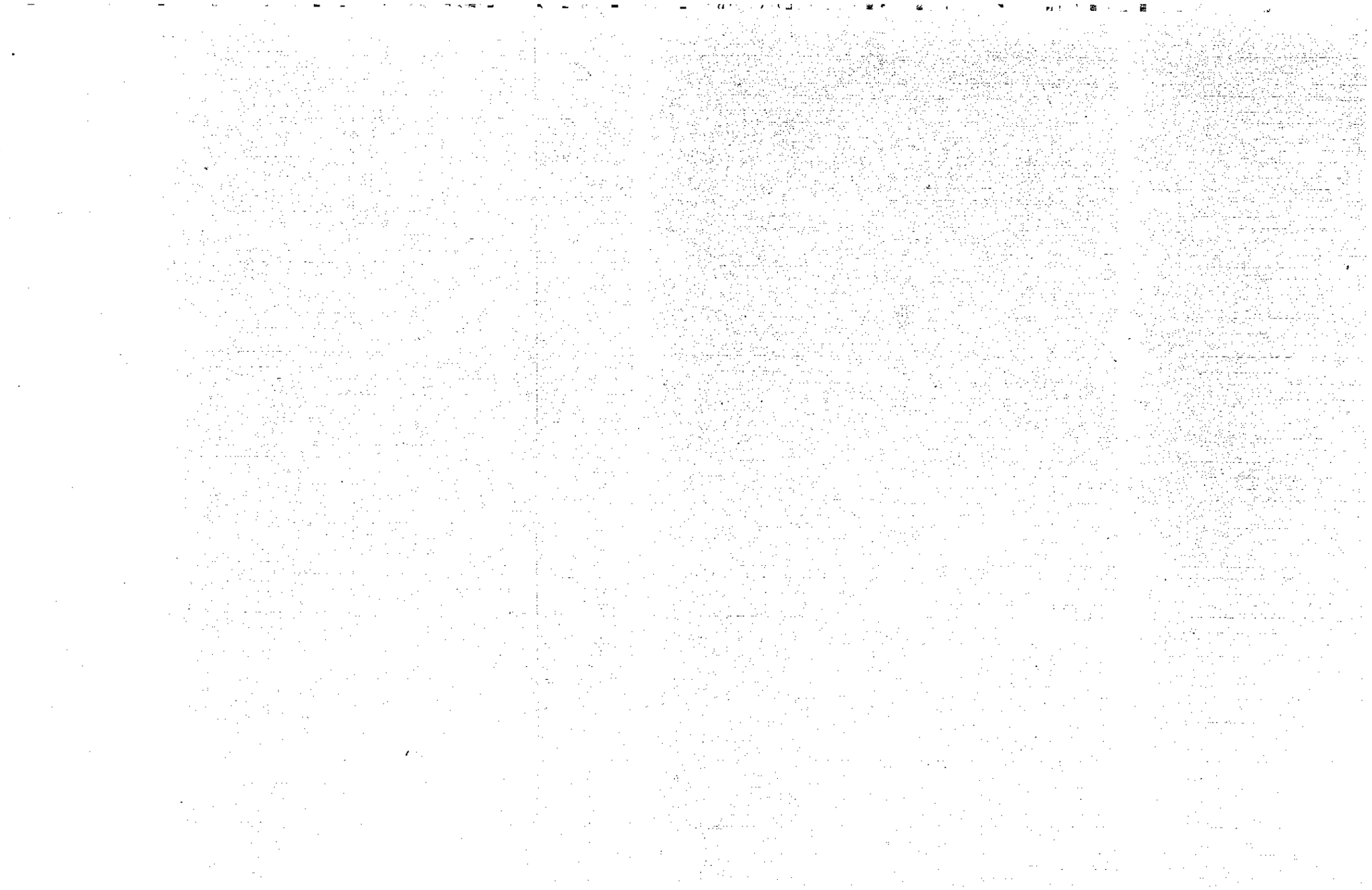
3° Maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, chez tous les autres Invertébrés marins;

4° Maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, au moins chez certains Invertébrés d'eau douce et aériens;

5° Maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, chez tous les Vertébrés.

Il est clair que si ces faits sont réellement établis, la *loi de constance marine originelle* l'est également, du moins dans ses plus grandes lignes.

Pour déterminer la valeur de la conception, la critique devra donc, non pas arguer de notions anciennes ou dogmatiques, mais porter simplement sur chacun de ces cinq faits en particulier.



RÉSUMÉ GÉNÉRAL

LIVRE I

LOI DE CONSTANCE MARINE ORIGINELLE

Ce Livre va établir successivement les deux points suivants : 1° La vie animale, à l'état de cellule, est apparue dans les mers ; 2° A travers la série zoologique, la vie animale a toujours tendu à maintenir les cellules composant chaque organisme dans un milieu marin, en sorte que, sauf quelques exceptions présentement négligeables et qui semblent ne se référer d'ailleurs qu'à des espèces inférieures et déchues, tout organisme animal est un véritable aquarium marin, où continuent à vivre, dans les conditions aquatiques des origines, les cellules qui le constituent.

1° L'origine aquatique de toutes les formes animales est d'abord certaine. Les seules espèces animales qui respirent selon le mode aérien, présentent toutes dans leur embryogénie une respiration branchiale primitive (fentes branchiales des Vertébrés aériens, par exemple). De plus, cette origine aquatique est marine. Les formes d'eau douce ne sont jamais que des formes secondaires, doublant simplement, çà et là, les formes marines, qui, seules, composent l'ossature presque tout entière du règne animal. C'est ainsi que la disparition de toutes les formes d'eau douce n'entraînerait la disparition, dans la série zoologique, que de 1 classe, 5 ordres, tandis que celle des formes marines entraînerait la disparition totale de 6 groupes, 11 embranchements, 40 classes, 109 ordres. Ainsi, tous les organismes animaux dérivent d'organismes marins. Les cellules primordiales d'où sont dérivés ces organismes ancestraux furent donc nécessairement des cellules marines. La vie animale, à l'état de cellule, est apparue dans les mers.

2° La vie animale, en créant des organismes de plus en plus compliqués et indépendants, d'abord habitants des mers, puis des eaux douces ou des terres, a toujours tendu à maintenir les cellules composant ces organismes dans un milieu marin, naturel ou reconstitué.

Ceci est d'abord flagrant pour les premiers organismes de la série animale : Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires. Chez ces organismes, ouverts anatomiquement, comme on sait, au milieu extérieur, le *milieu vital* intérieur de l'animal est l'eau de mer elle-même; celle-ci pénètre l'organisme entier par une multitude de canalicules, assimilables aux capillaires. L'eau de mer elle-même baigne toutes les cellules.

Chez les Invertébrés marins plus élevés, un phénomène d'une importance de premier ordre se produit. La paroi extérieure de l'animal est perméable à l'eau et aux sels, en sorte que, par simple osmose, le *milieu vital* intérieur de l'animal est encore, au point de vue minéral, le milieu

marin, ce dont témoigne par ailleurs l'analyse chimique directe. L'hémolymphe, en effet, présente une composition minérale tout à fait voisine de celle de l'eau de mer.

Chez l'Invertébré d'eau douce, une inversion de la plus haute signification a lieu. L'animal n'est plus perméable à l'eau ni aux sels. Il maintient, en face d'un milieu extérieur presque totalement dessalé, un *milieu vital* à taux salin élevé, constant et spécifique, et que l'analyse chimique directe montre encore être un milieu marin.

Même facies chimique marin du *milieu vital* de l'Invertébré aérien.

Enfin, chez les organismes les plus élevés de la série zoologique (Vertébrés), les plus éloignés de la souche marine (Mammifères, Oiseaux), l'expérience établit l'identité du *milieu vital* des cellules et du milieu marin. A). Trois Chiens sont injectés en eau de mer[1], le premier des 66 centièmes, le second des 81 centièmes, le troisième des 104 centièmes de son poids (en 8h 14, 8h 40, 11h 40). Le rein élimine à la vitesse de l'injection. Pendant toute l'expérience, les animaux cessent à peine d'être normaux; aucune agitation; pas de troubles digestifs, ou négligeables; aucune hématurie; aucune albuminurie, ou insignifiante; tous les réflexes. Après 24 heures, le rétablissement est effectué; les animaux présentent un aspect plus vif qu'avant l'expérience. B). Deux Chiens sont saignés à blanc par l'artère fémorale (saignée entraînant la mort de l'animal, si celui-ci est abandonné à lui-même), puis aussitôt injectés d'une quantité d'eau de mer égale à celle du sang perdu. Le lendemain, ils *trottent*. Ils triomphent de l'infection déterminée par la plaie, reconstituent rapidement l'hémoglobine perdue. Au bout de quelques jours, leur rétablissement est complet, leur aspect plus vif qu'avant l'expérience. C). Le globule blanc est le témoin par excellence du *milieu vital* d'un organisme. D'autre part, sa délicatesse est telle qu'il est réputé ne vivre dans aucun milieu artificiel. Sa vie dans l'eau de mer au cas où on l'y obtiendrait, serait particulièrement démonstrative. L'expérience est tentée sur 8 espèces appartenant aux 5 classes de Vertébrés : Poissons, *Tanche*; Batraciens, *Grenouille*; Reptiles, *Lézard*; Mammifères, *Homme, Lapin, Chien*; Oiseaux, *Capucin de Chine, Poule*. Une unité de sang de chacune de ces espèces est noyée dans 25, 50, 100 unités d'eau de mer. Dans tous les cas, le résultat est positif. Le globule blanc de toutes les espèces expérimentées, soustrait à l'organisme et porté brusquement dans l'eau de mer, y vit à volonté.

L'analyse chimique directe confirme cette identité minérale du *milieu vital* et du milieu marin. Les sels du plasma sanguin sont les sels mêmes de l'eau de mer. Ils vont jusqu'à se sérier entre eux dans les deux cas dans le même ordre d'importance : 1° Chlore, Sodium; 2° Potassium, Calcium, Magnésium, Soufre; 3° Silicium, Carbone, Phosphore, Fluor, Fer, Azote (Ammonium). Bien mieux, l'analyse chimique révélait dans l'eau de mer, à des doses extrêmement minimes, la présence de certains corps non admis dans l'organisme. Or, ces corps y existent, à l'état normal, d'une façon constante, à des doses voisines. Ces nouveaux corps, absolument constitutifs des organismes les plus élevés, sont : l'Iode, le Brome, le Manganèse, le Cuivre, le Plomb, le Zinc, le Lithium, l'Argent, l'Arsenic, le Bore, le Baryum, l'Aluminium. Ils font passer le nombre des corps organiques, de 12 ou 15, actuellement reconnus, à 26. Cinq autres sont prévus.

1. Eau de mer ramenée à l'isotonie.

Enfin, loin que cette composition marine du *milieu vital*, chez le Vertébré supérieur, résulte des aliments naturels ingérés, l'analyse des aliments fondamentaux (aliments végétaux), ***lesquels sont extraordinairement pauvres en soude***, montre au contraire que cette composition marine est réalisée en dépit de l'alimentation. Il y a pour ainsi dire *maintien actif*.

De tout ce travail, une loi nouvelle semblerait résulter : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans les mers, a maintenu, à travers toute la série zoologique, les cellules composant chaque organisme dans un milieu marin ». En réalité, cette loi ainsi exprimée serait inexacte. Quelques organismes inférieurs (Spongiaires et Hydrozoaires d'eau douce, ouverts anatomiquement au milieu ambiant : *Anodonta cygnea*, Moule d'eau douce, ouverte osmotiquement) n'ont plus pour milieu vital de leurs cellules que le milieu d'eau douce. Le maintien n'est donc pas absolu, d'une extrémité à l'autre de la série évolutive. Mais ces organismes inférieurs semblent en même temps des organismes déchus. D'autre part, la *loi de constance marine* n'est pas une loi isolée, mais un fragment d'une loi de constance plus générale (voir plus loin) dont elle doit revêtir l'expression. Sa véritable formule, en définitive, semble être : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans les mers, a tendu à maintenir, à travers la série zoologique, pour son haut fonctionnement cellulaire, les cellules composant chaque organisme dans un *milieu marin. Elle n'a pas maintenu ce milieu chez* tous les organismes, mais ceux où ce maintien n'a pas été effectué ont subi une déchéance vitale. »

Faisons abstraction pour l'instant de ces quelques organismes à *milieu vital* marin non maintenu. Un organisme, si haut que soit le rang qu'il occupe dans l'échelle animale, apparaît désormais comme un véritable aquarium marin, où continuent à vivre, dans les conditions aquatiques des origines, les cellules qui le constituent.

LIVRE II

LOI GÉNÉRALE DE CONSTANCE ORIGINELLE

La *loi de constance marine* n'est pas une loi isolée. — En face du refroidissement du globe, la vie animale, apparue à l'état de cellule par une température déterminée, a tendu à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, chez des organismes indéfiniment suscités à cet effet, cette température des origines (*loi de constance thermique*). — En face de la concentration progressive des océans, la vie animale, apparue à l'état de cellule dans des mers d'une concentration saline déterminée, a tendu à maintenir, à travers la série zoologique, pour son haut fonctionnement cellulaire, cette concentration des origines (*loi de constance osmotique ou saline*).

Constance marine originelle, — constance thermique originelle, — constance osmotique originelle, — on se trouve nettement en présence d'une loi de constance générale dont ces trois lois partielles ne sont sans doute que les premiers fragments, — loi générale qui semble pouvoir se formuler : « En face des variations de tout ordre que peuvent subir au cours des âges les différents habitats, la vie animale, apparue

sur le globe à l'état de cellule dans des conditions physiques et chimiques déterminées, tend à maintenir à travers la série zoologique, pour son haut fonctionnement cellulaire, ces conditions des origines (*loi générale de constance originelle*). »

Une nouvelle loi partielle (*loi de constance lumineuse*) est déjà probable.

LIVRE III

L'EAU DE MER EN THÉRAPEUTIQUE

La conception nouvelle de l'organisme qui résulte du Livre I (l'organisme, colonie de cellules marines) ne peut manquer d'entraîner, au moins à titre d'essai, des applications thérapeutiques. La thérapeutique marine a fait d'ailleurs ses preuves séculaires. Les eaux de Salies-de-Béarn, Salins-Moutiers, Balaruc, Bourbonne, Nauheim, Niederbronn, Wiesbaden, etc., se minéralisent dans des bancs de sel d'origine océanique : leur action est au premier chef marine. Les cures obtenues sur le littoral lui-même ne se comptent plus. Un traitement marin plus direct s'imposait donc.

Il a été tenté dans quelques affections. L'eau de mer était injectée à l'isotonie par la voie intra-veineuse ou simplement sous-cutanée. Les bénéfices obtenus ont été flagrants. L'eau de mer s'accuse comme un adjuvant ou un modificateur d'une rare puissance. Ses effets réclament une étude méthodique et détaillée.

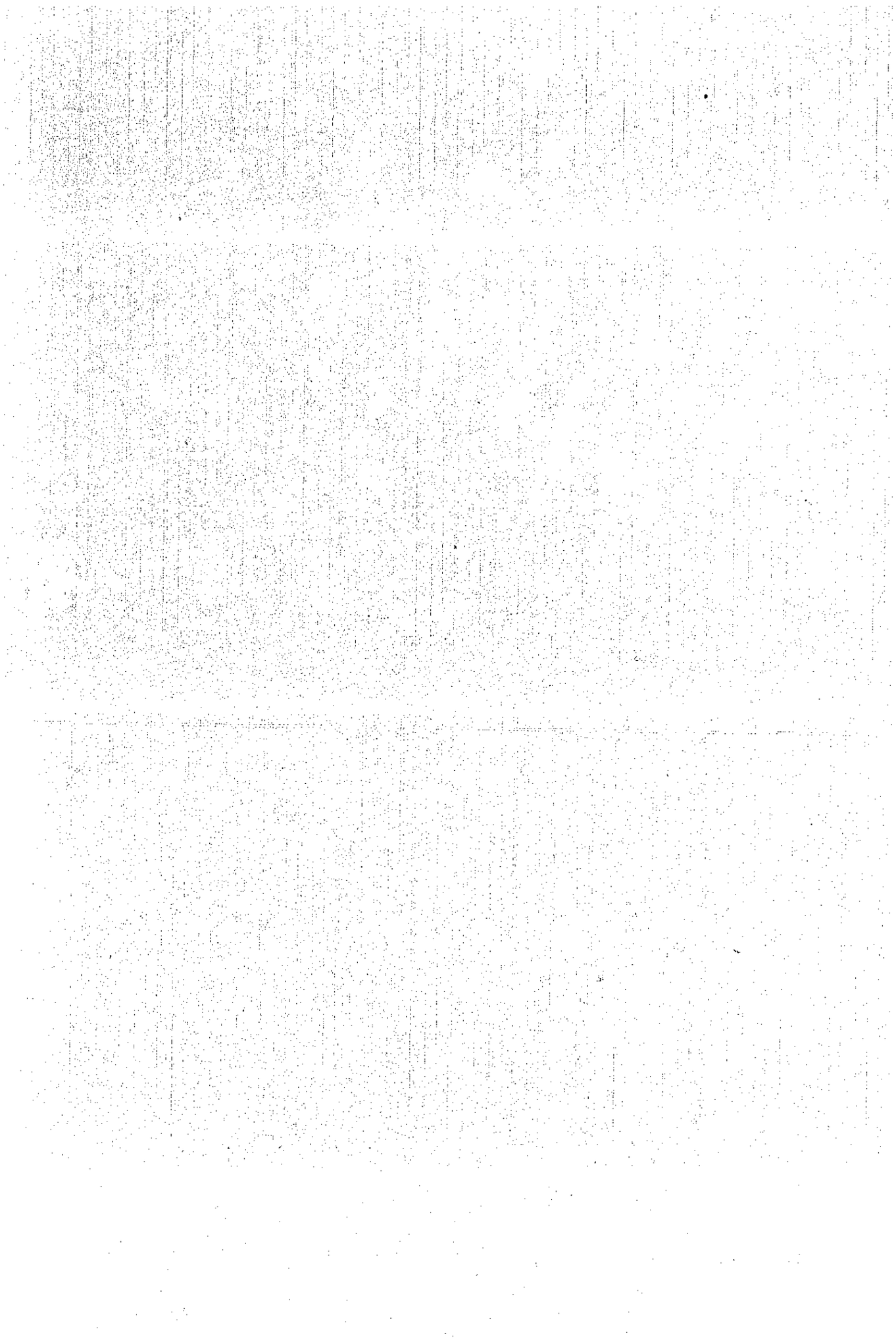


L'EAU DE MER

MILIEU ORGANIQUE

LIVRE I

LOI DE CONSTANCE MARINE ORIGINELLE



PREMIÈRE PARTIE

ORIGINE MARINE DES PREMIÈRES CELLULES ANIMALES

CHAPITRE PREMIER

ORIGINE AQUATIQUE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Résumé du Chapitre. — L'origine aquatique de tous les organismes animaux résulte :

1° du fait que tout organisme animal tire son origine d'une cellule et que toute cellule est un élément nécessairement aquatique ;

2° du fait que, après le stade cellulaire, les premiers stades par lesquels passent les embryons typiques de tous les groupes animaux sont des stades nettement aquatiques (ces deux premières démonstrations, *négligeables à volonté*) ;

3° de l'étude raisonnée des différents modes respiratoires.

On observe dans la série animale quatre modes respiratoires : les modes ***cellulaire, tégumentaire, branchial*** et ***trachéen***.

Les trois premiers sont des modes fondamentalement aquatiques; ils ne peuvent s'exercer que dans un milieu d'eau ou dans des conditions d'humidité en tenant lieu. Le quatrième mode seul (mode trachéen) est réellement aérien.

Or, tous les groupes animaux, sauf trois, ne respirent que selon l'un ou l'autre des trois premiers modes, tant à l'âge adulte ***qu'à toutes les phases du développement***. Leur origine, comme leur vie, est donc aquatique.

Trois seuls groupes (Arthropodes, Péripatides, Cordés) offrent des représentants réellement aériens, à mode respiratoire trachéen. Mais :

1° Arthropodes, Cordés :

A. — Les classes aériennes de ces deux groupes sont seulement des classes élevées (Arachnides, Myriapodes, Insectes, pour les Arthropodes; Reptiles, Mammifères, Oiseaux, pour les Cordés); les classes inférieures, celles qui témoignent le plus exactement, par conséquent, de la souche originelle, sont aquatiques et d'origine aquatique, respirant à tous les stades du développement selon le mode aquatique (Pantopodes,

Mérostomacés, pour les Arthropodes; Leptocardes, Tuniciers, pour les Cordés);

B. — Le mode trachéen des classes aériennes est un mode respiratoire simplement secondaire; sous ce mode apparaît invariablement un mode branchial antérieur. Ainsi, chez les Arthropodes, le poumon des Arachnides n'est que la branchie du Mérostomacé légèrement différenciée; les premiers Myriapodes et les premiers Insectes, presque dépourvus encore d'appareil trachéen, possèdent par contre un appareil branchial, parfaitement développé, homologue de l'appareil branchial des véritables Arthropodes aquatiques. Chez les Cordés, les Batraciens passent par une phase larvaire, libre, aquatique, branchiale, à laquelle succède seulement le mode respiratoire trachéen; les Reptiles, les Oiseaux, les Mammifères passent enfin par la même phase aquatique, embryonnaire, à quatre ou cinq paires de branchies, ces branchies d'abord espacées et nues, comme chez les Poissons les plus primitifs (Cyclostomes), se rapprochant ensuite et se recouvrant d'un opercule, comme chez les Poissons supérieurs (Téléostéens).

2° Péripatides :

Les Péripatides, qui forment un groupe légèrement aberrant, respirent, chez leur forme primitive (*Peripatus*), selon deux modes, l'un branchial, l'autre trachéen. Ce dernier mode affirme d'ailleurs sa récence par sa disposition encore irrégulière chez *Peripatus Edwardsi*. L'appareil branchial, au contraire, présente les caractères primitifs; il est régulièrement développé, établi sur le même plan que celui des Arthropodes, auxquels ce groupe a été longtemps joint, et témoigne, par conséquent, d'une vie ancestrale aquatique.

Origine, donc, de tous les organismes animaux : aquatique.

La vie animale présente quatre grands habitats, se réduisant en définitive à deux : habitat aquatique, habitat aérien. — Toutes les espèces animales se répartissent entre quatre grands habitats :

1° Les eaux, — mers et eaux douces;

2° Les milieux organiques (tissus d'animaux, dans lesquels un grand nombre d'êtres vivent en parasites);

3° Les vases, terres, sables et tous lieux humides;

4° La surface des terres proprement dite.

Le premier de ces habitats est par excellence aquatique. Le deuxième est également aquatique, les tissus organiques renfermant de 70 à 80 pour 100 d'eau. Le troisième doit être considéré encore comme aquatique, les animaux qui le présentent ne vivant qu'à la faveur de l'humidité de ces différents milieux, et étant incapables, ainsi qu'on le verra, d'une vie réellement aérienne; seul, le dernier habitat est aérien, — en sorte que, des

quatre habitats précédents, trois en définitive sont aquatiques ; un seul, le dernier, aérien.

Nécessité de démontrer l'origine aquatique des organismes aquatiques eux-mêmes. — Il pourrait sembler que, pour établir l'origine aquatique des organismes animaux, l'origine aquatique des organismes aériens seuls fût à démontrer. Il n'en est rien. Un animal parfaitement aquatique, en effet, peut présenter une origine parfaitement aérienne. Un grand nombre d'Invertébrés, de Vertébrés, sont dans ce cas : Insectes aquatiques, Tortue marine, Baleine, Phoque, Dauphin, etc. L'origine aérienne de ces organismes aquatiques n'est pas douteuse : 1° dans certains cas, leurs mœurs ; 2° dans tous les cas, leur mode respiratoire ne laissent aucun doute à ce sujet.

1° Les êtres, dans la série animale, s'efforçant toujours, comme on sait, de venir se reproduire à leur lieu d'origine, on voit la Tortue marine retourner à terre pour y pondre, le Phoque pour y mettre bas et allaiter ses petits.

2° Les animaux aquatiques, de lignée purement aquatique, ne respirent jamais l'air en nature, avec lequel ils ne se sont jamais trouvés en contact ; ils l'empruntent à l'eau où ils le trouvent dissous, et le font passer sous cet état dans leurs tissus. La Tortue marine, la Baleine, le Phoque, le Dauphin, au contraire, sont tenus de remonter à la surface de l'élément où ils vivent, afin de respirer l'air en nature ; ils l'engloutissent comme tous les Vertébrés aériens dans un appareil creux, béant dans l'organisme, et où leur sang s'oxygène à son contact. Les larves aquatiques d'Insectes respirent suivant un mode semblable, au contact de l'air lui-même répandu dans la cavité des trachées. La larve, bien qu'aquatique, s'alimente en air dans le milieu atmosphérique ; des dispositions spéciales permettent à quelques-unes de capturer cet air sans quitter le milieu où elles vivent ; *Erystalis tenax* dispose d'une sorte de trompe rétractile, longue de six fois la valeur du corps et portant à son extrémité les ouvertures des trachées ; chez *Nepa*, *Ranatra*, deux longues demi-gouttières, partant d'un orifice trachéen et formant tube par leur réunion, s'élèvent à volonté au-dessus du corps de l'animal ; d'autres larves, mieux adaptées encore à la vie aquatique, sont munies de tout un système de ramifications trachéennes, très fines et formant touffes, à l'intérieur desquelles l'air, dissous dans l'eau, dyalise : mais là encore, le mode respiratoire demeure parfaitement aérien ; l'air se répand ***en nature*** dans la cavité des trachées ; c'est sous cette forme seule qu'il est en définitive respiré ; en aucun cas l'Insecte, non plus que la Tortue, la Baleine, le Phoque ou le Dauphin, ne cesse de respirer l'air, à l'état de gaz, dans un appareil creux, spécial, caractéristique du mode de vie aérien.

On voit l'insuffisance qu'il y aurait à n'établir l'origine aquatique que des organismes aériens seuls. L'origine aquatique des organismes aquatiques eux-mêmes est à démontrer.

Trois démonstrations peuvent être données de l'origine aquatique de tous les organismes animaux. Nous serons bref sur les deux premières, à la rigueur négligeables. L'une pourra sembler d'ordre trop général, l'autre d'ordre trop théorique. La troisième, effectuée en particulier pour chaque groupe animal, comportera une pleine valeur.

PREMIÈRE DÉMONSTRATION DE L'ORIGINE AQUATIQUE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

L'élément ancestral de tout organisme animal est une cellule.
Or, la cellule est un élément nécessairement aquatique.

L'élément ancestral de tout organisme animal est une cellule.

Ceci résulterait d'abord *a priori* du fait qu'un organisme animal, quel qu'il soit, se réduit à un groupement de cellules. La cellule étant l'unité, et toute unité étant fatalement antérieure à tout groupement d'unités, la cellule est nécessairement l'élément ancestral de tout organisme animal.

Au reste, l'embryogénie montre d'une façon précise que tout organisme animal tire encore aujourd'hui son origine d'une cellule primordiale : l'ovule fécondé. Tout ovule fécondé se segmente; d'une, devient deux cellules, puis quatre, puis huit, etc.; les cellules en se multipliant se différencient peu à peu, constituent d'abord les premiers feuillets, puis les différents groupements cellulaires inclus dans ces feuillets; on peut suivre, comme on sait, de la fécondation de l'ovule à l'achèvement de l'organisme, ces multiplications et ces différenciations cellulaires ; les ouvrages d'embryogénie traitent de cette matière, sur laquelle il serait oiseux d'insister ; le processus est donc flagrant, par lequel une simple cellule proliférant et se différenciant parvient à constituer un organisme adulte dans toute sa complexité. — *Aujourd'hui encore, en dehors de toute théorie, un organisme est un dérivé peu à peu accru et différencié d'une simple cellule primitive.* Comme il ne peut être douteux que l'embryogénie, dans ce cas particulier, ne témoigne de la phylogénie, il en résulte qu'on doit considérer tout organisme comme dérivant, d'une façon ou d'une autre, d'une cellule primordiale.

Or, la cellule est un élément ***nécessairement*** aquatique. Le protoplasma exigeant, pour jouir de ses propriétés vitales, une

proportion considérable d'eau (75 pour 100 environ), tout habitat non aquatique est impossible à une masse aussi minime que la cellule, dont l'eau de constitution, dans un milieu sec, serait sur-le-champ vaporisée. Le moyen de défense d'une cellule dans un milieu sec est de *s'enkyster*, c'est-à-dire de se sécréter une ou plusieurs couches de substances imperméables (chitine, cellulose, etc.) à l'abri desquelles elle attend à l'état de vie latente le retour de l'humidité. La condition aquatique est essentielle à la cellule, et, par ce fait, l'origine de la vie animale est nécessairement aquatique.

DEUXIÈME DÉMONSTRATION DE L'ORIGINE AQUATIQUE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Après le stade cellulaire,
les premiers stades par lesquels ont dû passer ancestralement
tous les organismes animaux sont des stades nettement aquatiques.

On vient d'établir que l'élément ancestral de tout organisme était une cellule. On peut aller plus loin. L'embryogénie permet de reconstituer les premiers stades qui ont dû succéder sur le globe au stade cellulaire, et par lesquels tous les organismes semblent être communément passés.

Quels sont ces premiers stades? — Il faut savoir d'abord que tous les organismes ne les présentent plus aujourd'hui dans leur embryogénie, par suite d'un perfectionnement du mode reproducteur qui, chez les organismes élevés, a défiguré le développement; mais, dans tous les groupes, certains représentants, à mode reproducteur primitif, les possèdent encore, et ceux-ci peuvent témoigner pour le groupe entier.

Dans un même groupe animal, en effet, tous les organismes, si voisine que puisse être leur constitution adulte, si évidente que soit par conséquent leur communauté d'origine, ne montrent pas une embryogénie identique, surtout dans les premières divisions cellulaires de l'ovule. Cela tient à une raison très simple. C'est que certains ovules (ceux répondant au type primitif, qu'on rencontre chez les groupes les plus inférieurs du règne animal et les classes les plus inférieures des autres groupes) possèdent une réserve nutritive faible, — tandis que d'autres (répondant à un perfectionnement du mode reproducteur, et qu'on rencontre seulement, en règle générale, chez les classes

les plus élevées d'un groupe) possèdent une réserve nutritive abondante, qui, par sa présence, défigure le développement. Un ovule pauvre en matière nutritive, en effet, par cela même qu'il est de petite taille, peut se segmenter tout entier, dans la division cellulaire qui suit la fécondation. Au contraire, un ovule chargé de matière nutritive, et qui acquiert de ce fait une dimension parfois considérable, ne peut que se segmenter sur une de ses parties; la division de l'ovule, au lieu d'être totale, n'intéresse plus qu'un de ses fragments; au lieu d'être libre et régulière, elle est comme aplatie sur la masse nutritive. En outre, les conditions de vie des deux embryons sont différentes : l'embryon d'un ovule pauvre en matière nutritive a rapidement épuisé ses réserves; il doit trouver lui-même sa nourriture à l'extérieur, disposer dans ce but de moyens d'action comparables à ceux d'un organisme adulte, rappeler par conséquent d'une façon particulière les organismes adultes, ancestraux, par lesquels il est autrefois passé; la nourriture lui étant mesurée, son développement ne peut être qu'assez lent, d'où suit qu'il doit montrer spécialement une série plus nombreuse de formes transitoires; l'embryon d'un ovule riche en matière nutritive, au contraire, vit sur ses réserves en parasite, sous des formes par conséquent modifiées, comme dans tous les cas de parasitisme; la présence constante de nourriture rend inutile la formation des différents organes fonctionnels, locomoteurs, etc., nécessaires tout à l'heure à la vie de l'embryon libre; elle permet, d'autre part, une rapidité plus grande de développement; d'où résulte en définitive que, dans ce genre de développement, les stades embryonnaires typiques sont non seulement déformés, mais encore en partie sautés.

C'est ainsi que des organismes très voisins d'un même groupe animal peuvent présenter des embryogénies entièrement différentes, du moins dans leur début : les unes, de type primitif, où l'embryon passe peu à peu, à l'état de vie libre, par une série de formes remarquablement instructives; les autres, de type secondaire, où l'embryon, déformé d'abord, puis nourri par ses réserves ovulaires, ne présente qu'un développement faussé et abrégé. On nomme les premiers de ces développements des développements *directs* ou *dilatés*; les seconds, des développements *indirects* ou *condensés*. Il est bien évident que seuls les premiers témoignent des stades ancestraux les plus primitifs

par lesquels le groupe animal est passé; les seconds ne sont pas même à consulter à ce sujet.

Or, si on étudie les développements embryonnaires *dilatés* de *tous* les groupes animaux, un fait frappe de suite. C'est que, dans leur début, ces développements sont tous identiques. Aussitôt fécondé, tout ovule de type primitif, à quelque groupe qu'il appartienne, se segmente; d'une, devient deux cellules, puis quatre, puis huit, puis seize, etc.; se multiplie ainsi d'abord jusqu'à constitution d'une petite sphère pleine, composée d'un nombre encore restreint de cellules : à cette sphère, on donne le nom de *morule*; la sphère se distend, devient creuse, toutes les cellules qui la constituent se portent à sa périphérie : on la nomme alors *blastule* ; elle se déprime à ce moment sur un de ses points, comme un ballon qui se dégonflerait; la dépression se prononce, envahissant la sphère tout entière, qui prend bientôt ainsi la forme d'une cloche; cette cloche, formée de deux couches de cellules appliquées l'une sur l'autre, est ce qu'on nomme la *gastrule*.

Tous les groupes animaux, dans leurs développements dilatés, passent invariablement par ces trois stades typiques. Chez les Spongiaires et les Hydrozoaires, l'œuf, très pauvre en matière nutritive, se segmente, aussitôt fécondé, devient *morule* (sphère pleine), devient *blastule* (sphère creuse); à ce moment, l'embryon, à peine constitué de quelques cellules, mais ses réserves nutritives se trouvant dès lors épuisées, est jeté sous cette forme dans l'eau de mer environnante, où il doit se comporter en animal parfait. Il se recouvre de cils vibratiles, nage, se déplace à la recherche des matériaux nutritifs et respiratoires nécessaires à sa vie et à sa croissance, grandit, se métamorphose et parfait son évolution, différente pour chacun des groupes. — Les Scyphozoaires, les Échinodermes, les Plathelminthes, les Entéropneustes, les Cordés (*Amphioxus*) passent également par les trois stades successifs : morule, blastule, gastrule, et mènent la vie libre sous ce dernier état. A ce moment, l'embryon, ses matières nutritives se trouvant épuisées, se recouvre de cils vibratiles, rompt ses membranes ovulaires, nage, se nourrit et achève de se développer, toujours à l'état libre, dans l'eau qui l'environne. — Les Trochozoaires et les Diplocordés passent, comme tous les précédents, par les trois états : morulaire, blastulaire, gastrulaire; il faut noter seulement que, chez eux,

ce dernier est légèrement dépassé au moment où l'embryon rompt ses membranes ovulaires et est abandonné à la vie libre; la cavité gastrulaire, qui est la cavité digestive, s'est mise en communication avec l'extérieur par une seconde ouverture qui sera l'anus, et une ou plusieurs couronnes de cils natatoires cerclent l'embryon, nommé alors *trochophore*. — Enfin, les Chétognathes montrent, comme toujours, les trois stades typiques : morule, blastule, gastrule; mais, étant donnée la grande simplicité d'organisation du Chétognathe adulte, l'embryon trouve assez de matière nutritive dans l'ovule pour y achever presque entièrement son développement à l'abri des membranes ovulaires, avant de commencer par conséquent son existence libre.

Seuls de tous les Métazoaires, les Arthropodes[1] ne présentent pas de développements dilatés. Leur œuf, trop gros, toujours pourvu d'une abondante matière nutritive, est incapable de se segmenter dans sa totalité; une partie de l'ovule subit seule la première division cellulaire; une altération profonde du développement en résulte, et l'embryon n'est mis en liberté que tardivement, quand il a épuisé sa réserve nutritive et qu'il présente déjà une organisation élevée. Mais, fait de la plus haute signification, quelques Arthropodes très inférieurs (*Cètochilus*, *Moïna*), dont l'ovule est moins riche en matière nutritive, subissent la segmentation totale; ils montrent alors ces deux phases morulaire et blastulaire dont nous venons de trouver sans exception des exemples dans tous les groupes des Métazoaires. Il est ainsi permis de supposer que les Arthropodes primitifs, avant le perfectionnement actuel de leur mode reproducteur, devaient posséder un développement ne différant pas de celui des autres groupes animaux.

On voit donc, avec une sorte de constance tout à fait remarquable, la série animale, si étonnamment diverse cependant, présenter d'une façon typique, dans toute son étendue, des formes embryonnaires presque semblables. Ces formes, dès la phase blastulaire, peuvent se comporter comme des organismes adultes (chez les Spongiaires et les Hydrozoaires), tenues qu'elles

---

1. Nous négligeons ici les trois groupes légèrement aberrants : Myzostomides, Acanthocéphales, Péripatides. Quant aux Némathelminthes, l'embryogénie de leurs représentants typiques (Prénématodes) est inconnue.

sont de pourvoir elles-mêmes à leur nutrition et à leur respiration. Il semble donc raisonnable de supposer que ces formes, aujourd'hui simplement transitoires, ont vécu d'une vie fixe, adulte, à une époque ancienne du monde où elles représentaient le plus haut degré de complication organique. Elles doivent être les premiers stades qui ont succédé sur le globe au stade cellulaire. De ces formes, se différenciant peu à peu dans des sens divers, sont issus, sans doute, les différents groupes animaux, ainsi qu'en font foi, semble-t-il, les phases constantes qu'ils présentent au bas de leur embryogénie.

Or, la *blastule*, la *gastrule* sont des formes essentiellement aquatiques, munies d'organes aquatiques (cils vibratiles), dépourvues de tout organe aérien, ne pouvant vivre, d'ailleurs, du fait de leur masse infime (quelques cellules), en dehors d'un milieu d'eau.

Au reste, cette théorie générale de descendance est inutile. Il suffit de considérer, pour le sujet qui nous occupe, chaque groupe en particulier. Nous avons vu les Spongiaires et les Hydrozoaires avoir pour première forme embryonnaire libre la blastule; les Scyphozoaires, les Échinodermes, les Plathelminthes, les Entéropneustes, les Cordés, la gastrule; les Trochozoaires, les Diplocordés, la trochophore : toutes, formes aquatiques. La première forme embryonnaire libre du Chétognathe est aquatique. La première forme embryonnaire libre de l'Arthropode, le *Nauplius*, est aquatique.

Si l'on admet que ces premières formes embryonnaires libres témoignent, pour chaque groupe, d'une forme ancestrale par laquelle chaque groupe est passé, — comme toutes ces formes sont aquatiques, l'origine aquatique de tous les groupes animaux en résulte.

Mais, comme il a été dit plus haut, ces deux premières démonstrations de l'origine aquatique de tous les organismes animaux peuvent paraître, l'une d'ordre trop général, l'autre d'ordre trop théorique. Nous allons aborder la troisième, à laquelle on pourra se reporter avec rigueur. L'origine aquatique de chaque groupe animal et, si besoin est, de chaque classe, de chaque ordre faisant partie d'un groupe, va s'y trouver établie en particulier, par l'examen du mode respiratoire considéré à tous les stades du développement.

TROISIÈME DÉMONSTRATION DE L'ORIGINE AQUATIQUE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Démonstration fondée sur l'examen du mode respiratoire de tous les organismes animaux, à tous les stades du développement.

Des quatre modes respiratoires que présente la série animale, trois modes (modes *cellulaire, tégumentaire, branchial*) correspondent à une vie fondamentalement aquatique; un seul (mode *trachéen*) à la vie aérienne. — La vie animale offre quatre modes respiratoires : les modes *cellulaire*, *tégumentaire*, *branchial* et *trachéen*.

Le mode *cellulaire* est celui dans lequel l'être, composé d'une seule cellule (PROTOZOAIRES), puise l'oxygène dissous dans l'eau où cette cellule vit nécessairement.

Le mode *tégumentaire*, celui où l'être, dépourvu d'appareil respiratoire différencié, s'approvisionne d'oxygène par toute la surface de son tégument, cet oxygène dyalisant ensuite à travers l'organisme, jusqu'aux couches cellulaires plus profondes.

Le mode *branchial*, celui où l'être, pourvu d'un appareil respiratoire différencié, opère les échanges gazeux sur une partie localisée de son tégument, la surface respiratoire se trouvant sur ce point augmentée artificiellement par un nombre plus ou moins considérable de fins replis, flottant dans une eau constamment renouvelée.

On pourrait nommer ces trois modes les modes respiratoires ***pleins***, par opposition au quatrième :

Le mode *trachéen* ou ***creux***, celui où l'appareil respiratoire creuse dans l'animal une cavité presque rigide, étrangère en quelque sorte à l'organisme et dans laquelle les liquides intérieurs, à l'abri d'une dessiccation rapide, s'oxygènent au contact de l'air lui-même, remplissant cette cavité.

Or :

1° Le premier mode (mode *cellulaire*) n'est possible que dans l'eau ou dans des conditions d'humidité en tenant lieu. Dans tout autre milieu, la cellule, immédiatement desséchée, cesserait d'être propre aux échanges vitaux.

2° Le deuxième mode (mode *tégumentaire*) n'est possible que dans des conditions analogues. Il n'est réalisable qu'autant que l'animal qui le présente offre: 1° une surface tégumentaire consi-

dérable par rapport à sa masse; 2° une perméabilité du tégument permettant les échanges gazeux. En dehors de ces conditions, la surface qui effectue les échanges respiratoires serait ou trop réduite, ou insuffisamment perméable pour subvenir aux besoins d'oxygène des tissus. C'est ainsi que tous les animaux doués de ce mode respiratoire sont toujours d'une masse réduite et d'une superficie considérable par rapport à cette masse (Ver de terre, par exemple). Or, étendue du tégument et perméabilité sont deux conditions imposant à l'animal un milieu aquatique ou fortement hygrométrique. Tout milieu sec entraînerait en effet une dessiccation rapide, et par conséquent la mort.

Sans doute, une respiration aérienne est possible aux animaux de ce groupe, mais autant que leur tégument reste humide, c'est-à-dire propre à la dyalise gazeuse, et qu'ils ne quittent point par conséquent les lieux frais (vases, sables, terres détrempées, etc.), qui continuent à leur procurer des conditions de vie en réalité aquatiques. C'est ainsi que la vie aérienne du Ver de terre est simplement apparente : la sécheresse le tue rapidement, tandis qu'il vit indéfiniment dans l'eau elle-même, où on peut le maintenir expérimentalement des mois entiers (Édmond Perrier).

5° Le troisième mode (mode *branchial*) n'est possible également que dans un milieu d'eau, hors duquel tous les minces replis branchiaux, cessant de flotter dans un liquide, s'accolent d'abord les uns aux autres, obstruent ainsi leur surface respiratoire, se dessèchent rapidement enfin au contact de l'air, devenant impropres à la dyalise gazeuse. Quelques organismes à mode respiratoire branchial vivent, il est vrai, comme dans le cas précédent, d'une vie apparente aérienne. Un certain nombre de Crabes (Crabes terrestres), de Crustacés Isopodes, de Mollusques Gastéropodes, de Poissons, sont dans ce cas. C'est qu'alors un artifice protège la branchie contre le dessèchement. Jamais celle-ci ne cesse de fonctionner dans le milieu humide ou même aquatique qui lui est indispensable; certains Crabes vont jusqu'à porter avec eux dans leur cavité branchiale une provision d'eau qu'ils agitent constamment afin de l'aérer, et dans laquelle continuent à nager les minces replis branchiaux. Ces exceptions n'en sont donc pas. (Voir Edmond Perrier, *Traité de Zoologie*, p. 513.)

Tout organisme à mode respiratoire *cellulaire*, *tégumentaire* ou *branchial*, c'est-à-dire à mode respiratoire *plein*, est donc en définitive un organisme à vie nécessairement et fondamentalement aquatique.

Le quatrième mode respiratoire seul (*creux* ou *trachéen*) correspond à la vie aérienne, supporte et nécessite à la fois un milieu aérien.

Principe de la démonstration. — Il suffira donc d'examiner le mode respiratoire d'un organisme à tous les stades de son développement pour décider de ses modes de vie actuels et ancestraux. Tout organisme, dépourvu à ces différents stades d'appareil respiratoire *creux* ou *trachéen*, s'accusera de vie et de lignée tout entière aquatiques. Tout organisme, pourvu au contraire d'un tel appareil, à un stade quelconque de son développement (ou du développement du groupe auquel il appartient), s'accusera comme ayant mené à une époque de sa vie évolutive une existence réellement aérienne, et l'origine aquatique de cet organisme restera à démontrer, au-dessous de cette époque.

Méthode. — Nous allons examiner tour à tour les différents groupes animaux. Leur anatomie nous fixera d'abord sur leur mode respiratoire à l'âge adulte. De ce mode respiratoire, nous pourrons conclure le plus souvent *a priori* à l'habitat, qui sera vérifié sur-le-champ.

De deux choses l'une :

1° Ou le mode respiratoire adulte et l'habitat seront aquatiques. Il restera à démontrer que l'origine est également aquatique. On interrogera dans ce cas l'embryogénie du groupe animal, en choisissant naturellement les embryogénies dilatées.

2° Ou le mode respiratoire adulte, ou simplement l'habitat, ne seront pas aquatiques. L'origine aquatique sera démontrée alors soit par le mode respiratoire lui-même, demeuré aquatique, soit par l'origine aquatique des formes originelles du groupe, soit par l'embryogénie, à caractères aquatiques, des organismes aériens eux-mêmes.

Classification employée. — La classification employée sera :

1° Pour les Protozoaires, celle du dernier ouvrage classique français paru sur ce groupe animal : Delage et Hérouard, 1896, *Traité de Zoologie concrète*.

2° Pour tout le reste (sauf quelques très légères modifications toujours raisonnées et justifiées), celle également du dernier ouvrage classique français : L. Roule, 1898, *Anatomie comparée des animaux basée sur l'embryologie*.

Pour la rigueur de la démonstration, nous élèverons à la dignité de ***groupe animal*** certains sous-groupes dont la classification est encore douteuse, tels que Myzostomides, Acanthocéphales, Phoronidiens (Diplocordés). Le terme ***groupe*** s'appliquera ainsi seulement aux ensembles de formes présentant entre elles des rapports de parenté anatomique et embryogénique suffisamment étroits pour qu'ils autorisent à conclure à une origine unique de toutes ces formes.

Le règne animal comprend de la sorte vingt groupes :

Parmi les **Protozoaires**. — 1. Rhizopodes.
— 2. Sporozoaires.
— 3. Flagellés.
— 4. Infusoires.
Parmi les **Mésozoaires**. — 5. Mésozoaires.
Parmi les **Métazoaires**. — 6. Spongiaires.
— 7. Hydrozoaires.
— 8. Scyphozoaires.
— 9. Échinodermes.
— 10. Plathelminthes.
— 11. Myzostomides.
— 12. Acanthocéphales.
— 13. Némathelminthes.
— 14. Trochozoaires.
— 15. Chétognathes.
— 16. Arthropodes.
— 17. Péripatides.
— 18. Diplocordés.
— 19. Hémicordés.
— 20. Cordés.

Démonstration.

Premier degré d'organisation. — **PROTOZOAIRES**

Quatre groupes : Rhizopodes, Sporozoaires, Flagellés, Infusoires.

Tous, animaux unicellulaires.

Mode respiratoire : cellulaire. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers et eaux douces principalement. Quelques rares espèces (*Amphizonella violacea*), dans la vase ou

la terre humide. Un assez grand nombre, parasites de Vertébrés ou d'Invertébrés (tube digestif et tissus, les tissus organiques contenant 70 ou 80 pour 100 d'eau).

Origine : aquatique, — tout Protozoaire dérivant soit d'une cellule semblable à lui-même (fissiparité, gemmiparité), soit seulement d'un fragment de cellule (sporulation).

On range parmi les Protozoaires des animaux pluricellulaires, mais formés simplement du groupement de la même cellule, — toutes ces cellules restant indifférenciées. Chaque cellule conservant dans ce groupement son mode de vie propre, comme une cellule isolée, les lignes précédentes valent pour ces colonies.

Deuxième degré d'organisation. — **MÉSOZOAIRES**

Degré d'organisation transitoire entre le Protozoaire, composé d'une seule cellule, et le Métazoaire, chez qui à l'âge adulte les cellules seront toujours groupées en trois feuillets distincts : ectoderme, endoderme, mésoderme. Les Mésozoaires sont les êtres réalisant à l'âge adulte le stade à deux feuillets (ectoderme, endoderme) par lequel passent tous les embryons des Métazoaires.

Animaux pluricellulaires, mais composés d'un nombre très restreint de cellules. Aucun organe différencié.

Mode respiratoire : tégumentaire. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Rhombifères ou Dicyémides, parasites des organes excréteurs des Mollusques Céphalopodes (Seiche, Poulpe); Orthonectides, parasites des tissus ou de la cavité générale de Turbellariés (*Leptoplana tremellaris*, *Lineus gesserensis*, *Nemertes lacteus*) ou d'Echinodermes Ophiurides (*Amphiura*, *Ophiocoma*).

Origine : aquatique, — ressortant de : absence d'un mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire aux différents stades du développement.

Schéma du développement. — Cellule primordiale fécondée, se multipliant jusqu'à constitution d'une petite sphère pleine, *morula*, qui se façonne ensuite, le stade adulte dépassant à peine ce stade morulaire.

Troisième degré d'organisation. — **MÉTAZOAIRES**

Organismes composés de cellules disposées toujours en trois feuillets distincts : ectoderme, endoderme, mésoderme (externe, interne, moyen).

1er GROUPE. — **Spongiaires**[1].

Les plus simples des Métazoaires. Aucun appareil physiologique.

Mode respiratoire : tégumentaire (ectodermique et endodermique), la respiration des cellules s'effectuant aux dépens de l'oxygène dissous dans l'eau qui baigne extérieurement et intérieurement l'animal entier. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers et eaux douces.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° absence d'un mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à tous les stades du développement ; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Fécondation et schéma d'un développement dilaté. — Des cellules mésodermiques se différencient en cellules sexuées. Les cellules mâles, mûres les premières, quittent les tissus, nagent dans l'eau extérieure et vont féconder les ovules qui arrivent à maturité dans le mésoderme d'autres Éponges.

Ovule toujours pauvre en matière nutritive, développements toujours dilatés. Phases morulaire, blastulaire. L'embryon, à ce moment, composé de quelques cellules, rompt le tissu maternel, tombe dans les canaux intérieurs de l'Éponge, se recouvre aussitôt de cils vibratiles, s'il en est dépourvu encore, et, porté dans l'eau environnante, il y nage, s'alimente, grandit, puis se fixe et achève son évolution, sans présenter d'autre mode respiratoire que le mode tégumentaire.

2e GROUPE. — **Hydrozoaires**[2].

Infériorité organique voisine de celle des SPONGIAIRES. Une cavité gastrique.

Pour le mode respiratoire, l'habitat, l'origine, — observations identiques à celles du groupe précédent.

Fécondation et schéma des développements dilatés. — Les éléments reproducteurs mâles et femelles, dérivés de l'ectoderme ou de l'endoderme, sont versés dans l'eau environnante. Les éléments mâles y nagent à la rencontre des éléments femelles, le plus souvent pauvres en matière nutritive. Développements presque toujours dilatés. Phases morulaire, blastulaire. Mise en liberté, à ce moment, de l'embryon, qui se recouvre de cils vibratiles, nage, vit d'une vie propre, s'alimente, grandit, se fixe ou non, et achève son évolution sans présenter d'autre mode respiratoire que le mode tégumentaire.

---

1. Éponges.
2. Hydres, Méduses, etc.

3e GROUPE. — **Scyphozoaires**[1].

Organisation générale très voisine de celle des HYDROZOAIRES. Pour le mode respiratoire, l'habitat, l'origine, — observations identiques à celles des deux groupes précédents.

Fécondation et schéma des développements dilatés. — Les éléments reproducteurs, issus du mésoderme (ou de l'endoderme?) tombent dans la cavité gastrique, qui n'est qu'une poche d'eau de mer, communiquant par un large orifice avec l'extérieur. Les spermatozoïdes quittent cette poche en nageant; les ovules y demeurent au co[illegible]aire, y sont fécondés et y accomplissent leur segmentation. Développements généralement condensés. Dans les développements dilatés, phases morulaire, blastulaire, gastrulaire. Mise en liberté, à ce moment, de l'embryon, dont l'ectoderme se recouvre de cils vibratiles et donne en même temps naissance à l'ébauche du mésoderme. La larve tournoie à l'aide de ses cils dans la poche marine maternelle, gagne bientôt l'extérieur, s'y alimente et parfait son évolution sans présenter d'autre mode respiratoire que le mode tégumentaire.

4e GROUPE. — **Échinodermes**[2].

Appareils physiologiques différenciés pour la première fois. Une *cavité générale* ou *cœlome*, creusée dans le feuillet moyen.

Modes respiratoires : cellulaire et tégumentaire, — branchial, dans quelques cas. — Cellulaire : les cavités mésodermiques des ÉCHINODERMES (appareil irrigateur, cavité générale) communiquent en effet avec le dehors; l'eau de mer est par conséquent introduite dans l'organisme, et effectue directement l'oxygénation des cellules qui tapissent ces cavités et de celles qui y nagent. — Tégumentaire : une osmose gazeuse s'effectue sans aucun doute sur la surface énorme que peuvent présenter les bras et surtout les ramifications ambulacraires, dont la paroi est si mince. — Branchial, enfin, dans les cas où une partie du tégument se limite à la fonction respiratoire ou s'y spécialise (ambulacres dorsaux des Holothurides ne servant plus à la marche, tentacules péribuccaux, émergences branchiales). Tous modes respiratoires *pleins*, c'est-à-dire aquatiques. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas d'autre mode res-

---

1. Coraux, etc.
2. Étoiles de mer, Oursins, Ophiures, etc.

piratoire à aucun stade du développement; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Fécondation et schéma d'un développement dilaté. — A part quelques exceptions de viviparité, les éléments reproducteurs sont versés par les parents dans l'eau de mer environnante où la rencontre et la fécondation s'effectuent. L'ovule est presque toujours pauvre en matière nutritive. Développements presque invariablement dilatés. Phases morulaire, blastulaire, gastrulaire. A ce moment, l'endoderme a déjà commencé à donner naissance aux premières cellules mésodermiques. Mise en liberté, sous cet état, de l'embryon dont l'ectoderme entier se recouvre de cils vibratiles. L'embryon se déplace dans la mer, s'y nourrit. L'endoderme donne alors naissance aux diverticules qui vont former dans l'intérieur du mésoderme l'ébauche de la cavité générale et de l'appareil irrigateur. La cavité gastrulaire, se creusant, arrive à déboucher à l'extérieur, par une seconde ouverture, qui sera la bouche. L'ébauche de l'appareil irrigateur (hydrocœle) se met également en communication avec le dehors par un tube nommé hydrophore, si bien que dès ce moment le corps est creusé de trois sortes de cavités, dont deux, la cavité gastrique et la cavité hydrocœle, sont en communication directe avec l'extérieur marin. L'hydrocœle entoure alors la cavité gastrique d'un anneau creux (l'anneau hydrophore) qui émet subitement cinq bras extérieurs (tentacules péribuccaux) et cinq bras intérieurs (premières ébauches ambulacraires) dans lesquels l'eau de mer peut circuler librement : la larve *Pentactula*, larve typique de tous les ÉCHINODERMES, est à ce moment constituée. Les cils vibratiles la revêtent toujours en entier.

Pour mieux se disperser dans la mer à la recherche des matériaux nutritifs et respiratoires nécessaires à l'achèvement de leur évolution, les larves acquièrent alors des organes locomoteurs temporaires, couronnes ciliées, plus ou moins lobées ou frangées, ou bras en forme de longues baguettes rigides, destinés à offrir une prise aux courants marins, — tous modes locomoteurs aquatiques. Ces organes persistent pendant que s'achève l'organisme, puis s'atrophient tout d'un coup, au seuil de l'état adulte.

5° GROUPE. — Plathelminthes.

Classes : — généralement libres : TURBELLARIÉS; NÉMERTES; — parasites : TRÉMATODES; CESTODES.

Organismes d'une extrême simplicité. Appareils digestif et circulatoire manquant souvent. Appareil respiratoire absent toujours.

Mode respiratoire : tégumentaire. — Habitat fondamental nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique (mers, eaux douces, milieux organiques), quelques genres toutefois terrestres sur ou dans les terres humides. — Un même genre, *Geonemertes*, des Némertes, compte des espèces, les unes aquatiques, les autres terrestres sous les

pierres humides, d'autres espèces terrestres dans le sol humide (à la façon des Lombriciens : Vers de terre). Ce genre permet donc de saisir à quel point l'existence terrestre dans les lieux humides n'est qu'une existence aquatique, insensiblement modifiée. — *Geoplana*, *Geodesmus*, *Rhyncodesmus*, etc., des Turbellariés, possèdent sur toute leur périphérie de nombreuses cellules à mucus, qui, recouvrant l'animal d'une épaisse couche imperméable aussitôt que le milieu se dessèche, montrent encore combien cette vie terrestre n'est en réalité qu'une vie aquatique, nullement une vie aérienne.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° absence de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à tous les stades du développement ; 2° présence de véritables larves aquatiques dans toutes les classes de PLATHELMINTHES, même des PLATHELMINTHES parasites.

Schéma d'un développement dilaté (Némertes sans amnios). — Phases morulaire, blastulaire. Dès cette phase, le futur endoderme émet les premières cellules mésodermiques, pendant que l'ectoderme, avant de rompre les membranes ovulaires, se recouvre déjà de cils vibratiles. La gastrule se constitue. Mise en liberté, sous cet état, de l'embryon qui nage dans l'eau extérieure, s'y nourrit et achève son évolution, sans présenter d'autre mode respiratoire que le mode tégumentaire.

Chez tous les autres PLATHELMINTHES, développements condensés, laissant subsister toutefois le plus souvent des stades larvaires aquatiques, précoces chez la plupart des Dendrocœles Polyclades (Turbellariés) et des Némertes à larves Pilidiennes, plus tardives chez les autres représentants de ces deux classes.

Larves aquatiques des PLATHELMINTHES parasites. — Chez les Cestodes, les Trématodes monogènes et mieux encore chez les Trématodes digènes, on assiste au passage de la forme embryonnaire, libre, primitive, aquatique et nageuse à la forme adulte, parasite, fixée et secondaire. — Les Cestodes et les Trématodes monogènes présentent une forme larvaire ciliée, capable de nager une journée entière à la recherche d'un hôte, dans lequel la larve s'enkyste, perd ses cils natatoires, acquiert ses crochets et ses ventouses de fixation. — Les Trématodes digènes présentent une première forme larvaire dite *miracidium*, libre, également nageuse durant les quelques heures utilisées à la recherche de l'hôte, où la larve s'enkyste comme précédemment, perd ses organes de natation, devient sporocyste, donne naissance sous cet état à une nouvelle forme larvaire nommée *cercaire*, laquelle, armée d'une queue, organe de natation, vit libre dans l'eau où elle nage à la recherche d'un nouvel hôte, dans lequel elle s'enkyste une nouvelle fois, perd encore son organe de natation, enfin devient adulte, parasite et fixée.

LOUIS ROULE place ici, à côté des PLATHELMINTHES, deux groupes de situation douteuse, les MYZOSTOMIDES (*Stelechopus*,

Myzostomum), généralement classés parmi les Annélides, et les Acanthocéphales, classés d'ordinaire parmi les Némathelminthes.

6e et 7e groupes. — **Myzostomides, Acanthocéphales.**

Les deux groupes, — dépourvus d'appareil respiratoire; à mode respiratoire tégumentaire; d'habitat aquatique; les premiers dans les mers, parasites externes d'Échinodermes Crinoïdes; les seconds dans les milieux organiques, parasites internes de Vertébrés; sans mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à aucun stade du développement; les Myzostomides à phase larvaire ciliée, voisine de la trochophore des Trochozoaires; les Acanthocéphales à embryogénie condensée, parente de celle des Plathelminthes, — les uns et les autres, par conséquent, d'origine aquatique.

8e groupe. — **Némathelminthes.**

Classes : — libres (constituant les Prénématodes) : Gastérotriches, Échinodères, Desmoscolécides, Chœtosomides; — libres et parasites : Nématodes, Gordiidés.

Infériorité organique manifeste. Taille le plus généralement microscopique. Jamais d'appareils circulatoire ni respiratoire.

Mode respiratoire : tégumentaire. — Habitat fondamental, nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers, eaux douces, milieux organiques, terres humides également pour un certain nombre de Nématodes, mais ce dernier habitat étant en réalité aquatique et simplement secondaire : 1° certains genres : *Teratocephalus*, *Rhabdolaimus*, *Dorylaimus*, *Oncholaimus*, etc., répartissent à la fois leurs espèces dans les eaux et dans le sol humide; 2° toutes ces espèces terrestres n'effectuent leur respiration que par le tégument.

Origine : aquatique, — résultant de : pas de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire dans l'embryogénie (seule connue, — embryogénie condensée) des Némathelminthes supérieurs (Nématodes). — L'embryogénie des Prénématodes, c'est-à-dire des classes primitives, et, par conséquent, les plus intéressantes du groupe, est ignorée.

9e GROUPE. — Trochozoaires.

1er embranchement. — ***Prétrochozoaires.*** — Classe : ROTIFÈRES.

2e embranchement. — ***Tentaculifères.*** - Classes : BRYOZOAIRES, BRACHIOPODES, SIPUNCULIENS, PRIAPULIDES.

3e embranchement. — ***Annélides.*** — Classes : ARCHIANNÉLIDES, OLIGOCHÈTES, HIRUDINÉES.

4e embranchement. — ***Pseudannélides.*** — Classes : STERNASPIDIENS, ÉCHIURIENS.

5e embranchement. — ***Mollusques.*** — Classes : AMPHINEURES, SOLÉNOCONQUES, LAMELLIBRANCHES, GASTÉROPODES, CÉPHALOPODES.

Deux démonstrations de l'origine aquatique du groupe des TROCHOZOAIRES.

I. — **Démonstration générale.** — Le groupe des TROCHOZOAIRES est composé de formes très dissemblables, mais présentant toutes dans leurs embryogénies dilatées un stade larvaire spécial, dit *trochophore*, révélant leur parenté. La *trochophore* est une larve aquatique libre, succédant immédiatement à la gastrule : elle est caractérisée par la possession : 1° d'un tube digestif qui la traverse de part en part et qui n'est que la cavité gastrulaire prolongée; 2° d'une paire de néphridies, c'est-à-dire de canaux excréteurs symétriques mettant en communication l'ébauche de la cavité générale avec l'extérieur; 3° d'une ou de plusieurs couronnes de cils vibratiles, dont une presque constamment située à hauteur de la bouche. — Cette larve mène une vie indépendante dans l'eau où elle nage, s'y nourrit, et, à la faveur de cette nourriture, poursuit son évolution dans les sens les plus divergents, selon l'embranchement auquel elle appartient (Rotifères, Mollusques, Annélides, Bryozaires, etc.). Cette larve, ne manquant dans aucun embranchement constituant la série, fait foi de l'origine aquatique de chacun d'eux. — Premières phases d'un développement dilaté : morule, blastule, gastrule, trochophore.

II. — **Démonstration particulière.** — Afin d'effectuer plus commodément la démonstration particulière de toutes les formes composant le groupe des TROCHOZOAIRES, nous allons diviser celui-ci en quatre sous-groupes, trois constitués selon le mode respiratoire et l'habitat, le quatrième composé par l'embranchement homogène des Mollusques.

1er SOUS-GROUPE

1er embranchement. — ***Prétrochozoaires***. — Classe : ROTIFÈRES.

2e embranchement. — ***Tentaculifères***. — Classes : BRYOZOAIRES, BRACHIOPODES, SIPUNCULIENS, PRIAPULIDES.

Parmi le 3e embranchement. — ***Annélides***. — Une classe : ARCHIANNÉLIDES.

Parmi le 4e embranchement. — ***Pseudannélides***. — Une classe : ÉCHIURIENS.

Mode respiratoire de toutes ces classes: tégumentaire (tout appareil respiratoire différencié manquant). — Habitat nécessairement aquatique

Habitat : aquatique. — Mers et eaux douces.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à aucun stade du développement ; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

La larve *trochophore* se rencontre sans exception dans l'embryogénie de toutes ces classes.

2e SOUS-GROUPE

Parmi le 3e embranchement, — une autre classe : POLYCHÈTES.

Parmi le 4e embranchement, — une autre et dernière classe : STERNASPIDIENS.

Modes respiratoires de ces deux classes : tégumentaire et souvent branchial, — les branchies constituées par des expansions extérieures du tégument, lesquelles flottent dans le milieu ambiant. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur au mode branchial à aucun stade du développement; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Fécondation et schéma d'un développement dilaté. — Éléments reproducteurs jetés (dans la majorité des cas) dans l'eau environnante, les éléments mâles nageant à la rencontre des éléments femelles. Stade *trochophore*. Évolution consistant ensuite schématiquement dans la formation d'anneaux tous semblables entre eux et à la trochophore primitive. Constitution des branchies par spécialisation d'expansions normales du tégument (parapodes, cirres, tentacules, etc.).

3e SOUS-GROUPE

Parmi le 3e embranchement, — deux autres et dernières classes : OLIGOCHÈTES, HIRUDINÉES.

OLIGOCHÈTES (ou LOMBRICIENS). — Modes respiratoires : tégumentaire, — branchial dans quelques rares cas (*Hesperodrilus*, *Branchiura*, desTubificimorphes). — Habitat fondamental nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique, terrestre également dans les terres humides. Ce dernier habitat est en réalité aquatique. Les formes qui le présentent ne jouissent, en effet, que d'une respiration tégumentaire qui ne s'accommode d'une vie terrestre que grâce à l'humidité du milieu. Elles sont capables au contraire de vivre indéfiniment dans l'eau même (Ver de terre, voir plus haut, page 15, EDMOND PERRIER).

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur aux modes tégumentaire ou branchial à aucun stade du développement (chez les Oligochètes terrestres, fécondation par accouplement ; œufs riches en matière nutritive, enfermés dans un cocon ; embryogénies condensées ; pas de stade trochophore) ; 2° ressortant également de : mode de vie aquatique et origine aquatique des formes ancestrales de l'embranchement et de la classe (formes ancestrales de l'embranchement : Polychètes, voir plus haut leur mode de vie et leur origine aquatiques ; — formes ancestrales de la classe : Æolosomes, les seules à se reproduire par dissociation du corps, celles chez qui l'appareil circulatoire présente son plus grand degré de simplicité, formes purement aquatiques).

HIRUDINÉES. — L'habitat aquatique qu'on observe chez les Hirudinées n'est pas un habitat primitif ; les Hirudinées reviennent à terre pour s'y accoupler et pondent sur le sol humide. Elles dérivent donc de formes de mœurs incontestablement terrestres.

Leur origine aquatique résulte toutefois de l'absence, à tous les stades de leur développement, d'un mode respiratoire supérieur au mode branchial. Ce mode branchial ne se rencontre que chez de rares formes (*Branchellio*, *Ozobranchus*, etc.) ; les autres respirent simplement par le tégument. Les formes terrestres inconnues, probablement Lombriciennes, dont dérivent les Hirudinées, ne pouvaient être que des formes en réalité aquatiques.

Fécondation par accouplement, ovules riches en matière nutritive, embryogénies condensées, sans stade trochophore, comme dans la classe précédente[1].

4e SOUS-GROUPE

5e embranchement. — ***Mollusques***.

Divisions :

Prémollusques, ou Mollusques inférieurs. — Classes : AMPHINEURES, SOLÉNOCONQUES.

Eumollusques ou Mollusques supérieurs. — Classes : LAMELLIBRANCHES, GASTÉROPODES, CÉPHALOPODES.

Deux démonstrations de l'origine aqualique du sous-groupe des Mollusques.

I. — **Démonstration systématique. — Les formes les plus inférieures des Mollusques, les plus voisines par conséquent des formes originelles du sous-groupe, sont aquatiques de vie et d'origine.** — L'embranchement des Mollusques, remarquablement homogène, est composé de formes présentant toutes des caractères distinctifs et communs, attestant une origine unique. L'origine aquatique des classes inférieures du groupe entraînera donc déjà l'origine aquatique du groupe entier.

DÉTERMINATION DES CLASSES INFÉRIEURES DE L'EMBRANCHEMENT. — Les deux classes les moins différenciées des Mollusques, les plus voisines des origines, sont les Amphineures et les Solénoconques. Elles ont encore la symétrie bilatérale des Vers que vont perdre par la suite les Mollusques plus élevés, par torsion de l'axe du corps entraînant le rapprochement de la bouche et de l'anus, et déterminant l'atrophie de tous les organes d'un côté. Or :

Modes respiratoires des Amphineures et des Solénoconques : tégumentaire (Solénoconques; et *Proneomenia*, des Amphineures) ; branchial (les autres Amphineures). — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur aux modes tégumentaire ou branchial à aucun

---

1. Bien noter que ce stade trochophore, qui manque aux Oligochètes et aux Hirudinées, ne manque pas à l'embranchement dont ces deux classes font partie : les Polychètes le possèdent.

stade du développement; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Fécondation et schéma d'un développement dilaté. — Éléments reproducteurs, mâles et femelles, jetés (au moins chez les Solénoconques) dans l'eau environnante, où ils se rencontrent et se fécondent. Ovule pauvre en matière nutritive. Développements dilatés. Phases morulaire, blastulaire, gastrulaire; puis larve libre trochophore. Un pied, homologue de celui des Rotifères adultes, caractérise cette larve. La larve nage dans l'eau de mer, où elle est mise en liberté, s'y nourrit et achève son évolution, sans présenter de mode respiratoire supérieur aux modes tégumentaire ou branchial.

Cette origine aquatique des classes les plus voisines des formes originelles témoigne de l'origine aquatique de l'embranchement entier.

On peut la démontrer en particulier pour chacune des trois classes restantes.

II. — **Démonstration analytique. — Origine aquatique de chaque classe en particulier.** — Trois classes restent : Lamellibranches, Céphalopodes, Gastéropodes. Les deux premières sont tout entières à mode respiratoire branchial, à habitat aquatique, à développements s'effectuant tout entiers en milieu aquatique. Leur origine, comme leur vie, est donc aquatique.

Seule, la dernière classe (Gastéropodes) compte des représentants, dits Pulmonés, capables d'une vie terrestre et d'une respiration réellement aérienne.

Examen de cette classe.

Gastéropodes. — Deux groupes de formes.

Un premier, exclusivement aquatique, à mode respiratoire branchial, sans mode respiratoire supérieur à aucun stade du développement, à embryogénie parente, dans les développements dilatés, de celle des Amphineures et des Solénoconques, c'est-à-dire à stade trochophore, succédant aux phases morulaire, blastulaire, gastrulaire, — groupe, par conséquent, d'habitat et d'origine aquatiques.

Un second groupe de formes habitant les terres, les endroits humides et les eaux (Gastéropodes Pulmonés : Limnées, Planorbes, Escargots, Limaces, etc.), respirant l'air en nature et non plus l'air dissous dans l'eau. C'est ainsi que les Gastéropodes Pulmonés aquatiques remontent à la surface de l'eau, afin

d'y venir puiser l'air en nature, qu'ils englobent dans leur cavité pulmonaire.

Or, l'étude de la respiration des Gastéropodes montre que la respiration des Gastéropodes Pulmonés n'est qu'une différenciation à peine sensible de la respiration des Gastéropodes branchifères du premier groupe. Chez ces Gastéropodes branchifères, la respiration s'effectue par des branchies, disposées dans une cavité largement ouverte (cavité palléale), comprise entre la masse de l'animal et un repli du tégument, nommé manteau. Le manteau joue lui-même un rôle respiratoire important : le sang qui le traverse s'oxygène dans les lacunes dont il est creusé et va rejoindre dans les oreillettes le sang qui sort, également oxygéné, des branchies. L'anatomie comparée montre que l'adaptation à la vie aérienne se réalise d'une façon fort simple : la cavité palléale ou branchiale, afin de se protéger contre le dessèchement, se rétrécit peu à peu pour ne plus s'ouvrir bientôt que par un orifice très étroit; les branchies s'atrophient et disparaissent; le manteau, s'enrichissant de vaisseaux, accapare la fonction respiratoire tout entière. Différents stades de transition existent entre ces modes extrêmes : l'Ampullaire, Gastéropode aérien, conserve encore une branchie dans une partie de sa cavité primitive; l'autre partie de cette cavité se transforme seule en sac pulmonaire. L'orifice de la cavité branchiale ne se rétrécit pas chez le Cyclostome, autre Gastéropode aérien; seules, les branchies, exposées au desséchement, disparaissent. Mais cette disparition des branchies et ce rôle respiratoire de plus en plus prépondérant du manteau caractérisent si peu un mode respiratoire aérien que chez de nombreux Gastéropodes essentiellement aquatiques (Lépétides, Eurybiides, Clionides, Phyllirhoïdes, Elysiides), la respiration s'effectue par cette seule surface du manteau, les organes branchiaux ayant disparu.

La respiration des Gastéropodes Pulmonés n'est donc en réalité qu'une respiration aquatique, sinon branchiale. Le mode respiratoire reste un mode ***plein***. Aucune cavité ne ***creuse*** l'organisme de tubes rigides. L'air atmosphérique seul, il est vrai, arrive à pouvoir être respiré; mais le phénomène n'a rien de primitif. Les Gastéropodes Pulmonés aquatiques, dans leur jeune âge, en effet, n'ont pas la faculté de respirer l'air en nature; l'eau remplit leur cavité pulmonaire, laquelle n'est encore qu'une cavité branchiale; ce n'est qu'à un âge plus avancé qu'ils acquièrent

le pouvoir d'utiliser dans leur cavité respiratoire l'air atmosphérique dont ils la remplissent. Enfin, toute cette respiration pulmonaire n'est possible qu'à la faveur de milieux fortement humides. Un grand nombre de Gastéropodes Pulmonés ne vivent que dans les eaux ; les autres n'habitent que les lieux frais. Pendant les sécheresses, leur orifice pulmonaire reste clos, bouché même par un mucus durci ; l'animal ne sort de sa léthargie qu'avec le retour de l'humidité.

L'anatomie comparée montre d'autre part que, dans la classe des Gastéropodes, les Gastéropodes Pulmonés ne sont aucunement des formes primitives, mais bien des formes secondaires, toutes hautement différenciées. Aucune famille pulmonée de l'ordre des Prosobranches n'a évolué pour donner naissance à des types nouveaux; toutes ces familles pulmonées sont au contraire de simples rameaux terminaux de différentes familles branchifères (Hélicinidés et Proserpinidés, rameaux terminaux des Néritidés ; Cyclophores et Ampullaires, rameaux terminaux des Paludines; Cyclostomes, rameau terminal des Littorinidés ; Aciculidés et Truncatellidés, rameaux terminaux des Rissoïdes). Leur origine aquatique en ressort.

Enfin la paléontologie, dans les limites où on doit lui prêter créance, montre, à côté de la haute antiquité des Gastéropodes aquatiques, la récence du Gastéropode Pulmoné. Tandis que dans les couches les plus anciennes du globe (cambrien), les Gastéropodes aquatiques sont déjà représentés par 6 familles et 123 genres, dans les couches siluriennes par 11 familles et 950 genres, par 1400 genres en définitive dans les seuls terrains primaires, deux seuls genres (*Pupa*, *Zoonites*), dans le terrain houiller, témoignent de la faune pulmonée à l'époque primaire.

Cette faune ne se développe qu'avec une lenteur extrême dans toute la période secondaire (9 genres dans le jurassique, 25 dans le crétacé) pour ne s'étendre avec abondance que dans la période tertiaire et à l'époque actuelle. On voit de même, dans l'ordre des Gastéropodes Prosobranches, les familles pulmonées n'apparaître que postérieurement aux familles aquatiques dont elles sont les rameaux terminaux. Tandis que les Néritidés apparaissent dès le trias, les Paludines dans le jurassique moyen, les Littorinidés, les Rissoïdes dans le jurassique supérieur, — les Hélicinidés pulmonés sont encore aujourd'hui sans fossiles, les

Ampullaires et les Cyclostomes se montrent seulement dans le crétacé, les Truncatellidés dans l'éocène, les Aciculidés enfin dans l'oligocène.

10e GROUPE. — Chétognathes.

Animaux d'une grande infériorité organique, sans appareils circulatoire ni respiratoire.

Mode respiratoire : tégumentaire. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à aucun stade du développement ; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Fécondation et schéma du développement dilaté. — Éléments reproducteurs jetés dans l'eau environnante, les éléments mâles nageant à la rencontre des éléments femelles. Développement dilaté. Phases morulaire, blastulaire, gastrulaire. Naissance de deux replis endodermiques, qui s'avancent dans la cavité gastrulaire et forment aux dépens de cette cavité elle-même la cavité générale. L'embryon poursuit progressivement sa courte évolution à l'abri de la coque ovulaire, sans présenter de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire. Mise en liberté près de l'état parfait.

11e GROUPE. — Arthropodes.

1er sous-embranchement. — ***Pantopodes.*** — Classe : PYCNOGONIDES.

2e sous-embranchement. — ***Allantennés.*** — Classes : TRILOBITES (éteints) ; MÉROSTOMACÉS, ARACHNIDES.

3e sous-embranchement. — ***Biantennés.*** — Classes : MYRIAPODES, INSECTES.

4e sous-embranchement. — ***Quadriantennés.*** — Classes : ENTOMOSTRACÉS, MALACOSTRACÉS.

Premier groupe de la série animale allant offrir des représentants réellement aériens.

Deux démonstrations de son origine aquatique, comme pour l'embranchement des Mollusques.

I. — **Démonstration systématique. — Les formes les plus inférieures des Arthropodes, les plus voisines par conséquent des organismes ancestraux du groupe, sont des formes aquatiques, d'origine également aquatique.** — Le groupe des ARTHROPODES, remarquablement homogène comme l'embranchement

des Mollusques, est composé de formes présentant toutes des caractères distinctifs et communs, attestant une origine unique. L'origine aquatique des formes les plus inférieures du groupe devra donc témoigner déjà de l'origine aquatique du groupe entier.

Détermination des formes les plus inférieures du groupe. — Les huit classes, composant le groupe des Arthropodes, offrent une structure générale et un plan organique tout à fait analogues. Leurs différences principales tiennent à la forme des appendices, qui, tous semblables chez les embryons inférieurs, se spécialisent ***peu à peu*** par la suite dans des fonctions physiologiques déterminées (tact, préhension, mastication, locomotion, respiration, reproduction), en sorte que le degré de différenciation de ces appendices peut servir à fixer le rang occupé par une classe dans le groupe.

D'autre part, l'étude embryogénique et anatomique du groupe montre que les Arthropodes dérivent d'un type muni seulement d'un petit nombre d'appendices, que ces appendices se sont premièrement multipliés, puis en second lieu réduits, cette réduction succédant à la multiplication. On assiste ainsi, dans l'embryogénie des formes supérieures : 1° à la constitution d'un embryon capable dans certains cas d'une vie libre, et doté d'un nombre très restreint d'appendices; 2° à la multiplication de ces appendices sur l'embryon lui-même; 3° à une coalescence de ces appendices qui se réduisent peu à peu, pour s'arrêter à un nombre généralement fixe dans l'intérieur d'une classe.

Or, l'examen des Pantopodes montre que, de tous les Arthropodes, ils sont ceux chez lesquels les appendices : 1° atteignent le moindre degré de différenciation, 2° se sont le moins multipliés. Les Pantopodes ne comptent, en effet, que sept paires d'appendices (sans aucun phénomène secondaire de réduction), trois provenant de leur larve *Protonymphon*, les quatre autres apparues par la suite. Sans doute, les Ostracodes n'en comptent également que sept paires, ce qui contribue d'ailleurs à les classer à un des rangs les plus bas du groupe entier, mais chez les Ostracodes les antennes sont déjà différenciées; elles ne le sont pas chez les Pantopodes. La simplicité organique des Pantopodes accuse encore leur infériorité. Ils sont donc, de tous les Arthropodes, les témoins les plus proches de la souche originelle. Or :

Mode respiratoire des Pantopodes : tégumentaire (aucun appa-

reil respiratoire différencié). — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à aucun stade du développement; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Développement. — L'ovule riche en matière nutritive, comme chez tous les ARTHROPODES, est toutefois d'une taille suffisamment restreinte pour permettre une segmentation totale. — Développement condensé. L'embryon est jeté dans le milieu ambiant au stade protonymphon (stades à trois seules paires d'appendices). Il s'accroche à une colonie d'Hydraires marins sur lesquels il vit, s'y nourrit, acquiert régulièrement ses quatre dernières paires de pattes et atteint à l'état parfait, sans quitter jamais le milieu aquatique ni respirer autrement que par le tégument.

Cette origine aquatique de la classe la plus voisine des formes originelles du groupe témoigne de l'origine aquatique du groupe entier.

II. — **Démonstration analytique. — Origine aquatique de chacun des sous-embranchements en particulier.** — Toutefois, les trois autres sous-embranchements des ARTHROPODES, bien que plus éloignés que les Pantopodes des formes originelles du groupe, ne dérivent aucunement de ceux-ci. Chacun de ces sous-embranchements forme une série spéciale, tirant son origine de la souche commune d'une façon particulière. On peut donc exiger que l'origine aquatique soit démontrée pour chacun de ces trois sous-embranchements en particulier.

2e SOUS-EMBRANCHEMENT. — Allantennés

Première section : à mode respiratoire tégumentaire ou branchial. — TRILOBITES (éteints) ; MÉROSTOMACÉS.

Deuxième section : à mode respiratoire trachéen. — ARACHNIDES.

Première section. — TRILOBITES, MÉROSTOMACÉS.

Un seul genre, *Limulus*, de la classe des Mérostomacés, représente aujourd'hui toute cette section, d'une richesse surprenante autrefois. Les Trilobites comptent en effet 7 familles et 52 genres dans le cambrien; 15 familles et 76 genres dans le silurien inférieur; 11 familles et 31 genres dans le silurien supérieur, 7 familles et 19 genres dans le dévonien; ils s'éteignent sans dépasser la période primaire. Les Mérostomacés (Gigantostracés et Xiphosures) comptent également 9 genres dès le silurien

inférieur. Seul, le Limule, des Xiphosures, arrive jusqu'à nous.

Mode respiratoire du Limule : branchial. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — résultant de : absence de tout mode respiratoire supérieur au mode branchial aux différents stades de son développement.

Développement. — Ovule très riche en matière nutritive. Fécondation dans le milieu marin extérieur, le Limule mâle déposant ses éléments reproducteurs sur les éléments femelles, au moment de la ponte de ceux-ci. Développement condensé. L'embryon acquiert d'abord, d'un coup, à l'abri des membranes ovulaires, ses six paires d'appendices thoraciques, puis ensuite les trois premières paires abdominales. Le mode respiratoire n'est alors que tégumentaire. A ce moment, l'embryon, encore très imparfait, est mis en liberté. Ses pattes thoraciques se développent régulièrement, acquièrent leurs pinces, tandis que les trois paires abdominales, évoluant dans un sens particulier, présentent l'aspect de grandes lamelles appendues au ventre : ce sont les rudiments des branchies. La larve passe à cet instant par une phase offrant la plus grande ressemblance extérieure avec les anciens Trilobites. L'abdomen est nettement divisé en neuf anneaux distincts. Cinq nouveaux appendices abdominaux font leur apparition. — La larve nage librement dans la mer, efface peu à peu sa segmentation abdominale, transforme en branchies le reste de ses appendices abdominaux, qu'elle réduit en même temps à six, et achève son évolution sans autre mode respiratoire.

Origine du Limule, par conséquent, aquatique, et entraînant *a fortiori* celle de la section, le Limule y occupant le rang le plus élevé.

D'ailleurs :

Habitat des Trilobites et des Mérostomacés éteints : aquatique (mers), leurs débris fossiles ne se rencontrant qu'avec des représentants de groupes exclusivement aquatiques et presque toujours exclusivement marins : Spongiaires, Échinodermes, Brachiopodes, etc.

Mode respiratoire des Trilobites et des Mérostomacés éteints : inconnu en fait, toutefois branchial ou tégumentaire, en raison d'abord de l'habitat, puis du fait qu'à un des premiers stades libres, comme on vient de le voir, l'embryon du Limule passe par une phase trilobite typique, à mode respiratoire aquatique.

Origine, donc, de toute la section : aquatique.

Deuxième section. — Arachnides.

Groupe parfaitement aérien, ne respirant l'air qu'en nature,

au moins chez les formes primitives, les seules qui importent, et le respirant à l'aide d'un appareil ***creux***, caractéristique du mode de vie aérien.

Mais : 1° Les Arachnides témoignent de la parenté la plus étroite avec le Limule. Dès 1829, Durckeim croyait devoir déplacer le Limule des Crustacés (Quadriantennés), où il était classé, pour le réunir aux Arachnides, sous un ordre distinct. Les recherches anatomiques et embryogéniques de Dohrn (1871), appuyées par celles de Van Beneden, aboutissaient encore à séparer des Crustacés le Limule et tous les Mérostomacés et Trilobites éteints pour les rapprocher aussi des Arachnides. Les travaux modernes ont achevé de mettre en lumière cette parenté étroite, aujourd'hui classique (unité de forme et de fonction des appendices ; concordance des caractères principaux, extérieurs et intérieurs). Trilobites, Mérostomacés, Arachnides sont trois classes inséparables d'une même lignée, dans laquelle les Trilobites occupent le premier rang d'apparition, les Arachnides le dernier. Références : A. — multiplication des appendices et variabilité de leur nombre chez les Trilobites, coalescence et tendance à la fixité du nombre chez les Arachnides; B. — tendance à la spécialisation des appendices chez ces derniers; C. — stade *trilobite* dans le développement embryonnaire du Mérostomacé, stade *limulien* (voir plus loin) dans le développement embryonnaire de l'Arachnide.

L'origine des Arachnides, d'ascendance trilobite, ou tout au moins mérostomacée, est donc aquatique.

2° Même conclusion, tirée de l'examen de l'appareil respiratoire.

L'appareil respiratoire des Arachnides, si parfaitement aérien cependant, n'est d'abord, en effet, qu'une différenciation légère de l'appareil branchial des Limules. Les Arachnides manquent à l'âge adulte des membres abdominaux des Trilobites et des Mérostomacés ; mais on voit ces membres s'ébaucher, dans le développement embryonnaire, à la place même où ils s'ébauchent chez le Limule, et au nombre de six paires chez les plus primitifs des Arachnides (Scorpions), nombre précis de ces appendices chez le Limule adulte et les Gigantostracés éteints. Ces membres abdominaux embryonnaires commencent d'abord par saillir au dehors, sous forme de petits mamelons. Ceux de la seconde paire continuent à croître et se trans-

forment plus tard en un organe de sensibilité tactile, *le peigne*. Ceux des quatre dernières paires s'arrêtent dans leur croissance, puis se déprimant, reviennent sur eux-mêmes, s'enfoncent dans le corps, déterminent enfin chez l'adulte quatre paires de poches profondes, creuses, s'ouvrant à l'extérieur par un orifice étroit; mais, à aucun moment, la fonction du membre n'a perdu son caractère respiratoire, et on retrouve chez le Scorpion adulte, au fond de sa poche pulmonaire, les feuillets branchiaux eux-mêmes du Limule, se prêtant simplement, à l'abri de la dessiccation, à une respiration aérienne.

La coalescence des membres abdominaux réduit ensuite, chez les Arachnides plus élevés, le nombre de ces poches pulmonaires (à une ou deux paires chez les Pédipalpes et les Aranéides), tandis qu'un appareil trachéen, semblable à celui des Myriapodes et des Insectes, mais dont l'homologie est encore inconnue, apparaît d'une façon secondaire, se superpose chez certains Aranéides à ce premier mode respiratoire, pour aboutir à le supplanter chez les Chernètes, les Solifuges, les Opilions, les Acariens. Ce mode trachéen, étant secondaire, est négligeable quant à l'origine qui nous occupe.

Enfin, ce mode trachéen arrive lui-même à disparaître chez certains Acariens, chez les Tardigrades et chez les Linguatules par dégradation organique, entraînée généralement par le parasitisme. L'animal retourne alors à un mode respiratoire tégumentaire, et la vie aquatique lui redevient possible (Acariens aquatiques et marins, Tardigrades marins). On saisit ici la nécessité qui s'imposait, dans les pages précédentes, de démontrer toujours par l'embryogénie l'origine aquatique des organismes aquatiques, même à mode respiratoire tégumentaire. Les Acariens, les Tardigrades, les Linguatules nous donnent, en effet, l'exemple d'organismes, aussi bien aquatiques par leur mode de vie que par leur mode respiratoire, et dont l'origine immédiate est cependant aérienne, ainsi qu'il résulte de l'examen du développement de leur classe. Leur origine aquatique ne ressort qu'en second lieu de l'origine aquatique ***limulienne*** (et trilobite) de toute la classe des Arachnides.

En résumé, — origine des deux sections composant le deuxième sous-embranchement: aquatique.

5e SOUS-EMBRANCHEMENT. — **Biantennés** [1].

Classes : MYRIAPODES, INSECTES.

Sous-embranchement toujours défini jusqu'ici dans les ouvrages classiques comme fondamentalement aérien et à mode respiratoire trachéen ; — constituait, avec les Arachnides, pour la plupart des auteurs, la section des ARTHROPODES trachéates, qu'on opposait à la section des ARTHROPODES branchifères, comprenant les Crustacés, les Mérostomacés et les Pycnogonides ; — en réalité, sous-embranchement autonome, à respiration branchiale et trachéenne dans ses échelons inférieurs, trachéenne seulement dans ses échelons élevés, la respiration branchiale étant la respiration embryonnaire et primitive, l'origine aquatique du sous-embranchement, par conséquent, en résultant.

DÉTERMINATION DES ORDRES INFÉRIEURS DES MYRIAPODES ET DES INSECTES. — Les Myriapodes et les Insectes se distinguent de tous les autres ARTHROPODES et s'apparentent entre eux par la possession d'une unique paire d'antennes : les Quadriantennés, comme leur nom l'indique, en possèdent deux paires ; les Pantopodes et les Allantennés n'en possèdent aucune.

Les Myriapodes sont les plus inférieurs des Biantennés. Ils n'ont pas encore subi le phénomène de coalescence ; la multiplication des appendices est telle que certains genres en présentent jusqu'à 173 paires ; le tronc ne s'est pas encore contracté en régions thoracique et abdominale définies ; tous les segments qui suivent la tête sont plus ou moins semblables entre eux, chacun d'eux muni généralement d'une paire de pattes, toutes locomotrices.

Les Insectes n'offrent, au contraire, que des caractères de supériorité. Le tronc s'est contracté en régions thoracique et abdominale bien définies ; la coalescence a réduit le nombre total des segments à un chiffre faible et généralement fixe ; les membres abdominaux se sont complètement atrophiés, comme nous les avons déjà vus s'atrophier dans la classe supérieure des Allantennés, les Arachnides. La région thoracique seule porte des appendices locomoteurs au nombre de trois paires, et

---

1. Une grande partie des documents mis en œuvre pour ce paragraphe (rédigé en 1899) m'a été fournie par M. BOUVIER, professeur d'Entomologie au Muséum, qui a bien voulu me confier son cours manuscrit des dernières années

elle acquiert en plus deux paires d'ailes, organes de nouvelle formation, présents, dans toute la classe, à moins de chute occasionnée par le parasitisme.

Un seul ordre d'Insectes fait exception à ces caractères généraux. Les *Thysanoures* — (qui sont nettement des Insectes par leur division du corps en trois régions, la région thoracique portant les trois paires spécifiques d'appendices locomoteurs) — manquent d'ailes, sans en présenter à aucun des stades embryonnaires ; et ils possèdent encore à l'état adulte des membres abdominaux au moins rudimentaires. Les Thysanoures s'accusent ainsi comme les moins différenciés des Insectes, les plus voisins du type arthropode primitif, les moins distants, dans la série des Biantennés, de la souche myriapode ancestrale.

Or, un ordre de Myriapodes, les *Symphyles*, dont le caractère myriapode est nettement affirmé : 1° par la non-division du tronc en deux régions, thoracique et abdominale; 2° par la présence sur tout le tronc d'appendices parfaitement développés, — s'éloigne de tous les Myriapodes connus par des particularités qui l'apparentent étroitement aux Thysanoures. La structure de la tête, si importante dans la classification, le mode d'insertion des antennes, leur forme, la disposition de l'appareil buccal, tous ces caractères qui marquent en propre les Symphyles dans la classe des Myriapodes, leur sont communs avec le *Campodea*, genre de Thysanoures. Chez tous les Myriapodes, les appendices sont composés de six articles et terminés par une seule griffe. Seuls, les Symphyles, identiques en cela aux Thysanoures, possèdent des appendices composés de cinq articles et terminés par deux griffes. Enfin, seuls encore parmi les Myriapodes, les Symphyles portent sur l'article basilaire de leurs appendices un stylet, souvenir ancestral de la nature biramée des membres des Arthropodes primitifs, stylet qu'on retrouve également, à la même place, sur quelques-uns des appendices thoraciques des Thysanoures, et qui fait défaut chez tous les autres Insectes. On pourrait décrire encore chez les Symphyles et les Thysanoures une disposition élémentaire des ganglions et des connectifs nerveux, attestant leur antiquité.

Les Symphyles et les Thysanoures sont ainsi les ordres les plus primitifs des classes auxquelles ils appartiennent : leurs caractères communs résultent de leur proximité de la souche commune. Ils sont, sur les deux branches du V, selon lesquelles

les Myriapodes et les Insectes ont évolué, les deux points, dans la nature actuelle, les plus voisins de l'angle. Toute recherche portant sur les caractères originels des Biantennés devra donc être effectuée sur les Symphyles et les Thysanoures.

Mode respiratoire branchial ancestral. — Les Myriapodes et les Insectes typiques, généralement décrits, respirent selon le mode ***creux***, ***trachéen***. Ils ne respirent que l'air en nature, par tout un réseau de tubes rigides dont leur corps tout entier est creusé, et qui porte au contact des liquides intérieurs organiques l'oxygène nécessaire à la vie cellulaire. On a vu, page 5, que, même dans le cas d'une vie aquatique, la respiration des Insectes ne cesse pas d'être aérienne ; elle continue à s'effectuer au contact de l'air ***lui-même***, dont l'animal, bien qu'aquatique, emplit toujours la cavité de ses trachées. Le mode de vie aquatique de ces Insectes n'est donc que superficiel ; il reste en réalité profondément aérien.

Or, il n'en est pas ainsi pour les Symphyles et les Thysanoures. L'appareil trachéen chez ces deux ordres est encore à peine développé : il ne compte chez les Symphyles et *plusieurs* Thysanoures (*Smynthurus*) que quelques tubes pénétrant la région antérieure, et n'effectuant leur prise d'air que par une unique paire d'orifices extérieurs ou *stigmates*, situés sur les côtés de la tête. (On sait que par la suite l'organisme comptera autant de paires de stigmates que d'anneaux.) ***La véritable respiration de ces premiers êtres s'effectue par des branchies.*** Chez tous les Arthropodes aquatiques, les branchies sont presque invariablement fournies, comme on l'a vu chez les Allantennés, par des appendices. Une partie du membre, l'extérieure ou l'intérieure, se charge de cette fonction branchiale, la partie principale conservant sa fonction préhensive ou locomotrice. Chez les Symphyles et les Thysanoures, les membres jouent exactement ce rôle respiratoire, qui, dans le cas particulier, se trouve dévolu à la partie interne. On voit, à la base de chaque appendice et du côté interne (depuis la troisième paire abdominale jusqu'à la dernière chez les Symphyles, sur d'autres paires diverses chez les Thysanoures), un petit mamelon mobile, mû par un muscle, capable de rentrer dans le corps ou d'en saillir à la volonté de l'animal, et que gonfle intérieurement un liquide sanguin qui vient s'oxygéner à sa paroi mince. C'est une véritable branchie.

Ses homologies sont parfaites avec les organes branchiaux des Arthropodes aquatiques. Son seul pouvoir nouveau de saillir et de se rétracter n'a rien, en outre, qui doive surprendre. Nous avons assisté déjà chez l'Arachnide à cette proéminence première de la branchie, suivie, dans l'embryogénie, de son retrait; un autre Insecte va nous montrer tout à l'heure ce même pouvoir pour son membre branchial tout entier.

Ces organes branchiaux, en effet, ne sont pas particuliers aux Symphyles et aux Thysanoures. On les retrouve identiquement chez les Lysiopétalidés (Latzel), Polyzonidés, Siphonophores (Haase), tous Myriapodes supérieurs. Ils s'étendent chez les Lysiopétalidés de la troisième à la seizième paire abdominale. Les Pauropodes, autres Myriapodes, mais inférieurs, possèdent une paire d'appendices rudimentaires, situés sur le segment postcéphalique, et qui offrent également des saillies que Peter Schmidt regarde comme branchiales. Enfin tous les Insectes, privés de membres abdominaux à l'âge adulte, en montrent des ébauches dans leur développement embryonnaire : ce sont de véritables appendices, en saillie, parfois biarticulés et plus ou moins capables de se rétracter dans le corps (Wheeler et Carrière). Leur homologie est donc remarquable.

Nous avons vu s'ébaucher chez le Limule ces premiers membres abdominaux à caractère branchial immédiat et accusé. Nous les avons vus se rétracter peu à peu chez l'Arachnide sans rien céder de leur rôle respiratoire. Nous les retrouvons chez les Myriapodes et les premiers Insectes adultes, capables de proéminer, comme chez le Limule, ou de se rétracter, comme chez l'Arachnide, et richement vascularisés, ce qui ne laisse aucun doute sur leur fonction respiratoire. Nous les retrouvons encore chez les Insectes à l'état d'ébauches embryonnaires et présentant tout entiers cette mobilité caractéristique de la seule partie respiratoire du membre des Symphyles et des Thysanoures. Enfin, de même que nous avons assisté chez les Arachnides à la superposition du mode respiratoire trachéen au mode branchial primitif, l'un balançant l'autre, nous voyons un système trachéen rudimentaire correspondre chez les Symphyles et les Thysanoures à un système branchial développé, et ce système trachéen installé dans sa perfection quand le système abdominal s'est atrophié.

Il ne peut donc rester de doute sur le rôle respiratoire et sur l'homologie branchiale de ces ampoules abdominales des pre-

miers Myriapodes et des premiers Insectes. Le mode respiratoire qu'elles présentent est un mode ***plein***. L'origine aquatique du sous-embranchement en ressort.

4e SOUS-EMBRANCHEMENT. — **Quadriantennés.**

Classes : ENTOMOSTRACÉS; MALACOSTRACÉS.

Sous-embranchement fondamentalement aquatique; quelques formes toutefois (Cloportes, Porcellions, Crabes terrestres) capables d'une vie aérienne, par l'abri où se trouve simplement la branchie ou par l'acquisition secondaire de quelques caractères spéciaux.

Chez les Cloportes (Isopodes), les branchies, semblables de tout point à celles des Isopodes, sont simplement protégées contre le desséchement par la chambre close que forment autour d'elles les branches extérieures des appendices. Chez les Porcellions, de la même famille, les deux premières lames branchiales se modifient, elles évoluent en vésicules creuses, communiquant avec l'extérieur, pleines d'air, et allant oxygéner le sang à l'intérieur de l'organisme. Les Crabes terrestres respirent selon le même mode que les Crabes aquatiques : 1° par des branchies, toujours enfermées dans une chambre de protection; les parois de cette chambre sécrètent, chez les Crabes terrestres, un liquide qui en entretient l'humidité; des réserves d'eau y peuvent également être faites; 2° par la surface intérieure de cette chambre branchiale, qui peut servir déjà aux échanges gazeux chez les Crustacés aquatiques (BOUVIER), et qui se hérisse chez certains Crabes terrestres (*Birgus latro*) de petites touffes destinées à en augmenter l'étendue. On voit parallèlement, dans ces cas, les branchies s'atrophier (JOBERT).

Modes respiratoires des Quadriantennés : tégumentaire chez quelques formes inférieures; branchial chez toutes les autres, avec superposition, chez une seule forme, d'un mode trachéen, ***creux***.

Habitat : aquatique (mers et eaux douces); — sauf les cas précédents, signalés.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° pas de mode respiratoire supérieur au mode branchial à aucun stade du développement (sauf le cas signalé); 2° larve fondamentale du groupe : *Nauplius*, parfaitement aquatique, à mode respiratoire tégumentaire.

Développement. — Ovule toujours riche en matière nutritive; développements toujours condensés. Une phase blastulaire cependant chez quelques Entomostracés inférieurs (*Cetochilus*, *Moïna*), mais non pas une phase libre. L'embryon croît à l'intérieur des membranes ovulaires, aux dépens de la nourriture qu'elles renferment. La forme la plus inférieure sous laquelle il les rompt est la forme dite *Nauplius*, déjà construite sur le plan Arthropode, à trois seules paires d'appendices, à organisation intérieure tout à fait rudimentaire, sans appareil respiratoire différencié, — par conséquent, aquatique.

L'origine des quatre sous-embranchements constituant le groupe des ARTHROPODES est donc, pour chacun d'eux étudié en particulier, ce qu'elle est pour le groupe considéré en général : aquatique.

12e GROUPE. — Péripatides.

Groupe aberrant composé de quatre seuls genres, tout à fait voisins les uns des autres : *Peripatus*, *Paraperipatus*, *Peripatopsis*, *Peripatoïdes*, — tous aériens.

Le groupe présentant des affinités extrêmes avec celui des Annélides et celui des ARTHROPODES, l'origine aquatique de ces deux derniers groupes entraînerait déjà à la rigueur celle des PÉRIPATIDES. Cette origine aquatique des PÉRIPATIDES résultera toutefois de considérations plus immédiates.

Mode respiratoire des PÉRIPATIDES : toujours décrit jusqu'ici dans les ouvrages classiques comme trachéen; — en réalité, branchial et trachéen chez la forme primitive du groupe, *Peripatus* (BOUVIER).

Origine aquatique du groupe, par conséquent, en résultant.

DÉTERMINATION DE LA FORME PRIMITIVE DU GROUPE. — Cette détermination vient d'être effectuée par BOUVIER (1900, *C. R.*, ***130***, 735), auquel il suffira de se reporter pour plus de détails (voir également 1900, *C. R.*, ***131***, 652). D'après BOUVIER, les PÉRIPATIDES les plus primitifs doivent se reconnaître « au nombre considérable et éminemment variable de leurs segments, aux variations de leurs soles locomotrices et de leurs papilles pédieuses, à la position de leurs orifices néphridiens anormaux (pattes IV et V) qui doivent être éloignés le moins possible de la base des pattes, c'est-à-dire de la position normale, au développement de l'organe ventral annexé au cerveau, à l'absence de différenciation dans la glande génitale femelle, à la présence d'un entonnoir néphridien sur les oviductes, et à la position de

l'orifice sexuel qui sera éloigné le plus possible de l'extrémité postérieure de l'animal. Or, les *Peripatoïdes* et les *Peripatopsis* ne présentent aucun de ces caractères, tandis que les *Peripatus* les présentent tous. Si j'ajoute que ces derniers sont munis de sacs branchiaux à la base des pattes, tandis que les deux autres formes n'en présentent jamais, on conviendra qu'il est difficile de ne pas considérer les *Peripatus* comme les représentants actuels les plus primitifs du groupe des Onychophores (Péripatides). »

Peripatus serait donc le genre primitif du groupe.

Appareil branchial de Peripatus. — Or, comme on vient de le voir, *Peripatus* possède un appareil branchial. Bouvier l'a signalé pour la première fois au *Congrès de Cambridge* (1898). Cet appareil est constitué par une série d'ampoules respiratoires identiques à celles dont il vient d'être question chez les Symphyles et les Thysanoures, et semblablement situées, contre la base interne des pattes. Ces ampoules proéminent et rentrent à la volonté de l'animal; une cuticule mince les recouvre, et à chacune d'elles correspond une poche intérieure sanguine. Leur rôle respiratoire ne peut donc être douteux. Les milieux humides qu'habite de préférence *Peripatus* (dessous de pierres, mousses, écorces d'arbre, etc.) lui sont encore particulièrement favorables.

Il est également pourvu d'un appareil trachéen, mais celui-ci semble révéler sa toute récence par la disposition encore irrégulière qu'il présente chez *Peripatus Edwardsi*, où les orifices trachéens s'ouvrent au hasard sur toute la surface du corps. Il ne se régularise que chez les autres espèces.

L'embryogénie montre encore le mode tardif de formation de cet appareil trachéen : il résulte, en effet, de dépressions de l'ectoderme, s'enfonçant de plus en plus profondément dans l'organisme, dépressions qui ne se produisent qu'à un stade déjà avancé du développement (Kennel), l'apparition des membres une fois terminée.

13e groupe. — **Diplocordés.**

Une classe. — Phoronidiens.

L'intestin larvaire antérieur émet du côté ventral deux diverticules dont les cellules subissent une dégénérescence vacuolaire

qui leur donne ainsi l'aspect des cellules de la notocorde des Tuniciers et des Vertébrés (MASTERMAN). LOUIS ROULE a retrouvé chez la larve d'une autre espèce (*Phoronis Sabatieri*) une expansion analogue, impaire cette fois, d'origine et de structure homologues à la notocorde. Il semble donc bien que les Phoronidiens (anciens Géphyriens tubicoles) doivent être déplacés des TROCHOZOAIRES où ils comptaient, pour prendre la tête des PHANÉROCORDES[1].

Mode respiratoire : tégumentaire. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant de : 1° absence de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire à tous les stades du développement ; 2° développement s'effectuant tout entier dans le milieu aquatique.

Développement. — Ovule assez riche en matière nutritive. Phases morulaire, blastulaire, gastrulaire ; larve trochophore. Mise en liberté à ce moment de l'embryon, dont l'ectoderme tout entier se recouvre de cils vibratiles, la couronne typique étant assez mal indiquée. La larve nage dans le milieu, s'y nourrit et achève son évolution (assez courte, étant donnée l'infériorité de l'adulte), sans présenter de mode respiratoire supérieur au mode tégumentaire.

14e GROUPE. — **Hémicordés.**

Une classe. — ENTÉROPNEUSTES.

Mode respiratoire : branchial (le système branchial dépendant pour la première fois, dans la série animale, de l'appareil digestif). — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant des deux considérations ordinaires.

Développement. — Ovule toujours pauvre en matière nutritive. Développements toujours dilatés. Phases morulaire, blastulaire, gastrulaire. Mise en liberté à ce moment de l'embryon, qui se recouvre de cils vibratiles épars et d'une couronne vibratile bien marquée, l'évolution s'achevant à l'état libre, comme toujours, dans le milieu ambiant (marin), sans

---

1. MASTERMAN (1897, *Qual. J. of Micr. Sc.*), ROULE (1898, *C. R.*, ***127***, 655). — Voir la Note récente de L. ROULE (1900, *C. R.*, ***130***, 927), légèrement restrictive quant à la place des Phoronidiens dans la classification.

présenter de mode respiratoire supérieur au mode branchial. — A signaler une larve spéciale à stase (*Tornaria*), plus riche en couronnes vibratiles, qui enguirlandent l'embryon comme ceux des Echinodermes, et qui persiste sans changement extérieur, pendant que l'organisation intérieure s'accomplit. La larve nage longtemps et se nourrit ainsi, puis, en l'espace de quelques heures, se convertit en jeune Entéropneuste, présentant déjà tous les caractères de l'adulte.

15e groupe. — Cordés.

1er embranchement. — ***Leptocardes***. — Un genre : *Amphioxus*.

2e embranchement. — ***Tuniciers***. — Classes : Pérennicordes, Caducicordes.

3e embranchement. — ***Vertébrés***. — Classes : Poissons, Batraciens; — Mammifères; — Reptiles, Oiseaux.

Deux démonstrations de l'origine aquatique du groupe des Cordés.

I. — **Démonstration systématique. — Les formes les plus inférieures du groupe des Cordés, les plus voisines par conséquent de la souche originelle, sont des formes aquatiques, d'origine également aquatique.** — Le groupe des Cordés est composé de formes présentant toutes trois caractères communs : 1° un appareil de soutien ou *corde*, né de l'intestin primitif, de situation dorsale, immédiatement placé sous le cordon nerveux, issu de l'ectoderme; 2° un appareil respiratoire dépendant de la région initiale de l'intestin; 3° un mode formatif semblable des premiers feuillets embryonnaires.

Ces trois caractères ainsi groupés sont absolument spéciaux à ces formes; ils ne manquent jamais, au moins dans leur embryogénie, et semblent par conséquent révéler un plan primitif unique, c'est-à-dire une commune origine. L'origine aquatique des formes les plus inférieures, c'est-à-dire les plus voisines de la souche primitive, tendra donc à entraîner l'origine aquatique du groupe entier.

Détermination et origine aquatique des formes les plus inférieures du groupe des Cordés. — Ces formes inférieures sont les Leptocardes et les Tuniciers.

A. — Chez les Tuniciers, la corde dorsale n'est qu'ébauchée; elle ne soutient jamais le corps dans sa longueur entière, comme chez les Vertébrés, mais seulement dans sa partie caudale. Cette imperfection ne résulte pas d'un phénomène régressif, dû à la

fixation : les Pérennicordes, libres par excellence, ne possèdent que cette corde caudale.

B. — Chez les Leptocardes et les Tuniciers, la corde dorsale est simple, non encore entourée du squelette qui va la renforcer chez les Vertébrés, et qu'on voit seulement apparaître à une époque tardive dans l'embryogénie de ceux-ci.

C. — Chez les Leptocardes et les Tuniciers, l'appareil urinaire segmenté fait défaut. Il est caractéristique au contraire des Vertébrés, chez lesquels son apparition est encore tardive.

D. — Chez les Leptocardes et au moins chez les Pérennicordes, le système circulatoire est fort réduit, sans organe central de propulsion (cœur).

Enfin, les Leptocardes semblent se classer au-dessous des Tuniciers par l'absence de tout renflement nerveux céphalique. Or :

Mode respiratoire des Leptocardes et des Tuniciers : branchial. — Habitat nécessairement aquatique.

Habitat : aquatique. — Mers.

Origine : aquatique, — ressortant des deux considérations ordinaires.

Développement. — Les Leptocardes présentent un développement dilaté. Les éléments reproducteurs sont jetés par les parents dans l'eau de mer environnante. L'élément mâle y nage à la rencontre de l'élément femelle, très pauvre en matière nutritive. Phases morulaire, blastulaire, gastrulaire; la gastrule se recouvrant déjà de cils vibratiles et commençant à tournoyer dans la coque ovulaire. La partie dorsale et médiane de l'ectoderme se déprime presque aussitôt et donne ainsi naissance au système nerveux. Mise en liberté à ce moment de l'embryon, les réserves nutritives étant presque épuisées. La partie dorsale et médiane de la cavité gastrulaire (feuillet endodermique) se déprime, puis s'incurve en trois lobes, qui s'isolent peu à peu les uns des autres et de la cavité gastrulaire; le lobe médian, devenu cylindrique, subit la dégénérescence vacuolaire et devient la *corde*; les deux lobes latéraux donnent l'ébauche du mésoderme; la larve typique du Cordé est constituée. L'embryon achève son évolution dans le milieu ambiant (marin) où il se nourrit, sans présenter d'autres modes respiratoires que les modes tégumentaire, puis branchial.

Embryogénie des Pérennicordes malheureusement inconnue. — Développement dilaté d'un Caducicorde : phases morulaire, blastulaire, gastrulaire; puis genèse presque identique de l'appareil nerveux, de l'appareil de soutien et du mésoderme. La corde se développe dans la partie postérieure de l'embryon. Mise en liberté sous cet état. La larve nage aussitôt à l'aide de son appareil caudal que soutient la corde. Vie libre de quelques jours pendant lesquels l'animal se nourrit et croît.

Fixation. Atrophie de l'organe locomoteur, disparition de la corde. Achèvement de l'évolution, sans mode respiratoire supérieur au mode branchial.

Cette origine aquatique des deux premiers embranchements du groupe des Cordés entraîne déjà celle du groupe entier et par conséquent celle du troisième embranchement (Vertébrés). Mais cette démonstration fondée sur un point théorique (théorie de descendance) pourrait paraître insuffisante. Elle résultera avec certitude de l'examen particulier de chaque embranchement, de chaque classe.

II. — **Démonstration analytique. — Origine aquatique de chaque embranchement ou classe, en particulier.** — L'origine aquatique des deux premiers embranchements et des classes qu'ils comprennent vient d'être démontrée précédemment. Reste à établir celle des classes comprenant l'embranchement des Vertébrés.

Cinq classes :

1° Classe inférieure de l'embranchement (devant témoigner de la souche originelle) : Poissons, — mode respiratoire presque exclusivement branchial; habitat presque exclusivement aquatique; origine aquatique, comme il va être démontré.

2° Classe issue manifestement de cette première : Batraciens, — mode respiratoire primitif branchial; habitat primitif aquatique; origine aquatique. Un mode respiratoire secondaire *trachéen*, se superposant tardivement au premier, puis le supplantant; habitat secondaire aérien.

3° Classes élevées, à mode de vie toujours aérien, à respiration toujours trachéenne : Mammifères, Reptiles, Oiseaux; — montrant toutes à une époque de leur vie embryonnaire un stade aquatique, à quatre ou cinq paires de branchies.

Références et démonstration :

Poissons. — Modes respiratoires : branchial, — branchial et trachéen dans quelques cas (*Dipneustes.*)

Ce dernier mode n'est pas le mode primitif. Les formes qui le présentent (*Dipneustes*) comptent, il est vrai, parmi les plus anciennes de la classe; toutefois les Cyclostomes, uniquement branchifères, marquent, sans conteste, le plus bas échelon de cette classe, avec leur corde dorsale encore incomplètement segmentée, leur squelette cartilagineux et surtout leur absence de membres pairs. Les Dipneustes ne constituent qu'un rameau

terminal de formes branchifères typiques. — Les caractères principaux qui distinguent les Dipneustes des Poissons typiques sont : 1° la présence d'un organe respiratoire ***creux***; 2° la disposition des narines; 3° la soudure du palatocarré au crâne. — Or : 1° l'organe pulmonaire des Dipneustes n'est que la vessie natatoire des Poissons, légèrement différenciée; 2° la disposition des narines, propre aux Dipneustes, ne leur est pas entièrement particulière, mais se rencontre déjà chez *Cestracion* et *Chimera*, Sélaciens typiques branchifères, l'un de l'ordre des Squales, l'autre de l'ordre des Holocéphales; 3° la soudure du palatocarré au crâne, qui va se trouver toujours réalisée par la suite chez les Batraciens, se rencontre également chez *Chimera*. Enfin, un ordre fossile (*Cténodiptérines*) établit la transition des Poissons typiques aux Dipneustes. Les Cténodiptérines, par la forme générale de leur corps, par la structure histologique de leurs écailles, non cycloïdes, mais ganoïdes, par leur nageoire caudale hétérocerque, par la présence de plaques jugulaires, etc., présentent les affinités les plus étroites avec les Crossoptérygiens, Poissons typiques branchifères de la sous-classe des Ganoïdes; mais déjà une dentition particulière, la structure de leurs membres, la soudure enfin du palatocarré au crâne, les marquent des caractères des véritables Dipneustes.

Les Dipneustes dérivent donc de formes branchifères. Le mode respiratoire primitif de la classe est le mode branchial. — L'origine est aquatique.

Batraciens. — Mode respiratoire double : branchial et trachéen.

Animaux passant par un état larvaire libre, essentiellement aquatique, et respirant sous cet état (têtard, etc.) par des branchies typiques. Puis, apparition tardive d'un appareil trachéen, déterminant ou ne déterminant pas la disparition de l'appareil branchial et permettant à l'animal un mode de vie secondaire, aérien.

Origine : aquatique, — ressortant du fait de cette évolution même.

La souche des Batraciens s'affirme encore comme devant être cherchée dans les Poissons. Les premiers apparus des Batraciens, les Stégocéphales, ordre aujourd'hui éteint, offrent avec les Poissons des rapports de parenté étroits. La conformation de la colonne vertébrale. la structure du crâne, la dentition labyrinthi-

forme des premiers Stégocéphales les rapprochent fortement des Ganoïdes et des Dipneustes (*Polypterus*, *Cœlacanthus*, *Ceratodus*, *Dendrodus*).

Mammifères, Reptiles, Oiseaux. — Vertébrés essentiellement aériens, ne respirant l'air qu'en nature par un appareil pulmonaire trachéen. Quelques-uns de ces Vertébrés (Tortue marine, Baleine, Phoque, Dauphin, etc.) menant, il est vrai, une vie aquatique, mais qui n'est, comme on l'a vu page 5, qu'une vie purement adaptative et secondaire, leur mode respiratoire restant profondément aérien.

L'origine aquatique de ces trois classes ressort d'un fait capital : à une époque de leur développement embryonnaire, les Mammifères, les Reptiles, les Oiseaux passent tous par une phase larvaire présentant quatre ou cinq paires de branchies. C'est vers le vingt-cinquième jour de la vie intra-utérine que l'embryon humain passe par ce stade branchial, si profondément aquatique.

Ces branchies embryonnaires commencent par offrir la disposition des branchies des Cyclostomes adultes, qui sont les plus primitifs des Poissons. Un intervalle les sépare l'une de l'autre. Elles se rapprochent ensuite, comme on les voit se rapprocher dans la série des Poissons, et les bords de la branchie antérieure se replient sur les branchies postérieures pour les recouvrir d'un bourrelet, qui est l'*opercule* lui-même. L'appareil s'atrophie peu à peu, après avoir donné naissance toutefois, comme chez les Poissons et les Batraciens, aux premiers rudiments du thymus, qui dérive des angles supérieurs de toutes les fentes branchiales, chez les Poissons et les Batraciens, des deux ou trois derniers seulement, chez les Mammifères, les Reptiles et les Oiseaux. — Origine, par conséquent, des trois classes : aquatique.

Origine de l'embranchement entier : aquatique.

Origine du groupe : aquatique.

Résumé de la démonstration. — Tous les groupes constituant le règne animal ont été examinés. L'étude précédente peut se résumer brièvement.

Quant aux points qui nous occupent, c'est-à-dire quant au mode de vie actuel, au mode respiratoire et à l'origine, toutes les formes animales peuvent se ranger en quatre sections.

Première section. — Caractérisée par : 1° un habitat actuel aquatique ; 2° pas d'autre mode respiratoire qu'un mode cellulaire, tégumentaire ou branchial à tous les stades du développement; — section par conséquent d'animaux aquatiques, et de lignée entièrement aquatique.

Tableau de cette section :

I. **Protozoaires.**	Les Protozoaires tout entiers.
II. **Mésozoaires.**	Les Mésozoaires tout entiers.
III. **Métazoaires.** — 1. Spongiaires. . . .	Les Spongiaires tout entiers.
2. Hydrozoaires. . .	Les Hydrozoaires tout entiers.
3. Scyphozoaires. . .	Les Scyphozoaires tout entiers.
4. Échinodermes. . .	Les Échinodermes tout entiers.
5. Plathelminthes. .	Les Plathelminthes tout entiers, moins quelques rares genres.
6. Myzostomides. . .	Les Myzostomides tout entiers.
7. Acanthocéphales .	Les Acanthocéphales tout entiers.
8. Némathelminthes.	Les Némathelminthes tout entiers, moins une partie des Nématodes.
9. Trochozoaires. . .	
a) Rotifères. . . .	Ces 14 classes tout entières, des 17 que comprend le groupe; et en plus la majeure partie de deux autres classes (Oligochètes et Gastéropodes).
b) Bryozoaires, Brachiopodes, Sipunculiens, Priapulides. .	
c) Archiannélides, Polychètes. .	
d) Echiuriens, Sternaspidiens	
e) Amphineures, Solénoconques, Lamellibranches, Ptéropodes, Céphalopodes	
10. Chétognathes. . .	Les Chétognathes tout entiers.
11. Arthropodes. . . .	
A). Pantopodes. .	Ces quatre classes tout entières, moins quelques genres des deux dernières.
B). Mérostomacés	
C). Entomostracés	
Malacostracés.	
13. Diplocordés. . . .	Les Diplocordés tout entiers.
14. Hémicordés. . . .	Les Hémicordés tout entiers.
15. Cordés.	
A). Leptocardes..	Les Leptocardes tout entiers.
B). Tuniciers. . .	Les Tuniciers tout entiers.
C). Vertébrés. . .	
a). Poissons.	Les Poissons tout entiers, sauf quelques rares genres.

Deuxième section. — Caractérisée par : 1° un habitat actuel

non absolument aquatique (vases, terres et tous lieux humides), mais offrant en réalité les conditions mêmes de vie du milieu aquatique; 2° un mode respiratoire simplement cellulaire ou tégumentaire aux différents stades du développement; — section, par conséquent, de lignée nécessairement aquatique.

Tableau de cette section :

Parmi les PLATHELMINTHES. — Quelques rares genres.
Parmi les NÉMATHELMINTHES. — Une partie des Nématodes.
Parmi les TROCHOZOAIRES. — Une partie des Oligochètes.

On joindra les *Hirudinées* qui n'habitent plus les terres, il est vrai, s'étant réadaptées à une vie aquatique, mais dont les ancêtres furent terrestres dans les lieux humides, où ils rencontraient le genre de vie aquatique propre à cette section.

Ces quelques formes s'encadrent d'ailleurs naturellement dans le tableau de la section précédente.

TROISIÈME SECTION. — Caractérisée par : 1° un habitat pouvant être parfaitement aérien; 2° un mode respiratoire tégumentaire ou branchial, restant le mode respiratoire lui-même de la classe aquatique à laquelle l'animal appartient, — section, par conséquent, dont l'origine aquatique est immédiate.

Tableau de cette section :

Parmi les Gastéropodes. — Un ordre, dit des Pulmonés; quelques rameaux terminaux, pulmonés, de familles aquatiques Prosobranches.
Parmi les ARTHROPODES branchifères. — Quelques Isopodes; quelques Brachyures (Crabes).

QUATRIÈME SECTION ET SEULE SECTION VÉRITABLEMENT AÉRIENNE. — Caractérisée par : 1° un mode de vie actuel aérien; 2° un mode respiratoire actuel trachéen; 3° un mode respiratoire primitif, branchial, toujours présent, soit à l'âge adulte chez les formes inférieures, soit pendant la vie embryonnaire chez les formes élevées, — section, par conséquent, aérienne, mais seulement d'une façon secondaire, les ancêtres ayant été aquatiques.

Tableau de cette section :

Parmi les ARTHROPODES. — Arachnides, Myriapodes, Insectes.
PÉRIPATIDES.
Parmi les Vertébrés. — Batraciens (à l'âge adulte), Mammifères, Reptiles, Oiseaux.

Ces quelques formes s'élevant d'ailleurs de groupes fondamentalement aquatiques, dont elles ne sont que des rameaux différenciés.

Origine du règne animal, par conséquent, aquatique.

CHAPITRE II

ORIGINE MARINE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Résumé du Chapitre. — L'origine de la vie animale étant aquatique, son origine marine résulte :

1° (démonstration préliminaire, d'ordre géologique, négligeable) du fait que les eaux douces n'occupent encore aujourd'hui, sur le globe, qu'un rang éminemment secondaire, et qu'à l'époque cambrienne, où une faune si riche se déployait déjà, elles ne devaient pas même y exister, faute de continents émergés, indispensables à leur formation;

2° (démonstration statistique, capitale) du fait que, dans chaque groupe animal, ***tous les embranchements, toutes les classes, presque tous les ordres, presque toutes les familles*** sont représentés dans les mers; ces embranchements, ces classes, ces ordres, ces familles n'étant représentés dans les eaux douces qu'à l'état d'exception, et par des exemplaires sans valeur systématique, doublant simplement çà et là les exemplaires marins, qui, seuls, constituent l'ossature presque tout entière de chacun des groupes. C'est ainsi que toutes les formes aquatiques du règne animal composant :

16 groupes, **24** embranchements, **63** classes, **162** ordres,

la suppression de toutes les formes d'eau douce n'entraînerait la disparition que de :

1 classe, **5** ordres,

tandis que la suppression des formes marines entraînerait la disparition totale de :

6 groupes, **11** embranchements, **40** classes, **109** ordres.

Les mers possédant, à l'exclusion des eaux douces, presque tous les représentants typiques de chaque groupe animal, il en ressort avec netteté, non seulement que l'origine de tous les groupes animaux est marine, mais que leur évolution presque tout entière s'est effectuée dans les océans, et dans les océans seuls.

Deux confirmations secondaires, mais remarquables, de cette origine marine de tous les groupes animaux :

1° Dans chaque groupe, les formes les plus inférieures, c'est-à-dire les plus proches de la souche originelle, sont presque toujours exclusivement marines

2° Dans chaque groupe, les formes marines sont toujours d'une apparition géologique antérieure à celle des formes d'eau douce.

Origine, par conséquent, de tous les groupes constituant le règne animal : marine.

On vient d'établir dans le Chapitre I l'origine aquatique de tous les organismes animaux. On va démontrer dans le Chapitre II que cette origine aquatique est une origine marine.

Deux démonstrations : — la première, préliminaire, d'ordre géologique général, et qu'on pourra négliger à volonté ; la seconde, fondée sur la statistique, effectuée en particulier pour chaque groupe animal, ne laissant place à aucun doute, d'une pleine valeur.

DÉMONSTRATION PRÉLIMINAIRE DE L'ORIGINE MARINE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Les eaux douces n'occupent sur le globe qu'un rang éminemment secondaire. Elles ne devaient pas même exister à l'époque cambrienne, où une faune si riche se déployait déjà.

Deux sortes d'eaux se partagent sur le globe le domaine aquatique : les eaux douces et les eaux marines. L'usage constant que les hommes font des premières, les marquent dans leur esprit d'un caractère particulier d'importance. Mais une courte réflexion amène bien vite à comprendre que la seule eau réelle du globe est l'eau marine. D'elle seule, l'eau douce tire son origine. L'eau douce n'est que le moment transitoire d'une molécule qui s'est évaporée des mers et qui y retourne. Son existence est expressément occasionnelle, et dépend de l'existence préalable de continents, qui retardent un instant dans son retour vers la mer l'eau des pluies qui s'en est échappée. Aux époques primitives où la surface continentale paraît avoir été extraordinairement réduite, les pluies abondantes qui caractérisaient sans aucun doute ces époques tropicales, retombaient simplement dans les mers d'où l'évaporation les avait élevées, et ne déterminaient par conséquent sur les quelques îles représentant alors toutes les terres émergées, que des dépôts d'eau douce tout à fait négligeables et isolés.

L'eau douce n'est sur le globe, on le voit, qu'un phénomène secondaire. Le rôle volumétrique qu'elle y joue est infime. Même de nos jours, où la superficie des mers n'atteint plus que les sept dixièmes de la surface du globe, la comparaison reste dérisoire entre cette énorme masse d'eau marine, souvent profonde, sous sa surface, de quatre ou huit kilomètres, et le mince réseau que

dessinent sur les continents les fleuves et leurs affluents, à peine creux, dans les plus grandes profondeurs, de quelques mètres et qui représentent, avec quelques lacs perdus et isolés, le domaine déchiqueté des eaux douces tout entier. Le volume des eaux douces que portent les continents est négligeable auprès du volume de ces continents mêmes. Or, l'altitude moyenne des continents étant évaluée à 750 mètres, la profondeur moyenne des mers à 3500 mètres (Suppan, Krummel, de Tillo, Heidérich, John Murray, Penck, — *in* Lapparent, 1893, *Traité de Géologie*), on voit déjà, en multipliant ces hauteurs par les surfaces relatives des terres et des océans, que la mer cube à elle seule quinze fois le volume des continents. Si on songe que ce volume marin n'était pas moindre aux époques primitives, qu'il semble même avoir été, comme on le démontrera par la suite, triple du volume présent, on saisit la prépondérance hors de toute mesure des eaux marines sur les eaux douces, que réduisait encore, aux premières époques de la vie, la surface si restreinte des continents.

Enfin, les eaux douces, toujours parquées, sans communication entre elles de bassin à bassin, ne se prêtent absolument pas à l'idée qui s'impose du milieu d'origine. La diffusion, sur tout le globle, des types vivants, à tous les degrés de l'échelle animale, ne peut s'expliquer qu'autant qu'on suppose le milieu d'origine ouvert aux plus vastes migrations.

Nous allons trouver peuplées à la fois les eaux douces et les eaux marines. Mais avant même de discuter ces habitats différents et d'établir pour chaque groupe animal lequel est l'habitat originel, lequel l'habitat adaptatif, nous sommes arrivés, par un ordre étranger de considérations, à pouvoir affirmer que les milieux d'eau douce, discontinus par leur nature, d'une existence éminemment secondaire, d'une étendue toujours négligeable, ne présentent pas les caractères requis pour un milieu d'origine. La présence d'une faune d'eau douce doit donc *a priori* s'expliquer par une adaptation de types marins aux milieux d'abord saumâtres des embouchures, desquels ces types, bientôt fluviaux, ont dû remonter jusqu'aux parties les plus centrales des continents, où les inondations ont achevé d'étendre enfin l'aire de leur répartition.

Enfin, dernière considération, l'apparition sur le globe de presque tous les types vivants semble antérieure à l'apparition même

des eaux douces. Dans l'état actuel des connaissances, la paléontologie ne permet pas de conclure à l'existence des eaux douces avant l'époque silurienne. Les rares terres continentales de la période silurienne inférieure, couvertes de rides dues au clapotement des vagues, ne paraissent avoir été que des plages à peine émergées, n'offrant point aux flots une barrière d'arrêt ; les mers balayaient sans doute ces plates-formes primitives qu'elles lavaient de l'eau douce qui pouvait y tomber. Au sommet seul de l'époque silurienne, quelques rares plantes terrestres font leur apparition (Lycopodiacées, Calamitoïdes) ; la vie végétale ne s'accommodant pas d'un régime salé, elles témoignent sans aucun doute d'une assise continentale échappant enfin d'une façon continue aux remous des océans. Mais l'absence de toute flore aux époques antérieures, où la température cependant était favorable puisqu'une faune abondante s'y déployait, semble bien indiquer que l'existence de véritables continents, fermés aux incursions marines, date seulement de cette époque. L'eau douce, liée à l'existence de ces continents, ne semble pas ainsi antérieure à l'époque silurienne. Or, bien auparavant, dès les couches les plus basses des terrains cambriens, une faune remarquablement riche et élevée, comprenant déjà des Spongiaires, des Polypes, des Échinodermes, des Arthropodes, des Brachiopodes et bientôt des Mollusques, peuplait les mers. La présence de ces formes élevées indique depuis quels temps l'évolution d'une telle faune était commencée. Ce magnifique épanouissement de la vie animale, où ne manque guère qu'un représentant des Vertébrés, semble ainsi précéder sur le globe, et de temps considérables, la première formation des eaux douces.

On voit les premières raisons générales qui, une fois établie l'origine aquatique de la vie animale, militent en faveur de son origine marine. Mais ces raisons, d'ordre géologique, ne peuvent présenter qu'une valeur relative, la géologie étant une science incomplète, et incomplète dans une mesure qu'on ignore. Elles sont par conséquent négligeables. On va démontrer avec rigueur la réalité de cette origine marine par l'examen particulier et statistique de chaque groupe animal.

DÉMONSTRATION EFFECTIVE DE L'ORIGINE MARINE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Les mers seules, à l'exclusion des eaux douces, possèdent tous les représentants typiques de chaque groupe animal. Non seulement l'origine marine de tous les groupes animaux en résulte, mais encore le fait que leur évolution aquatique s'est effectuée presque tout entière dans les océans, et dans les océans seuls.

L'origine aquatique des organismes aériens ayant été démontrée, leur origine marine résultera simplement de l'origine marine des organismes aquatiques, qui forment la souche ancestrale de leurs groupes respectifs. Il ne sera pas question par conséquent dans ce paragraphe des organismes aériens. Nous limiterons la démonstration, dans chaque groupe, à l'origine marine des organismes aquatiques seuls.

D'autre part, les organismes aquatiques présentent trois grands habitats : 1° mers, 2° eaux douces, 3° milieux organiques. Les habitants des milieux organiques, dérivant toujours de formes antérieures libres, seront mis également hors de cause dans la démonstration qui va suivre, leur habitat n'étant qu'un habitat secondaire, sans intérêt par conséquent pour l'origine primordiale. Toutefois, la conclusion de cet ouvrage devant être que les milieux organiques ne sont (au moins pour la plus grande majorité) que des milieux marins reconstitués, il est bon de remarquer qu'il conviendrait d'inscrire les formes parasites au tableau des formes marines, bien plutôt assurément qu'à celui des formes d'eau douce.

Deux habitats restent ainsi en présence : habitat marin, habitat d'eau douce. Or, des seize groupes aquatiques que compte le règne animal, six ne présentent d'abord que l'habitat marin : l'origine de ceux-ci est donc claire. Les dix autres répartissent à la fois leurs espèces dans les mers et dans les eaux douces. Le problème qui se pose pour ces groupes est le suivant : tout groupe dérivant d'une souche unique, cette souche est-elle une souche marine, est-elle une souche d'eau douce? Puisqu'il y a eu adaptation des espèces du groupe à des eaux différentes, cette adaptation s'est-elle effectuée dans le sens des mers vers les eaux douces, des eaux douces vers la mer?

A cette question, la réponse est absolue. Toutes les souches animales sont marines.

L'étude des différents groupes va montrer, en effet, que :

Dans chaque groupe animal, tous les embranchements sans exception, toutes les classes sans exception (sauf dans un cas), presque tous les ordres, presque toutes les familles sont représentés dans les mers. Ces embranchements, ces classes, ces ordres, ces familles ne sont représentés dans les eaux douces qu'à l'état d'exception. Les eaux douces ne possèdent de chaque groupe qu'un nombre extrêmement restreint des types qui le constituent; les océans, au contraire, en possèdent la presque totalité.

De cette simple constatation, non seulement l'origine marine de chaque groupe animal résulte, mais encore le fait que l'évolution de chaque groupe s'est effectuée presque tout entière dans les océans, et dans les océans seuls. — La démonstration pouvait exiger moins. L'origine marine de tous les groupes animaux se trouvera donc surabondamment établie.

Premier degré d'organisation. — **PROTOZOAIRES**

1er groupe. — **Rhizopodes.**

D'après la classification de Yves Delage et Hérouard, *Traité de Zoologie concrète* :

CLASSES.	ORDRES.	SOUS-ORDRES.	Nombre d'ordres ou sous-ordres représentés dans les mers.	Nombre d'ordres ou sous-ordres représentés dans les eaux douces.
I. Protéomyxés. . .	I. Acystosporés.	»	1	
—	II. Azoosporés.	»	1	1
—	III. Zoosporés.	»	1	1
II. Mycétozoaires. .	I. Filoplasmodiés.	»	1	1
III. Amœbiens.. . . .	I. Gymnamœbiens	»	1	1
—	II. Thécamœbiens.	»	1	1
IV. Foraminifères.. .	I. Imperforés.	5	5	1
—	II. Perforés.	6	6	1
V. Héliozoaires. . .	»	4	4	4
VI. Radiolaires.. . .	I. Péripylaires.	9	9	
—	II. Actipylaires.	4	4	
—	III. Monopylaires.	6	6	
—	IV. Cannopylaires.	4	4	
VII. Taxopodes. . . .	»	»	1	

Les ordres Pseudoplasmodiés et Euplasmodiés, de la classe des Mycétozoaires, n'ont pas été compris dans ce tableau comme étant uniquement parasites.

Ainsi, le groupe des Rhizopodes libres comprenant :

7 classes, 43 ordres et sous-ordres,

sa faune marine constitue à elle seule :

7 classes, 43 ordres et sous-ordres;

sa faune d'eau douce ne constituerait que :

5 classes, 11 ordres et sous-ordres.

La suppression de la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition d'aucune classe, d'aucun ordre, d'aucun sous-ordre; la suppression de la faune marine entraînerait la disparition complète de :

2 classes, 32 ordres et sous-ordres.

2e groupe. — **Sporozoaires.**

Plusieurs classes, ordres et sous-ordres, — tous les genres étant parasites. — Hors de cause, par conséquent, dans ce travail.

(*Pour mémoire*). — Habitat : tube digestif de Homard, Échiure, Triton, Limaces, etc.; muscles de Porc; rein de la Néritine; organes profonds des Mollusques Céphalopodes; branchie des Cyprins; vessie natatoire du Brochet; larves d'Insectes, etc.; — tous milieux organiques, qui seront démontrés plus loin n'être, d'une façon générale, que des milieux marins reconstitués.

3e groupe. — **Flagellés.**

D'après la classification d'Yves Delage et Hérouard, *id.* :

CLASSES.	ORDRES.	Nombre d'ordres représentés dans les mers.	Nombre d'ordres représentés dans les eaux douces.
I. Euflagellés.	I. Monadides.	1	1
—	II. Euglénides.	1	1
—	III. Phytoflagellides.	1	1
II. Silicoflagellés. . .	»	1	
III. Dinoflagellés. . . .	I. Adinides.	1	
—	II. Diniférides.	1	1
—	III Polydinides.	1	
—	IV. Erythropsides.	1	
IV. Cystoflagellés. . .	»	1	
V. Catallactes.	»	1	

A ajouter : un genre aberrant d'eau douce (*Maupasia*) que Che-

VIAKOF rapproche des FLAGELLÉS, sans indiquer sa position dans le groupe.

Si l'on écarte ce genre, le groupe des FLAGELLÉS comprenant :

5 classes, 10 ordres ;

sa faune marine constitue à elle seule :

5 classes, 10 ordres ;

sa faune d'eau douce ne constituerait que :

2 classes, 4 ordres.

La suppression de la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition d'aucune classe, d'aucun ordre ; celle de la faune marine entraînerait la disparition de :

3 classes, 6 ordres.

4e GROUPE. — Infusoires.

D'après la classification d'YVES DELAGE et HÉROUARD, *id.* :

CLASSES.	ORDRES.	Nombre d'ordres représentés dans les mers.	Nombre d'ordres représentés dans les eaux douces.
I. CILIÉS.	I. Holotrichides.	1	1
—	II. Hétérotrichides.	1	1
—	III. Hypotrichides.	1	1
—	IV. Péritrichides.	1	1
II. TENTACULIFÈRES. . . .	»	1	1

Ce groupe est le seul de la série animale qui présente une répartition égale de ses ordres dans les eaux douces et dans les eaux marines. Son origine marine résultera de l'origine marine de tous les autres groupes.

DEUXIÈME DEGRÉ D'ORGANISATION. — MÉSOZOAIRES.

Parasites. Hors de cause, par conséquent.

(*Pour mémoire*). I. — **Rhombifères**, parasites des organes excréteurs des Mollusques Céphalopodes (Seiche, Poulpe).

II. — **Orthonectides**, parasites des tissus ou de la cavité générale de Turbellariés (*Leptoplana tremellaris*, *Lineus gesserensis*, *Nemertes lacteus*) ou d'ÉCHINODERMES Ophiurides (*Amphiura*, *Ophiocoma*).

Tous milieux organiques d'hôtes qui sont exclusivement des Inver-

lébrés marins. Or, le milieu organique des Invertébrés marins est, au point de vue minéral, le milieu marin lui-même, avec lequel il communique largement par osmose, ainsi que la suite de cet ouvrage l'établira.

Troisième degré d'organisation. — **MÉTAZOAIRES**

1er groupe. — Spongiaires.

D'après la classification d'Edmond Perrier, *Traité de Zoologie* :

EMBRANCHEMENTS.	CLASSES.	ORDRES.	FAMILLES.	Nombre de familles habitant les	
				mers.	eaux douces.
I. *Éponges calcaires.*	I. Homocœla.	»	3	3	
—	II. Heterocœla.	»	3	3	
II. *Éponges siliceuses.*	I. Hexactinellida.	I. Lysassina.	3	3	
—	»	II. Dictyonina.	3	3	
—	II. Hexaceratina.	»	3	3	
—	III. Chondrospongida.	I. Tetractinellida.	5	5	
—	»	II. Monactinellida.	13	12	1
—	IV. Cornacuspongiæ.	»	6	6	

Ainsi, le groupe des Spongiaires comprenant :

2 embranchements, 6 classes, 8 ordres, 41 familles,

sa faune marine constitue à elle seule :

2 embranchements, 6 classes, 8 ordres, 40 familles,

sa faune d'eau douce ne constituerait que :

1 famille.

Tandis que la suppression de la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition que de :

1 famille,

la suppression de la faune marine entraînerait la disparition totale de :

1 embranchement, 5 classes, 7 ordres, 40 familles.

2e groupe. — Hydrozoaires.

D'après les classifications de Louis Roule, 1898, *Anatomie*

comparée des animaux basée sur l'embryologie, et d'EDMOND PERRIER, *Traité de Zoologie* :

CLASSES.	ORDRES.	FAMILLES.	Nombre de familles représentées dans les	
			mers.	eaux douces.
I. HYDRAIRES.	I. Schizoblastica. . .	1	1	
—	II. Eleutheroblastica.	1		1
—	III. Calyptoblastica. .	11	9	2
—	IV. Gymnoblastica. .	18	18	1
—	V. Trachilina.	8	8	
—	VI. Gastroda.	1	1	
II. SIPHONOPHORES. . .	I. Disconectæ. . . .	5	5	
—	II. Cystonectæ. . . .	5	5	
—	III. Physonectæ. . .	8	8	
—	IV. Auronectæ. . . .	2	2	
—	V. Calyconectæ. . .	8	8	

Ainsi, le groupe des HYDROZOAIRES comprenant :

2 classes, 11 ordres, 66 familles,

sa faune marine constitue à elle seule :

2 classes, 10 ordres, 63 familles,

sa faune d'eau douce ne constituant que :

4 familles.

Tandis que la suppression de toute la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition que de :

1 ordre, 3 familles,

la suppression de la faune marine entraînerait la disparition complète de :

1 classe, 8 ordres, 62 familles.

5e GROUPE. — **Scyphozoaires.**

Exclusivement marin. — D'après les mêmes auteurs :

CLASSES.	SOUS-CLASSES.	ORDRES.	FAMILLES.
I. SCYPHOMÉDUSES. . .	»	2	10
II. CTÉNOPHORES.	»	4	15
III. ANTHOZOAIRES. . . .	I. Hydrocoralliaires. .	1	5
—	II. Coralliaires.	9	68

5 classes et 2 sous-classes, 16 ordres, 94 familles, — exclusivement marins. Pas une adaptation aux eaux douces[1].

4e GROUPE. — **Échinodermes.**

Exclusivement marin. — D'après la classification d'EDMOND PERRIER :

EMBRANCHEMENTS.	CLASSES.	ORDRES.	FAMILLES.
I. *Anangia*.	I. STELLEROÏDA. . .	5	23
—	II. OPHIURIDA.	2	10
II. *Angiophora*.	I. CRINOÏDA.	1	6
—	II. ECHINOÏDA.	3	10
—	III. HOLOTHURIDA. . . .	2	6

2 embranchements, 5 classes, 13 ordres, 55 familles, — exclusivement marins. Pas une adaptation aux eaux douces. — Les ÉCHINODERMES sont disparus des régions dessalées de la mer Baltique.

5e GROUPE. — **Plathelminthes.**

Deux sections.

Première section. — ***Plathelminthes libres*** (d'après la classification d'EDMOND PERRIER).

CLASSES.	ORDRES.	FAMILLES.	Nombre de familles habitant les	
			mers.	eaux douces.
I. TURBELLARIÉS. . .	I. Polyclada.	7	7	
—	II. Triclada	5	3	2
—	III. Rhabdocelida. . . .	10	9	6
II. NÉMERTIENS. . . .	I. Pelagonemertina. .	1	1	
—	II. Bdellomorpha . . .	1	1	
—	III. Schizonemertina. .	1	1	
—	IV. Tremonemertina. .	1	1	
—	V. Hoplonemertina . .	1	1	1
—	VI. Hyponemertina. . .	1	1	

1. Quelques adaptations aux eaux saumâtres, telles que *Crambessa tagi* : embouchure du Tage.

Ainsi, la section des PLATHELMINTHES LIBRES comprenant :

2 classes, 9 ordres, 28 familles,

sa faune marine constitue à elle seule :

2 classes, 9 ordres, 25 familles ;

sa faune d'eau douce, dans les deux classes, ne constituerait que :

3 ordres, 9 familles.

Deuxième section. — ***Plathelminthes parasites.*** — Classes : TRÉMATODES, CESTODES. — Parasites. Hors de cause, par conséquent.

(*Pour mémoire*). — Un ordre de Trématodes est ectoparasite : il s'établit en parasite sur les branchies ou sur le corps d'organismes aquatiques, et présente encore la prépondérance marine, la plupart de ces organismes aquatiques (Poissons, Crustacés, etc.) étant marins.

Les Trématodes digènes et les Cestodes sont toujours adultes dans les milieux organiques (tube digestif des Vertébrés principalement).

6e GROUPE. — **Myzostomides.**

Exclusivement marin. — Deux genres, *Stelechopus*, *Myzostomum*, parasites sur le corps d'ÉCHINODERMES Crinoïdes, marins.

7e GROUPE. — **Acanthocéphales.**

Trois seuls genres, tous trois parasites, à l'état larvaire dans le tube digestif d'un Crustacé et de Poissons d'eau douce, à l'état adulte dans la cavité digestive des Vertébrés, dans la muqueuse intestinale des Poissons, de la Grenouille, du Porc, du Canard.

Hors de cause, par conséquent.

8e GROUPE. — **Némathelminthes.**

Première section. — ***Némathelminthes libres*** (Prénématodes).

1. — Gastérotriches, — des eaux douces.
2. — Échinodères, — des mers.
3. — Desmoscolécides, — des mers.
4. — Chœtosomides, — des mers.

Trois classes marines, une seule d'eau douce.

Deuxième section. — Première division : NÉMATODES LIBRES (d'après la classification d'EDMOND PERRIER; les nombres comptant les genres).

FAMILLES.	Mers ou terres saumâtres.	Eaux douces.	Terres humides (prairies, etc.).
Enchelidiidæ. . . .	11		5
Rhabditidæ.	7	4	5
Calyptronemidæ.. .	1		
Enoplidæ.	10	4	
Phanodermidæ. . .	5		
Lasiomitidæ.. . . .	5		5
Dorylaimidæ. . . .	1		4
Oncholaimidæ.. . .	11	1	5
Eurystomidæ. . . .	4		

Cette division comprenant :

9 familles, 80 genres,

les formes marines constituent :

9 familles, 51 genres;

les formes d'eau douce ou habitant les terres humides ne constituant que :

6 familles, 29 genres.

Deuxième division. — NÉMATODES PARASITES, GORDIIDÉS.

Parasites. Hors de cause, par conséquent.

(Pour mémoire). — Les premiers, dans les milieux organiques (artères du Cheval, sinus veineux du Marsouin; intestin de tous les Vertébrés; foie, rein de Mammifères; cavité générale des Insectes); — les seconds, parasites simplement à l'état larvaire, chez les Insectes et les Vertébrés, adultes dans les mers (1 genre), dans les eaux douces (1 genre).

9e GROUPE. — Trochozoaires.

D'après la classification générale de LOUIS ROULE. Pour les ordres, familles, habitats : EDMOND PERRIER, Y. DELAGE et HÉROUARD.

Pour l'ordre si nombreux des Polychètes, uniquement marin d'après les auteurs, voir la Note récente de FÉLIX MESNIL (1901, *Soc. de Biol.*, 271. Remarques sur les Polychètes d'eau douce, à propos des formes nouvelles du lac Baïkal). Les Polychètes comprennent donc quelques rares formes d'eau douce.

EMBRANCHEMENTS.	CLASSES.	ORDRES.	Nombre d'ordres représentés dans les mers.	Nombre d'ordres représentés dans les eaux douces.
I. *Prétrochozoaires*..	I. Rotifères	I. Ploïma.	1	1
—	—	II. Scirtopoda. . . .	1	1
—	—	III. Bdelloïda.	1	1
—	—	IV. Rhizota.	1	1
II. *Tentaculifères*. . .	I. Bryozoaires. A).	I. Pedicellinea . . .	1	1
—	— B).	I. Gymnolœmata . .	1	1
—	—	II. Phylactolœmata. .		1
—	—	III. Pterobranchia . .	1	
—	—	IV. Polybranchia. . .	1	
—	II. Brachiopodes. . .	I. Inarticulata. . .	1	
—	—	II. Articulata.. . . .	1	
—	III. Sipunculiens. . .	I. Sipunculidæ . . .	1	
—	IV. Priapuliens . . .	I. Priapulidæ. . . .	1	
III. *Mollusques*. . . .	I. Amphineures. . .	I. Polyplacophora. .	1	
—	—	II. Aplacophora . . .	1	
—	II. Solénoconques. .	I. Dentalidæ	1	
—	III. Lamellibranches	I. Cryptodonta . . .	1	
—	—	II. Taxodonta	1	1
—	—	III. Schizodonta . . .	1	
—	—	IV. Anisomyaria . . .	1	1
—	—	V. Eulamellibranchia	1	1
—	IV. Gastéropodes . .	I. Prosobranchia . .	1	1
—	—	II. Opistobranchia. .	1	
—	V. Céphalopodes . .	I. Nautilidæ.	1	
—	—	II. Ammonea.	1	
—	—	III. Decapoda.	1	
—	—	IV. Octopoda.	1	
IV. *Annélides*.	I. Archiannélides. .	I. Trichotoma. . . .	1	
—	—	II. Polygordia	1	
—	II. Chétopodes . . .	I. Archichétopodes.	1	
—	—	II. Polychètes. . . .	1	1
—	—	III. Oligochètes. . . .	1	1
V. *Pseudannélides*. . .	I. Sternaspidiens. .	I. Sternaspidæ . . .	1	
—	II. Échiuriens. . . .	I. Echiuridæ	1	

Deux ordres, celui des Pulmonés, de la classe des Gastéropodes, celui des Hirudinées, de la classe des Chétopodes, n'ont pas été compris dans ce tableau, leur habitat aquatique (marin et d'eau douce) ne paraissant pas primitif.

Ainsi, le groupe des Trochozoaires comptant :

14 classes, 54 ordres,

sa faune marine constitue à elle seule :

14 classes, 53 ordres;

sa faune d'eau douce ne constituerait que :

5 classes, 15 ordres.

La suppression de toute la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition que de :

1 ordre ;

la suppression de la faune marine entraînerait la disparition totale de :

9 classes, 21 ordres.

10e GROUPE. — Chétognathes.

Exclusivement marin. — Deux seuls genres, *Sagitta*, *Spadella*.

11e GROUPE. — Arthropodes.

D'après la classification d'Ed. PERRIER (pour les ordres) :

SOUS-EMBRANCHEMENT.	CLASSES.	ORDRES.	FAMILLES.	Nombre de familles représentées dans les mers.	Nombre de familles représentées dans les eaux douces.
I. *Pantopodes*. . . .	I. PYCNOGONIDES. .	»	4	4	
II. *Allantennés*. . . .	I. MÉROSTOMACÉS. .	I. Limulidés. . .	1	1	
III. *Quadriantennés*. .	I. ENTOMOSTRACÉS .	I. Copepoda. . .	9	8	4
—	—	II. Phyllopoda. .	7	5	7
—	—	III. Ostracoda . .	8	8	1
—	—	IV. Cirripeda. . .	7	7	
—	II. MALACOSTRACÉS .	I. Leptostraca .	1	1	
—	—	II. Amphipoda. .	24	24	3
—	—	III. Isopoda. . . .	12	12	4
—	—	IV. Cumacea. . .	8	8	
—	—	V. Schizopoda. .	4	4	
—	—	VI. Stomatopoda.	1	1	
—	—	VII. Decapoda. . .	20	29	3

Huit familles de Copépodes *parasites* n'ont pas été comprises dans ce tableau.

Ainsi, le groupe des ARTHROPODES aquatiques comprenant :

3 sous-embranchements, 4 classes, 13 ordres, 115 familles,

sa faune marine constitue à elle seule :

3 sous-embranchements, 4 classes, 13 ordres, 112 familles ;

sa faune d'eau douce ne constituerait que :

1 sous-embranchement, 2 classes, 6 ordres, 22 familles.

La suppression de toute la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition que de : 3 familles ;

la suppression de la faune marine entraînerait la disparition totale de :

2 sous-embranchements, 2 classes, 7 ordres, 95 familles.

12e GROUPE. — **Péripatides.**

Pas de représentant aquatique connu, vivant ou fossile. La souche se situant entre les ARTHROPODES et les Annélides, doit être marine. — Hors de cause dans cette étude.

13e GROUPE. — **Diplocordés.**

Exclusivement marin. — Une seule classe : PHORONIDIENS.

14e GROUPE. — **Hémicordés.**

Exclusivement marin. — Une seule classe : ENTÉROPNEUSTES.

15e GROUPE. — **Cordés.**

EMBRANCHEMENTS	CLASSES.	SOUS-CLASSES	ORDRES.	Ordres habitant les mers.	Ordres habitant les eaux douces.
I. *Leptocardes*	»	»	(*Amphioxus*)	1	
II. *Tuniciers*. .	I. PÉRENNICORDES.	»	I. Endostylophorides.	1	
—	»	»	II. Polystylophorides.	1	
—	II. CADUCICORDES. .	I. Thaliés. . .	I. Salpides.	1	
—	»	»	II. Doliolides.	1	
—	»	II. Ascidiés. . .	I. Lucides.	1	
—	»	»	II. Synascides.	1	
—	»	»	III. Monascides.	1	
III. *Vertébrés* .	I. POISSONS. . . .	I. Cyclostomes	I. Pétromyzontidés. .	1	1
—	»	»	II. Myxinidés	1	
—	»	II. Sélaciens. .	I. Plagiostomes. . . .	1	1
—	»	»	II. Holocéphales. . . .	1	
—	»	III. Ganoïdes. .	I. Crossoptérygiens. .		1
—	»	»	II. Chondroganoïdes. .	1	1
—	»	»	III. Euganoïdes.		1
—	»	IV. Téléostéens.	I. Physostomes. . . .	1	1
—	»	»	II. Anacanthiniens. . .	1	1
—	»	»	III. Acanthoptérygiens.	1	1
—	»	»	IV. Plectognathes. . .	1	
—	»	»	V. Lophobranches . .	1	

Ainsi, le groupe des CORDÉS aquatiques comprenant :

3 embranchements, 4 classes, 20 ordres,

sa faune marine constitue à elle seule :

5 embranchements, 4 classes, 18 ordres,

sa faune d'eau douce ne constituerait que :

1 embranchement, 1 classe, 8 ordres.

La suppression de la faune d'eau douce n'entraînerait la disparition que de :

2 ordres ;

celle de la faune marine entraînerait la disparition totale de :

2 embranchements, 5 classes, 12 ordres.

Résumons dans un tableau général tous ces tableaux particuliers, en portant la numération sur les embranchements, les classes et les ordres.

Nous obtenons le tableau suivant :

GROUPES.	Dans chaque groupe, nombre total des embranchements, classes, ordres, représentés dans les eaux douces ou marines.			Dans chaque groupe, nombre des embranchements, classes, ordres, représentés dans les					
				Mers.			Eaux douces.		
	Embranchements.	Classes.	Ordres.	Embranchements.	Classes.	Ordres.	Embranchements.	Classes.	Ordres.
Rhizopodes	1	7	14	1	7	14	1	5	8
Flagellés	1	5	10	1	5	10	1	2	4
Infusoires	1	2	5	1	2	5	1	2	5
Spongiaires	2	6	8	2	6	8	1	1	1
Hydrozoaires	1	2	11	1	2	10	1	1	5
Scyphozoaires	1	3	16	1	3	16			
Echinodermes	2	5	13	2	5	13			
Plathelminthes	1	2	9	1	2	9	1	2	3
Myzostomides	1	1	1	1	1	1			
Némathelminthes	1	5	5	1	4	4	1	2	2
Trochozoaires	5	14	34	5	14	33	4	5	15
Chétognathes	1	1	1	1	1	1			
Arthropodes	1	4	13	1	4	13	1	2	6
Diplocordés	1	1	1	1	1	1			
Hémicordés	1	1	1	1	1	1			
Cordés	3	4	20	3	4	18	1	1	8
Total des embranchements, classes et ordres.	24	65	162	24	62	157	13	25	55

Nous voyons que :

Les représentants marins et d'eau douce du règne animal se répartissant en :

16 groupes, 24 embranchements, 65 classes, 162 ordres,

les représentants marins constituent à eux seuls :

16 groupes, 24 embranchements, 62 classes, 157 ordres,

les représentants d'eau douce ne constituant que :

10 groupes, 13 embranchements, 25 classes, 55 ordres.

Tandis que la suppression de la faune d'eau douce n'entraînerait dans tout le règne animal la disparition que de :

1 classe, 5 ordres,

la suppression de la faune marine entraînerait la disparition totale de :

6 groupes, 11 embranchements, 40 classes, 109 ordres.

Ainsi, les océans, et les océans seuls, possèdent tous les représentants typiques de chaque groupe animal. Les eaux douces ne possèdent qu'un nombre toujours restreint et souvent nul de ces représentants.

Il en résulte, avec une clarté qui s'impose, que non seulement l'origine de chaque groupe animal est marine, mais que l'évolution fondamentale (aquatique) de tous les groupes animaux s'est effectuée presque tout entière dans les océans et dans les océans seuls.

L'origine marine est donc surabondamment démontrée.

La démonstration de l'origine marine s'arrête là. Rien ne pourrait la renforcer. On peut lui adjoindre cependant deux confirmations remarquables que rien au reste ne nécessitait.

1° Dans chaque groupe animal, les formes les plus inférieures, c'est-à-dire les plus voisines de la souche originelle du groupe sont presque toujours ***exclusivement*** marines. — (Il eût pu se faire, sans que la démonstration en souffrît, que ces formes inférieures eussent été parmi celles qui se sont adaptées aux eaux douces. L'observation montre simplement qu'il n'en est rien.)

2° Dans chaque groupe animal, les formes marines sont toujours d'une apparition géologique antérieure à celles des formes d'eau douce. — (Les documents fossiles étant incomplets, il eût pu encore se faire que, dans certains groupes, les fossiles

marins, antérieurs aux fossiles d'eau douce, manquassent. — D'ailleurs, cette seconde confirmation d'ordre géologique ne saurait être considérée comme une démonstration, rien n'autorisant à conclure d'une façon absolue que les formes d'eau douce d'un groupe ne sont pas antérieures au premier terrain dans lequel on les trouve.)

DÉMONSTRATIONS ACCESSOIRES

I. — Dans chaque groupe animal, les formes les plus inférieures, c'est-à-dire les plus proches de la souche originelle du groupe, sont presque toujours exclusivement marines.

Exceptions : les Protozoaires, et deux seuls groupes de Métazoaires, Némathelminthes, Trochozoaires. — Les formes inférieures des Protozoaires se rencontrent dans les mers et dans les eaux douces ; il en est de même des Trochozoaires chez qui les formes inférieures sont à la fois lacustres et marines (Rotifères). Enfin les Gastérotriches, classe inférieure des Némathelminthes, sont des eaux douces exclusivement.

Les Péripatides, entièrement aériens, les Mésozoaires et les Acanthocéphales, entièrement parasites, sont hors de cause dans ce paragraphe.

A). ***Spongiaires.*** — Forme primitive du groupe : *Ascetta primordialis*, de la classe des Homocœles. Simple petit sac fixé, de 3 millimètres, ouvert à son sommet, percé de pores sur sa paroi. Les autres Éponges seront des colonies plus ou moins différenciées de ce sac primitif. (Voir tous les ouvrages classiques.) Or :

Ascetta primordialis, marine.

B). ***Hydrozoaires.*** — Forme primive du groupe : *Protohydra* (de la classe des Hydroïdes, ordre des Schizoblastes). Simple petit sac fixé, uniquement ouvert à son sommet. La progression des formes se fera premièrement par l'apparition de tentacules musculaires et sensitifs autour de cet orifice, secondement par le bourgeonnement et la vie coloniale.

L'Hydre d'eau douce, *Hydra*, occupe un des degrés les plus bas, il est vrai, de l'échelle anatomique du groupe (classe des Hydroïdes, ordre des Éleuthéroblastes). Toutefois, elle est déjà une forme secondaire. 1° Des tentacules préhenseurs, contractiles, disposés autour de la bouche, la différencient de la *Protohydra*. 2° Elle bourgeonne. Tandis que *Protohydra* est un individu toujours isolé, se séparant quand il se reproduit, *Hydra* bourgeonne ; ses bourgeons eux-mêmes bourgeonnent avant leur séparation de la forme mère. Elle présente donc déjà la ten-

dance à la vie coloniale que le groupe va par la suite réaliser. — *Limnocodium*, *Craspedacustes*, etc., autres formes d'eau douce du groupe (ordres des Calyptoblastes et des Gymnoblastes), sont des formes encore plus différenciées, coloniales. — Or :

Protohydra : marine.

c). ***Scyphozoaires.*** — Le groupe est exclusivement marin.

d). ***Échinodermes.*** — Le groupe est exclusivement marin.

e). ***Plathelminthes.*** — 1° Des deux classes libres (Turbellariés, Némertiens), classe primitive : Turbellariés, dépourvue d'appareil sanguin. — 2° Formes primitives des Turbellariés et par conséquent du groupe : *Rhabdocœles acœles*, dépourvus de tube digestif, les autres ordres en étant pourvus. — Or :

Rhabdocœles acœles (*Convoluta, Nadina*, etc.) : exclusivement marins.

f). ***Myzostomides.*** — Le groupe est exclusivement marin.

g). ***Chétognathes.*** — Le groupe est exclusivement marin.

h). ***Arthropodes.*** — Sous-embranchement primitif du groupe : Pantopodes (voir pour la démonstration, Chapitre précédent, page 30). — Or :

Pantopodes : exclusivement marins.

i). ***Diplocordés.*** — Le groupe est exclusivement marin.

j). ***Hémicordés.*** — Le groupe est exclusivement marin.

k). ***Cordés.*** — Embranchements primitifs du groupe : Leptocardes, Tuniciers.

Les Vertébrés ont toujours au moins : une corde dorsale complète ; une gaine squelettogène entourant cette corde ; un crâne ; un centre nerveux céphalique ; un cœur. Ces quatre derniers caractères manquent aux Leptocardes (*Amphioxus*) ; les trois premiers aux Tuniciers. — Or :

Leptocardes, Tuniciers : exclusivement marins.

II. — **Dans chaque groupe animal, les formes marines sont toujours d'une apparition géologique antérieure à celle des formes d'eau douce.**

Dix groupes, des seize groupes aquatiques que comporte le règne entier, renferment des formes d'eau douce.

De ces dix groupes, quatre sont sans fossiles (Flagellés, Infusoires, Plathelminthes, Némathelminthes), la taille souvent microscopique et la nature molle des tissus n'ayant pas permis la fossilisation. A joindre à ces quatre groupes celui des Rhizopodes, sans fossiles également et pour les mêmes raisons,

au moins dans ses classes qui se répartissent entre les deux habitats.

Cinq groupes restent :

A). ***Spongiaires.***

Apparition géologique du groupe. — Dans les plus anciennes couches peuplées du globe (couches cambriennes), *Protospongia*, des Éponges cornéo-siliceuses, en compagnie de formes appartenant à des groupes ou à des sous-groupes encore aujourd'hui exclusivement marins : Échinodermes, Brachiopodes, Mollusques Ptéropodes.

Faune spongiaire marine abondante, dans les couches suivantes, en compagnie des mêmes formes et d'autres exclusivement marines.

Apparition géologique des formes d'eau douce. — Les *Spongélidés*, unique famille actuelle d'eau douce, inconnus à l'état fossile.

B). ***Hydrozoaires.***

Apparition géologique du groupe. — Dans les couches cambriennes également (couches supérieures), *Dendrograptus*, *Dictyonema*, des Calyptoblastes, — en compagnie des mêmes formes marines. Dans les mêmes couches, tout l'ordre des Graptolites, s il doit être rapporté aux Hydrozoaires.

Apparition géologique des formes d'eau douce. — Les formes actuelles d'eau douce (*Hydra*; *Cordylophora*; *Craspedacustes* et sa méduse : *Limnocodium*; etc.), inconnues à l'état fossile. — *Cordylophora* n'est signalée dans les eaux douces que depuis 1825 (von Baer). Elle émigre vers les eaux douces en compagnie de deux formes : *Psammoryctes umbellifer*, des Lombriciens, et *Dreissensia*, des Mollusques, formes à type marin très accusé comme elle-même. Signalées pour la première fois dans le golfe de Courlande, ces trois formes ont gagné depuis l'Elbe, le Danube, la Tamise, la Seine et la Loire.

C). ***Trochozoaires.***

1. Rotifères. — Sans fossiles.
2. Bryozoaires.

Apparition géologique de la classe. — Dans les couches siluriennes, *Fenestrella*, du sous-ordre encore aujourd'hui exclusivement marin des Cyclostomes, de l'ordre des Gymnolœmes.

Très nombreuses espèces fossiles des époques primaire et

secondaire, mais toutes appartenant à deux sous-ordres exclusivement marins, Cyclostomes et Chilostomes, de l'ordre précité.

Apparition géologique des formes d'eau douce. — Toutes les formes d'eau douce, inconnues à l'état fossile.

5. Mollusques.

Apparition géologique de l'embranchement. — Dans le cambrien le plus inférieur : *Theca, Hyolites, Scenella, Stenotheca, etc.*, des Gastéropodes, — en compagnie de formes appartenant à des groupes et sous-groupes exclusivement marins : Brachiopodes, Échinodermes, etc.

Dans le cambrien supérieur : apparition des Céphalopodes, — classe encore aujourd'hui exclusivement marine.

Dans le silurien : apparition des Lamellibranches, *Posidonomya*, voisin de *Solenomya* actuel, de l'ordre marin des Cryptodontes.

Apparition géologique des formes d'eau douce. — Gastéropodes pulmonés : *Pupa, Zoonites*, dans le Carbonifère.

Lamellibranches : α) grande famille d'eau douce des *Nayadidés*, apparition dans le trias. β) *Cyrénidés*, des eaux saumâtres et douces, dans le lias. γ) *Mytilidés*, apparition des premières formes d'eau douce dans le miocène, les formes les plus anciennes, exclusivement marines, présentes dans le silurien.

d). ***Arthropodes.***

Apparition géologique du groupe. — Dans le cambrien le plus inférieur, en compagnie des formes exclusivement marines déjà citées. Abondance extrême de ces premiers Allantennés (Trilobites), qui atteignent tout leur développement dès la période suivante, silurienne inférieure (voir p. 31).

Apparition géologique comparée des formes marines et des formes d'eau douce des mêmes ordres.

α). Ostracodes. — 8 familles.

Formes marines :

1 famille, 3 genres, dans le cambrien (Léperditidés),
4 familles, 23 genres, dans le silurien,
5 familles, 23 genres, dans le carbonifère.

Formes d'eau douce : se rencontrant pour la première fois dans le jurassique supérieur ou le crétacé (Cypridés). — Cette famille représentée dès le silurien par le genre actuel, encore marin : *Bairdia*.

β). Décapodes. — 2 divisions.

1. *Décapodes macroures.*

Formes marines :

4 genre, dans le dévonien,
5 genres, dans le carbonifère,
3 familles et 7 genres, dans le trias,
5 familles et 26 genres, dans le jurassique,
6 familles, dans le crétacé.

Formes d'eau douce : se rencontrant pour la première fois à la fin de l'époque tertiaire.

2. *Décapodes brachyoures.*

Formes marines :

2 familles et 3 genres, dans le jurassique,
6 familles et 24 genres, dans le crétacé,
7 familles et 41 genres, dans l'éocène.

Formes d'eau douce : se rencontrant pour la première fois dans les couches miocènes d'OEningen (*Gecarcinus*, *Telphusa*).

γ). Copépodes, Amphipodes, Isopodes, — inconnus ou insuffisamment connus à l'état fossile.

ε). **Cordés.**

Leptocardes et Tuniciers, sans squelette dermique ni mésodermique, — inconnus à l'état fossile.

Apparition géologique du groupe. — Poissons : dans le silurien, six ordres, deux sous-classes (Sélaciens, Ganoïdes), — tous les représentants marins.

Première apparition des formes d'eau douce. — Dans le carbonifère.

Sans tenir compte de ces deux confirmations intéressantes, mais accessoires, ni de la première démonstration, jugée également insuffisante, reportons-nous à la seule démonstration effective, basée sur la statistique. Il en résulte, comme nous l'avons vu, que l'évolution presque tout entière de tous les groupes animaux s'est exclusivement effectuée dans les mers. L'origine marine générale en ressort.

Tous les organismes animaux ont une origine marine.

CHAPITRE III

ORIGINE MARINE DES PREMIÈRES CELLULES ANIMALES

Résumé du Chapitre. — L'origine cellulaire marine de la vie animale résulte :

1° du fait que, tout organisme dérivant d'une cellule et tous les organismes animaux dérivant d'organismes marins, les cellules ancestrales des organismes primitifs (lesquels étaient marins) ne purent être que des cellules marines;

2° du fait qu'aujourd'hui encore un nombre considérable d'organismes marins dérivent effectivement de cellules marines, par des procédés de développements qui sont les procédés primitifs, les moins différenciés, ceux par conséquent qui furent propres aux organismes ancestraux de toutes les souches animales.

En effet :

A. — Tous les groupes animaux marins, sauf peut-être celui des DIPLOCORDÉS, présentent un mode reproducteur commun : abandon pur et simple par les parents, dans l'eau de mer environnante, des éléments reproducteurs qui s'y rencontrent et s'y conjuguent, — d'où résulte que les deux premières cellules dont dérive l'organisme adulte, sont déjà des cellules marines. Or, ce mode reproducteur est le mode primitif. L'autre mode (par accouplement) nécessite chez les parents : des organes copulateurs, une chambre d'incubation, des facultés instinctives supérieures, — toutes différenciations qui marquent que les organismes qui en sont doués, ne sont pas les organismes primitifs.

B. — Presque tous les groupes animaux marins présentent un embryon : blastule, gastrule ou trochophore, doué de vie indépendante dans l'eau de mer extérieure. Cet embryon étant formé d'une couche unique de cellules, toutes ces cellules, qui sont les cellules mères de l'organisme entier, se trouvent donc au contact direct de l'eau de mer, sont encore des cellules marines. — Or, ces blastule, gastrule, trochophore libres sont conditionnées par un ovule pauvre en matière nutritive. D'autre part, l'ovule pauvre en matière nutritive est l'ovule primitif, non encore différencié par l'addition vitelline. Les organismes ancestraux de tous les groupes animaux devaient donc posséder cet ovule et dériver par conséquent d'un embryon dont toutes les cellules, à un moment donné, vivaient au contact de l'eau de mer, étaient des cellules marines.

Les cellules ancestrales d'où sont dérivés par la suite tous les organismes animaux, ont donc été des cellules marines.

Origine ***cellulaire*** de la vie animale : marine.

Les deux premiers Chapitres viennent d'établir que les ancêtres de tous les organismes animaux furent des organismes marins. Nous allons démontrer, dans le Chapitre III, que ces organismes dérivent eux-mêmes de cellules marines. L'origine ***cellulaire*** marine de la vie animale en résultera : « Les premières cellules animales, d'où sont dérivés par la suite tous les organismes animaux, ont été des cellules marines ».

Deux démonstrations, — l'une brève, préliminaire, générale ; l'autre, portant sur chaque groupe animal en particulier, en partie fondée sur l'observation immédiate, en partie sur la théorie.

PREMIÈRE DÉMONSTRATION DE L'ORIGINE CELLULAIRE MARINE DE LA VIE ANIMALE

Tous les organismes animaux dérivant d'organismes marins et tout organisme dérivant d'une cellule, les cellules ancestrales des premiers organismes (qui étaient marins) n'ont pu être que des cellules marines.

On a déjà vu, I, *I*, page 6, que tout organisme tire son origine d'une cellule.

On vient d'établir que tous les organismes animaux tirent leur origine d'organismes marins.

Or, la cellule originelle d'organismes marins ne put être qu'une cellule marine.

Les cellules d'où sont dérivés par la suite tous les organismes animaux, ont donc été des cellules marines

DEUXIÈME DÉMONSTRATION DE L'ORIGINE CELLULAIRE MARINE DE LA VIE ANIMALE

Un nombre considérable d'organismes actuels, répartis dans tous les groupes marins, dérivent encore aujourd'hui de cellules marines (éléments reproducteurs marins, premières cellules embryonnaires marines). Or, les modes de reproduction et de développement que ces organismes présentent, sont les modes primitifs, les moins différenciés, ceux que possédaient par conséquent les premiers organismes de toutes les souches animales.

Un nombre considérable d'organismes actuels, répartis dans tous les groupes marins, dérivent ***encore aujourd'hui*** de cellules marines, — soit qu'ils prennent naissance d'un spermato-

zoïde et d'un ovule versés par les parents, avant la fécondation, dans l'eau de mer extérieure, — soit qu'ils dérivent d'un embryon, menant une vie libre dans le milieu marin dès les phases blastulaire, gastrulaire ou trochophore, phases sous lesquelles l'embryon est composé d'une unique couche de cellules, qui se trouvent donc toutes vivre, s'alimenter, s'oxygéner, se reproduire, accomplir en un mot tous leurs actes vitaux, au contact direct de l'eau de mer. En dehors de toute théorie, l'origine ***cellulaire*** marine est donc, ***aujourd'hui encore***, un ***fait***, pour un nombre considérable d'organismes animaux.

Or, ce mode de reproduction (par spermatozoïde et ovule abandonnés simplement à l'eau de mer extérieure), ce mode de développement (par embryon marin, libre, dès les phases *blastulaire*, *gastrulaire*, *trochophore*) sont les modes reproducteur et embryogénique les plus primitifs, les moins différenciés, ceux par conséquent que possédaient nécessairement les premiers organismes des différents groupes animaux. Les organismes primordiaux du règne animal, ceux dont sont descendus par la suite tous les organismes animaux, dérivaient donc d'une façon effective, par leur simple développement embryonnaire, de cellules marines.

A la base du règne animal, nous trouvons ainsi la ***cellule marine***, — ancêtre de toutes les cellules qui ont constitué par la suite les organismes du règne entier.

Il n'est et ne sera naturellement question dans ce paragraphe que des Métazoaires. L'origine *cellulaire* marine des Protozoaires résulte de leur simple origine marine, tout Protozoaire étant une cellule et tirant son origine d'une cellule.

Démonstration, touchant : A). le mode de reproduction; B). le mode de développement.

A). **Mode de reproduction.** — Sur les treize groupes marins que comptent les Métazoaires, douze groupes (Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires, Échinodermes, Plathelminthes, Myzostomides, Némathelminthes, Trochozoaires, Chétognathes, Arthropodes, Hémicordés, Cordés) présentent chez un nombre plus ou moins élevé de leurs représentants un mode reproducteur commun qui est le suivant : les parents jettent dans l'eau de mer environnante leurs cellules reproductrices,

mâles et femelles. Les cellules mâles nagent dans la mer à la recherche des cellules femelles. Les couples de cellules se rencontrent et se conjuguent; la prolifération cellulaire commence, s'amplifie, puis s'achève; l'organisme adulte est constitué; or, ces deux premières cellules, dont dérivent les cellules de l'organisme entier, sont, comme on le voit, des cellules marines; la cellule femelle protégée en quelque sorte, il est vrai, par une mince enveloppe; mais l'autre, la cellule mâle, parfaitement nue, et vivant au contact intime de l'eau de mer, comme un Flagellé.

Ce mode reproducteur est tellement répandu qu'il est à peu près le seul qu'on observe chez les Hydrozoaires, les Scyphozoaires, les Échinodermes, les Myzostomides, les Chétognathes, les Hémicordés. Presque toutes les espèces constituant ces groupes se reproduisent de la façon qui vient d'être dite. Les très rares exceptions ne tiennent qu'à des variantes (poches incubatrices de quelques Échinodermes; accouplement sans copulation des Myzostomidés) qui laissent d'ailleurs subsister, mais un temps moins long, le contact des cellules reproductrices avec l'eau de mer. — Chez les Trochozoaires et les Cordés marins, ce mode reproducteur demeure le mode typique, les exceptions ne portant que sur un nombre tout à fait restreint de classes ou d'ordres. — On le rencontre encore, mais plus rarement, chez les Plathelminthes et les Arthropodes. Il paraît être le fait, chez les Némathelminthes, des classes primitives (Prénématodes). Les Spongiaires offrent cette particularité que l'élément reproducteur mâle est le plus souvent mis seul en liberté dans le milieu marin extérieur. — Seul, le petit groupe des Diplocordés, limité à un seul genre, semble faire exception à la règle commune, du fait de son hermaphroditisme. La fécondation serait interne et précéderait la sortie de l'ovule.

On voit ainsi, en dehors de toute théorie de descendance, de toute spéculation évolutionniste, un nombre considérable d'organismes marins offrir encore aujourd'hui une origine *cellulaire* marine. ***Les deux premières cellules dont dérivent toutes celles qui constituent l'individu entier, adulte***, sont encore aujourd'hui, ***chez un nombre considérable d'organismes animaux, des cellules franchement marines***.

Or, ce mode reproducteur fut, à n'en pas douter, celui des organismes primitifs de tous les groupes animaux.

En effet, il faut abstraire d'abord des modes reproducteurs

primitifs les modes asexués (bourgeonnement : fissiparité, gemmiparité), qui supposent un organisme préexistant, lequel résulte toujours en dernière analyse d'une reproduction sexuée. Les modes sexués, les seuls par conséquent à considérer ici, se ramènent en définitive à deux types : 1° ou les cellules reproductrices sont simplement versées par les parents dans le milieu extérieur ; leur rencontre est due, partie au hasard, partie à la puissance locomotrice de la cellule mâle, partie au soin que peuvent prendre les parents de se réunir en un même lieu pour la ponte ; 2° ou les cellules reproductrices ne sont pas versées par les parents dans le milieu extérieur ; l'organisme mâle s'accouple à l'organisme femelle ; la cellule mâle, portée à l'intérieur de l'organisme femelle, y féconde l'ovule qui y est demeuré et y subit partie ou totalité de son évolution.

Ce second mode nécessite chez les parents : 1° des organes d'accouplement ; 2° le plus généralement, une chambre d'incubation ; 3° des facultés instinctives supérieures. Il ne peut donc être primitif. Quel que soit le type ancestral qu'on suppose à un groupe animal, ce type est par définition le moins différencié, celui dont l'organisation anatomique en est encore à son plus grand degré de simplicité. Il ne peut donc pas comporter des différenciations anatomiques que ne comportent pas certains représentants ultérieurs et plus élevés du groupe ; quant au point qui nous occupe, son mode reproducteur ne saurait être supérieur au mode le plus simple, observé aujourd'hui chez l'un quelconque des représentants du groupe. Or, nous venons de le voir, tous les groupes animaux (sauf un, Diplocordés?) offrent des représentants dépourvus d'organes d'accouplement, se reproduisant par le simple abandon des cellules reproductrices dans le milieu aquatique extérieur. Bien mieux, ce mode reproducteur externe est de beaucoup le plus répandu [Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires, Myzostomides, Echinodermes, Chétognathes, Hémicordés : mode reproducteur exclusivement externe. — Chez les Plathelminthes : Némertiens, mode reproducteur externe. — Chez les Trochozoaires : Bryozoaires, Brachiopodes, Sipunculiens, Amphineures, Solénoconques, Lamellibranches, Archiannélides, Sternaspidiens, mode reproducteur externe. — Chez les Némathelminthes : Prénématodes, mode reproducteur externe. — Chez les Arthropodes : Mérostomacés, mode reproducteur externe. — Chez les Cordés : Leptocardes,

Cyclostomes, Ganoïdes, Dipneustes, Téléostéens, Amphibiens, mode reproducteur exclusivement externe, sauf chez quelques Téléostéens]. Il en résulte que les organismes ancestraux de tous les groupes animaux (si l'on veut bien ne pas excepter les trois petits groupes restant : Diplocordés, Acanthocéphales, Péripatides, qui n'ont aucune raison pour échapper à la règle), se reproduisaient selon le mode externe, par la voie de deux premières cellules abandonnées au milieu marin extérieur.

A la base du règne animal, nous trouvons donc déjà deux cellules marines, ancêtres, pour chaque groupe, de toutes les cellules constituant tous les organismes qui ont suivi.

B). **Mode de développement.** — Chez un nombre également considérable d'organismes actuels, toutes les cellules qui constituent à un moment donné l'embryon, sont encore des cellules marines.

Nous avons vu déjà, I, *I*, pages 9-11, que l'embryon peut rompre ses membranes ovulaires et être mis en liberté dans le milieu marin extérieur : A.) chez les Spongiaires et les Hydrozoaires, à la phase blastulaire, B.) chez les Scyphozoaires, les Echinodermes, les Plathelminthes, les Hémicordés, les Cordés, à la phase gastrulaire, C.) chez les Trochozoaires et les Diplocordés, à la phase trochophore.

Que sont exactement la blastule, la gastrule, la trochophore? La blastule est une petite sphère creuse composée d'une simple assise de cellules, toutes superficielles. La gastrule est cette sphère simplement bossuée, toutes les cellules qui la constituent demeurant encore superficielles. La blastule et la gastrule, aussitôt jetées dans le milieu extérieur marin, sont ainsi un agrégat de cellules, qui se trouvent toutes placées au contact de l'eau de mer. Toutes ces cellules vivent, respirent, se nourrissent, se reproduisent à ce contact marin, y accomplissent en un mot l'ensemble de tous les actes vitaux ; ***elles sont donc franchement des cellules marines*** [1].

---

1. Il n'y a pas à objecter qu'une partie seulement de la cellule (la partie extérieure) se trouve au contact marin. Nous allons démontrer plus loin que le *milieu vital* intérieur de tous les Invertébrés marins, autrement protégés cependant que la blastule et la gastrule, communique par osmose avec le milieu extérieur. Il n'est donc pas douteux que le liquide de la cavité interne de la blastule, de la gastrule (de même que de la trochophore), ne soit, au point de vue minéral, de

Il en est presque de même de la trochophore. La trochophore est une gastrule un peu plus poussée, chez qui la cavité gastrulaire a fini par trouer de part en part la sphère primitive et qui en outre compte déjà quelques cellules de nouvelle formation, situées entre la couche cellulaire extérieure et la couche cellulaire intérieure (gastrulaire, peut-on dire). Les cellules de la couche extérieure sont au contact direct de l'eau de mer ; celles de la couche intérieure également, l'eau de mer pénétrant librement dans cette cavité intérieure qui est la cavité digestive ; seules les quelques cellules intermédiaires, qui constituent entre les deux couches l'ébauche du mésoderme, ne sont pas au contact marin, mais comme elles viennent de naître des cellules de la cavité digestive, elles sont issues immédiatement de cellules marines et peuvent être, à la rigueur, considérées comme telles.

Ainsi, dans tous ces cas, les cellules marines dont vont dériver toutes les cellules de l'organisme adulte, ne sont plus limitées aux deux cellules reproductrices seulement ; toutes les cellules constituant à un moment donné l'embryon, sont elles-mêmes des cellules marines.

Le développement embryonnaire variant avec chaque groupe animal, il serait fastidieux de montrer pour chaque groupe selon quels modes précis les cellules organiques de l'adulte dérivent des cellules marines de l'embryon. On trouvera la description de ces modes dans les ouvrages généraux de zoologie et d'embryogénie comparée. Le fait constant est celui-ci : trochophore, gastrule ou simple blastule, l'embryon, dépourvu de réserve nutritive, est doué de vie indépendante dans le milieu marin extérieur. Il pourvoit lui-même à la nourriture nécessaire à sa vie et à sa croissance et se meut dans la mer à cet effet. A la faveur des matériaux nutritifs qu'il y puise, ses cellules prolifèrent, se dédoublent. Une partie des cellules de nouvelle formation agrandissent simplement la superficie marine de l'embryon et se maintiennent ainsi, d'abord, au contact marin. L'autre partie des cellules glissent dans la cavité centrale et y constituent l'ébauche du mésoderme (cette ébauche que nous venons de voir constituée chez la trochophore). Ces premières cellules mésodermiques, séparées de la couche superficielle marine, perdent à ce moment le contact marin, mais elles sont directement issues de cellules marines.

Enfin, si l'on suit au microscope ces premières cellules mésodermiques, on les voit se multiplier graduellement, puis à des instants divers se différencier par groupes. Tout le mésoderme en définitive en résulte, c'est-à-dire la majorité des tissus de l'organisme. De même, les deux couches superficielles marines (ectodermique, endodermique) continuent à proli-

---

l'eau de mer. La face intérieure de la cellule, aussi bien que sa face extérieure, se trouvent au contact marin. — Voir également. II. *I*. page 99, pour l'imbibition du ciment intercellulaire par le milieu extérieur.

férer et donnent, outre l'ectoderme et l'endoderme de l'adulte, des appareils spéciaux (nerveux, squelettiques, etc.), à la genèse desquels on assiste ouvertement.

Le fait clair et constant est donc en résumé que : toute cellule de l'organisme adulte, à quelque tissu qu'elle appartienne, dérive par une ascendance ectodermique, endodermique ou mésodermique, d'une des premières cellules de l'embryon.

Dans tous les cas, par conséquent, où l'organisme adulte dérive d'un embryon blastulaire, gastrulaire ou trochophore ayant vécu d'une vie libre dans la mer, toutes les cellules constituant cet organisme dérivent par une série de générations immédiatement observables, de cellules marines. En dehors de toute spéculation évolutionniste, ***toutes les cellules constituant un nombre considérable d'organismes actuels, dérivent ainsi, aujourd'hui encore, de cellules embryonnaires marines.***

Or, ce mode de développement, par blastule, gastrule ou trochophore vivant à l'état de liberté dans l'eau de mer extérieure, fut celui des organismes les plus primitifs de chaque groupe animal. En effet :

Nous indiquions déjà plus haut, I, *I*, page 8, que les deux grands modes de développement embryonnaire, les développements *directs ou dilatés*, les développements *indirects ou condensés*, étaient conditionnés par la présence plus ou moins grande, dans l'ovule, de matière nutritive. De même, dans les développements dilatés, la mise en liberté hâtive de l'embryon dans le milieu aquatique extérieur (à l'état de blastule, gastrule ou trochophore) est conditionnée par la même cause. Le moment où l'embryon rompt ses membranes ovulaires et se trouve mis en liberté dans le milieu extérieur, tient simplement à la richesse de l'ovule en matière nutritive. Si l'ovule est pauvre en matière nutritive, l'embryon, aussitôt ce capital épuisé, se trouve tenu de rompre ses membranes ovulaires, afin de se mettre à la recherche de nourriture dans le milieu environnant. Si, au contraire, une quantité importante de vitellus est jointe à l'ovule, l'embryon vit sur cette réserve, se développe, grandit, et n'est jeté dans le milieu extérieur qu'à une époque plus lointaine de son évolution. D'une façon parfaite, la teneur de l'ovule en réserve nutritive règle la mise en liberté de l'embryon. A ovule riche, liberté tardive ; à ovule pauvre, liberté hâtive. Nous venons de voir que chez les SPONGIAIRES, les HYDROZOAIRES, l'ovule est si

pauvre en vitellus qu'il ne peut nourrir l'embryon au delà de la phase blastulaire. Chez la plupart des Échinodermes, chez différents Scyphozoaires, Plathelminthes, Hémicordés, Cordés, l'ovule à peine plus riche nécessite l'éclosion dès la phase gastrulaire, — chez les Diplocordés et la plupart des Trochozoaires, dès la phase trochophore. Mais dans les mêmes groupes, chez des organismes tout à fait voisins, l'ovule peut se trouver chargé d'un vitellus abondant; l'embryon se nourrit alors sur cette réserve qui lui est adjointe, ébauche ses organes à l'abri des membranes de l'ovule et n'acquiert la liberté qu'à une époque tardive de son évolution.

Pour le sujet qui nous occupe, nous pouvons donc diviser les divers développements en deux groupes : l'un, comprenant les développements à ovule très pauvre en matière nutritive et présentant un stade blastulaire, gastrulaire ou trochophore *libre* dans le milieu aquatique extérieur ; l'autre, comprenant les développements à ovule plus ou moins riche en matière nutritive et où l'embryon n'est mis en liberté dans le milieu extérieur qu'à un stade plus avancé de son évolution.

Or, de ces deux procédés embryonnaires, le premier (à ovule pauvre, et à éclosion hâtive) est le procédé primitif. — La formation de l'ovule montre en effet que la possession d'une réserve nutritive abondante n'est qu'un phénomène secondaire. L'ovule, qui, comme on le sait, peut atteindre une taille parfois considérable par le fait du vitellus nutritif qui lui est joint (cas de l'œuf de l'Oiseau), dérive toujours d'une simple cellule. Cette cellule tend invariablement à accroître sa masse protoplasmique ou nutritive; elle y arrive par des moyens divers, d'une complication parfois extrême ; mais l'essentiel est de bien comprendre que cette adjonction nutritive résulte d'une différenciation secondaire de l'ovule, que l'ovule pauvre, à éclosion hâtive, c'est-à-dire celui qui s'est encore le moins écarté de la cellule dont il dérive, est l'ovule primitif.

Chez les Spongiaires, dépourvus d'appareil reproducteur différencié, l'ovule tire son origine de cellules mésodermiques situées près de l'endoderme, où les matériaux nutritifs sont le plus abondants. La cellule conjonctive qui va donner l'ovule, se déplace dans le tissu de l'Éponge, à l'aide de mouvements amiboïdes; tout en se mouvant, elle augmente autour de son noyau sa masse protoplasmique, qui n'est autre que le vitellus futur; la cellule acquiert ainsi un diamètre quintuple ou sextuple de son diamètre primitif, prend une forme sphérique, rentre ses pseudo-

podes, détermine enfin l'ovule. Le phénomène est à peu près semblable chez les Hydrozoaires et les Scyphozoaires. Chez les Échinodermes, pourvus d'un appareil reproducteur, l'ovule dérive de cellules spéciales, ovariennes (les ovoblastes). Elles sont amibeïdes, s'accroissent comme précédemment et deviennent ovules sans modifications particulières; toutefois un nouveau genre d'accroissement protoplasmique se manifeste ici : tous les ovoblastes ne deviennent pas des ovules; un certain nombre sont englobés par les cellules ovulaires futures, dont la masse protoplasmique se trouve ainsi accrue. Chez les Trochozoaires, les Arthropodes, les Cordés (principalement les Vertébrés), l'accroissement a lieu d'abord suivant un procédé commun. L'ovoblaste se segmente, devient deux, quatre, huit cellules, etc., puis la cellule centrale s'augmente peu à peu du protoplasme des cellules périphériques, qui s'atrophient graduellement et finissent quelquefois par disparaître, absorbées complètement par la cellule centrale, qui sera l'ovule. Le mode d'accroissement atteint son plus haut degré de complexité chez les Vertébrés. Les ovoblastes proliférant s'engagent dans le tissu de l'ovaire; une bande conjonctive, richement vascularisée, les soutient. La division des ovoblastes commence; souvent plusieurs cellules centrales fusionnent, n'en constituant qu'une à protoplasme abondant, qui s'augmente encore de l'absorption des cellules périphériques. Puis le tissu conjonctif entoure et isole peu à peu chaque futur ovule; un réseau de capillaires sanguins et lymphatiques creuse le tissu conjonctif, apporte aux cellules périphériques qui entourent la cellule centrale une nourriture que celles-ci transmettent à l'ovule, dont l'accroissement peut être alors considérable.

Enfin, les Plathelminthes montrent d'une façon remarquable combien cette richesse de l'ovule en matière nutritive est un phénomène secondaire. Par une différenciation unique dans le règne animal, l'appareil ovarien arrive chez certains Plathelminthes à se dédoubler. Une partie de cet appareil, nommée Germigène, est chargée de produire les ovules, ovules du type primitif, très pauvres en matière nutritive; mais une seconde partie de l'ovaire, nommée Vitellogène, produit des cellules nucléées, *vitellines*, qui, conduites par un canal particulier dans la chambre incubatrice où a lieu la fécondation, seront absorbées au fur et à mesure des besoins par les jeunes embryons. Ainsi, précédemment, l'accroissement de l'ovule pour les besoins embryonnaires était un phénomène connexe de sa formation; il apparaît brutalement ici sous son vrai jour, comme une *différenciation élevée du mode reproducteur primitif, par adjonction, à la simple cellule reproductrice, des matériaux alimentaires utiles, non à cette cellule, mais à l'embryon.*

L'ovule pauvre étant l'ovule primitif, il en résulte que, quelle que soit la forme ancestrale qu'on suppose à un groupe animal, cette forme étant par définition la moins différenciée, l'ovule par lequel elle se reproduisait, était au moins aussi pauvre en matière nutritive que l'ovule le plus pauvre, observé aujourd'hui dans ce groupe. Les embryons de cette forme ancestrale étaient donc tenus de rompre leurs membranes ovulaires au moins aussi tôt qu'ils les rompent aujourd'hui, dans les cas les plus extrêmes de pauvreté nutritive. Quels qu'aient été les organismes ancestraux

dont les Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires, Échinodermes, Plathelminthes, Hémicordés, Cordés, Diplocordés, Trochozoaires sont respectivement dérivés, les embryons de ces premiers organismes se trouvaient donc mis en liberté dans le milieu marin extérieur au moins dès la phase blastulaire chez les Spongiaires et les Hydrozoaires, au moins dès la phase gastrulaire chez les Échinodermes, Plathelminthes, Hémicordés, Cordés, au moins dès la phase trochophore chez les Trochozoaires et les Diplocordés. Les organismes ancestraux de ces neuf groupes animaux (sur les 15 groupes marins que comptent les Métazoaires) dérivaient donc d'une façon effective non seulement de deux premières cellules reproductrices marines (voir pages 75-78), mais encore d'un embryon dont toutes les cellules, à un moment donné de son évolution, se trouvaient toutes au contact marin, ou venaient de naître immédiatement (cas de la trochophore) de cellules marines.

Quatre groupes restent : Némathelminthes, Myzostomides, Chétognathes, Arthropodes. Aucun représentant de ces groupes n'offre, dans l'état actuel des connaissances, de phase blastulaire ou gastrulaire libre. Mais : 1° quant aux Némathelminthes, l'embryogénie des Prénématodes, c'est-à-dire du sous-groupe primitif, la plus importante par conséquent, est inconnue. On ne peut donc en discuter. 2° L'embryogénie des Myzostomides, qui comprennent deux seuls genres, est également fort peu connue. Elle semble toutefois montrer un stade libre, voisin de la trochophore. L'embryon parviendrait à ce stade non par une gastrulation, mais par une planulation indirecte; c'est là un procédé dont les Trochozoaires à ovule un peu riche en matière nutritive offrent de nombreux exemples (Gastéropodes Pulmonés, Opisthobranches, etc.); les survivants actuels des Myzostomides posséderaient donc un mode reproducteur ovulaire quelque peu perfectionné, leurs ancêtres à ovule primitif, c'est-à-dire pauvre, ayant dû passer par la gastrulation classique. 3° L'ovule toujours riche en matière nutritive chez les Chétognathes et surtout chez les Arthropodes, nourrit l'embryon jusqu'à une époque avancée de son évolution, en sorte que les premiers stades embryonnaires libres sont déjà des stades élevés. Mais le fait que chez les Chétognathes et quelques Arthropodes inférieurs (*Moïna*, des Cladocères, *Cetochilus*, des Copépodes) l'ovule encore peu riche subit

la segmentation totale et passe par les phases blastulaire et gastrulaire, montre avec netteté que, chez les organismes ancestraux de ces groupes, l'ovule, du type primitif, pauvre en réserve nutritive, devait mettre en liberté l'embryon dans le milieu marin extérieur à la phase classique gastrulaire.

Ainsi, les ancêtres de tous les groupes animaux devaient avoir ***effectivement*** l'origine cellulaire marine qu'un nombre si considérable d'organismes actuels ont conservée. Leurs deux premières cellules reproductrices, abandonnées au milieu marin, étaient des cellules marines. Toutes les cellules, composant à un moment donné leur embryon, étaient encore des cellules marines.

De ces premiers organismes, tous les autres ont dérivé. L'origine ***cellulaire*** marine de tous les organismes animaux en découle. Quel que soit un organisme actuel, à quelque groupe qu'il appartienne, il se réfère à un organisme ancestral dont l'origine cellulaire était marine. A la base généalogique de tout organisme, c'est-à-dire de tout groupement cellulaire animal, se trouvent : 1° deux cellules reproductrices, marines; 2° un nombre plus ou moins considérable de cellules embryonnaires, toutes marines, ou immédiatement issues de cellules marines. ***Les innombrables cellules, composant la totalité des organismes animaux, dérivent de cellules primordiales, qui ont été marines.***

Ce Chapitre se résume :

1° Tout organisme dérivant d'une cellule, les cellules originelles des premiers organismes animaux (lesquels étaient marins) ne pouvaient déjà être que des cellules marines.

2° En dehors de cette théorie cellulaire de la descendance, les premières cellules reproductrices et embryonnaires des premiers organismes animaux étaient ce que sont encore aujourd'hui ces mêmes cellules, chez un nombre considérable d'organismes actuels : des cellules marines.

D'une façon effective, les premières cellules animales apparues sur le globe ont donc été des cellules marines.

DEUXIÈME PARTIE

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, A TRAVERS LA SÉRIE ANIMALE

CHAPITRE PREMIER

DIVISION FONDAMENTALE DE L'ORGANISME EN QUATRE GRANDS DÉPARTEMENTS : MILIEU VITAL, MATIÈRE VIVANTE MATIÈRE MORTE, MATIÈRE SÉCRÉTÉE

Résumé du Chapitre. — Avant de démontrer que le *milieu vital* des différents organismes est resté, à travers la série évolutive, un milieu marin, il faut définir exactement ce qu'est le *milieu vital*. Cette définition entraîne plus loin; elle entraîne à effectuer une division générale de l'organisme.

Tout organisme est constitué par quatre grands groupes d'éléments :

1° ***Milieu vital.*** — Le *milieu vital* est l'ensemble des plasmas de la cavité générale (des cavités péritonéale, pleurétique, péricardique), — de la lymphe interstitielle, — de la lymphe canalisée, — de l'hémolymphe ou du sang, ainsi que de tous les plasmas d'imbibition des diverses substances fondamentales (unissantes et séparatrices), — des tissus épithéliaux (membrane basale et ciment intercellulaire), — des tissus conjonctifs, cartilagineux (substance fondamentale des tissus muqueux, condensés, cartilagineux, etc.). — Le *milieu vital* baigne toutes les cellules organiques, les unes directement (cas des cellules de la cavité générale, de la lymphe canalisée, de l'hémolymphe, etc.), les autres indirectement, par imbibition des différentes substances fondamentales à l'intérieur desquelles ces cellules sont encastrées (cas des cellules des tissus épithéliaux, des divers tissus conjonctifs, des tissus cartilagineux, etc.). — Le *milieu vital* forme un tout unique, constamment épuré et renouvelé par la circulation hémolymphatique ou sanguine d'une part, par les phénomènes d'osmose et de diffusion d'autre part.

2° ***Matière vivante.*** — La *matière vivante* est l'ensemble de toutes les cellules douées de vie de l'organisme, à quelque tissu qu'elles appartiennent.

3° ***Matière morte.*** — La *matière morte*, ainsi nommée parce qu'elle ne

partage aucun des caractères de la *matière vivante* et qu'elle est véritablement, en effet, une matière inerte, *morte*, quoique d'origine vivante, est l'ensemble de toutes les productions cellulaires destinées à jouer dans l'organisme un rôle purement physique ou mécanique, soit d'union et à la fois d'isolant pour les cellules (substance fondamentale des tissus épithéliaux, conjonctifs, cartilagineux), soit d'architecture et de soutien (substance fondamentale des tissus conjonctifs denses, cartilagineux et osseux; faisceaux conjonctifs, fibres élastiques), soit encore de défense, d'attaque, de protection, etc. (substance fondamentale des tissus dentaires; revêtements éphitéliaux de tout l'ectoderme, etc.).

*4° **Matière sécrétée.*** — La *matière sécrétée*, diverse selon les organes, est le résultat de l'activité cellulaire en vue des besoins de l'organisme.

L'organisme apparaît ainsi comme une masse de cellules fondamentales isolées l'une de l'autre, toutes situées au contact du *milieu vital*, soit qu'elles nagent dans la masse liquide de ce milieu, soit qu'elles se trouvent encastrées dans une des substances fondamentales intercellulaires qu'imbibe également le *milieu vital*, — ces deux masses inconsistantes, soutenues par une charpente et un lacis d'éléments inertes, plus ou moins résistants, inextensibles et rigides, d'origine cellulaire, mais sans vie.

Il ne reste plus qu'à établir que ce *milieu vital* qui baigne toutes les cellules est demeuré, chez les divers organismes de la série évolutive, le milieu marin des premières cellules animales.

Avant de démontrer que le ***milieu vital des cellules***[1] de tout organisme est un milieu marin, il convient de bien spécifier ce qu'il faut entendre par *milieu vital*. Mais on ne pourra définir exactement le *milieu vital* qu'en l'opposant, dans l'organisme, à ce qui n'est pas ce milieu; et nous voici entraîné à donner dès maintenant, au début de cette Deuxième Partie, une division de l'organisme, qui va contribuer à sa conception.

Nécessité d'une détermination précise du milieu vital. — Ce Chapitre préliminaire, qui pourra faire longueur ici, est cepen-

1. On abandonne ici la locution de *milieu intérieur*, due à Claude Bernard, comme défectueuse, d'abord, pour désigner un milieu qui, par excellence, est extérieur à la cellule, unique élément considéré dans cet ouvrage; comme inapplicable, ensuite, à une partie du règne animal. En effet, les Spongiaires, les Hydrozoaires, les Scyphozoaires, d'une part, les Protozoaires, d'autre part, les premiers, ouverts au milieu extérieur, les autres, y baignant, ont toujours pour leurs cellules un *milieu vital*, mais n'ont plus de *milieu intérieur* (voir Chapitre suivant). Une expression unique a semblé désirable, qui servit, dans toute l'étendue de l'échelle zoologique, à désigner un même milieu, le milieu aquatique baignant toute cellule organique, et où celle-ci accomplit ses actes vitaux. L'expression de *milieu vital des cellules*, ou plus simplement de *milieu vital* s'est offerte d'elle-même.

dant indispensable, parce que les divisions primordiales qui vont y être effectuées, ne l'ont pas encore été, et que la conception qu'on a encore aujourd'hui du *milieu vital* d'un organisme est à la fois vague, incomplète et fausse.

Comme nous allons le voir, le *milieu vital* des cellules d'un organisme est le liquide purement extracellulaire qui baigne toutes les cellules, soit directement (cas des cellules du sang, de la lymphe, des cavités générale, péricardique, etc.), soit indirectement, par imbibition de la substance unissante qui cimente entre eux un nombre si considérable de plastides (cas des cellules des divers tissus conjonctifs, des tissus cartilagineux, épithéliaux, etc.). Dans tous les cas, le *milieu vital* est un ***pur*** liquide, exempt de tout élément figuré. On voit donc à quel point la conception actuelle du *milieu intérieur*, appliquée si souvent, aujourd'hui encore, au sang total et au sang seul, est à la fois erronée et incomplète. Dans le sang total figurent des cellules, globules blancs et globules rouges, qui comptent à l'actif de la *matière vivante* et non pas du *milieu vital*. Seul, le plasma du sang compte à l'actif de ce milieu. En outre, loin que ce plasma représente à lui seul le *milieu vital* tout entier, il n'en compose qu'une partie relativement très faible (un huitième environ). Le *milieu vital* est composé, en effet, non seulement par le plasma *sanguin*, mais par l'énorme plasma d'imbibition de tout le tissu conjonctif lâche (plasma *interstitiel*), par tous les autres plasmas d'imbibition des substances unissantes, intercellulaires de l'organisme, enfin par les plasmas *cœlomique*, *péricardique*, *pleurétique*, *péritonéal*, *lymphatique*.

Par ailleurs, les divisions actuelles histologiques sont fondées sur la notion du tissu. A la suite de Bichat, fondateur de l'anatomie générale (1801), l'histologie divise aujourd'hui l'organisme en un petit nombre de tissus simples : tissus épithélial, nerveux, musculaire, conjonctif, cartilagineux, osseux, sanguin et lymphatique. L'étude de ces tissus permet de se faire de l'organisme une idée sans doute fort nette ; mais au point de vue du *milieu vital* qui nous occupe, cette division en tissus ne sépare aucunement le *milieu vital* de ce qui n'est pas le *milieu vital* ; la plupart des tissus, en effet, sont composés par une réunion de parties différentes : cellules vivantes ; matières non vivantes élaborées par les cellules ; liquide extracellulaire, ou *milieu vital*. Le tissu conjonctif, par exemple, est formé : 1° de cellules

vivantes, protoplasmiques et nucléées, comme la plupart des cellules vivantes; 2° de faisceaux, de fibres et de substances unissantes, lesquels n'ont pas une nature protoplasmique, ne montrent ni protoplasma granuleux ni noyau, résistent aux réactifs, présentent sur le tissu mort les mêmes propriétés que sur le tissu vivant, — faisceaux, fibres et substance donc, qui, bien qu'élaborés par les cellules, ne sauraient aucunement se confondre avec elles, ***ne sont pas même de la matière vivante***; 3° d'un liquide extra-cellulaire (*milieu vital*), imbibant la substance unissante, et baignant par là cellules, faisceaux et fibres. — Bien mieux, tous les tissus ne renferment pas invariablement ces trois sortes d'éléments. — Au point de vue particulier qui nous occupe, on voit donc que la notion de tissu est une notion inutilisable, qui comprend justement les unités que nous cherchons à séparer. La nécessité s'impose donc d'effectuer une division spéciale, brochant à travers toutes les classifications histologiques, et réunissant sous une même rubrique, à quelque tissu qu'elles appartiennent, les parties de même ordre de l'économie.

Division primordiale de l'organisme en quatre parts : 1° *milieu vital*, 2° *matière vivante*, 3° *matière morte*, 4° *matière sécrétée*. — Un organisme est essentiellement composé : 1° de *cellules vivantes*, absorbant, excrétant, proliférant, plongées dans : 2° un *milieu vital* qui les entoure, et leur fournit : A. — un milieu chimique, propice à la vie cellulaire (milieu aquatique marin, comme il résultera de tout cet ouvrage); B. — des matériaux de rénovation. Mais le *milieu vital* étant purement liquide, une agglomération quelconque de cellules est impossible sans une matière de séparation et de soutien, qui isole les cellules l'une de l'autre et permette leurs échanges vitaux avec le milieu de rénovation (*milieu vital*). Aussi voit-on, dès les échelons les plus bas de la série organique (Spongiaires, Hydrozoaires), les cellules exsuder une substance étrangère, qui va leur servir à la fois de ciment, d'isolant et de soutien. Cette substance unissante, séparatrice et architectonique, qui montre dès son origine tous les degrés de consistance, depuis la gelée tremblotante jusqu'à l'aspect du cartilage, est la *substance intercellulaire du tissu épithélial* et la *substance fondamentale du tissu conjonctif*, substances que nous allons retrouver dans toute la série animale sous des aspects divers, mais avec un rôle et des caractères constants : le

rôle, d'unir, de séparer et de soutenir les cellules organiques (rôle des substances fondamentales des tissus épithélial, conjonctif, muqueux, cartilagineux, — et du tissu osseux, pour la seule fonction de soutien, quand l'organisme acquiert des dimensions et arrive à vivre dans des conditions, qui mettent plus spécialement en jeu la pesanteur); les caractères : d'être une substance ***non vivante, non cellulaire, non protoplasmique, non nucléée***, mais plutôt solide, plutôt stable, ne participant pas, au moins directement, aux phénomènes incessants de nutrition et de dénutrition propres à la cellule vivante; une substance plus ou moins imputrescible, indigestible, et résistant aux réactifs qui agissent au contraire sur les matières réellement formatives de la cellule.

D'où, dans l'organisme, trois parties déjà tranchées :

1° Le ***milieu vital,*** — liquide extra-cellulaire, baignant les cellules, leur fournissant, soit par contact direct, soit par la voie des substances unissantes et séparatrices que ce liquide imbibe : A. — le milieu chimique, propice à leur vie; B. — les matériaux de nutrition;

2° La ***matière vivante,*** — ensemble de toutes les cellules organiques douées de vie, à quelque tissu qu'elles appartiennent;

3° Par opposition à cette matière vivante, la ***matière morte*** ou ***non immédiatement vivante,*** — élaboration plus ou moins consistante, plus ou moins solide des cellules, destinée à jouer dans l'organisme un rôle non plus chimique, mais mécanique, d'union, de séparation et de soutien, et douée de propriétés particulières tout à fait différentes des propriétés vitales.

Mais ces substances d'union, de séparation et de soutien, élaborées par les tissus conjonctif et épithélial, ne sont pas les seules dans l'organisme à rentrer dans ce groupe de la *matière morte*. L'organisme tend encore à se protéger contre l'extérieur, d'où suit, et pour se limiter ici à l'embranchement des Vertébrés, que son épithélium ectodermique donne naissance à tout un système de revêtement (épiderme, poils, plumes, ongles, griffes, écaille des Reptiles, etc.), qui mérite d'une façon particulière la dénomination de *matière morte*, sa matière constitutive étant formée, en effet, de cellules épithéliales ayant cessé de vivre, *mortes*, tassées les unes contre les autres et à noyaux souvent encore visibles.

Enfin, un organisme, outre son *milieu vital*, sa *matière*

vivante, sa *matière morte*, présente à certains moments, dans son intimité, des produits de sécrétion ou d'excrétion (bile, urine, lait, etc.), qui constitueront un quatrième groupe de matière : la ***matière sécrétée***[1].

Détails de cette division. — Quelles parties exactes de l'organisme concourent à former chacun de ces quatre groupes de matière?

1° ***Milieu vital.*** — Le *milieu vital*, chez l'organisme élevé, l'Homme par exemple, est formé par :

1° le plasma du sang;

2° le plasma de la lymphe;

3° le plasma des cavités séreuses (ce dernier étant le vestige dù plasma si important de la cavité générale des organismes inférieurs);

4° les plasmas d'imbibition de toutes les substances unissantes et perméables des divers tissus (substance fondamentale des tissus conjonctifs, muqueux, lâches, cartilagineux, etc.; membrane basale, ciment intercellulaire des tissus épithéliaux: épithéliums, endothéliums et glandes). — Le plasma nommé interstitiel est le plasma d'imbibition du tissu conjonctif lâche. — Chez l'Invertébré, dépourvu de sang rouge, l'énumération serait la même, sauf en ce qui touche le sang, que remplace l'hémolymphe.

Tous ces plasmas, en réalité, n'en font qu'un, chez un même organisme. On ne leur donne ici des noms différents qu'en vue de les désigner selon leur position anatomique; mais leur ensemble forme un tout homogène, constamment brassé, épuré, renouvelé par la circulation sanguine et lymphatique (ou hémolymphatique) d'une part, par les phénomènes de diffusion d'autre part. — Le plasma sanguin est la partie purement liquide, extra-

1. On ne formera pas dans cet ouvrage un groupe spécial pour les graisses et matières de réserve. On le devrait sans doute, puisque, d'une part, incluses dans les cellules, on ne peut les faire figurer, à titre de matières de nutrition, dans le *milieu vital*, qui est essentiellement extracellulaire; puisque, d'autre part, de nature non albuminoïde, ne participant pas dans la cellule qui les renferme, aux échanges nutritifs de la vie, elles ne peuvent pas figurer non plus dans la *matière vivante*. On les rangera dans ce dernier groupe cependant jusqu'à nouvel ordre. Par définition, en effet, nous comprendrons dans le groupe de la *matière vivante*, tout ce qui est intracellulaire dans une cellule douée de vie. La différenciation de la cellule elle-même, en *matière vivante*, *matière morte*, etc., serait sans doute légitime, mais elle entraînerait trop loin et sans utilité pour le sujet présent.

cellulaire du sang; le plasma lymphatique est la partie purement liquide, extracellulaire, de la lymphe; le plasma hémolymphatique est la partie purement liquide, extracellulaire, de l'hémolymphe; le plasma de la cavité générale ou des cavités séreuses est la partie purement liquide, extracellulaire, des sérosités cœlomique, péricardique, péritonéale, etc. Les plasmas d'imbibition enfin sont les parties purement liquides, imbibant les diverses substances unissantes et perméables des tissus qui les comportent. — Le plasma sanguin (ou hémolymphatique) avec les cellules vivantes : globules blancs et globules rouges (ou globules blancs), dont il est le *milieu vital*, est, comme on sait, en perpétuel mouvement. Il se répartit dans les capillaires (ou dans les lacunes), diffuse de là par osmose dans les espaces interstitiels du tissu conjonctif, imbibe la substance fondamentale du tissu conjonctif, baigne les cellules conjonctives, est porté par le tissu conjonctif au contact immédiat ou médiat de toutes les cellules constituant l'organisme (cellules des épithéliums, des glandes, des muscles, des nerfs, des cartilages, des os, etc.); il rentre par osmose dans les conduits lymphatiques, baigne les cellules lymphatiques et revient enfin par cette voie au sang, pour recommencer son éternel circuit. — Le plasma des cavités séreuses est un simple exsudat osmotique de la membrane séreuse à l'intérieur de la cavité, comme le plasma interstitiel est un exsudat osmotique du plasma sanguin.

Le *milieu vital* broche donc à travers tous les tissus organiques. Il n'est aucun tissu, mais la seule partie ***purement liquide, non cellulaire*** des tissus, l'atmosphère ***liquide***, baignant toute cellule douée de vie, et où celle-ci, qui constitue la *matière vivante*, trouve le milieu propre à sa vie et à sa rénovation. Le *milieu vital* s'oppose ainsi d'une façon absolue à la *matière vivante*, comme le liquide de culture s'oppose à la bactérie qui y cultive. — ***Le milieu vital est le liquide de culture des cellules organiques***[1].

1. Revenons une dernière fois sur un point traité précédemment. On voit qu'il convient de rayer une fois pour toutes du langage physiologique, touchant les Vertébrés, cette formule : le sang est le « milieu intérieur » de l'organisme. Elle est doublement inexacte : premièrement, en ce que le tissu sanguin n'est pas le seul à fournir le plasma qui constitue le *milieu vital*; le plasma sanguin chez le Vertébré supérieur, comme on va l'établir ici même, n'entre que pour un huitième environ dans la masse entière du plasma vital; secondement, en ce que, par sang, on entend la matière totale qui circule dans les vaisseaux sanguins; or cette matière totale est formée par deux entités très distinctes :

Son importance quantitative dans l'organisme est considérable.

Chez le Vertébré supérieur, le *milieu vital* peut être évalué au tiers du poids de l'organisme. — Le plasma sanguin n'entre que pour une faible part dans le total. La masse de sang égalant le douzième du poids du corps, et le sang étant composé de deux portions à peu près égales (plasma, cellules), le plasma sanguin doit donc compter dans l'organisme pour $\frac{1}{24}$, soit 4 centièmes de son poids. — Les autres plasmas (*interstitiel*, *lymphatique*, *séreux* et d'*imbibition*) forment le reste. Or, la quantité de lymphe qu'on peut drainer, par une simple fistule lymphatique, est énorme. G. Colin (1888, t. II, p. 101) a recueilli sur une Vache, en vingt-quatre heures, 95 kilogrammes de lymphe. Krause, Ludwig (cités par Ranvier, 1875-1882, p. 152) estiment la quantité de lymphe (interstitielle, séreuse et canalisée), répandue dans tout le corps, le premier au tiers, le second au quart de son poids. C'est de la lymphe complète qu'il s'agit, il est vrai, dans ces estimations, mais la proportion de la *matière vivante* dans la lymphe est si faible qu'elle peut être négligée dans des approximations aussi grossières. — En admettant donc pour l'ensemble de tous les plasmas lymphatiques une moyenne de 30 centièmes du poids du corps, on obtient pour la masse totale du *milieu vital* d'un Vertébré supérieur, en ajoutant les 4 centièmes du plasma sanguin, un chiffre approximatif de 34 centièmes, soit environ le tiers du poids de l'organisme.

Chez les Invertébrés, Ranvier (1875-1882, p. 152) évalue la masse lymphatique, pour l'Écrevisse (*Astacus fluviatilis*), à la moitié du poids du corps.

---

le plasma, ou *milieu vital*; les cellules, ou *matière vivante*. De là résulte qu'il conviendrait encore de rayer du vocabulaire physiologique le mot ***sang***, — ce terme créant par son emploi une ***entité illusoire, confondant les deux entités fondamentales et opposées de la physiologie***. Il n'y a pas là une simple question de mot, mais une question plus grave de fait et de conception. On pourra remarquer, dans le Chapitre VI, où nous traiterons de la composition minérale des différentes parties de l'organisme, que presque toutes les analyses des auteurs, effectuées sur le sang, portent non pas sur le sérum, d'une part, et la matière cellulaire, d'autre part, mais sur le sang total, non dissocié en ses deux groupes d'éléments si différents. Comme la composition minérale de ces deux groupes d'éléments (milieu vital, matière vivante) est entièrement dissemblable, on peut saisir ici le défaut de pareilles analyses, dues simplement à la conception fausse qui faisait autrefois du sang une entité, entité maintenue par l'usage du terme. Il serait bon, semble-t-il, de réduire au strict minimum l'emploi du mot ***sang***, et de le remplacer, aussi souvent qu'on le pourra, par la locution de ***sang total***, marquant qu'il n'est pas une unité, mais un groupement d'unités. (Mêmes observations pour le mot ***lymphe***.)

J'ai déterminé, à la station zoologique d'Arcachon (1900), pour deux Invertébrés marins : 1° *Sipunculus*, des Trochozoaires Tentaculifères de L. Roule (Géphyriens, des auteurs), 2° *Aplysia punctata*, des Mollusques Gastéropodes, le poids de l'animal normal et le poids du même animal, après soustraction de tout son liquide cœlomique. On obtient ainsi les deux tableaux suivants :

Sipunculus.

Numéro des Siponcles.	Poids de l'animal normal.	Poids de l'animal après soustraction de son liquide cœlomique.	Poids du liquide cœlomique par différence.
	gr.	gr.	gr.
1	23	18,7	4,3
2	27,6	17,3	10,3
3	26,1	16,9	9,2
4	36	21	15
5	5	4	1
6	25	15,8	9,2
7	29,8	18	11,8
	172,5	111,7	60,8

D'où, poids du liquide cœlomique pour 100 de poids total du corps : $\frac{60,8 \times 100}{172,5} = 35,3$.

Aplysia punctata.

Numéro des Aplysies.	Poids de l'animal normal.	Poids de l'animal après soustraction de son liquide cœlomique.	Poids du liquide cœlomique par différence.
	gr.	gr.	gr.
1	393	180	213
2	303,5	71	232,5
3	304	157	147
4	675	220	455
5	860	395	465
6	288	159	129
	2821,5	1182	1639,5

D'où, poids du liquide cœlomique pour 100 de poids du corps : $\frac{1639,5 \times 100}{2821,5} = 58,1$.

Ainsi la seule masse du liquide de la cavité générale, chez le Siponcle et l'Aplysie, compte respectivement pour les 35 et 58 centièmes du poids de l'organisme.

Chez l'Escargot commun du commerce, dit Escargot de Bourgogne, j'ai retiré parfois, par section des parois de la chambre

pulmonaire, jusqu'à 4 grammes d'un beau sang bleu (légèrement mélangé de mucus) — soit un quart environ du poids du corps.

2° ***Matière vivante.*** — La *matière vivante* est constituée par toutes les cellules, douées de vie, de l'organisme : cellules épithéliales, glandulaires, amiboïdes, étoilées, cartilagineuses, osseuses, musculaires, nerveuses, sanguines, et toutes les cellules de ces différents types, plus ou moins diversifiées en vue d'une fonction spéciale.

Pour le sujet qui nous occupe, ces cellules peuvent se diviser en deux groupes, selon qu'elles baignent directement dans le *milieu vital* (cas des cellules du sang, de la lymphe, de la cavité générale, des cavités péritonéale, péricardique, etc.) ou qu'au contraire elles n'y baignent pas directement, mais seulement par l'intermédiaire de la substance unissante, imprégnée par le *milieu vital* (cas des cellules épithéliales, des cellules des tissus conjonctifs, muqueux, lâches, condensés, des tissus cartilagineux, etc.)

Il y aurait peut-être lieu de se demander si quelques parties de certaines cellules comme les prolongements des cellules de la névroglie, par exemple, ne sont pas différenciées dans le sens de la *matière non immédiatement vivante* ; mais par définition, on a décidé de ranger en bloc, dans le groupe de la *matière vivante*, toute cellule douée de vie, avec toutes ses dépendances immédiates. Les fibres de la névroglie, comme les fibres nerveuses, étant des dépendances de cellules nettement vivantes, seront comprises, avec toute la cellule, dans le groupe de cette *matière vivante*.

Mais ne seront naturellement pas compris dans ce groupe : 1° les cellules épithéliales, nettement caractérisées, à noyau encore visible, mais ***mortes***, de la peau, des ongles, des cheveux, etc. ; 2° les élément figurés, produits d'élaboration des cellules, comme les faisceaux conjonctifs, les fibres élastiques, les lamelles osseuses, etc., dépourvus de tout caractère vivant (protoplasmique, nucléé, reproducteur, etc.).

3° ***Matière morte, ou non immédiatement vivante.*** — D'un mot, la *matière morte* comprend tous les éléments solides de l'organisme, qui ne sont pas des cellules vivantes.

On peut la diviser en deux sous-groupes, l'un comprenant la matière morte extra-cellulaire, l'autre la matière morte cellulaire. La matière morte extra-cellulaire se subdivise elle-même en deux parties : selon qu'elle tire son origine, A. — des cellules

mésenchymateuses, mésodermiques; B. — des cellules épithéliales.

Nous énumérons dans le tableau suivant les éléments que comporte ce groupe, dans l'embranchement des Vertébrés :

I. — MATIÈRE MORTE EXTRACELLULAIRE.
A). *d'origine mésenchymateuse*, comprenant :
1° La substance fondamentale du tissu muqueux (ou substance unissante), servant encore de ciment de liaison entre les éléments des tissus conjonctifs plus élevés;
2° Les faisceaux de fibrilles conjonctives des différents tissus conjonctifs;
3° Les fibres élastiques des différents tissus conjonctifs;
4° La substance fondamentale du cartilage;
5° La substance fondamentale de l'os, de l'ivoire, du cément, de l'écaille des Poissons.
B). *d'origine épithéliale*, comprenant :
1° L'exsudat intercellulaire, basal ou cuticulaire des cellules à surfaces épithéliales;
2° L'émail de la dent.
II. — MATIÈRE MORTE CELLULAIRE, — comprenant : la couche cornée de l'épiderme, les ongles, les griffes, les serres, les sabots, le bec, les cornes, l'écaille des Reptiles, les piquants du Hérisson, du Porc-épic, les fanons de la Baleine, etc.; les poils, les cheveux, la laine, les plumes, etc.

Renvoyant aux traités d'histologie pour l'histoire et le détail de ces éléments, disons simplement ici :

I. — A.) Chez l'embryon, les cellules mésenchymateuses du mésoderme (qui, grâce à leur pouvoir amiboïde, se sont glissées dans toute l'étendue du corps, entre tous les tissus et les organes en formation), sécrètent d'abord une substance transparente, muqueuse, formant une sorte de lien glaireux entre les cellules qu'elles agglutinent. C'est la substance fondamentale ou *unissante* du tissu muqueux. Par dialyse, les substances dissoutes du *milieu vital* l'imprègnent, président à la nutrition cellulaire; on fait naturellement ici abstraction de ces substances qui comptent à l'actif du *milieu vital* et non de la *matière morte*. — Bientôt dans cette substance transparente apparaissent, suivant un mode inconnu, des fibrilles qui se groupent en faisceaux. Ce sont les faisceaux de fibrilles conjonctives, faisceaux non rigides, mais inextensibles. Des fibres d'une autre nature apparaissent ensuite. Ce sont les fibres élastiques, extensibles, comme leur nom l'indique. Ces deux sortes d'éléments forment toute la trame résistante des divers tissus conjonctifs. Dans les tissus conjonctifs des tendons, des ligaments, des membranes inextensibles, les faisceaux

de fibrilles dominent presque exclusivement; au contraire, les fibres élastiques forment presque à elles seules la trame conjonctive des grosses artères, des ligaments jaunes, de la vessie, etc. Partout ailleurs, dans la masse énorme du tissu conjonctif lâche ou condensé qui constitue pour ainsi dire la charpente même du corps, les faisceaux de fibrilles et les fibres élastiques se prêtent un mutuel concours. La substance unissante du tissu muqueux continue à les envelopper de sa gelée et à les réunir (MATHIAS DUVAL, 1897, p. 368). — En certaines régions du corps, le tissu conjonctif embryonnaire évolue vers une autre forme: les cellules mésenchymateuses sécrètent une substance intercellulaire, encore transparente, mais à réaction spéciale. Cette substance s'interpose entre les cellules, les isole de plus en plus au fur et à mesure de sa formation. C'est la substance fondamentale du cartilage. Elle peut s'inclure de fibres élastiques ou s'imprégner encore de sels calcaires. Par dialyse, le *milieu vital* l'imprègne également, présidant à la nutrition des cellules. — Enfin, le tissu conjonctif embryonnaire peut évoluer vers la forme osseuse; les cellules mésenchymateuses sécrètent alors une substance fondamentale, dure, rigide, pierreuse : la substance fondamentale de l'os. L'ivoire et le cément des dents sont de la pure substance osseuse.

Il est bien entendu que la *matière morte* est uniquement constituée par cette substance unissante du tissu muqueux, ces faisceaux de fibrilles, ces fibres élastiques, cette substance fondamentale du cartilage et de l'os, à l'exclusion absolue des cellules qui sécrètent ces matières et des substances de nutrition, diffusées, qui les imprègnent. Les cellules comptent à l'actif de la *matière vivante* du tissu, les substances de nutrition à l'actif du *milieu vital*.

I. — B.) Les cellules des épithéliums, tassées les unes contre les autres, ont la faculté de sécréter autour d'elles, comme les cellules du tissu muqueux, une mince couche de substance qui les sépare et les agglutine. C'est une substance transparente, molle, encore mal étudiée, de nature chimique inconnue. Elle forme au-dessous et au-dessus des surfaces épithéliales des couches continues (*membrane basale, plateau cuticulaire*). La membrane basale sépare le tissu épithélial du tissu conjonctif lâche sur lequel il repose. Comme aucun vaisseau ne pénètre l'épithélium, la nutrition cellulaire ne peut s'accomplir que par dialyse; la substance fondamentale de l'épithélium comme celle du tissu muqueux et

du cartilage, est donc perméable au *milieu vital* et imprégnée par lui. Même remarque que précédemment, pour la substance unissante, extracellulaire du tissu épithélial. Cette substance seule rentre dans le groupe de la *matière morte*, à l'exception des cellules épithéliales qui la sécrètent et du *milieu vital* qui l'imprègne.

L'*émail des dents* est une formation des cellules épithéliales, unique de son espèce. Les cellules productrices de l'émail s'atrophient et disparaissent, une fois l'émail formé. L'émail constitue ainsi un tissu spécial, non seulement du fait de son origine, mais encore par le fait qu'il est composé d'un seul groupe de matière (*matière morte*) sans support de *matière vivante*.

II. — Une couche épithéliale revêt le corps entier. Mais cette couche n'est pas homogène. Sa partie interne repose sur un tissu conjonctif nourricier; elle est composée de cellules épithéliales typiques, douées de vie, en continuelle prolifération; mais soit que la nutrition ne soit pas suffisamment assurée au delà des premiers rangs cellulaires (les vaisseaux ne pénètrent pas l'épithélium), soit par suite de toute autre cause, les cellules des rangs plus éloignés se déforment, se mortifient peu à peu et composent une couche externe de cellules encore parfaitement reconnaissables, à noyau visible, mais aplaties, desséchées, sans vie, *mortes*, privées du protoplasma granuleux de la cellule vivante. Ce protoplasma est remplacé par une substance nouvelle, la *kératine*, que nous allons étudier plus loin, à caractères la différenciant nettement de toute *matière vivante*.

Les ongles, les griffes, les serres, les sabots, le bec, les cornes, les écailles des Reptiles, les cheveux, la laine, les plumes, etc., toutes productions épidermiques, sont invariablement composées par le squelette de ces cellules mortes, plus ou moins pressées les unes contre les autres, plus ou moins modifiées par le phénomène de la kératinisation.

Chez les Invertébrés, les types de *matière morte* sont nombreux. La substance osseuse n'existe pas; la substance cartilagineuse est rare (cartilage céphalique des Mollusques Céphalopodes); mais la substance unissante du tissu muqueux, les faisceaux de fibrilles, les fibres élastiques ou leurs homologues se retrouvent chez la plupart des groupes (ombrelles des Méduses; cloches natatoires des Siphonophores; masse du corps des Cténophores, des Mollusques pélagiques transparents; corps plastidogène des Échino-

DERMES; lacunes des Mollusques, etc); les concrétions pierreuses, de nature calcaire ou siliceuse, abondent, tantôt charpentant le mésoderme, tantôt formant un revêtement extérieur à l'organisme (squelette, spicules, coquilles des PROTOZOAIRES; spicules des SPONGIAIRES, des Alcyonnaires, des ÉCHINODERMES, polypier des Hydrocoralliaires et des Madréporaires; test et substance fondamentale du tissu calcifère des ÉCHINODERMES, cuticule des Vers annelés; soies des Annélides marines et des Lombriciens terrestres; carapace des Crustacés; coquilles des Brachiopodes et des Mollusques, etc., etc.).

La proportion de la *matière morte*, ainsi que celle de la *matière vivante*, sont difficiles à apprécier dans l'économie. Elles dépendent d'abord du groupe animal, de son anatomie. Chez le Vertébré supérieur, l'Homme par exemple, nous avons vu que le *milieu vital* compte déjà pour un tiers du poids de l'organisme. Restent deux tiers à se partager entre la *matière vivante* et la *matière morte*, si on néglige la part assez peu importante en général (pondéralement) de la *matière sécrétée*. Tant pour la substance fondamentale du tissu osseux que pour celles de tous les tissus conjonctifs lâches, condensés, cartilagineux, épithéliaux, etc., on peut compter hardiment un autre tiers du poids de l'organisme, — en sorte que les trois grands départements organiques (*milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte*) s'inscriraient environ pour un tiers chacun du poids de l'organisme entier.

4° ***Matière sécrétée.*** — La *matière sécrétée* est nombreuse dans l'organisme. Un certain nombre de glandes (glandes closes remaniées) déversent directement dans le *milieu vital* les produits de leur sécrétion, en sorte que leur *matière sécrétée* demeure inconnue et indifférenciée. Les autres matières sécrétées peuvent se diviser en trois sous-groupes : l'un de matière sécrétée récrémentitielle (suc gastrique, suc pancréatique, bile, salive, etc.); l'autre de matière sécrétée excrémentielle (urine, sueur, etc.); le troisième de matière sécrétée formative (lait).

Justification de cette division. — De ces quatre grands groupements : *milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte*, *matière sécrétée*, le second et le dernier ne demandent pas à être justifiés. Leur réalité, leur division sont trop nettes. La *matière vivante* est la cellule elle-même, corps observable, opaque, protoplasmisque, granuleux, nucléé. La *matière sécrétée* est une éla-

boration locale de certaines cellules; elle peut être canalisée dans des conduits, extérieurs, pour ainsi dire, à l'organisme, et se différencie donc ouvertement du *milieu vital* et de la *matière vivante*. Le *milieu vital* se passe également de toute justification quant à ses plasmas *sanguin*, *lymphatique* (ou *hémolymphatique*), *cœlomique* (ou *péritonéal*, *péricardique*, *pleurétique*) et encore quant à son plasma d'imbibition du tissu conjonctif lâche, nommé *plasma interstitiel*. On sait que ces plasmas n'en font qu'un, communiquent largement par dialyse; l'analyse chimique montre leur identité de composition minérale; la physiologie fait foi de leurs échanges; c'est ainsi que tout produit injecté, ou élaboré après injection, dans la cavité péritonéale, passe rapidement dans la circulation générale; c'est ainsi encore que du ferrocyanure de potassium, injecté dans le sang, est décelé ensuite dans la lymphe qui s'écoule de la fistule de tout vaisseau lymphatique; le ferrocyanure a donc passé du plasma *sanguin* dans le plasma *interstitiel*, et de là dans le plasma de la *lymphe* canalisée (MATHIAS DUVAL, 1897, p. 751). Mais les autres plasmas d'imbibition (des tissus épithéliaux, conjonctifs denses, cartilagineux), qui figurent ici pour la première fois parmi les plasmas vitaux, peuvent demander à être justifiés, ainsi que le groupe entier de la *matière morte*. Nous allons y procéder successivement.

JUSTIFICATION DU « MILIEU VITAL », QUANT A SES PLASMAS D'IMBIBITION DES TISSUS ÉPITHÉLIAUX, CONJONCTIFS DENSES ET CARTILAGINEUX. — Le fait que les substances intercellulaires unissantes des tissus épithéliaux, conjonctifs denses et cartilagineux, sont imbibées par le *milieu vital*, ressort des considérations suivantes.

Prenons pour type de tissu épithélial l'épithélium stratifié du derme, le plus important, le plus épais, le plus indépendant de la circulation générale. Il est composé de plusieurs assises de cellules, chaque cellule séparée de sa voisine par un *ciment intercellulaire*, et la première assise de cellules séparée du tissu conjonctif sous-jacent par une couche de même ciment, nommée *membrane basale*. Les cellules de cet épithélium vivent, se reproduisent, ainsi qu'en font foi les productions épidermiques; elles reçoivent donc des matériaux de nutrition. Or, ces cellules sont complètement encastrées dans le ciment intercellulaire, et de plus, séparées par la membrane basale du tissu conjonctif sous-jacent, duquel elles doivent tirer toute leur nourriture, aucun

vaisseau ne pénétrant l'épithélium. Il est donc clair que cette membrane basale et ce ciment intercellulaire sont perméables aux substances albuminoïdes du *milieu vital* et par conséquent à ses substances minérales, beaucoup plus diffusibles, — c'est-à-dire en résumé au *milieu vital* tout entier.

Démonstration identique pour les diverses sortes de tissus conjonctifs. Prenons pour type de tissu conjonctif le tissu cartilagineux, qui est le plus dense de tous. La démonstration, effectuée pour lui, vaudra *a fortiori* pour tous les autres. Or, comme l'épithélium stratifié, il est composé d'une substance fondamentale au milieu de laquelle sont encastrées ses cellules; aucun vaisseau ne le pénètre; les cellules, cependant, prolifèrent; leur prolifération est même très active dans les cartilages hyalins. Les substances dissoutes du *milieu vital*, c'est-à-dire le *milieu vital* lui-même, pénètrent donc la substance fondamentale.

C'est ce dont témoigne directement, pour le cartilage comme pour l'épithélium, l'imprégnation de leurs tissus par le nitrate d'argent. Les chlorures des plasmas d'imbibition réduisent en effet l'argent; le chlorure d'argent noircit à la lumière, et la préparation se présente au microscope sous deux teintes, claire pour tous les éléments cellulaires, noire pour toute la substance unissante. On sait que cette imprégnation au nitrate d'argent est le procédé classique, employé en histologie, pour différencier les substances fondamentales d'un épithélium ou d'un cartilage, des cellules qui s'y trouvent encastrées (Ranvier, 1875-1882, p. 105, 246, 283).

Les phénomènes d'osmose et l'analyse chimique, enfin, achèvent de mettre en lumière cette imbibition des substances unissantes par le *milieu vital*.

1° Si, pour l'étude microscopique d'une coupe de cartilage, on place celle-ci dans l'eau distillée, on voit les cellules cartilagineuses se rétracter bientôt à l'intérieur de leur capsule (Ranvier, *id.*, p. 274), preuve de la perméabilité de la substance fondamentale au milieu ambiant, et par conséquent à l'état normal, au *milieu vital*. Si, au contraire, on place la coupe dans une solution de chlorure de sodium à 7 pour 1000 (Mathias Duval, 1897, p. 420) ou dans du sérum de même animal (Ranvier, *id.*, p. 277), les cellules conservent leur forme, preuve de l'imprégnation de la substance fondamentale du cartilage, à l'état normal, par les

molécules salines du *milieu vital*, au degré même de sa concentration.

2° L'analyse chimique révèle une identité de composition minérale entre les cendres du cartilage et celles du *milieu vital*. Il ne faut naturellement pas s'adresser, pour cette analyse, à des cartilages calcifiés, qui accusent, comme l'os, une teneur plus ou moins considérable en phosphate de chaux, phosphate qui fait partie constitutive de ce cartilage et trouble l'analyse, quant au point de vue du *milieu vital* qui nous occupe. En opérant sur le cartilage de Requin, dont la calcification paraît réduite au minimum, on met en valeur cette identité relative de composition minérale. Bunge (1899) donne, en effet, pour le tissu cartilagineux frais de *Scymnus borealis* :

Eau	927,79
Matière organique	59,16
Matière minérale	13,05
	1000

Composition de la matière minérale pour 100 parties :

Soude	50,481
Chlore	57,017
Potasse	11,795
Acide phosphorique	6,259
Chaux	1,864
Magnésie	0,940
Oxyde de fer	0,015
	108,351
A retrancher pour le chlore	8,351
	100,000

Il ne donne pas malheureusement la composition minérale du sérum. Mais, d'analyses personnelles, effectuées au Laboratoire maritime du Muséum à Saint-Vaast-la-Hougue (1898), il résulte, comme on le verra par la suite (Livre II), que les chlorures du sérum des Sélaciens oscillent autour de 16 pour 1000[1], proportion d'autant plus voisine des chiffres ci-dessus, que Bunge a pu, par la calcination, volatiliser une partie de ses chlorures[2]. Quant

1. Voir la Note récente de E. Rodier (1900). Rodier donne également pour le sérum de tous les Sélaciens, pêchés au large d'Arcachon, un taux en chlorures de 15,5 à 17 pour 1000, sauf pour *Torpedo marmorata*.

2. On ne rapporte pas ici l'analyse classique du cartilage de *Scymnus borealis* de Petersen et Soxhlet (1875). Cette analyse est manifestement inexacte, comme Bunge s'en était parfaitement rendu compte *a priori* et comme il l'a démontré par son travail effectué spécialement dans ce but.

au rapport des radicaux entre eux, il suffit de se reporter plus loin, II, *VI*, page 249, pour s'assurer qu'il est tout à fait voisin de celui des radicaux du plasma vital.

Le *milieu vital* pénètre donc la substance fondamentale du cartilage, et par conséquent *a fortiori* celle beaucoup moins dense des divers tissus conjonctifs (muqueux, lâches, condensés, etc.).

Il pénètre également la substance fondamentale des épithéliums.

Les plasmas d'imbibition sont ainsi justifiés.

JUSTIFICATION DU GROUPE DE LA « MATIÈRE MORTE ». — Reste à justifier le groupe de la *matière morte* ou *non immédiatement vivante*.

On pourra s'étonner d'un pareil groupe de matière dans un organisme par essence vivant; mais on va saisir sa réalité, et, mieux même, sa nécessité.

Nécessité a priori de la matière morte. — L'existence de la *matière morte* est non seulement réelle; elle est nécessaire, *a priori*, dès qu'un organisme, c'est-à-dire une réunion de cellules vivantes, se constitue. Seule une matière *non vivante* pouvait remplir le rôle qui s'impose alors.

En effet, des cellules vivantes s'assemblant, quelle condition primordiale s'impose à elles? Pour qu'elles continuent à vivre, il faut que des matériaux de rénovation leur parviennent incessamment, et, donc, qu'elles se trouvent en rapport, d'une façon ou d'une autre, avec le *milieu vital*. La dialyse peut à la rigueur établir ce rapport entre une cellule et une cellule voisine[1];

---

1. Il faut bien se garder toutefois d'exagérer ces phénomènes d'osmose dont les cellules seraient le siège. Tous les ouvrages actuels de zoologie, de physiologie comparée, d'embryologie, etc., s'en servent à chaque page pour expliquer la nutrition, parlent de cellules qui se transmettent de l'une à l'autre les matériaux de rénovation. Or, ces phénomènes osmotiques ***à travers la cellule*** ne sont rien moins qu'assurés. Il est évident que la cellule est perméable à certaines substances alimentaires, sans quoi, à moins d'englobements de nature amiboïde, elle ne pourrait effectuer sa nutrition. Mais il n'est aucunement démontré d'abord que ces substances peuvent traverser la matière protoplasmique de plusieurs rangées de cellules, pour être employées par des cellules plus profondément situées. Le fait que, d'une façon générale, les cellules organiques, qui ne baignent pas directement dans les plasmas vitaux, se trouvent isolées l'une de l'autre par une matière non protoplasmique qu'imbibe le *milieu vital*, semble montrer que la nutrition ne saurait s'effectuer par osmose à travers la matière protoplasmique d'autres cellules. En outre, des travaux très précis font voir que la perméabilité de la cellule vivante aux différentes sub-

elle cesse de le pouvoir dès que la couche cellulaire augmente en épaisseur. Qu'on imagine un bloc compact de cellules, sans aucune matière intercellulaire, séparatrice, la nutrition pourra s'accomplir pour les cellules superficielles du bloc ; elle ne le pourra plus pour les cellules centrales, vouées par conséquent à la mort. Il est impossible d'imaginer une disposition des cellules (disposition étoilée des cellules conjonctives par exemple), qui s'oppose par elle-même à leur tassement, et laisse pénétrer entre elles le *milieu vital*. Le *milieu vital*, purement liquide, n'offre aucune résistance. Aussitôt que la colonie cellulaire atteindra une certaine masse, la pesanteur accolera les cellules et produira le bloc massif. D'où la nécessité évidente d'une matière de soutien particulière, s'interposant entre les cellules, les maintenant, les isolant, et, au travers de laquelle leur parviennent, par osmose, les substances propres à la vie, — ***matière de soutien par conséquent qui ne saurait être une matière vivante, puisque, si elle était une matière vivante, elle absorberait les substances, au lieu de les véhiculer***; elle composerait avec les cellules un bloc massif vivant et non le bloc fouillé, creusé de galeries, seul compatible avec la vie.

---

stances dissoutes dans les plasmas, est extraordinairement réduite. La cellule vivante, par exemple, n'est perméable à aucun sel (Hugo de Vries, 1871, *Arch. Néerland*, **6**, 117; Massart, 1889, *Arch. de biol.*, **9**, 515; Overton, 1895, *Vierteljaresh.. der Naturf. Ges. in Zürich*, Jahrg. 40, et *Zeitsch. f. physikal. Chem.*, **22**, 189; Gryns, 1896, *Arch. f. gesammte Physiol.*, **63**, 86; Hedin, 1897, *Arch. f. gesammte Physiol.*, **68**, 229), sauf quelques sels d'ammonium. Hamburger a montré d'autre part (1895, *Revue de méd.*, p. 918) que le globule rouge hématolyse vis à vis d'une même concentration moléculaire, dans son sérum dilué aussi bien que dans une solution saline pure, ce qui établit que la molécule albuminoïde du sérum a la même valeur osmotique, vis-à-vis de la cellule, qu'une molécule saline, et par conséquent qu'elle ne pénètre pas cette cellule. On sait en effet qu'aussitôt qu'une molécule dissoute pénètre la cellule, elle cesse de lui faire équilibre et que l'hématolyse se produit, s'il s'agit du globule rouge (Hamburger, 1886, *Arch. Anat. und Physiol.*, p. 481; Klebs, 1887, *Bericht. der deutsch. botanisch. Gesellsch.*, **5**, 187; Hugo de Vries, 1888, *Arch. Néerland*. **22**, 384, et 1889, *Botan. Zeit.*, **47**, 309 et 325; Massart, Gryns, Hedin, *loc. cit.* plus haut; Eykman, 1897, *Arch. gesam. Physiol.*, **68**, 58; Quinton, 1901, *C. R.* **132**, 547, 452). Ainsi, la cellule n'est aucunement l'élément ouvert, traversable, que supposent les ouvrages classiques; elle est, avant tout, un ***élément clos***. Cette notion ne conduit pas à nier les phénomènes osmotiques dont l'organisme est le siège (osmose du plasma sanguin, par exemple, à travers la paroi des capillaires, etc.); ces phénomènes osmotiques sont démontrés par ailleurs avec certitude; mais la voie qu'ils empruntent pour s'accomplir, n'est probablement pas la voie cellulaire; ils ne s'effectuent peut-être qu'à travers les couches de ciment intercellulaire. Dans l'épithélium stratifié, par exemple, nous avons vu plus haut que le ciment seul fixe avec énergie l'argent, ce qui semble bien montrer que seul il est le lieu de passage des molécules dissoutes, à l'exclusion de la cellule qui ne se colore pas.

La nécessité de cet isolement cellulaire est si forte qu'il n'y a pour ainsi dire pas d'exemples de tissus à cellules compactes, dépourvus de substance séparatrice.

Enfin, dès que l'organisme devient un peu important, et surtout dès que, de la vie aquatique, il passe à la vie terrestre où la pesanteur se fait plus fortement sentir sur des tissus que l'eau ambiante ne soutient plus (le système osseux ne prend du développement que chez les organismes aériens seuls), des pièces d'une autre nature, des pièces ***résistantes***, ***rigides***, lui deviennent nécessaires, non plus pour assurer sa vie de nutrition immédiate, mais ses formes, son mouvement, sa vie de relation, la suspension, le jeu, l'indépendance des organes (rôle des faisceaux de fibrilles, des cartilages, des os).

Or, la résistance, la rigidité ne sont pas des caractères de la cellule vivante, par essence malléable et molle[1]. La matière, appelée à jouer ce rôle de rigidité, ne saurait donc être encore de la *matière vivante*. L'organisme va devenir ***créateur de matière morte***.

Réalité de la matière morte (*preuves histologiques*, *physiologiques*, *chimiques*). — Il reste à justifier ce caractère de *matière morte*, propre à tout un groupe d'éléments de l'organisme vivant. Cette justification est facile. La matière douée de vie, d'une part, la matière non douée de vie, d'autre part (matière non vivante ou morte), offrent des caractères tout à fait tranchés, qui les distinguent avec force l'une de l'autre. Quels sont ces caractères, et dans quel groupe viennent se ranger naturellement les éléments dont il est question ici?

Histologiquement, physiologiquement, chimiquement, la *matière vivante* (ou cellule vivante) est une matière : 1° protoplasmique, d'aspect granuleux, douée d'un noyau; 2° dérivant d'une forme cellulaire semblable, pouvant donner naissance, par division, à une autre forme cellulaire semblable; 3° ne vivant que sous la condition d'un perpétuel renouvellement, en continuelle instabilité et usure, absorbant, respirant, excrétant, nécessitant

1. La caractéristique chimique de toute cellule vivante est de contenir environ 75 pour 100 d'eau, 24 pour 100 de matière organique, et 1 pour 100 de matière minérale. Cette composition interdit toute rigidité à la cellule. Certaines cellules sécrètent des pièces rigides qui lui restent adjointes (carapaces de certains Protozoaires, spicules de Spongiaires, cnidocils des Hydrozoaires, etc.). Mais ce sont là de vraies créations de *matière morte*, au même titre que la substance fondamentale du cartilage, de l'os, etc.

donc incessamment un milieu nutritif et épuré; 4° douée de propriétés physiologiques spéciales : irritabilité, contractilité, motilité, etc.; 5° douée de ces propriétés à l'état de vie seulement, ces propriétés disparaissant à la mort; 6° facilement attaquable enfin par la plupart des réactifs chimiques; 7° très putrescible; 8° très digestible, etc.; et 9° composée suivant des proportions à peu près fixes : 75 centièmes d'eau, 24 centièmes de matière organique, 1 centième de matière minérale.

La matière non douée de vie, à quelque règne qu'elle appartienne, présente simplement les caractères inverses : 1° elle n'a pas d'abord l'aspect protoplasmique, nucléé, etc.; 2° ne dérive jamais d'une matière semblable à elle-même, ne se reproduit pas; 3° subsiste sans renouvellement, n'absorbe pas, ne respire pas, ne sécrète pas, ne nécessite aucun milieu nutritif; 4°-5° jouit de ses propriétés spéciales en dehors de tout tissu vivant; 6° est par essence fixe et stable; 7° le plus souvent imputrescible; 8° indigestible (exception faite pour certaines *matières mortes* d'origine vivante : tissus animaux et végétaux, sucre, alcool, etc.); 9° sa composition chimique enfin varie selon chaque corps.

Or, en possession maintenant de ces neuf caractères parfaitement définis et tranchés, sur lesquels il ne saurait y avoir aucun désaccord et qui distinguent si fortement la *matière morte* de la *matière vivante*, il nous est facile de montrer que tout le groupe d'éléments organiques que nous avons rangé dans le groupe de la *matière morte*, est bien en effet de la *matière morte*.

Nous examinerons d'abord les éléments composant le sous-groupe de la *matière morte* extra-cellulaire.

1° Au point de vue de l'aspect, aucun de ces éléments n'offre la contexture typique de la *matière vivante*; pas d'aspect protoplasmique, pas trace de noyau : la substance unissante du tissu muqueux, la substance fondamentale du cartilage, l'exsudat interépithélial, sont des matières transparentes, plus ou moins solides, mais amorphes, sans forme; les faisceaux de fibrilles conjonctives sont des faisceaux, noués, par intervalle, de fils très fins; les fibres élastiques sont composées d'une multitude de grains placés bout à bout; la substance fondamentale de l'os est pierreuse, ainsi que l'émail de la dent.

2° Au point de vue de l'origine et de la reproduction, aucun de ces éléments ne dérive d'un élément semblable à lui-même,

ni ne peut donner naissance à un autre élément semblable; tous sont des produits immédiats ou médiats de l'activité cellulaire, produits qui sont des derniers termes, et non pas des chaînons entre d'autres chaînons semblables.

5° Au point de vue de la vie chimique, aucun de ces éléments ne paraît en continuelle instabilité et usure; aucun ne semble absorber, respirer, sécréter, nécessiter un milieu nutritif et épuré : le phénomène est frappant au premier chef pour l'émail, qui est le type par excellence, dans l'organisme, de la *matière morte*; l'émail, une fois formé, subsiste tel quel, jusqu'à la mort de l'individu, sans usure autre que l'usure mécanique, sans renouvellement, sans aucune activité chimique; il repose entièrement sur la couche osseuse de l'ivoire, et ne possède donc aucun contact avec le *milieu vital*; il n'absorbe pas, ne respire pas, ne sécrète pas. Les autres éléments n'ont pas sans doute une stabilité aussi complète; les substances osseuse, cartilagineuse, unissante, interépithéliale, les faisceaux et les fibres doivent subir une lente usure, puisque des cellules formatives de ces différentes substances restent incluses dans les tissus osseux, cartilagineux, etc.; mais ce n'est plus là l'usure physiologique typique; aucun *milieu vital* ne pénètre en effet la substance fondamentale même de l'os; la circulation est également fort réduite autour des faisceaux conjonctifs et des fibres élastiques, partout où les cellules conjonctives ne sont pas abondantes.

4° Au point de vue des propriétés physiologiques (irritabilité, contractilité, motilité, etc.), aucun de ces éléments n'est irritable, contractile, mobile; tous sont intimement inertes.

5° Au point de vue des propriétés sur le tissu vivant et sur le tissu mort, tous ces éléments conservent après la mort les propriétés qui les caractérisaient sur le tissu vivant. Tandis que la cellule musculaire, *matière vivante*, perd rapidement ses propriétés de contractilité sur le tissu mort, la fibre élastique au contraire conserve toutes ses propriétés après la mort de l'individu. « Les ligaments jaunes, sur un cadavre, sont aussi parfaitement élastiques que sur le sujet vivant; ils résistent très longtemps à la putréfaction en conservant leur élasticité; si un fragment de ligament élastique est soumis à la dessiccation, il devient dur, rigide, et perd, cela va sans dire, son élasticité; mais s'il est alors plongé dans l'eau et s'en imbibe, les fibres élastiques reprennent leurs dimensions primitives et en même temps leurs

propriétés (Mathias Duval, 1897, p. 409). » Les substances osseuse, cartilagineuse, l'émail conservent manifestement leurs propriétés sur l'individu mort.

6° Au point de vue de la résistance chimique, la plupart de ces éléments sont beaucoup plus difficilement attaquables par les divers réactifs que les substances albuminoïdes proprement dites; l'osséine (substratum organique de l'os, du cartilage, des faisceaux conjonctifs), l'élastine (substratum organique des fibres élastiques) résistent aux acides étendus qui agissent au contraire sur les matières albuminoïdes; elles sont difficilement précipitables, solubles, etc.

7° Au point de vue de la digestibilité, même résistance; elles ne sont que difficilement attaquées par le suc gastrique et pancréatique, qui agissent au contraire d'une façon parfaite sur tous les matériaux d'origine vivante. Au sortir de l'estomac, l'os, le cartilage, les membranes, les aponévroses, les tendons, le tissu élastique sont à peine altérés, et se retrouvent jusque dans les excréments (Armand Gautier, 1897, p. 536 et 581). En outre, la gélatine (produit de transformation de l'osséine), bien qu'elle soit absorbée, est incapable, de par sa composition chimique, de maintenir l'équilibre azoté chez l'animal qu'on en nourrit (Voit, d'après Lambling, 1900, *Traité de pathologie générale de Bouchard*, III, 98).

8° Au point de vue de la putrescibilité, résistance toujours semblable : tandis que les tissus composés surtout de *matière vivante* (tissus glandulaire, musculaire, cérébral, endothélial, etc.) sont très rapidement putréfiés (Bichat, 1821, *Anatomie générale*, III, 307; — IV, 20), les tissus composés de *matière morte* résistent remarquablement : l'émail, la substance osseuse sont imputrescibles, comme le prouvent suffisamment tous les restes fossiles; dans l'os exposé à la putréfaction, les cellules osseuses, qui sont de la *matière vivante*, pourrissent rapidement; la substance fondamentale (osséine et sels) subsiste sans altération. Après l'os, Bichat donne le cartilage comme le plus rebelle à la putréfaction : « Au milieu d'un cadavre tout putréfié, on trouve ce tissu presque intact, conservant son apparence, sa texture, souvent même sa blancheur naturelles; les membres gangrenés nous offrent sur le vivant une semblable disposition. J'ai conservé pendant très longtemps, dans l'eau, des substances cartilagineuses qui n'y ont été nullement altérées.

excepté un peu dans leur couleur ; il faudrait peut-être plus d'un an pour les réduire à cette pulpe mollasse, muqueuse, fluente où la macération amène la plupart des organes (III, 167). » Les tendons, les ligaments, les aponévroses, les membranes séreuses (plèvre, péritoine, péricarde, arachnoïde), tous ces tissus principalement composés de faisceaux de fibrilles, de fibres élastiques et de substance unissante, résistent également d'une façon remarquable à la putréfaction : « Exposé à la macération dans une température moyenne, le tissu fibreux (tendons, ligaments, aponévroses) y reste longtemps sans éprouver d'altération : il conserve son volume, sa forme, sa densité ; peu à peu, cette densité diminue, le tissu se ramollit, mais il ne se dilate pas, ne se boursoufle pas ; enfin, au bout d'un temps très long, il finit par se changer en une pulpe mollasse, blanchâtre... : l'eau dans laquelle il a macéré, donne une odeur moins infecte que celle qui a servi à la macération de la plupart des autres systèmes :... au milieu des tissus pourris et désorganisés de nos cadavres d'amphithéâtre, on trouve le tissu fibreux presque intact (Bichat, 1821, III, 208-210). » — De même pour les membranes séreuses, Bichat signale le péritoine presque intact, tout étant putréfié autour de lui (IV, 126) : « Les artères également se pourrissent avec beaucoup de difficulté ; pendant un certain temps, elles sont presque incorruptibles, comme le cartilage et le fibro-cartilage. Une artère traverse un tissu putréfié sans montrer d'altération, et aussi bien sur le sujet vivant que sur le sujet mort (II, 46). » Or les éléments résistants de l'artère sont la fibre élastique et le faisceau conjonctif, qui forment la partie la plus importante de la paroi. — Enfin, le tissu conjonctif lâche ne se pourrit que difficilement aussi (I, 161), mais plus facilement que les tissus précédents, dont il est loin d'avoir en effet la consistance en *matière morte*.

9° Au point de vue de la composition chimique, tous ces éléments composant la *matière morte* diffèrent profondément des éléments composant la *matière vivante* : A.) *Quant aux proportions d'eau, de matière organique et de matière minérale* : la *matière vivante* est invariablement composée, comme proportion, de 75 parties d'eau, 24 parties de matières organiques, 1 de matière minérale ; ces proportions n'existent plus pour la *matière morte*. Dans l'os, par exemple, la proportion d'eau peut tomber à 16, elle tombe à 2 dans l'émail, tandis que la proportion des

matières minérales s'élève à 70 dans l'os, à 95 pour 100 dans l'émail. — B.) *Quant à la nature des matières minérales* : on verra dans la suite, au Chapitre VI, que, tandis que la matière minérale de la *matière vivante* est à base de phosphate alcalin, la matière minérale de la *matière morte* est à base de phosphate ou de carbonate terreux. — C.) *Quant à la nature des matières organiques* : tous les éléments composant la *matière morte* possèdent une trame de matière organique : osséine, pour les faisceaux de fibrilles et l'os ; osséine et chondromucoïde, pour le cartilage ; élastine, pour les fibres élastiques ; conjonctine, pour les divers éléments du tissu conjonctif, etc. ; or, toutes ces matières organiques, absolument spéciales à ces éléments, ont une composition chimique particulière : tandis que les matières albuminoïdes proprement dites (afférentes ou destinées à la *matière vivante*) se décomposent toutes, sous l'action de certains réactifs, en glucoprotéines indédoublables, leucine, tyrosine, etc., l'osséine, l'élastine, le chondromucoïde, la conjonctine ne se décomposent jamais, sous l'action des mêmes réactifs, en glucoprotéines ni en tyrosine ; les réactions de coloration (xanthoprotéique, biurel, Millon), communes à toutes les matières albuminoïdes proprement dites, ne valent plus, du moins en groupe, pour l'osséine, l'élastine, le chondromucoïde, la conjonctine, etc. ; enfin, comme il a été déjà dit, l'osséine, l'élastine, le chondromucoïde, la conjonctine, etc., résistent d'une façon plus ou moins complète à tout un ensemble de réactifs (chimiques, gastrique, pancréatique, etc.) qui agissent au contraire sur les matières albuminoïdes proprement dites : il en résulte ce fait remarquable, qu'en dehors de toute idée théorique, les chimistes ont été amenés à créer, en opposition au groupe des matières albuminoïdes proprement dites, un groupe spécial (groupe des matières *albumoïdes*), constitué ***justement et exclusivement*** par les matières organiques formant la trame des éléments ***qui composent le présent groupe de la matière morte*** (osséine, chondromucoïde, élastine, conjonctine, — fibroïne, spongine, chitine, chonchioline, etc., trames organiques de la soie, de la substance fondamentale des Éponges, de la carapace des Crustacés, de la coquille des Mollusques, — substances auxquelles se joint encore la kératine, que nous allons examiner).

Nous ne nous sommes occupés en effet dans ce long développement, que des éléments composant le sous-groupe de la *matière morte* extracellulaire. Reste à justifier la classification, dans le groupe de la *matière morte*, des éléments composant le deuxième sous-groupe, celui de la *matière* cellulaire.

Les éléments composant un ongle, un poil, etc., sont bien des cellules, à noyau encore visible, mais non plus des cellules douées de vie. Elles n'ont plus aucun des caractères de la cellule vivante; elles n'ont plus ni irritabilité, ni motilité; elles n'absorbent plus, ne respirent plus, n'excrètent plus, ne se reproduisent plus; le *milieu vital* n'arrive pas jusqu'à elles; les dernières ramifications nerveuses s'arrêtent dans l'épithélium au-devant de la couche qu'elles constituent : elles sont fixes et stables; leur proportion en eau, en matière organique, en matière minérale, n'est plus celle de la cellule vivante (cheveux : eau, 15 centièmes; matière organique, 80 centièmes; matière minérale, 7 centièmes); la composition de leur matière minérale n'est plus à base de phosphate alcalin, mais de silicates, de phosphates, de carbonates terreux, etc.; leur protoplasma granuleux, enfin, est remplacé par une substance nouvelle, de nature organique, la *kératine*. Or, cette substance, plus encore que l'osséine, l'élastine, le chondromucoïde, etc., présente les caractères de la *matière morte*. Elle est particulièrement résistante aux divers réactifs, imputrescible, indigestible. L'eau bouillante, même prolongée, ne la coagule ni ne la dissout; les acides étendus, les carbonates alcalins eux-mêmes, sont sans action sur elle; aucun suc digestif ne l'attaque; les matières kératinisées traversent le tube digestif tout entier; on les retrouve telles quelles dans les excréments.

Ainsi, tous les éléments organiques composant le groupe de la *matière morte*, formé plus haut, sont bien effectivement de la *matière morte*.

Le groupe et sa dénomination sont justifiés.

Résumé du Chapitre, et conception de l'organisme. — Résumons ce Chapitre, particulièrement au point de vue de la conception qu'il nous donne d'un organisme.

Tout organisme est composé :

1° d'un *milieu vital* baignant toute cellule douée de vie;

2° de cellules vivantes, dont tout l'ensemble forme le groupe de ce que nous avons nommé la *matière vivante*, et dont le jeu

constitue la vie générale de l'organisme, — cellules qui peuvent ou baigner directement dans le *milieu vital* (cas des cellules du sang, de la lymphe, des cavités générale, péricardique, etc.), ou n'y baigner qu'indirectement, par l'intermédiaire de la substance fondamentale au milieu de laquelle elles sont encastrées, mais que pénètre intimement le *milieu vital* (cas des cellules épithéliales, cartilagineuses, conjonctives, etc.) ;

3° d'une *matière morte*, création immédiate de la cellule, jouant dans l'organisme un rôle purement physique et mécanique, d'union, d'isolant, d'architecture ou de soutien ;

4° d'une *matière sécrétée*, diverse, résultat de l'activité cellulaire en vue des besoins organiques.

Nous avons donc maintenant une vue claire du *milieu vital* d'un organisme. Il ne reste plus qu'à montrer, ce qui est l'objet de cet ouvrage, que ce *milieu vital*, chez tous les organismes de la série zoologique [1], est resté le milieu marin originel des premières cellules animales.

---

1. Sauf quelques exceptions, qui semblent ne se référer d'ailleurs qu'à des organismes déchus.

CHAPITRE II

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES SPONGIAIRES, HYDROZOAIRES, SCYPHOZOAIRES ET QUELQUES ÉCHINODERMES

Résumé du Chapitre. — Les SPONGIAIRES, les HYDROZOAIRES, les SCYPHOZOAIRES sont essentiellement constitués par trois feuillets : le premier, externe, revêtant toute la surface de l'animal et composé généralement d'une unique couche de cellules; le second, moyen, à substance fondamentale conjonctive enclavant d'assez rares cellules; le troisième, interne, limitant toujours les cavités intérieures de l'animal, et, comme le premier feuillet, composé en règle générale d'une couche unique de cellules.

Les SPONGIAIRES, les HYDROZOAIRES, les SCYPHOZOAIRES étant presque exclusivement marins et leurs cavités intérieures étant toujours pénétrées par l'eau de mer extérieure, il en résulte déjà que les cellules composant leur premier et leur troisième feuillets sont expressément des cellules marines. L'eau de mer pénétrant, d'autre part, par dialyse, dans la substance fondamentale du feuillet moyen, il en ressort, en définitive, que toutes les cellules de l'organisme sont au contact marin, soit directement, soit indirectement, par imbibition de la substance fondamentale conjonctive.

Les ÉCHINODERMES ont pour *milieu vital* de leurs cellules, outre leurs plasmas d'imbibition, les trois plasmas : 1° de la cavité générale; 2° du système ambulacraire; 3° du système hémolymphatique. Ces trois plasmas peuvent communiquer entre eux. Or, chez les Astérides, le système ambulacraire, chez les Crinoïdes, la cavité générale communiquent directement avec l'eau de mer extérieure. Chez les Crinoïdes, les tubes qui relient l'extérieur à la cavité générale et qui peuvent s'élever à plusieurs centaines, sont munis de cils vibratiles qui établissent un courant continu d'eau de mer, laquelle ne pénètre pas seulement la cavité générale, mais directement aussi le système ambulacraire, ouvert dans cette cavité.

Le *milieu vital* des cellules organiques est donc ici encore, comme chez les SPONGIAIRES, les HYDROZOAIRES, les SCYPHOZOAIRES, le milieu marin lui-même.

Dans ce Chapitre et dans les suivants, nous allons établir que la vie animale, en créant des organismes de plus en plus compliqués et indépendants, a toujours tendu à maintenir, pour *milieu vital des cellules*, un milieu marin.

Nous avons vu dans le Chapitre précédent que ce *milieu vital*

des cellules se compose, dans chaque organisme, de deux sortes de plasmas, les uns qu'on peut nommer les plasmas *libres* (ceux du sang, de la lymphe, de la cavité générale, etc.), les autres qui sont des plasmas d'***imbibition***. Tous ces plasmas n'en faisant qu'un, ainsi que la démonstration en a été fournie au paragraphe justificatif, il nous suffira toujours d'établir que l'un quelconque des plasmas *libres* (les plus accessibles à l'investigation) est une eau de mer naturelle ou reconstituée, pour établir par cela même que le milieu tout entier, baignant directement ou par dialyse toutes les cellules organiques, est un milieu marin. Toutefois, les trois premiers groupes dont nous allons traiter (SPONGIAIRES, HYDROZOAIRES, SCYPHOZOAIRES) possédant une organisation tout à fait spéciale, qui ne comporte ni système sanguin, ni système lymphatique, ni même de cavité générale, nous démontrerons en particulier, pour chacun de leurs tissus, la vie marine de leurs éléments.

Nous étudions dans ce Chapitre les plus simples et les moins indépendants des organismes animaux, ceux qui ont encore pour plasma libre (ou pour liquide en tenant lieu) l'eau de mer elle-même.

SPONGIAIRES. — Les SPONGIAIRES, nous l'avons vu I, *II*, page 59, sont des organismes essentiellement marins. Le groupe comprenant 2 embranchements, 6 classes, 8 ordres, 41 familles, une seule famille appartient aux eaux douces. Faisons-en abstraction pour l'instant.

Anatomiquement, les SPONGIAIRES sont constitués par trois feuillets : un premier feuillet, externe, composé d'une ***unique*** couche de cellules minces, aplaties, situées au contact direct de l'eau de mer; un second feuillet, moyen, peu épais, de nature conjonctive, composé d'assez rares cellules, enclavées dans une substance fondamentale semblable à celle de tous les tissus conjonctifs; un troisième feuillet, interne, composé comme le premier d'une ***unique*** couche de cellules, et formant le revêtement des innombrables canaux qui parcourent l'organisme entier.

Ces canaux internes sont remplis d'eau de mer. Ils communiquent avec le dehors. Ils jouent, chez l'Éponge, le rôle des vaisseaux capillaires chez les organismes élevés. Certaines des cellules de leurs parois sont différenciées dans le sens vibratile.

Elles déterminent par leurs battements réguliers un courant continu d'eau de mer, qui, appelée de l'extérieur, apporte aux cellules organiques (rôle exact et ultérieur du sang) l'oxygène et les matériaux nutritifs nécessaires à la vie.

Ainsi :

1° Toutes les cellules du premier feuillet de l'Éponge sont au contact direct de l'eau de mer.

2° Toutes les cellules du troisième feuillet sont également au contact direct de l'eau de mer.

Restent celles du second feuillet. Or, par dialyse, elles sont encore au contact marin. En effet, la substance fondamentale, qui les entoure, n'est séparée de l'eau de mer extérieure que par le premier ou le troisième feuillet, c'est-à-dire par une unique couche de cellules aplaties, semblables à celles qui constituent, chez les Vertébrés, la paroi des vaisseaux capillaires, au travers de laquelle la diffusion est si intense. La diffusion à travers ces deux couches cellulaires de séparation est donc déjà peu douteuse. Elle sera mise hors de doute dans le Chapitre suivant, où nous verrons une dialyse si énergique s'effectuer, au travers de parois incomparablement plus épaisses, chez tous les Invertébrés marins, c'est-à-dire chez des organismes autrement élevés et protégés. D'autre part, la substance fondamentale du tissu conjonctif de l'Éponge ne se distingue pas des substances similaires étudiées dans le Chapitre précédent. Elle est hyaline, transparente, d'une consistance variable, souvent très faible, jamais supérieure à celle du cartilage, supportant à peine, parfois, ses spicules squelettiques, permettant toujours aux globules blancs de se déplacer par l'effet de leurs mouvements amiboïdes. La diffusion à travers cette substance est donc certaine. L'eau de mer, par conséquent, l'imprègne, comme le plasma vital, chez les Vertébrés, imprègne les substances fondamentales des tissus conjonctifs, cartilagineux, épithéliaux. Les cellules qui s'y trouvent enclavées, c'est-à-dire les cellules du deuxième feuillet, se trouvent donc au contact marin.

Toutes les cellules de l'Éponge sont ainsi des cellules marines. — la plupart, situées au contact direct de l'eau de mer, les autres à un contact moins immédiat, mais non moins effectif[1].

---

1. Les cellules du premier et du troisième feuillet, situées au contact direct de l'eau de mer, sont : des cellules épithéliales pavimenteuses simples, des cellules épithéliales encore amiboïdes, des cellules épithéliales vibratiles haute-

Hydrozoaires. — Comme les Spongiaires, les Hydrozoaires sont des organismes essentiellement marins. Le groupe comprenant 2 classes, 11 ordres, 66 familles, quatre familles seules appartiennent aux eaux douces. Faisons-en, comme tout à l'heure, abstraction.

Les Hydrozoaires, au point de vue qui nous occupe, présentent deux types anatomiques.

Dans le premier, l'organisme est simplement composé par deux feuillets, l'un, ectodermique, revêtant la surface externe de l'animal, l'autre, endodermique, revêtant sa cavité gastrique intérieure. Ces deux feuillets sont bien séparés par une substance fondamentale à laquelle on donne le nom de mésoderme, mais ce mésoderme ne renferme aucun élément cellulaire.

L'ectoderme et l'endoderme ont une structure très analogue. Ils sont composés l'un et l'autre par une ***unique*** couche de cellules épithéliales. Comme cet ectoderme est au contact direct de l'eau de mer extérieure et que l'endoderme est également au contact direct de l'eau de mer, laquelle pénètre librement dans la cavité gastrique intérieure, il en résulte que toutes les cellules de l'organisme sont au contact marin. Seules, quelques cellules épithélio-nerveuses ont quitté la périphérie et se trouvent enclavées dans la substance fondamentale qui soutient l'épithélium. Mais cette substance devant être imbibée d'eau de mer, comme nous l'avons montrée imbibée du plasma ambiant chez les Vertébrés, p. 99-102, les cellules qu'elle encastre se trouvent encore, par dialyse, au contact marin.

Ce type anatomique est remarquable, parce qu'il montre un organisme presque tout entier composé de cellules ***immédiatement*** marines, et de cellules atteignant déjà un haut degré de différenciation. Les couches ectodermique et endodermique comprennent, en effet: 1° des cellules simples, épithéliales, à pouvoir amiboïde, à fonction préhensive et digestive; 2° des cellules glandulaires, à granulations et à fonctions sécrétantes diverses; 3° des cellules épithélio-musculaires; 4° des cellules épithélio-nerveuses, — ces deux sortes de cellules composées de deux par-

---

ment différenciées, des cellules épithélio-nerveuses. — Les cellules du feuillet mésodermique, enclavées dans la substance fondamentale du tissu conjonctif, sont : des cellules conjonctives étoilées, simples, des cellules conjonctives amiboïdes, des cellules conjonctivo-musculaires, des cellules squelettiques, des cellules sexuelles.

ties, l'une épithéliale, au contact marin, l'autre, profonde, courant sous l'épithélium, s'y intriquant et formant tout un réseau sensitif et contractile ; 5° des cellules à cnidocils, éléments hautement différenciés, à la fois contractiles, urticants et armés d'une pointe en spirale qui se dévagine et se replie à la volonté de l'animal.

Les Hydrozoaires du second type anatomique continuent toujours à présenter le plus grand nombre de leurs cellules au contact immédiat de l'eau de mer, exactement comme dans le type précédent; mais l'animal possède ici un mésoderme avec cellules conjonctives et quelques faisceaux musculaires internes, ainsi que des appareils sensoriels où les cellules épithélio-nerveuses s'étagent et forment plusieurs assises.

Ces diverses cellules intérieures n'en restent pas moins, par dialyse, au contact effectif de l'eau de mer comme dans les cas ordinaires de tissus conjonctifs et d'épithéliums stratifiés. Il n'y aurait qu'à reprendre ici l'argumentation tenue tout à l'heure pour les Spongiaires.

La substance fondamentale du mésoderme est, comme chez l'Éponge, de consistance variable, parfois très faible, parfois égale à celle du cartilage. Rémy Perrier (1893, p. 170) donne pour le mésoderme des Rhizostomes une teneur en eau de 95 pour 100. Quand la salure diminue, cette proportion augmente; on l'a trouvée de 97,9 pour 100 chez *Aurelia aurita* de Kiel, — preuve directe de l'imprégnation de la substance fondamentale par les sels marins. Cet écart de 2,9 pour 100 correspond assez exactement en effet à l'écart salin entre l'Océan et la mer Baltique (voir plus loin, II, *VI*, page 215).

Certains Hydrozoaires ont leur ectoderme revêtu d'une membrane chitineuse, en sorte que les cellules ectodermiques ne sont plus au contact direct de l'eau de mer. Elles y restent cependant encore par dialyse, ainsi qu'il ressortira du Chapitre suivant où nous verrons les Arthropodes, par exemple, entièrement recouverts d'une membrane de ce genre, s'équilibrer aux variations salines du milieu extérieur, ce qui témoigne de la perméabilité de pareilles membranes[1].

Comme les Spongiaires, les Hydrozoaires sont donc constitués par un ensemble de cellules, toutes marines, — le plus grand

1. Chez les Hydrozoaires dont la membrane chitineuse est encroûtée de sels calcaires, cette membrane n'adhère plus à l'ectoderme. Elle forme une loge remplie d'eau de mer dans laquelle l'animal peut même se déplacer. L'ectoderme se retrouve donc au contact marin.

nombre, situées au contact même de l'eau de mer, les autres, à son contact moins immédiat, mais non moins effectif.

Scyphozoaires. — Groupe de 3 classes, 2 sous-classes, 16 ordres, 94 familles, — le groupe entier exclusivement marin.

On ne saurait répéter pour les Scyphozoaires que ce qui vient d'être dit pour les Hydrozoaires. Constitution fondamentale de l'organisme adulte presque semblable. Type anatomique à feuillet mésodermique presque absent chez les Autoscyphaires (des Scyphoméduses), dépourvu de cellules chez les Acalèphes inférieurs et certains Anthozoaires. Mêmes assises ectodermique et endodermique, à cellules analogues. Réseaux musculaires et nerveux sous-jacents, enclavés dans la substance fondamentale de l'épithélium, et même, quant aux réseaux musculaires, dans celle du mésoderme, dont les cellules musculaires peuvent dériver. — La cavité gastrique et toutes ses dépendances, qui, chez les Hydrozoaires, ne communiquaient avec la mer que par un seul orifice: la bouche, possèdent, en outre, chez certains Scyphozoaires (Anthozoaires), de nouvelles voies de communication.

Commes les Spongiaires, comme les Hydrozoaires, les Scyphozoaires sont donc composés par un ensemble de cellules, toutes marines, — la plupart, au contact direct de l'eau de mer, les autres, à son contact moins immédiat, mais non moins effectif.

En résumé, si l'on peut nommer *plasmas* les liquides extérieurs et intérieurs qui baignent les éléments cellulaires des Spongiaires, des Hydrozoaires, des Scyphozoaires, on voit que le *milieu vital* de ces trois premiers groupes est constitué :

1° Par un plasma extérieur, qui est l'eau de mer elle-même;

2° Par un plasma intérieur, qui est l'eau de mer elle-même;

3° Par un plasma d'imbibition enfin (pour quelques éléments des premier et troisième feuillets et pour tous ceux du deuxième), qui, par diffusion, est encore l'eau de mer.

Échinodermes. — Groupe de 2 embranchements, 5 classes, 15 ordres, 55 familles, — le groupe entier exclusivement marin.

Le *milieu vital* des Échinodermes est constitué, outre ses plasmas d'imbibition : 1° par le plasma du liquide de la cavité générale, liquide extrêmement abondant, baignant presque tous les organes de l'économie, lesquels sont tous compris, ou peu s'en faut, dans le cœlome; 2° par le plasma du liquide du système

ambulacraire, qui dessert spécialement les ambulacres; 3° par le plasma du liquide du système hémolymphatique (L. Roule, 1898, I, 1276-1279), qui engaine les conduits ambulacraires, les nerfs, parfois le tube hydrophore, dessert l'appareil plastidogène et s'alimente en substances nourricières dans le tissu conjonctif de la paroi intestinale. Ces trois plasmas n'en font qu'un, tant par les phénomènes de diffusion dont les minces parois qui les séparent sont nécessairement le siège, que par les communications directes qui peuvent s'établir entre eux. C'est ainsi que, chez certaines classes, la cavité générale communique anatomiquement avec l'appareil ambulacraire ou le système hémolymphatique.

Or, l'ensemble de ces plasmas formant le *milieu vital*, on voit :

1° Chez les Astérides, le système ambulacraire communiquer directement avec l'extérieur par un tube, rendu béant grâce à une calcification de ses parois, et nommé tube hydrophore;

2° Chez les Crinoïdes, ces tubes hydrophores, s'élevant parfois à plusieurs centaines, déboucher directement dans la cavité générale et y envoyer continuellement un courant d'eau de mer, par les battements des cils vibratiles dont les cellules de ces tubes sont munies. Le liquide de la cavité générale est donc une eau de mer incessamment renouvelée. En outre, le système ambulacraire communique largement avec la cavité générale, et des chambres vibratiles, réparties dans différents lieux de l'organisme, assurent la circulation du plasma marin.

Chez les Astérides, et surtout chez les Crinoïdes, le *milieu vital* de l'organisme est ainsi le milieu marin lui-même.

En résumé, les Spongiaires, les Hydrozoaires, les Scyphozoaires et quelques Échinodermes, ouverts anatomiquement au milieu marin extérieur, ont pour *milieu vital* de leurs cellules l'eau de mer elle-même[1].

---

1. Cette eau plus ou moins chargée, suivant les cas, de principes nutritifs. Mais nous ne considérons, dans cet ouvrage, que la partie purement minérale de l'eau de mer et des plasmas. Elle est la seule fondamentale; la partie organique est d'un autre ordre.

CHAPITRE III

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ TOUS LES INVERTÉBRÉS MARINS

Résumé du Chapitre. — Tous les Invertébrés marins, fermés anatomiquement au milieu extérieur, lui sont ouverts osmotiquement. Leur paroi extérieure est perméable : A.) à l'eau ; B.) aux sels.

L'expérience établit, en effet, les trois points suivants :

1° Les sels du *milieu vital* d'un Invertébré marin normal égalent toujours de très près ceux du milieu marin extérieur.

2° Si on place un Invertébré marin dans un nouveau milieu, dessalé ou sursalé, son *milieu vital* s'équilibre rapidement à la nouvelle salure du milieu extérieur.

3° Non seulement cet équilibre se réalise par passage d'eau à travers la paroi de l'animal, mais encore par passage de sels.

Le *milieu vital* des Invertébrés marins communique donc par osmose avec le milieu extérieur. Au point de vue minéral, il est encore le milieu marin lui-même.

C'est ce dont témoigne l'analyse chimique directe, qui donne pour le *milieu vital* des Invertébrés marins une composition minérale tout à fait voisine de celle de l'eau de mer.

La série entière des Métazoaires formant :

15 groupes, **23** embranchements, **61** classes, **208** ordres,

et les Invertébrés marins composant à eux seuls dans cette série :

12 groupes, **18** embranchements, **46** classes, **113** ordres,

de ce Chapitre, et du précédent, il résulte déjà que :

La majorité des organismes animaux a pour *milieu vital* des cellules, au point de vue minéral, le milieu marin lui-même.

Les expériences qui suivent vont établir que les Invertébrés marins, fermés anatomiquement au milieu extérieur, lui sont ouverts osmotiquement. Leur paroi extérieure est perméable : A.) à l'eau ; B.) aux sels. Il en résulte qu'au point de vue minéral, le *milieu vital* de leurs cellules est encore le milieu marin lui-même.

Travail du Laboratoire maritime du Muséum, à Saint-Vaast-la-

Hougue (1898), *de la Station zoologique d'Arcachon* (1898, 1900) *et du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes-Études, du Collège de France* (1900)[1].

Les expériences qui suivent ont été effectuées sur 10 espèces marines appartenant à 5 groupes ou sous-groupes d'Invertébrés. Sur ces dix espèces, six au moins (*Octopus*, *Sepia*, *Arenicola*, *Carcinus*, *Maia*, *Homarus*) comptent parmi les représentants les plus élevés de la faune invertébrée marine; trois appartiennent au groupe des ARTHROPODES, si protégé contre l'extérieur par sa cuirasse de chitine, qui revêt l'organisme entier. Les résultats obtenus, qui se traduisent par une soumission entière de l'organisme au milieu extérieur, peuvent donc être étendus *a fortiori* à tous les Invertébrés marins.

Méthode. — Ces expériences portent sur la composition minérale comparée : 1° de l'eau de mer; 2° *du milieu vital des cellules* des Invertébrés marins (plasma cœlomique, plasma hémolymphatique, etc.). Comme dans l'eau de mer et dans ces plasmas, les chlorures à eux seuls, à l'état de chlorure de sodium presque exclusivement, comptent pour les 84 ou 90 centièmes de tous les sels dissous[2], leur détermination suffit à donner une indication très approchée des sels totaux. Les analyses ci-après ont donc porté sur les chlorures. (Détermination par le nitrate d'argent et le chromate neutre de potasse.)

Elles ont porté indifféremment sur le liquide de la cavité générale, sur celui du système hémolymphatique, et encore indifféremment sur ces liquides totaux ou leur plasma, l'expérience ayant montré qu'entre ces liquides et leur plasma l'écart en sels est négligeable. Le liquide cœlomique et l'hémolymphe sont suffisamment peu riches en éléments figurés, pour que la présence de ceux-ci, en effet, influe d'une façon sensible sur

---

1. QUINTON, 1900, *C. R.*, ***131***, 905-908, 952-955.

2. Pour la composition minérale de l'eau de mer, voir II, *VI*, p. 220-255. Pour celle des plasmas des Invertébrés marins, voir ici même, p. 127, analyses GENTH pour le *milieu vital* du Limule, GRIFFITHS pour celui de *Pinna*, MOURSON et SCHLAGDENHAUFFEN pour celui de l'Oursin. — Pour le *milieu vital* de l'Astérie, de l'Holothurie (ÉCHINODERMES), du Siponcle (SIPUNCULIENS), de l'Aplysie, du Poulpe (Mollusques), du Maia, du Homard (ARTHROPODES), c'est-à-dire de quelques Invertébrés marins appartenant à plusieurs autres groupes, BOTTAZZI (1897) trouve en Méditerranée, à Naples, un point de congélation de $-2^{\circ},29$. Ce point de congélation serait celui d'une solution de chlorure de sodium à $38^{gr},17$ pour 1000 ($38,17 \times 0^{\circ},06 = 2^{\circ},29$). Or, comme le *milieu vital* des Invertébrés (isotonique au milieu extérieur, ainsi qu'il résultera de ce Chapitre) accuserait en Méditerranée une teneur en chlorures de 35 à 36 grammes pour 1000, dont 31 grammes de chlorure de sodium, on voit que les chlorures constituent à eux seuls les 9/10 environ des molécules dissoutes, décelées dans le *milieu vital* par la cryoscopie.

l'analyse [1]. Chez l'Arénicole et le Siponcle seuls, le liquide cœlomique, louche et très chargé, était invariablement centrifugé.

On trouvera dans un Appendice, à la fin du Chapitre, la technique employée pour ces expériences, ainsi que leur détail. On présente simplement ici leur bloc, dans ce qu'il a d'essentiel et de démonstratif.

Quatre groupes d'expériences.

PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES

L'Invertébré marin normal a pour milieu vital de ses cellules un liquide dont la teneur en sels égale de très près celle de l'eau de mer.

Le tableau suivant résume 50 déterminations effectuées à l'état normal sur 10 espèces marines appartenant à 5 groupes et sous-groupes d'Invertébrés, et 27 déterminations parallèles effectuées sur l'eau de mer où vivaient les animaux expérimentés.

Nombre des déterminations effectuées		GROUPES ET ESPÈCES	Σ, ou teneur moyenne en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl)	
sur le *milieu vital* des cellules.	sur l'eau de mer.		du *milieu vital* des cellules.	de l'eau de mer.
			gr.	gr.
6	2	ÉCHINODERMES. — *Asterias rubens* . . .	33,59	33,15
6	6	MOLLUSQUES. — *Ostrea edulis*.	32,94	33,1
2	1	» — *Aplysia punctata* . .	32,53	32,17
1	1	» — *Octopus vulgaris*. . .	31,88	33,7
7	3	» — *Sepia officinalis* . . .	32,22	32,57
1	0	ANNÉLIDES. — *Arenicola piscatorum*.	32,46	?
11	3	SIPUNCULIENS. — *Sipunculus robustus*..	34,9	32
13	10	CRUSTACÉS. — *Carcinus mœnas* . . .	31,47	33,44
2	1	» — *Maja squinado*. . . .	32,76	32,76
1	0	» — *Homarus vulgaris* . .	29,5	?
50	27	Moyenne générale. . .	32,45	33,15

1. BOTTAZZI (1897) avait également obtenu des points de congélation voisins pour l'hémolymphe totale et son plasma.

Holothuria tubulosa.	— Liquide de la cavité du corps	— 2°,315
—	— Même liquide, filtré	— 2°,312
Sipunculus nudus.	— Hémolymphe totale	— 2°,31
—	— Sérum	— 2°,27
Aplysia depilans.	— Hémolymphe totale	— 2°,32
—	— Hémolymphe filtrée	— 2°,22

Ce tableau montre (à quelque fraction près) l'égalité saline qui existe à l'état normal, entre le *milieu vital* de l'animal et le milieu extérieur.

Les trois groupes d'expériences qui suivent vont démontrer que cette égalité saline est due à un équilibre osmotique établi entre les deux milieux à travers la paroi extérieure de l'animal, — paroi perméable à l'eau et aux sels.

DEUXIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

L'égalité saline entre le milieu vital de l'Invertébré marin et le milieu extérieur résulte d'un phénomène osmotique.

Les expériences de ce groupe consistent à changer l'animal de milieu, à le placer dans une nouvelle eau de mer diluée ou concentrée (par addition d'eau distillée ou, au contraire, de NaCl, KCl, $MgCl^2$). Après une durée d'expérience indiquée dans la colonne des temps, l'animal est retiré, *saigné* et analysé en chlorures, ainsi que l'eau dans laquelle il était plongé. Le soin le plus extrême est pris, en recueillant le liquide cœlomique ou hémolymphatique, pour l'obtenir pur, exempt d'eau extérieure pouvant provenir du tégument. Le tableau qui suit résume cette série d'expériences.

Durée de l'expérience.	ESPÈCES	Σ, ou teneur en NaCl pour 1000, à la fin de l'expérience,	
		du *milieu vital* des cellules.	du milieu extérieur.
		gr.	gr.
5h	*Asterias rubens*.	21,7	18
5h	*Ostrea edulis*.	23,1	25,7
4h 30m	*Aplysia punctata*.	23,69	25,4
5h 30m	» »	37,04	36,77
1h 45m	*Octopus vulgaris*..	24,74	25,15
0h 30m	*Sepia officinalis*.	24	22,1
1h 15m	*Arenicola piscatorum*.	25,34	22
4h	*Sipunculus robustus*	40,07	39,78
1h 15m	» »	25,74	22
23h	*Carcinus mœnas*	15,21	11,7
7h	» »	43,75	52,65
5h	*Maia squinado*	27,49	25,57
2h 50m	*Homarus vulgaris*.	22	23

Dix-neuf autres expériences confirment simplement ces premières.

Ce tableau, comparé au précédent, montre toutes les teneurs salines profondément modifiées, tendant à l'équilibre avec le nouveau milieu extérieur. On remarquera, dans la colonne des temps, avec quelle rapidité le phénomène osmotique peut se produire.

Reste à établir la nature *réellement* osmotique du phénomène, à démontrer qu'il n'est pas dû à un mélange des deux milieux par communication anatomique directe. On sait que l'anatomie nie déjà cette communication (sauf pour *Asterias*).

TROISIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

Ce phénomène est bien de nature osmotique, et non pas dû à un mélange des deux milieux par communication anatomique directe.

S'il y a communication anatomique directe, le mélange doit s'effectuer sans qu'il se produise une augmentation ou une diminution de poids de l'animal, au moins durables, et surtout se sériant distinctement selon que le milieu extérieur est ou dilué ou concentré.

S'il y a, au contraire, osmose, il doit se produire toujours : 1° dans une eau de mer diluée, augmentation de poids de l'animal, par absorption d'eau, 2° dans une eau de mer concentrée, diminution par perte, — augmentation et diminution durables.

Expériences. — 1° *Dans l'eau de mer diluée.* — Début de l'expérience à 0 minute.

Aplysie I		Aplysie II		Siponcle.	
Temps des observations.	Poids successifs.	Temps des observations.	Poids successifs.	Temps des observations.	Poids successifs.
	gr.		gr.		gr.
0m	288	0m	505	0m	42
35m	521	1h 14m	534	25m	45,5
1h	539	2h 14m	541	1h 15m	48
3h	559	3h 17m	544,5	5h 30m	48
4h	559,5	4h 15m	546	18h	47
		11h	546	21h	47

Les trois derniers chiffres du Siponcle (48, 47, 47) approximatifs à 1 gramme près, une excrétion de sable s'étant produite.

2° *Dans l'eau de mer concentrée* :

Aplysie.		Arénicole.		Siponcle.	
Temps des observations.	Poids successifs.	Temps des observations.	Poids successifs.	Temps des observations.	Poids successifs.
	gr.		gr.		gr.
0m	310	0m	12,5	0m	30
4h	284	2h 30m	11	30m	29
5h	284			1h 30m	27,5
				2h 30m	27
				4h	26,5

Il y a donc : augmentation de poids de l'animal dans le milieu hypotonique, diminution dans le milieu hypertonique, constance quand l'équilibre est établi, — caractères propres du phénomène osmotique. La physiologie aboutit donc, comme l'anatomie, à la négation d'une communication directe. L'osmose seule est en jeu.

QUATRIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

La paroi de l'Invertébré marin est perméable non seulement à l'eau, mais encore aux sels.

La perméabilité à l'eau de la paroi extérieure de l'Invertébré marin résulte des deux groupes d'expériences qui précèdent. Le dernier groupe d'expériences va établir que cette paroi est encore perméable aux sels.

Trois séries d'expériences concordantes.

Première série. — On verse dans un cristallisoir un volume connu d'eau de mer diluée ou concentrée, dont le titre en chlorures est connu. En multipliant le volume par le titre, on a la quantité de chlorures totale contenue dans le cristallisoir. Le poids du cristallisoir, avec son eau, est soigneusement déterminé. L'expérience consistera : 1° à placer dans cette eau un animal (*Aplysia punctata*) préalablement rincé dans une eau de même composition, puis égoutté ; 2° à déterminer dans la suite, par des pesées (l'animal étant soulevé pour un moment au-dessus de son milieu), la quantité d'eau gagnée ou perdue par le cristallisoir ; 3° à déterminer au même instant le nouveau titre en chlorures de cette eau. En multipliant le nouveau volume par le nouveau titre, on aura encore la quantité totale de chlorures

contenue, à cet instant, dans le cristallisoir et, par comparaison avec les chlorures initiaux, la preuve du passage ou de la rétention des sels. Le tableau qui suit résume cette série d'expériences. Le passage des sels est abondamment démontré.

Numéro de l'expérience.	Poids de l'Aplysie.	Temps, l'expérience débutant à 0'.	Volume de l'eau du cristallisoir	Titre en chlorures pour 1000 de cette eau.	Chlorures totaux (Volume × Titre).	Gain ou perte (+ ou —) subis par le cristallisoir.	
						Eau.	Chlorures.
	gr.		cc.	gr.	gr.	cc.	gr.
I	393	0h 0m	250	24,1	6,025	»	»
		13h	190	27,34	5,19	—60	—0,835
II	304	0h 0m	250	41	12,500	»	»
		5h 30m	266	36,77	9.780	+16	—2.720
III	675	0h 0m	1000	21,2	21,2	»	»
		10h	930	25,74	23,938	—70	+2,738
IV	288	0h 0m	280	20,94	5,865	»	»
		1h	228	23,63	5,387	—52	—0,476
		3h	209	25,74	5,379	—71	—0,484
		4h	208,5	25,92	5,404	—71,5	—0,459
V	305	0h 0m	250	20,23	5,057	»	»
		0h 18m	236	21,97	5,184	—14	+0,127
		0h 40m	226	23.3	5,265	—24	+0,208
		1h 14m	219	24,38	5,339	—31	+0,282
		2h 14m	212	25,56	5,418	—38	+0,361
		3h 17m	208,5	25,77	5,373	—41,5	+0,316
		4h 15m	207	26,12	5,406	—45	+0,349
		11h	207	26,64	5,514	—45	+0,457

Deuxième série. — Cette série d'expériences tend, en évitant le passage de l'eau, à observer uniquement le passage des sels. Dans ce but, deux parties d'eau de mer sont d'abord additionnées d'une partie d'eau douce, puis d'une quantité suffisante de sulfate de magnésium pour élever de nouveau le mélange à l'isotonie de l'eau de mer primitive. On possède ainsi un liquide à peu près isotonique à l'Invertébré marin qui y sera mis en expérience, par conséquent sans pouvoir hydrophile sur lui, mais dans lequel le titre en chlorures aura été abaissé de 32 gr. à 21 gr. pour 1000. L'expérimentation devra établir si, dans ce milieu où l'échange d'eau se trouvera à peu près réduit à néant, les chlorures tendront à s'équilibrer, c'est-à-dire à passer du milieu intérieur de l'animal, normalement chloruré, au milieu extérieur déchloruré.

Expérience I. — Onze *Carcinus mœnas* de même origine. Trois témoins immédiats, dont l'hémolymphe donne en chlorures : 30gr,9, 31gr, 31gr,3 pour 1000. Six autres placés dans : eau de mer, 666; eau douce, 355; sulfate de magnésium (pesé humide), 100gr. Chlorures de ce mélange : 21gr,17; point de congélation : — 2°,04 (l'eau de mer congelant aux environs de — 2°,09). Les deux derniers *Carcinus* sont maintenus comme témoins dans les conditions des six précédents, mais dans l'eau de mer primitive. Après dix-huit heures d'expérience, les deux *Carcinus* témoins ont perdu 1/40 de leur poids; les six autres, 1/25. Si cette différence dans la perte de poids répond à une perte d'eau, et si les sels ont été retenus, la perte d'eau n'a pu que concentrer le milieu intérieur du groupe des six *Carcinus*. Or l'analyse donne : chlorures des deux *Carcinus* témoins, 30gr,6, 30gr,8 pour 1000, c'est-à-dire maintien à peu près intégral des chlorures primitifs; chlorures des six *Carcinus* placés dans le mélange déchloruré : 25gr,7, 26gr,8, 27gr,1, 27gr,2, 27gr,5, 27gr,8.

Expérience II. — Sept autres *Carcinus mœnas* de même origine. Un témoin immédiat, dont l'hémolymphe donne en chlorures : 31gr,8. Les six autres, après 24 heures de séjour dans un milieu d'expérience identique à celui de l'expérience qui précède : perte de poids moyenne, 1/100; chlorures : 24gr,07, 26gr,21, 26gr,3, 28gr, 28gr,6, 28gr,8.

Expérience III. — Cinq *Sipunculus robustus* de même origine. Trois témoins immédiats, dont les liquides cœlomiques mélangés donnent en chlorures : 35gr,1 pour 1000. Les deux autres placés dans : eau de mer, 300, eau douce, 150, sulfate de magnésium (pesé humide), 35gr. Chlorures de ce mélange : 20gr,47, point de congélation : — 1°,85. Après 1h 30 et 4 heures de séjour dans ce mélange, perte de poids moyenne des deux Siponcles : 1/80; chlorures de leurs liquides cœlomiques : 28gr,37, 29gr,25.

Les chlorures passent donc nettement du milieu intérieur de l'animal, normalement chloruré, au milieu extérieur déchloruré.

Troisième série. — L'expérience consiste, dans cette série, à ajouter au milieu extérieur un sel très faiblement représenté dans le milieu intérieur, et à y observer son passage, s'il a lieu. Le sel choisi ici est le phosphate de sodium. L'observation porte sur l'acide phosphorique. (Détermination par l'acétate d'urane, l'acétate acétique de soude et le ferrocyanure.)

Expériences. — *Aplysias* normales, liquide cœlomique, teneur en acide phosphorique : 0gr,025, 0gr,027 pour 1000.

L'addition de phosphate de sodium à l'eau de mer détermine un précipité blanc abondant dont on se débarrasse par filtrage. Le liquide filtré est phosphatique.

Expériences I, II, III. — Trois eaux de mer, différemment diluées et phosphatées : chlorures respectifs : 28gr,9, 25gr,84, 20gr,3 pour 1000; acide phosphorique : 1gr,25, 1gr,5, 4gr,56 pour 1000. Trois *Aplysias*, après huit, six, deux heures de séjour dans ces différents milieux, liquide cœlomique : chlorures respectifs, 28gr,38, 28gr,39, 26gr,43; acide phosphorique : 0gr,54, 0gr,53, 0gr,878 pour 1000. Les phosphates passent donc.

Les expériences de ces trois séries concordent toutes. La paroi

extérieure de l'Invertébré marin est perméable non seulement à l'eau, mais encore aux sels.

Conséquence de ces résultats. — L'Invertébré marin, fermé anatomiquement au milieu extérieur, lui est ouvert osmotiquement. — De ces quatre groupes d'expériences, un fait important ressort. Au point de vue minéral, l'osmose établit une communication énergique entre le *milieu vital* des Invertébrés marins et le milieu extérieur. L'Invertébré marin, fermé anatomiquement au milieu extérieur, lui est ouvert osmotiquement.

Confirmation chimique. — L'analyse chimique directe confirme cette conclusion. Genth (*in* Gorup Besanez, *Chimie physiol.*, 1880, chiffres corrigés sur l'édition allemande), pour le milieu vital du Limule (Arthropodes, Mérostomacés), Griffiths (1892) pour celui d'un Mollusque Lamellibranche marin (*Pinna squamosa*), Mourson et Schlagdenhauffen (1882) pour celui de l'Oursin (Échinodermes), donnent des compositions minérales tout à fait voisines de celle de l'eau de mer.

I. — Analyses Genth, pour l'hémolymphe (totale ?) de *Limulus cyclops*. — Pour la comparaison avec la composition minérale de l'eau de mer, voir plus loin, II, *VI*, p. 220.

Pour 100 parties de cendres.	Mâle.	Femelle.
Chlorure de sodium	83,507	79,207
Chlorure de potassium	2,395	4,607
Chlorure de magnésium	1,840	5,848
Magnésium	5,128	1,959
Sulfate de potassium	1,686	5,264
Sulfate de calcium	3,470	2,159
Carbonate de calcium	1,448	2,950
Pyrophosphate de magnésium	0,444	1,709
Oxyde de fer	0,081	traces.
Oxyde de cuivre	0,085	0,297

II. — Analyse Griffiths, pour l'hémolymphe totale de *Pinna squamosa* (Mollusque Lamellibranche Anisomyaire) :

Pour 100 parties de cendres.	
Soude	44,02
Chlore	57,88
Potasse	4,86
Acide phosphorique	4,79
Chaux	3,70
Acide sulfurique	2,75
Magnésie	1,85
Oxyde de manganèse	0,19
	100,00

III. — Analyse Mourson et Schlagdenhauffen, pour le liquide cœlomique total de *Strongylocentrotus lividus* et *Toxopneustes lividus* (Oursins de la Méditerranée) :

	Eau.		959,05
	Matières organiques.		3,55
Sels :			
	Chlorure de sodium.	29,2941	37,4
	Chlorure de magnésium. . .	4,7658	
	Sulfate de chaux.	1,9685	
	Sulfate de magnésie. . . .	1,2501	
	Carbonate de chaux.	0,0692	
	Chlorure de potassium . . .	0,0523	
			1000,00

Mourson et Schlagdenhauffen concluent eux-mêmes, après comparaison de leur analyse avec celle de l'eau de la Méditerranée (analyse Vogel et Laurent) que le liquide cœlomique des Oursins est simplement de l'eau de mer, moins oxygénée, plus chargée d'acide carbonique et d'azote, et additionnée de quelques matières albuminoïdes et de déchet (urée et une ptomaïne).

Au point de vue minéral, le *milieu vital* de l'Invertébré marin élevé reste donc physiologiquement, par osmose, ce qu'est anatomiquement celui de l'Invertébré marin inférieur (Spongiaire, Hydrozoaire, Scyphozoaire, Crinoïde) : le milieu marin lui-même.

Conséquence de ces deux derniers Chapitres. — Au point de vue minéral, la majorité des organismes animaux a pour milieu vital de ses cellules le milieu marin lui-même. — Tous les Invertébrés marins ont ainsi pour *milieu vital* de leurs cellules l'eau de mer elle-même. Calculons déjà la part numérique que ces Invertébrés à *milieu vital* marin immédiat représentent dans la série des Métazoaires. Complétons à cet effet le tableau récapitulatif du Chapitre II (I, *II*), page 66, qui comprenait seulement les formes aquatiques, habitant les mers, les eaux douces et les terres humides.

Nous avons ainsi à lui ajouter, pour posséder un tableau complet de tous les Métazoaires existant :

1° Deux groupes :

I. — ***Acanthocéphales*** (1 embranchement, 1 classe, 1 ordre). — L'œuf effectue son développement dans la cavité générale d'Invertébrés. — L'adulte vit sur la muqueuse intestinale de Vertébrés (Poissons d'eau douce, Grenouille, Porc, Canard).

II. — ***Péripatides*** (1 embranchement, 1 classe, 1 ordre). — Terrestre et aérien dans les lieux humides.

2° Dans l'intérieur des groupes déjà représentés :

A.) Parmi les ***Plathelminthes***. — 2 classes nouvelles et 6 ordres :

Classes.	Ordres.	Habitat.
TRÉMATODES.	I. Monogenea.	Ectoparasites sur des Poissons et des Crustacés, la plupart marins, quelques-uns d'eau douce.
	II. Digenea.	Endoparasites dans le tube digestif des Vertébrés spécialement.
CESTODES.	I. Cestodaria. . .	Endoparasites, à l'âge adulte, dans le tube digestif des Vertébrés. Embryonnaires dans la cavité générale ou les tissus d'Invertébrés ou Vertébrés.
	II. Dicestoda. . . .	
	III. Trypanorhynca.	
	IV. Tretracestoda. .	

B.) Parmi les ***Némathelminthes***. — 1 classe nouvelle : Gordiidés, comprenant 1 ordre; — 1 ordre nouveau de Nématodes.

Classes.	Ordres.	Habitat.
NÉMATODES.	Parasita.	Parasites dans les artères du Cheval, les sinus veineux du Marsouin, l'intestin de tous les Vertébrés, le foie, le rein des Mammifères, la cavité générale des Insectes.
GORDIIDÉS.	Un ordre.	Deux seuls genres, seulement parasites à l'état de larves chez les Insectes et les Vertébrés. — Libres, à l'âge adulte, l'un dans la mer, l'autre dans les eaux douces.

C.) Parmi les ***Trochozoaires***. — 2 ordres nouveaux : Pulmonés, de la classe des Mollusques Gastéropodes; — Hirudinées, de la classe des Annélides Chétopodes.

Classes.	Ordres.	Habitat.
GASTÉROPODES.	Pulmonés.	Eaux douces et sol principalement; mers également.
CHÉTOPODES.	Hirudinées.	Mers et eaux douces.

D.) Parmi les ***Arthropodes***. — 3 classes nouvelles, comprenant ensemble 24 ordres (classification EDMOND PERRIER).

Classes.	Ordres.	Habitat.
ARACHNIDES.	9 ordres.	Terrestre et aérien; les quelques formes habitant les eaux douces et les mers dérivent immédiatement de formes terrestres et aériennes (voir pages 5 et 34.)
MYRIAPODES.	4 ordres.	
INSECTES.	11 ordres.	

E.) Parmi les *Cordés*. — 4 classes nouvelles, comprenant ensemble 59 ordres (classification RÉMY PERRIER, 1893).

Classes.	Ordres.	Habitat.
BATRACIENS.	3 ordres.	Aquatique, terrestre et aérien, — essentiellement *non* marin, les quelques formes marines dérivant de formes terrestres et aériennes (voir pages 5 et 47).
MAMMIFÈRES.	16 ordres.	
REPTILES.	4 ordres.	
OISEAUX.	16 ordres.	

De tous ces groupes, classes et ordres nouveaux, deux seules classes (Trématodes, Gordiidés) comptent, à côté d'espèces d'eau douce, des espèces à répartir dans les formes marines. Les ACANTHOCÉPHALES, les PÉRIPATIDES, les Trématodes Digènes, les Cestodes, les Nématodes parasites ne comprennent aucune espèce marine. Les Gastéropodes Pulmonés, les Hirudinées, les Arachnides possèdent bien quelques formes marines, mais, leur habitat marin n'étant que secondaire, leur habitat antérieur ayant été terrestre (voir I, *I*, p. 24, 26, 34), ces formes marines peuvent avoir acquis, au cours de leur existence primitive, le singulier pouvoir, que nous allons observer dès le Chapitre suivant, de résister au phénomène d'osmose et de diffusion qui nous occupe. Jusqu'à preuve expérimentale du contraire, nous comprendrons donc les Gastéropodes Pulmonés, les Hirudinées et les Arachnides parmi les formes exclusivement non marines.

Même observation pour les quelques Vertébrés supérieurs marins.

Nous obtenons ainsi le tableau de répartition ci-contre, page 151.

La part des Invertébrés marins, dans ce tableau, est facile à calculer. Il suffit de retrancher des totaux des Métazoaires représentés dans les mers les chiffres valant pour les Vertébrés marins, c'est-à-dire pour les Poissons marins[1]. Ces chiffres sont (se reporter I, *II*, page 65, au tableau des CORDÉS aquatiques) : 1 embranchement, 1 classe, 10 ordres. Les Invertébrés marins

1. A l'intérieur du groupe des CORDÉS, une question se poserait. Par rapport au phénomène d'osmose et de diffusion, où classer les Leptocardes et les Tuniciers? Parmi les Invertébrés ou les Vertébrés? Les Leptocardes et les Tuniciers sont-ils perméables à l'eau et aux sels extérieurs, comme les Invertébrés marins étudiés, ou résistants comme les Vertébrés : Poissons et Mammifères aquatiques (voir plus loin, Livre II)? Leur habitat exclusivement marin rend fort probable leur assimilation physiologique aux Invertébrés. Nous croyons devoir les y réunir ici, sans trancher toutefois la question.

MÉTAZOAIRES.	Numération des groupes, embranchements, classes et ordres existants.				Groupes, embranchements, classes et ordres représentés dans les mers.				Groupes, embranchements, classes et ordres représentés hors des mers.			
	Groupes.	Embranchements.	Classes.	Ordres.	Groupes.	Embranchements.	Classes.	Ordres.	Groupes.	Embranchements.	Classes.	Ordres.
Spongiaires.	1	2	6	8	1	2	6	8	1	1	1	1
Hydrozoaires.	1	1	2	11	1	1	2	11	1	1	1	1
Scyphozoaires.	1	1	3	16	1	1	3	16				
Échinodermes.	1	2	5	15	1	2	5	15				
Plathelminthes.	1	1	4	15	1	1	3	10	1	1	4	9
Myzostomides.	1	1	1	1	1	1	1	1				
Acanthocéphales.	1	1	1	1	1	1	1	1				
Némathelminthes.	1	1	6	7	1	1	5	5	1	1	3	4
Trochozoaires.	1	5	14	36	1	5	14	35	1	4	5	15
Chétognathes.	1	1	1	1	1	1	1	1				
Arthropodes.	1	1	7	37	1	1	4	15	1	1	5	30
Péripatides.	1	1	1	1					1	1	1	1
Diplocordés.	1	1	1	1	1	1	1	1				
Hémicordés.	1	1	1	1	1	1	1	1				
Cordés.	1	3	8	59	1	3	4	18	1	1	5	47
	15	23	61	208	13	21	50	131	9	12	26	109

s'accusent de la sorte comme constituant : 15 groupes, 20 embranchements, 49 classes, 121 ordres. — Tous les Invertébrés non marins et l'embranchement entier des Vertébrés, d'autre part, donnent ensemble : 9 groupes, 12 embranchements, 26 classes, 113 ordres (chiffres obtenus en ajoutant simplement au total des Métazoaires représentés hors des mers les 4 ordres de Poissons exclusivement marins).

Ainsi, la série entière des Métazoaires comprenant :

15 groupes, 23 embranchements, 61 classes, 208 ordres ;

les Invertébrés marins, c'est-à-dire les organismes possédant pour *milieu vital* de leurs cellules le milieu marin lui-même, constituent à eux seuls :

15 groupes, 20 embranchements, 49 classes, 121 ordres ;

tous les autres Métazoaires (Invertébrés non marins et Vertébrés tout entiers) constituent seulement :

9 groupes, 12 embranchements, 26 classes, 113 ordres.

On voit que les Invertébrés marins couvrent à eux seuls, et de beaucoup, la majeure partie de la systématique.

Il en résulte déjà ce fait important :

Le milieu vital des cellules du plus grand nombre** des **organismes animaux est, au point de vue minéral, le** milieu **marin lui-même.

APPENDICE

On a réservé pour cet Appendice ce qui n'était pas immédiatement essentiel à la démonstration qui précède.

Note I. — **Historique.**

Frédéricq (1882) observe que « le sang des Crabes, des Homards, des Poulpes, a exactement le même goût que l'eau de mer... ce qui fait supposer que le liquide nourricier a, chez ces animaux, la même composition saline que l'eau dans laquelle ils vivent ». A l'appui de cette manière de voir, il donne le taux en cendres solubles et insolubles de l'hémolymphe de deux Poulpes et d'un Homard (30gr,16 ; 29gr,73 ; — 50gr,40 pour 1000), taux voisin de celui de l'eau de mer. Il ajoute : « Les Crabes qui vivent dans l'eau de mer saumâtre du Braekman (bras de mer en communication avec l'Escaut) présentent un sang moins salé au goût que ceux d'Ostende. »

En 1884, il montre pour quelques Crustacés provenant de la Méditerranée, de l'Océan et des eaux saumâtres de l'Escaut, le parallèle existant entre la teneur en sels de leur hémolymphe et celle du milieu où ils vivaient. (Les chiffres de ces expériences sont relatés dans le tableau suivant.)

En 1891, il constate qu'on peut faire varier « du simple au double la proportion de sels du sang des *Carcinus mœnas*, en transportant ces animaux dans de l'eau plus ou moins salée ».

Frédéricq résume lui-même toutes les expériences de ses travaux (1882, 1884, 1891) dans le tableau suivant[1] :

1. Les chiffres de Frédéricq, exprimant les sels, sont tous trop faibles, surtout ceux exprimant les sels de l'hémolymphe. Dans la calcination nécessitée par la matière organique, une partie des chlorures devait être volatilisée.

CRUSTACÉS.	Densité ou cendres de l'hémolymphe.		Densité ou sels de l'eau où vivait l'animal.	
	Densité.	Cendres totales pour 1000	Densité.	Sels pour 1000 (calculés ou recherchés.)
		gr.		
Carcinus mœnas.	14.8	»	?	Eau saumâtre (Escaut).
—	»	16.5	1007	9 gr. » (environ).
—	»	15,6	1010	13 gr. » (environ .
—	»	19.9	1015	19 gr. » (environ).
—	»	30.01	1025	34 gr. » (Roscoff).
—	»	30.07	»	» (Roscoff).
Homarus vulgaris.	»	30,4	1026	34 gr. 1 (Ostende).
Platycarcinus pagurus. . . .	1057	31.01	»	34 gr. » »
—	1056	31.04	»	»
Palinurus vulgaris	»	29 »	»	»
Maja squinado.	»	30,45	»	»
—	»	33.7	?	39 gr. » (Méditerr.)

Frédéricq a donc parfaitement constaté, sur *Carcinus mœnas*, l'équilibre osmotique qui s'établit entre le *milieu vital* de l'animal et le milieu extérieur. — Remarquons toutefois que cet équilibre pouvait simplement se réaliser par passage d'eau à travers la paroi de l'animal (paroi hémi-perméable), ce qui est le propre du phénomène osmotique. Nous avons vu, en effet, dans la note de la page 102, l'imperméabilité de la cellule vivante pour les sels. La cellule végétale, par exemple, s'équilibre osmotiquement, par perte d'eau, à un milieu extérieur concentré, sans se laisser pénétrer cependant par les sels de ce milieu extérieur (Hugo de Vries, 1871). Même phénomène pour le globule rouge, qui perd ou absorbe de l'eau, suivant que le milieu extérieur où on le place lui est hyper ou hypo-tonique, mais qui demeure encore imperméable aux sels de ce milieu (Hedin, 1897). Frédéricq n'a donc pas démontré le passage des sels à travers la paroi de l'animal.

Bottazzi (1897) observe que les points de congélation de l'eau de mer, d'une part, du *milieu vital* des Invertébrés marins, d'autre part, sont extrêmement voisins. Mais 1° il ne saisit pas sur le fait, comme Frédéricq pour *Carcinus mœnas*, le phénomène osmotique dont l'Invertébré marin est le siège; 2° sa méthode cryoscopique est défectueuse quant au sujet présent; elle enregistre indistinctement toutes les molécules, minérales et orga-

niques à la fois; elle l'amène ainsi à *confondre* le Sélacien et l'Invertébré marin, chez lesquels le sang congèle, il est vrai, au même degré que l'eau de mer, mais qui, comme on le verra par la suite (Liv. II) et comme FRÉDÉRICQ l'avait déjà pressenti (1884), se comportent d'une façon entièrement opposée, vis-à-vis des sels, au point de vue de l'osmose, dans le milieu où ils vivent (voir également : QUINTON, 1899; RODIER, 1900).

NOTE II

Technique et détails des expériences personnelles, rapportées plus haut, dans le corps du Chapitre.

Prise du liquide cœlomique ou hémolymphatique. — Chez *Asterias rubens*, l'animal ayant été préalablement séché au buvard, le liquide cœlomique était recueilli après ouverture de la paroi d'un bras, sur la face orale.

Chez *Ostrea edulis*, les coquilles étaient d'abord légèrement entr'ouvertes et l'animal égoutté. On ouvrait ensuite complètement les coquilles, comme pour la consommation; le muscle adducteur se trouvait ainsi rompu; on essuyait rapidement au buvard l'Huître et l'intérieur de la coquille, sans trop dessécher toutefois les branchies (qu'on peut simplement égoutter en soulevant une à une les lames); on pratiquait alors des sections au scalpel dans le muscle adducteur; l'hémolymphe blanchâtre coule lentement dans la coquille, où il suffit de la recueillir.

Chez *Aplysia punctata*, ponction par trocart dans l'ample cavité générale.

Chez *Octopus vulgaris*, mise à nu de l'artère céphalique (pour la technique, voir FRÉDÉRICQ, 1878, *Bull. Acad. roy. Belg.*, 2e s., **46**, 710), section de l'artère, recueil de l'hémolymphe par aspiration. (La Pieuvre normale, non affaiblie par le changement de milieu, peut demander à être chloroformée.)

Chez *Sepia officinalis*, où le jet du noir est à éviter, technique suivante : l'animal, nageant dans un cristallisoir, est saisi doucement sous le ventre, retiré, puis placé de dos sur la main. Une pince à forcipressure, tenue de l'autre main, est introduite sous le manteau, puis appliquée à l'ouverture du rectum qui est toute proche. L'animal reste toujours calme. Fixation sur la planche pour éviter la morsure, section du manteau, séchage au

buvard des parois de la cavité palléale, section des veines branchiales afférentes, prise directe de l'hémolymphe par aspiration ou recueil quand celle-ci s'est amassée dans la cavité.

Chez *Arenicola piscatorum*, séchage préalable de l'animal au buvard, ouverture aux ciseaux de la paroi du corps dans la région cœlomique; le liquide cœlomique s'écoule. (On évite la section d'un vaisseau qui déterminerait une coloration rouge du liquide, rendant difficile l'appréciation du virage dans la détermination des chlorures.)

Chez *Sipunculus robustus*, séchage préalable, ouverture aux ciseaux de la paroi du corps, de préférence dans la région postérieure, en évitant d'atteindre le tube intestinal. Le liquide cœlomique s'écoule.

Chez *Carcinus mœnas*, *Maia squinado*, *Homarus vulgaris*, séchage préalable de l'animal, dans la région surtout où va être effectuée la ponction. Ponction par trocart dans un ou plusieurs des sinus veineux des pattes thoraciques. Le liquide hémolymphatique qu'on peut retirer est très abondant.

Détails des expériences du premier groupe. — Pour *Ostrea edulis*, l'eau de mer extérieure est l'eau même retirée de la coquille par ouverture légère des valves; pour *Sipunculus robustus*, l'eau filtrant des sables où l'animal est capturé. — Le tableau ci-contre donne tous les chiffres des expériences.

Quantité de liquide sur laquelle l'analyse est effectuée		DÉSIGNATION DU GROUPE ET DE L'ESPÈCE	Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl).	
pour le liquide cœlomique ou hémo-lympha-tique.	pour l'eau de mer.		du liquide cœlomique ou hémo-lympha-tique.	de l'eau de mer.
cc.	cc.		gr.	gr.
0,5	0,5	ÉCHINODERMES. — *Asterias rubens*. . . .	34,5	33,3
0,5	»	— — . . .	35,6	»
0,5	»	— — . . .	32,76	»
0,5	0,5	— — . . .	34	33
0,5	»	— — . . .	32,5	»
0,5	»	— — . . .	31	»
0,5	0,5	MOLLUSQUES. — *Ostrea edulis*.	32,1	34,3
0,4	0,5	— — . . .	34,5	36,2
»	0,5	— — . . .	34,5	38
»	0,5	— — . . .	35,2	38
0,5	0,5	— — . . .	32,1	34,28
0,7	1	— — . . .	29,25	29,85
2	2	— *Aplysia punctata*. .	32,6	32,17
1	»	— — . . .	32,46	»
1	0,5	— *Octopus vulgaris*. . .	31,88	33,7
0,3	0,5	— *Sepia officinalis*. . .	32,5	34,6
0,8	0,5	— — . . .	32,9	33,9
0,4	»	— — . . .	32,17	»
0,4	»	— — . . .	32,17	»
»	»	— — . . .	33	»
»	»	— — . . .	32,5	»
1	0,3	— — . . .	30,3	32,2
1	»	ANNÉLIDES. — *Arenicola piscatorum*. .	32,46	»
1	1	SIPUNCULIENS. — *Sipunculus robustus*.	33,97	31
1	»	— — . . .	34,22	»
1	»	— — . . .	33,05	»
2	»	— — . . .	34,8	»
2	»	— — . . .	34,8	»
2	»	— — . . .	34,8	»
1	1	— — . . .	33,38	33
1	1	— — . . .	34,86	32
1	»	— — . . .	34,92	»
1	»	— — . . .	33,5	»
1	»	— — . . .	33,5	»
1	0,5	ARTHROPODES. — *Carcinus mœnas*. . .	33,68	32,76
0,5	0,5	— — . . .	33,34	32,76
0,5	»	— — . . .	28,08	»
0,5	»	— — . . .	32,76	»
0,5	»	— — . . .	32,1	»
1	1	— — . . .	30,88	33,75
1	1	— — . . .	31	33,75
1	1	— — . . .	31,3	33,75
1	1	— — . . .	30,59	33,75
1	1	— — . . .	30,83	33,75
1,25	1	— — . . .	31,82	33,93
0,8	0,5	— — . . .	31,67	32,76
0,8	0,5	— — . . .	29,68	33,69
0,5	0,5	— *Maia squinado*. . . .	32,70	32,76
1	»	— — . . .	32,76	»
0,5	»	— *Homarus vulgaris*. .	29,5	»

Détails des expériences du second groupe. — 1. — ASTERIAS RUBENS. — L'animal est simplement placé dans un cristallisoir renfermant de l'eau de mer additionnée d'eau de pluie. Afin de ne pas arracher des ambulacres par traction, on évite de toucher à l'Astérie au cours de l'expérience. — Cinq expériences.

Quantité de liquide sur laquelle l'analyse est effectuée		DURÉE des expériences.	Teneur en chlorures pour 1000 à la fin de l'expérience	
pour le liquide cœlomique.	pour le milieu ambiant.		du liquide cœlomique.	du milieu ambiant.
cc.	cc.		gr.	gr.
0,5	0,5	2h 20m	25,74	26,91
0,5	0,5	4h 0m	25,74	25,74
1 »	1 »	3h 0m	21.7	18 »
0,5	0,5	2h 30m	31 »	30 »
5,0	0,5	4h 15m	25 »	25 »

2. — OSTREA EDULIS.

Pour éviter toute rupture possible du muscle adducteur par forçage des valves, on pratique en un point diamétralement opposé à l'insertion du muscle une légère brisure de ces valves, par laquelle une pipette pourra être introduite afin de retirer l'eau de mer par aspiration et ajouter l'eau distillée par insufflation.

EXPÉRIENCE I. — A 0 minute, on retire d'une Huître 6cc d'eau de mer, dont les chlorures accusent : 35gr,5 pour 1000.

De 0 à 45 minutes, on ajoute doucement 5cc d'eau distillée. A 2 heures, on ajoute encore 5cc d'eau distillée. A 2h35, on retire par aspiration 2cc d'eau environ, qui accusent en chlorures : 21gr,93 pour 1000.

A 3h 05, ouverture.

L'Huître est intacte et très vivante. Le cœur bat.

L'eau de la coquille donne en chlorures : 25gr,7.

L'hémolymphe totale : 25gr,1.

Toutes ces analyses effectuées sur 1cc.

EXPÉRIENCE II. — A 0 minute, 6cc d'eau de mer sont retirés par aspiration. Chlorures : 35gr,1 pour 1000. De 0 à 25 minutes, addition graduelle de 6cc d'eau distillée.

A 2h 15, retrait de 1cc environ d'eau de la coquille, donnant en chlorures : 27gr,2 pour 1000. Nouvelle addition de 2 à 5cc d'eau distillée.

A 5h 45, ouverture.

L'Huître est intacte et très vivante. Le cœur bat.

L'eau de la coquille (9cc,5) donne en chlorures (sur 1cc) : 23gr,98 pour 1000.

L'hémolymphe totale (sur 0cc,8) donne : 22gr,66 pour 1000.

Expérience III. — A 0 minute, 4cc d'eau de mer sont retirés par aspiration. Chlorures : 35gr,24 pour 1000. Addition graduelle d'environ 4cc d'eau distillée.

A 5h 50, on veut analyser l'eau contenue dans la coquille, mais elle a été absorbée; aucun liquide ne peut être aspiré ni ne tombe après léger forçage des valves. De 5h 50 à 6 heures, on ajoute graduellement 7cc d'eau distillée. La coquille paraît remplie.

A 7h 25, ouverture.

L'Huître est intacte et très vivante. Le cœur bat.

L'eau de la coquille (9cc) donne en chlorures (sur 0cc,6) : 23gr,4 pour 1000.

L'hémolymphe totale (sur 0cc,6 également) : 21gr,44.

Remarque. — On voit la quantité relativement considérable d'eau distillée qu'il faut ajouter pour obtenir une diminution du taux des chlorures. Les Huîtres ne pesaient cependant en moyenne (parties molles) que 6 grammes. On ne rapporte pas ici un certain nombre d'expériences préliminaires, où, après addition de 4 ou 5 centimètres cubes d'eau distillée, les chlorures de l'eau extérieure et de l'hémolympe restaient à 33 ou 34 grammes pour 1000, c'est-à-dire à un taux normal, sans signification par conséquent pour le sujet présent.

3. — Aplysia punctata.

L'Aplysie, retirée du bassin où elle vit, est placée dans un cristallisoir contenant de l'eau de mer 1° ou diluée par addition d'eau douce, 2° ou concentrée par addition de sel de cuisine. Avant de placer l'animal dans le cristallisoir d'expérience, on le passe une ou plusieurs fois rapidement dans une eau de mer de même dilution ou de même surconcentration, jusqu'à ce qu'il ne jette plus de liquide urticant. — Six expériences.

Quantité de liquide sur laquelle l'analyse est effectuée			Durée des expériences.	Σ, — ou taux en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl)		
pour l'eau de mer précédente.	pour le liquide cœlomique à la fin de l'expérience.	pour l'eau de mer ambiante à la fin de l'expérience.		de l'eau de mer où vivait précédemment l'animal.	du liquide cœlomique à la fin de l'expérience.	du milieu ambiant à la fin de l'expérience.
cc.	cc.	cc.		gr.	gr.	gr.
1 »	1 »	1 »	4h 30m	32,87	23,69	23,4
1 »	2 »	2 »	23h 0m	32,17	25,74	25,74
1 »	2 »	2 »	13h 30m	32,76	27,78	27,54
1,5	1,5	1,5	11h 30m	32,03	28,8	26,64
1 »	1,5	1,5	6h 20m	32,17	25,7	25,7
»	1,5	1,5	5h 30m	?	37,04	36,77

L'Aplysie n° 2 de ce tableau meurt dans la nuit, avant l'analyse, — peut-être d'asphyxie.

4. — Octopus vulgaris.

Les Mollusques Céphalopodes paraissent extrêmement sensibles à l'altération de leur milieu naturel, la Pieuvre cependant moins que la Seiche, autant qu'il est permis de conclure des quelques expériences qui suivent.

Expérience I. — A 0 minute, une Pieuvre est placée dans un récipient contenant : eau de mer 6; eau douce 1. A 25 minutes, l'animal étant bien vivant, on ajoute une nouvelle unité d'eau douce. Les mouvements respiratoires s'affaiblissent aussitôt. A 50 minutes, l'animal est opéré.

Chlorures du milieu ambiant : 25gr,74 pour 1000. (Détermination effectuée sur 0cc,5.)

Chlorures de l'hémolymphe : 28gr,57 pour 1000. (Détermination effectuée sur 1cc.)

Expérience II. — A 0 minute, une Pieuvre est placée dans une eau de mer diluée, donnant en chlorures : 25gr,81 pour 1000. La respiration devient irrégulière. A 1h 45, l'animal, encore vigoureux, est retiré, chloroformé et opéré.

Chlorures du milieu ambiant, à ce moment (fin de l'expérience) : 25gr,15 pour 1000. (Détermination effectuée sur 0cc,5.)

Chlorures de l'hémolymphe ; 24gr,74 pour 1000. (Détermination effectuée sur 1cc.)

5. — Sepia officinalis.

La Seiche est particulièrement sensible à l'altération du milieu. Une Seiche, placée dans : eau de mer 1000gr, chlorure de potassium 5gr, chlorure de magnésium (déliquescent) 6gr,5, — deux autres Seiches, placées dans : eau de mer 1000, chlorure de potassium, 5gr; chlorure de magnésium (déliquescent), 4gr, meurent toutes trois en trois minutes.

Autres expériences :

Expérience I. — A 0 minute, une Seiche est placée dans : eau de mer 5, eau douce 1. A 55 minutes, l'animal est retiré mourant et opéré.

Chlorures de l'eau ambiante (recherchés sur 0cc,5) : 25gr,74 pour 1000.

Chlorures de l'hémolymphe (recherchés sur 0cc,3) : 26gr,32 pour 1000.

Expérience II. — A 0 minute, Seiche placée dans : même dilution que précédemment. A 55 minutes, l'animal est vivant. Il est trouvé mort à 2h 08. Il est mort dans l'intervalle à un moment indéterminé.

Chlorures de l'eau de mer du bassin où l'animal vivait avant l'expérience : 32gr,17 pour 1000.

Chlorures de l'eau de mer diluée du cristallisoir, à la fin de l'expérience : 25gr,15 pour 1000.

Chlorures de l'hémolymphe : 25gr,74 pour 1000.

Toutes ces analyses effectuées sur un 1cc.

Expérience III. — A 0 minute, Seiche placée dans : eau de mer 2, eau douce 1. L'animal meurt à 30 minutes.

Chlorures de l'eau de mer diluée : 22gr,1 pour 1000.

Chlorures de l'hémolymphe : 24 gr. pour 1000.

Les deux analyses effectuées sur 1cc.

6. — Arenicola piscatorum.

Expérience I. — A 0 minute, Arénicole placé dans : eau de mer 6, eau douce 2. A 30 minutes, nouvelle addition d'une unité d'eau douce. A 1h 35, l'animal, bien vivant, est retiré et opéré.

Chlorures de l'eau de mer diluée (sur 1cc) : 22gr pour 1000.

Chlorures du liquide cœlomique (sur 0cc,9) : 25gr,34 pour 1000.

Expérience II. — A 0 minute, Arénicole placé dans : eau de mer 1000, chlorure de potassium 5 gr., chlorure de magnésium (déliquescent) 5 gr. A 2h 45, l'animal est opéré.

Chlorures de l'eau de mer concentrée (sur 1cc) : 59gr,78 pour 1000.

Chlorures du liquide cœlomique (sur 1cc) : 37gr,55 pour 1000.

7. — Sipunculus robustus.

Expérience I. — Comme l'Expérience I de l'Arénicole. Même milieu, même temps.

Chlorures du liquide cœlomique (sur 1cc) : 25gr,74.

Expérience II. — Comme l'Expérience II de l'Arénicole, sauf le temps. L'animal est retiré et opéré à 4 heures.

Chlorures du liquide cœlomique (sur 1cc) : 40gr,07 pour 1000.

Expérience III. — A 0 minute, Siponcle placé dans : eau de mer 3, eau douce 1. — A 18h, animal très vivant, retiré et opéré.

Chlorures du milieu ambiant, à ce moment : 25gr,15 pour 1000.

Chlorures du liquide cœlomique : 22gr,81 pour 1000. (Ces deux déterminations effectuées sur 1cc.)

Chez l'Arénicole et le Siponcle, les liquides cœlomiques sont toujours centrifugés.

8. — Carcinus moenas.

Le Crabe, retiré du bassin où il vit, est placé dans un cristallisoir renfermant de l'eau de mer, ou diluée par addition d'eau de pluie ou d'eau douce, ou concentrée par addition de sel de cuisine. — Neuf expériences.

QUANTITÉ DE LIQUIDE sur laquelle est effectuée l'analyse			DURÉE des expériences.	Σ, — ou taux en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl)		
pour l'eau de mer où vivait précédemment l'animal.	pour l'hémolymphe à la fin de l'expérience.	pour l'eau de mer diluée ou concentrée à la fin de l'expérience.		de l'eau de mer où vivait précédemment l'animal.	de l'hémolymphe de l'animal à la fin de l'expérience.	de l'eau de mer diluée ou concentrée, à la fin de l'expérience.
cc.	cc.	cc.		gr.	gr.	gr.
0,5	0,5	0,5	23h 0m	32,3	15,21	11,7
0,5	0,5	0,5	23h 0m	32,3	15,21	11,7
»	0,5	0,5	7h 0m	?	19,89	16,96
0,5	1 »	1 »	2h 30m	32,7	27,67	21,06
0,5	1 »	1 »	7h 25m	32,7	25,5	21,06
0,5	1 »	1 »	2h 50m	32,7	39,2	52,65
0,5	1 »	1 »	7h 0m	32,7	43,75	52,65
0,5	1 »	0,5	3h 0m	33,69	36,27	61,07
0,5	1 »	0,5	4h 0m	33,69	42 »	64,35

Dans les Expériences I et II de ce tableau, les animaux sont très affaiblis; un autre, non analysé, est mort.

L'analyse de l'Expérience III est effectuée sur un animal mort depuis peu.

Les Crabes des six autres expériences sont au contraire très vivants, sauf celui de la dernière, affaibli.

Dans les deux dernières expériences, le sel de cuisine était ajouté peu à peu. Les temps s'entendent depuis le début de l'expérience.

9. — Maia squinado, Homarus vulgaris. — Se reporter simplement au tableau donné au cours du Chapitre.

Détails complémentaires pour le quatrième groupe d'expériences. — Première série. — L'Aplysie est placée dans un cristallisoir ayant à peu près son diamètre, afin qu'un faible volume d'eau puisse la recouvrir. Un filet en fil de fer épouse la paroi intérieure du cristallisoir; il suffira de le soulever pour soulever avec lui l'Aplysie. Les plus grands soins sont pris pour tenir compte des moindres pertes d'eau qui peuvent se produire à chaque soulèvement de l'animal. On arrive ainsi à une certaine rigueur d'expérience. Dans l'Expérience V, par exemple, la plus riche en maniements, un seul gramme est perdu, sans avoir été évalué. Il peut résulter de l'évaporation.

L'Aplysie, avant d'être placée en expérience, est rapidement passée dans une eau de même composition que celle où elle va être plongée. On écarte avec la main les parois de la cavité palléale pour en chasser l'eau ancienne; puis l'animal égoutté est plongé dans l'eau du cristallisoir. La première analyse en chlorures de cette eau (pour les chlorures initiaux) est faite dans la minute qui suit.

La perte par évaporation est négligeable, ainsi qu'on s'en assure par un cristallisoir témoin.

On remarquera que, sur les cinq expériences, deux accusent un mouvement de même sens de l'eau et des sels, trois un mouvement de sens inverse. De même, dans deux cas, l'Aplysie perd de ses sels propres; dans trois cas, elle absorbe des sels extérieurs.

Deuxième série.

Expérience I. — Les onze Carcinus sortent d'un bassin dont l'eau donne en chlorures : 33^{gr},75 pour 1000.

Poids respectifs des *Carcinus*, au commencement et à la fin de l'expérience :

	Numéro des Crabes.	Poids avant la mise en expérience.	Poids à la fin de l'expérience.
		gr.	gr.
Crabes placés dans :	1	71 »	69 »
Eau de mer . . . . 666gr, »	2	56,5	54,5
Eau douce. . . . . 333gr, »	3	56 »	54 »
SO^4Mg. . . . . 100gr, »	4	53 »	50 »
Chlorures du mélange.. 21gr,17	5	37 »	35 »
$\Delta = -2°,04$.	6	33 »	32 »
		306,5	294,5
Crabes témoins, maintenus dans l'eau de mer à 33gr,75 pour 1000.	1	27,5	27,2
	2	25 »	24 »
		52,5	51.2

Par conséquent, perte de poids du premier lot : $\frac{306,5}{12}$, soit environ $\frac{1}{25}$. Perte de poids du deuxième lot : $\frac{52,5}{1,3}$, soit environ $\frac{1}{40}$.

Au bout de 18 heures d'expérience, le Crabe n° 4 du premier lot meurt; on assiste à la fin de ses mouvements; les Crabes n° 1 et n° 2, très affaiblis, ne se portent pas sur leurs pattes; ils se débattent toutefois pendant la prise d'hémolymphe; le Crabe n° 3 est plus vivant; les nos 5 et 6 marchent.

Les chlorures de l'hémolymphe, dans l'ordre même où ces Crabes viennent d'être énumérés, sont de : 25gr,74, 27gr,14, 26gr,79, 27gr,78, 27gr,26, 27gr,2 pour 1000.

Toutes les déterminations de chlorures, dans cette expérience, effectuées sur 1cc.

Expérience II. — Les huit *Carcinus* de cette expérience sortent d'un bassin dont l'eau donne en chlorures 33gr,93 pour 1000.

Poids respectifs des *Carcinus* plongés dans un mélange identique à celui de l'expérience qui précède :

Numéro des Crabes.	Avant la mise en expérience.	A la fin de l'expérience.
	gr.	gr.
1	54 »	54 »
2	48 »	47 »
3	42,8	41,7
4	40 »	40,8
5	33 »	32,8
6	30 »	29,2
7	28,5	28 »
	276,3	273,5

Par conséquent, perte de poids pendant les 24 heures de l'expérience : $\frac{276,3}{2,8}$, soit $\frac{1}{100}$ environ.

A la 23e heure, au matin, le Crabe n° 1 est trouvé mort. Il ne donne pas d'hémolymphe. Son taux en chlorures demeure donc inconnu.

Le Crabe n° 7 est mourant; le n° 2 est affaibli; le n° 6, un peu moins affaibli; le n° 5 vivace; les nos 3 et 4, très vifs. Or, les chlorures de l'hé-

molymphe, dans l'ordre même où ces Crabes viennent d'être énumérés, sont de : 24gr,07, 26gr,21, 26gr,5, 28 gr., 28gr,66, 28gr,78, — chiffres qui montrent, avec plus de netteté encore que dans l'expérience précédente, le parallélisme entre l'état de dépression et le degré d'altération du *milieu vital* des cellules.

Les six dernières analyses effectuées, dans l'ordre où elles sont rapportées, sur 0cc,4, 0cc,6, 0cc,5, 0cc,7, 1cc, 1cc d'hémolymphe.

Expérience III. — Les Siponcles sont retirés du sable où ils vivent, rincés sous le robinet d'eau de mer et placés préalablement dans une eau de mer pure où, en détendant leur trompe, ils la débarrassent de son sable.

Poids respectifs, au début et à la fin de l'expérience, des deux Siponcles placés dans le mélange : eau de mer 300, eau douce 150, sulfate de magnésie (pesé humide) 55 gr.; Δ : — 1°,85 :

Numéro des Siponcles.	Poids avant la mise en expérience.	Poids à la fin de l'expérience.
1	41,2	41 »
2	30 »	29,5
	71,2	70,5

Quantité de sable dégorgée pendant l'expérience : négligeable. Perte de poids moyenne : $\frac{71,2}{0,9}$, soit $\frac{1}{80}$ environ.

De 0 minute à 3h 30, le Siponcle n° 1 conserve ses réflexes très vifs; à ce moment, il se déprime; la trompe reste dévaginée quand on le saisit; elle ne se contracte qu'au bout d'une minute. A 4 heures, l'animal est opéré. Liquide cœlomique centrifugé, chlorures : 29gr,25 pour 1000.

Le Siponcle n° 2 est déjà affaibli au moment de la mise en expérience : ses réflexes sont atténués; ils s'atténuent encore A 1h 30, il est opéré; il réagit toutefois assez vivement à l'ouverture du cœlome. Liquide cœlomique centrifugé, chlorures : 28gr,37 pour 1000.

Ces deux Siponcles et les trois témoins quittaient un milieu accusant en chlorures : 33gr,17 pour 1000.

Toutes les déterminations en chlorures de l'expérience, effectuées sur 1cc.

Troisième série. — Pour l'expérience des phosphates, l'Aplysie est un animal de choix, par la pauvreté en matière organique de son liquide cœlomique. Quand on porte celui-ci à l'ébullition pour la recherche de l'acide phosphorique, la matière organique coagulée est presque inappréciable.

L'addition de phosphate de sodium à l'eau de mer déterminant un précipité blanc abondant, l'eau de mer est filtrée. En outre, l'Aplysie d'expérience est préalablement rincée dans l'eau douce, cavité palléale comprise, afin que l'eau de mer superficielle, ou enclose dans cette cavité, n'occasionne pas un nouveau précipité dans la solution phosphatique où l'animal va être plongé.

Ce milieu phosphatique accélère immédiatement la respiration

de l'Aplysie, qui s'y agite. Dans l'Expérience III, où la dose d'acide phosphorique est élevée (4^{gr},56 pour 1000), l'animal offre un phénomène curieux. Il augmente d'abord en poids, ce qui s'explique par l'absorption d'eau, résultat de l'hypotonie du milieu extérieur (chlorures, 20^{gr},3 pour 1000). Au bout d'une heure, il présente une sorte de contracture générale; les mouvements respiratoires sont suspendus; quelques spasmes témoignent seuls de la vie. Puis à vue d'œil, l'animal diminue de volume; c'est ainsi que, de 133^{gr} au début de l'expérience, son poids tombe, en deux heures, à 87^{gr}. Le tégument devient blanchâtre. Une désorganisation générale des tissus, intéressante à étudier, doit se produire à la suite de la pénétration des phosphates dans le *milieu vital*. Les effets de leur simple addition à l'eau de mer montrent déjà les désordres qu'ils peuvent occasionner dans un organisme dont le *milieu vital* des cellules est le milieu marin lui-même.

CHAPITRE IV

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES INVERTÉBRÉS D'EAU DOUCE ET AÉRIENS

Résumé du Chapitre. — 1° Les Invertébrés d'eau douce ne communiquent plus par osmose avec le milieu extérieur. A. — A l'état de nature, ils maintiennent intérieurement, en face d'un milieu extérieur presque totalement dessalé, un *milieu vital* à taux salin élevé, constant et spécifique. B. — Dans un milieu extérieur sursalé expérimentalement, même à un taux très supérieur au taux salin de leur *milieu vital*, ils maintiennent ce dernier taux invariable ou ne le laissent varier que dans des limites remarquablement peu étendues.

2° Ce *milieu vital*, maintenu intérieurement par les Invertébrés d'eau douce, est, au point de vue minéral, un milieu marin. L'analyse chimique directe en fait foi.

3° Le *milieu vital*, maintenu par les Invertébrés aériens, est également, au point de vue minéral, un milieu marin. L'analyse chimique en témoigne également.

En définitive, les Invertébrés d'eau douce et aériens reconstituent et maintiennent pour *milieu vital* de leurs cellules un milieu marin. Leur *milieu vital*, au point de vue minéral, est un milieu marin, non plus naturel comme chez les Invertébrés qui précèdent, mais pour la première fois reconstitué.

Dans les deux Chapitres précédents, nous avons établi que le *milieu vital* de tous les Invertébrés marins était, au point de vue minéral, le milieu marin lui-même. Dans le Chapitre présent et dans ceux qui suivent, nous allons établir, au point de vue minéral toujours, que le *milieu vital* des Invertébrés d'eau douce et aériens et des Vertébrés est encore un milieu marin, maintenu ou reconstitué.

PRÉAMBULE AUX CHAPITRES IV, V, VI

Remarque primordiale au sujet des différences de concentration moléculaire. — La concentration moléculaire d'une solution est un facteur purement « physique » de cette solution, sans aucun rapport avec la composition chimique, seule en cause dans ce livre.

En tête de ces Chapitres (Chapitres IV, V, VI), faisons remarquer une fois pour toutes qu'aucun des *milieux vitaux* que nous

allons avoir à examiner ne va plus nous offrir la ***concentration moléculaire*** des océans actuels. L'eau de mer des grands océans, comme nous le verrons au Chapitre VI, est à une concentration moyenne de 35 grammes de sels pour 1000, dont 33 grammes environ constitués par les chlorures, par le chlorure de sodium principalement. Or, les *milieux vitaux* des Invertébrés non marins et des Vertébrés sont tous à une concentration plus faible. Le taux des chlorures du *milieu vital*, par exemple, est de :

22 à 16 gr.	pour 1000,	chez les Poissons Sélaciens;
11 à 6 gr.	—	chez les Poissons Téléostéens;
12	—	chez l'Écrevisse (*Astacus fluviatilis*);
7,5 à 6 gr.	—	chez les Oiseaux et les Mammifères;
5,8	—	chez l'Insecte (*Dytiscus*), etc.

Ces différences de concentration sont du plus haut intérêt; elles ont un sens que nous essaierons d'approfondir en partie au Livre II. Mais ce qu'il importe de poser ici avec netteté, c'est que, pour la démonstration ***chimique*** qui nous occupe (maintien du milieu ***minéral*** marin, comme *milieu vital* des cellules organiques, à travers la série animale), ces différences ne sont pas à considérer. Le degré de concentration moléculaire d'un milieu liquide ou gazeux est un ***élément purement physique*** de ce milieu, absolument indépendant de sa composition chimique.

De même qu'un gaz, quelle que soit la pression à laquelle il se trouve soumis, reste toujours ***ce*** gaz, une solution saline, quelle que soit sa concentration, reste toujours ***cette*** solution saline. La concentration qui varie ne fait varier qu'un facteur purement physique de la solution : sa tension osmotique; la solution reste invariable dans son essence[1].

Pour démontrer l'identité chimique relative du *milieu vital* d'un organisme et du milieu marin, il nous suffira donc de démontrer, ou que les sels qui constituent les deux milieux sont les mêmes et dans un même rapport entre eux (démonstration chimique), ou que le *milieu vital* d'un organisme peut être remplacé à volonté par une eau de mer, ramenée, par addition

1. De même que, sur le sommet d'une montagne, l'air raréfié ne cesse pas d'être de l'air, l'eau de mer diluée ou concentrée ne cesse pas d'être de l'eau de mer. Les notions d'osmose ont fait un progrès suffisant depuis quelques années pour que nous croyions devoir supprimer tout un développement qui prenait place ici. Nous renvoyons simplement à l'article général Osmose de Dastre, 1901, *Traité de physique biologique*, tome I, pour les détails touchant cette question spéciale.

d'eau distillée, à l'isotonie organique (démonstration physiologique), ou de toute autre façon, mais sans jamais avoir à nous occuper du taux absolu en sels, ni de l'eau de mer, telle qu'elle se présente dans l'Océan, ni d'aucun *milieu vital*. La composition chimique d'une part, le degré de concentration moléculaire d'autre part, sont des éléments complètement indépendants l'un de l'autre, qui demandent d'une façon absolue à être envisagés séparément. Nous traiterons au Livre II des degrés de concentration moléculaire. Pour l'instant nous en ferons abstraction complète, occupés uniquement que nous sommes de la question chimique.

Les expériences qui suivent vont établir : 1° que les Invertébrés d'eau douce résistent, d'une façon actuellement inexplicable, au phénomène d'osmose si énergique qui se produit, chez l'Invertébré marin, entre le *milieu vital* de l'animal et le milieu extérieur; 2° que ce *milieu vital*, maintenu intérieurement par les Invertébrés d'eau douce en face d'un milieu extérieur presque totalement dessalé, est, au point de vue minéral, un milieu marin nettement caractérisé; 3° que les Invertébrés aériens maintiennent de même, pour *milieu vital* de leurs cellules, au point de vue minéral, un milieu marin nettement caractérisé.

Il en résultera que les Invertébrés d'eau douce et aériens ont maintenu pour *milieu vital* de leurs cellules au point de vue minéral un milieu marin, non plus naturel comme chez leurs ancêtres, les Invertébrés marins, mais pour la première fois reconstitué. Dans un Appendice placé à la fin du Chapitre, on trouvera ce qui n'est pas immédiatement essentiel à la démonstration qui va suivre.

Travail de la Station zoologique d'Arcachon (1898), *du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes études du Collège de France* (1900) *et du Laboratoire particulier de M. Hallion* (1900-1901).

Trois groupes d'expériences.

PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES

L'Invertébré d'eau douce ne communique plus par osmose avec le milieu extérieur.

Dans le Chapitre qui précède, nous avons vu avec quel énergie le *milieu vital* des Invertébrés marins communiquait par

osmose avec le milieu extérieur. La théorie organique marine nécessitait *a priori*, pour le maintien intérieur d'un *milieu vital* marin, que cette communication osmotique cessât de se produire chez les Invertébrés d'eau douce. Rien n'était plus improbable[1]. Pour qu'il en fût ainsi, il fallait supposer 1° une dérogation aux lois générales de l'osmose, 2° la non-perméabilité à l'eau et aux sels d'une membrane branchiale perméable au gaz, 3° une physiologie opposée de cette membrane, chez des espèces étroitement voisines, Homard et Écrevisse par exemple. Or, malgré les probabilités et les vraisemblances, c'est ainsi qu'il en est. Le *milieu vital* de l'Invertébré d'eau douce ne communique plus par osmose avec le milieu extérieur.

Deux séries d'expériences :

PREMIÈRE SÉRIE. — A L'ÉTAT DE NATURE, DANS LE MILIEU EXTÉRIEUR PRESQUE TOTALEMENT DESSALÉ OÙ IL VIT, L'INVERTÉBRÉ D'EAU DOUCE MAINTIENT INTÉRIEUREMENT UN MILIEU VITAL A TAUX SALIN ÉLEVÉ, CONSTANT ET SPÉCIFIQUE. — Expériences portant sur l'Écrevisse (*Astacus fluviatilis*).

EXPÉRIENCE I. — Lot d'Écrevisses achetées à Bordeaux, maintenues plusieurs jours au Laboratoire d'Arcachon sous le robinet d'eau douce d'adduction.

Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en chlorure de sodium) :

A. — de l'eau courante dans laquelle les Écrevisses vivaient. .		0gr,29
B. — de l'hémolymphe (totale) d'une	première Écrevisse. . . .	11gr,7
—	— deuxième Écrevisse. . . .	12gr,28
—	— troisième Écrevisse. . . .	11gr,99
—	— quatrième Écrevisse . . .	11gr,11

EXPÉRIENCE II. — Lot d'Écrevisses achetées à Paris, maintenues plusieurs jours au Collège de France sous le robinet d'eau ordinaire d'adduction.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en chlorure de sodium) :

A. — de l'eau courante dans laquelle les Écrevisses vivaient. .		0gr.1
B. — de l'hémolymphe (totale) d'une	première Écrevisse	11gr,11
—	— deuxième Écrevisse	10gr,5
du sérum hémolymphatique de *treize* Écrevisses.		12gr,16

1. Les expériences qui suivent, sur l'Écrevisse, ont été entreprises à la Station zoologique d'Arcachon en 1898, un an par conséquent avant la publication du travail de FRÉDÉRICQ (1899) : ceci, nullement pour revendiquer une priorité qui appartient sans conteste à M. FRÉDÉRICQ, mais pour marquer simplement qu'à l'époque où cette conception *a priori* s'imposait à l'esprit, elle n'avait pas le contrôle de l'expérience.

Expérience III. — Même lot que précédemment.
Δ. ou point de congélation :

A. — de l'eau où les Écrevisses vivaient . . . . . — 0°,02
B. — du sérum hémolymphatique des treize Écrevisses . . . . — 0°,768

A ces expériences personnelles, joignons les déterminations antérieures de Witting, Halliburton, Frédéricq.

Witting (cité par Frédéricq, 1899) donne pour les sels totaux (solubles et insolubles) de l'hémolymphe (totale?) de l'Écrevisse : 15,5 pour 1000; Halliburton (cité également par Frédéricq, 1899) pour les sels solubles : 11gr,5 pour 1000; Frédéricq (1899), également pour les sels solubles : 11gr,9, 11gr,4, 11gr,25, 11gr, 12gr pour 1000, — ces deux derniers chiffres particulièrement intéressants, en ce qu'ils se rapportent à l'hémolymphe d'Écrevisses soumises à un jeûne de trois mois et demi. Enfin Frédéricq (*même travail*) donne pour l'hémolymphe totale de 12 lots d'Écrevisses, les 10 premiers conservés à jeun pendant quelques jours seulement, les deux derniers pendant trois mois et demi, les points de congélation suivants :

— 0°,80; — 0°,85; — 0°,81; — 0°,785; — 0°,785; — 0°,79; — 0°,78; — 0°,765; — 0°,80; — 0°,825; — 0°,82; — 0°,78;

l'eau dans laquelle ces Écrevisses vivaient, congelant à — 0°,02 ou — 0°,03.

Ainsi, l'Écrevisse, dans le milieu extérieur presque totalement dessalé où elle vit, maintient intérieurement, pour *milieu vital* de ses cellules, un liquide à taux salin ***élevé***, ***constant*** et ***spécifique***. L'absence de communication osmotique entre le *milieu vital* de l'animal et le milieu extérieur en résulte déjà. Elle va ressortir avec une nouvelle force de la série d'expériences qui suit.

Deuxième série. — Dans un milieu extérieur expérimentalement sursalé, même a un taux très supérieur au taux salin de son milieu vital, l'Invertébré d'eau douce maintient ce dernier taux invariable ou ne le laisse varier que dans des limites remarquablement peu étendues. — Expériences portant encore sur l'Écrevisse. Par la série d'expériences qui précède, on sait que le taux en chlorures (exprimés en chlorure de sodium) de l'hémolymphe totale de l'Écrevisse normale est de 12 grammes pour 1000 environ. — Toutes les teneurs en chlorures qui vont suivre seront comme précédemment exprimées en chlorure de sodium.

Expérience I. — Deux Écrevisses sont placées à 0 minute dans une eau légèrement additionnée de sel de cuisine.

A 28h 15, les deux Écrevisses sont saignées.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 :

A. — de l'eau sursalée dans laquelle les Écrevisses vivaient . . 5gr,5
B. — de l'hémolymphe totale de la première Écrevisse 11gr,2
— — deuxième Écrevisse. 11gr,4

Expérience II. — A 0 minute, deux Écrevisses (une femelle, un mâle) sont placées dans un cristallisoir contenant :

Eau douce. 1000
Eau de mer. 150

A 0h 10m . . . .
A 1h 20 . . . .
A 1h 45 . . . .
A 7h. . . . . } on ajoute chaque fois au cristallisoir : } 150cc d'eau de mer.
A 25h. . . . . }
A 25h. . . . . on y ajoute. . . . . 300cc.
A 30h. . . . . on y ajoute encore une quantité non exactement déterminée.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en chlorure de sodium) de l'eau du cristallisoir :

A 2h. . . . . 15gr.
A 25h. . . . . 18gr,7.
A 30h. . . . . 19gr,9.

Les deux Écrevisses sont saignées trois fois chacune au cours de l'expérience. Après les deux premières saignées, elles sont replacées au bout de quelques minutes dans l'eau du cristallisoir. La dernière saignée est pratiquée sur la première Écrevisse mourante, sur la deuxième Écrevisse morte depuis un temps indéterminé.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 de l'hémolymphe totale :

A. — de la première Écrevisse (femelle) :
A 4h 30 de l'expérience. 14gr,30
A 29h 15 — 14gr,15
A 40h 15 — 15gr,45

B. — de la deuxième Écrevisse (mâle) :
A 5h 45 de l'expérience 15gr,16
A 29h 15 — 14gr,62
A 40h 15 (l'animal mort). 15gr,67

Expérience III. — Deux Écrevisses femelles sont retirées de l'eau douce où elles vivent, puis saignées.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 :

A. — de l'eau douce où les Écrevisses vivaient. 0gr,29
B. — de l'hémolymphe totale de la première Écrevisse 12gr,28
— — deuxième Écrevisse 11gr,99

A 0 minute, ces deux Écrevisses sont placées dans un cristallisoir contenant :

Eau douce 1000
Eau de mer. 250

A des temps divers (jusqu'à 24 heures, dernière addition), on additionne d'eau de mer l'eau du cristallisoir.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 de cette eau du cristallisoir :

A 17h.	17gr,55
A 17h 30.	21gr,06
A 19h 40.	22gr,46
A 24h 01.	25gr,5.

A 19h 15, la première Écrevisse (mourante), à 33h, la deuxième Écrevisse (morte depuis un temps indéterminé, entre 24 et 33 heures) sont saignées.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 de l'hémolymphe totale :

A. — de la première Écrevisse (à 19h 15, mourante)	12gr,63
B. — de la deuxième Écrevisse (à 33h, morte)	15gr,09

Expérience IV. — Trois Écrevisses sont placées à 0 minute dans une eau qu'on additionne régulièrement d'heure en heure de sel de cuisine, jusqu'à 9h 30.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 de cette eau :

A 5h 30.	12gr,5
A 9h 30 (après la dernière addition). . . .	26gr.

A 11h 30, la première Écrevisse, bien portante, — à 23h, à 23h 15, la deuxième et la troisième Écrevisses, fortement déprimées, sont saignées.

Temps depuis lesquels les Écrevisses vivaient dans l'eau sursalée au taux de 26 gr. de NaCl pour 1000 :

Première Écrevisse.	2h.
Deuxième Écrevisse	13h 30.
Troisième Écrevisse	13h 45.

Or, Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 de l'hémolymphe totale :

A. — de la première Écrevisse.	11gr,5
B. — de la deuxième Écrevisse.	14gr,5
C. — de la troisième Écrevisse.	12gr,9

Expérience V. — A 0 minute, deux Écrevisses sont placées dans un cristallisoir contenant de l'eau douce, qu'on additionne d'abord assez rarement, puis très fréquemment de sel de cuisine. Dernière addition à 24h 30.

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en chlorure de sodium de l'eau du cristallisoir :

A 19h 30	6gr,7
A 21h 30	19gr,1
A 22h 30	29gr
A 23h 30	52gr,5
A 24h 30	52gr,1.

A 24h 10, la première Écrevisse est saignée mourante. A 29 heures, la deuxième Écrevisse résiste parfaitement à l'énorme concentration de l'eau extérieure (52gr,1). Elle est très vivante. A 59h 30, elle est trouvée morte (temps de la mort indéterminé).

Σ, ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en chlorure de sodium) de l'hémolymphe totale :

A. — de la première Écrevisse (mourante, 24h 10).. . . 11gr,9
B. — de la deuxième Écrevisse (morte, 30h 30). 18gr,48

Toutes ces expériences sont remarquablement concluantes. Tant que l'Écrevisse est douée de vie, elle résiste d'une façon presque parfaite aux différences de concentration saline du milieu extérieur. C'est ainsi que, dans des milieux accusant 5gr,5, 15gr, 18gr,7, 19gr,9, 21gr, 26gr, 32gr,3 de chlorure de sodium pour 1000, les Écrevisses vivant dans ces milieux depuis des temps relativement très longs[1] maintiennent la concentration saline de leur *milieu vital* à peu près invariable : 11gr,2, 11gr,4, 14gr,39, 14gr,15, 15gr,45, 15gr,16, 14gr,62, 12gr,65, 11gr,5, 14gr,5, 12gr,9, 11gr,9, soit une moyenne de 12gr,9, tout à fait voisine du taux normal moyen : 12 gr. Ce n'est que sur l'animal mort que des écarts quelque peu importants ont pu être constatés : 15gr,67, 15gr,09, 18gr,48.

Conformément aux prévisions théoriques, l'Écrevisse, Invertébré d'eau douce, si voisine du Homard cependant, montre donc une physiologie de sa paroi tout à fait différente de celle de ses plus proches parents marins. Contrairement à toute vraisemblance, elle réalise un défaut d'équilibre que toutes les lois physiques défendaient de prévoir, mais que, pour le maintien intérieur d'un *milieu vital* marin, la théorie présente nécessitait[2].

Reste à démontrer que ce *milieu vital*, maintenu intérieurement par l'Invertébré d'eau douce, est bien, au point de vue minéral, un milieu marin.

---

1. Jusqu'à 15h 45, Expérience IV, dans une eau chlorurée à 26 gr. pour 1000. On a vu au contraire, page 122, avec quelle rapidité s'équilibrent à la salure du milieu extérieur les Invertébrés marins.

2. La façon dont l'Écrevisse réalise ce défaut d'équilibre, au travers d'une paroi branchiale si mince et si considérablement étendue, est actuellement inexplicable. Frédéricq (1899), après avoir constaté la teneur en sels de l'hémolymphe de l'Écrevisse, si élevée par rapport à celle de l'eau extérieure, se demande comment ces sels intérieurs sont retenus. Il introduit dans deux dialyseurs-parchemin deux échantillons de sang normal d'Écrevisse congelant à —0°,80. Il plonge les deux dialyseurs dans l'eau douce. L'équilibre s'établit rapidement. Après 13 heures, les deux échantillons de sang ne congèlent plus qu'à — 0°,05, —0°,075; après deux jours, équilibre complet, point de congélation : —0°,025. La rétention des sels ne peut donc s'expliquer par une affinité de ceux-ci avec les matières albuminoïdes de l'hémolymphe (matières albuminoïdes à grosses molécules) que la paroi branchiale des Invertébrés marins retenait déjà.

DEUXIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

Ce milieu vital, maintenu intérieurement par l'Invertébré d'eau douce en face d'un milieu extérieur presque totalement dessalé, est, au point de vue minéral, un milieu marin nettement caractérisé.

Comme nous le verrons au Chapitre VI, la caractéristique minérale de l'eau de mer est l'énorme prépondérance de ses chlorures (84 centièmes environ des sels totaux, à l'état de chlorure de sodium principalement).

Or, le sérum hémolymphatique du lot des 15 Écrevisses, étudié plus haut et accusant en chlorures $12^{gr},16$ pour 1000, donne, par la détermination du résidu sec et des cendres, la composition organique et minérale suivante :

Eau	944,24
Matière organique	41,68
Matière minérale	14,08
	1000,00

Sur $14^{gr},08$ de cendres totales, $12^{gr},16$ étant constitués par les chlorures, on voit que les chlorures du *milieu vital* de l'Écrevisse comptent pour les 86 centièmes des sels totaux ($\frac{12,16}{14,08} = 0,86$) proportion égale à la proportion marine.

Ainsi, caractéristiques minérales de l'eau de mer et du *milieu vital* de l'Écrevisse : identiques.

L'analyse ancienne de Witting (1858), quoique critiquable, montre en outre, pour les radicaux autres que le chlore, l'analogie de composition avec l'eau de mer. Witting donne en effet pour l'hémolymphe totale de l'Écrevisse :

SELS	POUR 100 PARTIES de cendres solubles.	POUR 100 PARTIES de cendres totales, solubles et insolubles.
Chlorure de sodium	69,06	50,40
Sodium	6,18	4,48
Potassium	16,83	12,21
Chaux	1,37	16,70
Magnésie	»	2,25
Acide phosphorique	0,70	5,[illegible]
Acide sulfurique	5,15	3,[illegible]
Oxyde de cuivre	»	2,49
Oxyde de fer	»	1,99
Oxyde de manganèse	»	traces.
Acide silicique	0,70	0,50
	99,99	99,93

Cette analyse est manifestement inexacte quant aux chlorures qui ont dû être volatilisés pendant l'incinération. Elle n'accuse en effet en chlorures, exprimés en chlorure de sodium, que la moitié des sels totaux, quand il résulte, au contraire, de la détermination directe des chlorures, telle que nous l'avons effectuée précédemment, que ceux-ci constituent à eux seuls les 86 centièmes de la masse minérale du sérum de l'Écrevisse.

D'autre part, la majeure partie de l'acide phosphorique et du cuivre provient évidemment de l'incinération de la matière organique (voir plus loin II, *VI*, page 247). Ces corrections faites, il suffit de comparer l'analyse de WITTING avec celles de l'eau de mer qu'on trouvera page 220, pour constater que la ressemblance minérale du sérum de l'Écrevisse et de l'eau de mer ne s'arrête pas aux chlorures, mais qu'elle s'étend à tous ses autres principes constitutifs.

Le *milieu vital*, maintenu intérieurement par l'Écrevisse, est donc bien, au point de vue minéral, un milieu marin.

En définitive, de ces deux premiers groupes d'expériences touchant les Invertébrés d'eau douce (l'Écrevisse prise comme objet d'étude), il résulte : — Au point de vue minéral, dans le milieu extérieur presque totalement dessalé où il vit, l'Invertébré d'eau douce reconstitue et maintient pour *milieu vital* de ses cellules un milieu marin.

TROISIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

Le milieu vital des cellules de l'Invertébré aérien est encore, au point de vue minéral, un milieu marin.

L'expérience porte sur l'Escargot (*Helix pomatia*).

Hémolymphe totale de 14 Escargots (prise effectuée au mois d'août) :

Eau	972gr,758
Matière organique	22gr,891
Matière minérale	4gr,351
	1000gr,000
Chlorures pour 1000	4gr,09
Point de congélation	—0°,353

Sur 4gr,35 de cendres totales, 4gr,09 étant constitués par les chlorures (exprimés en chlorure de sodium), on voit que les chlorures du *milieu vital* de l'Escargot comptent pour les 94 centièmes des sels totaux ($\frac{4,09}{4,351} = 0,94$), proportion relativement

égale, comme pour le *milieu vital* de l'Écrevisse, à la proportion marine.

Caractéristiques minérales du *milieu vital* de l'Escargot et de l'eau de mer : à peu près identiques.

Autres expériences. — La difficulté d'expérimentation sur des animaux de taille aussi réduite que les Invertébrés d'eau douce et aériens ne m'a pas permis jusqu'ici de pousser beaucoup plus loin les expériences les concernant.

C'est une lacune à combler.

Toutefois :

1° *Invertébrés d'eau douce.* — L'Écrevisse n'est pas le seul Invertébré d'eau douce à maintenir, dans un milieu extérieur dessalé, une salure intérieure.

A. — Sangsue (*Hirudo officinalis*).

Hémolymphe totale d'animaux à jeun depuis plusieurs mois et vivant dans l'eau douce. — Chlorures (exprimés en chlorure de sodium), 2gr,92 pour 1000.

B. — Ver de l'Étang de Cazeau, près Arcachon (*Allolobophora*).

Hémolymphe totale, premier échantillon, prise effectuée quelques heures après la capture et sur l'animal n'ayant pas quitté sa terre vaseuse. — Chlorures (exprimés en chlorure de sodium), 2gr,7 pour 1000.

Hémolymphe totale, deuxième échantillon, prise effectuée sur l'animal après 18 et 24 heures de séjour dans un cristallisoir contenant un peu de terre ordinaire de jardin et une forte proportion d'eau douce du laboratoire (l'animal pouvait être considéré dans ce milieu comme vivant dans un véritable milieu aquatique). — Chlorures (exprimés en chlorure de sodium), 2gr,77 pour 1000.

2° *Invertébrés aériens.* — Les deux seuls Invertébrés aériens expérimentés en dehors de l'Escargot sont deux Insectes aquatiques d'eau douce. Ils présentent donc cet intérêt qu'ils témoignent à la fois pour les Insectes véritablement aériens et pour ceux qui, vivant dans l'eau douce, auraient pu subir le phénomène osmotique et se dessaler au taux du milieu extérieur.

A. — Hydrophile (*Hydrophilus piceus*).

1. Lot de 5 Hydrophiles. — 2. Lot de 4 Hydrophiles, acquis ultérieurement. — 3. Lot de 3 Hydrophiles acquis encore ultérieurement.

	Σ, ou taux en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl).
Hémolymphe totale du premier lot. .	3,01
— deuxième lot.	3,39
— troisième lot.	2,98

B. — Dytisque (*Dytiscus marginalis*).

1. Lot de 2 Dytisques. — 2. Lot de 3 Dytisques, acquis ultérieurement. — 3. Lot de 5 Dytisques acquis encore ultérieurement.

	Σ, ou taux en chlorures pour 1000 (exprimés en chlorure de sodium).
Hémolymphe totale du premier lot. .	5,61
— deuxième lot.	5,46
— troisième lot.	5,85

Ainsi, présence constante des chlorures dans le *milieu vital* des différents animaux expérimentés.

Il resterait à démontrer que ces chlorures sont bien des chlorures sodiques, qu'ils prédominent sur les autres sels comme nous les avons vus prédominer dans le *milieu vital* de l'Écrevisse et de l'Escargot, et que ces autres sels sont ceux mêmes de l'eau de mer. L'expérience ultérieure nous fixera sur ces points. Mais, jusqu'à preuve du contraire, et par analogie, nous devrons considérer cette caractéristique minérale comme entraînant les autres, et la composition minérale des *milieux vitaux* qui précèdent comme marine[1].

Ici s'arrêtent nos expériences et le Chapitre proprement dit. Donnons au sujet de l'Insecte les expériences indirectes de von Holub, qui, en établissant que le *milieu vital* de l'Insecte est un milieu de culture remarquable pour les bactéries pathogènes de l'Homme, tendent à établir du même coup sa ressemblance de composition minérale avec le *milieu vital* humain et par conséquent avec l'eau de mer.

Expériences indirectes de C. von Holub (1901). — Dans un travail tout récent, C. von Holub (1901) vient de démontrer que l'Insecte est un « remarquable milieu de culture pour les bactéries du chancre mou et des autres maladies contagieuses de l'homme et des animaux ». L'inoculation du chancre mou de l'Homme a été pratiquée sur un grand nombre d'espèces appartenant aux différents ordres de la classe. « Après 24 heures, chaque Insecte inoculé était littéralement transformé en une culture

---

1. Il faut insister sur ce point que l'expérimentation de ce Chapitre est insuffisante et à compléter. Les Insectes, entre autres, si négligés des physiologistes, comptent parmi les machines animales à plus haut rendement : ils sont donc des organismes où la vie cellulaire est particulièrement active et chez lesquels, par conséquent, la constance marine du *milieu vital* des cellules est capitale à démontrer.

pure du bacille du chancre. Chaque partie de l'Insecte, — tête, thorax, abdomen, pattes, antennes, — expérimentée isolément, se montrait contaminée.... Le streptocoque apparaissait dans la préparation soit en bâtonnets isolés, soit en courtes chaînes. Sa virulence, constatée par transmission, était forte.... Un grand nombre d'espèces appartenant aux Orthoptères, Hémiptères, Coléoptères, Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères ont été inoculées ; aucune ne s'est montrée réfractaire.... La survie maxima des Insectes inoculés a été de 21 jours pour les animaux qui recevaient de la nourriture, d'environ 15 jours, pour ceux qui n'en recevaient pas. Douze heures après l'inoculation, on pouvait déjà observer le développement du bacille du chancre dans tout le corps de l'Insecte. »

Si l'on veut bien réfléchir à ces deux faits : 1° que la prospérité d'un bacille n'est possible que dans des conditions déterminées, et que la condition minérale paraît être une des plus importantes de celles-ci (RAULIN, 1870); 2° que les bactéries pathogènes de l'Homme et des animaux, qui ne peuvent prospérer dans aucun milieu minéral artificiel, placées au contraire dans l'eau de mer pure (A. MIZZONI, 1901) ou simplement additionnée de sels azotés et phosphatés (DUFLOCQ et LEJONNE, 1898), se développent parfaitement dans ce milieu, qui leur offre les conditions minérales de l'organisme (conditions marines)[1], il ne peut sem-

1. Les travaux de cet ouvrage établissant que le *milieu vital* d'un organisme était un milieu marin, il devenait probable que les bactéries pathogènes qui vivent dans l'organisme devaient rencontrer dans l'eau de mer un milieu de culture favorable. M. DUFLOCQ, qui a été un des premiers à m'ouvrir son service dans les hôpitaux (août 1897) pour les essais de thérapeutique marine que j'ai dû y entreprendre, a bien voulu se charger de confirmer cette conception *a priori* (DUFLOCQ et LEJONNE, 1898). Je suis heureux de le remercier ici.

DUFLOCQ et LEJONNE s'expriment ainsi : « Les tentatives de culture des bactéries dans les liquides minéraux artificiels n'ont donné jusqu'ici que des résultats peu encourageants; ces liquides restent le plus souvent stériles, ou, quand le développement s'effectue, il est tout à fait pauvre et misérable. » Ils tentent la vie des bactéries pathogènes (ainsi que de champignons et de bactéries non pathogènes) dans une eau de mer : 1° ramenée par addition d'eau distillée à un taux salin voisin de l'isotonie organique; 2° simplement additionnée de lactate d'ammonium et de phosphate de soude ou d'ammonium, ou encore de glycérophosphate de soude, sels apportant l'azote et le phosphore nécessaires à toute manifestation vitale; 3° alcalinisée, stérilisée à 115°, enfin filtrée pour se débarrasser d'un abondant précipité ammoniaco-magnésien. Ils obtiennent la vie et acclimatent dans ce milieu : *a*) parmi les bacilles pathogènes : le bacille pyocianique, le bacille virgule du choléra, le pneumobacille de Friedlander, le bacille de la psittacose, le bacille de la fièvre typhoïde; *b*) parmi les bacilles non pathogènes : *le B. subtilis*; *c*) parmi les champignons : l'*Aspergillus niger*, le Muguet, l'*Actinomyces*, la Teigne.

« La première génération a été obtenue en ensemençant très largement

bler douteux, après le travail de Holub, que le *milieu vital* de l'Insecte ne possède de très près la composition minérale du *milieu vital* de l'Homme, — c'est-à-dire celle de l'eau de mer, comme il va résulter des deux Chapitres suivants.

APPENDICE

TECHNIQUE DES EXPÉRIENCES PERSONNELLES RAPPORTÉES PLUS HAUT

Prise de l'hémolymphe ou du liquide cœlomique. — Chez *Astacus fluviatilis*, procédé décrit déjà, p. 135, pour *Carcinus mœnas*, *Maia squinado*, *Homarus vulgaris*.

Chez *Helix pomatia*, l'animal est déjà débarrassé de la plus grande partie de sa coquille (partie ventrale). Une sonde cannelée est introduite dans la chambre pulmonaire, par l'orifice très visible de celle-ci; le plafond de la chambre pulmonaire est ainsi soulevé. Il suffit de l'entamer aux ciseaux pour obtenir le plus généralement une quantité assez abondante d'hémolymphe d'un beau bleu, légèrement mélangée de mucus.

Chez *Hirudo officinalis*, l'animal séché est étiré et fixé sur une planche de liège. Ouverture des vaisseaux médians, qui donnent une faible quantité d'un beau sang rouge. Le tégument étant mince, il peut arriver qu'on

---

chaque liquide avec une culture développée sur gélose ordinaire. Après un temps de 8 jours à 1 mois, le micro-organisme s'est acclimaté dans ce nouveau milieu. Avec quelques gouttes de la culture acclimatée, nous avons alors ensemencé des tubes de 2e génération qui se sont développés beaucoup plus vite, en 4 à 10 jours. Nous avons procédé de même, mais à des intervalles beaucoup plus rapprochés, pour obtenir des 3e, 4e, 5e et 6e générations. Enfin chaque génération développée dans les liquides a été reportée sur le milieu solide correspondant de gélose à l'eau de mer, et nous avons obtenu également des cultures abondantes. Certains germes ont ainsi été conduits jusqu'à la 8e et 9e générations. — Il nous semble permis de dire que les micro-organismes qui ont satisfait à ces conditions prospèrent sur nos milieux à l'eau de mer. »

Remarquons toutefois que les milieux de culture de Dufloco et Lejonne devaient avoir été rendus toxiques par la stérilisation à 115°, ainsi que nous l'ont montré un grand nombre d'expériences (voir plus loin, II, *V*, page 164, et Livre III). La présence du phosphate de soude avait dû contribuer encore à l'attaque du verre aux hautes températures de stérilisation. Il serait intéressant de voir si, en stérilisant par simple filtrage, le milieu de culture ne deviendrait pas plus favorable.

Mizzoni (1901), dans un travail de direction inverse, aboutit au même résultat théorique. Il isole un bacille vivant à l'état naturel dans les eaux du vieux port de Marseille. « Avec le bouillon lactosé », ce bacille « ne donne pas de fermentation. Sur pomme de terre, sa culture, du reste peu abondante, est invisible microscopiquement. » Or, injecté intra-péritonéalement au Cobaye à la dose de 1cc pour 100 grammes, il tue l'animal en dix-huit heures. On le retrouve « en culture pure dans les différents liquides organiques des animaux autopsiés... Sa virulence est exaltée par les passages successifs aux animaux ».

ouvre le tube digestif. La coloration noirâtre du liquide sanguin, digéré, qui s'écoule, ne permet aucune confusion.

Chez *Allolobophora*, sections longitudinales, particulièrement dans la région de la tête. Les Vers étant de grande taille et très vivaces, j'ai pu réunir jusqu'à 12 grammes de sang, sur un nombre, il est vrai, assez considérable de sujets. — Ce Ver, très abondant à Cazeau, est un excellent animal de laboratoire; il se conserve des mois à volonté.

Chez *Hydrophilus piceus* et *Dytiscus marginalis*, l'animal est séché, puis, d'un coup de ciseaux, décapsulé de la partie supérieure de la tête. Le vaisseau dorsal fait affluer l'hémolymphe, qui s'égoutte d'elle-même; il suffit de placer l'animal, la tête en bas, à l'extrémité supérieure d'un tube à essai. L'animal donne en moyenne $0^{cc},2$ d'hémolymphe.

Chez *Dytiscus*, où le liquide cœlomique abdominal est abondant, on peut, après section des élytres et des ailes et ouverture du tégument dorsal, aspirer avec une pipette l'hémolymphe.

Cette hémolymphe, chez les deux Insectes, est un liquide jaune ambré, comparable à la lymphe. Il noircit au contact de l'air.

Détermination des chlorures. — Par la réaction au nitrate d'argent; indicateur: chromate neutre de potassium.

Chez *Astacus*, l'observation du virage est toujours facile. Chez *Hydrophilus* et *Dytiscus*, il faut éviter d'agiter l'hémolymphe à l'air, afin qu'elle conserve son ton ambré, favorable à l'observation du virage. Chez *Allolobophora*, l'observation devient délicate par suite de la coloration rouge de l'hémolymphe. En additionnant d'eau distillée, préalablement vérifiée, le virage est rendu sensible. Chez *Hirudo*, l'hémolymphe est franchement rouge. Addition préalable de carbonate de soude à une quantité connue d'hémolymphe. Évaporation. Calcination à basse température du résidu sec; reprise des cendres (mélangées de charbon) par l'eau distillée; neutralisation par l'acide azotique. Recherche des chlorures sur ce liquide décoloré.

Quantité de liquide hémolymphatique sur laquelle les déterminations de chlorures ont été effectuées. — Premier groupe d'expériences, première série : $0^{cc},6$ à 1^{cc} d'hémolymphe, sauf pour la détermination du lot des 13 Écrevisses : $2^{cc},5$.

Premier groupe, deuxième série : $0^{cc},5$ à 1^{cc}.

Troisième groupe d'expériences : Escargot, $2^{cc},5$.

Expériences accessoires : Sangsue, $1^{cc},5$; — Ver de l'Étang de Cazeau, première détermination, 1^{cc}; deuxième, $1^{cc},5$; — Hydrophile, première détermination $0^{cc},55$, deuxième, $0^{cc},95$, troisième $1^{cc},57$; — Dytisque, première détermination, $0^{cc},3$, deuxième, $0^{cc}46$; troisième, $0^{cc},5$.

Quantité de sérum ou de liquide hémolymphatique sur laquelle la détermination du résidu sec et des cendres a été effectuée. — Écrevisse, 15^{cc}. — Escargot, $16^{cc},5$.

CHAPITRE V

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES VERTÉBRÉS

Résumé du Chapitre. — Deux démonstrations du maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, chez les Vertébrés; — première démonstration, physiologique; deuxième démonstration, chimique; — la première faisant l'objet de ce Chapitre.

Trois groupes d'expériences fondamentaux; un quatrième, accessoire. Dans toutes les expériences, l'eau de mer est ramenée à l'isotonie organique. Le terme « eau de mer » s'emploie ici pour ce liquide marin ramené à l'isotonie.

PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES. — Trois Chiens sont injectés en eau de mer, le premier des 66 centièmes, le second des 81 centièmes, le troisième des 104 centièmes de son poids (en 8^h14, 8^h40, 11^h40). Le rein élimine à la vitesse de l'injection. Pendant toute l'expérience, les animaux cessent à peine d'être normaux; aucune agitation; pas de troubles digestifs, ou négligeables; aucune hématurie; aucune albuminurie, ou insignifiante; tous les réflexes. Après 24 heures, le rétablissement est complet; les animaux présentent un aspect plus vif qu'avant l'expérience.

DEUXIÈME GROUPE. — Deux Chiens sont saignés à blanc par l'artère fémorale (saignée entraînant la mort de l'animal si celui-ci est abandonné à lui-même), puis aussitôt injectés d'eau de mer d'une quantité égale à celle du sang perdu. Le lendemain, ils ***trottent***. Ils triomphent de l'infection déterminée par la plaie, reconstituent rapidement l'hémoglobine perdue. Au bout de quelques jours, leur rétablissement est complet. leur aspect plus vif qu'avant l'expérience.

TROISIÈME GROUPE. — La vie du globule blanc est tentée dans l'eau de mer. Le globule blanc est par excellence le témoin du *milieu vital*. Il est en effet le seul élément qui, par son pouvoir de diapédèse, vive de la vie générale de l'organisme, au contact de chacun des tissus, ***dans toutes les régions de l'économie***. D'autre part, sa délicatesse est telle, qu'il est réputé ne vivre dans aucun milieu artificiel. Sa vie dans l'eau de mer, au cas où on l'y obtiendrait, serait donc particulièrement démonstrative. L'expérience porte sur : Poissons, *Tanche*; Batraciens, *Grenouille*; Reptiles, *Lézard*; Mammifères, *Homme*, *Lapin*, *Chien*; Oiseaux, *Capucin de Chine*, *Poule*, c'est-à-dire sur 8 espèces appartenant aux 5 classes de l'embranchement des Vertébrés. Une unité de sang de chacune de ces espèces est noyée dans 25, 50, 100 unités d'eau de mer. Dans tous les cas, le résultat a été positif. Le globule blanc de toutes les espèces expéri-

mentées vit dans l'eau de mer, avec tous les signes d'une existence normale.

En résumé, dans le ***premier groupe***, on a pu injecter un organisme de plus du poids de son corps en eau de mer, c'est-à-dire de trois fois la masse de son *milieu vital*, sans que cet organisme subisse aucun dommage. Le rein éliminant à la vitesse de l'injection, et l'élimination ayant dû porter nécessairement sur le *milieu vital* aussi bien que sur le liquide injecté, on peut considérer ce *milieu vital* comme ayant dû se trouver à peu près renouvelé à la fin de l'injection. Or, de ce renouvellement, on a vu l'organisme ne témoigner aucun trouble, bien mieux, accuser, semble-t-il, un bénéfice. — Le travail rénal permet encore d'apprecier l'intégrité de la vie cellulaire en présence de l'eau de mer injectée. Les cellules rénales du Chien, éliminant à l'état normal 150 gr. d'urine en 12 heures, ont pu en éliminer dans la même expérience 10 kilogr. dans le même temps, soit un volume ***60*** *fois supérieur*, sans que la richesse de cette urine tombât à aucun moment au-dessous de la richesse moléculaire du liquide d'injection, ni sans que le rein témoignât d'une fatigue sensible, auquel cas l'albumine eût passé en abondance. A la fin de l'expérience, l'eau de mer se trouvant substituée en partie au *milieu vital* primitif, le travail rénal n'accusait aucun affaiblissement.

Dans le ***deuxième groupe***, l'organisme a été placé, par la saignée à blanc, sur les limites des conditions compatibles avec la vie, donc dans les circonstances les plus défavorables pour résister à toute intervention *qui aurait un caractère toxique. Or, l'eau de mer injectée a présidé au* relèvement organique, à la leucocytose déterminée par l'infection dont elle a triomphé, à la réparation des forces, à la reconstitution rapide du tissu sanguin, plus riche au bout de quelques jours en hémoglobine qu'avant l'expérience.

Dans le ***troisième groupe***, on a vu, contre toute attente, le *globule blanc*, réputé jusqu'ici comme ne pouvant vivre dans aucun milieu, en dehors des milieux organiques, vivre dans l'eau de mer où il était brusquement porté, le changement de milieu étant complet, une unité de sang se trouvant diluée dans ces expériences, dans 25, 50 et 100 unités d'eau de mer.

Ainsi, l'eau de mer, substituée d'une façon ou d'une autre, partiellement ou totalement, au *milieu vital* d'un Vertébré, se comporte auprès de ses cellules (au moins sensiblement) comme le *milieu vital* lui-même. Entre l'eau de mer et le milieu vital du Vertébré, il y a physiologiquement identité.

Dans un ***quatrième groupe*** d'expériences (accessoire pour la pure démonstration marine), on établit la supériorité physiologique de l'eau de mer sur la simple solution chlorurée sodique, employée depuis quelques années empiriquement, et qui ne doit les effets déjà remarquables qu'on lui connait qu'à sa composition chimique, voisine du *milieu vital* ou de l'eau de mer.

Pour la théorie marine qui nous occupe, l'embranchement des Vertébrés est le plus important du règne animal. 1° Il comprend les organismes les plus éloignés de la souche marine (Mammi-

fères, Oiseaux), ceux chez lesquels par conséquent le *milieu vital* originel a pu subir les plus grandes modifications. 2° Il possède comme ancêtres immédiats marins, des organismes (Poissons) qui, contrairement à tous les Invertébrés marins, n'ont déjà plus pour *milieu vital de leurs cellules* le milieu marin lui-même. Les Poissons, en effet, sont fermés au milieu extérieur; ils ne communiquent avec lui ni directement, ni osmotiquement; leur *milieu vital* témoigne d'une concentration moléculaire indépendante de celle de l'extérieur (voir précédemment page 146, et plus loin, Livre II).

Les Vertébrés, les Vertébrés supérieurs principalement (Mammifères, Oiseaux) étaient donc de tous les organismes animaux ceux chez lesquels le maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, était le plus douteux, devait être par conséquent le plus démonstratif. Comme, d'autre part, ces Vertébrés supérieurs (Mammifères, Oiseaux) sont, de tout le règne animal, les organismes doués de la plus grande puissance vitale, c'est-à-dire ceux chez lesquels les cellules rencontrent évidemment les conditions de vie les plus propices, le fait que la condition marine fût au nombre de celles-ci, devait être de la plus haute signification.

Deux démonstrations du maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, chez les Vertébrés. — La première, physiologique, faisant l'objet de ce Chapitre; la seconde, chimique, faisant l'objet du Chapitre suivant.

Démonstration physiologique. — Trois premiers groupes d'expériences, fondamentaux; un quatrième, accessoire. Les expériences des deux premiers groupes, effectuées sur un des représentants les plus élevés de l'embranchement, un des plus éloignés de la souche marine (Chien), témoignant donc *a fortiori* pour tous les représentants inférieurs. Celles du troisième groupe, effectuées sur un ou plusieurs représentants, de chacune des classes de l'embranchement: Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, Oiseaux.

Détermination des expériences fondamentales à effectuer pour la démonstration de la théorie marine. — On se dit : si le *milieu vital* du Vertébré est un milieu marin, 1° l'eau de mer, portée dans un organisme au contact de toutes les cellules (par la

voie intra-veineuse, par exemple, la plus rapide), devra s'y comporter comme un *milieu vital*, c'est-à-dire n'y déterminer aucun accident d'ordre toxique; la quantité d'eau de mer dont un organisme pourra supporter l'introduction dans ses tissus devra donc, *a priori*, être considérable; 2° on pourra soustraire à un organisme une partie importante de son *milieu vital* et la remplacer par une quantité égale d'eau de mer, sans que l'organisme expérimenté subisse aucun dommage; 3° des cellules organiques, extraites de leur *milieu vital* et portées subitement dans l'eau de mer, devront y continuer leur vie normale.

D'où, trois groupes d'expériences décidés. — Premier groupe. — Injection d'eau de mer sur un Vertébré élevé, par la voie intra-veineuse, à dose considérable. Observation des résultats. (Le Chien est choisi comme l'animal le plus commode d'expérience parmi les Vertébrés les plus élevés, les plus éloignés de la souche marine.) — Deuxième groupe. — Saignée à blanc d'un Vertébré élevé (Chien également). Remplacement du sang perdu par une quantité égale d'eau de mer. Observation des résultats. — Troisième groupe. — Extraction de sang chez différents représentants de toutes les classes de Vertébrés : Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, Oiseaux. Mélange d'une unité de ce sang avec un nombre plus ou moins considérable d'unités d'eau de mer. Observation de la vie des cellules (globules blancs) dans ce nouveau milieu, où elles se trouveront véritablement noyées.

Ces expériences décidées sont bien les expériences cruciales à effectuer. Leurs conditions sont si sévères qu'elles pourraient même échouer en partie, sans entraîner le rejet de la théorie. En effet: quant au type d'expérience du premier groupe, ce n'est pas impunément qu'on peut injecter un organisme d'une quantité considérable d'un liquide étranger, si ***vital*** soit-il; on impose d'abord à l'économie une surcharge anormale, brusque ou prolongée, suivant la vitesse forte ou faible de l'injection; on demande ensuite au rein, par lequel s'effectue l'élimination du liquide étranger, un travail ***hors de toute proportion*** avec son travail coutumier. Dans le type d'expérience du second groupe, la saignée à blanc soustrait à l'organisme autre chose qu'une partie de son *milieu vital*, elle lui soustrait en même temps plus de la moitié d'un de ses tissus les plus importants, le tissu sanguin, soustraction qui d'elle-même entraîne la mort de l'animal.

Dans le type d'expérience du troisième groupe, enfin, on se propose de faire vivre dans l'eau de mer une cellule d'une délicatesse telle que, jusqu'au moment où ces expériences ont été entreprises, cette cellule (globule blanc) était réputée ne pouvoir vivre dans aucun milieu, hors les milieux organiques.

Eau de mer d'expérience. — L'eau de mer qui va servir à l'expérimentation a été captée à la Station zoologique d'Arcachon par M. le professeur Jolyet. Elle est recueillie à dix mètres de profondeur, à l'entrée du chenal, à marée montante, deux ou trois heures environ après le début du courant de marée, en sorte que cette eau peut être considérée à peu près comme de l'eau du large.

Cette eau, expédiée au Collège de France telle quelle, sans stérilisation préalable, montre une grande pureté. Elle est employée dans un délai de un jour à huit jours, pendant les mois d'été, de un jour à trois semaines, pendant les mois d'hiver, et invariablement sans avoir été stérilisée. Ces remarques offrent une importance majeure, car des eaux de mer 1° recueillies sur le littoral, souillées par les déchets de la côte ; 2° ou recueillies au large et parfaitement pures, mais employées trop longtemps après leur capture ; 3° ou simplement stérilisées à 120 degrés à l'autoclave, dans un ballon de verre, se sont montrées presque toujours toxiques. L'eau à employer pour le laboratoire (ou la clinique) est donc une eau venant du large, très pure, récente et non stérilisée à l'autoclave, au moins selon les méthodes ordinaires [1].

D'autre part, dans toutes les expériences, l'eau de mer a été ramenée, par addition d'eau distillée, à l'isotonie organique, c'est-à-dire à la concentration moléculaire du *milieu vital* de l'animal expérimenté. (Pour le Chien, eau de mer 83, eau distillée 190, mélange congelant au point de congélation du sérum de Chien : —0°,55. Détermination effectuée par M. Winter, en son laboratoire particulier, juin 1897.) Cette dilution première était indispensable, afin d'éviter dans les tissus des phénomènes mécaniques

1. Je ne saurais trop remercier M. le professeur Jolyet des soins minutieux qu'il a apportés pendant deux ans à toutes les captures d'eau de mer dont je l'ai prié. J'ai pu apprécier, ailleurs et depuis, les difficultés que comporte la capture d'une eau de mer pure. Je n'hésite pas à dire que le succès des expériences qui suivent, est dû en partie à M. Jolyet, grâce aux envois qu'il a bien voulu me faire d'une eau de mer recueillie dans les plus parfaites conditions, après des heures bien souvent de recherche et de fatigue.

d'osmose, qui eussent masqué les phénomènes chimiques qu'on se proposait d'observer. Mais il est bien compris que cette addition d'eau distillée ***ne change aucunement le caractère chimique de l'eau de mer, qu'elle n'en modifie qu'une qualité purement physique : la concentration***. L'eau de mer, additionnée d'eau distillée, ***ne cesse aucunement d'être de l'eau de mer,*** non plus qu'un air raréfié, celui d'un sommet montagneux, par exemple, ***ne cesse d'être de l'air*** (voir précédemment page 146). Pour la commodité du langage, le terme *eau de mer* s'entendra invariablement dans ce Chapitre, sauf indication contraire, pour cette dilution à 83 pour 190, isotonique au sérum du Chien.

Calculs pour les poids d'animaux, poids ou volumes d'injection, d'excrétion, d'alimentation, vitesses d'injection, d'élimination, etc. — Dans le compte rendu des expériences qui suivent, aussi bien du premier que des deuxième et quatrième groupes, le poids absolu du Chien sera donné au début. Mais aussitôt, et pour le compte rendu tout entier, le Chien sera supposé peser un poids idéal et constant de 10 kilogr. Les nombreux chiffres mesurant l'injection, les excrétions, l'alimentation, les saignées, etc., seront tous calculés invariablement pour ce poids idéal de Chien de 10 kilogr. et rendus ainsi comparatifs. Les vitesses d'injection et d'élimination par minute seront données également pour un poids de Chien de 10 kilogr. Il suffira d'un déplacement de virgule sur la gauche, pour les ramener aux vitesses généralement calculées : vitesses par minute et par kilogramme d'animal.

PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES

Injections intra-organiques d'eau de mer, par la veine saphène, sur Chiens adultes normaux.

Travail du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes-Études du Collège de France (1897)[1].

On se propose dans ce groupe d'expériences, d'injecter d'eau de mer, par la voie veineuse, un Vertébré élevé (Chien). Si le *milieu vital* de l'animal est un milieu marin, le liquide marin devra se comporter dans l'organisme comme un milieu vital, c'est-à-dire n'y déterminer chimiquement aucun phénomène toxi-

[1] R. Quinton, 1897, *Soc. de Biolog.*, p. 965.

que[1]; la quantité d'eau de mer dont l'animal pourra supporter l'introduction dans ses tissus, devra donc *a priori* être considérable[2].

Expérience I. — Chien levrier mâtiné. (Poids réel : 11 kg.) Poids ramené : 10 kg. — Température rectale : 38°,6. — Température extérieure : 16°. — Température de l'injection : 28° environ. Le Chien est couvert.

L'injection intra-veineuse d'eau de mer dure 8h 14m. Elle atteint, au bout de ce temps, les ***66 centièmes*** du poids du corps de l'animal. Elle a été divisée en deux périodes de vitesse; la première, comptée de 0 minute à 1h 30, à raison de 9cc,2 par minute et par 10 kg. d'animal; la seconde, de 1h 30 à 8h 14, à raison de 14cc,5. Le rein, aussitôt sa mise en train effectuée, élimine à la vitesse de l'injection. (Vitesse de l'élimination urinaire dans la seconde période : 14cc,4.)

Pendant toute la durée de l'expérience, aucune diarrhée, aucune agitation, tous les réflexes. Un seul vomissement à 4h 07, de 70cc d'un liquide jaune. La température rectale, continuellement tombant, atteint à la fin de l'injection 34°,5. L'animal a reçu à ce moment 6kg,600 d'eau de mer, et a excrété 6kg,127 d'urine. La densité de cette urine, de 1016 à la 50e minute de l'injection, s'abaisse à la troisième heure à 1007,5 où elle se tient. L'eau de mer injectée marquait au même densimètre 1007.

L'animal, mis sur pied, se promène aussitôt. Une heure et quart ensuite, il donne au thermomètre 38°,1. L'animal, trottant et flairant, paraît normal, sans même une apparence de lassitude. Une heure ensuite, 38°,55. Il boit 155 grammes d'eau et mange la viande qu'on lui apporte.

Le surlendemain, l'urine, normalement colorée, pèse 1026. Quelques traces d'albumine. Aucune diarrhée, aucun vomissement pendant les deux jours. L'animal est remis.

Expérience II. — Chien des rues. (Poids réel : 7 kg.) Poids ramené : 10 kg. — Température rectale : 38°,2. Température extérieure, 16°. Température de l'injection, 28° environ. Le Chien est couvert.

L'injection intra-veineuse d'eau de mer dure 8h 40. Elle atteint au bout de ce temps, les ***81 centièmes*** du poids du corps de l'animal. Elle a été divisée en trois périodes de vitesse; la première, de 0 minute à 3h 20, à raison de 10cc par minute et par 10 kg. d'animal; la seconde, de 3h 20 à 4h 40, à raison de 14cc,6; la troisième, de 4h 40 à 8h 40, à raison de 20cc,4. Le rein, dans les deux dernières périodes, élimine à une vitesse légèrement supérieure à celle de l'injection. (Vitesses de l'élimination urinaire, dans les deuxième et troisième périodes : 17cc; 20cc,9.)

Pendant toute la durée de l'expérience, aucune diarrhée, aucun vomissement, aucune hématurie, tous les réflexes. La température rectale tombe à la fin de l'injection à 34°,1. L'animal a reçu à ce moment 8kg,100

---

1. Si l'injection était trop rapide, supérieure comme vitesse à la vitesse d'élimination, il y aurait au bout de quelque temps distension de l'organisme par la charge croissante d'eau que celui-ci aurait à supporter, et, par conséquent alors, phénomènes toxiques, mais d'ordre purement mécanique et non chimique. (Voir Expérience IV.)

2. Limitée toutefois par la physiologie du rein. Le rein ayant à éliminer tout le liquide injecté et ne possédant, comme tous les organes, qu'un pouvoir fonctionnel restreint, il est évident que même dans le cas d'innocuité absolue du liquide injecté, un travail excessif altérerait à la longue la cellule rénale, qui cesserait de fonctionner.

d'eau de mer et excrété 7ᵏᵍ,714 d'urine. La densité de l'urine suit le même cours que dans l'expérience qui précède.

L'animal détaché ne parvient qu'à se traîner sur le ventre. Il paraît fortement abattu.

Le lendemain matin, douze heures et demie après la fin de l'injection, l'animal, remarquablement vif et gai, galope et saute dans le laboratoire. L'urine de la nuit, déjà recolorée, donne 1015 au densimètre. Aucune trace d'albumine. Température rectale, 38°,2. L'animal est remis.

Expérience III. — (Expérience L. Hallion, 1897, *Soc. de biol.*, p. 1042. L'expérience est résumée ici à la façon des précédentes. On en trouvera le texte à l'Appendice, p. 208.)

Chien basset mâtiné. (Poids réel : 6ᵏᵍ,5). Poids ramené : 10 kg. — Température rectale : 39°,7. Température extérieure : 15°. — Température de l'injection : 35 à 40° environ. Le Chien est couvert.

L'injection intra-veineuse d'eau de mer dure 11ʰ40. Elle atteint, au bout de ce temps, les ***104 centièmes*** du poids du corps de l'animal. La vitesse moyenne d'injection a été de 14ᶜᶜ,9, celle de l'élimination urinaire, une fois le travail du rein établi, à peu près identique. (Vitesse de l'élimination urinaire, du début de la première heure à la fin de l'injection : 14ᶜᶜ,5 environ, — chiffre très voisin de la réalité, mais non précis, une petite quantité d'urine ayant été perdue à un moment de l'expérience.)

Pendant toute la durée de l'injection, aucune agitation, aucune diarrhée, aucune albuminurie, tous les réflexes. — L'animal ne cesse de suivre de l'œil l'opérateur et réagit à chaque caresse. De 1ʰ57 à 5ʰ20, quelques vomissements d'un liquide jaune (50 cc. environ, en totalité). La température rectale, à variations très réduites, descend au plus bas à 36°,8. A la fin de l'injection, 37°,2. L'animal a reçu à ce moment 10ᵏᵍ,400 d'eau de mer et excrété 9ᵏᵍ,400 d'urine (environ). La densité de cette urine, de 1013 pour les 150 premiers centimètres cubes, tombe vers la fin de la 2ᵉ heure à 1006,5, pour se relever graduellement et finir à 1010. L'eau de mer marquait au même densimètre et à la même température 1005,6.

L'animal, mis sur pied 1ʰ10 après la fin de l'injection, se promène aussitôt, avec toutes les apparences d'un Chien normal, sauf une légère boiterie, due à la ligature des pattes, maintenue pendant les treize heures d'expérience. Une heure dix minutes ensuite, température rectale : 39°.

Le lendemain, quatorze heures après la fin de l'injection, l'animal remarquablement vif et gai, galope et saute dans le laboratoire. Il mange en deux fois 600 gr. de viande qu'on lui apporte et boit 100 gr. d'eau. L'urine recueillie pendant la nuit donne un léger nuage d'albumine.

Le surlendemain et les jours suivants, le Chien continue à présenter le même aspect, plus vif qu'avant l'expérience. Ni diarrhée, ni vomissement, aucun trouble. L'albuminurie décroît et disparaît. L'animal est remis.

A ces trois expériences typiques, on peut joindre cette quatrième, conçue sur un autre plan. Elle consiste à injecter brusquement le Chien d'une quantité considérable d'eau de mer, de façon à ne pas donner au rein le temps d'éliminer et à transformer ainsi l'organisme en une masse d'eau marine. On conçoit les dangers purement mécaniques d'une telle expérience, par la surcharge énorme et brusque qu'elle impose à l'économie.

Expérience IV (Quinton et Julia). — Chien des rues. (Poids réel : 5 kg.) Poids ramené : 10 kg. — Température rectale : 38°,2. Température extérieure : 25°. Température de l'injection : indéterminée, inférieure de quelques degrés à celle-ci.

L'injection se divise en trois périodes de vitesse.

Première période, de 0 minute à 30 minutes ; vitesse d'injection : 67cc,5 par minute et par 10 kg. d'animal. — Agitation d'abord violente, bientôt suivie d'un calme comateux. Contractures. Difficulté et efforts respiratoires croissants. Exorbitisme. Énorme ballonnement abdominal rendant la bête méconnaissable. Ralentissement cardiaque. Disparition du réflexe cornéen. (Il suffit à ce moment, comme il résulte d'autres expériences, d'une prolongation très courte de l'injection pour déterminer l'arrêt respiratoire et par conséquent la mort.) Vitesse moyenne de l'élimination rénale pendant ces trente premières minutes, relativement très lente : 5cc par minute et par 10 kg. d'animal. Chute de la température rectale de 38°,2 à 33°,6.

Deuxième période, de 30 minutes à 67 minutes. — La vitesse d'injection est réglée sur celle de l'élimination rénale, soit 5cc,4. Une même quantité d'eau de mer reste donc au contact des tissus. Si la toxicité de l'injection était chimique, les accidents respiratoires, cardiaques, nerveux, ne pourraient que s'aggraver. Or, le cœur se réaccélère, l'oppression diminue, les frissons commencent, la température remonte, l'élimination rénale grandit, le réflexe cornéen reparaît.

Troisième période, de 67 minutes à 90 minutes. — Reprise de l'injection à une vitesse rapide : 58cc,2. Réapparition et aggravation des accidents signalés. Arrêt immédiat des frissons. Ralentissement de l'élimination rénale. Abolition du réflexe cornéen. Extrême réduction de l'amplitude respiratoire. Intensité plus forte des contractures. Ballonnement général. Coma. Chute thermique à 32°,5.

Arrêt de l'injection.

Elle atteint à ce moment 3kg,560. L'élimination rénale atteint seulement 0kg,464. L'organisme supporte donc dans ses tissus une surcharge en eau de mer d'au moins 3kg,100, soit les ***31 centièmes*** de son poids, c'est-à-dire d'une quantité ***à peu près égale à la masse entière*** de son *milieu vital*.

Aussitôt l'injection arrêtée, la température remonte, l'élimination rénale s'accélère. Après 10 minutes, le réflexe cornéen reparaît.

Détaché, l'animal titube. Son ballonnement le rend méconnaissable. Il fait quelques pas et s'affaisse. La respiration est toujours pénible. Diarrhée uniquement liquide.

2e jour. — Vingt-quatre heures après l'injection, urine : 2560 cc. à demi recolorée. L'animal marche lentement et refuse toute nourriture.

3e jour. — Urine des 24 heures : 250 cc., normalement colorée. Température rectale, 39°. L'animal boit 300 gr. d'eau et refuse toute nourriture jusqu'au soir, où il mange 600 gr. de viande et boit de nouveau 120 gr. d'eau.

4e jour. — Urine : 300 cc. — Viande : 600 gr. Eau : 400 cc. État de tristesse.

5e jour. — Urine : 300. — Viande : 600 gr. Eau : 260.

6e jour. — Urine : 300. — Viande : 600 gr. Eau : 240. L'état s'améliore lentement.

11e jour. — L'animal, entièrement remis, témoigne d'une gaîté et d'une exubérance extrêmes, malgré un séjour de 5 jours dans les caves. Son poids n'a pas varié : 5 kg.

DEUXIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

Saignée à blanc d'un organisme et remplacement du sang soustrait par une quantité égale d'eau de mer.

Travail du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes-Études du Collège de France (1897)[1].

On se propose dans ce groupe d'expériences de soustraire à un Vertébré élevé (Chien), par la saignée à blanc, une partie de son *milieu vital*, et de la remplacer par une quantité égale d'eau de mer. — Mais il faut remarquer que la saignée à blanc soustrait à l'organisme autre chose qu'une partie de son *milieu vital*; elle lui soustrait en même temps une partie considérable d'un de ses tissus les plus importants, le tissu sanguin, chargé de l'oxygénation de l'organisme : la fonction respiratoire est ainsi touchée dans sa partie vive. Elle lui soustrait en outre tous les globules blancs (phagocytes) venus avec le sang, au moment même où l'organisme, opéré sans précaution d'aseptie, va avoir à lutter contre l'infection déterminée par la plaie. Elle le place enfin sur la limite des conditions compatibles avec la vie. Hayem, dans ses travaux classique, Faney (1896) ont montré en effet que la saignée à blanc, quand elle atteint 1/19 du poids du corps, détermine invariablement la mort de l'animal, si celui-ci est abandonné à lui-même. La saignée à blanc met donc l'organisme dans les conditions les plus défavorables pour résister à toute intervention qui aurait un caractère toxique, les plus démonstratives par conséquent quant aux qualités *vitales* de l'eau de mer, si celle-ci possède ces qualités.

Expériences. — La numération des globules et le chromométrage de l'hémoglobine sont effectués par M. Jolly, du Laboratoire d'Histologie du Collège de France.

Expérience I. — Dog mâtiné. (Poids réel 14ᵏᵍ,5.) Poids ramené : 10 kg. Globules rouges, 6 700 000; globules blancs, 15 800; hémoglobine au chromomètre de Malassez, 17. — Température rectale, 39°. Température extérieure, 23°.

Saignée rapide, sans précaution d'aseptie, de 478 gr. par l'artère fémorale, soit plus de $\frac{1}{21}$ du poids du corps. Injection immédiate par la veine saphène de 434 cc. d'eau de mer, à 23°, en 20 minutes. L'animal pré-

1. R. Quinton, 1897, *Soc. de Biolog.*, p. 890.

sente d'abord un abattement inquiétant, sans disparition, toutefois, du réflexe cornéen. A la 15e minute de l'injection, la paupière s'entr'ouvre pour la première fois d'elle-même. A la 18e minute, gémissements. — Fin de l'injection, 57°,6.

Globules rouges, 4500000; globules blancs, 3400; hémoglobine, 14. Gonflement des globules rouges très appréciable.

Mis sur pied 16 minutes après la fin de l'injection, l'animal se rend aussitôt, sans faiblir, auprès d'un Chien à l'attache à l'autre extrémité du Laboratoire, et le flaire. La marche est facile, l'aspect las. Aucun frisson. Il se dégage à plusieurs reprises d'une couverture qu'on veut lui imposer.

Dix-huit heures après la saignée, l'animal ***trotte***. — Pas de suppuration de la plaie, qu'il se lèche.

Le 5e jour, l'animal présente un aspect plus vif qu'avant l'expérience. L'hémoglobine donne 16 au chromomètre, et 17,5 le 9e jour, c'est-à-dire un chiffre supérieur au chiffre obtenu avant la saignée.

L'animal reste en observation un mois. État parfait.

Expérience II. — Chien. (Poids réel 12kg,400). Poids ramené : 10 kg.

Globules rouges, 6800000; globules blancs, 14000; hémoglobine, 19. — Température rectale : 39°,2. Température extérieure : 23°.

Saignée ***à blanc***, sans précautions d'aseptie, de 485 gr. par l'artère fémorale, en 4 minutes. L'écoulement tarissant, l'animal est massé pendant 5 minutes sur la fémorale. Total du sang exprimé : 491 gr., soit $\frac{1}{20}$ du poids du corps.

Devant l'impossibilité d'exprimer plus de sang, l'injection commence. Le réflexe cornéen est aboli aussitôt. Injection en 11 minutes de 552 cc. d'eau de mer, à 23°. Le réflexe reparaît. Fin de l'injection, 38°,2.

L'animal, détaché, montre un abattement considérable. Il s'affaisse, et parvient tout au plus à se relever. La peau du cou garde le pli qu'on lui imprime. La marche est impossible; la respiration, haletante, très courte. Placée sur une couverture, la bête y reste étendue sans mouvement.

2e jour. — Le lendemain, 21 heures après la saignée, l'animal *trotte*. — Globules rouges, 2900000; globules blancs, 15400; hémoglobine, 12. — Ces chiffres témoignent de l'énorme saignée pratiquée. — Température rectale : 39°,5. L'animal boit et mange.

3e jour. — L'état change. La plaie suppure; la fièvre prend : 40°. Inappétence absolue. La tristesse et l'abattement deviennent extrêmes; l'état apparaît comme grave. L'intérêt expérimental s'accroît, le problème devenant celui-ci : pour lutter contre l'infection, l'organisme, appauvri par la saignée, pourra-t-il, en présence de l'eau de mer injectée, accomplir sa leucocytose?

4e jour. — L'état se prolonge avec la même gravité. Mais l'examen du sang donne (prise effectuée sur une autre oreille, afin d'éviter l'erreur qui pourrait résulter d'une leucocytose locale) : globules rouges, 5020000, globules blancs, 24000, hémoglobine, 16. La leucocytose est donc accomplie; le rapport des globules blancs aux globules rouges de 1 pour 484 avant la saignée, atteint ici 1 pour 125. Dans la soirée même, l'animal mange 400 gr. de viande.

Le rétablissement est rapide.

Le 8e jour, l'exubérance devient exagérée, malgré la jambe qui recommence à peine à faire bon office. Cet excès de vivacité, signalé dans toutes les expériences qui précèdent, s'accentue encore les jours suivants.

L'animal, conservé, vit encore en 1902, cinq ans après l'expérience.

TROISIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

Vie du globule blanc dans l'eau de mer, à travers toutes les classes de l'embranchement : Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, Oiseaux.

Travail du Laboratoire d'Embryologie comparée, du Collège de France (1897-1898)[1].

On se propose, dans ce groupe d'expériences, de prélever une unité de sang sur différents organismes appartenant à toutes les classes de l'embranchement des Vertébrés (Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, Oiseaux), de diluer cette unité de sang dans un nombre élevé d'unités d'eau de mer (1 unité de sang; 25, 50, 100 unités d'eau de mer), d'observer, dans ce nouveau milieu où le globule blanc se trouvera subitement noyé, la continuité ou l'arrêt de sa vie.

Le globule blanc était bien la cellule de choix sur laquelle expérimenter : 1° Toutes les autres cellules organiques ne vivent dans l'économie que d'une vie locale. Les globules rouges eux-mêmes, malgré leur apparence de mobilité et de diffusion, sont limités comme champ de vie à un système vasculaire clos, ne représentant que le douzième en poids de l'organisme. Le *globule blanc* seul, par son pouvoir de diapédèse lui rendant perméables les parois, vit essentiellement de la vie générale de l'organisme, au contact de chacun des tissus, dans toutes les régions de l'économie. Il doit donc être considéré par excellence comme le témoin du *milieu vital*. 2° Sa vie est facilement appréciable par tout un ensemble de caractères spéciaux (réfringence, invisibilité du noyau, adhérence, mouvements amiboïdes, etc.). 3° Sa délicatesse est telle, qu'il est réputé ne vivre dans aucun milieu artificiel. Seuls les liquides naturels de l'organisme : plasmas sanguin ou lymphatique, liquides amniotiques, etc., permettent de le maintenir vivant. Toute solution artificielle détermine rapidement sa mort. Le globule blanc de la Grenouille ne vit pas même dans l'humeur aqueuse du même animal (Ranvier). Sa vie dans l'eau de mer, au cas où elle y serait obtenue, serait donc tout particulièrement démonstrative[2].

1. Quinton, 1898, *Soc. de Biolog.*, p. 469.

2. Cette délicatesse du globule blanc est telle que je ne me suis résolu à ce groupe d'expériences qu'après le succès des deux premières, persuadé, avec tous les histologistes, que l'expérience ne pouvait réussir par la fragilité même de la cellule : le travail de Jolly (1897) sur la vie du globule blanc dans la solution chlorurée sodique n'était pas à cette époque publié.

L'expérience a porté sur :

Poissons. — Tanche (Poisson d'eau douce, c'est-à-dire déjà éloigné de la souche marine);

Batraciens. — Grenouille;

Reptiles. — Lézard;

Mammifères. — Homme, Lapin, Chien;

Oiseaux. — Capucin de Chine (*Munia sinensis*), Poule.

Le mélange d'eau de mer et d'eau distillée a été effectué de telle sorte qu'il accusât, pour 1 litre, en chlorures, par la réaction au nitrate d'argent

6gr,6 pour les Poissons, Batraciens, Reptiles;
9gr pour l'Homme;
10gr pour les autres Mammifères;
11gr pour les Oiseaux[1].

Pour chacune des espèces précitées, un volume de sang a été dilué dans 25, 50, 100 et parfois 200 volumes d'eau de mer (Grenouille). Le mélange opéré avec la pipette graduée à mélangeur, une goutte de liquide était portée sur le plateau de la chambre à air de Ranvier, recouverte d'une lamelle mince lutée ensuite à la paraffine. L'observation des globules blancs s'est effectuée pour les classes d'animaux à sang froid à la température du laboratoire, pour les deux classes de Vertébrés à sang chaud sur la platine chauffante de d'Arsonval.

Or, dans tous les cas, les globules blancs, baignés du liquide marin, et malgré l'énorme proportion de celui-ci, ont continué, chez toutes les espèces expérimentées, à présenter tous les signes extérieurs d'une vie normale : réfringence, invisibilité du noyau, émission de pseudopodes, passage du corps protoplasmique dans le corps du pseudopode, reptation, déplacement du globule dans le champ microscopique, sur le plateau inférieur de la chambre à air ou sur la paroi intérieure de la lamelle mince, où le globule restait adhérent.

Les durées minima *observées*, de ces mouvements amiboïdes, ont été de cinq heures chez le Capucin de Chine (*Munia sinensis*).

Les durées maxima ont été constatées chez l'Homme, la Grenouille, le Lapin. Le globule blanc de l'Homme a été observé vivant au bout de vingt et une heures, celui de la Grenouille au bout de vingt-sept heures, celui du Lapin au bout de vingt-huit heures et vingt minutes.

Ces durées seront facilement dépassées. Elles ont été atteintes sans aucune précaution d'aseptie. Après dix heures, les préparations étaient envahies de micro-organismes, qui, d'une part altérant le milieu par toutes les toxines sécrétées, d'autre part s'attaquant aux globules blancs soumis à l'observation, hâtaient fatalement leur mort. Vaquez (1897) a signalé l'importance des précautions aseptiques dans la conservation des globules du

1. On entendra par *eau de mer*, dans ce groupe d'expériences, chacun de ces mélanges, et non plus le seul mélange à 85 pour 190, employé dans les deux groupes d'expériences qui précèdent.

sang. Après un mois de séjour dans une solution marine stérile, les globules sanguins lui ont présenté un état de conservation parfait. Dans les solutions non stériles que j'ai employées, l'état crénelé du globule rouge était immédiat, et sa dissolution complète après trois jours.

Ces durées de vingt et une à vingt-huit heures suffisent toutefois par elles-mêmes, doublant et triplant déjà les durées les plus longues obtenues dans des milieux artificiels. Dans ses expériences sur la vie du globule blanc dans la solution chlorurée sodique, JOLLY (1897), opérant cependant sur des dilutions moindres que les précédentes (1 volume de sang, 10 volumes de solution), n'a pas pu déceler de mouvements amiboïdes après dix heures de préparation.

Le globule blanc, témoin par excellence du *milieu vital* et délicat au point de supporter difficilement la moindre altération de milieu, vit donc dans l'eau de mer.

Résumé des trois groupes d'expériences qui précèdent. — DÉMONSTRATION PHYSIOLOGIQUE EFFECTUÉE. — Considérons les expériences des trois groupes qui précèdent dans ce qu'elles ont de significatif.

1° Dans le premier groupe, on a pu injecter un organisme de plus du poids de son corps en eau de mer, en moins de douze heures. ***Cette quantité d'eau de mer équivaut à trois fois la masse du milieu vital.*** Comme le rein éliminait à la vitesse de l'injection, et que cette élimination portait évidemment sur le *milieu vital* en même temps que sur le liquide d'injection, il en résulte d'abord qu'à la fin de l'expérience une partie très importante du *milieu vital* primitif devait se trouver éliminée et remplacée par l'eau de mer. ***Le nouveau milieu vital, baignant toutes les cellules organiques, était donc en partie de l'eau de mer, introduite expérimentalement.*** Or, non seulement cette substitution n'a pas nui à la vie générale de l'organisme, mais à sa suite immédiate, comme on l'a vu, l'animal a présenté un aspect plus vif qu'avant l'expérience. — Ainsi, l'eau de mer substituée en partie au *milieu vital* d'un organisme n'entrave aucunement la vie de cet organisme. Elle s'y comporte (au moins relativement) comme le *milieu vital* lui-même.

2° Le travail rénal, dont témoigne cette même expérience, peut permettre d'apprécier l'intégrité de la vie cellulaire en présence

de l'eau de mer injectée. En effet, les cellules rénales du Chien, éliminant à l'état normal 150 gr. d'urine en 12 heures, en ont éliminé dans cette expérience 10 kilogr. dans le même temps, soit un volume 60 fois supérieur, et cela sans témoigner de fatigue sensible, auquel cas l'albumine eût passé en abondance. Mieux même, la quantité de cette urine n'a pas nui à sa qualité (taux en chlorures et densité de l'urine, supérieurs à ceux du liquide d'injection), preuve du remarquable fonctionnement rénal[1]. A la fin de l'injection, l'eau de mer introduite se trouvant substituée en partie au *milieu vital* primitif, ce fonctionnement rénal restait identique, ne marquait aucun affaiblissement, ni quantitatif, ni qualitatif. — Ainsi, l'eau de mer portée au contact des cellules organiques et substituée peu à peu au *milieu vital* où celles-ci baignaient, ne semble apporter aucun trouble à la vie de ces cellules, dont l'intensité fonctionnelle reste considérable. L'eau de mer se comporte auprès d'elles (au moins relativement) comme le *milieu vital* lui-même.

3° Dans les expériences du deuxième groupe, l'animal a été placé par la saignée à blanc dans les conditions les plus défavorables pour résister à toute intervention qui aurait un caractère toxique. En outre, l'animal opéré sans aseptie, avait, pour survivre, à lutter contre l'infection déterminée par la plaie, et cela, privé de plus de la moitié de son tissu sanguin et de tous les phagocytes venus avec le sang. — Or, l'injection d'eau de mer, pratiquée dans des conditions aussi critiques, ne s'est aucunement opposée au relèvement organique ; elle a permis la leucocytose, la lutte victorieuse contre l'infection, la reconstitution rapide des forces, la réparation étonnamment prompte du tissu sanguin, plus riche en hémoglobine au bout de quelques jours qu'avant l'expérience. — L'eau de mer, loin de s'être montrée toxique, semble donc avoir fait preuve, dans cette expérience, de toutes les qualités qu'on aurait pu attendre du *milieu vital* lui-même.

4° Dans les expériences du troisième groupe, enfin, étendues à toutes les classes de l'embranchement (Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, Oiseaux), on a choisi pour objet d'expé-

---

1. Pour apprécier avec justesse ce fonctionnement, se reporter au quatrième groupe d'expériences qui va suivre et traiter précisément de la fonction rénale sous des injections intra-veineuses diverses. On verra le travail rénal se sérier selon le degré toxique de la solution injectée, le travail maximum correspondant à la moindre toxicité.

rience le *globule blanc*, comme le témoin par excellence du *milieu vital* et comme un des éléments les plus fragiles de l'économie. Une unité de sang ayant été diluée dans 25, 50, 100 unités d'eau de mer, la substitution de l'eau de mer au *milieu vital* n'était plus partielle, comme dans les deux groupes d'expériences précédents, mais, pour ainsi dire, totale. — Or, le *globule blanc* de tous les animaux expérimentés, porté brusquement de son milieu organique dans ce nouveau milieu purement marin, a continué à y présenter tous les signes extérieurs d'une vie normale. — Ainsi, l'eau de mer, substituée totalement au *milieu vital* de divers animaux, choisis au hasard dans toutes les classes des Vertébrés, permet la vie d'une des cellules les plus délicates de l'économie, le *globule blanc*, témoin par excellence du *milieu vital*.

De toutes ces expériences, il résulte en résumé que : l'eau de mer, substituée d'une façon ou d'une autre, particllement ou totalement, au *milieu vital* d'un Vertébré, se comporte auprès de ses cellules (au moins relativement) comme le *milieu vital* lui-même. Entre l'eau de mer et le *milieu vital* du Vertébré (c'est-à-dire de l'organisation la plus élevée du règne animal et douée de la plus haute puissance vitale), il y a physiologiquement identité.

La démonstration physiologique est effectuée.

Avant de passer à la démonstration chimique, on place ici un quatrième groupe d'expériences, d'un intérêt capital à plusieurs points de vue (au point de vue thérapeutique principalement), mais accessoire et négligeable dans la pure démonstration de la théorie marine qui nous occupe.

On peut donc le passer présentement, pour y revenir plus tard au Livre III.

QUATRIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES

Injections comparatives d'eau de mer, de sérum artificiel et de différentes solutions toxiques.

Travail du Laboratoire de Physiologie pathologique des Hautes-Études du Collège de France et du Laboratoire particulier de M. Winter (1897-1898).

Ce quatrième groupe n'est qu'accessoire ; il n'a eu lieu qu'en raison des effets récemment constatés de la solution de chlorure de

sodium (Dastre et Loye, 1888-1889; Faney, 1896). Ces effets, remarquables d'innocuité, uniquement enregistrés jusqu'ici, nullement expliqués, s'éclairaient soudain. Ils tenaient simplement au fait que la solution de chlorure de sodium renferme le sel principal qui constitue l'eau de mer, et que cette solution, introduite dans l'organisme, s'y comportait approximativement comme *milieu vital*.

Une question se posait alors, uniquement accessoire : l'eau de mer n'offrirait-elle pas une supériorité physiologique sur la solution chlorurée? — Il manque à la solution chlorurée, pour représenter réellement le *milieu vital*, tous les sels secondaires présents dans les plasmas : sulfates, phosphates, carbonates, silicates, chlorures, iodures, bromures, fluorures, etc. de potassium, sodium, magnésium, calcium, fer, etc. Tous ces sels au contraire sont présents dans l'eau de mer (voir le Chapitre suivant : les sels constituant l'eau de mer sont les sels mêmes que renferme l'organisme; ces sels vont même jusqu'à présenter entre eux dans les deux cas des rapports quantitatifs remarquablement voisins, sauf quant aux phosphates et aux sels magnésiens. Il était donc probable *a priori* que l'eau de mer, plus voisine de la composition du *milieu vital*, offrirait une supériorité physiologique sur la solution chlorurée. On verra par la suite que cette supériorité est un fait. Mais on se hâte d'ajouter qu'il en eût pu être autrement, sans que la démonstration organique marine, effectuée dans les trois groupes d'expériences qui précèdent, perdît rien de sa valeur. Il pouvait se faire effectivement que depuis les origines, la mer eût subi des modifications chimiques d'une importance suffisante (excès des sels magnésiens, par exemple), pour qu'une toxicité en résultât, supérieure à celle qui devait résulter, pour la solution chlorurée, de l'absence dans cette solution de tous les sels secondaires du plasma. Cette infériorité marine n'eût pas eu de conséquence théorique, le concept organique marin reposant par ailleurs sur tout un faisceau de preuves concordantes.

Ce groupe d'expériences se divise en deux séries. Dans une première série, on a injecté comparativement l'eau de mer et la solution de chlorure de sodium. Des mesures rigoureuses ont été prises en vue de rendre les résultats aussi comparatifs que possible. Ces résultats se sont ordonnés dans un sens constant. — Dans une seconde série, on a injecté des solutions différemment toxiques, afin de voir se sérier les mêmes effets selon le

degré de toxicité. L'interprétation des résultats de la première série d'expériences devenait alors possible.

Première série d'expériences.

Injections comparatives d'eau de mer et de solution chlorurée sodique[1].

Dans ces injections, afin d'obtenir des résultats aussi probants et aussi comparatifs que possible, on s'est interdit de conclure d'un animal d'une espèce à un autre animal de la même espèce, leur âge fût-il le même et leur poids. Les expériences comparatives n'ont jamais porté chaque fois que sur un même Chien, injecté à quelques jours d'intervalle une fois d'eau de mer, l'autre fois de solution chlorurée, ces deux injections pratiquées pour le même animal à une vitesse et à une température identiques. — Les deux liquides ont été injectés à une isotonie rigoureuse, la solution de chlorure de sodium au titre de $9^{gr},1$ pour 1000, cette solution congelant, comme la dilution marine, à $-0^{o},55$ (Winter). Le chlorure de sodium employé était chimiquement pur. — Dans la crainte que l'ordre, l'intervalle, la durée, la vitesse des injections n'influassent sur les résultats, l'injection d'eau de mer a tantôt précédé, tantôt suivi celle de sérum artificiel; — les intervalles observés entre les injections ont varié de 5 à 33 jours; — la durée des injections, de 35 à 170 minutes; — leur vitesse moyenne de 4 à 33 centimètres cubes par minute et par 10 kilogrammes d'animal. — Enfin, les Chiens choisis l'ont été de tout âge, adulte et non adulte.

Or, dans des conditions d'expériences aussi comparatives et aussi diverses, les résultats se sont ordonnés dans un sens constant. Invariablement, les animaux ont présenté : 1° sous l'injection marine, une tendance à l'hypothermie; — à l'hyperthermie, sous l'injection chlorurée; 2° une élimination rénale abondante, riche sous l'injection marine; — moins abondante, moins riche sous l'injection chlorurée.

L'expérimentation comparative a porté sur sept Chiens. Les observations étaient effectuées par fractions de cinq minutes. Les résultats sont ici condensés par quart d'heure, en vue d'obtenir plus de clarté.

1° **Observation des variations thermiques.** — Invariablement,

1. Quinton et Julia, 1897, *Soc. de Biol.*, p. 1065.

sous l'injection d'eau de mer (pratiquée à une température inférieure de 19 à 27 degrés à celle de l'animal), la température de cet animal descend. Elle peut subir des oscillations, mais qui ne la font jamais remonter à la température initiale. D'une façon générale, la chute thermique est constante et proportionnelle à la vitesse de l'injection.

Sous l'injection chlorurée au contraire, pratiquée dans les mêmes conditions, la température de l'animal ne subit qu'une chute réduite. Elle tend ensuite à se relever, oscille, et d'une façon générale remonte au-dessus de la température du début.

Tableau des écarts thermiques en plus ou en moins (+ ou —) constatés entre la température initiale de l'animal (donnée à $0^h 0^m$) et celle qu'il accuse à chaque temps indiqué. Les chiffres expriment les écarts en dixièmes de degré. — P. indique le poids réel de l'animal; V. m. la vitesse moyenne de l'injection (par minute et par 10 kg. d'animal); 0, la température de l'injection; « Mer, NaCl », les colonnes respectives de l'injection marine et de l'injection chlorurée. — Le second Chien n'est pas adulte. — (Voir le tableau suivant; tableau I.)

TABLEAU I. — TABLEAU DES ÉCARTS THERMIQUES, SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE.

HEURES et minutes.	1er Chien. P. 12,4 K. V. m. 14 0. 15°.		2e Chien. P. 10,5 K. V. m. 15 0. 20°.		3e Chien. P. 14,5 K. V. m. 33 0. 18°.		4e Chien. P. 12 K. V. m. 7 0. 20°.		5e Chien. P. 15 K. V. m. 4 0. 12°,5.		6e Chien. P. 11 K. V. m. 6,4 0. 15°.		7e Chien. P. 7,5 K. V. m. 10,1 0. 12°	
	Écarts thermiques.		Écarts thermiques.		Écarts thermiques.		Écarts thermiques.		Écarts thermiques.		Écarts thermiques.		Écarts thermiques.	
	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl
$0^h 0^m$	38°,8	39° »	39°,2	39°,6	39° »	39°,1	38°,7	39° »	39°,3	40° »	39°,5	39°,5	40°,1	40°,1
$0^h 15^m$	— 1	— 5	— 4	— 1	»	— 8	— 3	— 1	— 1	— 2	— 1	— 3	— 5	— 2
$0^h 30^m$	— 3	— 6	— 2	— 3	»	— 14	— 7	— 1	— 2	+ 2	— 05	— 1	— 1	+ 3
$0^h 45^m$	— 8	— 7	— 1	+ 05	»	»	— 2	0	— 3	+ 5	— 3	+ 1	— 6	+ 7
$1^h 0^m$	— 12	— 6	— 1	+ 1	»	»	— 3	+ 1	— 2	+ 2	— 2	— 2	— 12	+ 5
$1^h 15^m$	— 18	— 9	— 4	+ 1	»	»	— 6	— 2	— 4	0	— 4	— 2	— 18	+ 3
$1^h 30^m$	— 22	— 8	— 5	0	»	»	— 8	— 2	— 3	— 1	— 5	— 1	— 22	— 2
$1^h 45^m$	— 28	— 7	— 6	0	»	»	— 7	— 1	— 6	+ 4	»	»	— 24	+ 1
$2^h 0^m$	— 34	— 5	— 10	— 1	»	»	— 5	0	— 5	+ 6	»	»	»	»
$2^h 15^m$	»	»	»	»	»	»	— 4	— 2	»	»	»	»	»	»
$2^h 30^m$	»	»	»	»	»	»	— 2	+ 2	»	»	»	»	»	»
$2^h 45^m$	»	»	»	»	»	»	— 3	+ 2	»	»	»	»	»	»

La température du troisième Chien, sous l'injection marine, manque, comme on voit.

En prenant la moyenne de tous ces écarts pour les deux premières heures, le troisième Chien étant excepté, on obtient le tableau comparatif suivant (tableau II) :

TABLEAU II. — MOYENNE DES ÉCARTS THERMIQUES

HEURES et minutes.	1er, 2e, 4e, 5e, 6e, 7e CHIENS. Poids moyen : 11,4 K. V. m. 9. 0. 15°,4.	
	Ecarts thermiques.	
	Mer.	NaCl.
0h 0m	0	0
0h 15m	— 2	— 2
0h 30m	— 5	— 0,6
0h 45m	— 4	+ 1
1h 0m	— 5	0
1h 15m	— 9	— 1,5
1h 30m	— 11	— 1,5
1h 45m	— 14	0
2h 0m	— 15	0

Ainsi : par une vitesse moyenne d'injection de 9cc par minute, par une température moyenne d'injection de 15°, — sous l'injection marine, chute thermique graduelle, atteignant au bout de deux heures 1°,4 environ ; — sous l'injection chlorurée, oscillations thermiques, légères et répétées, autour de la normale.

2° **Observation du travail des cellules rénales.** — L'injection charge l'organisme d'une dissolution étrangère. L'organisme tend à rétablir son équilibre et, par suite, à se débarrasser de la dissolution qui lui est imposée. Il met en jeu dans ce but les cellules rénales. L'urine excrétée renferme : A.) des molécules liquides (eau) ; B.) des molécules solides (tous les matériaux dissous dans l'urine). Pour apprécier le travail comparatif des cellules rénales sous les deux sortes d'injections, deux points sont donc à considérer dans l'élimination urinaire : A.) la quantité de liquide excrété, B.) le nombre des molécules solides, également excrétées.

A.) VOLUMES EXCRÉTÉS PAR LE REIN DANS UN MÊME TEMPS, SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE. — Voir le tableau III, qui suit.

TABLEAU III. — VOLUMES EXCRÉTÉS PAR 10 KILOGRAMMES D'ANIMAL, LES TEMPS COMPTÉS DU DÉBUT DE L'INJECTION.

HEURES et minutes.	1er CHIEN. P. 12,4 K. V. m. 14		2e CHIEN. P. 10,5 K. V. m. 15		3e CHIEN. P. 14,5 K. V. m. 55		4e CHIEN. P. 12 K. V. m. 7		5e CHIEN. P. 15 K. V. m. 4		6e CHIEN. P. 11 K. V. m. 6,4		7e CHIEN. P. 7,5 K. V. m. 10,1	
	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl
	30 Juin.	25 Juillet.	9 Juillet.	30 Juin.	1er Juillet.	7 Juillet.	30 Juillet.	25 Juillet.	14 Octobre.	21 Octobre.	15 Octobre.	25 Octobre.	17 Novembre.	22 Novembre.
0h 0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0h 15m	»	»	»	»	18	4	»	»	»	»	»	»	»	»
0h 30m	18	4	4,5	0,5	70	41	16	7,5	6	1	8,6	6	17	10
0h 45m	37	7	6 »	1,5	129	100	37	12 »	12	2	22 »	18	55	58
1h 0m	86	15	15 »	10 »	»	»	58	18 »	20	4	48 »	33	125	94
1h 15m	180	29	43 »	32 »	»	»	91	30 »	35	8	73 »	54	230	191
1h 30m	318	46	111 »	61 »	»	»	134	53 »	47	20	106 »	90	352	255
1h 45m	455	109	215 »	159 »	»	»	192	98 »	62	40	»	»	484	345
2h 0m	612	215	375 »	298 »	»	»	242	146 »	90	60	»	»	»	»
2h 15m	»	»	»	»	»	»	305	204 »	110	90	»	»	»	»
3h 0m	»	»	»	»	»	»	539	370 »	»	»	»	»	»	»
4h 0m	»	»	»	»	»	»	651	435 »	»	»	»	»	»	»

En prenant la moyenne de tous ces chiffres, pour les deux premières heures, le troisième Chien étant excepté, on obtient le tableau suivant :

TABLEAU IV. — MOYENNE DES VOLUMES EXCRÉTÉS PAR 10 KILOGRAMMES D'ANIMAL, SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE, LES TEMPS COMPTÉS DU DÉBUT DE L'INJECTION.

HEURES et minutes.	1er, 2e, 4e, 5e, 6e, 7e CHIENS. V. m. 9.	
	Mer.	NaCl.
0h 0m	0	0
0h 30m	11,5	4,8
0h 45m	28 »	13 »
1h 0m	58 »	29 »
1h 15m	108 »	57 »
1h 30m	178 »	87 »
1h 45m	281 »	150 »
2h 0m	330 »	180 »

En réduisant tous les chiffres de la colonne NaCl à 1, le tableau précédent devient :

TABLEAU V. — VALEUR COMPARÉE DES VOLUMES EXCRÉTÉS PAR LE REIN SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE.

HEURES et minutes.	1re, 2e, 4e, 5e, 6e, 7e CHIENS. V. m. 9.	
	Mer.	NaCl.
0h 30m	2,4	1
0h 45m	2,1	1
1h 0m	2 »	1
1h 15m	1,9	1
1h 30m	2 »	1
1h 45m	1,9	1
2h 0m	1,8	1

tableau qui montre qu'à tout moment, la quantité de liquide excrétée par le rein est à peu près le double sous l'injection marine de ce qu'elle est sous l'injection chlorurée.

Cette supériorité urinaire est d'autant plus remarquable que, l'animal injecté au chlorure de sodium éliminant moins de liquide en face d'une injection identique, son rein supporte à tout moment une charge supérieure de liquide étranger.

B.) NOMBRE RELATIF DES MOLÉCULES SOLIDES ÉLIMINÉES PAR LE REIN DANS UN MÊME TEMPS, SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE. — a). *En premier lieu, détermination de la richesse en molécules des différentes urines éliminées.* — M. WINTER a bien voulu déterminer lui-même le point de congélation de tous les échantillons d'urine prélevés sur les quatre premiers Chiens. Pour les trois derniers, les densités ont été simplement relevées.

Les points de congélation (Δ) rapportés dans les tableaux suivants, sont généralement moins nombreux pour l'injection chlorurée, l'élimination rénale étant beaucoup moins précoce sous cette injection. Mais, malgré leur nombre inégal, ils sont comparables entre eux, leur somme valant toujours dans tous les cas pour la totalité de l'urine excrétée entre le début et la fin de l'injection. — Les points de congélation rapportés ici ne sont pas exactement ceux obtenus par WINTER. Il fallait, pour les rendre comparables, les ramener à un point initial commun.

C'est ainsi, par exemple, que pour le premier Chien, l'échantillon d'urine précédant l'injection marine, ayant congelé à — 2°,61, celui précédant l'injection chlorurée, à — 2°,49, les points de congélation réels ont été relevés proportionnellement pour l'injection chlorurée. Les chiffres absolus trouvés par WINTER, avec l'heure où chaque échantillon est prélevé, sont rapportés en note, au bas de la page[1].

TABLEAU VI.

RICHESSE EN MOLÉCULES (POINT DE CONGÉLATION OU DENSITÉ) DES URINES ÉLIMINÉES, SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE.

1er CHIEN.		2e CHIEN.		3e CHIEN.		4e CHIEN.		5e CHIEN.		6e CHIEN.		7e CHIEN.	
P. 12,4 K. V. m. 14		P. 10,5 K. V. m. 13		P. 14,5 K. V. m. 53		P. 12 K. V. m. 7		P. 15 K. V. m. 4		P. 11 K. V. m. 6,4		P. 7,5 K. V. m. 10,4	
Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl	Mer	NaCl
1°,41	1°,24	1°,85	1°,85	1°,84	2°,27	2°,24	2°,44	1028[1]	1017[1]	?	1016[1]	1008,6	1006,3
0°,83	0°,45	0°,92	0°,74	1°,16	1°,27	1°,42	0°,96	»	»	»	»	1007,5	1004,3
0°,55	0°,45	0°,73	0°,50	0°,97	»	0°,89	0°,76	»	»	»	»	1007,3	1004,6
0°,47	»	0°,67	0°,48	»	»	0°,96	0°,78	»	»	»	»	1006,9	»
0°,49	»	»	»	»	»	0°,84	»	»	»	»	»	»	»

1. Densité de l'urine totale.

1. Points de congélation réels trouvés par WINTER. — Le point de congélation (Δ) placé en regard de 0h 0m s'entend pour l'urine de l'animal recueillie par sondage immédiatement avant l'expérience. Chaque autre point de congélation s'entend pour l'urine émise depuis la détermination précédente.

HEURES et minutes.	1er CHIEN. Δ		2e CHIEN. Δ		4e CHIEN. Δ		3e CHIEN.	
	Mer.	NaCl.	Mer.	NaCl.	Mer.	NaCl.	Heures et minutes.	Δ Mer.	Δ NaCl.
0h 0m	2°,61	2°,49	?	?	4°,04	4°,84	0h 0m	4°,10	5°,50
0h 45m	1°,41	»	»	»	2°,24	»	0h 20m	1°,84	1°,95
1h 0m	0°,83	»	»	»	»	»	0h 26m	1°,16	»
1h 15m	0°,55	»	1°,85	1°,83	1°,42	2°,93	0h 34m	0°,97	0°,95
1h 30m	0°,47	1°,20	0°,92	0°,74	0°,89	1°,16	»	»	»
1h 45m	0°,49	0°,42	0°,73	0°,50	»	»	»	»	»
2h 0m	0°,49	0°,44	0°,67	0°,48	0°,96	0°,91	»	»	»
3h 0m	»	»	»	»	0°,84	0°,94	»	»	»

Heures des densités du 7e Chien. — Mer : (1h) 1008,6; (1h 20m) 1007,5; (1h 35m) 1007,3; (1h 50m) 1006,9. — NaCl : (1h 08m) 1006,3; (1h 30m) 1004,3; (1h 50m) 1004,6.

Ainsi (abstraction faite du troisième Chien), sous l'injection marine, richesse moléculaire de l'urine invariablement plus élevée que sous l'injection chlorurée. — Cette richesse est d'autant plus typique que les volumes éliminés étaient déjà le double.

b). *Appréciation du nombre relatif des molécules solides éliminées dans le même temps par le rein, sous l'injection marine et sous l'injection chlorurée.* — Les points de congélation étant fonction du nombre des molécules dissoutes (Raoult), il suffira de multiplier les points de congélation des différents échantillons par les volumes excrétés aux heures correspondantes, pour obtenir les quantités relatives des molécules solides éliminées. Les densités étant également, au moins d'une façon approximative, fonction de la teneur en molécules solides, on multipliera de même, pour les 5e et 7e Chiens, ces densités par les volumes excrétés.

On obtient de cette façon le tableau suivant :

Tableau VII. — Nombre relatif des molécules solides éliminées par le rein pour un même poids d'animal, sous l'injection marine et sous l'injection chlorurée, aux heures indiquées dans la colonne des temps.

HEURES et minutes.	1er Chien. V. m. 14		2e Chien. V. m. 13		4e Chien. V. m. 7		5e Chien. V. m. 4		7e Chien. V. m. 10,4	
	Mer.	NaCl.	Mer.	NaCl.	Mer.	NaCl.	Mer.	NaCl.	Mer.	NaCl.
1h 15m	»	»	79,5	58,5	165	75	»	»	191	110
1h 30m	206	57	142 »	80 »	222	109	»	»	295	135
1h 45m	273	84	218 »	129 »	»	»	»	»	»	»
2h 0m	350	131	325 »	196 »	312	170	280	155	424	201

tableau qui, en prenant les moyennes de tous les chiffres et en ramenant à l'unité ceux de la colonne NaCl, se résume dans celui-ci :

TABLEAU VIII. — NOMBRE COMPARATIF ET MOYEN DES MOLÉCULES SOLIDES ÉLIMINÉES PAR LE REIN, SOUS L'INJECTION MARINE ET SOUS L'INJECTION CHLORURÉE.

HEURES et minutes.	1er, 2e, 4e, 5e, 7e CHIENS.	
	Mer.	NaCl.
1h 15m	1,8	1
1h 30m	2,2	1
1h 45m	2,3	1
2h 0m	2	1

tableau qui montre que, toutes les conditions d'expériences étant égales, le nombre des molécules solides, éliminées par le rein dans le même temps, est plus du double sous l'injection marine de ce qu'il est sous l'injection chlorurée.

En définitive, les cellules rénales, excrétant sous l'injection chlorurée :

1 molécule liquide,
1 molécule solide,

excrètent sous l'injection marine dans les mêmes conditions :

1,9 molécule liquide,
2,1 molécules solides.

Toute cette série d'expériences peut se résumer brièvement : 1° sous l'injection marine, tendance à l'hypothermie; travail majeur des cellules rénales; 2° sous l'injection chlorurée, tendance à l'hyperthermie; travail rénal inférieur d'environ moitié au précédent, tant comme molécules liquides que comme molécules solides éliminées.

Difficulté d'interprétation de ces résultats. — Ces deux résultats, thermique et rénal, accouplés, sont à première vue contradictoires.

L'abaissement thermique, sous l'injection marine, semblerait révéler un ralentissement de la vie cellulaire. Or l'élimination rénale, si abondante et si riche à la fois, fait preuve au contraire d'une activité cellulaire remarquable.

L'hyperthermie, sous l'injection chlorurée, semblerait indiquer une suractivité organique (d'autant que l'animal a à élever, outre sa propre température, celle de l'eau qui lui est injectée à

un degré très inférieur). Or, son élimination rénale ne fait foi que d'un fonctionnement cellulaire très médiocre.

Toute discussion serait, pour le moment, stérile. Une seconde série d'expériences est décidée, dans laquelle des liquides différemment toxiques seront injectés, en vue d'observer comment se comporteront, selon le degré de toxicité : 1° la température, 2° le fonctionnement rénal.

Deuxième série d'expériences.

Injections intra-veineuses de liquides différemment toxiques[1].

Vingt injections d'urine normale et pathologique ont été pratiquées. Afin d'éviter les troubles mécaniques pouvant résulter de la rapidité de l'injection, elles ont toujours été conduites à une vitesse lente, de 4 cent. cubes à 10,6 cent. cubes par minute et par 10 kilogrammes d'animal. L'urine injectée était additionnée d'eau distillée jusqu'à ce que le mélange marquât 1008,5 environ au densimètre, dilution ayant pour but de ramener l'urine à un point de concentration moléculaire voisin de celui de l'organisme. Le mélange n'était pas neutralisé, l'acidité de l'urine totale paraissant déjà sans inconvénient sérieux (Bouchard), la dilution affaiblissant encore le taux de cette acidité. Aucune précaution n'était prise contre le pouvoir coagulant de l'urine (Guilhon), précaution à peu près inutile dans le genre d'expériences résolu, où l'observation devait porter moins sur la mort de l'animal que sur les phénomènes qu'il devait présenter pendant la vie.

Une isotonie plus rigoureuse eût été sans doute souhaitable dans ces expériences. On a cru pouvoir passer outre. Carrion et Hallion ont en effet constaté, dans des expériences encore inédites (communication verbale), que, dès lors qu'une injection est lente et de dose relativement réduite (cas des expériences qui suivent), les désordres mécaniques dus à une inégalité légère entre sa concentration moléculaire et celle de l'organisme, sont négligeables. C'est ainsi qu'entre la solution de chlorure de sodium à 6,5 pour 1000 et celle, isotonique, à 9,1 pour 1000, la différence physiologique, aux vitesses lentes, est insensible. Dans la série actuelle d'expériences, on ne se proposait pas,

1. Quinton, 1900, *Soc. de Biolog.*, p. 607.

comme dans la série précédente, d'apprécier au plus juste les effets de solutions voisines. On venait demander au contraire à des liquides fortement différenciés leurs effets physiologiques tranchés. Un écart d'isotonie était donc acceptable. Aux vitesses lentes employées, son influence ne pouvait être qu'insensible sur les résultats généraux.

Classement des expériences selon le degré toxique des urines injectées. — L'importance de ce classement étant primordiale, puisqu'il va servir à sérier les résultats thermiques et rénaux selon le degré de toxicité du liquide injecté, il demande une discussion qui le légitime.

Vingt expériences sont à classer selon le degré toxique des urines injectées. Pour quatorze d'entre elles, ce degré s'apprécie facilement d'après la survie que présente l'animal et la dose du liquide injecté (cette dose toujours comptée en centièmes du poids du corps de l'animal). — Trois sous-séries, à toxicité croissante.

Première sous-série, à toxicité faible :

CHIEN n° 22. — Survie : complète, après injection des 19,6 centièmes du poids.
— n° 24. — — : 90 heures, — des 18,1 — —
— n° 25. — — : complète, — des 12 — —
— n° 26. — — : 15 heures, — des 17,1 — —
— n° 28. — — : 48 — — des 10,1 — —

Deuxième sous-série, à toxicité moyenne :

CHIEN n° 29. — Survie : 24 heures, après injection des 11,7 centièmes du poids.
— n° 30. — — : 24 — — des 8,7 — —
— n° 31. — — : 20 — — des 9,3 — —

Troisième sous-série, à toxicité forte :

CHIEN n° 34. — Mort : nuit (12 heures ?), après injection des 10,1 centièmes.
— n° 35. — — — — — des 10 —
— n° 37. — Survie : 20 heures — des 5,9 —
— n° 39. — Mort : nuit (12 heures?) — des 4,88 —
— n° 40. — — — — — des 3,91 —
— n° 41. — — — — — des 5,41 —

Restent six expériences, d'un classement impossible au moyen des seules indications de dose et de survie. Ce sont :

CHIEN *a*. — Survie : complète, après injection des 5,5 centièmes.
— *b*. — — : — — des 7,3 —
— *c*. — — : — — des 3,5 —
— *d*. — — : 40 minutes, — des 18 —
— *e*. — — : 65 — — des 12,2 —
— *f*. — Mort sous l'injection, atteignant à ce moment les 10 centièmes.

L'observation comparée des phénomènes toxiques au cours de l'injection, va permettre le classement de ces expériences.

D'une façon générale, sous l'injection d'urine pathologique, pratiquée dans les conditions précédentes, les phénomènes toxiques offerts par l'animal se présentent dans l'ordre suivant : 1° vomissements d'un liquide muqueux, jaunâtre ou incolore ; 2° affaiblissement respiratoire, par ralentissement du rythme ou par diminution de l'amplitude avec accélération ; 3° affaiblissement du tonus musculaire ; 4° congestion et œdème de tout le tissu conjonctif périoculaire ; parfois congestion de la sclérotique ; 5° relâchement ou œdème de la nictitante (troisième paupière) qui remonte sur l'œil qu'elle commence à couvrir ; 6° aggravation progressive de tous ces signes, respiratoires, toniques, oculaires, — les vomissements tendant au contraire à disparaître ; 7° l'œdème de la région oculaire devient si considérable que l'œil est exorbité ou complètement recouvert par les deux bourrelets que forment les deux conjonctives palpébrales, inférieure et supérieure, à ce point que l'observation pupillaire est rendue impossible ; 8° diarrhée non constante et tardive ; 9° résolution musculaire ; parfois, au contraire, convulsions ; chute respiratoire définitive ; œil vitreux ; coma ; mort. — Les signes pupillaires et cardiaques sont contradictoires ; l'agitation, variable. On tait naturellement ici les signes thermiques et rénaux, ces expériences étant accomplies en vue de les sérier.

Tous ces signes sont d'autant plus précoces que l'injection est toxique. Ainsi : 1° l'affaiblissement respiratoire n'est marqué dans la première sous-série (à toxicité faible) que quand l'injection atteint les 11 centièmes du poids du corps de l'animal ; il est marqué dans la seconde (à toxicité moyenne) dès que l'injection atteint les 7 centièmes du poids ; dans la troisième (à toxicité forte), dès les 4 centièmes ; 2° l'affaiblissement du tonus musculaire : marqué seulement dans la première sous-série, entre les 6,7 et 12 centièmes du poids ; dans la seconde, entre les 2,7 et 8,5 centièmes ; dans la troisième, entre les 1,7 et 6,3 centièmes ; 3° la congestion et l'œdème des conjonctives oculaires : marqués, dans la première sous-série, entre les 10 et 20 centièmes ; dans les deuxième et troisième, entre les 3,6 et 10 centièmes ; 4° le relâchement de la nictitante : inobservé dans toute la première sous-série, malgré les doses élevées d'injection ; observé dès les 8,5 centièmes, dans la deuxième sous-série ; dès les

4,4 centièmes, dans la troisième. Les vomissements ne font défaut que dans deux expériences de la première sous-série.

Le classement des six expériences restantes devient alors possible.

a) — Survie complète après injection des 5,3 centièmes du poids. — Signes toxiques observés : aucun. Pas même un vomissement. L'animal reste normal et gai sous toute l'injection. L'urine injectée est d'ailleurs une urine normale, les dix-neuf autres étant des urines pathologiques. — Classement : première sous-série. — Chien n° 23.

b) — Survie complète, après injection des 7,3 centièmes. — Signes toxiques observés : affaiblissement respiratoire marqué aux 4 centièmes du poids; relâchement de la nictitante aux 7,3 centièmes; pas d'autres signes; rétablissement parfait en six jours. — Classement : deuxième sous-série. — Chien n° 32.

c) — Survie complète, après injection des 3,5 centièmes. — L'urine injectée est relativement connue. Elle provient, à un jour d'intervalle, du malade qui fournit aux expériences n°s 39, 40, 41. Signes toxiques observés : affaiblissement respiratoire dès les 2,6 centièmes du poids; musculaire (très léger) dès les 3 centièmes. Toutefois la toxicité n'est pas comparable avec celles des expériences n°s 39, 40, 41, l'animal se rétablissant en deux jours, là où les trois autres succombent en 12 heures. — Classement : deuxième sous-série. — Chien n° 55.

d) — Survie de 40 minutes, après injection des 18 centièmes. — Signes toxiques observés : affaiblissement respiratoire marqué aux 13 centièmes; musculaire, aux 16,5 centièmes; œdème de la région oculaire aux 17 centièmes; pas de nictitante. — Classement : première sous-série. — Chien n° 27.

e) — Survie de 65 minutes, après injection des 12,2 centièmes. — Signes toxiques observés : forme convulsive, d'où affaiblissements respiratoire et musculaire tardifs, aux 10 centièmes; mais congestion déjà marquée de la région périoculaire, dès les 8 centièmes; exorbitisme intense aux 9,9 centièmes; relâchement de la nictitante dès le 1,4 centième. — Classement : troisième sous-série. — Chien n° 36.

f) — Mort sous l'injection, l'injection atteignant au moment de la mort les 10 centièmes du poids. — Signes toxiques observés : affaiblissement respiratoire aux 2 centièmes; musculaire aux 5 centièmes; congestion et œdème oculaires aux 7,5 centièmes; congestion marquée aux 8 centièmes; œil vitreux aux 9,3 centièmes. — Classement : troisième sous-série. — Chien n° 58.

Les vingt expériences sont ainsi réparties en trois sous-séries de toxicité croissante. On les a réunies et résumées dans le tableau ci-contre (tableau IX).

Les expériences étant ainsi classées selon le degré de toxicité, il ne reste plus qu'à voir comment se sérient les effets thermiques et rénaux selon cette toxicité.

Examen des variations thermiques selon le degré toxique du liquide injecté. — Dans le tableau X ci-après, page 189, on donne

TABLEAU IX. — TABLEAU DES PHÉNOMÈNES OBSERVES SOUS DES INJECTIONS I

SOUS-SÉRIES ET CHIENS D'EXPÉRIENCES	SIGNES DIGESTIFS		SIGNES OCULAIRES.			
	Vomissements. Les chiffres romains marquent le nombre des vomissements. — Le signe > marque leur abondance spéciale.	*Diarrhée.* < faible. — > abondante. — >> très abondante.	*Conjonctives.* I, inférieure. S, supérieure. C, congestionnée. Œ, œdématiée. Les signes >, >>, >>> marquent l'intensité de la congestion ou de l'œdème; les signes <, <<, <<< leur diminution équivalente.	*Nictitante.* Les signes >, >>, >>> marquent l'intensité du relâchement de la nictitante. La lettre Œ, un œdème.	*Sclérotique.* Les signes >, >>, >>> marquent l'intensité de la congestion. — Y. v. : œil vitreux.	*Pupille.* > dilatée. — < contractée. — <> mobile. — P punctiforme. — I invariable. — I > ou I < : état de la pupille (dilatée ou contractée) pendant son invariabilité.
PREMIÈRE SOUS-SÉRIE A TOXICITÉ FAIBLE.						
CHIEN 22. — Survit à . . . . . 19,6 centièmes.	0,5 à 4. VII	1h après	. . . . .	. . . . .	. . . . .	2 <>. 2,7 >. 7,1 < . . . . .
CHIEN 23. — Survit à . . . . . 5,3 centièmes.	Néant	Néant	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
CHIEN 24. — Survit 90h à . . . . 18,1 centièmes.	Néant	2h 40m après, à 24h .	10,7 IC >>. 18 <	. . . . .	. . . . .	9,8 I <. 10 P. 18 >. . . . .
CHIEN 25. — Survit à . . . . . 12 centièmes.	2 à 4,7. II	Néant	. . . . .	. . . . .	. . . . .	I >>. 10 >>> . . . . .
CHIEN 26. — Survit 15h à . . . . 17,1 centièmes.	1,3 à 10. V	Néant	13 ISŒ >. 16,5 >>	. . . . .	3 >>. 6 >. 15 >>>.	I <>. 16,7 <. . . . .
CHIEN 27. — Survit 0h 40m à . . 18 centièmes.	1 à 3,4. III	17 >. Mort <	17 Œ >>>	. . . . .	. . . . .	1,8 >. 10,8 >>. 12 <. 14 <<. 16 >. Après : P .
CHIEN 28. — Survit 48h à . . . . 10,1 centièmes.	1,3 à fin. II	5m après : <	. . . . .	4,2 Œ léger	. . . . .	2,2 . 3 P. 9 : moins P . . . . .
DEUXIÈME SOUS-SÉRIE A TOXICITÉ MOYENNE.						
CHIEN 29. — Survit 24h à . . . . 11,7 centièmes.	2,3 à 3,2. III . . .	5 <. 11,7 à 24h >. .	3,6 Œ >. 4,1 Œ >>. 6,4 à 8 Œ >>>.	. . . . .	4,1 >>>	3,6 >. 6,4 P. . . . .
CHIEN 30. — Survit 24h à . . . . 8,7 centièmes.	0 à fin. X >	35m après	. . . . .	. . . . .	. . . . .	I >> . . . . .
CHIEN 31. — Survit 20h à . . . . 9,5 centièmes.	0,3 à 3,2. III . . .	6,7 <. 20h <	Après : IC >>.	8,5 >>	. . . . .	1,3 >. 3,6 < . . . . .
CHIEN 32. — Survit à . . . . . 7,3 centièmes.	4h après. I	10m après : < . . .	. . . . .	7,3 >>. Après : >>.	. . . . .	I >. 2h 30m après : P . . . . .
CHIEN 33. — Survit à . . . . . 5,5 centièmes.	1,7 à 3. II	Néant	. . . . .	. . . . .	. . . . .	I <. . . . .
TROISIÈME SOUS-SÉRIE A TOXICITÉ FORTE.						
CHIEN 34. — Meurt nuit à . . . . 10,1 centièmes.	1,8 à 5,6. IV . . .	5,5 >. 6 <.	Après : C >>>. Œ >>>.	8,2 >>	. . . . .	6, <. 6,6 >. 7,5 <. 9 P. . . . .
CHIEN 35. — Meurt nuit à . . . . 10 centièmes.	0,5 à 6. X >. . . .	2,5 à mort >> . . .	7,2 œil bon	. . . . .	. . . . .	1 à 10 >>. . . . .
CHIEN 36. — Survit 1h 05 à . . . 12,2 centièmes.	0,3 à 11,3. XI > . .	9,9 à mort <	6 SC >. 8 C >>. 9,9 Œ >>>. 10 Œ <. 12,2 Œ <<.	1,4 >. 2,6 >. . .	. . . . .	6,2 >. 10 P. . . . .
CHIEN 37. — Survit 20h à . . . . 5,9 centièmes.	1,3. I	Lendemain	. . . . .	5,9 >.	. . . . .	2,3 <. 3,1 <<. 3,5 >. 5,9 >. 1h 30m après : <
CHIEN 38. — Meurt sous l'inj. à . 10 centièmes.	0,7 à fin. VI > . . .	7 <.	7,5 ISC >>. Œ >. 8 C >>>.	. . . . .	5,2 >>>. 9,3 Y. v. .	7,5 I >>. 8 <. 9,5 >. . . . .
CHIEN 39. — Meurt nuit à . . . . 4,88 centièmes	0,9 à 1,3. II	Néant	3,5 SC >.	4,4 >>. 4,7 >>>. .	. . . . .	3 >. 4 <. . . . .
CHIEN 40. — Meurt nuit à . . . . 3,91 centièmes.	1,1 à 3,4. IV . . .	1,5 à mort	. . . . .	. . . . .	. . . . .	I >>>. Après : <> . . . . .
CHIEN 41. — Meurt nuit à . . . . 3,41 centièmes.	1,5 à 2. II >. . . .	10m après à mort : <	Après : SC >.	. . . . .	2h 30m après : Y. v. .	2,8 <. 3,5 >> . . . . .

Les chiffres arabes (sauf ceux marquant les heures) expriment toujours en centièmes du poids du corps de l'animal la dose atteinte par l'injection au moment où le phénomène indiqué par le signe se produit. — Le signe s

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS SOUS DES INJECTIONS D'URINES DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

LAIRES.		SIGNES RESPIRATOIRES, MUSCULAIRES, NERVEUX, ETC.				
Sclérotique. Les signes >, >>, >>> marquent l'intensité de la congestion. — Y. v. : œil vitreux.	*Pupille.* > dilatée. — < contractée. — ◇ mobile. — P punctiforme. — I invariable. — I > ou I < : état de la pupille (dilatée ou contractée) pendant son invariabilité.	*Respiration.* + profonde et plus ample. — < faible et plus lente. — << très faible. — <<< extrêmement faible. — ◇ plus rapide et moins ample. — >> forte et régulière.	*Frissons.* Les signes >, >>, >>> marquent l'intensité du phénomène; les signes <, <<, <<< sa diminution équivalente.	*Agitation.* Les signes >, >>, >>> marquent l'intensité de l'agitation; les signes <, <<, <<< sa diminution équivalente. — Le signe + marque les convulsions, > fortes, < faibles.	*Résolution musculaire.* Les signes >, >>, >>> marquent l'affaiblissement du tonus; les signes <, <<, <<< son relèvement équivalent. — Le signe + rappelle les convulsions.	*Coma.*
. . . . .	2 ◇. 2,7 >. 7,1 <.	14 à 16,7 ◇. 19 <<.	19 >. Après : >>.	Néant.	12 >. 19 >>.	19
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	État parfait. Gaieté	. . . . .	»
. . . . .	9,8 I <. 10 P. 18 >.	5,2 à 10 +.	2 à 18 >.	Avant >>. 3,5 à fin	. . . . .	»
. . . . .	1 >>. 10 >>>.	. . . . .	2 >. 2,5 <.	Néant.	. . . . .	»
1 >>. 6 >. 15 >>>.	1 ◇. 16,7 <.	10 <<. 17,1 <<.	1,5 à 4 >. 4 à 7 <. 7 à 12,5 >. 12,5 à fin <.	4,6 à 8,6 >>. 9 à fin <<.	8,8 >. 13 >>. 16,7 >>.	17
. . . . .	1,8 >. 10,8 >>. 12 <. 14 <<. 16 >. Après : P.	13 <<.	10 à 14 >>.	0 à 17,5 néant. 17,5 à mort : >>> +. . .	16,5 >. 17,5 <. Mort + ...	»
. . . . .	2,2 <. 3 P. 9 : moins P	3 <<.	1,5 à 3 >. 3 à fin <.	Néant. 5h après +. 40h à 48h + ...	6,7 >. 5h après <+.	»
1,1 >>>.	3,6 >. 6,4 P.	4 +. 11,7 <<. Après : >>	4,6 >. 5 >>. 6 à 9 >>>. 10 à fin <<<. . .	Néant	2,7 >. 8 <. 11,4	»
. . . . .	I >>.	6 ◇.	. . . . .	Néant.	7 >>.	»
. . . . .	1,3 >. 3,6 <.	2,8 <. 8 <<. Après <<<.	1,3 >. 2,5 >>. 8	3,5 à 6 >>>. 6 à fin <.	8,5 >. 9,3 >>.	9,3
. . . . .	I >. 2h 30m après : P.	4 << >.	1h après : >.	Néant.	. . . . .	»
. . . . .	I <.	2,6 ◇. 3,1 à 3,5 << >. Après : >>.	0,5 >. 2 à fin <. 20m après à 1h 20m : >. .	Néant.	3 >.	»
. . . . .	6, <. 6,6 >. 7,5 <. 9 P.	6,2 <<. 10,1 <<<.	Néant	2,1 à 5 >>>. 7 <<. Après : + ...	6,3 >. 8 >>. 10 >>>. Après +. . .	10,1
. . . . .	1 à 10 >>.	4 << >.	Néant	Néant.	4,1 >>>. 10 <.	»
. . . . .	6,2 >. 10 P.	10 <. 12 <<<.	2 à 4 >.	3,5 à 11,1 >>. 11,1 à fin <<. Mort + <. .	10 >. 11 <. Mort + ...	»
. . . . .	2,3 <. 3,1 <<. 3,5 >. 5,9 >. 1h 30m après : <.	0 à fin : normale.	Néant	0 à 0,5 >. 0,5 à 2h <. Mort + >. . . .	Néant.	»
2 >>>. 9,5 Y. v. .	7,5 I >>. 8 <. 9,5 >.	2 <.	Néant	0 à 9,9 néant. 10 >>.	5,2 à 9,9 >>. 10 <.	Mort.
. . . . .	3 >. 4 <.	2,8 <<<. 3,4 <<. 3,7 <. 4,5 <<. .	Avant : >>. Dès début inj. : Néant . . .	0 à 2,6 >. Après + <.	4,4 >>. Après : + <.	»
. . . . .	I >>>. Après : ◇.	Après : <<	Néant	0 à fin : plaintes.	1,7 >. 3,3 >>. 3,9 <. Après <<. . .	»
30m après : Y. v. .	2,8 <. 3,5 >>.	1h 15m après : <<.	Néant	0 à 1,6 >. 1,6 à mort <.	0 à 3,41 néant. 2h 50m après >>. . .	»

le phénomène indiqué par le signe se produit. — Le signe suit toujours le chiffre. — Les simples points (.) séparent. — Les mots « fin » et « après » signifient toujours « fin de l'injection » et « après la fin de l'injection ».

TABLEAU X. — ÉCARTS THERMIQUES EN PLUS OU EN MOINS (+ OU —), EXPRIMÉS EN DIXIÈMES DE DEGRÉS, ENTRE LA TEMPÉRATURE DE L'ANIMAL AUX TEMPS INDIQUÉS ET SA TEMPÉRATURE INITIALE.

HEURES ET MINUTES.	TOXICITÉ FAIBLE.							TOXICITÉ MOYENNE.					TOXICITÉ FORTE.							
	CHIEN 22	CHIEN 23	CHIEN 24	CHIEN 25	CHIEN 26	CHIEN 27	CHIEN 28	CHIEN 29	CHIEN 30	CHIEN 31	CHIEN 32	CHIEN 33	CHIEN 34	CHIEN 35	CHIEN 36	CHIEN 37	CHIEN 38	CHIEN 39	CHIEN 40	CHIEN 41
	V. m. 7,1	V. m. 4	V. m. 10,6	V. m. 7,3	V. m. 9,7	V. m. 9	V. m. 9,2	V. m. 5,6	V. m. 7	V. m. 8,8	V. m. 9,3	V. m. 4,7	V. m. 7,7	V. m. 10	V. m. 9	V. m. 9,2	V. m. 10	V. m. 4,8	V. m. 3,2	V. m. 4,9
Température initiale.	40°,1	39°	39°	39°,4	38°,9	39°,7	38°,6	39°,6	39°,2	39°,4	39°,2	39°,8	38°,9	39°,6	39°,6	39°,2	39°,6	39°,5	38°,8	39°
0 h. 15	+ 2	— 1	— 8	— 2	— 8	— 5	— 10	— 2	— 5	— 18	— 11	— 2	— 6	— 7	— 8	— 15	— 14	— 11	— 6	— 6
0 h. 30	0	0	— 12	— 6	— 6	— 8	— 19	+ 2	— 10	— 17	— 20	+ 6	— 5	— 14	— 16	— 22	— 25	— 15	— 9	— 5
0 h. 45	— 2	+ 1	— 10	— 5	— 8	— 10	— 27	— 4	— 16	— 25	— 29	+ 8	— 10	— 24	— 16	— 29	— 32	— 25	— 14	— 2
1 heure.	— 1	0	— 14	— 6	— 17	— 18	— 56	— 8	— 22	— 30	— 37	+ 2	— 15	— 32	— 24	— 39	— 44	— 32	— 23	— 8
1 h. 15	0	0	— 20	— 10	— 17	— 22	— 45	— 12	— 28	— 34	— 45	— 4	— 22	— 41	— 29	»	— 57	— 37	— 31	— 12
1 h. 30	+ 5	0	— 24	— 16	— 20	— 25	— 47	— 17	— 36	— 46	»	»	— 29	— 48	— 32	»	— 64	— 45	»	»
1 h. 45	+ 6	+ 4	— 26	— 19	— 17	— 26	— 54	— 20	— 37	— 52	»	»	— 34	»	— 38	»	»	— 50	»	»
2 heures.	+ 5	+ 2	— 28	— 21	— 17	— 29	»	— 20	— 40	»	»	»	— 39	»	— 44	»	»	»	»	»
2 h. 15	+ 5	+ 4	— 29	— 21	— 25	— 34	»	— 18	»	»	»	»	— 45	»	— 49	»	»	»	»	»
2 h. 30	+ 4	»	— 30	— 22	— 30	— 39	»	— 12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2 h. 45	+ 4	»	— 37	— 21	— 39	— 44	»	— 12	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 heures.	+ 1	»	»	»	— 45	— 61	»	— 10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 15	— 6	»	»	»	»	— 65	»	— 15	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 30	— 16	»	»	»	»	— 66	»	— 19	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 45	— 23	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 heures.	— 29	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 15	— 34	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 30	— 38	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 45	— 42	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU XI. — TABLEAU DES VOLUMES ÉLIMINÉS PAR LE REIN PAR 10 KILOGRAMMES D'ANIMAL SOUS DES INJECTIONS D'URINES DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

HEURES ET MINUTES.	TOXICITÉ FAIBLE.							TOXICITÉ MOYENNE.					TOXICITÉ FORTE.							
	CHIEN 22	CHIEN 23	CHIEN 24	CHIEN 25	CHIEN 26	CHIEN 27	CHIEN 28	CHIEN 29	CHIEN 30	CHIEN 31	CHIEN 32	CHIEN 33	CHIEN 34	CHIEN 35	CHIEN 36	CHIEN 37	CHIEN 38	CHIEN 39	CHIEN 40	CHIEN 41
	V. m. 7,1	V. m. 4	V. m. 10,6	V. m. 7,3	V. m. 9,7	V. m. 9	V. m. 9,2	V. m. 5,6	V. m. 7	V. m. 8,8	V. m. 9,3	V. m. 4,7	V. m. 7,7	V. m. 10	V. m. 9	V. m. 9,2	V. m. 10	V. m. 4,8	V. m. 5,2	V. m. 4,9
0 h. 15	2,5	5,5	1	1	12	15	7	0	3	5,5	2	1	4	2,5	0	10	9	2	1	0,5
0 h. 30	10	14	46	10	41	54	50	4	8	15	16	20	12	7,5	1	12	30	5	7	1,5
0 h. 45	27	26	95	27	71	67	107	14	13	35	41	43	25	9	10	17	57	12	15	6
1 heure.	56	43	182	56	161	107	169	19	30	67	62	58	43	11	45	25	94	21	32	7
1 h. 15	96	67	277	90	257	166	221	33	52	97	77	80	60	18	65	30	118	28	39	9
1 h. 30	151	108	370	133	359	240	267	47	67	122	90	»	71	22	87	»	120	37	»	»
1 h. 45	207	155	462	182	483	312	295	62	76	143	»	»	84	»	105	»	123	44	»	»
2 heures.	279	208	563	256	617	383	»	76	80	»	»	»	95	»	118	»	»	»	»	»
2 h. 15	359	253	654	306	750	466	»	100	»	»	»	»	104	»	126	»	»	»	»	»
2 h. 30	446	»	762	380	897	546	»	133	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2 h. 45	547	»	884	452	1078	610	»	161	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 heures.	643	»	»	»	1248	650	»	195	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 15	752	»	»	»	»	675	»	245	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 30	872	»	»	»	»	693	»	300	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 45	957	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 heures.	985	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 15	1020	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 30	1047	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 45	1075	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU XII. — TABLEAU DES VOLUMES ÉLIMINÉS PAR LE REIN PAR 10 KILOGRAMMES D'ANIMAL, POUR UNE VITESSE IDÉALE D'INJECTION DE 10cc PAR MINUTE, SOUS DES INJECTIONS D'URINE DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

HEURES ET MINUTES.	TOXICITÉ FAIBLE.							TOXICITÉ MOYENNE.					TOXICITÉ FORTE.							
	CHIEN 22	CHIEN 23	CHIEN 24	CHIEN 25	CHIEN 26	CHIEN 27	CHIEN 28	CHIEN 29	CHIEN 30	CHIEN 31	CHIEN 32	CHIEN 33	CHIEN 34	CHIEN 35	CHIEN 36	CHIEN 37	CHIEN 38	CHIEN 39	CHIEN 40	CHIEN 41
	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10	V. m. 10
0 h. 15	5,5	14	1	1,5	12	17	8	0	4	6	2	2	5	2,5	0	11	9	4	2	1
0 h. 30	14	35	44	15	42	57	54	7	11	19	17	42	15	7,5	1	15	30	10	14	5
0 h. 45	38	65	90	37	73	74	115	25	18	39	44	91	32	9	11	19	57	25	29	12
1 heure.	79	109	172	76	166	119	180	35	45	76	64	125	55	11	48	25	94	45	62	14
1 h. 15	157	167	261	125	265	184	258	57	74	110	82	191	77	18	69	35	118	58	75	18
1 h. 30	215	270	350	182	370	266	285	84	95	158	97	»	92	22	97	»	120	77	»	»
1 h. 45	285	387	456	249	497	346	316	110	108	162	»	»	109	»	117	»	125	91	»	»
2 heures.	397	520	551	323	636	425	»	135	114	»	»	»	125	»	131	»	»	»	»	»
2 h. 15	505	655	615	419	772	517	»	178	»	»	»	»	155	»	140	»	»	»	»	»
2 h. 30	657	»	719	520	924	607	»	257	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2 h. 45	770	»	854	619	1110	677	»	287	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 heures.	906	»	»	»	1288	722	»	348	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 15	1059	»	»	»	»	750	»	455	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 30	1227	»	»	»	»	770	»	557	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 45	1319	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 heures.	1384	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 15	1436	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 30	1474	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 45	1514	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

en dixièmes de degré, pour chacune des vingt expériences, l'écart constaté, à chaque quart d'heure, en plus ou en moins, entre la température actuelle de l'animal et sa température initiale. (Toutes les injections étaient pratiquées à une température inférieure d'environ 7° à celle des injections marines et chlorurées.)

De ce tableau il ressort :

1° Sous l'injection d'urine toxique, l'hypothermie est la règle. Cette hypothermie est fonction de la toxicité de l'urine injectée. En effet : A.) l'urine injectée déterminant la mort de l'animal, dans la première sous-série, à la dose moyenne de 17 centièmes ; dans la deuxième, à la dose de 10 centièmes ; dans la troisième, à la dose de 7,5 centièmes ; B.) la moyenne de la chute thermique observée dans la première sous-série, au bout de 1h 30m, étant de 1°,8 ; dans la deuxième, de 3°,3 ; dans la troisième, de 4°,3, — la multiplication, pour chaque sous-série, de ces deux chiffres l'un par l'autre, donne un produit à peu près constant, ce qui montre avec netteté que ces deux chiffres, l'un mesurant la toxicité, l'autre la chute thermique, sont fonction l'un de l'autre.

$$17 \times 1{,}8 = 30{,}6$$
$$10 \times 3{,}3 = 33$$
$$7{,}5 \times 4{,}3 = 32{,}2$$

2° L'hyperthermie reste cependant assez fréquente. La courbe thermique subit alors des oscillations qui peuvent la faire monter à plusieurs reprises au-dessus de la température initiale (voir Chiens 22, 23, 29, 33, et également le crochet du Chien 41). Cette hyperthermie n'est pas fonction de l'innocuité de l'injection. Sans doute, les liquides injectés aux Chiens 22 et 23 comptent parmi les moins toxiques, mais ceux injectés aux numéros 29, 33 sont déjà d'une toxicité élevée, et surtout celui injecté au numéro 41.

Examen du fonctionnement rénal selon le degré toxique du liquide injecté. — Examen devant porter comme dans la première série d'expériences (voir page 179) sur deux points de l'élimination rénale : A.) quantité du liquide excrété ; B.) nombre relatif des molécules solides, également excrétées.

A. — *Volumes excrétés par le rein, dans les mêmes temps, selon le degré toxique du liquide injecté.* — On donne ci-dessus, page 190,

tableau XI, le tableau des volumes excrétés par 10 kilogr. d'animal sous les différentes injections. *V. m.* indique pour chaque Chien, la vitesse moyenne de l'injection. — On trouvera au-dessous, page 191, tableau XII, le tableau des mêmes volumes, mais calculés pour une vitesse idéale d'injection de 10 centimètres cubes par minute. On a établi le calcul comme si la vitesse de l'élimination rénale était fonction précise de celle de l'injection. Il n'en est pas exactement ainsi dans la réalité ; mais les chiffres obtenus de cette façon permettent une comparaison plus immédiate.

Laissant de côté ce second tableau, moins exact, on peut résumer le premier par celui-ci :

TABLEAU XIII.

MOYENNES DES VOLUMES EXCRÉTÉS PAR 10 KILOGRAMMES D'ANIMAL DANS LES TROIS SOUS-SÉRIES D'EXPÉRIENCES DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

HEURES MINUTES.	1re SOUS-SÉRIE. *Toxicité faible.* V. m. 8,1	2e SOUS-SÉRIE. *Toxicité moyenne.* V. m. 7,08	3e SOUS-SÉRIE. *Toxicité forte.* V. m. 7,6
0 h. 15	6,3	2,3	3,6
0 h. 30	29	13	9
0 h. 45	60	29	19
1 heure	110	47	33
1 h. 15	168	68	46
1 h. 30	252	81	»
1 h. 45	299	94	»
2 heures	381	»	»

Tous les chiffres de ce tableau sont comparables entre eux, la vitesse moyenne d'injection étant sensiblement égale dans les trois sous-séries.

Il en résulte :

LOI. — Au moins sous des injections comparables entre elles (celles d'urine, par exemple), ***les volumes éliminés par le rein sont en raison inverse du degré toxique du liquide injecté.***

B. — *Nombre relatif des molécules solides, éliminées par le rein dans les mêmes temps, selon le degré toxique du liquide injecté.* — Les points de congélation n'ont pas été déterminés ici comme dans la première série d'expériences. Ils ne pouvaient l'être, leur détermination exigeant une quantité assez considérable de

TABLEAU XIV. — TENEUR EN CHLORURES POUR 1000 DES URINES ÉLIMINÉES SOUS L'INFLUENCE DES INJECTIONS D'URINES DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

Numéro de la sous-série.	Numéro du Chien d'expérience.	TENEUR EN CHLORURES POUR 1000 du liquide injecté.	de l'urine de l'animal expérimenté, avant l'injection.	de l'urine, pendant et après l'injection. 9.	15.	20.	30.	40.	50.	60.	80.	100.	125.	150.	175.	200.	225.	250.	300.	375.	450.	500.	625.	700.	875.	1000.	1100.	1250.
1	22	5,8	4,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5,5	.	.	.	.	3,7	.	3,1	.	.	2,7	.	2,2	0,9	**0,2**		
	24	5,1	3,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*x*	.	.	.	.	.	.	2,2	.	.	*x*	.	**x**	*x*	1,5	0,8	
	25	2,3	7	.	.	.	.	.	.	.	.	2,1	.	.	.	0,9	.	.	.		**0,1**	.		.					
	27	6	2,5	.	.	.	.	.	.	.	1,6	.	.	.	.	.	.	0,6	.			0,6		**0,6**					
2	30	6,4	3,5	.	.	.	.	.	.	.	**2,1**	**0,8**	.	.	.	0,25	.		.									
	31	5,5	1,8	.	.	.	.	.	.	.	.	1,1	.	**1**	.	.	.		.									
	32	2,4	4,7	.	.	.	.	.	.	.	**x**	.	0,7		.	.	0,2		.									
	33	6,1	2,4	.	.	.	.	.	.	2,1	**x**	1,4	.	0,35	.	0,1			0,16									
3	34	»	3,4	.	.	.	.	.	.	.	.	**x**	.	.	0,4													
	35	6,4	*x*	.	.	**1,2**	.	.	0,8	.			.															
	36	5,2	1,6	.	.	.	.	.	.	.			**0,6**															
	37	5,5	5,4	.	.	.	**2,9**	5,9		.																		
	40	4	6,2	.	.	.		**1,2**		0,6																		
	41	5,8	5,8	**3,9**	6,5	7,8																						

Les chiffres (ou lettres : x), en caractères gras, de la 3e colonne, marquent le dernier échantillon d'urine éliminé sous l'injection.

TABLEAU XV. — TENEUR EN URÉE POUR 1000 DES URINES ÉLIMINÉES SOUS L'INFLUENCE DES INJECTIONS D'URINES DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

Numéro de la sous-série.	Numéro du Chien d'expérience.	TENEUR EN URÉE POUR 1000 du liquide injecté.	de l'urine de l'animal expérimenté, avant l'injection.	de l'urine, pendant et après l'injection. 9.	15.	20.	30.	40.	50.	60.	80.	100.	125.	150.	175.	200.	225.	250.	300.	375.	450.	500.	625.	700.	875.	1000.	1100.	1250.
1	22	6,1	51	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9,6	.	.	.	.	6,4	.	5,5		.	4,8	.	4,7	6,6	8,4	.	
	24	7	40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*x*	.	.	.	.	.	.	4,4		.	.	.	x	4,6	.	6,6	
	25	9,5	39,7	.	.	.	.	.	.	.	.	10,8	.	.	.	5,7	.	.	.		**5,7**	.	7	.					
	27	6,5	51	.	.	.	.	.	.	19,9	.	.	.	.	.	.	8,2	.		5,1		6,9						
2	30	6,4	64	.	.	.	.	.	.	.	**24,7**	15	.	.	.	5,7	.		.									
	31	6,4	50,7	.	.	.	.	.	.	.	.	8,9	.	**8,9**	.	.	.		.									
	32	8,3	61,4	.	.	.	.	.	.	.	x	.	14		.	.	9,5		.									
	33	11,4	47,4	.	.	.	.	.	.	17,2	x	15	.	17,1	.	16,7			42									
3	34	»	46,1	.	.	.	.	.	.	.		x	.		9,4													
	35	6,4	41	.	.	**18**	.	.	8,9	.			.															
	36	9	33,5	.	.	.	.	.		.			**13,3**															
	37	6,5	64	.	.	.	**20,5**	8,2		.																		
	40	9	34,5	.	.	.		**20,7**		14																		
	41	10	30,7	**7,6**	5,6	0,6				.																		

Les chiffres (ou lettres : x), en caractères gras, de la 5e colonne, marquent le dernier échantillon d'urine éliminé sous l'injection.

liquide, que le rein ne fournissait pas dans la plupart des expériences de la troisième sous-série. On a donc déterminé la teneur en chlorures et en urée des différents échantillons d'urines. Comme les chlorures et l'urée forment à eux seuls les trois quarts environ des molécules contenues dans une urine et que les autres éléments s'ordonnent d'une façon générale sur ceux-là, leur somme pourra être considérée comme représentant relativement le total des molécules solides éliminées.

Les deux tableaux XIV et XV donnent la teneur en chlorures et en urée, par litre : 1° du liquide injecté, 2° de l'urine de l'animal expérimenté, avant le début de l'injection, 3° des urines éliminées pendant et après l'injection. Chaque chiffre de la dernière colonne s'entend pour toute l'urine excrétée depuis l'indication précédente. Chaque chiffre est situé à une place qui marque à quel moment de l'élimination rénale l'analyse a été effectuée. Il suffit de remonter verticalement à la première ligne de chiffres : 9, 15, 20, 30, 40, etc. ; le chiffre rencontré donne le nombre de centimètres cubes éliminés par 10 kilogrammes d'animal, depuis le début de l'injection. Les chiffres (ou lettres : x) en caractères gras sont ceux des déterminations effectuées sur le dernier échantillon d'urine éliminé sous l'injection. Les chiffres qui suivent se rapportent à l'élimination rénale après l'injection.

Tous les échantillons d'urine étant prélevés à des heures connues et leur volume étant également connu, il suffit de multiplier ces volumes par le taux des chlorures et de l'urée pour avoir aux divers temps le poids exact des chlorures et de l'urée éliminés par le rein.

On donne dans le tableau suivant, tableau XVI, les poids des chlorures et de l'urée (exprimés en décigrammes) éliminés par le rein au bout d'une heure d'injection. — On ne donne pas ces poids au delà de la première heure, par la seule raison que l'injection, dans la troisième sous-série, ne se prolonge pas sensiblement au delà.

Tableau XVI

Tableau des poids, en décigrammes, des chlorures et de l'urée éliminés par 10 kilogrammes d'animal, dans la première heure de l'injection, sous des injections d'urines différemment toxiques.

Numéro de la sous-série d'expériences.	Numéro de l'expérience.	Chlorures éliminés (en décigrammes.)	Urée éliminée (en décigrammes.)
1	22	4,7	8,5
	25	1,5	7,6
	27	1,55	19,4
2	30	0,98	10,2
	31	0,88	7,05
	33	1,25	10,14
3	35	0,17	2,66
	36	0,35	7,8
	37	0,58	4,17
	40	0,35	6,1
	41	0,50	0,58

Tableau qui se résume par celui-ci :

Tableau XVII

Moyennes, en décigrammes, des chlorures et de l'urée éliminés par 10 kilogrammes d'animal, dans la première heure de l'injection, dans trois sous-séries d'injections différemment toxiques.

Numéro de la sous-série d'expériences.	Moyenne des chlorures éliminés (en décigrammes.)	Moyenne de l'urée éliminée (en décigrammes.)	Total de ces deux poids.
1 Toxicité faible.	2,6	12 »	**14,6**
2 Toxicité moyenne.	1,05	9,1	**10,1**
3 Toxicité forte.	0,35	4,3	**4,65**

Tous les chiffres de ce tableau sont comparables entre eux, 1° les vitesses moyennes d'injection étant sensiblement égales dans les trois sous-séries (7^{cc},8, 6^{cc},8, 7^{cc},6); 2° également, les

teneurs moyennes en chlorures et en urée des liquides d'injection (chlorures : $4^{gr},7$, 6^{gr}, 5^{gr}; — urée : $7^{gr},4$, 8^{gr}, $8^{gr}2$); 3° également enfin, les teneurs moyennes en chlorures et en urée de l'urine des animaux d'expérience avant l'injection (chlorures: $4^{gr},7$, $2^{gr},6$, $4^{gr},7$; — urée : 47^{gr}; 47^{gr}; 40^{gr}).

Tableau d'où il résulte avec netteté :

Loi. — Au moins sous des injections comparables entre elles (celles d'urine par exemple), ***le nombre des molécules solides éliminées par le rein est fonction inverse du degré toxique du liquide injecté***.

Cette loi est de même sens que la loi précédente (page 195). Il en résulte : ***Sous des injections toxiques, le travail d'élimination rénale est fonction inverse de la toxicité du liquide injecté.*** A toxicité faible, travail rénal majeur; à toxicité forte, travail rénal mineur.

Loi générale du travail rénal. — On peut pousser plus avant l'examen du travail des cellules rénales.

On trouvera ci-contre, page 199, un tableau (tableau XVIII) tiré simplement du tableau XI. Ce nouveau tableau donne, par simples soustractions, les volumes éliminés par le rein, pendant chaque quart d'heure des injections.

Les expériences 22, 27, 28, 30, 36, 38 présentent un phénomène instructif. L'élimination rénale grandit d'abord peu à peu, atteint un maximum, fléchit, puis tend vers 0. Ce phénomène est constant. Toutes les autres expériences sans exception le présenteraient, si l'injection avait été poussée à une vitesse plus grande ou pendant un temps assez long. C'est ce dont témoignent avec évidence d'autres expériences non rapportées ici, et d'une façon également excellente, les quatre expériences du tableau XIX, page 200 (injections intra-veineuses d'acide borique à l'isotonie).

On voit dans trois de ces expériences, comme dans les expériences 22, 27, 28, 30, 36, 38, l'élimination rénale croître, atteindre un maximum, décroître, puis tomber à 0. Cette chute à 0 est d'autant plus prompte que la vitesse d'injection est forte. Si elle n'est pas réalisée dans l'expérience 43, c'est que la vitesse de l'injection est faible et que l'injection n'a pas été poussée un temps assez long. Ainsi, vis-à-vis d'injections toxiques, la marche de l'élimination rénale, quant aux volumes, est : croissance des

TABLEAU XVIII. — TABLEAU DES VOLUMES ÉLIMINÉS PAR LE REIN, PAR 10 KILOGRAMMES D'ANIMAL, PENDANT CHAQUE QUART D'HEURE DE L'INJECTION.

HEURES ET MINUTES.	TOXICITÉ FAIBLE.							TOXICITÉ MOYENNE.					TOXICITÉ FORTE.							
	CHIEN 22	CHIEN 23	CHIEN 24	CHIEN 25	CHIEN 26	CHIEN 27	CHIEN 28	CHIEN 29	CHIEN 30	CHIEN 31	CHIEN 32	CHIEN 33	CHIEN 34	CHIEN 35	CHIEN 36	CHIEN 37	CHIEN 38	CHIEN 39	CHIEN 40	CHIEN 41
	V. m. 7,1	V. m. 4	V. m. 10,6	V. m. 7,5	V. m. 9,7	V. m. 9	V. m. 9,2	V. m. 5,6	V. m. 7	V. m. 8,8	V. m. 9,5	V. m. 4,7	V. m. 7,7	V. m. 10	V. m. 9	V. m. 9,2	V. m. 10	V. m. 4,8	V. m. 5,2	V. m. 4,9
0 h. 15	2,5	5,5	1	1	12	15	7	0	3	5,5	2	1	4	2,5	0	10	9	2	1	0,5
0 h. 30	7,5	8,5	45	9	29	19	45	4	5	9,5	14	19	8	5	1	2	21	5	6	1
0 h. 45	17	12	49	17	50	33	57	10	5	20	25	25	15	1,5	9	5	27	7	8	4,5
1 heure.	29	17	87	29	90	40	62	5	17	52	21	15	18	2	35	6	37	9	17	1
1 h. 15	40	24	95	54	96	59	52	14	22	50	15	22	17	7	20	7	24	7	7	2
1 h. 30	55	41	95	45	102	74	46	14	15	25	25	»	11	4	24	»	2	9	»	»
1 h. 45	56	47	92	51	124	72	26	15	9	21	»	»	15	»	18	»	5	7	»	»
2 heures.	72	55	101	54	154	71	6	14	4	»	»	»	11	»	15	»	»	»	»	»
2 h. 15	80	45	91	70	150	85	»	24	»	»	»	»	9	»	8	»	»	»	»	»
2 h. 30	87	»	108	74	147	80	»	55	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2 h. 45	101	»	122	72	181	64	»	28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 heures.	96	»	»	»	170	40	»	54	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 15	109	»	»	»	»	25	»	48	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 30	120	»	»	»	»	18	»	57	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 45	65	»	»	»	»	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 heures.	46	»	»	»	»	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 15	57	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 30	27	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 45	28	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Le trait horizontal dans deux colonnes marque le moment où finit l'injection. Dans les dix-huit autres expériences, l'injection finit au temps même qui correspond au dernier chiffre.

volumes éliminés, atteinte d'un maximum, décroissance et chute à 0.

Tableau XIX

Tableau des volumes excrétés dans chaque quart d'heure, par 10 kilogrammes d'animal, sous des injections d'acide borique a l'isotonie.

HEURES ET MINUTES.	Chien 42. P. 10,25 V. m. 4,8	Chien 43. P. 9,5 V. m. 6,7	Chien 44. P. 11,5 V. m. 10,8	Chien 45. P. 9 V. m. 15,1
0 h. 15	1	3	1	6
0 h. 30	7	1	7	10
0 h. 45	11	0	7	21
1 heure	10	5	11	23
1 h. 15	12	10	10	27
1 h. 30	16	12	13	23
1 h. 45	11	3	11	13
2 heures	13	6	8	2
2 h. 15	14	12	5	0,5
2 h. 30	14	12	1	0,5
2 h. 45	12	22	0	0
3 heures	11	30	0,5	0,5
3 h. 15	5	26	0	0
3 h. 30	6	»	0,5	0
3 h. 45	2	»	0	0
4 heures	1	»	»	0
4 h. 15	0	»	»	»

P. donne le poids réel du Chien; V. m. la vitesse moyenne d'injection. La barre, dans chaque colonne, indique la fin de l'injection.

Il en est de même quant aux molécules solides éliminées. On donne ci-contre, page 201, tableau XX, les densités successives des urines excrétées sous les injections d'urines toxiques dans les expériences où l'élimination rénale a été suffisamment abondante pour que ces densités pussent être relevées au densimètre. Le chiffre adjoint à chaque densité indique la vitesse, par minute et par 10 kilogrammes d'animal, à laquelle l'urine pesée a été éliminée. Chaque densité et chaque vitesse s'entendent pour l'urine excrétée depuis l'indication précédente. Les barres dans chaque colonne signalent la fin de l'injection. Les temps par quarts d'heure n'indiquent pas exactement ceux de l'observation; ces temps exacts suivent le tableau.

Dans ce tableau, deux seules expériences sont à considérer pour le sujet présent : les expériences 22 et 27. Elles sont les seules

TABLEAU XX. — TABLEAU DES DENSITÉS SUCCESSIVES DES URINES ÉLIMINÉES, SOUS DES INJECTIONS D'URINES DIFFÉREMMENT TOXIQUES.

HEURES ET MINUTES.	Chien 22.		Chien 23.		Chien 24.		Chien 25.		Chien 26.		Chien 27.		Chien 29.		Chien 33.	
	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.	Vitesse de l'élimination.	Densité.
Avant.	»	»	»	1048 »	»	»	»	1033 »	»	1028 »	»	»	»	»	»	»
0 h. 15.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
0 h. 30.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
0 h. 45.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1 heure.	»	»	»	»	3,9	1012,7	1,21	1013 »	2,56	1015,5	1,8	1017,5	»	»	»	»
1 h. 15.	»	»	»	»	7 »	1005,5	»	»	6,5	1006 »	3,45	1008 »	»	»	1 »	1019,5
1 h. 30.	2,2	1015,5	1,1	1018 »	6,25	1005,5	»	»	6,8	1005 »	4,6	1006,5	»	»	»	»
1 h. 45.	»	»	»	»	6,25	1005,9	3 »	1010 »	8,6	1004,9	4,8	1005,5	»	»	1,2	1015,2
2 heures.	4,1	1009 »	3,2	1010 »	»	»	»	»	9,3	1005 »	5,2	1005 »	0,66	1020 »	»	»
2 h. 15.	5,6	1007 »	»	»	6,25	1005 »	»	»	»	»	5,5	1004,5	»	»	1 »	1011,7
2 h. 30.	»	»	»	»	6,9	1005 »	»	»	»	»	4,8	1004,2	»	»	»	»
2 h. 45.	»	»	2,5	1010 »	»	»	4,5	1007,5	»	»	»	»	1,8	1011 »	1,2	1008,4
3 heures.	6,3	1006,2	»	»	6,9	1004,9	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
3 h. 15.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3 »	1007 »	»	»
3 h. 30.	7,2	1006 »	»	»	»	»	3,5	1007 »	»	»	2,3	1008 »	»	»	»	»
3 h. 45.	»	»	»	»	4,46	1004,9	»	»	6,5	1005,8	»	»	»	»	1,5	1006 »
4 heures.	3,4	1008,2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 15.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 30.	»	»	»	»	2,77	1005,2	2,6	1007 »	»	»	»	»	»	»	»	»
4 h. 45.	2 »	1010,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
5 heures	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6 heures.	»	»	»	»	1,66	1006,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
7 heures.	»	»	»	»	1,56	1008,5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Temps exact des observations. — Exp. 22. — 1h24; 1h55; 2h17; 2h56; 3h30; 4h6; 4h45. — Exp. 23. — 1h27; 1h58; 2h40. — Exp. 24. — 0h55; 1h10; 1h30; 1h51; 2h49; 2h28; 3h01; 3h40; 4h25; 6h; 7h05. — Exp. 25. — 1h15; 1h45; 2h45; 3h57; 4h25. — Exp. 26. — 0h55; 1h15; 1h34; 1h49; 2h05; 4h15. — Exp. 27. — 0h51; 1h15; 1h53; 1h50; 2h06; 2h21; 2h58; 3h25. — Exp. 29. — 2h; 2h50; 3h20; 3h44. — Exp. 33. — 1h; 1h50; 2h10; 2h50; 3h40.

qui ont été poussées assez loin pour que la chute du travail rénal se produisît. Il est à remarquer d'abord que, dans ces expériences, les densités finales de l'urine se relèvent, ce qui semblerait indiquer, vers la fin de l'injection, un meilleur travail du rein quant aux molécules solides qu'il élimine. Or, il n'en est rien. Il suffit en effet de multiplier les vitesses d'élimination par les densités — calcul qui donnera le nombre relatif de molécules solides éliminées par le rein dans une même unité de temps, aux divers moments de l'injection — pour voir (tableau XXI) que ce nombre, après avoir atteint un maximum, s'abaisse au contraire dans la dernière partie de l'injection. Il tombe naturellement à 0, quand l'élimination volumétrique est tombée elle-même à 0.

TABLEAU XXI

NOMBRE RELATIF DES MOLÉCULES SOLIDES, ÉLIMINÉES PAR LE REIN DANS UNE MÊME UNITÉ DE TEMPS, CHAQUE CHIFFRE S'ENTENDANT POUR LE TRAVAIL MOYEN EFFECTUÉ DEPUIS L'INDICATION PRÉCÉDENTE.

Temps.	CHIEN 22.	CHIEN 27.
0 h. 45.	»	31,5
1 heure 15. . . .	»	27,6
1 h. 30.	29,7	29,9
1 h. 45.	»	26,4
2 heures.	36,9	26 »
2 h. 15.	»	24,7
2 h. 30.	»	20,1
3 heures.	39 »	»
3 h. 15.	»	18,4
3 h. 30.	43,2	»
4 heures.	27,8	»
4 h. 45.	21 »	»

En résumé, sous une même injection toxique, le travail total du rein s'exprime par une courbe, montante d'abord, descendante ensuite, atteignant enfin la ligne 0.

La partie montante de la courbe s'explique par la surcharge de plus en plus grande que supporte le rein, au fur et à mesure de l'injection. La surcharge de l'organisme en liquide étranger augmentant, le besoin d'éliminer augmente proportionnellement. Mais cette cause ***purement mécanique*** cesse bientôt de pouvoir agir, ainsi que le montre l'expérience, puisque la charge continuant à croître avec l'injection, l'élimination rénale commence

bientôt à faiblir. ***Cette chute du travail rénal, en face d'une surcharge croissante, est due à l'altération chimique du milieu vital des cellules***. Elle est proportionnelle à cette altération, l'élimination rénale tombant d'autant plus que la quantité de liquide toxique introduite dans l'organisme est forte, c'est-à-dire que le *milieu vital* est altéré.

D'autre part, si on se reporte aux tableaux XIII et XVII, on voit, pour une même quantité de liquide toxique introduite dans l'organisme, l'élimination rénale être d'autant plus faible que la toxicité du liquide injecté est forte, c'est-à-dire ici encore, que le *milieu vital* est altéré.

Ainsi, 1° sous une même injection toxique, travail rénal inversement proportionnel à la quantité de liquide introduite, c'est-à-dire à l'altération du *milieu vital* des cellules; — 2° sous des injections différemment toxiques, toutes les autres conditions d'expériences étant égales, travail rénal inversement proportionnel à la toxicité du liquide introduit, c'est-à-dire encore à l'altération du *milieu vital* des cellules. La loi suivante du fonctionnement rénal en résulte :

Loi générale du travail des cellules rénales. — Le travail des cellules rénales est fonction directe de l'intégrité du milieu vital.

La seconde série d'expériences est terminée. Il ne reste plus qu'à apprécier, à sa faveur, les résultats comparatifs de la première série.

Interprétation des résultats thermiques et rénaux de la première série d'expériences. — 1° Résultats thermiques. — Sous l'injection marine, hypothermie croissante; sous l'injection chlorurée, oscillations légères autour de la température initiale. — Sous l'injection d'urine toxique : 1° dans la majorité des cas, hypothermie croissante (fonction de la toxicité); 2° dans d'autres cas, encore nombreux, oscillations légères autour de la température initiale.

L'hypothermie croissante, qui est la règle sous l'injection d'urine toxique et est même fonction de la toxicité, semble donc être, à première vue, pour l'injection marine, un signe certain de toxicité. Or, il n'en est pas ainsi. On va voir que l'hypothermie sous l'injection marine n'est aucunement assimilable à celle observée sous l'injection d'urine toxique. Il y a bien deux effets

identiques, mais ils ne relèvent pas de la même cause, ils ne sont pas assimilables entre eux, et l'hypothermie marine reste sans cause connue. Elle est donc d'une indication nulle quant au degré et au genre de toxicité de l'eau de mer.

En effet : l'hypothermie, sous l'injection d'urine toxique, est manifestement due à un ralentissement général de la vie cellulaire, entraînant une diminution des combustions organiques. Ce ralentissement général est causé par l'altération chimique du milieu, lequel cesse d'être favorable aux phénomènes vitaux. La chute du fonctionnement rénal n'est qu'un incident de ce ralentissement cellulaire. Pour la température comme pour le fonctionnement du rein, la chute est d'autant plus marquée, comme on l'a vu pages 192, 198, que la toxicité du liquide injecté est forte, c'est-à-dire que le milieu est chimiquement altéré. L'injection se prolongeant, le milieu s'altérant de plus en plus, les actes vitaux s'éteignent progressivement (chute graduelle du travail rénal, de la tonicité, des combustions organiques, des réflexes ; coma, mort). La chute thermique, ici, relève donc nettement d'une cause chimique : l'altération du milieu, qui devient impropre par cela même aux phénomènes vitaux, et entre autres, aux combustions cellulaires.

L'hypothermie, sous l'injection marine, ne relève aucunement de cette cause. Tout le démontre. Si la chute thermique, sous l'injection marine, était assimilable à celle qui se produit sous l'injection d'urine toxique :

A). L'eau de mer serait mortelle pour l'animal à la dose d'environ les 30 centièmes de son poids.

Calcul établi sur les doses mortelles et les chutes thermiques moyennes des trois sous-séries d'injections différemment toxiques ; voir page 192. — La chute thermique moyenne, sous l'injection marine, étant au bout de 1h 30, de 1°,1, si cette chute était causée, comme pour les injections d'urine toxique, par le degré d'altération du milieu, la dose mortelle pour l'eau de mer serait des :

$$\text{Calcul établi d'après} \begin{cases} \text{la 1re sous-série : 17 cent.} \times \frac{1°,8}{1°,1} = 28 \text{ centièmes,} \\ \text{la 2e sous-série : 10 cent.} \times \frac{3°,3}{1°,1} = 30 \quad — \\ \text{la 3e sous-série : 7,5 cent.} \times \frac{4°,3}{1°,1} = 32 \quad — \end{cases}$$

soit, en moyenne, des 30 centièmes du poids du corps de l'animal.

Or, on a vu, dans le premier groupe d'expériences, qu'on peut

injecter impunément un Chien des 66, 81, 104 centièmes de son poids.

B). Tous les phénomènes toxiques, observés sous l'injection d'urine, devraient se retrouver sous l'injection marine, à des moments simplement plus tardifs. Si la chute thermique était due, en effet, à l'altération chimique du milieu, cette altération devrait produire non seulement la chute de la température, mais celle de tous les actes vitaux et les différents troubles connus. Or, sous l'injection des 66, 81, 104 centièmes du poids (expérience L. HALLION), on a vu le Chien rester à peu près normal pendant toute la durée de l'injection, ne présenter, à aucun moment, aucun des troubles relatés sous les injections toxiques (sauf quelques vomissements légers, négligeables), et tous les actes cellulaires (les actes rénaux, notamment, qui sont les plus flagrants) s'accomplir à la fin de l'injection avec la même intrégrité qu'au début. Les injections étaient cependant conduites à des vitesses doubles, et parfois triples, de celles des injections urinaires.

On ne saurait objecter que ces injections marines ont été pratiquées chaudes et l'animal couvert. Ces précautions n'ont fait qu'éviter la chute thermique et les inconvénients directs qu'elle aurait eus. Mais il est clair que si l'eau de mer avait altéré chimiquement le milieu, le fait de l'injecter chaude eût été sans influence sur cette altération. On pourrait chauffer une injection d'urine toxique, et couvrir l'animal : l'altération chimique du milieu resterait identique, et par conséquent la chute de tous les phénomènes vitaux. Dès lors que ces phénomènes ne présentent, sous l'injection marine chaude et aux doses considérables qu'on connaît, qu'un trouble à peine marqué, c'est que cette injection n'apporte au milieu qu'une altération chimique très peu sensible.

On voit donc que la chute thermique occasionnée par l'injection marine ne relève aucunement de la cause *chimique* qui la détermine sous l'injection d'urine. Cette chute thermique sous l'injection d'eau de mer reste actuellement sans cause connue. Cette ignorance, fâcheuse en soi, n'importe pas pour le sujet comparatif qui nous occupe. On ne cherche ici qu'à trouver des signes en rapport avec la toxicité ***chimique*** des différentes solutions. L'étude montre que le signe : *chute thermique*, sous l'injection marine, est d'une indication nulle quant à la *toxicité chimique*. Il n'y a donc présentement qu'à ne plus tabler sur lui.

L'oscillation légère autour de la température initiale, avec

tendance à l'hyperthermie, sous l'injection chlorurée, pouvait signifier, à première vue, une activité à peu près normale de l'organisme, dans un *milieu vital* peu altéré chimiquement. Or, ces mêmes oscillations, avec tendance à l'hyperthermie, s'observent sous des injections manifestement toxiques, qui apportent un trouble évident au milieu (voir tableau X, expériences 22, 25, 29, 33, et crochet de l'expérience 41). Les injections 33 et 41 sont notamment toxiques, mais aussi celle de l'expérience 22 sous laquelle le travail rénal tombe en définitive à 0 et celle de l'expérience 29 sous laquelle les accidents oculaires sont particulièrement précoces et accentués, ainsi que la résolution musculaire (voir tableau IX). Bien mieux, sous l'injection de la solution boriquée à l'isotonie, qui est une solution antiseptique, c'est-à-dire essentiellement non vitale, les mêmes oscillations thermiques avec hyperthermie ont lieu (voir le tableau suivant XXII).

TABLEAU XXII.

ÉCARTS THERMIQUES EN PLUS OU EN MOINS, A CHAQUE QUART D'HEURE, ENTRE LA TEMPÉRATURE ACTUELLE DE L'ANIMAL ET SA TEMPÉRATURE INITIALE, SOUS L'INJECTION D'ACIDE BORIQUE A L'ISOTONIE.

HEURES ET MINUTES.	CHIEN 42. P. 10,25 V. m. 4,8 0. 16°.	CHIEN 43. P. 9,5 V. m. 9,5 0. 11°.	CHIEN 44. P. 11,5 V. m. 10,8 0. 11°.	CHIEN 45. P. 9 V. m. 15,1 0. 25°.
0 h. 0	39°,6	39°	38°,2	38°,9
0 h. 15	— 1	— 2	0	— 1
0 h. 30	+ 2	— 3	+ 2	— 3
0 h. 45	— 2	+ 2	+ 4	— 6
1 heure	— 6	0	0	— 10
1 h. 15	— 8	— 4	— 2	— 14
1 h. 30	— 10	— 8	— 5	— 21
1 h. 45	— 8	— 8	— 6	— 28
2 heures	— 8	— 8	— 8	— 32
2 h. 15	— 7	— 6	— 12	— 38
2 h. 30	»	— 8	— 14	»
2 h. 45	»	0	— 16	»
3 heures	— 20	— 2	— 19	»
3 h. 15	»	— 3	»	— 39

P. donne le poids du chien; V. m. la vitesse moyenne d'injection; 0. la température de l'injection.

Si l'élévation au-dessus de la température initiale ne s'observe pas au cours de l'expérience 45 de ce tableau, c'est que la vitesse d'injection est trop forte.

Ainsi, l'oscillation autour de la température initiale, avec hyperthermie, sous une injection intra-veineuse, n'est nullement incompatible avec une toxicité chimique de l'injection. D'autres expériences non rapportées ici font voir en outre que la solution chlorurée, aux hautes doses, a un ***pouvoir convulsivant*** très marqué. Il est donc fort probable que cette tendance à l'hyperthermie, sous l'injection chlorurée, résulte, non pas d'une activité normale de l'organisme, mais bien au contraire d'une excitation morbide, due à un trouble particulier du milieu.

En résumé, l'hypothermie, sous l'injection marine, la tendance à l'hyperthermie, sous l'injection chlorurée, relèvent de causes non déterminées, qui ne paraissent pas comparables entre elles. L'étude des variations thermiques sous les différentes sous-séries d'injections toxiques, éclaire, de cette seule façon, ces résultats. Ils demeurent donc d'une indication nulle quant au problème posé, c'est-à-dire quant à la supériorité physiologique de l'une ou de l'autre solution.

2° Résultats rénaux. — Sous l'injection marine, travail rénal représenté par 2; sous l'injection chlorurée, travail rénal représenté par 1. — Sous les injections d'urines différemment toxiques, travail rénal représenté par un chiffre d'autant plus faible que l'injection est plus toxique. Loi générale du travail rénal : le travail des cellules rénales est fonction de l'intégrité du *milieu vital.*

Il en résulte : — ***La solution marine est environ deux fois moins toxique, au moins chez le Chien, que la solution chlorurée. L'altération, apportée au milieu vital du Chien par la solution marine, est environ deux fois moindre que celle apportée par la solution chlorurée.***

APPENDICE

On donne ici intégralement la note de L. Hallion (1897), résumée au cours du premier groupe d'expériences qui précède, page 167.

Note de L. Hallion (1897)[1].

Des injections intraveineuses d'eau de mer comparées aux injections de « sérum artificiel ».

« M. Quinton, en vertu d'une hypothèse qu'il a indiquée ici même (*Soc. de Biol.*, séance du 30 octobre 1897), fut conduit à supposer que l'eau de mer, injectée dans les veines, devait être particulièrement bien tolérée, pourvu qu'elle fût ramenée par une dilution convenable au point de congélation du sérum sanguin (— 0°,55 d'après Winter).

« Des expériences précises, exécutées sur des Chiens, répondirent d'une façon remarquable à cette prévision. Les recherches que je poursuis, avec M. Carrion, sur les injections d'eau salée, me mettaient à même de comparer, au point de vue de leurs effets, le « sérum artificiel » chloruré et l'eau de mer. J'ai répété l'expérience de M. Quinton, en augmentant la proportion de liquide injecté. En voici le résumé :

« Un Chien de 6,5 kilog., basset mâtiné, est fixé sur une table, couché sur le flanc, attaché par les pattes et par le cou, et soigneusement enveloppé dans une couverture, qui ne laisse guère passer que la tête. Tout est préparé pour lui injecter d'une façon continue, par une saphène, de l'eau de mer à la dilution indiquée; le tuyau adducteur traverse un baquet d'eau chaude, maintenu à une température sensiblement constante; à quelques centimètres de la canule veineuse, un thermomètre, baigné par le courant du liquide injecté, indique la température de ce dernier. Une sonde urethrale, percée de deux yeux, est fixée en permanence et déverse l'urine, par l'intermédiaire d'un tuyau en caoutchouc, dans un vase gradué.

« On notera toutes les dix minutes les quantités injectées, les quantités d'urine émises, la température rectale de l'animal et, à partir de la cinquième heure de l'expérience, la température du liquide injecté. On fera varier de temps en temps la vitesse de l'injection dans le même sens que la vitesse constatée pour l'émission urinaire.

« Nous ne pouvons reproduire ici le tableau complet de l'expérience: notons seulement les chiffres d'heure en heure. Nous appellerons I, les quantités injectées depuis le début de l'expérience; U, les quantités d'urine; T, la température rectale; 0, la température du liquide injecté.

« L'injection commence à 9h 30 du matin; nous la supposerons, pour plus de clarté, partir de 0 minute, et nous compterons ensuite par heures et par jours pleins.

« 20 minutes avant l'injection, au moment où l'on vient de fixer le Chien, température rectale, T : 40 degrés; au début de l'injection : 39°,7.

---

1. Hallion, 1897, *Soc. de Biolog.*, p. 1042.

	I	U	T	θ
	cc.	cc.		
1 heure.	440	54	59°,7	
2 —	1080	546	58°,5	
3 —	1740	1180	57°,8	
4 —	2400	1750	58°,1	
5 —	2990	2240	57°,5	
6 —	3640	2810	57°,8	59°,5
7 —	4160	3520	58°,4	42°
8 —	4700	3850	56°,8	41°
9 —	5170	4190	56°,8	41°,5
10 —	5650	4510	57°	41°,5
11 —	6550	5360	57°,3	42°
11h 40.	6775	5810	57°,2	40°,5
Fin de l'injection.				
12 heures.	»	5900	57°,2	
12h 50.	»	5981	57°,3	
On met le Chien en liberté.				
13h 20.	»	»	58°,5	
14 heures.	»	»	59°	

« Ainsi, l'injection a duré 11h40, soit 700 minutes; la quantité injectée a été : 6775 centimètres cubes, soit 1,04 fois le poids de l'animal. La vitesse moyenne de l'injection a été, par minute et par kilogramme d'animal, 1,49 centimètre cube. La quantité d'urine recueillie est égale à 5814 centimètres cubes; ce chiffre est inférieur à celui de l'urine émise; en effet, un petit caillot ayant, pendant un certain temps, obstrué la sonde (qu'il fallut changer), une certaine quantité d'urine s'est écoulée entre la sonde et la paroi urétbrale, et s'est perdue dans la couverture. On peut évaluer cette quantité à 500 centimètres cubes au moins.

« Pendant toute la durée de l'expérience, l'état du Chien a paru remarquablement satisfaisant : il était tranquille, s'agitait rarement, avait l'œil vif et éveillé, réagissait aux appels et aux caresses. A peine détaché, au bout de 12 heures d'expériences, il va et vient dans le laboratoire, et n'était une légère boiterie que les ligatures des pattes ont causée, il a les allures d'un Chien parfaitement normal et bien portant. Le seul trouble qu'on ait pu noter, en dehors de l'abaissement thermique, a consisté en quelques vomissements, survenus de 2 à 5h30; le Chien a rendu, en tout, 50 centimètres cubes environ d'un liquide muqueux, jaunâtre; aucune diarrhée. On a démuselé le Chien dès le premier vomissement et on l'a laissé ainsi jusqu'à la fin de l'expérience.

« Le Chien est mis en cage et l'urine recueillie : on le sondera chaque fois qu'on prélèvera l'urine spontanément émise, pour ajouter à celle-ci l'urine contenue dans la vessie. Nous indiquerons tout à l'heure les résultats des examens de l'urine.

« Le lendemain de l'injection, l'état du Chien paraît excellent à tous égards. A 1 heure de l'après-midi (soit 1 jour et 5h30m après le début de l'injection, on lui donne 400 grammes de viande et on lui offre de l'eau à boire : il mange aussitôt 300 grammes de viande, et à 6 heures du soir, il mange le reste. Il boit 75 centimètres cubes d'eau à 1 heure et 60 centimètres cubes à 3 heures.

« Le surlendemain, l'état de l'animal est parfait.

« L'urine a été répartie en plusieurs lots, dans la plupart desquels ont été dosés, par litre, l'urée (U) et les chlorures (Cl) en poids de NaCl, et déterminées la densité (D) ramenée à la température de 15 degrés et la réaction.

	D	U	Cl	
Liquide injecté.	1005,6	»	8,6	
Avant l'injection.	»	58,8	5,7	
0 à 100 cent. cubes après l'injection.	1013	7,7	12,2	
100 à 200 cent. cubes, un peu de sang.	1009	»	»	
200 à 300 cent. cubes, un peu de sang.	1008	0,9	9,2	
300 à 400 cent. cubes, un peu de sang.	1007	»	»	
400 à 500 cent. cubes, non hématuriques	1006,5	0,8	9,2	légèrement alcalin.
500 à 600 cent. cubes, non hématuriques.	1007	1,0	9,5	—
600 à 1000 cent. cubes, non hématuriques.	1008	0,8	9,2	—
1000 à 1980 cent. cubes, non hématuriques	1008	0,7	9,9	—
1980 à 2970 cent. cubes, non hématuriques	1008	0,8	9,0	—
2970 à 4000 cent. cubes, non hématuriques	1008,5	1,0	8,5	
4000 à 5081 cent. cubes, un peu de sang.	1009	0,5	9	
5081 à 5867, très peu de sang. .	1010	»	8,7	
Après l'injection, 90 cent. cubes.	1012	1,3	9,0	
A 13h 40, nouveau lot de 30 cent. cubes.	»	3,4	6,0	
Au bout de 1 jour et 1h 30; 270 cent. cubes nouveaux. .	1013	9,4	4,7	
Après 1 jour et 5h 30, 30 cent. cubes	»	19,8	3,9	
Après 2 jours et 5h 30, 310 cent. cubes	1018	53	2,8	

« A aucun moment, dans les prises d'urines ne contenant pas de sang, on n'a constaté d'albumine (par chauffage de l'urine acidifiée) sauf dans l'urine émise 30 heures après le début de l'injection, et aussi (mais dans une proportion beaucoup moindre) dans l'échantillon prélevé après 2 jours et 5 heures.

« Par contre, l'urine chauffée sans addition d'acide acétique présenta, à partir de la prise 1980 à 2970, un trouble de plus en plus marqué, qui disparaissait par addition de quelques gouttes d'acide acétique (phosphates).

« Nous aurons à revenir plus tard, M. Carrion et moi, sur plusieurs considérations relatives à cette expérience, car nous avons le dessein d'étudier, au point de vue de leurs effets, des injections diversement minéralisées et notamment des injections répondant à la constitution minérale du sang. Je me borne à comparer sommairement les effets de la solution de NaCl, dite « sérum artificiel » à ceux de l'eau de mer diluée comme il a été indiqué. Autant qu'on peut tirer de l'expérimentation pratiquée

sur le Chien, des conclusions générales, on peut dire que :

« 1° L'eau de mer diluée est mieux supportée que le « sérum « artificiel » et j'ajouterai, mieux que l'eau salée à n'importe quel titre, en ce sens qu'on peut l'injecter, sans dommage notable, à des doses plus fortes, ou, pour mieux dire et pour tenir compte de la donnée que MM. Dastre et Loye ont justement mise en valeur, à une vitesse plus considérable. A part de légers vomissements, les accidents notés consécutivement aux injections salées n'ont pas été observées ici, malgré l'énorme dose injectée.

« 2° L'eau de mer fait baisser la température; toutefois, on peut limiter beaucoup cet abaissement en enveloppant l'animal et en injectant la solution à une température légèrement supérieure à celle du sang. La solution salée à 7 ou 9 pour 1000 produit, au contraire, une hyperthermie constante.

« 3° Les variations de l'urine, sous l'influence des deux sortes d'injection, sont de même sens à tous les points de vue que nous avons considérés : densité, chiffre de l'urée, chiffre du chlore; mais l'abaissement de la densité fut moindre avec l'injection d'eau de mer qu'avec l'injection d'eau salée; ce qui paraît, autant que d'autres expériences ont paru nous le montrer, impliquer un meilleur fonctionnement du rein. Il sera intéressant également d'étudier les variations du chlore, par rapport à celles de la matière organique, dont l'urée est un témoin. »

CHAPITRE VI

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES VERTÉBRÉS

Démonstration chimique.

Résumé du Chapitre. — Paragraphe I. — L'analyse chimique donne pour l'eau de mer des grands océans modernes (eau de mer typique) la composition minérale suivante :

Eau	1000
Sels dissous	35

ces sels se répartissant en quatre grands groupes décroissants d'importance, savoir :

		Centièmes des sels dissous.
1° Chlore, Sodium	formant à eux seuls les	84 »
2° Soufre, Magnésium, Potassium, Calcium. . . .	formant ensemble	14 »
3° Brome, Carbone, Silicium, Fer, Azote (et Ammonium), Fluor, Phosphore, Lithium, Iode, Bore.	formant ensemble la presque totalité des sels restants, soit.	1,9997
4° Arsenic, Cuivre, Argent, Or, Zinc, Manganèse, Strontium, Baryum, Césium, Rubidium, Aluminium, Plomb, Cobalt . .	tous ces corps ne constituant ensemble qu'une partie infime de la masse dissoute, soit. .	0,0005
		100 »

Paragraphe II. — L'analyse chimique des sources qui se minéralisent dans les bancs de sel du trias, lesquels proviennent de l'évaporation des mers de cette époque, montre qu'on peut considérer la composition minérale des mers modernes comme sensiblement voisine de celle des mers anciennes.

L'analyse précédente peut donc valoir, à quelques proportions près, pour l'eau des mers dans lesquelles la vie animale apparut [1].

---

1. Réserve faite toutefois pour la concentration des sels. Comme on le verra au Livre II, la concentration des mers originelles devait être environ :

Eau	1000
Sels dissous.	8,5 (au lieu de 35).

PARAGRAPHE III. — Or, la composition minérale du *milieu vital* des Vertébrés les plus élevés, les plus éloignés de l'origine marine, offre la plus grande ressemblance avec cette composition minérale de l'eau de mer.

En effet, les analyses actuelles du *milieu vital* répartissaient déjà les sels *qui* s'y trouvent dissous, dans les trois groupes suivants, décroissants d'importance :

		Centièmes des sels dissous.
1° CHLORE, SODIUM	formant à eux seuls les.	90 »
2° POTASSIUM, CALCIUM, MAGNÉSIUM, SOUFRE. . . .	formant ensemble environ . . .	8 »
3° PHOSPHORE, CARBONE, SILICIUM, AZOTE, FER, FLUOR	formant à peu près le reste des sels dissous, soit.	2 »

Mais les ouvrages classiques les plus récents étaient muets sur les autres corps, reconnus, la plupart à l'état de trace, dans l'analyse marine précédente. Or, de ces 17 corps, non encore admis dans le *milieu vital*, 12 en font partie constitutive, à l'état normal, d'une façon constante, sous des doses extraordinairement réduites, comme dans l'eau de mer elle-même. Ce sont, et formant par conséquent un quatrième groupe s'ajoutant aux trois groupes qui précèdent :

4° IODE, BROME, MANGANÈSE, CUIVRE, PLOMB, ZINC, LITHIUM, ARGENT, ARSENIC, BORE, BARYUM, ALUMINIUM.

Trois autres corps, non encore reconnus dans l'organisme, peuvent être considérés presque avec certitude comme en faisant partie. Ce sont le STRONTIUM, le CÉSIUM, le RUBIDIUM. L'OR y paraît probable. Sur le COBALT seul, on est sans renseignement.

Ainsi la théorie marine nécessitait la présence dans le *milieu vital* de tout un goupe de corps que leur rareté y avait rendus invisibles. Ces corps y existent, et complètent l'analogie chimique des deux milieux, vital et marin.

PARAGRAPHE IV. — A cette analogie étroite de composition entre l'eau de mer et le *milieu vital*, une objection était possible. Il eût pu se faire que cette composition marine du *milieu vital* fût le simple résultat de la composition chimique des aliments. Or :

1° Seul, dans l'organisme, le *milieu vital* présente la composition chimique de l'eau de mer. Les compositions minérales de la *matière vivante*, de la *matière morte*, de la *matière sécrétée* s'en éloignent fondamentalement. On ne peut donc dire, en tout état de cause, que la composition chimique du *milieu vital* est le simple résultat de celle des aliments, puisqu'aussitôt perçu, l'aliment se trouve partagé en groupes de corps parfaitement définis, entre les divers départements de l'économie. La composition du *milieu vital* ne dépend donc pas, d'une façon passive, des aliments ingérés, mais d'autres causes moins simples.

2° L'alimentation fondamentale des Vertébrés supérieurs est l'alimentation végétale. Or, tandis que le sel constitutif du *milieu vital* est le chlorure de sodium, l'aliment végétal est justement caractérisé par une extrême pauvreté sodique. Cette pauvreté est telle que, quelles que soient les économies de sel marin que l'animal arrive à réaliser sur ses

évacuations, il lui est impossible, à l'aide de la seule alimentation végétale, de constituer son *milieu vital* au taux sodique correspondant à sa prospérité. D'où l'avidité bien connue pour le sel des animaux herbivores.

Ainsi, loin que la composition marine du *milieu vital* résulte des aliments naturels ingérés, elle est réalisée au contraire en dépit de l'alimentation.

Le Chapitre précédent vient d'établir l'identité physiologique (au moins relative) de l'eau de mer et du *milieu vital* des Vertébrés. Le Chapitre actuel va établir leur identité chimique (au moins relative, également).

Dans un premier paragraphe, on déterminera la composition chimique de l'eau des mers modernes.

Dans un second paragraphe, on démontrera que la composition des mers anciennes dans lesquelles la vie animale apparut, n'était pas sensiblement différente.

Dans un troisième paragraphe, on montrera l'identité relative de composition chimique entre l'eau de mer et le *milieu vital* des Vertébrés. Cette identité va jusqu'aux corps les plus rares, lesquels n'avaient jamais été jusqu'ici reconnus comme constitutifs de l'économie.

Dans un quatrième paragraphe enfin, on répondra à une objection possible; l'analogie de composition entre l'eau de mer et le *milieu vital* en ressortira, plus frappante et plus singulière. On verra l'animal, en effet, reconstituer exclusivement pour son *milieu vital* (et non pour ses *matière vivante*, *matière morte*, *matière sécrétée*) ce milieu marin des origines, et bien mieux, le reconstituer d'une façon tout à fait suggestive, non pas à l'aide, mais en dépit de l'alimentation.

Dans les analyses chimiques qui vont suivre, soit d'une eau de mer, soit d'un plasma, soit d'un tissu organique, on remarquera que les auteurs, opérant sur une même matière, n'expriment pas sa composition saline d'une façon identique. Tel, par exemple, dosera le potassium contenu dans l'eau de mer à l'état de chlorure; tel autre à l'état de sulfate, etc. Cela vient de ce qu'on ignore comment, dans une solution saline, les radicaux sont unis entre eux; la façon dont les auteurs expriment les sels est purement arbitraire. Il n'y a pas lieu, pour comparer deux analyses, de comparer les différents sels exprimés et leur poids respectif, mais seulement le poids total des corps simples qui les constituent.

Paragraphe I

Composition minérale de l'eau des mers modernes.

L'eau de mer typique est celle des grands océans. — L'examen des eaux des différentes mers montre que, chaque fois qu'une mer se trouve relativement isolée, sa composition chimique se particularise, par suite des influences locales que ne vient plus noyer la grande masse océanique. Les mers isolées, soumises à une évaporation intense, se concentrent (Méditerranée, mer Rouge, mer Morte); celles, au contraire, situées sous des régions plus froides, recevant le tribut de nombreux ou de puissants cours d'eau, se dessalent (mer Baltique, mer Noire, mer d'Azov, mer Caspienne, etc.). C'est ainsi que, la concentration saline des grands océans étant en moyenne de 35 gr. par litre celle de la Méditerranée s'élève à 38,6 gr. (Usiglio, 1849) et jusqu'à 41,6 gr. (Wurtz, *in* Branche, 1885), celle de la mer Rouge à 45,4 gr. (Robinet et Lefort, 1866) et 46,5 gr. (F. de Lesseps, 1874), celle de la mer Caspienne, dans certaines de ses parties, à 56,8 gr. (Forchhammer, 1865), celle des eaux de l'isthme de Suez[1] à 65 et 75 gr. (Durand-Claye, 1874). Cette concentration tombe à 17,6 gr. dans la mer Noire (Göbel, 1842, in *Dict. Chim. Wurtz*, 1874, article : *Eaux*), à 11,9 gr. dans la mer d'Azov (Göbel, *id.*), à 6,3 gr. dans d'autres parties de la mer Caspienne (Göbel, *id.*), à 15,7 gr. dans les mers antarctiques, près des bancs de glace, par 74° de latitude (Forchhammer, 1865), à 7,4 gr. et jusqu'à 0,6 gr. dans la mer Baltique (Forchhammer, 1865), à 3,5 gr. dans l'océan Glacial, près des masses fondantes du Spitzberg (*Tout savoir du Bonhomme normand*, Caen, 1897)[2].

En outre, la concentration saline ne varie pas seule dans ces différentes mers, mais, ce qui est plus important, le rapport des

---

1. Bouquet de la Grye (1882) trouve de même, dans l'isthme de Suez, à la sortie des lacs amers, 37,5 gr. de chlore par litre, équivalant à une concentration totale de 65 gr. environ.

2. Pour les petites mers fermées, ou canaux de l'Archipel Indien, Bouquet de la Grye (1882), pendant les pluies « souvent torrentielles » de la mousson (juillet), trouve un taux de chlore très abaissé (jusqu'à 17,42 gr. et 17,55 gr.) près Batavia, avec des densités de 1023,5 et 1022,4, devant correspondre à une concentration totale de 28 gr. environ.

sels entre eux. C'est ce que montrent les trois tableaux suivants établis pour les principes constitutifs les plus importants des eaux de mer.

TABLEAU I. — ANALYSES DE L'EAU DE QUELQUES MERS ISOLÉES[1].

POUR 1000gr D'EAU	Sodium.	Chlore.	Acide sulfurique.	Magnésium.	Calcium.	Potassium.	Sels totaux.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Méditerranée (Marseille). .	10,7	21,1	5,7	5 »	0,05	0,004	40,7
Mer Noire.	5,5	9,6	1,25	0,66	0,15	0,1	17,6
Mer Baltique.	5,9	10,4	0,72	1,61	0,04	»	17,7
Mer Caspienne.	1,14	2,75	1,1	0,41	0,19	0,14	6,5
Mer Morte (surface). . . .	0,88	17,6	0,24	4,2	2,15	0,47	27,08
— (300 mètres). . .	14,5	175 »	0,62	41,4	17,5	4,4	278,15
Mer Rouge.	11,9	22,8	3,4	1,56	0,52	1,5	45,4

Tableau qu'on peut rendre plus comparatif en ramenant la teneur du sodium à 10 (tableau II).

TABLEAU II. — TENEUR SALINE COMPARÉE DES MERS ISOLÉES.

MERS.	Sodium.	Chlore.	Acide sulfurique.	Magnésium.	Calcium.	Potassium.
Méditerranée (Marseille). . . .	10	20 »	5,3	2,8	0,04	0,004
Mer Noire.	10	17,2	2,2	1,2	0,23	0,16
Mer Baltique.	10	17,6	1,2	2,7	0,05	»
Mer Caspienne.	10	24 »	9,6	5,6	1,7	1,1
Mer Morte (surface).	10	200 »	27 »	47 »	24 »	54 »
— (300 mètres)	10	121 »	0,43	29 »	12 »	3 »
Mer Rouge.	10	19,1	2,8	1,3	0,43	1,2

Enfin FORCHHAMMER (1865), ramenant dans ses analyses le chlore total à 100, donne pour l'acide sulfurique, la magnésie, la chaux et la potasse les chiffres comparatifs suivants :

---

1. Analyses empruntées à WURTZ (*Dict. Chimie*, 1874, I, 1210), plus celle de la mer Rouge, de ROBINET et LEFORT (1866).

TABLEAU III. — ANALYSES COMPARATIVES DE L'EAU DES MERS ISOLÉES.

DÉSIGNATION DES MERS.	Sels totaux par litre.	Chlore.	Acide sulfurique.	Magnésie.	Chaux.	Potasse.
Méditerranée (moyenne). . .	37,956	100	11,82	10,90	5,08	1,78
Mer Noire.	18,146	100	11,71	12,64	4,22	»
Mer d'Azov.	118,80	100	10,26	10,25	1,95	»
Caspienne	6,256	100	40,50	25,65	9,81	»
—	56,814	100	42,11	19,42	5,91	»
Baltique.	7,481	100	14,97	15,65	7,49	2,45
—	0,610	100	11,95	10,69	5,09	0,21

Tout au contraire, à côté de ces compositions hétérogènes, la grande masse marine du globe, constituée par les trois grands océans, Atlantique, Pacifique, Indien, présente une composition stable. Sans doute, par suite de l'évaporation, des pluies inégales, des courants, etc., la concentration saline varie entre deux points voisins d'un même océan, et à plus forte raison d'un océan à l'autre; mais cette variation n'est jamais que légère. Le plus grand écart observé par DARONDEAU (1858) est de 4,51 gr. entre un échantillon prélevé dans le sud de l'océan Indien (36gr,69 de sels par litre) et un autre prélevé dans le golfe de Bengale, non loin des bouches du Gange (32gr,18). BIBRA (1851) enregiste l'écart le plus considérable de tous les auteurs 5,6 gr., entre un échantillon prélevé dans le Pacifique (32gr,75) et un autre dans l'Atlantique (38gr,42). ROUX (1864) n'observe qu'un écart maximum de 1,7 gr. entre toutes les eaux de l'Atlantique austral, équatorial et boréal. FORCHHAMMER (1865), dans ses si nombreuses analyses, portant sur tout l'Atlantique, l'océan Indien, les diverses régions du Pacifique, enregistre entre l'Atlantique (37gr,9) et les mers de Chine (32gr,37), un écart voisin de celui de BIBRA : 5,5 gr. MAKIN (1898), sur 22 échantillons provenant de l'Atlantique et de la Manche, de 34°02 latitude sud au détroit du Pas de Calais, ne trouve comme écart maximum que 1,8 gr. (37gr,39; 35gr,59) [1]. Mais ces variations dans la concen-

1. BOUQUET DE LA GRYE (1882), sur cent déterminations effectuées dans les océans Indien, Pacifique, Atlantique (abstraction faite des petites mers fermées de l'Archipel Indien) trouve comme densités extrêmes: 1028,1, 1024,5, pouvant donner un écart de concentration d'environ 4,7 gr.

tration ne sont que d'un ordre très secondaire. Ce qui constitue la composition chimique réelle d'une solution, ce n'est pas sa concentration, mais le rapport entre elles des substances chimiques dissoutes. Or, dans tous les échantillons prélevés sur l'étendue immense des grands océans, le rapport des corps dissous reste remarquablement constant. Forchhammer (1865) donne en effet, pour les diverses régions océaniques, et pour l'acide sulfurique, la magnésie, la chaux, rapportés à un poids de chlore de 100, les chiffres suivants (tableau IV).

Tableau IV. — Analyses comparatives des eaux des grands océans (Forchhammer).

DÉSIGNATION des régions.	Sels totaux par litre.	Chlore.	Acide sulfurique.	Magnésie.	Chaux.
Atlantique (0° à 30° N.), moyenne.	36,255	100	11,75	11,11	2,98
— (30° à 50° N.), moyenne	35,932	100	12,05	11,10	3,07
— (50° à 64° N.), moyenne	35,391	100	11,80	11,05	2,97
— (0° à 30° S.), moyenne	36,553	100	12,03	10,96	2,91
— (30° S. à 57° S.), moyenne	35,038	100	11,94	11,15	2,87
Océan Indien, moyenne.	33,868	100	12,04	11,01	2,98
Pacifique (0° à 38° N. — 107° à 148° E.) . . .	33,506	100	11,95	10,95	3,05
— (32° à 37° N. — 172° E. à 150° O.). .	35,219	100	11,67	11,05	2,95
Courant froid de la Patagonie (35° à 57° S. — 66° à 73° O.)	33,966	100	11,78	11,04	2,88

Les analyses de Bibra (1851) pour l'Atlantique, le Pacifique, la mer du Nord ne sont pas moins concordantes (tableau V).

Tableau V. — Analyses des eaux des grands océans (Bibra; *in* Wurtz, *Diction. de Chimie*:)

POUR 1000cc D'EAU	Sodium.	Chlore.	Magnésium.	Calcium.	Potassium.	Acide sulfurique.	Brome.	Sels totaux.
Océan Pacifique, à 3m,50 surface.	10,26	18,95	1,31	0,471	0,60	2,78	0,51	34,7
Océan Pacifique, à 140m profondeur.	10,23	19,32	1,47	0,475	0,63	2,82	0,25	35,2
Cap Horn.	10,45	18,84	1,17	0,52	0,59	2,87	0,52	34,8
Atlantique 0°,47 S. — 35°,20 O. .	11,08	19,46	0,95	0,45	0,76	2,57	0,40	35,7
— 20°,54 N. — 40°,44 O. .	10,46	19,01	1,27	0,46	0,72	2,44	0,51	34,7
— 41°,18 N. — 56°,28 O. .	11,71	20,84	1,19	0,55	0,66	3,02	0,58	38,4

TABLEAU VI. — ANALYSES D'EAUX DE MER OCÉANIQUES
(POIDS EN GRAMMES DES DIFFÉRENTS SELS, CALCULÉS POUR 1000cc D'EAU.)

POUR 1000cc D'EAU	Océan	Mer d'Irlande.	Manche.	Manche.	?	Mer du Nord.	Manche.	Océan.	Mer du Nord.
	WURTZ. ?	THORPE et MORTON (1871).	MIABLE et FIGUIER.	E. MARCHAND (1854).	REGNAULT. ?	DUMÉNIL (1846.)	MAKIN (1898.)	MAKIN (1898.)	BACKS (1845.)
Chlorure de sodium	gr. 25.1	gr. 26,45918	gr. 25,704	gr. 26,095	gr. 27 »	gr. 20,497	gr. 27,059	gr. 28,025	gr. 25,58
Chlorure de magnésium	3,5	3,15085	2,905	3,195	3,6	1,695	3,666	3,672	2,77
Sulfate de magnésium	5,78	2,06608	2,462	0,527	2,3	2,375	2,296	2,599	1,99
Sulfate de sodium	»	»	»	2,572	»	»	»	»	»
Chlorure de calcium	»	»	»	»	»	0,572	»	»	»
Sulfate de calcium	0,15	1,33158	1,210	0,902	1,4	»	1,406	1,365	1,11
Chlorure de potassium	0,5	0,74619	»	0,098	0,7	0,351	0,766	0,770	1,01
Sulfate de potassium	»	»	0,094	0,009	»	»	»	»	»
Carbonate de magnésium	0,18	traces.	traces.	»	»	»	»	»	»
Carbonate de calcium	0,02	0,04754	0,152	0,156	0,05	»	0,055	0,129	»
Carbonate de potassium	0,21	»	»	»	»	»	»	»	»
Bromure de magnésium	traces.	0,07052	0,050	0,051	0,02	traces.	0,029	0,075	»
Bromure de sodium	»	»	0,105	0,106	»	»	»	»	»
Silice	»	traces.	»	0,014	»	0,091	»	»	»
Silicate de sodium	»	»	0,017	»	»	»	»	»	»
Azotate de magnésium	»	0,00207	»	»	»	»	»	»	»
Chlorure d'ammonium	»	0,00044	»	0,002	»	»	»	»	»
Oxyde de fer	»	»	traces.	»	»	»	»	»	»
Carbonates ferreux	»	0,00505	»	0,0002	»	»	»	»	»
Oxyde de manganèse	»	»	traces.	traces.	»	»	»	»	»
Phosphate de magnésium	»	»	traces.	0,0005	»	»	»	»	»
Iode	traces.	»	»	»	»	»	»	»	»
Iodure de sodium	»	»	»	0,009	»	»	»	»	»
Chlorure de lithium	»	traces.	»	0,0004	»	»	»	»	»
Pertes	»	»	»	»	0,25	»	»	»	»

Analyses WURTZ, MIABLE et FIGUIER, DUMÉNIL, empruntées à Branche (1885, p. 71-72). — Analyse REGNAULT, *in* Larousse, *Grand Diction.*, article « Mer ». — Analyses BACKS (1845), MARCHAND (1854), THORPE et MORTON (1871), MAKIN (1898), voir à la fin du volume, index bibliographique.

En résumé, l'eau des grands océans présente une homogénéité réelle. Elle seule présente cette homogénéité, à l'exclusion des eaux des mers isolées. — L'eau de mer typique est donc celle des grands océans.

Analyses au premier degré de l'eau de mer typique. — Les analyses de Bibra (1851) nous renseignent déjà sur la composition saline générale de l'eau de mer. On y joindra les analyses ci-contre (tableau VI). Les eaux de la Manche, de la mer du Nord ne sont pas, à vrai dire, des eaux des grands océans, mais leur composition s'en rapproche de si près qu'elles peuvent figurer parmi elles. L'eau de la mer d'Irlande, captée par Thorpe et Morton (1871), provient d'un courant venant du Sud, en sorte que ces auteurs considèrent cette eau comme de l'eau de l'Océan. Dans ce tableau VI, p. 219, les radicaux ne sont plus séparés, comme dans les analyses précédentes, mais unis, selon le mode de recherche arbitraire de chaque auteur.

On peut donner enfin les trois analyses suivantes calculées pour 100 parties de sels (*in* Makin, 1898, et *Grande Encyclop.*, article « Mer »).

POUR 100 PARTIES DE SELS.	CHALLENGER.	FORCHHAMMER.	MAKIN.
Chlorure de sodium.	77,758	78,52	76,915
Chlorure de magnésium.	10,878	9,44	11,407
Sulfate de magnésium.	4,525	6,40	4,485
Sulfate de calcium.	4,070	5,94	4,226
Sulfate de potassium.	2,465	»	2,468
Chlorure de potassium.	»	1,69	»
Carbonate de magnésium	0,290	»	»
Bromure de magnésium.	0,217	»	0,298
Divers.		0,21	0,206

De toutes ces analyses suffisamment concordantes, il résulte en définitive que les radicaux formant les sels, dont la dissolution constitue l'eau de mer, sont, — répartis en trois groupes décroissants d'importance :

1° Le chlore et le sodium, — qui forment à eux seuls les 84 centièmes environ de tous les corps dissous; — chlore, 54 centièmes; sodium, 30 centièmes;

2° Le soufre, le magnésium, le potassium, le calcium, — dont

le bloc forme à son tour 14 autres centièmes; — soufre, à l'état d'acide sulfurique (des sulfates), 7 centièmes; magnésium, 3,5 centièmes; potassium, 2 centièmes; calcium, 1,5 centième environ.

5° Le brome, le silicium, le carbone, l'azote, l'iode, le fer, le manganèse, le phosphore, le lithium, — qui, joints à tous les autres éléments qu'une analyse plus poussée va nous faire découvrir encore dans l'eau de mer, forment dans tout leur ensemble les deux centièmes restants de la matière dissoute.

Analyse au second degré de l'eau de mer. — La plupart des auteurs, dans leurs analyses marines, ne dosent que les éléments les plus aisément décelables, ceux que nous venons de ranger dans les deux premiers groupes. Mais l'eau de mer, d'une façon constante, renferme un grand nombre d'autres corps qui font partie absolue de sa constitution, et qu'il est de la plus haute nécessité de connaître. Le fait que la plupart de ces corps ne s'y trouvent qu'à l'état impondérable ou à peine pondérable, n'importe aucunement, au point de vue qui nous occupe. On n'est nullement en droit de dire qu'un élément, si faible que soit sa proportion, ne joue qu'un rôle de second ordre dans une dissolution. Les zéros et les virgules qui chiffrent nos dosages, ne chiffrent aucunement, au point de vue physiologique, l'importance des éléments les uns par rapport aux autres. Dans l'eau de mer, aussi bien que dans l'organisme, un sel de césium, par exemple, que révèle seule l'analyse spectrale, doit être considéré, jusqu'à preuve absolue du contraire, comme présentant une importance biologique égale à celle du chlore et du sodium, qui constituent à eux seuls les 84 ou 90 centièmes des sels dissous. Rien ne prouve, en effet, que le césium, ou tout autre sel infinitésimal, ne joue pas dans la vie physiologique des mers ou de l'organisme, un rôle indispensable à la manifestation de cette vie. Tous les travaux modernes, au contraire, sur l'iode organique, le fluor organique, l'arsenic organique, le manganèse végétal, inclinent l'esprit vers cette façon de voir. Nous traiterons ce point plus en détail, paragraphe III, p. 256, 259, 275, 284, 307.

Étudions donc spécialement les corps rares du troisième groupe que nous venons d'énumérer, et joignons-y les autres que l'analyse a décelés dans la mer. Les chiffres, dont nous ferons suivre immédiatement le nom de chaque corps, représen-

teront, d'après les différents auteurs, le poids de ce corps, en gramme, dans 1000 centimètres cubes d'eau de mer. Ces corps ayant été rarement dosés, nous donnerons tous les dosages effectués, aussi bien sur les eaux des mers isolées que sur celles des grands océans.

Les 23 éléments qui suivent peuvent se répartir *actuellement* en trois sous-groupes : 1° corps dosés, d'une façon plus ou moins précise, dans l'eau de mer; 2° corps non encore dosés, mais reconnus dans l'eau de mer elle-même; 3° corps non encore reconnus dans l'eau de mer elle-même, mais qui s'y trouvent fatalement, des traces de ces corps existant dans les cendres de certains végétaux ou animaux marins.

1er SOUS-GROUPE DES CORPS RARES. — **Corps dosés.**

Brome.

0,060 9, THORPE et MORTON (mer d'Irlande); — 0,106, MIAHLE et FIGUIER (Manche); — 0,109, MARCHAND (Manche); — 0,017, REGNAULT; — 0,067 à 0,024, MAKIN (Océan, Manche).

Il est possible que ces proportions de brome soient exagérées. Le chlore, le brome, l'iode forment une famille étroite. Leur dosage respectif dans une dissolution où ils se trouvent mêlés, est délicate, le chlore, par exemple, pouvant rester uni au brome dans des proportions sensibles. Les chimistes modernes (A. CARNOT, BAUBIGNY) ont donné des procédés de séparation qu'il serait utile d'appliquer au dosage plus précis du brome dans l'eau de mer. — D'autre part, dans son travail sur l'iode (voir plus loin), ARMAND GAUTIER émet la pensée qu'une partie du brome marin n'existe pas à l'état minéral dans l'eau de mer, mais à l'état organique. Il est donc probable que la proportion de brome subira une réduction dans les analyses futures.

Carbone.

Dosé en CO^2 : 0,078, MIAHLE et FIGUIER (Manche); — 0,067 9, USIGLIO (Méditerranée); — 0,142, LAURENT (Méditerranée); — 0,2475, GÖBEL (mer Noire); — 0,069 5, GÖBEL (mer d'Azof); — 0,040 1, GÖBEL (mer Caspienne). = Tous chiffres empruntés à WURTZ (1874, *Diction. Chim.*, article *Eaux*).

Silicium.

Dosé en SiO^2 : 0,016, MIAHLE et FIGUIER (Manche); — 0,091, DUMÉNIL (mer du Nord).

La silice se trouve dans le résidu insoluble des sels qui résultent de l'évaporation de l'eau de mer et qu'on fait redissoudre dans l'eau bouillante. Ce résidu contient en outre : phosphate de chaux, sulfate de baryte et de strontiane, fluorure de calcium, carbonate de chaux (FORCHHAMMER, 1865).

Fer.

Dosé à l'état métallique Fe : 0,0028, USIGLIO (Méditerranée); — 0,1271, GÖBEL (mer Noire); — 0,0558, GÖBEL (mer d'Azof). = Dosé à l'état de carbonate : 0,00503, THORPE et MORTON (mer d'Irlande).

Azote (et Ammonium.)

Dosé en ammoniaque : 0,00020, BOUSSINGAULT (Manche); — 0,00022, DIEULAFAIT (Méditerranée); — 0,00013 à 0,00056, DIEULAFAIT (Méditerranée, mer Rouge, océan Indien, Pacifique); — 0,00016 à 0,00122, AUDOYNAUD (Méditerranée). = Dosé à l'état d'azotate de magnésium et de chlorure d'ammonium à la fois; ensemble : 0,00251, MIAHLE et FIGUIER (Manche). = Dosé en acide azotique : 0,001 à 0,005, soit en azote 0,00025 à 0,0007, KARL BRANDT (rade de Kiel, port extérieur). = Dosages enfin de MAKIN : ammoniaque libre 0,000188 à 0,000194; sels ammoniacaux 0,000359 à 0,000364.

L'azote paraît se trouver à la fois dans l'eau de mer à l'état de nitrate, de nitrite, d'ammoniaque et de sels d'ammonium.

D'après VERNON (*cité par* K. Brandt, 1899, oct., *Revue scientif.*, p. 515), les mers posséderaient, comme la terre ferme et les eaux douces, des bactéries nitrifiantes et dénitrifiantes, oxydant ou réduisant les matières azotées, et les faisant passer tour à tour sous les états d'ammoniaque, d'acide nitreux et d'acide nitrique.

On sait, par les nombreux travaux classiques (notamment MARCHAND; BOUSSINGAULT; CHABRIER; BROWN; TRUCHOT; SCHLOESING; LAWES, GILBERT et WARINGTON), que l'air contient des quantités appréciables d'ammoniaque, d'acides nitreux et nitrique, et qu'on retrouve ces composés dans toutes les eaux de pluies à des doses variables, mais très sensibles. — KARL BRANDT (travail cité, p. 526) calcule que chaque litre d'eau de la mer du Nord reçoit par an 0,000 006 gr. d'azote par les pluies atmosphériques. Comme il établit son calcul sur une teneur en ammoniaque de 0,9 mgr. par litre d'eau de pluie et que, sous les régions tropicales, où les pluies sont de beaucoup plus abondantes, cette teneur en ammoniaque monte à 1,54 mgr. (HOMANS, 1884), 1,97 mgr. (ROUFF, 1884), 1,55 mgr. (MUNTZ, 1892), on voit que le chiffre de K. BRANDT ne doit pas être un chiffre forcé pour

l'ensemble des mers[1]. Audoynaud (1875) a vu la teneur en ammoniaque de la Méditerranée s'élever de 0,000 16 gr. à 0,001 22 gr. après des pluies appréciées à 1 million de litres par hectare et renfermant pour cette quantité plus d'un kilogramme d'ammoniaque.

Les pluies terrestres drainent en outre le sol de ses composés azotés. K. Brandt calcule encore que les fleuves tributaires de la mer du Nord lui apportent en composés azotés dissous environ moitié de ce que lui apportent les pluies directes. K. Brandt estime à 1 gramme pour 33 000 mètres cubes d'eau de mer l'apport annuel d'azote dans les océans par les fleuves seuls. Cet azote, par l'action végétale et animale, rentre au sein des mers à l'état de combinaison organique.

Vernon (cité par G. Bohn, 1899, *Soc. de Biol.*, p. 868) signale les algues rouges comme augmentant la proportion d'ammoniaque libre contenue dans l'eau de mer. Les algues vertes la réduiraient.

Schloesing (1875) montre qu'à l'état libre ou carbonaté, l'ammoniaque offre toujours une tension. Entre deux milieux qui se trouvent en contact (eaux de mer, air, sol) des échanges s'opèrent dans le sens de la tension forte vers la tension faible. Ainsi se produisent encore entre les eaux marines et les autres éléments des échanges d'azote combiné.

En définitive, et quoi qu'il en soit, la teneur de l'eau de mer en azote combiné est à peu près fixe. Boussingault (*in* Dieulafait, 1878, *C. R.*, **86**, 1470), dosant l'ammoniaque dans la Manche, donne une teneur par litre de 0,000 2 gr.; Audoynaud (1875), dans la Méditerranée, de 0,000 2 gr. également, en moyenne. Dieulafait (1878) trouve encore 0,000 22 gr. dans la Méditerranée, et opérant sur des eaux captées sur tout le trajet des paquebots qui relient Marseille à l'Indo-Chine, il donne comme chiffres extrêmes 0,000 13 gr. (golfe du Bengale, 87° 55 E; 5° 34 N.), et 0,000 56 gr. (en face des côtes de Cochinchine, 107° 25 E; 14° 37 N.)[2]. — Les chiffres rapportés plus haut, de

1. Homans et Rouff donnent en outre dans le même litre d'eau de pluie (Java et la Martinique) 2,6 mgr. et 1,21 mgr. d'acide azotique (teneur moyenne).

2. *D'après une note récente* de J. Thoulet (1903), l'eau de mer s'enrichirait en ammoniaque par le simple passage sur filtre; mais il ne semble pas que cette cause d'erreur ait agi, au moins sensiblement, sur les dosages qui précèdent. Thoulet donne en effet pour la teneur en ammoniaque de l'eau de la Méditerranée non filtrée : ammoniaque libre 0,000 08; ammoniaque album 0,000 06.

K. Brandt, s'appliquent à des eaux voisines d'un port, qui ne peuvent être considérées comme normales.

Fluor.

Dosé à l'état Fl : 0,000 822, Ad. Carnot (côtes de Roscoff), soit en fluorure de calcium : 0,001 687.

Le fluor est signalé d'abord par Dana (cité d'après Forchhammer, 1865), non dans l'eau de mer elle-même, mais dans la chaux des constructions corallières. — Wilson (*in* Nicklès, 1858) le décèle directement dans l'eau de mer de la côte d'Écosse; Forchhammer (1865) dans celle du Sund, près Copenhague. Le résidu de 50 litres d'eau de mer suffit à ces auteurs pour constater sa présence. Ils reconnaissent en outre les traces du fluor avec la plus grande facilité dans les incrustations des chaudières à vapeur des paquebots transatlantiques qui s'alimentent en eau de mer. — Nicklès (1858) conteste ces résultats, non quant à la présence du fluor dans l'eau de mer, mais quant à cette abondance relative. Le résidu de 300 litres d'eau de mer ne lui permet pas de le déceler. Il le reconnaît facilement cependant dans les incrustations des chaudières, même de celles qui s'alimentent en eau douce.

Ad. Carnot (1896), au cours de ses travaux sur la composition des os modernes et fossiles, reprend la question. Appliquant à l'analyse les méthodes modernes, il donne la dose du fluor contenu dans l'eau de mer (p. 175 de son mémoire).

Phosphore.

Dosé à l'état de phosphate de magnésium : 0,000 46, Marchand (Manche).

Marchand (1854) dose le phosphore dans l'eau de la Manche. — Forchhammer (1865) l'indique comme un élément constant de l'eau des mers. Il le décèle invariablement dans le faible résidu insoluble dont il a été question plus haut au sujet du silicium. — A. Gautier (1899), dans ses travaux sur l'iode, le signale dans la matière organique dissoute, contenue dans l'eau de mer.

Lithium.

Dosé à l'état de chlorure : 0,000 42, E. Marchand (Manche).

Marchand (1854) décèle le premier et dose le lithium dans l'eau de mer. — Bunsen et Kirchhoff (1861), dans leurs premiers

travaux d'analyse spectrale, l'y décèlent également. Il leur suffit de 40 centimètres cubes d'eau de mer pour en faire apparaître le spectre. Ils le reconnaissent encore avec facilité dans les cendres de Fucus poussés par le Gulf stream sur les côtes d'Écosse. — Grandeau (1865) le constate de nouveau dans l'eau de mer par la même méthode.

Forchhammer (1865) ne le signalant pas dans son énumération des éléments marins, Dieulafait (1879) reprend la question. Il le reconnaît dans des échantillons provenant de la mer Rouge, de l'océan Indien, des mers de Chine, de l'Atlantique, de l'océan Glacial Antarctique et des mers du Nord. Un seul centimètre cube, et non pas 40, d'eau de mer naturelle, est suffisant pour donner le spectre de la lithine.

Iode.

A l'état minéral : surface 0,000 (Atlantique, Méditerranée); 880 mètres de profondeur : 0,000 15 (Méditerranée), 980 mètres de profondeur : 0,000 505 (Méditerranée), A. Gautier.

L'iode, en tant que corps simple, est découvert en 1813, par Courtois dans les cendres des Fucus marins. Il est signalé et dosé ensuite dans l'eau de mer elle-même.

Marchand (1854), opérant sur l'eau du rivage, où l'iode se concentre (d'après A. Gautier), donne une teneur exagérée de 0,009 gr. d'iodure de sodium. Stephenson, Macadam (cités par A. Gautier, 1899) indiquent la teneur maxima de 0,000 000 12 gr., Koettstorffer (*id.*) une teneur de 0,000 02 gr., tous chiffres fort divergents.

Armand Gautier reprend la question (1899). Son travail présente un vif intérêt, car il fait voir qu'un corps décelé réellement dans un échantillon d'eau de mer peut cependant ne pas exister dans cette eau de mer elle-même, ou alors, à des doses extrêmement minimes, le corps ne s'y trouvant qu'à l'état organique et par conséquent ne prenant pas part à la composition minérale, la seule réelle, de l'eau de mer. On n'entrera pas dans le détail du travail de A. Gautier, auquel on renvoie simplement. Ses résultats sont :

La teneur en iode d'un litre d'eau de mer captée, soit dans l'Atlantique, soit dans la Méditerranée, à la surface ou dans les profondeurs, est sensiblement constante et égale à 0,0023 gr. environ. Mais à la surface, tout cet iode est organique; du

moins, l'iode minéral n'y existe-t-il qu'à une dose inférieure, par litre, à 0,000 02 gr., que les réactions eussent permis de saisir. — Cet iode organique existe sous deux états : 1° à l'état dissous, non organisé, traversant le filtre en porcelaine; 2° à l'état organisé retenu par le filtre de porcelaine, le microscope révélant principalement dans ce dépôt des Flagellés, des Rotifères et surtout des Diatomées. — Les quatre cinquièmes de l'iode total existent sous le premier état; un cinquième seulement sous le deuxième.

A. Gautier pensant que cet iode organique devait avoir en définitive une origine minérale, provenir d'iode minéral fixé à l'état organique par l'activité des cellules vivantes, porte ses recherches sur l'eau des profondeurs où la vie est considérablement réduite, et où l'iode peut-être se rencontrerait à l'état minéral, non encore engagé dans les combinaisons organiques. Conformément aux prévisions, les analyses lui donnent, par litre :

		mgr.
Surface	Iode minéral	0,000
	Iode organique dissous traversant le filtre de porcelaine	1,960
	Iode organique non dissous, retenu par le filtre de porcelaine (matière glaireuse, parties insolubles, êtres vivants)	0,286
		2,246
880 mètres de profondeur.	Iode minéral	0,150
	Iode organique dissous	2,150
	Iode organique non dissous	0,100
		2,380
980 mètres de profondeur.	Iode minéral	0,305
	Iode organique dissous	1,890
	Iode organique non dissous	0,065
		2,260

L'intérêt particulier du travail de A. Gautier est qu'il montre les trois états sous lesquels un même corps peut se trouver dans l'eau de mer : 1° l'état minéral, inorganique; 2° l'état organisé, dans la cellule vivante qui l'a arraché au domaine inorganique, comme elle arrache le carbone de l'acide carbonique gazeux, pour le faire entrer au cœur même des combinaisons biologiques; 3° l'état organique, non organisé, résultant à différents degrés de l'activité précédente. (Voir *C. R.*, **128**, 1074). Il importe donc, pour tous les corps constitutifs de l'eau de

mer, et notamment pour ceux qui ne s'y rencontrent qu'aux doses faibles, de connaître leurs proportions respectives sous ces trois états. — A. GAUTIER annonce déjà, pour le brome, « qu'une grande partie de ce corps se rencontre certainement à l'état organique », et que cette matière organique de la mer, qui est azotée, « paraît riche en manganèse et en phosphore ».

Bore.

Dosé à l'état Bo : 0,000 2 (évaluation minima), DIEULAFAIT (Méditerranée), soit à l'état de borate de soude : 0,001 73.

FORCHHAMMER (1865) indique la longue série de ses essais infructueux pour mettre en évidence la présence de l'acide borique dans l'eau de mer. Il finit par le déceler à l'aide de la flamme d'alcool et du papier de curcuma, mais ce n'est en réalité que dans les plantes marines où le bore s'accumule par l'activité spéciale des cellules organiques, que FORCHHAMMER le reconnaît sûrement.

DIEULAFAIT (1877) décrit une nouvelle méthode de recherche, par la flamme de l'hydrogène, permettant de reconnaître la présence du bore dans un résidu salin, jusqu'au millionième de gramme. Une demi-goutte d'eau mère des marais salants à 38° B suffit pour lui donner la flamme de l'acide borique pendant 5 à 6 secondes. Un litre d'eau mère à 38° B représentant environ le résidu de 225 litres d'eau de mer naturelle, d'autre part une goutte d'eau mère pesant en moyenne 0,038 7 gr. et une demi-goutte contenant au moins $\frac{1}{1\,000\,000}$ de gramme de bore, le calcul donne pour un litre d'eau de mer naturelle une teneur approximative de 0,000 2 gr. (évaluation minima).

Arsenic.

A l'état As : 0,000 08, ARM. GAUTIER (Atlantique : Açores, 5945 mètres de profondeur); 0,000 009 (Manche, surface).

DAUBRÉE (1851) dose l'arsenic dans les incrustations de chaudière d'un navire qui s'alimente avec de l'eau de mer. Un kilogramme d'incrustation renferme 9 mgr. d'arsenic.

ARMAND GAUTIER (1902, *C. R.*, 17 nov., et 1903, *Bull. Soc. Chim.*, ***29***, 54) filtre de l'eau de mer, puisée aux environs du phare de Roche-Douvres, à 40 kilomètres des côtes de Bretagne. Le plankton resté sur le filtre, pèse moins de 0,006 gr. pour 1000 cc.

d'eau de mer. La quantité d'arsenic qu'il contient est d'environ 0,000 002 5 gr. L'eau de mer filtrée donne encore un léger anneau d'arsenic. — ARMAND GAUTIER (1903, *Soc. Chim. Paris*, séance du 8 mai, ***29***, 466) dose cet arsenic marin dans l'eau de surface de la Manche et celle des profondeurs de l'Atlantique, près des Açores.

Cuivre.

A l'état métallique Cu : 0,000 012 (évaluation minima) DIEULAFAIT (Méditerranée).

Historiquement, le cuivre, comme l'iode, le fluor, le bore et tous les corps qui vont suivre (sauf l'argent) est signalé dans les cendres des végétaux ou des animaux marins, avant d'être reconnu dans l'eau de mer. Cela s'explique par la faculté propre aux cellules d'accumuler en elles certains composés rares.

MALAGUTI, DUROCHER et SARZEAUD (1850) signalent les premiers le cuivre dans les Fucus du voisinage de Saint-Malo. — FORCHHAMMER (1865) l'indique comme fréquent dans le calcaire des concrétions d'animaux marins et dans les cendres des varechs. Il le reconnaît dans *Fucus vesiculosus* et dans deux coraux *Pocillopora alcicornis* et *Heteropora abrotanoïdes* dans lesquels il l'estime respectivement à $\frac{1}{500\,000}$ et à $\frac{1}{350\,000}$. — HARLESS (1847), BIBRA (*in* Frédéricq, 1878) découvrent le cuivre dans le sang des Mollusques. — FRÉDÉRICQ (1878) montre que ce cuivre joue dans le sang du Poulpe le rôle respiratoire du fer dans l'hémoglobine des animaux supérieurs.

DIEULAFAIT, le premier (1879), décèle le cuivre en dehors des organismes marins, dans les eaux mères des marais salants. Deux seuls centimètres cubes d'eau mère à 38° B lui suffisent pour faire apparaître le spectre du cuivre cinq fois. La quantité de cuivre minima nécessaire pour faire apparaître le spectre dans une solution étant de 0,000 001 gr., il s'en suit, par un calcul identique au calcul effectué déjà pour le bore, que la quantité minima de cuivre contenue dans un litre d'eau de mer naturelle est de 0,000 012 gr. — DIEULAFAIT (1885) montre encore la présence générale du cuivre dans les mers, en décelant ce métal à l'état de diffusion complète dans les matières des fonds océaniques ramenées par les sondages du *Travailleur* et du *Talisman*. Dans tous les échantillons examinés, prélevés sur une étendue considérable de mers, loin des rivages, à toute profondeur, le cuivre

se révèle de la façon la plus nette, avec 10 gr. au plus de ces dépôts, souvent avec 2 gr. seulement.

Argent.

A l'état métallique Ag : 0,000 01 (évaluation minima) MALAGUTI, DUROCHER et SARZEAUD (Manche).

MALAGUTI, DUROCHER et SARZEAUD (1850) découvrent l'argent dans l'eau de mer, et le dosent. Ils le signalent également dans tous les Fucus qu'ils expérimentent, les cendres de *Fucus serratus* et *F. ceramoïdes* en contenant $\frac{1}{100\,000}$, soit une dose 26 fois plus forte que celle de l'eau de mer. — TULD (*in* Malaguti, 1859, *C. R.*, **49**, 463, 536) confirme la découverte. L'action réductrice d'une lame de cuivre sur le chlorure d'argent dissous dans le chlorure de sodium étant connue, TULD recherche l'argent dans la doublure de cuivre extérieure des vaisseaux. Le cuivre de doublage d'un bâtiment ayant croisé pendant sept ans dans l'océan Pacifique était si friable, qu'on pouvait le pulvériser entre les doigts. Il contenait plus de 0,5 pour 100 d'argent. — FORCHHAMMER (1865) décèle encore l'argent chez un corail *Pocillopora alcicornis* à la dose de $\frac{1}{3\,000\,000}$.

Or.

A l'état métallique Au : 0,000 005 gr., MUNSTER (côtes de Christiania Fiord).

SONSTADT (1872), LIVERSDIGE (1895) signalent l'or dans l'eau de mer. MUNSTER (in *Rev. Scientif.*, 1897, **7**, 185), le dose dans l'eau des côtes de Christiania Fiord.

Zinc.

A l'état métallique Zn : 0,000 002 (évaluation minima) DIEULAFAIT (Méditerranée).

FORCHHAMMER (1865) signale le zinc dans *Fucus vesiculosus* et le trouve accumulé en quantité considérable dans *Zostera marina* ($\frac{1}{5\,000}$ des cendres). Il n'arrive pas à le déceler dans l'eau de mer.

DIEULAFAIT (1880) le recherche dans les eaux mères des marais salants. Vingt-cinq centimètres cubes d'eau mère à 38° B suffisent pour faire apparaître le spectre du zinc. Ce spectre apparaissant expérimentalement, quand la quantité de zinc dissous dans un liquide ne descend pas au-dessous de $\frac{1}{100\,000}$,

il en résulte qu'un litre d'eau mère à 58° B contient au moins 0,000 4 gr. de zinc, soit pour un litre d'eau de mer naturelle 0,000 002 gr. environ (évaluation minima). — Dieulafait (1885) confirme encore la présence du zinc dans l'eau de mer, comme il a confirmé celle du cuivre, par l'étude des dépôts marins. Tous les échantillons des fonds ramenés par le *Travailleur* et le *Talisman* contiennent non seulement du cuivre, mais du zinc à l'état de diffusion complète. Il ressort de là que, non seulement l'eau des mers contient du cuivre et du zinc à l'état dissous, mais encore que ces deux métaux se séparent constamment de la dissolution et se déposent sur les fonds.

2e sous-groupe des corps rares.

Corps reconnus dans l'eau de mer, mais non dosés.

Aucun dosage n'existe des corps qui suivent. Il n'en résulte pas nécessairement que la dose où ils se rencontrent dans l'eau de mer soit inférieure à celle de quelques-uns des corps précédents (bore, cuivre, argent, or, zinc). Le manganèse paraît s'y trouver en particulier dans une proportion au moins égale à la moyenne des proportions données pour les cinq corps ci-dessus.

Manganèse.

Forchhammer (1865) le signale en proportion considérable dans quelques Algues, *Zostera marina* en particulier, dont les cendres contiennent jusqu'à 4 pour 100 de manganèse. Il le décèle facilement dans l'eau de mer, lié à l'oxyde de fer, au moyen de la coloration par le carbonate de soude dans la réaction classique du chalumeau.

Dieulafait (1883) opère sur des échantillons prélevés d'une part entre Marseille et New-York, de degré en degré, d'autre part dans la mer des Indes, la mer Rouge et la partie orientale de la Méditerranée. Les flacons d'échantillons une fois vidés, il lui suffit de promener quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique sur la paroi intérieure du verre pour obtenir un liquide abandonnant par évaporation un résidu ferrugineux, exceptionnellement riche en manganèse.

En 1882, Gümbel avait déjà signalé de singuliers dépôts de manganèse, qui incrustent les Coraux (*Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., 27, 289; article de Boussingault). Ces dépôts de manganèse ne présentent aucune structure organique; ils ne sont donc pas opérés par les êtres vivants. — En 1885, Dieulafait observe

les mêmes dépôts sur les échantillons des fonds ramenés par les sondages du *Talisman*. Ces dépôts sont tellement riches en manganèse que des boues recueillies à 700 mètres de profondeur et sans avoir subi aucun traitement, colorent le carbonate de soude au chalumeau. Mais DIEULAFAIT nie l'origine volcanique que GÜMBEL attribue à ce manganèse déposé. Il le considère comme provenant simplement du manganèse dissous dans l'eau de mer, lequel, se séparant spontanément avec le fer, ne peut y exister qu'à l'état de carbonate de protoxyde et n'y être dissous qu'à la faveur d'un excès d'acide carbonique. « A la surface des mers, au contact de l'atmosphère, le carbonate de manganèse dissous perd son excès d'acide carbonique (SCHLOESING); le protoxyde de manganèse commençant à passer à un état d'oxydation plus avancé, devient insoluble et se précipite ». C'est ce précipité qui s'accumulerait, d'après DIEULAFAIT, dans les vases et les dépôts des fonds.

Strontium.

BUNSEN et KIRCHHOFF (1861) signalent les premiers le strontium dans les eaux de la mer, et comme se découvrant facilement par l'analyse spectrale dans les incrustations des chaudières des bâtiments à vapeur. — GRANDEAU (1863) le reconnaît dans ces incrustations, mais ne peut le constater dans les eaux marines elles-mêmes.

FORCHHAMMER (1865) le signale le premier à l'état de sulfate dans le résidu insoluble dont il a été déjà parlé. Il le décèle encore dans les incrustations des chaudières et dans les cendres de *Fucus vesiculosus*.

DIEULAFAIT (1877), opérant sur les eaux de la Méditerranée, de la mer Rouge, de la mer des Indes, des mers de Chine et de l'Atlantique, montre que le strontium existe dans les eaux de la mer à l'état de carbonate et de sulfate. Il peut être reconnu, à l'état de carbonate, dans 100 centimètres cubes, à l'état de sulfate dans 4 centimètres cubes d'eau de mer seulement.

Dans l'évaporation spontanée des eaux de la mer, le strontium se concentrant dans les deux dépôts successifs de carbonate et de sulfate de chaux, DIEULAFAIT émet l'hypothèse que le strontium accompagne le calcium dans les organismes marins; et, en effet, il le découvre dans toutes les parties calcaires de ces organismes, sans qu'il soit besoin d'employer dans ce but plus d'un centigramme de matière.

Baryum.

Comme le strontium, son proche parent, le baryum est signalé par Forchhammer (1865), à l'état de sulfate, dans le même résidu insoluble, et dans des cendres d'Algues et d'animaux marins.

Dieulafait (1877, 1878), se basant sur la solubilité très différente des sulfates de strontium et de baryum et sur leur proportion très inégale dans les roches primordiales, donne le baryum comme devant exister dans les eaux marines dans une proportion très inférieure à celle du strontium.

Césium, Rubidium.

Grandeau (1863) cherche vainement le rubidium et le césium dans la mer. — Sonstadt (1870) les y découvre. Quand, à une solution de rubidium ou de césium on ajoute du chlorure de calcium ou de l'oxalate d'ammonium en quantité suffisante, la totalité du rubidium et du césium se trouve entraînée dans le précipité. L'eau de la mer donne avec l'oxalate d'ammonium un précipité qui, séché et calciné, laisse apparaître au spectroscope, avec une flamme d'hydrogène, les raies du césium et du rubidium.

Les coquillages recueillis sur les bords de la mer, notamment les Huîtres, après avoir été calcinés et humectés d'acide azotique, donnent les mêmes raies (même auteur).

Aluminium.

Dans l'eau de mer bien filtrée, Forchhammer (1865) le décèle après de longs essais, au cours de sa recherche de l'acide borique.

3e SOUS-GROUPE DES CORPS RARES.

Corps non encore reconnus dans l'eau de mer, mais seulement dans certains végétaux ou animaux marins.

Les corps suivants (les deux derniers) n'ont pas encore été signalés dans l'eau de mer, mais seulement dans les végétaux et animaux marins.

Plomb.

Malaguti, Durocher et Sarzeaud (1850) signalent les premiers le plomb dans les Fucus du voisinage de Saint-Malo en même

temps que le cuivre. — Forchhammer (1865) le donne comme accompagnant le cuivre dans les concrétions d'animaux marins et dans les cendres d'Algues. Il existe dans *Fucus vesiculosus*. Il se rencontre dans *Pocillopora alcicornis* et *Heteropora dibrotanoides* à des doses respectives de $\frac{1}{370\,000}$ et de $\frac{1}{50\,000}$, c'est-à-dire plus fortes que les doses du cuivre. — Dieulafait (1880, *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., ***21***, 272) annonce que le plomb, au même titre que le cuivre, le zinc, le manganèse, le lithium, le strontium et le baryum, fait partie des roches de la formation primordiale à l'état de dissémination complète.

Le fait que le plomb, d'après Forchhammer, se rencontre dans les végétaux et animaux marins à des doses supérieures à celles du cuivre et surtout à celles de l'argent (*Pocillopora* : teneur en argent $\frac{1}{3\,600\,000}$, en cuivre $\frac{1}{500\,000}$, en plomb $\frac{1}{370\,000}$), permet de supposer que le plomb, bien que non reconnu dans l'eau de mer, y existe peut-être dans une proportion au moins égale à la proportion moyenne de ces deux métaux.

Cobalt.

Forchhammer (1865) le décèle dans les cendres de *Zostera marina*.

Un dernier corps, le **Nickel**, paraît se rencontrer également dans les cendres d'Algues marines. Mais Forchhammer lui-même qui le signale (1865), ne donne pas sa présence comme certaine, la réaction qui permet de le déceler n'ayant qu'une sensibilité insuffisante. Les études n'ayant pas été reprises à ce sujet, nous ne considérerons pas, jusqu'à nouvel ordre, le nickel comme faisant partie constitutive de l'eau de mer.

En définitive, de cette longue analyse, la constitution suivante de l'eau de mer résulte. L'eau de mer est :

A. — Une eau (hydrogène, oxygène) contenant 3,5 centièmes environ de sels dissous;

B. — Ces sels formés des radicaux ci-contre, répartis en quatre groupes décroissants d'importance[1] :

---

1. Nous ne faisons plus figurer dans cette énumération : 1° l'oxygène (combiné au soufre, au carbone, au silicium, à l'azote, au bore, au phosphore, à l'arsenic et aux divers métaux, pour former les sulfates, carbonates, silicates, nitrates, borates, phosphates, arséniates, etc., et les bases), et 2° l'hydrogène (combiné à l'azote pour former l'ammonium, etc.), — comme déjà comptés l'un et l'autre à l'actif du dissolvant, de l'eau.

		Centièmes des sels dissous.
1° Le Chlore et le Sodium .	formant à eux seuls les	84 »
2° Le Soufre, le Magnésium, le Potassium, le Calcium	formant ensemble	14 »
3° Le Brome, le Carbone, le Silicium, le Fer, l'Azote (et Ammonium), le Fluor, le Phosphore, le Lithium, l'Iode, le Bore .	formant ensemble la presque totalité des 2 centièmes restants, soit	1,9997
4° L'Arsenic, le Cuivre, l'Argent, l'Or, le Zinc, le Manganèse, le Strontium, le Baryum, le Césium, le Rubidium, l'Aluminium, le Plomb, le Cobalt.	tous ces corps ne constituant ensemble qu'une partie infime de la masse dissoute, soit. .	0,0007
		100 »

Paragraphe II

Composition minérale de l'eau des mers anciennes. La composition des mers anciennes, dans lesquelles la vie animale apparut, ne devait pas être sensiblement différente.

L'analyse précédente s'entend pour la composition chimique des mers modernes. Mais pour la thèse soutenue dans cet ouvrage (constance du milieu marin ***originel***, comme *milieu vital* des cellules, à travers la série animale), ce n'est pas la composition des mers modernes qui importe, mais celle des mers anciennes dans lesquelles la vie animale apparut. On va voir, par les considérations et les faits qui suivent, que cette composition ne devait pas être sensiblement différente.

Considérations générales. — Dans l'état actuel des connaissances, on admet que la Terre, avant de devenir le bloc solide qu'elle est extérieurement aujourd'hui, est passée par une phase stellaire où tous les matériaux de l'écorce formaient une masse fondue. Aux énormes températures de cette époque, l'eau n'existait qu'à l'état de vapeur. L'intensité des réactions chimiques était naturellement considérable dans une semblable fournaise. Daubrée (1879, p. 161) a montré la puissance d'attaque des vapeurs de l'eau distillée, à la simple température du rouge sombre, sur une matière aussi réfractaire que le verre. Comme la durée relative de cette phase stellaire fut énorme, il

faut admettre déjà, qu'au moment où l'écorce se consolida, et à plus forte raison au moment où le refroidissement devint tel que la vapeur d'eau put se condenser et donner naissance aux premières mers liquides, il faut admettre qu'à cette époque la plus grande partie du travail d'attaque de l'eau sur la matière constituante du globe était effectuée. Au reste, ces premières mers bouillantes ne furent pas les mers originelles de la vie. La vie animale, à l'état de cellule, ne put apparaître dans les mers qu'à une époque beaucoup plus tardive, après que leur température fut tombée à 44° ou 45°, limite maxima des phénomènes physiologiques cellulaires. L'apparition de la vie animale n'est ainsi, dans l'histoire du globe, qu'un phénomène tout à fait récent. Comme, d'autre part, rien n'autorise à supposer dans cette dernière période une intensité plus marquée des actions géologiques, il en résulte que tout porte à considérer la composition des mers modernes comme très voisine de celle des mers précambriennes dans lesquelles la vie animale apparut.

Toutefois, des phénomènes de dépôt ont pu appauvrir les océans de certains principes; des phénomènes d'érosion et de dissolution, des phénomènes volcaniques également, l'enrichir de certains autres. Nous sommes ici dans un domaine spéculatif qui ne permet aucune assurance.

Étude des dépôts marins et des sources qui en émanent. — Mais les mers anciennes ont laissé des témoignages d'elles-mêmes. Des portions de mers, s'isolant, ont fini par être séparées complètement de la masse océanique. L'évaporation ayant fait son œuvre, il nous reste aujourd'hui de ces mers leur matière minérale sous forme de puissantes couches salines étendues sous le sol. On ne possède aucun de ces dépôts de l'époque précambrienne. Mais ceux de la fin de la période primaire (permien) et du début de la période secondaire (trias) sont nombreux, c'est-à-dire d'une époque déjà fort reculée, relativement voisine des origines. Des eaux traversent certains de ces dépôts, s'y minéralisent et donnent naissance à des sources salées. L'analyse de ces sources montre, comme on va voir, l'analogie frappante de composition entre les mers anciennes et les mers modernes. Mais il est nécessaire d'établir, en premier lieu, l'origine véritablement marine de ces dépôts. Élie de Beaumont a cru pouvoir la contester pour quelques-uns. Une observation plus profonde et

détaillée des phénomènes modernes (Dieulafait) a mis, depuis, hors de doute cette origine, au moins pour la plus grande majorité des gisements.

On sait d'abord que, dans l'évaporation spontanée des eaux de mer, telle qu'on peut l'observer aujourd'hui, la totalité des sels ne se précipite pas d'un seul coup, mais que chacun d'eux se dépose à son tour, suivant en général son degré plus ou moins grand de solubilité. Plusieurs couches de sel sont ainsi formées (pour le détail du phénomène, voir Usiglio, 1849, *Ann. Chim. et Phys.*, **27**, 172). La première couche qui se forme est celle de l'oxyde de fer et du carbonate de chaux. Elle se précipite, pour l'eau de la Méditerranée, quand l'évaporation a réduit 1000 parties d'eau primitive à 533. Quand la réduction atteint 190, la seconde couche, celle du gypse ou sulfate de chaux, commence à se déposer. La réduction atteignant 95, la troisième couche est précipitée; c'est celle du chlorure de sodium, toujours mélangée d'un peu de sulfate de chaux et de magnésie et d'un peu de chlorure de magnésium. Quand l'évaporation a réduit à 16 les 1000 parties d'eau primitive, le sulfate de magnésie se dépose fortement, mélangé de chlorure et de bromure de sodium et de chlorure de magnésium. Enfin, la grande masse du chlorure de magnésium et le chlorure de potassium se précipitent en dernier lieu.

Or, on retrouve dans les assises du sol, particulièrement dans les dépôts permiens, triasiques et tertiaires, d'énormes couches salines, chacune d'une composition tout à fait semblable à l'une de celles que nous venons de décrire. Des marnes alternent généralement dans ces couches. Elles proviennent, comme le montre l'étude des marais salants naturels qui existent encore aujourd'hui, des matériaux solides du rivage entraînés par l'eau et formant au fond des boues successives, horizontales, qui s'interposent entre chaque dépôt de sel (Lapparent, 1893, p. 324-325). Tous les gisements fossiles ne possèdent pas la série complète des couches salines, et cela se comprend facilement, l'isolement ou l'évaporation des mers ayant pu cesser, un simple déplacement se produire, la puissance des cours d'eau tributaires croître et arrêter la formation du dépôt. Le sulfate de chaux (gypse) qui se précipite parmi les premiers sels, forme des bancs souvent isolés. Les couches supérieures manquent à un grand nombre de gisements; mais certains d'entre eux,

comme celui de Stassfurt, par exemple, de l'époque permienne, les possèdent et sont de beaux exemples d'une évaporation complète ayant déterminé la série entière des dépôts. Les quatre couches salines qui couronnent en effet ce gisement sont : la première, la plus rapprochée du sol, constituée principalement par du chlorure de potassium et du chlorure de magnésium; la seconde, en contre-bas, où domine le sulfate de magnésie; la troisième, mélange de sulfates de chaux, de magnésie, de potasse et de chlorure de magnésium; la quatrième enfin formée de chlorure de sodium avec mélange de quelques sels que nous avons vus tout à l'heure accompagner cette couche : sulfates de chaux et de magnésie, chlorure de magnésium. Une superposition aussi précise de couches ainsi composées ne semble permettre aucun doute sur leur origine marine.

Élie de Beaumont (*in* Lapparent, *id.*) l'a contestée cependant à cause de l'épaisseur exagérée des couches. L'origine serait pour lui volcanique, éruptive, ainsi que celle de certains dépôts, celui de Dieuze (Meurthe) en particulier, où le chlorure de sodium est bien mélangé de sulfates de chaux, de soude et de magnésie, mais où le chlorure de magnésium, l'iode et le brome manquent. Nous ne savons ce qu'il faut penser de cette théorie éruptive d'Élie de Beaumont. L'auteur lui-même est loin de croire à son application générale. Quant aux deux gisements, dont il conteste le mode de formation marin, on va voir plus loin pour l'un d'eux (Stassfurt) une preuve nouvelle et frappante de ce mode de formation; pour l'autre (Dieuze), Lapparent (1893, p. 922) fait remarquer à juste titre que, se trouvant sur la bordure même des lagunes du trias où les restes et les dépôts des anciennes mers abondent, cette origine marine ne peut lui être que difficilement refusée. Enfin, Dieulafait, s'attaquant patiemment au problème, a montré, par une suite de remarquables travaux que, pour tous les dépôts salifères qu'il a examinés, l'origine marine, par évaporation des eaux, est certaine. Il a démontré du même coup la présence dans les mers anciennes de quelques-uns des principes les plus rares des mers modernes (cuivre, zinc, bore, lithium, strontium), et dans des proportions *sensiblement* égales aux proportions modernes.

Ces travaux de Dieulafait étant disséminés dans un grand nombre de publications, et aucun traité général ne les ayant encore rendus classiques, on les résumera brièvement.

Méthode. — Dieulafait détermine quelques-uns des phénomènes les plus spéciaux qui accompagnent la formation des dépôts salins dans les marais salants d'aujourd'hui. Il étudie ensuite les dépôts salins des périodes passées et recherche s'ils présentent les mêmes particularités. Ces particularités étant identiques, il conclut à un mode de formation identique, c'est-à-dire à une origine marine par évaporation de mers dont la composition était semblable.

1° Dans les marais salants modernes, en même temps que le sulfate de chaux, le sulfate de strontiane se dépose. La couche de gypse renferme ainsi du strontium en quantité suffisante pour que le spectre du strontium apparaisse avec 1 mgr. de substance seulement. — De même, 188 échantillons de gypse du trias (dépôts salifères des Alpes et du sud-ouest de la France), 85 de la formation tertiaire, 4 avec mica, 6 des gisements ophitiques des Pyrénées donnent tous sans une exception le spectre du strontium avec quelques milligrammes de substance seulement (1877, *C. R.*, **84**, 1505).

2° Dans les marais salants modernes, non seulement le gypse, mais les boues qui accompagnent la formation de ce gypse sont riches en strontium. — De même, 255 échantillons de boues (marnes) provenant des dépôts gypseux du trias et du tertiaire (toute l'Europe occidentale et Afrique du Nord) accusent une richesse égale en strontium (1879, *Annal. Chim. et Phys.*, 5° s., **17**, 387).

3° Dans les marais salants modernes, ces mêmes boues, qui accompagnent la couche de gypse, abondent également en lithine. Un centigramme de ces boues suffit pour donner le spectre du lithium. Au contraire, le gypse pur déposé (sulfate de chaux) en est extrêmement pauvre. — De même, les couches gypseuses du trias et du tertiaire présentent 1° une extrême pauvreté du gypse pur en lithine, 2° une grande richesse, au contraire, des marnes, dont 2 milligrammes, parfois deux dixièmes de milligramme seulement suffisent à faire apparaître le spectre du lithium (1879, *Ann. Chim. et Phys.*, 5° s., **17**, 377).

4° Les estuaires marins modernes, et en général toutes les eaux marines partiellement ou complètement isolées des océans, ont des fonds toujours constitués par une boue noire, imprégnée d'une quantité considérable de sulfures, provenant des réactions de la matière organique. Ces sulfures précipitent, au moins en partie, les substances métalliques dissoutes dans les eaux. C'est ainsi que les boues de l'estuaire d'Aléria (Corse), des étangs de

Berre, Lavalduc, l'Ollivier, etc., de l'ancien étang de Citis renferment à l'état de diffusion complète du cuivre et du zinc, le zinc décelable au spectre avec 20 gr. de boue, le cuivre reconnaissable par la seule réaction à l'ammoniaque. — De même, toutes les marnes gypseuses du trias (Alpes suisses, S.-E. de la France) laissent reconnaître, sans une exception, la présence du cuivre et du zinc, celle du cuivre avec la plus grande facilité, celle du zinc avec 5 grammes de substance le plus souvent. — 68 échantillons examinés pour le cuivre, 128 pour le zinc. — (1879, *Ann. Ch. et Phys.*, 5e s., **18**, 349; — 1880, *id.*, **21**, 256).

5° Dans les marais salants modernes, aux diverses périodes de la concentration, des végétations variées se développent, qui tombent au fond des bassins, et dont le mélange avec les vases minérales constitue une boue noire tout à fait particulière qu'on ne retrouve que là où la mer se concentre, boue caractérisée par une teneur considérable en sels ammoniacaux. Les boues de l'étang de Lavalduc renferment ainsi 250 fois plus d'ammoniaque que les eaux de la Seine. Dans les marais salants modernes, la couche de gypse, qui se forme dans ces conditions, comprend trois catégories de dépôts : 1° gypse pur; 2° eaux troubles avec cristaux de gypse et débris divers; 3° boues noires renfermant peu de gypse. Un kilogramme de ces trois substances cède respectivement à l'eau, par simple contact, au bout de 24 heures: 1,6 mgr., 5,4 mgr., 8,3 mgr. d'ammoniaque. — De même, les dépôts gypseux du trias et du tertiaire comprennent trois catégories de substances correspondant exactement aux précédentes : 1° gypse pur; 2° gypse gris; 3° boues noires. Un kilogramme de ces trois substances laisse respectivement à l'eau, dans les mêmes conditions, 0,8 à 3,2 mgr.; 2,4 à 6,2 mgr.; 10,6 à 18 mgr. d'ammoniaque. « Ces faits et cette concordance constituent un argument aussi nouveau qu'imprévu en faveur de l'origine purement sédimentaire (marine) des dépôts salifères de tous les âges. » (*C. R.*, 1878, **86**, 1470).

6° Dans les marais salants modernes, tous les dépôts salins successifs résultant de l'évaporation, contiennent toujours trois substances très spéciales : la lithine, la strontiane, l'acide borique. Comme ces trois substances n'ont entre elles aucune parenté chimique, comme elles n'ont dans la nature, en dehors des mers, aucune communauté ni parenté d'origine, le fait de les retrouver toutes les trois, toujours présentes, dans les dépôts

salins des époques anciennes, constituerait une démonstration de premier ordre de l'origine marine de ces dépôts. Or, l'étude d'un grand nombre de dépôts salifères (Bex, Alpes Suisses) montre ces trois substances toujours présentes dans toutes les parties des dépôts examinées : sel, gypse, argiles salifères, dolomies encaissant les matières salines. D'autre part, l'étude géologique des sources minérales chlorurées sodiques (voir plus loin) montre que leur minéralisation s'effectue dans les dépôts salifères. Si ces dépôts sont d'origine marine, ils doivent contenir, à quelque couche de dépôt qu'ils appartiennent, de la lithine, de la strontiane, de l'acide borique qu'on devra retrouver dans les eaux de chaque source. Or, toutes les sources minérales chlorurées sodiques que DIEULAFAIT examine, lui donnent sans exception le spectre de la lithine, de la strontiane et de l'acide borique (1883, *C. R.*, **96**, 452; — 1879, *Ann. Ch. et Phys.*, 5e s., **17**, 377; — 1877. *C. R.*, **84**, 1505; — 1881, *C. R.*, **93**, 224).

7° Dans les marais salants modernes, l'acide borique, qui imprègne tous les dépôts, se rencontre surtout à l'état concentré dans les dernières eaux mères, après la précipitation du chlorure de potassium. La couche de chlorure de potassium reste ainsi baignée par les eaux mères ; et si le borate de magnésie se déposait à la longue, il se déposerait à la partie supérieure de cette couche, le tout restant imprégné de chlorure de magnésium, sel encore plus déliquescent. « Or, c'est exactement à cette place et dans ces conditions qu'on rencontre l'acide borique à Stassfurt. Le borate de magnésie de ce gisement célèbre n'a donc pas une origine volcanique, comme on l'a admis universellement jusqu'ici; elle est uniquement sédimentaire, marine. » (1877, *C. R.*, **85**, 605; — 1877, *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **12**, 518).

L'ensemble de toutes ces particularités spéciales, communes à la fois à deux séries de dépôts (dépôts anciens, dépôts modernes), met hors de doute l'identité de leur origine. Si même la théorie éruptive d'ÉLIE DE BEAUMONT peut valoir pour certains gisements, l'origine marine est certaine pour la plus grande majorité d'entre eux, au moins de ceux qui se trouvent enclavés dans les assises triasiques ou tertiaires de toute l'Europe occidentale et de l'Afrique du Nord.

Or, de ces gisements mêmes, étudiés par DIEULAFAIT, un grand nombre de sources salées émanent. Ce sont les sources comprises sous le nom de *chlorurées sodiques*. Elles jaillissent direc-

tement des terrains salifères du trias et résultent des eaux ordinaires de la pluie, qui, émigrant comme de coutume vers les profondeurs, rencontrent dans ces terrains les bancs de sels qu'elles dissolvent et qui les minéralisent. Cette origine est classique pour la plupart des sources salées. DIEULAFAIT l'a encore constatée pour toutes celles, au nombre de 54, qu'il a pu examiner (1881, *C. R.*, **92**, 756). Sur toute la ligne du trias français de l'Est (Rosières, Dieuze, Vic, Lons-le-Saunier), du trias allemand (Luxembourg, Bade, Nassau, Wurtemberg), du trias ophitique des Pyrénées (Salies, Ozaas, Camarade), on rencontre encore des nappes profondes, souterraines, toujours minéralisées aux dépens des mêmes dépôts, et desquelles un simple forage fait jaillir une nouvelle eau chlorurée sodique. On compte ainsi sur tous ces points un grand nombre de sources salées artésiennes (DURAND-FARDEL, 1860, *Diction. des eaux minérales*; article *Gisement*). — Or, la composition chimique de ces eaux est du plus haut intérêt puisqu'elles se minéralisent dans les couches de sels laissées par l'évaporation des mers du trias. Le tableau VII ci-après, p. 244-245, la résume pour toutes celles d'entre elles dont on possède les analyses les moins incomplètes. Afin de rendre la comparaison plus facile avec l'eau de mer moderne, on a réparti les sels suivant les quatre groupes décroissants d'importance, établis précédemment, p. 235.

On remarquera, au sujet de ces analyses :

1° que toutes sont plus ou moins incomplètes;

2° qu'il ne faut pas leur demander de donner d'une façon absolue la composition des mers anciennes, pour deux raisons principales : la première, que ces eaux ne se minéralisent pas aux dépens de toute la série des couches qui résulteraient d'une évaporation marine totale, mais seulement aux dépens de quelques-unes de ces couches; la seconde, que les sels traversés par les eaux sont d'une dissolubilité variable, et que, par conséquent, suivant l'âge de la source, les sels les plus déliquescents peuvent dominer, ou inversement (voir le travail de DIEULAFAIT, 1885, *C. R.*, **100**, 1017), — d'où il résulte : A.) que les proportions des sels entre eux, données par ces analyses, n'ont de valeur qu'en tant qu'approximations très grossières; B.) qu'il ne faut considérer ces analyses que dans leur bloc général;

3° que les degrés de concentration divers de toutes ces eaux sont sans signification aucune pour le sujet qui nous occupe.

Analogie de composition des mers anciennes et modernes. — Ces observations une fois faites, on voit l'analogie remarquable de composition entre l'eau de mer moderne et ce bloc de sources ressuscitant les mers du trias. Le chlorure de sodium domine, puis vient le second groupe encore très important des sels de magnésium, de calcium et de potassium, puis le troisième groupe du brome, du fer, du silicium, de l'ammonium, du fluor, de l'iode, du phosphore, du lithium, du bore[1], enfin le dernier groupe, incomplet il est vrai, comprenant seulement, dans ces analyses, six corps : cuivre, manganèse, strontium, baryum, aluminium, arsenic, au lieu des treize reconnus dans l'eau de mer.

Mais des sept corps qui manquent (argent, or, zinc, césium, rubidium, plomb, cobalt) : 1° l'argent est signalé par Malaguti, Durocher et Sarzeaud (1850) comme existant dans le sel gemme où il laisse au réactif « une trace très visible » ; 2° l'or est retrouvé par Liversdige (1897) dans tous les dépôts naturels de sels de soude, de potasse et de magnésie, où sa proportion est sensiblement constante, de 0,1 gr. à 0,15 gr. par tonne de sel ; 3° le zinc est présent dans toutes les marnes salifères du trias, au taux où il existe dans les boues des marais salants actuels (voir plus haut Dieulafait) ; 4° le césium et le rubidium sont révélés par Bunsen et Kirchhoff dans les eaux mères des sources de Kissingen, Kreutznach, Dürckeim, dans la source d'Ungemuch ; par Grandeau (1865) dans celle de Bourbonne. Bunsen et Kirchhoff (*in* Grandeau, 1865) donnent pour 1000 grammes d'eau mère de Dürckeim :

Chlorure de rubidium	0gr,000 21
Chlorure de césium	0gr,000 17

et pour la source d'Ungemuch :

Chlorure de rubidium	0gr,001 5
Chlorure de césium	traces.

Le plomb et le cobalt sont donc, dans l'état actuel des connaissances, les deux seuls corps non encore reconnus comme faisant partie des mers anciennes.

---

1. Le bore et le fluor, signalés une fois seulement dans le tableau qui précède, sont cependant des éléments constants des sources chlorurées sodiques. On a vu, p. 241, que Dieulafait a décelé l'acide borique dans toutes les eaux qu'il a examinées ; Nicklès (1857, *C. R.*, **45**, 331) a exécuté le même travail pour le fluor, qui se rencontre abondamment dans toutes les sources minérales sans exception.

TABLEAU VII. — COMPOSITION MINÉRALE DES EAUX « CHLORURÉES SODIQUES ».

POUR 1000cc D'EAU	KISSINGEN. LIEBIG (1856).	KREUZNACH. LIEBIG. ?	BALARUC. BÉCHAMP et GAUTIER (1861).	WIESBADEN. FRESENIUS. ?	NACHEIM. CHATIN. ?	HOMBOURG. FRESENIUS et WILL.	BOURBONNE. PRESSOIR (1860).	NIEDERBRONN. KOSMAN (1850).	WILDEGG. LAUÉ. ?	MONDORFF. VAN KERCKHOFF. (1848).	PLAN DE PHAZY. TRIPIER. ?
I. Chlorure de sodium. . .	5,822	9,4672	7,0451	6,8556	14,2	9,8609	5,8	3,08857	10,447	8,8197	4,6028
II. Chlorure de magnésium.	0,5424	0,5287	0,889	0,2059	0,39	0,72886	0,4	0,51171	1,621	0,4288	0,4555
— de potassium .	0,2869	0,0805	»	0,1458	»	0,54627	»	0,13198	0,005	0,2082	»
— de calcium. . .	»	1,7582	»	0,4709	1,3	0,68737	»	0,79445	0,257	3,2017	»
Sulfate de magnésium. .	0,5871	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,1227
— de sodium. . . .	traces	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1,0185
— de potassium . .	»	»	0,1459	»	»	»	0,13	»	»	»	»
— de calcium. . . .	0,58937	»	0,9960	0,0902	0,1	0,0168	0,88	0,07417	1,845	1,66	1,8535
Carbonate de magnésium.	0,01	»	0,2167	0,0105	0,005	»	»	0,00655	»	0,0065	0,05
— de potassium .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— de calcium . .	1,06	0,2194	0,855	0,418	1,4	2,17672	0,1	0,17912	0,076	0,0865	0,7353
III. Brome.											
Bromure de sodium. . .	0,0084	»	traces	»	»	»	0,065	0,01072	0,015	0,1	»
— de magnésium	»	0,035	»	traces	0,005	0,00286	»	»	»	»	»
Fer.											
Oxyde de fer.	»	0,0165	traces	»	»	»	0,005	»	»	»	»
Carbonate de fer. . .	0,05157	»	»	0,0056	0,026	0,05196	»	0,01055	0,008	0,0227	0,0165

Silicium.											
Acide silicique	0,0129	0,0155	0,0228	0,0599	0,108	0,02635	»	0,001	0,004	0,0072	»
Silicate de soude. . . .	»	»	»	»	»	»	0,12	0,01502	»	»	»
Chlorure de silicium . .	»	0,0792	»	0,0001	»	»	»	»	»	»	»
Azote.											
Ammoniaque	0,00091	»	»	»	»	»	»	»	»	»	traces
Azotate de sodium. . .	0,0093	»	traces	»	»	»	»	»	0,044	»	»
Chlorure d'ammonium .	»	»	»	0,0167	traces	0,02189	»	traces	0,006	»	»
Fluor.											
Fluorures divers. . . .	traces	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Iode.	traces	»	»	»	traces	»	traces	»	»	0,0001	»
Iodure de magnésium .	»	0,0058	»	»	»	0,00005	»	»	»	»	»
Iodure de sodium . . .	»	»	»	»	»	»	»	traces	0,028	»	»
Phosphore.											
Phosphates divers . .	0,00561	0,0005	traces	0,0005	»	0,00094	»	»	»	»	0,05
Lithium.											
Chlorure de lithium . .	0,02	»	0,0072	»	»	0,02165	»	0,00455	»	»	»
Bore.											
Acide borique	»	»	0,008	»	»	»	»	»	»	»	»
IV. Cuivre (oxyde ou sels) . .	»	»	0,0007	traces	»	»	»	»	»	traces	»
Manganèse (oxyde ou sels).	traces	»	traces	0,0005	traces	0,0452	0,002	traces	traces	traces	traces
Strontium (sulf., chlor.) .	»	»	»	traces	»	0,01776	»	»	0,019	»	»
Baryum (carb., sulf.). . .	»	0,0012	»	traces	»	0,601	»	»	»	»	»
Aluminium (phosph.). . .	»	0,0005	traces	»	traces	»	0,13	traces	»	»	»
Arsenic (ou arséniates). .	»	»	»	0,0001	0,0002	»	traces	traces	»	0,0002	»

Les 8 premières analyses, empruntées à Branche (1885, p. 48-56), — les 3 dernières à Durand-Fardel (1860-1862).

Ainsi, l'analogie de composition des mers originelles de la vie et des mers modernes est un fait acquis. Les proportions précises des sels entre eux ont sans doute pu varier; encore cette variation ne s'est-elle produite que dans des limites restreintes. Les mers originelles de la vie ne différaient pas d'une façon sensible, au point de vue chimique[1], des mers de l'époque moderne.

Paragraphe III

Composition minérale du milieu vital des Vertébrés supérieurs, les plus éloignés de la souche marine : Mammifères, Oiseaux. Ressemblance étroite de composition avec l'eau de mer. Cette ressemblance ne s'arrête pas aux sels principaux qui constituent l'eau de mer, mais se poursuit jusqu'aux corps les plus rares.

Avant-propos. — Il ressortira de cet ouvrage que le *milieu vital* se divise au moins en deux parties : 1° une partie minérale, inorganique (partie marine); 2° une partie organique, extractive, etc. (partie des matériaux de nutrition et de dénutrition). — La partie minérale, inorganique nous intéresse seule ici. Dans les analyses qui suivent, nous ferons donc toujours abstraction de la seconde.

Malheureusement, l'analyse minérale d'un sérum ne rend pas compte seulement des sels de la partie marine. L'incinération a agi également sur les matières organiques; le carbone et le soufre des matières albuminoïdes, le phosphore de la lécithine donnent des carbonates, des sulfates, des phosphates qui n'existaient pas à l'état minéral dans le plasma. Gorup Besanez

1. On laisse entièrement de côté ici la question de concentration moléculaire. Tout nous fait voir une même composition saline, un même rapport des différents sels entre eux; mais rien ne nous permet d'affirmer dans les mers anciennes un degré de concentration moléculaire (c'est-à-dire un poids de sels dissous dans un même volume d'eau) égal à celui des mers modernes. On verra au contraire, au Livre II, que la concentration moléculaire des mers anciennes, dans lesquelles la vie animale apparut, devait être plus faible que celle des mers actuelles (8,5 gr. environ de sels dissous par litre, au lieu de 35). Ce fait n'importe pas ici. Comme on l'a déjà exprimé, p. 146, le degré de concentration moléculaire d'une solution ou d'un gaz n'intéresse que le point de vue physique, nullement le point de vue chimique. L'air raréfié qu'on respire au sommet d'une montagne est chimiquement le même que l'air concentré qu'on respire au bas.

(1880, I, 61), dit : « La composition des cendres, c'est-à-dire du résidu de l'incinération des organes ou des liquides fournis par les animaux, ne peut en aucune façon permettre d'apprécier la nature de la combinaison inorganique qui se trouvait dans telle partie de l'organisme avant la calcination. Il se peut en effet que, pendant l'incinération, l'intervention de l'oxygène occasionne des phénomènes d'oxydations; que le charbon au contraire effectue des réductions; que divers composés se volatilisent, ou enfin qu'un certain nombre d'entre eux se groupent autrement que dans l'organisme vivant. Les sels à acides organiques se retrouvent, en effet, généralement dans les cendres à l'état de carbonates, tandis que ces derniers n'existaient pas dans la substance intacte. Le soufre des matières albuminoïdes passe à l'état de sulfate; le phosphore de la lécithine à l'état d'acide phosphorique. Les sels ammoniacaux, en raison de leur facile volatilisation, n'existent jamais. Les phosphates tribasiques peuvent se transformer en phosphates bibasiques: ceux-ci, à leur tour, en phosphates monobasiques. Les sulfates et les phosphates peuvent sous l'influence réductrice du charbon se transformer en sulfures et en phosphures. Les chlorures enfin peuvent se volatiliser, dans le cas où on opère à une température trop élevée. » Lambling (1895, p. 126) dit également : « Nos connaissances sur les matières minérales du sérum reposent sur l'étude des cendres qu'abandonne, par la calcination, le résidu sec du sérum sanguin. Mais ces analyses... ne donnent qu'une image incomplète et altérée de la composition de ces matières minérales... La présence de certaines matières organiques dans le résidu sec incinéré fausse sensiblement les résultats. Si l'on n'a pas pris soin d'éliminer complètement la lécithine, les cendres s'enrichissent notablement en acide phosphorique. L'incinération transforme le soufre des matières albuminoïdes en acide sulfurique; cet acide et l'acide phosphorique provenant de la lécithine (ou de la nucléine, si les éléments figurés ont été incomplètement éliminés) chassent l'acide chlorhydrique des chlorures, l'acide carbonique des carbonates, transforment des phosphates de la forme PO^4M^2H en phosphates monométalliques PO^4MH^2. Les combinaisons organiques de la potasse, de la soude se transforment en carbonates alcalins. D'autre part, si on élimine au préalable les matières albuminoïdes par la coagulation, il importe de tenir compte des sels insolubles que ces matériaux emportent

toujours avec eux. Ainsi l'albumine coagulée contient toujours du phosphate de chaux. »

Toutes les déterminations qui vont suivre ne seront donc qu'approximatives. L'état de la science chimique nous oblige à les accepter telles quelles. On sait d'autre part que les auteurs, dans l'ignorance où l'on est du mode d'union des radicaux, expriment les sels d'une façon arbitraire. Il convient d'avoir présentes à l'esprit ces diverses conditions pour apprécier avec justesse les analyses qui suivent.

Composition minérale du milieu vital des Vertébrés les plus élevés, les plus éloignés de la souche marine. — Analyses au premier degré. — Il n'y a pas à notre connaissance d'analyse un peu complète du plasma ou sérum lymphatique ou sanguin des classes inférieures de l'embranchement des Vertébrés: Poissons, Batraciens, Reptiles. Toutes les analyses effectuées l'ont été sur les Mammifères. Elles nous suffiront. Les Mammifères forment dans l'embranchement une des classes les plus élevées, les plus éloignées de la souche marine. Ils sont de tous les Vertébrés (avec les Oiseaux) ceux qui auraient pu modifier le plus profondément la composition chimique de leur *milieu vital* originel. Ils témoigneront donc *a fortiori pour les classes inférieures, plus proches de l'origine* [1].

Les analyses qui suivent portent sur le sérum du sang, de la lymphe et du chyle de divers Mammifères. Le sérum est le plasma, moins la fibrine et plus quelques matériaux exsudés du caillot. Une légère portion des sels, notamment des sels de chaux, est entraînée par la fibrine dans le caillot; mais à ce point de vue minéral, et en raison des procédés grossiers d'analyse, on peut considérer sérum et plasma comme s'équivalant.

Toutes ces analyses sont incomplètes. Elles n'ont porté, comme les premières que nous avons données de l'eau de mer,

1. Ce raisonnement n'est pas nécessairement exact, des causes particulières de modification ayant pu agir. Il serait plus convenable de dire que les Mammifères et les Oiseaux sont, parmi les Vertébrés, les plus intéressants à étudier au sujet du maintien du milieu marin originel comme milieu vital de leurs cellules, parce qu'ils sont les Vertébrés à plus haute puissance vitale et ceux qui ont déjà maintenu ou tendu à maintenir dans leurs tissus la température des origines. Mais ce dernier argument ne pourra être apprécié à sa valeur que quand nous aurons établi ailleurs la *loi de constance thermique*, comme nous établissons dans cet ouvrage la *loi de constance marine*. (Voir déjà Livre II de cet ouvrage, pour l'amorce de cette autre loi.)

que sur les éléments principaux, les plus aisément déceblables.

Donnons en premier lieu l'analyse de Sertoli. Elle a cet intérêt, au point de vue des phosphates, qu'elle a porté sur un sérum dont la lécithine avait été éliminée avec soin.

1. — Analyse Sertoli (1866-1871, *in* Lambling, 1895, p. 127). — Sérum du sang de Bœuf (lécithine éliminée). — Pour 1000 parties de sérum frais :

Chlore	5,270
Sodium	2,120
Soude	1,291
Potasse	0,224
Acide sulfurique	0,305
Acide phosphorique	0,025

Ainsi, quant aux phosphates réellement contenus à l'état minéral dans le sérum, « il résulte de cette analyse que 1000 parties de sérum ne peuvent pas renfermer plus de 0,05 de phosphate de sodium ». Ces résultats sont d'accord avec ceux de Mroczkowski (1878, *in* Lambling, 1895, p. 127), qui a trouvé :

Dans le sérum de Mouton	0,092-0,064	de phosphate bisodique.
Dans le sérum de Veau	0,018 »	
Dans le sérum de Chien	0,085 »	

Dans toutes les analyses qui vont suivre, la lécithine n'ayant pas été éliminée, les chiffres cotant l'acide phosphorique ou les phosphates sont exagérés. L'acide phosphorique ou les phosphates proviennent en majeure partie de l'incinération de la lécithine; ils n'existaient pas dans le sérum à l'état minéral, mais seulement à l'état organique.

Bunge, dans des analyses incomplètes, où il ne rapporte pas l'acide sulfurique, donne pour le sérum du sang de trois Mammifères, débarrassé de ses matières albuminoïdes, les teneurs suivantes :

2. — Analyses Bunge (1876, *in* Lambling, 1895, p. 126). — Sérum du sang de Porc, Cheval, Bœuf (matières albuminoïdes éliminées). — Pour 1000 parties de sérum frais :

	Porc.	Cheval.	Bœuf.
Chlore	3,61	3,75	3,72
Soude	4,27	4,45	4,35
Potasse	0,27	0,27	0,25
Chaux	0,14	»	0,15
Magnésie	0,04	»	0,05
Acide phosphorique	0,19	»	0,27
Oxyde de fer	0,01	»	0,01

Schmidt, pour le sérum total du sang de l'Homme, et où par conséquent, non seulement les phosphates, mais encore les sulfates sont exagérés, par suite de l'incinération des matières albuminoïdes, donne les deux analyses ci-après :

3. — Analyses Schmidt (1848, *in* Lambling, 1895, p. 126). — Sérum du sang de l'Homme (sérum brut). — Pour 1000 parties de sérum frais :

Chlore	5,56	5,66
Soude	5,44	5,18
Potasse	0,52	0,55
Acide phosphorique	0,15	0,24
Phosphate de chaux	0,30	0,55
Phosphate de magnésie	0,22	
Acide sulfurique	0,15	0,10

Dans les analyses qui précèdent, les radicaux, bases, acides, sont généralement séparés. Il est fort difficile de savoir comment ils sont unis en réalité. Il n'y a de réelle certitude que pour le chlorure de sodium qui, par évaporation, se dépose à l'état cristallin (Lambling, 1895, p. 127). — Les analyses suivantes donnent les radicaux unis entre eux selon le mode arbitraire de l'auteur.

4. — Analyse Schmidt. — Pour 1000 parties de sérum sanguin frais (espèce animale inconnue) :

Eau	901,51		
Sels	8,51	Chlorure de sodium	5,546
		Soude (abstraction faite de CO^2)	1,552
		Chlorure de potassium	0,559
		Phosphate de calcium	0,298
		— sodium	0,271
		— magnésium	0,218
		Sulfate de potassium	0,281

5. — Analyse Hensen et Daenhardt (1866, *in* Lambling, 1895, p. 381). — Sérum de la lymphe de l'Homme. — Pour 1000 parties de sérum frais :

Eau	987,7			
Sels	8,38	solubles	Chlorure de sodium	6,148
			Soude (abstraction de CO^2)	0,575
			Potasse	0,496
			Acides sulfurique, phosphorique et pertes	0,221
		insolubles	Chaux	0,152
			Acide phosphorique	0,146
			— carbonique	0,015
			Magnésie	0,011
			Oxyde de fer	0,006
			Carbonate de magnésie, pertes	0,021

Cette lymphe contenait en outre 0,16 gr. d'ammoniaque pour 100 parties en poids.

6. — Analyse Schmidt (1861, *in* Lambling, 1895, p. 585). — Sérum de la lymphe du Cheval (jeune Poulain). — Pour 1000 parties de sérum frais :

Eau. . .	957,61		
Sels. . .	7,56	Chlorure de sodium.	5,65
		Soude.	1,5
		Potasse.	0,11
		Phosphates de chaux et de magnésie.	0,2
		Acide sulfurique.	0,08
		Acide phosphorique (combiné aux alcalis).	0,02

7. — Analyse Schmidt (1861, *in* Lambling, 1895, p. 586). — Sérum du chyle du Cheval (jeune Poulain). — Pour 1000 parties de chyle frais :

Eau. . .	958,50		
Sels (non compris l'oxyde de fer).	7,55	Chlorure de sodium.	5,95
		Soude.	1,17
		Potasse.	0,11
		Phosphate de calcium	0,20
		Phosphate de magnésium	0,05
		Acide sulfurique.	0,05
		Acide phosphorique (combiné aux alcalis).	0,02

8-9. — Enfin Weber, d'une part, pour le sérum du sang de Cheval (*in* Gorup Besanez, 1880, I, 508), Hensen et Daenhardt, d'autre part, pour la lymphe de l'Homme (*id.*, p. 551), donnent, pour 100 parties de cendres[1] :

100 parties de cendres renferment :	Sérum du sang de Cheval.	Lymphe de l'Homme.
	Weber.	Hensen et Daenhardt.
Chlorure de sodium	72,88	74,484
Soude.	12,95	10,555
Potasse.	2,95	3,255
Chaux.	2,28	0,979
Magnésie.	0,27	0,265
Acide carbonique.	4,40	8,206
Acide sulfurique	2,10	1,276
Acide phosphorique.	1,75	1,091
Silice.	0,20	»
Oxyde de fer.	»	0,057

1. Pour un liquide pleurétique, ponctionné sur une femme, G. Perrier (1901)

Dans ce tableau la forte proportion d'acide carbonique vient, comme il a été dit plus haut, de l'incinération des matières organiques. L'acide carbonique existe cependant à l'état minéral dans le plasma : par dialyse, on peut retirer du sérum de faibles quantités de carbonate de soude (Kossel, *in* Lambling, 1895, p. 127). De même, dans ce tableau, les teneurs en acide sulfurique et en acide phosphorique sont exagérées. D'après les analyses qui précèdent, l'acide sulfurique ne paraît pas compter pour plus de 1,5 centième du poids total des cendres ; — l'acide phosphorique, pour plus de 0,3 centième (Sertoli).

Ces remarques faites, toutes ces analyses de plasma, en définitive, concordent :

Le chlore et le sodium dominent manifestement, et forment environ les 90 centièmes des sels dissous.

Le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, le phosphore, le carbone forment à peu près le reste.

Le silicium, le fer apparaissent déjà. Enfin les ouvrages classiques les plus récents considèrent encore comme constants dans le plasma, à des doses très faibles : l'ammoniaque (Kühne et Strauch, Brücke, *in* Lambling, 1895, p. 127) et le fluor (*id.*, p. 128).

Première comparaison avec l'eau de mer. Ressemblance frappante. — Une comparaison avec l'eau de mer est déjà instructive. Dans l'eau de mer, comme dans le plasma, on voit le chlore et le sodium dominer dans des proportions à peu près égales. Le groupe des sels secondaires comprend exactement les mêmes radicaux : potassium, calcium, magnésium, soufre, — auxquels paraît s'ajouter, il est vrai, dans le plasma le phosphore qui n'occupe dans l'eau de mer qu'une position d'ordre moins élevé. Enfin le carbone, le silicium, le fer, l'azote (ammoniaque), le fluor dessinent déjà, dans le plasma, le troisième groupe des sels caractéristiques de l'eau de mer (voir p. 235).

---

donne l'analyse très incomplète suivante, toujours située dans le même cadre minéral :

	Pour 1000 cc. gr.
Chlorure de sodium.	6,5
Autres sels solubles (sulfates et phosphates de sodium) . .	1,8
Sels insolubles (chaux, magnésie, fer, ainsi que carbonates et sulfures provenant de la matière organique).	0,7

Les proportions des sels, dans le deuxième groupe, ne sont cependant pas dans le plasma ce qu'elles sont dans les eaux de mer modernes. Le potassium et le calcium présentent seuls des proportions à peu près égales. La proportion du soufre, à l'état d'acide sulfurique, de 7 centièmes des sels dissous dans l'eau de mer, est au plus, comme on vient de le voir, de 1,5 centième dans le plasma ; celle du magnésium de 3,5 centièmes dans l'eau de mer, n'est que de 0,3 centième environ dans le plasma. Par contre, le phosphore que MARCHAND (1854) n'estime dans 1000 centimètres cubes d'eau de mer qu'à 0,000 28, à l'état d'acide phosphorique, s'inscrit d'après SERTOLI, sous le même état et dans le même volume de plasma, pour 0,025.

Comment interpréter ces différences ?

1° EXAMEN DE LA DISPROPORTION DU MAGNÉSIUM ET DE L'ACIDE SULFURIQUE. — Il est possible, et c'est ce que des travaux ultérieurs auront à confirmer ou à infirmer [1], que la proportion relativement forte du magnésium et de l'acide sulfurique dans les mers résulte d'un enrichissement qui s'y serait produit au cours des temps, tant par suite des apports fluviaux que des érosions marines. Considérons simplement les apports fluviaux.

L'eau des fleuves apporte à la mer, annuellement, d'après J. MURRAY (*in* Lapparent, 1900, *Géol.*, 4e édit., p. 328 et suivantes), cinq kilomètres cubes de substances dissoutes. Ces substances se répartissent pour 100 de la manière suivante :

Carbonate de chaux.	45 »	Oxyde de fer.	1,6
— magnésie.	14,8	Oxyde de manganèse.	0,7
Sulfates (chaux, soude, potasse).	11,5	Phosphate de chaux.	0,4
Silice.	9,9	Chlorure de lithium.	0,2
Nitrate de soude.	3,5	Chlorure d'ammonium.	0,1
Chlorure de sodium.	2,1	Matières organiques.	10 »
Alumine.	1,8		

Il est clair que ces substances, si elles restaient à l'état dissous dans les mers, altéreraient rapidement leur composition. Mais le carbonate de chaux est pris, d'une part, par la vie ; il forme les 97 centièmes de la *matière morte* de la plupart des organismes marins (bancs de coraux, carapaces, coquilles, etc.). D'autre part, il se dépose de soi-même sur les plages dans certaines conditions. Ainsi s'explique la faible teneur des mers en carbonate de chaux, malgré son apport considérable. La silice est également employée par la vie à constituer de la *matière morte* (spicules, coquilles, etc.). Les grands fonds marins sont recouverts pour une partie importante de ces débris siliceux qui travaillent à former les

1. Travaux physiologiques sur la teneur en magnésium du *milieu vital* de tous les animaux, des animaux marins en particulier : Invertébrés communiquant par osmose avec le milieu extérieur, Vertébrés fermés à ce milieu. — Travaux analogues d'esprit et de méthode à ceux du Livre II.

couches géologiques futures (voir II, *VII*, p. 420). Ainsi s'explique encore le faible taux de la silice marine. L'utilisation des sulfates et de la magnésie est moins claire. Il se peut donc que la mer s'en enrichisse. La composition de la mer Caspienne, qui est une mer fermée, et qui reçoit l'apport d'un fleuve considérable par rapport à sa masse, tendrait à confirmer cette vue. En effet, tandis que, dans les grands océans, pour 100 de chlore on compte :

12 d'acide sulfurique, 11 de magnésie,

on compte dans la mer Caspienne, toujours pour 100 de chlore :

42 d'acide sulfurique, 22 de magnésie (Forchhammer, 1865).

Les mers des origines, celles dont les Vertébrés tendent à maintenir pour leur *milieu vital* la composition chimique, auraient donc été moins riches en acide sulfurique et en magnésium que les mers modernes. La disproportion actuelle en magnésium et en soufre, entre les mers et les plasmas, s'expliquerait ainsi. Il y aurait, au contraire, égalité de proportion entre la composition de ces plasmas et celle du milieu marin *originel* qu'ils tendent théoriquement à reconstituer. — Disons d'ailleurs que ce problème de l'enrichissement des mers en soufre et en magnésium met en jeu des causes trop complexes pour que nous présentions ces quelques lignes autrement que comme une explication possible, encore très hypothétique.

2° Examen de la disproportion d'acide phosphorique. — Le taux élevé de l'acide phosphorique dans les plasmas, par rapport à son taux marin, paraît devoir s'expliquer d'une façon différente. On a déjà vu qu'une partie extrêmement importante des phosphates signalés par la majorité des auteurs dans le sérum, compte à l'actif, non de la partie minérale (marine) du plasma, mais de sa partie organique. Sertoli et Mroczkowski, après élimination de la lécithine, ramènent la teneur en acide phosphorique, pour 1000 de sérum, à 0,025 environ. Or, cet acide phosphorique, en le supposant même tout entier minéral, compte-t-il nécessairement à l'actif de la partie marine du plasma? N'y serait-il pas surajouté en partie comme matière de déchet? C'est ce que les considérations qui suivent permettent au moins de supposer.

En effet, on sait déjà que la cellule vivante est constituée par des matières organiques, c'est-à-dire par des matières où le carbone et l'azote remplissent un rôle prépondérant. L'activité de cette cellule donne, comme matériaux de déchet, de l'acide carbonique qui s'élimine par le poumon et qu'on trouve auparavant dans le plasma du sang veineux et de la lymphe, et un composé azoté, l'urée, qui s'élimine par le rein et qu'on trouve également dans tous les plasmas, qui le charrient de la cellule à l'organe chargé de l'éliminer. Or, on verra plus loin, paragr. IV, p. 323, que la cellule, à côté de sa composition organique, a une composition minérale typique : 1000 grammes de cellule vivante donnent en moyenne 7 grammes de cendres, dont 5 ou 6 grammes de phosphates divers. L'acide phosphorique joue donc un rôle de premier ordre dans la cellule ; et, de même que toute multiplication cellulaire demande non seulement du carbone et de l'azote, mais du phosphore pour s'accomplir [1], toute activité cellulaire doit donc se traduire non seulement par

1. « Tous les chimistes qui ont dosé à la fois l'azote et les phosphates dans les plantes, ont été frappés de voir ces deux matières augmenter à peu près parallèlement. Les graines qui sont la partie de l'organisme végétal la plus riche en matières azotées laissent des cendres composées presque exclusivement de

une mise en liberté de composés carbonés et azotés, mais de composés phosphatés, qu'on devra par conséquent retrouver dans les plasmas comme on y retrouve l'acide carbonique et l'urée. Cette mise en liberté des composés phosphatés n'est pas douteuse. Dans l'inanition, les phosphates persistent dans les urines. Comme ils ne peuvent plus provenir de l'alimentation, ils proviennent donc sûrement, comme l'urée, d'une désorganisation des tissus.

Mairet (1884) montre, en outre, le parallélisme entre l'élimination des phosphates (alcalins et terreux) et celle de l'urée dans les urines. Pendant le sommeil, l'élimination des phosphates et de l'urée décroît; elle monte pendant la veille. Comme l'azote éliminé traduit l'activité des décompositions cellulaires, on ne peut rattacher qu'à la même cause l'élimination parallèle du phosphore. En activant les décompositions de la cellule par le travail musculaire, Mairet montre encore l'urée, et parallèlement les phosphates (alcalins) augmenter dans l'urine.

Individu (au régime végétal) :

Repos : Azote éliminé. . .	19,30		Acide phosphorique. . .	2,05	
Travail : — . .	24,68		— . .	2,37	

Enfin, chez un Chien à jeun et soumis à un travail musculaire de deux heures, le sang veineux fémoral est plus riche en phosphates que le sang artériel de la même région (de même qu'il est plus riche en acide carbonique), preuve de la mise en liberté par le muscle de phosphates d'origine cellulaire.

Il ne semble donc aucunement contre-indiqué d'admettre qu'une partie au moins des phosphates minéraux du plasma ne s'y trouve, comme l'urée, qu'au titre de matière régressive, et non au titre de matière constituante. Ce qui rend cette hypothèse encore plus vraisemblable, c'est le faible taux de cet acide phosphorique du plasma par rapport à l'acide phosphorique de la *matière vivante*. Tandis que 1000 grammes de *matière vivante* comprennent environ et en moyenne 2,5 gr. d'acide phosphorique, nous savons que 1000 grammes de *milieu vital* n'en contiennent, à l'état minéral, que 0,025 gr., c'est-à-dire 100 fois moins. On peut remarquer encore un rapport intéressant. L'urine élimine en poids 10 fois plus d'urée que de phosphates. De même, la proportion d'urée contenue dans les plasmas est le décuple environ de celle des phosphates minéraux qu'ils renferment.

La teneur en phosphore du plasma, demandant ainsi une forte réduction pour ce qui y entre de matière régressive, se rapprocherait d'autant du taux phosphorique marin.

Au reste, nous pouvions négliger ces disproportions. Importantes en soi, elles sont faibles, si l'on songe d'une part à toutes les causes qui ont pu modifier dans une certaine mesure, depuis les origines de la vie, le taux de certains sels marins, si l'on songe, d'autre part, à l'imperfection de l'analyse chimique, incapable de distinguer dans un plasma ce qui est constituant

---

phosphates » (Dehérain, 1892, *Chim. agric.*, p. 177). — Observation ancienne, signalée déjà par Boussingault (*Économie rurale*), Corenwinder (1860), — ces auteurs cités par Dehérain, *id.*, p. 177-178.

de ce qui est régressif, ce qui est minéral de ce qui est organique. Enfin, bien que sensibles, ces disproportions n'effacent pas la ressemblance saisissante qui apparaît déjà entre la composition minérale de l'eau de mer et celle du *milieu vital*. Cette ressemblance frappera davantage encore, quand nous opposerons plus loin (paragraphe IV, p. 322) à la composition minérale du *milieu vital* celle des autres parties de l'organisme : *matière vivante*, *matière morte*, *matière sécrétée*, — compositions fondamentalement différentes.

Une première comparaison entre la physionomie saline de l'eau de mer et celle du *milieu vital* des Vertébrés les plus élevés, conduit donc déjà, pour les éléments principaux qui la constituent, à enregistrer une ressemblance frappante.

Nécessité d'une ressemblance plus complète, s'étendant jusqu'aux corps les plus rares. — Mais l'eau de mer ne comprend pas seulement les douze corps que nous venons d'énumérer et de reconnaître dans l'organisme. Outre l'oxygène et l'hydrogène (que nous laissons toujours de côté), elle en comprend dix-sept autres. Sans doute, ces dix-sept corps ne s'y trouvent pour la plupart qu'à l'état infinitésimal, mais au point de vue biologique, la dose d'un élément dans une dissolution ne mesure aucunement l'importance du rôle qu'il y joue. Il y a toute une microchimie physiologique, à peine commencée, qui montre, à n'en pas douter le rôle capital que jouent certains corps dans la vie, à des doses extraordinairement réduites, et à ces doses seules [1].

---

1. Travaux de Baumann et de sa suite sur l'iode organique (voir plus loin : Iode), d'Armand Gautier sur l'arsenic (voir plus loin : Arsenic). Des quantités infinitésimales de ces deux corps sont nécessaires à la vie. On ne conçoit plus un organisme pouvant vivre sans les quelques milligrammes d'iode ou d'arsenic qu'il contient. Ces quelques milligrammes ont donc une importance biologique égale aux poids énormes de carbone, de phosphore, de chaux, etc., contenus dans un corps vivant. — Gabriel Bertrand (voir plus loin : Manganèse) montre le rôle physiologique précis de quantités infimes de manganèse. — Les expériences de Socin (*in* Lambling, 1892, p. 143), de Lunin (1881, *in id.*, p. 157), de Pouchet et Chabry (1889) ne sont pas moins significatives. Socin alimente deux lots de Souris, l'un de jaunes d'œufs, c'est-à-dire d'une nourriture minéralisée naturellement, l'autre d'une nourriture artificielle déminéralisée (albumine de sérum, graisse de lard, sucre, amidon, cellulose, hémoglobine, hématogène), à laquelle il ajoute tous les sels révélés par l'analyse dans le lait. Les animaux acceptent parfaitement cette nourriture artificielle. Mais tandis que les Souris du premier lot peuvent être conservées pendant fort longtemps (99 jours, maximum), celles du second meurent toutes du 27e au 32e jour, et non d'inanition, la nourriture restant acceptée jusqu'au bout. — Lunin nourrit de même deux lots de Souris, l'un de lait, l'autre de caséine, de beurre et de sucre, avec

Si la théorie marine soutenue dans cet ouvrage est exacte, elle nécessite donc la présence dans le *milieu vital*, — d'une façon constante, à l'état normal, aux doses mêmes où nous venons de les rencontrer dans l'eau de mer, — de ces dix-sept corps rares marins, c'est-à-dire du brome, de l'iode, du lithium, du bore, de l'arsenic, du cuivre, de l'argent, de l'or, du zinc, du manganèse, du strontium, du baryum, du césium, du rubidium, de l'aluminium, du plomb, du cobalt.

L'idée *a priori* se heurtait ici à toutes les données classiques. Les ouvrages généraux les plus récents n'admettent, en effet, que douze ou, tout au plus, quinze corps organiques, — ceux que nous venons de reconnaître dans les pages précédentes. Pour Gautier Besanez (1880, I, 57-58), ces quinze corps constitutifs et constants sont : le carbone, l'azote, l'hydrogène, l'oxygène, le soufre, le phosphore, le sodium, le potassium, le calcium, le magnésium, le fer, le manganèse, le chlore, le silicium, le fluor. Il rejette le cuivre et le plomb comme accidentels et marque le zinc comme douteux. Bunge (1891, p. 14) réduit d'abord ce nombre à douze. Ces douze corps seraient : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le soufre, le phosphore, le chlore, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer. Il ajoute, p. 25 : « A part les douze éléments précités, on a encore trouvé les éléments suivants dans différents organes, sans qu'ils en fassent partie intégrante; ce sont : le silicium, le fluor, le brome, l'iode, l'aluminium, le manganèse, le cuivre. » Il paraît cependant, à la suite, admettre les deux premiers de ces éléments, ce qui élèverait à quatorze, selon Bunge, le nombre des corps organiques. — Enfin Lambling (1892, p. 29) écrit : « Parmi les corps simples actuellement

---

addition au mélange de tous les sels révélés par l'analyse dans le lait. Les Souris du premier lot sont conservées plusieurs mois; celles du second meurent toutes du 20e au 30e jour. — Pouchet et Chabry, voulant constater l'influence des sels de chaux contenus dans l'eau de mer sur le développement des œufs d'Oursins, croient d'abord pouvoir établir une eau de mer artificielle, dans laquelle la chaux seule manquerait. « Malgré tous les soins apportés », aucun élevage ne réussit dans cette eau. Tous leurs œufs y périssent, parfois même avant le début de la segmentation. Dans l'eau de mer, au contraire, débarrassée de chaux par addition d'oxalates alcalins, l'œuf est retardé, mais évolue. Ce n'est donc pas le défaut de chaux qui empêchait l'évolution de l'œuf dans l'eau de mer artificielle, mais entre autres causes, et fort probablement, l'absence des corps rares auxquels Pouchet et Chabry, « malgré tous leurs soins », n'avaient pu même songer. — Dans toutes ces expériences, les auteurs ont commis la même négligence involontaire, cause au moins partielle de leur échec. Ils n'ont pas soupçonné les sels infinitésimaux.

Le fait a une importance non seulement théorique, mais pratique. Il montre avec force l'impossibilité, au moins relative, où nous sommes de composer un aliment ou une eau de mer artificiels (eau de mer, par exemple, pour les usages thérapeutiques). La chimie de la cellule vivante a des besoins que ne peut ni apprécier, ni satisfaire la chimie de laboratoire.

Nous supprimons de cette note l'exemple du 1/50000 de zinc nécessaire à la culture d'*Aspergillus niger* dans le liquide de Raulin (1870). Les travaux récents de H. Coupin (1903) ont montré que le zinc n'agissait dans ce liquide que comme antiseptique.

connus, un petit nombre seulement, une quinzaine environ, entrent dans la constitution des êtres vivants. » Il indique la difficulté de les énumérer, parce qu'il ne s'agit aucunement de mettre à l'actif des éléments organiques tous ceux que l'analyse a révélés dans les tissus et qui ont pu y parvenir par accident (sol nutritif, aliments, etc.), mais ceux seulement qui sont nécessaires à une évolution normale de l'être vivant. C'est ainsi que, dans l'examen ultérieur qu'il entreprend, il rejette le brome et l'iode de l'économie animale (page 48), où « ils ne passent qu'accidentellement », et le manganèse et le zinc (page 55), auxquels « aucune signification physiologique ne peut être reconnue ». Les quinze corps constitutifs et normaux sont donc, d'après LAMBLING (page 31) : le carbone, l'azote, l'hydrogène, l'oxygène, le soufre, le phosphore, le chlore, le fluor, le silicium, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer, le cuivre.

Or, nous allons voir les faits confirmer encore une fois l'idée *a priori*. En nous servant simplement des travaux aujourd'hui publiés, nous allons établir avec certitude la présence dans l'organisme, *à l'état normal*, *d'une façon constante*, des douze nouveaux corps suivants : iode, brome, manganèse, cuivre, plomb, zinc, argent, lithium, arsenic, bore, baryum, aluminium[1].

Quatre autres : strontium, rubidium, césium, or, y sont plus que probables. Sur le cobalt seul, dernier des dix-sept corps marins en question, nous manquerons de données[2].

---

1. Deux de ces corps, l'iode et l'arsenic, sont universellement reconnus aujourd'hui (1903) comme organiques, depuis les travaux retentissants de BAUMANN et d'ARMAND GAUTIER. Il n'en était pas ainsi au moment où la conception marine soutenue dans cet ouvrage se présentait à nous à l'état d'hypothèse, avec toutes ses exigences (février 1897). BAUMANN venait de publier seulement ses travaux. ARMAND GAUTIER ne devait donner les siens que deux ans après (1899).

2. Une explication est nécessaire. Comment pouvons-nous établir l'existence de nouveaux corps organiques à l'aide de travaux déjà publiés? Ou ces travaux sont bons, et cette existence est déjà établie; ou leur valeur est nulle, et ils n'établissent rien. — Réponse : ces travaux sont bons; le fait suivant s'est simplement produit. Après chaque découverte d'un corps rare dans l'organisme, ce corps y a été nié *a priori* par la majorité des auteurs, souvent même par ceux à qui la découverte était due, en sorte que, si l'existence des douze corps rares organiques énoncés plus haut est établie, elle n'a jamais été reconnue, pas même, peut-on dire, soupçonnée (exception faite pour l'iode et l'arsenic, au cours de ces dernières années).

Voyons sur quelles raisons se basaient les auteurs pour nier l'existence, en tant qu'éléments constituants, des corps rares que l'analyse leur révélait dans l'organisme, et déterminons la valeur de ces raisons.

1° La dose si faible de ces corps, dans l'économie, leur semblait un garant de leur importance nulle, par conséquent de leur superfluité. Or, nous savons aujourd'hui (voir note de la page 256) qu'une dose infime d'un élément peut être indispensable à la vie. *L'hypothèse marine nous donnait en outre à prévoir tous ces corps à des doses infinitésimales, et à ces doses seules.*

2° Certains corps, le cuivre, le plomb, le zinc, etc., étant réputés comme toxiques, semblaient *a priori* des corps essentiellement non vitaux, étrangers par principe à la constitution organique. Or, l'expérience l'établit, les corps les

Recherche dans le milieu vital des corps rares marins. — Points et méthode de recherche. — Pour la théorie marine, il faudrait démontrer la présence de ces corps, non pas dans l'organisme, mais dans le *milieu vital* lui-même. Pour la plupart, nous ne pourrons effectuer malheureusement cette démonstration que d'une façon indirecte. La division précise en *milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte* se trouvant effectuée pour la première fois dans ce travail, les auteurs ont fait porter rarement leurs analyses sur le *milieu vital* lui-même. En outre, il se produit dans l'organisme ce que nous avons vu se produire dans la mer : certaines colonies cellulaires fixent tout spécialement certains corps du *milieu vital*, si bien que, de même que beaucoup de corps marins ont été d'abord décelés sur des varechs ou des coraux, avant de pouvoir l'être dans l'eau de mer, certains corps orga-

---

plus vitaux ne sont vitaux qu'à des doses précises. Ces doses dépassées, les mêmes corps deviennent toxiques. Effront (1891) montre que l'addition de 5,5 milligrammes de fluorure de potassium à 100 cc. d'un liquide de culture augmente l'activité de la levure. Le fluorure de potassium est donc un corps par excellence vital. Mais que l'addition atteigne 7 milligrammes, l'activité de la levure faiblit; à 10 milligrammes, le ralentissement devient considérable: et voilà le même corps, tout à l'heure vital, présentement toxique. Un corps peut donc être toxique, non seulement par sa nature, mais par sa proportion, et il ne sera jamais légitime de rejeter *a priori* de la constitution organique un élément quel qu'il soit, par la raison que, même à une dose très faible, il se montre fortement nocif; à une dose plus faible de moitié, il peut être essentiellement vital, indispensable à la vie.

3° La présence de certains corps dans l'économie, bien que constante, bien qu'indéniable, bien qu'indéfiniment constatée chez l'organisme le plus normal, s'expliquait, pour un grand nombre d'auteurs, par la présence de ces corps dans les aliments. Ils étaient ainsi imposés *accidentellement* à l'organisme dont ils ne faisaient pas, d'une façon réelle, partie constituante. L'illégitimité d'une pareille conclusion est flagrante. Pour la mettre en évidence, il suffit de suivre la série des opérations d'intelligence y donnant lieu. Un auteur décèle un corps dans l'organisme; ce corps n'y étant pas signalé ou reconnu, un premier doute s'élève dans son esprit sur la valeur de l'expérience; la présence du corps étant enfin confirmée chez l'organisme le plus normal, l'auteur lui refuse alors *a priori*, et sans raison, droit de cité; il se demande aussitôt : quelle est sa voie d'introduction *accidentelle* dans l'organisme? Il entreprend l'analyse des aliments *les plus normaux*; il décèle le corps en question dans la majorité de ces aliments; et il conclut : voilà sa voie d'introduction très nette; ce corps pénétrant avec les aliments *les plus normaux*, n'est qu'*accidentel* dans l'organisme. — Insistons sur la non-valeur absolue de ce raisonnement. Premièrement, le fait de rencontrer un corps quelconque, le manganèse par exemple, non seulement chez les organismes élevés, mais chez un nombre considérable de végétaux et d'animaux inférieurs (dont, il est vrai, l'organisme supérieur se nourrit), démontre simplement et au contraire le rôle universel et de premier ordre que ce corps joue dans les deux règnes vivants, animal et végétal. Vouloir lui refuser droit de cité dans l'organisme élevé, — comme le font Riche (1878), Maumené (1884), pour le manganèse, — parce qu'ils le décèlent dans presque tous ses aliments, n'est pas soutenable, ou il est permis de soutenir alors que le carbone, l'azote, le phosphore ne sont, eux aussi, qu'accidentels dans l'orga-

niques n'ont encore été signalés que dans des colonies cellulaires spéciales (thyroïde, foie, cerveau, etc.), qui les accumulent. ***La présence de ces corps n'en est pas moins certaine dans le milieu vital, puisqu'ils ne peuvent arriver aux organes*** qui les fixent, les manient et les usent, ***que par l'intermédiaire des plasmas, pourvoyeurs de toutes les cellules.*** Il est facile de s'expliquer d'ailleurs que ces corps n'aient pas encore été découverts dans le *milieu vital*, même après y avoir été recherchés. La dose infinitésimale où ils paraissent s'y trouver a pu être inférieure souvent à la dose sensible.

Un autre point resterait à examiner. A quelle partie du *milieu vital* appartient un corps décelé dans un organe? Ce corps existant probablement dans l'organe à l'état organique, n'appartiendrait-il pas plutôt à la partie organique du *milieu vital* qu'à sa partie minérale (marine)? Sans doute. Si le corps existe réellement dans la cellule à l'état organique, et

---

nisme. Secondement, il faut bien comprendre que, d'une façon générale, tout ce qui vit choisit *librement* ses aliments. Le végétal n'utilise déjà du sol que des éléments spéciaux, et on peut même dire, ses éléments minima. Tous les végétaux n'utilisent pas les mêmes éléments : l'*alimentation* n'est donc pas passive : mais bien plutôt, et en quelque sorte, *libre*. L'animal, de même, est loin d'accepter tous les aliments. Un grand nombre de végétaux lui seraient nuisibles. Les aliments qui constituent sa ration ordinaire, sont expressément des aliments de choix; ils forment un groupe particulier, l'observation le montre, choisi par l'animal pour les matériaux qu'ils renferment, et dont il a justement besoin. C'est ainsi que pour ses besoins minéraux, par exemple, l'Herbivore choisit expressément les végétaux les plus riches en chlorure de sodium (fourrages, betteraves, etc.), et que même, leur richesse en sel marin étant souvent insuffisante, il montre l'avidité qu'on sait pour ce sel tout pur (voir plus loin, paragraphe IV, p. 347-384). Nous établirons ailleurs qu'une loi de *finalité* dirige l'alimentation. Ce n'est pas l'alimentation, comme on le croit universellement, qui décide de la composition d'un organisme; c'est cette composition primordiale à réaliser, qui décide au contraire de l'alimentation. Considérer, par conséquent, comme accidentel dans l'organisme, un corps, par la raison qu'il fait partie des aliments que l'animal choisit librement, est au moins illégitime.

Enfin, des raisons non formulées, mais non moins puissantes que les trois qui précèdent, travaillaient également au rejet de tout corps nouveau. L'imperfection des analyses chimiques semblait avoir fixé à douze ou quinze le nombre des corps suffisant à la vie. Tous les autres, que des analyses nouvelles révélaient, poussaient à une complication imprévue et illogique, en même temps qu'à un changement d'état des connaissances, auxquels l'esprit répugne. Une négation *a priori* suivit.

On voit en définitive la faiblesse des raisons sur lesquelles s'appuyait le rejet systématique de tout nouveau corps organique. A la vérité, une simple réflexion eût dû faire supposer au contraire dans l'organisme tous les corps de la famille chimique de ceux qu'on y reconnaissait. Le brome, l'iode accompagnant le plus souvent dans la nature le chlore, dans toutes ses combinaisons; le lithium, le césium, le rubidium accompagnant de même le potassium et le sodium; le manganèse accompagnant le fer, etc., *non* seulement la présence de tous ces corps dans l'organisme normal n'avait rien qui dût surprendre; leur absence seule eût dû étonner.

s'il est exact que la cellule animale n'a pas le pouvoir d'élever à cet état des substances purement minérales, il faut admettre que ce corps existe dans le *milieu vital* à l'état organique. Mais d'abord, cela ne l'empêche aucunement d'y figurer encore à l'état minéral; le potassium, le calcium, le magnésium, le phosphore qui font partie constituante de la cellule, qui sont liés intimement à la matière organique, au point qu'on ne peut les en séparer que théoriquement, jamais effectivement (A. GAUTIER), n'en figurent pas moins à l'état minéral dans le *milieu vital*. D'autre part, sommes-nous sûrs que tous les corps que nous avons marqués à l'actif minéral de l'eau de mer, y existent réellement sous cet état? Le travail d'ARMAND GAUTIER sur l'iode organique marin peut légitimer tous les doutes à cet égard. Il convient donc de laisser cette question en suspens pour l'instant et du moins pour ces corps rares, d'une analyse si difficile dans l'état actuel de la chimie, de considérer le *milieu vital* comme un bloc unique, minéral et organique à la fois.

Pour démontrer la présence des corps qui suivent dans le *milieu vital* des organismes les plus élevés, les plus éloignés de la souche marine, nous exposerons les travaux pour chaque corps dans l'ordre suivant.

Présence du corps, à l'état normal :

A. — Dans le *milieu vital*, ou à son défaut dans le sang total, les auteurs n'ayant presque jamais dissocié le sang dans leurs analyses.

B. — Dans l'œuf ou dans le lait. L'œuf et le lait sont d'abord les deux matières les plus abondamment sécrétées de l'organisme. Une Poule en quelques jours produit son propre poids d'œufs (BALLAND, 1900). Les matériaux qu'ils renferment d'une façon constante n'y peuvent donc exister qu'autant que le *milieu vital* en est lui-même pourvu. En outre, l'œuf et le lait sont des matières sécrétées très spéciales; elles sont destinées à la formation d'organismes; un choix préside manifestement à leur sécrétion; les matériaux qu'ils renferment doivent donc être considérés d'une façon particulière comme des matériaux de constitution.

C. — Dans un tissu quelconque (*matière vivante* ou *matière morte*). Tout corps de constitution d'une cellule existe nécessairement dans le *milieu vital*, qui doit l'en pourvoir constamment, au fur et à mesure de l'usure organique. De même pour tout corps de constitution d'une *matière morte*, bien que l'usure soit ici moins prompte. WEISKE (1897) calcule, sur des Lapins soumis à l'inanition, que la perte de poids, qui peut atteindre 74 pour 100 sur la *matière vivante* (rate), atteint encore 4 pour 100 sur la *matière morte* (os).

D. — Dans la *matière sécrétée* ou *excrétée* (urine, particulièrement). La présence, à l'état constant, d'un corps, dans l'urine, entraîne cette présence, à l'état normal, dans les plasmas, quelle que soit d'ailleurs sa voie d'introduction.

Enfin le fait qu'un corps rare fait partie intégrante des aliments les plus habituels milite encore en faveur de sa présence dans les plasmas. Le fait qu'il a été constaté aux différents échelons de la série animale ou végétale ajoute également à la probabilité de sa présence chez les organismes les plus élevés. Nous ajouterons donc, pour les corps où il y aura lieu :

E. — Présence du corps, à l'état normal, dans les aliments journaliers.

F. — Présence du corps dans la série animale ou végétale.

Démonstration de la présence des corps rares marins dans le milieu vital des Vertébrés les plus élevés (Mammifères, Oiseaux). — La présence du silicium, du fer, de l'ammoniaque, du fluor n'ayant été qu'insuffisamment établie dans les pages qui précèdent, nous y revenons présentement.

Silicium.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Weber (voir précédemment, page 251) donne pour le sérum du Cheval une teneur en silice de 0,20 pour 100 des cendres. — Non plus pour le sérum seul, mais pour le sang total (*milieu vital* et *matière vivante*), il donne chez le Bœuf une teneur en silice de 1,11 pour 100 des cendres (*in* Lambling, 1895, p. 188), soit une teneur plus forte que chez le Cheval, où la silice pour le sang total (sérum et caillot) n'atteint que 0,62 pour 100 des cendres. — Millon (1848) donnait déjà pour le sang total une teneur en silice de 1 à 3 pour 100 du résidu *insoluble* des cendres. Enderlin, Hennеberg (*in* Colin, 1888, II, 620) signalent la silice dans le sang (total?) des Oiseaux.

Dans l'œuf et dans le lait. — Poleck et Weber (*in* Gorup Besanez, 1880, II, 246), donnent dans le blanc de l'œuf, pour la silice :

0,49 et 2,04 pour 100 des cendres (Poleck);
0,28 — (Weber);

dans le jaune :

0,55 et 1,40 pour 100 des cendres (Poleck);
0,62 — (Weber).

Elle est également un élément constant du lait (Gorup Besanez, *id.*, I, 584).

Dans les tissus. — Présente, au moins à l'état de traces, dans tous les organes (Bunge, 1891, p. 24). — Dosée par Oidtmann (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 525-528) dans le foie (0,18 à 0,27 pour 100 des cendres), dans la rate (0,72 pour 100 des cendres). — — Rencontrée dans le cerveau du Bœuf et du Mouton par Gaube (1897, p. 214). —Très abondante dans les productions épidermiques : poils, cheveux, plumes, etc.; constitue d'après Baudrimont (*in* A. Gautier, 1897, p. 537), 6,61 pour 100 des cendres des cheveux noirs, 30,71 pour 100 des cheveux blonds, 42,46 des cheveux rouges[1].

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — A l'état de traces dans l'urine des Carnivores; plus abondante dans celle des Herbivores, chez qui l'alimentation en apporte davantage (1,01 gr. dans 1000 gr. d'urine, chez le Cheval : Boussingault, 1874, *Agron., Chim. agr. et Physiol.*, V, 291).

Dans les aliments. — Présente dans les aliments d'origine animale, comme on vient de voir.

Présente probablement chez toutes les plantes supérieures (d'après Bunge, 1891, p. 24); abondante dans l'alimentation des animaux herbivores (Graminées : Blé, Avoine, Orge, Maïs, Seigle, etc.)[2]. Abondante dans certains aliments d'origine végétale.

Dans la série animale. — Paraît présente partout. Joue un rôle primordial dans la constitution de la *matière morte* (carapace siliceuse des Protozoaires, spicule des Éponges siliceuses, etc.). — Revêtement cutané des Holothuries (Écu-

1. Sur la teneur en silice des tissus animaux, voir en outre Schulz (1902).
2. La silice paraît jouer chez les végétaux le rôle que le phosphate de chaux joue dans la *matière morte* des Vertébrés, le carbonate de chaux dans celle des Invertébrés. On sait que le squelette qui donne la rigidité à la tige des Graminées (Blé, etc.), est à base minérale de silice, et que cette silice n'est pas indispensable à la maturation parfaite de la Graminée, à sa fructification.

NODERMES), teneur en silice : 0,57 pour 100 des cendres (HILGER, *in* Gorup Besanez, 1880, II, 135). Coquille de l'Huître (Mollusques), teneur en silice : 0,07 pour 100 (CHATIN et MUNTZ, 1895), etc.

Fer.

DANS LE MILIEU VITAL. — La présence du fer n'est pas admise par les classiques dans le plasma du sang. On sait qu'il est un des corps dominants du globule rouge et on accuse toutes les analyses de sérum relatant du fer, de le tenir de l'hémoglobine dissoute ou des globules rouges restés en suspension. Il est certain que la teneur en fer du sérum ordinaire est de beaucoup supérieure à celle du plasma ; sa teinte rougeâtre et non jaune clair (couleur du plasma pur) indique assez l'intrusion de l'hémoglobine. SOCIN (*in* Lambling, 1895, p. 7) donne un procédé permettant d'obtenir un sérum pur, ne contenant pas la moindre trace d'hémoglobine au spectroscope, et dont les cendres ne donnent *à l'analyse* aucune des réactions du fer. Mais quelle est la sensibilité de l'analyse? Et notons déjà que, d'après SOCIN lui-même, on ne peut obtenir ce sérum que sur le Cheval ; les sérums du Porc et du Bœuf sont toujours ferrugineux.

D'autre part, si le plasma sanguin est exempt de fer, les plasmas lymphatique, interstitiel, etc., doivent en être exempts de même, puisque ces plasmas font un seul tout. Or, NASSE, cité par Lambling (1895, p. 384), donne des traces d'oxyde de fer dans le chyle du Chat; HENSEN et DAENHARDT (voir précédemment, p. 251) l'évaluent à 0,057 pour 100 des cendres dans la lymphe humaine; GENTH à 0,085 pour 100 des cendres dans l'hémolymphe du Limule (voir précédemment, p. 127). L'hémoglobine n'est plus en jeu dans ces liquides, et bien que la matière vivante (globules blancs) ne semble pas avoir été éliminée dans ces analyses, il est permis de croire, vu le peu d'importance de celle-ci, que l'oxyde de fer compte au moins pour une part importante à l'actif du *milieu vital*. Au reste, sa présence dans le plasma est nécessitée *a priori* par sa présence normale et constante dans l'œuf, dans le lait, dans le fœtus, dans tous les tissus, dans l'urine.

DANS L'ŒUF, DANS LE LAIT, DANS LE FOETUS. — POLECK et WEBER

(*in* Gorup Besanez, 1880, II, 246) donnent pour l'oxyde de fer dans le blanc de l'œuf :

0,44 et 0,55 pour 100 des cendres (Poleck);
0,54 — (Weber);

dans le jaune :

1,45 et 1,19 pour 100 des cendres (Poleck);
2,30 — (Weber).

C. Hartung (1902, *Rev. gén. des Sc.*, p. 1005) donne pour 1000 gr. d'œuf une moyenne de 0,043 8 gr. d'oxyde de fer (valeurs extrêmes, 0,028 gr., 0,075 gr.), cet oxyde de fer provenant presque exclusivement du jaune : teneur moyenne pour 1000 gr. de jaune, 0,930 gr. d'oxyde de fer (valeurs extrêmes, 0,88 gr., 1,08 gr.).

On sait, de même, que le fer est un élément constant du lait (Marchand, Filhol et Joly, Schwentz; *in* Arm. Gautier, 1897, p. 699). — Teneur en oxyde de fer, d'après Bunge (1874), pour 100 parties de cendres, lait de Femme, de Chienne, de Vache, de Jument : 0,27; 0,14; 0,04; 0,57.

Enfin le fœtus humain à toutes les époques de la vie intra-utérine contient de 0,35 à 0,45 de peroxyde de fer pour 100 parties de cendres (Hugounenq, 1899-1900). Le fœtus ne se constituant qu'aux dépens des matériaux du plasma, la présence du fer dans les plasmas ressort de nouveau de cette constatation.

Dans les tissus. — Signalé dans tous les tissus. Élément non seulement constitutif du globule rouge, mais probablement de toutes les cellules organiques. Paraît lié intimement à la matière albuminoïde, comme le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, etc. Nombreux travaux le dosant dans les divers organes (voir plus loin, paragraphe IV). D'après Jolly (1887), phosphate de fer présent dans toutes ses analyses de *matière vivante* ou de *matière morte*. Travail récent et classique de Lapicque (1897) : historique et recherches personnelles sur la teneur normale en fer du foie et de la rate. Autre travail de Bielfed (1902) sur la teneur en fer des cellules du foie de l'Homme.

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — *Suc gastrique*, pour 1000, Schmidt (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 507), teneur en phosphate de fer, Chien, 0,08; 0,12; Mouton, 0,33.

Bile, pour 1000, teneur en fer (*in* A. Gautier, 1897, p. 551),

Homme : 0,004 à 0,010 (Young), 0,062 (Hoppe Seyler); Bœuf : 0,003 à 0,006 (Young); Chien : 0,0063 à 0,0078 (Hoppe Seyler, 0,0021 à 0,0045 (Ivo Novi), 0,00094 (Dastre).

Urine : Lapicque (1897, p. 47) rapporte les chiffres contradictoires des auteurs. Élimination quotidienne en fer : Femme 0,0101 gr. et 0,0156 gr. (Hamburger); 0,0005 gr. à 0,0015 gr. (Damaskin); Chien normal de 8 kilogrammes, nourri de viande, 0,0036 gr. (Hamburger); Chien soumis à l'inanition ferrique, 0,0017 à 0,0019 par 1000 d'urine (Dielt); Chien normal, traces impondérables (Socin). Lapicque arrive au même résultat que Socin; la teneur en fer serait très faible, mais, point qui seul importe ici, dans toutes les urines analysées normales ou pathologiques, la présence du fer est reconnue. — Jolles (1897), employant un nouveau procédé, dose le fer éliminé chez l'Homme en 24 heures; il l'évalue à 0,008 gr.

Dans les aliments. — Nous empruntons le tableau de Bunge qui suit à Lambling (1900, *Traité de patholog. générale de Bouchard*, III, 45).

100 grammes de substance sèche contiennent (en milligrammes de fer) :

Hémoglobine	340	Pois	6,2 à 6,6
Hématogène	290	Pomme de terre	6,4
Sang de porc	226	Froment	5,5
Épinards	33 à 39	Amandes pelées	4,9
Jaune d'œuf	10 à 24	Seigle	4,9
Asperges	20	Choux (feuilles intérieures jaunes)	4,5
Bœuf	17	Orge	4,5
Choux (feuilles extérieures vertes)	17	Noisettes pelées	4,5
Pommes	15	Framboises	3,9
Noisettes (à peau brune)	15	Figues	3,7
Cerises (rouges, sans noyau)	10	Lait de Chienne	3,2
Amandes (à peau brune)	9,5	— Femme	2,3 à 3,1
Lentilles	9,5	— Vache	2,3
Fraises	8,6 à 9,3	Farine de froment blutée	1,6
Son de froment	8,8	Orge mondé	1,4 à 1,5
Carottes	8,6	Riz	1 à 2
Haricots blancs	8,3	Blanc d'œuf	*traces.*
Cerises noires (sans noyau)	8,2		

Dans la série animale. — Déjà dosé par Genth (voir p. 127) dans le sang du Limule (Arthropodes). A signaler sa présence dans les branchies des Huîtres. L'Huître étant incinérée doucement, les sels de *fer* continuent à dessiner la branchie. Teneur de la branchie en fer, pour 100 de matière organique sèche :

0,08 en moyenne. Reste du corps : 0,04 (Chatin et Muntz; 1894). — Reconnu encore dans la coquille de l'Huître : 0,025 pour 100 des cendres (Chatin et Muntz, 1895); dans la peau des Holothuries : oxyde de fer, 1,022 pour 100 des cendres (Hilger, *in* Gorup Besanez, 1880, II, 155); etc.

Ammoniaque.

La volatilisation facile de l'ammoniaque, sa production spontanée dans la décomposition des matières azotées rendent sa recherche délicate.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Kühne et Strauch 1864), (Brücke (1867), cités par Lambling (1895, p. 128), trouvent de petites quantités d'ammoniaque dans le sang (total?). Hensen et Daenhardt (voir précédemment, p. 251) établissent pour la lymphe une teneur en ammoniaque de 0,16 gr. pour 100 parties en poids. Nencki, Pavlow et Zalesski, cités par A. Gautier (1897, p. 588), indiquent dans le sang (total?) des quantités d'ammoniaque variant de 0,014 à 0,112 pour 1000 grammes de sang suivant la veine qui le fournit. — Cette ammoniaque paraît provenir, d'après Lambling, d'une combinaison facilement décomposable qui est peut-être du carbamate d'ammonium. Pour toute la question de l'acide carbamique, qui nous entraînerait trop loin ici, se reporter à Lambling (1895, p. 119-121)[1].

Dans l'œuf et dans le lait. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans les tissus. — Pellet (1880), décelant l'ammoniaque dans la Betterave, recherche ce corps dans la chair musculaire du Bœuf. 1000 grammes de chair lui donnent 1,5 gramme d'ammoniaque.

Dans la matière sécrétée et excrétée. — *Suc gastrique*, pour 1000, Schmidt (*in* A. Gautier, 1897, p. 507), sels ammoniacaux, Chien : 0,47 ; 0,54 ; Mouton, 0,54.

Urine, Rautenberg (1865), ammoniaque, Bœuf : 0 à 0,09 pour 1000; Tidy et Woordman (1875), ammoniaque, Homme : 0,10 gr. en vingt-quatre heures; Arm. Gautier (1897, p. 595), sels ammoniacaux, Homme : 0,70 ; 0,91 pour 1000; Grandeau et Leclerc

1. Voir également pour l'ammoniaque contenue dans le sang et plus loin dans les tissus : Nencky et Zalessky, 1901-1902; Salaskin et Zalessky, 1902; Kovalevsky et Salaskin, 1902.

(1882, p. 174), en opérant sur l'urine pure et aussitôt émise, avant toute fermentation, azote ammoniacal, Cheval : 0,006 à 0,108 pour 1000. — Minkowski (1886, *in* Gaube, 1897, p. 215) donne pour l'urine normale de l'Oie 9 à 18 pour 100 d'azote, sous forme d'ammoniaque[1].

Dans les aliments. — Pellet (1880) trouve pour 1000 grammes de racines fraîches de Betterave 0,15 d'ammoniaque. Il donne en outre pour 1000 grammes de matière, les teneurs suivantes en ammoniaque[2] :

	gr.
Betteraves : feuilles sèches	1,55
— graines	1,68
— —	2,16
— racines sèches	1,96
— —	1,47
Blé : graine	1,6
Lin : farine ordinaire	1,88

Dans la série animale. — D'après G. Bohn (1899), l'ammoniaque jouerait un rôle important dans la physiologie des Crustacés. On sait que cet auteur a découvert (1898, *Soc. de Biol.*, p. 1008-1013) ce fait inattendu, que les Crustacés ont la faculté, comme les végétaux, d'absorber et d'assimiler l'acide carbonique. Loin que leur respiration se traduise par une émission d'acide carbonique, celui-ci diminue au contraire dans l'eau de mer où il a été dosé et où l'on a placé certains Crabes. Cette absorption d'acide carbonique serait en rapport avec le phénomène de la calcification (formation de la carapace, etc.); elle n'aurait lieu que dans certaines conditions ou dans certaines saisons. Bohn (1899) montre encore expérimentalement qu'en ajoutant à de l'eau de mer quarante gouttes d'ammoniaque par litre, on détermine sur le Grapse l'absorption d'acide carbonique, avec les mouvements respiratoires particuliers à cette absorption. Or, les Crabes, chez lesquels l'absorption carbonique paraît être un phénomène normal, sont justement ceux dont l'habitat est lié à la présence des algues rouges, lesquelles émettent de l'ammoniaque libre, comme Vernon l'a démontré. Il y aurait

---

1. Voir également pour l'excrétion de l'ammoniaque chez l'Homme et les animaux, Rumpf et Kleine (1897).

2. Voir également sur l'ammoniaque contenue dans les produits végétaux et en particulier dans la Betterave et les produits de la sucrerie et de la distillerie, E. Sellier (1902).

donc premièrement formation de carbonate d'ammonium organique, puis de calcaire, d'après la réaction de calcification bien connue.

Fluor.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Nicklès (1856) constate la présence du fluor dans le sang total. Il le signale en « proportions notables », non seulement dans le sang humain, mais dans le sang du Porc, du Mouton, du Bœuf, du Chien, du Dindon, du Canard, de l'Oie, du Poulet. — Perfectionnant sa méthode, il ne l'indique plus qu'en petite quantité, en 1857, et surtout en 1858, où il s'élève contre Wilson, qui donnait le fluor comme existant dans le sang du Bœuf en forte proportion. Aucun dosage. Nicklès dit seulement (1858, *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **53**, 455) que son procédé lui permet de reconnaître 0,000 096 de fluor.

Dans l'œuf et dans le lait. — Wilson (1850) signale le fluor dans le lait; Nicklès (1856), dans l'albumine de l'œuf. — Recherches plus récentes; dosages très soigneusement exécutés; teneur en fluor du vitellus de l'œuf de Poule et du lait de Vache (Tamman, 1888, *in* Bunge, 1891, p. 25) :

Vitellus de l'œuf de Poule, fluor. . .	0,000 1 pour 1000
Lait de Vache.	0,000 3 —

Dans les tissus. — Wilson (1846) donne le fluor comme existant dans les ossements modernes et fossiles. — Nicklès (1856) le signale dans la gélatine, dans les cheveux, les poils d'animaux (Bœuf, Vache, Veau); il vérifie sa présence « si contestée » dans les os. Il le dose dans l'os (1857). Teneur en fluorure de calcium pour 1000 grammes de substance osseuse : 0,05 gr. — Horsford (1869) constate avec toutes les précautions voulues la présence du fluor dans le cerveau (procédé indiqué). Tammann (1888) l'y dose. Teneur en fluor de la cervelle du Veau : 0,000 07 pour 1000. — Carnot (1895) donne pour les os :

Teneur en fluorure de calcium (pour 100 de cendres)	Homme, fémur	0,55
	Bœuf, tibia	0,45
	Lamentin, côte.	0,65
	Éléphant, fémur	0,47
	Grand serpent	0,45
	Testudo radiata, os.	0,55
	Crocodile, os	0,55
	Varan.	0,57

Le fluor est encore signalé dans l'émail des dents (Gorup Besanez, 1880, I, 99).

Dans la matière sécrétée et excrétée. — Nicklès (1856) donne le fluor dans la bile, dans la salive, dans l'urine.

Dans les aliments. — Présent dans les aliments d'origine animale, comme on vient de voir (lait, œuf, gélatine, cervelle).

Présent dans les cendres des plantes (*Dictionn. encycl. Scienc. méd.* Dechambre). — Présent avec certitude dans les Pois, dans l'Orge, où il joue un rôle essentiel : en l'absence d'aliments fluorés, les Pois, l'Orge n'arrivent pas à leur développement complet (Salm, Horstmar, *in* Lambling, 1892, p. 49). — On a vu précédemment, page 259, l'influence du fluorure de potassium sur l'accroissement de la levure (Effront, 1891).

Dans la série animale. — Il y a longtemps, Dana (*in* Forchhammer, 1865) montrait avec facilité le fluor dans le calcaire des Coraux. — Chatin et Muntz (1895) le dosent dans la coquille de l'Huître. Teneur en fluor, pour 100 parties de cendres : 0,02.

Iode.

Gorup Besanez (1880), dans sa *Chimie physiologique* (I, 465), ne cite pas même au nombre des matériaux exceptionnels du sang l'iode et le brome. Dans son étude des sels qu'on peut rencontrer d'une façon même accidentelle dans l'organisme (I, 61), il parle bien du zinc, du cuivre, du plomb ; il passe sous silence l'iode et le brome. — Bunge (1891), dans sa revue des sels organiques, s'exprime simplement ainsi (p. 25) : « L'iode et le brome sont contenus dans quantité de plantes marines et passent de là dans le corps d'animaux marins. On ne leur connaît aucun rôle dans l'activité vitale. » — Lambling (1892, p. 48) donne l'iode et le brome comme constants dans les plantes marines, mais « ne passant qu'accidentellement dans l'économie animale ».

Ces opinions classiques des meilleurs auteurs sont intéressantes à rappeler. Sans les tout récents travaux de Baumann (1895-1896), qui ont acquis à l'iode son droit de cité dans l'organisme, la présence de l'iode eût pu rester douteuse pour beaucoup d'esprits d'après les seuls travaux que nous avions à rapporter. C'est à une difficulté de cet ordre que nous allons nous heurter tout à l'heure pour le brome.

Dans le milieu vital. — Les journaux médicaux du mois de mai 1898 relatent une communication de Gley à la *Société de Biologie* (séance du 21 mai), et dans laquelle Gley indiquerait pour 1000 grammes de sang une teneur en iode de 0,0012 gr. (Lapin), 0,0026 (Homme). Cet iode serait contenu dans les

globules ; le plasma n'en renfermerait pas. Le sang total du fœtus n'en montrerait pas trace (*Presse médicale* ; *annexes* ; 1898, p. 200). Mais ce travail doit être considéré comme nul. 1° Gley, après l'avoir communiqué à la presse, n'a pas cru devoir le publier dans les Comptes rendus de la Société de Biologie : 2° il est en contradiction formelle avec le travail suivant. — Gley et Bourcet (1900), à l'aide du procédé de Bourcet (1899), recherchent l'iode dans le sang du Chien. Ils l'y trouvent. Cet iode est uniquement contenu dans le sérum ; le caillot n'en contient pas trace ; 1000 grammes de sang total de Chien renferment ainsi 0,000 015 à 0,000 112 gr. d'iode. Le sérum soumis à la dialyse ne contenant plus d'iode, l'iode du sang doit être entièrement combiné à la matière protéique du plasma. — Stassano et Bourcet (1901) se demandent si cet iode n'appartiendrait pas exclusivement pendant la vie aux globules blancs, dont les produits de désagrégation, après l'extravasion du sang, passent dans le plasma. L'expérience confirme l'idée *a priori*.

Dans l'état actuel des connaissances, et en s'en rapportant aux seules analyses, le *milieu vital* ne contiendrait donc ni iode minéral, ni iode organique. Le fait que la *matière vivante* est iodée suffit à établir l'inexactitude de cette donnée. Des recherches ultérieures, à procédé plus sensible, s'imposent.

Dans l'œuf et le lait. — Chatin (1850) décèle l'iode dans l'œuf et dans le lait. Il ne le dose pas, mais exprimant simplement une relation, il donne le lait comme plus riche en iode que le vin, le lait d'Anesse plus riche encore que celui de Vache. L'œuf (non sa coquille) est très iodé. Un œuf de 50 grammes est plus iodé que 1000 grammes de lait de Vache, autant que 2000 grammes de vin ou de bonne eau potable. — Il confirme ces résultats dans sa brochure de 1859, et donne également le fromage comme iodé ; il ajoute que le degré de iodoration de ces produits (ainsi d'ailleurs que celui du Maïs, des fourrages, du Blé, des vins, de la viande de boucherie) est parallèle à celui du sol, avec toutefois concentration d'iode par rapport au sol, dans la matière végétale ou animale. — Lohmeyer (1853), Nadler (1866), Bourcet (1900, *Thèse*, Paris, p. 94), reconnaissent également l'iode dans l'œuf et le lait. Bourcet opère sur l'œuf de Poule, d'Oie, de Cane. Les œufs d'Oie et de Cane sont beaucoup plus iodés que ceux de Poule. Teneur maxima en iode pour 1000 grammes d'œuf, 0,00058 gr. — La teneur en

iode du lait varie dans de grandes proportions suivant l'alimentation (Bourcet, 1901).

Dans les tissus. — Présent chez le Goujon, la Grenouille, le Rat d'eau, qui en contiennent davantage que l'eau où ils vivent (Chatin, 1850). — Présent dans la viande de boucherie (Chatin, 1859). — Présent dans l'huile de foie de morue (Berthelot, *in* Lambling, 1892, p. 48).

Enfin Baumann (1895-1896) établit l'existence de l'iode dans la glande thyroïde, où il s'accumule, et montre que cet iode joue dans l'organisme un rôle probablement capital. Ses recherches portent d'abord sur 11 adultes de Berlin, 26 de Fribourg, 30 de Hambourg ayant succombé aux maladies les plus diverses. Il donne, pour ces groupes, les teneurs moyennes suivantes :

DÉSIGNATION	Poids de la glande sèche en grammes.	Teneur en iode en milligrammes	
		dans 1 gramme de glande sèche.	dans toute la glande.
11 adultes (Hommes) : Berlin. . . .	7,4	0,9	6,6
26 — — Fribourg. . .	8,2	0,33	2,5
30 — — Hambourg. .	4,6	0,83	3,85

Les animaux accusent de leur côté :

ANIMAL.	Age.	Poids de la glande en grammes.		Teneur en iode en milligrammes	
		Glande fraîche.	Glande sèche.	dans 1 gr. de glande sèche.	dans toute la glande.
Cheval.	»	30,5	7 »	0,6	4,2
—	»	21 »	5,5	1,2	6,6
—	»	26,2	6 »	1,7	10,2
Veau.	12 j. allaité.	7,5	2 »	1,5	3 »
Vache.	15 ans.	21,7	6,6	1,5	9,9
Bœuf.	6 ans.	»	5,3	0,9	3,8
—	»	18,5	5 »	0,9	4,5
—	»	12 »	7,5	1,1	8,2
Porc.	»	34 »	6,5	0,12	0,78
—	9 mois.	14 »	3,8	0,25	0,95
—	18 mois.	37 »	8 »	traces.	»
Lapin.	»	1,1	»	»	0,12
Chien..	»	»	»	traces ou néant.	

Cet iode est contenu dans la thyroïde sous forme d'un composé chimique stable auquel Baumann donne le nom d'iodothyrine. Son importance organique paraît considérable. Elle serait telle que la vie semble impossible en dehors de ces quelques milligrammes d'iode et que leur restitution à un organisme qui s'en trouve privé paraît permettre à nouveau la vie. 1° L'ablation de l'appareil thyroïdien (glandes et glandules) amène, chez le Chien, la cachexie strumiprive et la mort ; l'ingestion par la voie digestive de corps thyroïdes étrangers ou simplement du composé iodé découvert par Baumann, arrête les accidents et permet la vie. 2° Le corps thyroïde de tous les enfants morts-nés, analysé par Baumann, est dépourvu d'iode. 3° Dans le goitre, qui est une affection de la glande thyroïde, celle-ci se montre encore relativement très pauvre en iode (0,09 milligramme en moyenne, pour 1 gramme de glande sèche). Or, un vieil empirisme faisait déjà voir les bons effets d'une médication iodée contre le goitre (Éponge calcinée, Corail, cendre des Fucus où Courtois découvrit l'iode, etc.). Baumann observe encore l'efficacité de l'iodothyrine. Cette efficacité est nettement due à l'iode. Roos (d'après *Semaine médicale*, 1896, p. 40) éprouve que toutes les préparations d'iodothyrine qui se montrent actives contre le goitre, contiennent de grandes quantités d'iode ; d'autres préparations effectuées par le procédé de la soude caustique qui en sont pauvres demeurent inactives.

Ces travaux de Baumann et de Roos et de tous leurs continuateurs (Oswald, Gottlieb, Wormser) ne font simplement qu'appuyer la thèse soutenue jadis et en vain par Chatin durant de longues années, dans une série de recherches remarquables, qui n'avaient pu alors entraîner la conviction.

Gley (1897) décèle l'iode dans les glandules parathyroïdes en quantité plus notable même que dans la thyroïde. Il donne les valeurs suivantes :

Lapin ;	poids de la thyroïde :	0,19	gr. ;	teneur en iode :	0,054	milligr.
—	— des glandules :	0,012	—	—	0,08	—
Chien ;	— de la thyroïde :	1,22	—	—	0,22	—
—	— des glandules :	0,016	—	—	0,045	—

Charrin et Bourcet (1900) dosent l'iode de la thyroïde d'enfants nouveau-nés.

Bourcet (1900 ; *C. R.*, ***131***, 592, et *Thèse méd.*, Paris) recherche l'iode, non plus dans la thyroïde, mais dans les différentes par-

ties de l'organisme (Lapin). Il le décèle partout, sauf dans le cerveau, le pancréas, le globe oculaire et la graisse. Les poils, le foie et la vésicule biliaire, la peau (sans poils) en sont particulièrement riches (0,0009 gr. ; 0,00071 gr. ; 0,00012 gr. par kilogramme). Le poumon, l'appareil génital, l'intestin, le muscle n'en contiennent plus que 0,00005 gr., le sang, le cœur 0,000005 gr. ; — les cheveux humains, l'ongle humain en contiennent 0,0025 et 0,0017 gr., proportion énorme. L'iode s'éliminerait donc comme l'arsenic (voir plus loin) par les tissus ectodermiques. Le sang menstruel, riche en arsenic, est également riche en iode (0,00085 gr. par kilogramme).

Lépinois (*Thèse pharmacie*, Paris, — *in* Suiffet, 1900) donne pour 1000 gr. de glande thyroïde de Mouton 0,4 gr. à 0,7 gr. d'iode.

Suiffet (1900) trouve également pour 1000 grammes de glande thyroïde de Moutons français et africains, élevés dans l'Ariège, dans les Pyrénées, à Montpellier et à Sommières, 0,738 gr. à 0,880 d'iode. Chez les mêmes Moutons français et africains, mais de prés-salés, élevés près des marais salants de Vic, Mangio, Aigues-Mortes, la proportion d'iode s'élève à 1,21 gr. et jusqu'à 1,40 gr.

Voir encore sur la formation des graisses iodées dans la glande mammaire, F. Jantzen (1901), sur la teneur en iode des glandes thyroïdes du Mouton, J. Wohlmuth (1902) et sur la teneur en iode de la thyroïde, W. Nagel et E. Roos (1902).

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Grange (1852) signale l'iode à l'état constant dans l'urine normale, chez des personnes ne prenant aucun médicament ioduré. Il ne dose pas cet iode, mais donne son taux comme appréciable et supérieur à celui de l'eau alimentaire. — Rabuteau (1868) ignore ce travail, quand, au cours de ses recherches sur le brome urinaire, il donne l'iode comme très probablement contenu dans l'urine. Il observe en effet, avant la réaction de coloration du brome, une légère teinte violette, décelant l'iode. — Gallard (1899), au cours d'une étude sur l'absorption de l'iode par la peau, donne pour un Lapin témoin qui n'est pas soumis au traitement, une teneur de 0,00025 gr. d'iode pour 1000 gr. d'urine. La teneur s'élève ensuite, mais elle peut être attribuée aux vapeurs d'iode que l'animal témoin respire. — Pour Bourcet (1900, *C. R.*), la proportion d'iode contenue dans l'urine et les fèces est faible.

L'élimination se fait surtout, comme pour l'arsenic, par les tissus ectodermiques (cheveux, poils, ongles, peau, — sueur) et chez la Femme par le sang menstruel.

Dans les aliments. — Présent dans les aliments d'origine animale, comme on vient de voir (lait, œufs, fromage, viande, etc.).

Présent dans les aliments végétaux: vin, cidre, poiré, plus iodurés que la moyenne des eaux douces (Chatin, 1850); Maïs, fourrages, Blé (Chatin, 1859); Cresson (Muller); végétaux aquatiques (Marchand, 1854); suc de Betterave (Lang); toutes plantes aquatiques (Chatin). — Bourcet (1899, *C. R.* et 1900, *Thèse*) publie un travail d'ensemble sur la teneur en iode des matières alimentaires, d'origine végétale et animale. Sur 255 végétaux analysés, 110 renferment de l'iode (valeurs extrêmes pour 1000 gr. de matière fraîche : 0,000 008 et 0,000 52 gr.). Les Mollusques, les Crustacés, les Poissons, les Batraciens sont invariablement iodés, qu'ils proviennent des mers ou non (valeurs extrêmes pour 1000 gr. de matière sèche: 0,000 08 à 0,005 91 gr.) — Voir dans la thèse de Bourcet le détail des analyses. — Les végétaux les plus pauvres en iode sont les fruits d'arbre, puis ceux des arbustes et des arbrisseaux; les plus riches sont les végétaux à racines alimentaires, à tubercules non amylacés, à feuilles et à tiges herbacées (Bourcet, 1901). Les vins du Mâconnais, du Beaujolais, des Pyrénées-Orientales, de l'Aude, de la Gironde, renferment des quantités décroissantes d'iode. Les vins de Champagne n'en renferment pas (Bourcet, *id.*).

Dans la série animale. — Présent chez les Spongilles (Éponges), les Limnées, les Sangsues (Mollusques), l'Écrevisse (Crustacés) à une dose plus forte que celle de l'eau ambiante (Chatin, 1850); chez les Coraux et Mollusques marins (Balard, *in* Wurtz, *Diction. Chimie*). — Chatin et Muntz (1895) dosent l'iode dans la coquille de l'Huître : 0,003 pour 100 des cendres. — E. Harnack (1898) isole de l'Éponge ordinaire, qui contient 1,5 d'iode pour 100 de substance sèche, une sorte d'albuminoïde iodé, renfermant 8,20 pour 100 d'iode, et semblant voisine de l'iodothyrine de Baumann, puisqu'elle arrêterait comme celle-ci les accidents de la cachexie strumiprive. — Drechsel retire du squelette d'un Corail (*Gorgonia Cavolinii*) un acide iodé, renfermant 55 pour 100 d'iode. (Ces deux derniers auteurs, cités d'après Lambling, 1900, *Traité de Pathologie gén. de Bouchard*,

III, 12.) — Enfin, Bourcet (1900, *Thèse*) décèle l'iode, comme nous venons de le voir, et le dose même, chez tous les Mollusques, Crustacés, Poissons et Batraciens qu'il analyse.

Brome.

Le brome n'est pas considéré actuellement comme faisant partie des organismes élevés.

Dans le milieu vital. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans l'œuf et dans le lait. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans les tissus. — Baldi (1898), partant des travaux de Baumann sur l'iode et se basant sur la parenté du brome, recherche le brome à l'aide du procédé précis de Baubigny dans la glande thyroïde d'animaux sains. Il l'y découvre. Pas d'autres détails. — Paderi (1898), utilisant également la méthode de Baubigny pour le brome et celle de Stadeler pour l'iode, signale le brome dans la glande thyroïde en quantité moindre que l'iode. Le brome et l'iode sont encore présents dans le système nerveux central, — et le brome seul dans la glande pituitaire, sans iode. Nous ne possédons pas malheureusement le travail original de Paderi, dont nous n'avons connaissance que par un compte rendu très bref de la *Riforma medica*. — Bourcet (1900; *C. R.*) signale le brome, en proportion égale à celle de l'iode, dans la peau, les poils, les cheveux et les ongles. Pour 1000 grammes de matière, les cheveux et les ongles contiendraient donc environ 0,002 5 et 0,001 7 gr. de brome.

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Grange (1852) signale non seulement l'iode à l'état constant dans l'urine normale, mais le brome, qui s'y trouve même en proportion beaucoup plus considérable. Il n'effectue aucun dosage, mais ses analyses sont nombreuses. — Rabuteau (1868) qui ignore ce travail, le confirme d'une façon complète. A la suite d'expériences conduites pendant des mois sur le Chien normal et sur l'Homme normal, il donne le brome comme ***constant*** dans l'urine, pourvu qu'on opère sur une quantité suffisante de liquide (300 ou 400 cc.). C'est dans ce même travail qu'il observe la légère coloration violette de l'iode avant la coloration foncée du brome, quand

l'évaporation avait porté sur une grande quantité d'urine. Les deux travaux de GRANGE et de RABUTEAU concordent donc, non seulement quant à la présence du brome, d'une façon constante, dans l'urine normale, mais sur sa proportion relativement forte, supérieure à celle de l'iode. — BOURCET (1900, *C. R.*) donne la sueur comme contenant une « forte proportion » de brome, égale à peu près à celle de l'iode.

DANS LES ALIMENTS. — Les végétaux, d'après MARCHAND (1854), dépouilleraient les eaux de pluie du brome qu'elles contiennent.

DANS LA SÉRIE ANIMALE. — Présent dans l'Éponge : bromures alcalins, 0,75 pour 100 des cendres (WURTZ, *Diction.*) ; — dans la coquille de l'Huître : brome, 0,005 pour 100 des cendres (CHATIN et MUNTZ, 1895) ; — dans le suc gastrique de la Raie (Poisson Sélacien) à l'état de bromure (RABUTEAU et PAPILLON, 1873). — Enfin, BOURCET (1900, *Thèse*, Paris, p. 80) décèle nettement le brome chez tous les animaux marins qu'il analyse (Vertébrés et Invertébrés).

Ces travaux sur le brome sont en définitive peu nombreux. Toutefois, étant donnée la parenté intime du chlore, de l'iode et du brome, la présence du chlore et de l'iode dans l'organisme devait entraîner déjà celle du brome. Les analyses qui précèdent mettent cette présence hors de doute. Bien mieux, d'après les travaux de GRANGE et de RABUTEAU, le taux du brome dans l'économie serait plus élevé que celui de l'iode, comme il l'est, en effet, dans l'eau de mer.

Des recherches sur le brome organique s'imposent. Elles semblent devoir aboutir à des découvertes semblables à celle de BAUMANN sur l'iode. Le rôle thérapeutique du brome accuse assez son importance biologique. Il en est de même au reste, d'une façon générale, de chacun des corps rares étudiés dans ces pages.

Manganèse.

Grâce aux récents travaux de GABRIEL BERTRAND (1897), il n'est plus possible aujourd'hui de nier le rôle vital du manganèse. Il est, pour le végétal (ainsi que pour l'animal, d'après les travaux de GRIFFITHS et de PORTIER), le métal d'action de certaines oxydases. Or, de tous les corps rares dont nous avons à nous occuper ici, le manganèse est celui qui, depuis soixante-dix ans, a été le plus de fois reconnu dans l'économie et qui, en même temps, y a été le plus nié, sans autres raisons que des raisons préconçues. Son histoire est donc instructive pour le sujet qui nous occupe, en ce qu'elle montre toutes les objections qu'on peut élever contre la présence d'un corps, que les analyses révèlent avec certitude dans l'organisme, mais qu'on se refuse *a priori* à y admettre. Sans doute, le rôle physiologique d'un élément est important à connaître ; mais on

peut mesurer aujourd'hui toute l'erreur que commettaient les biologistes, il y a seulement quelques années, quand ils rejetaient de la constitution organique l'iode et le manganèse, parce que leur rôle physiologique était inconnu.

Nous rappelions tout à l'heure l'opinion des meilleurs auteurs sur l'iode. Au sujet du manganèse, LAMBLING (1892, p. 55), écrit: « De petites quantités de manganèse accompagnent souvent le fer dans les végétaux et les animaux; mais aucune signification physiologique ne peut lui être reconnue »; et BUNGE (1891, *Chim. biol.*, p. 26): « Le manganèse est contenu en quantité notable dans les cendres de quelques végétaux, sans cependant qu'on lui connaisse un rôle quelconque dans l'activité vitale. En quantités minimes, ce métal est très répandu dans le règne végétal; parfois on le rencontre aussi chez l'animal... mais nous ne pouvons le considérer comme faisant partie intégrante de l'organisme. » La plupart des auteurs expliquaient la présence du manganèse dans l'économie par sa parenté intime avec le fer, qui l'y introduit, disaient-ils, avec lui. Le manganèse était ainsi entraîné par la force des choses dans le cycle vital, où il ne jouait aucun rôle. Ces opinions offrent un intérêt primordial pour la suite de ce travail. On pourrait être tenté, en effet, pour les corps qui suivent (zinc, plomb, etc.) de nier leur existence organique, malgré l'analyse chimique qui l'atteste, sous prétexte que leur rôle biologique n'apparaît pas. Or, 1° ce rôle, s'il existe, est à trouver; les rôles cellulaires du fluor, du silicium, du magnésium lui-même (au moins chez l'animal), n'apparaissent pas davantage, sans qu'on puisse nier cependant leur existence organique; 2° rien n'exige dans l'état actuel des connaissances, qu'un corps, présent dans le *milieu vital*, joue ailleurs un rôle diastasique ou intra-cellulaire. Aucun rôle de ce genre n'est reconnu, par exemple, au chlorure de sodium, sel constitutif pourtant du milieu vital.

Tout corps, décelé sans conteste, d'une façon constante, dans l'organisme normal, y devra donc être considéré comme corps constitutif jusqu'à preuve valable du contraire, et sans qu'il soit aucunement nécessaire de connaître son rôle physiologique.

DANS LE MILIEU VITAL (ET LE SANG TOTAL). — WURZER (1830 et 1839) signale la présence du manganèse dans le sang total; MARCHESSAUX (1844) la constate également. Aucun dosage. (Ces deux auteurs cités d'après A. Riche, 1878.)

MILLON (1848) effectue le premier dosage: 100 parties du résidu insoluble laissé par les cendres du sang total de l'Homme contiennent 10 à 24 parties de manganèse. MELSENS (1848) attaque ces résultats et nie la présence du manganèse dans le sang normal. WURZER (1849), revenant sur ses premiers travaux, la maintient; HANNON (1848-1849-1850) également; pour lui, le manganèse joue dans l'organisme le même rôle que le fer; les chloroses, rebelles au traitement ferrugineux, cèdent au traitement manganésien. MARTIN LAUZER (1849), PÉTREQUIN (1849-1852) soutiennent la même opinion.

Pétrequin et Burin-du-Buisson montrent le parallélisme du fer et du manganèse dans le sang total et leur chute commune dans la chlorose.

Pour 1000 grammes de sang.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.
Homme pléthorique.	1gr,560	0gr,071
Sang normal.	1gr,22	0gr,06
Femme chlorotique..	0gr,050	0gr,025

Deschamps, Kramer (1852) reconnaissent encore le manganèse dans le sang. Glénard (1855) ne le rencontre qu'une seule fois sur quarante et nie sa présence. Pollaci (1870) la constate encore.

Alf. Riche (1878) publie un travail important. Il recherche le manganèse et le fer par deux procédés, celui de Millon, et le sien, qu'il décrit. Il soumet ses analyses à un contrôle étroit, en ajoutant à divers sangs déjà analysés une quantité connue de manganèse, qu'il retrouve en excès dans une seconde analyse. Les précautions les plus minutieuses sont prises pour ne pas introduire de manganèse avec les réactifs ou avec les vases. Ses résultats sont, pour le sang total de divers animaux :

ESPÈCES	Poids du sang employé pour l'analyse.	Teneur pour 1000 grammes de sang	
		Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.
	gr.	gr.	gr.
Bœuf.	500	0,855	0,0015
—	750	0,708	0,0005
—	1508	0,665	0,0005
Mouton.	500	0,675	0,0021
—	750	0,602	0,0010
—	1410	0,479	0,0005
Porc	1255	0,667	0,0015
Cheval	1375	0,476	0,0015
Femme.	250	»	traces.
—	250	»	0,002

Le manganèse est ainsi constant.

Aussitôt d'ailleurs, Riche, à la suite de son travail si précis, conclut à la non existence du manganèse organique : « J'ai établi que la proportion du manganèse qui existe dans le sang est tellement minime qu'il ne peut pas être envisagé comme un de ses éléments essentiels. » Sa présence dans le sang résulterait simplement de sa présence dans « *la plupart des substances alimentaires*.... Le composé manganésien passe des aliments dans le corps, et on a, en effet, signalé sa présence dans le suc gastrique et dans les os. C'est au même titre qu'il existe dans le sang à doses si

faibles. S'il y jouait un rôle essentiel, *il s'y concentrerait à la longue.* Or, comme cette accumulation ne paraît pas avoir lieu, il y a lieu de penser qu'il n'est là qu'un corps *étranger, accidentel,* et il nous paraît aussi peu rationnel d'admettre qu'il est nécessaire à la constitution du sang que de prétendre qu'il est indispensable à la formation des os, parce qu'on en rencontre des traces dans leur tissu. »

Maumené (1884) rencontre encore le manganèse dans le sang total du Bœuf. 100 grammes de sang suffisent à lui en donner des « traces très appréciables ». Par contre, il ne parvient à en déceler ni dans le caillot, ni dans le sérum de 160 grammes de sang d'une Femme en couches. — Enderlin et Henneberg (*in* Colin, 1888, II, 620) le rencontrent dans le sang de l'Oiseau. — Pichard (1898) le constate de nouveau dans le sang total du Porc.

Dans l'oeuf et dans le lait. — Présent dans le lait (Berzélius, in *Diction. encycl. Sc. méd.*, article Manganèse.) — Pollaci (1870) l'y signale de nouveau, à un taux supérieur à celui du sang.

Alf. Richie (1878), tentant de l'y doser, arrive à un résultat contraire. 967 grammes de lait de Vache lui donnent une teneur de manganèse inférieure à 0,000 07. Il est vrai qu'ayant ajouté comme contrôle 0,001 1 d'oxyde de manganèse, il n'en retrouve dans une seconde analyse que moins de 0,001 et plus de 0,000 5. Le procédé semble donc donner des chiffres un peu faibles. Le lait d'Anesse lui donne des traces seulement; ceux de Chèvre et de Femme, des réactions de colorations inférieures respectivement à 0,000 02 et 0,000 07. Notons d'ailleurs que ces chiffres faibles sont plausibles. On sait par les travaux de Bunge la pauvreté du lait en fer, pauvreté qui correspondrait à une réserve dans le foie du nouveau-né. S'il est exact que le manganèse remplit un rôle analogue à celui du fer, sa rareté relative dans le lait n'a rien qui doive surprendre. — Maumené (1884) le décèle encore dans le lait, à une dose, dit-il, « presque nulle ».

Pichard (1898) le découvre dans l'œuf, à des doses notables, supérieures à celles de la chair et du squelette. Il voit là un phénomène semblable à celui qu'il constate chez les végétaux: la prédominance du manganèse dans le grain, c'est-à-dire dans la partie du végétal chargée d'assurer une nutrition intensive. On sait qu'il en est de même pour les phosphates (tous les auteurs classiques, A. Gautier, Dehérain, etc.). Le rôle de premier ordre du manganèse pouvait ainsi se prévoir de ce simple fait.

Dans les tissus. — Présent dans les poils, dans les cheveux, dans l'épiderme, dans les os (Vauquelin, Fourcroy, Gmelin, Berzélius, Burdach, de Bibra, Marchand, — in *Dict. des Sc. méd.*, article Manganèse.) — Maumené (1884) confirme cette présence dans les cheveux et dans le suint de Mouton, où il la donne comme constante. — Pichard (1898) rencontre encore le manganèse dans les os, les cheveux, les poils de barbe, ainsi que dans la viande de Bœuf et les cendres de la Sardine fraîche. — Diverses analyses le dosent dans le foie et la rate. 100 parties de cendres contiennent d'après Gorup Besanez (1880, II, 224) = foie, 0,1; rate = 0,08, 0,05 d'oxyde de manganèse. — Balland (1900) donne le manganèse à l'état de traces dans le poumon de l'Ane, du Cheval, du Mulet, du Bœuf, du Veau, du Chevreau, du Lapin, du Mouton. — Gaube (1897, p. 304) évalue d'une façon générale la teneur en manganèse de l'organisme total de l'Homme, à 0,00162 pour 1000; la teneur en fer étant: 0,0045.

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Présent dans le suc gastrique (Berzélius, Gmelin, — in *Dict. Méd. et Chir. Jaccoud*, article Manganèse). — Présent dans l'urine de l'Homme (Turner), du Bœuf (Sprengel, Bibra; *même origine*). Présent à l'état de trace dans les pellicules épidermiques et les quelques poils provenant du pansage du Cheval (Valentin, *in* Barral, 1850, p. 126). Maumené (1884) le constate encore dans l'urine à des doses qui lui paraissent très supérieures à celles du lait.

Dans les aliments (et en général dans toute la série végétale).— Présent dans les aliments d'origine animale, comme on vient de voir (œufs, lait, viande de Bœuf, foie, rate; Sardines, etc.)

Présent également, et dans de bien plus grandes proportions, dans les aliments d'origine végétale. Leclerc (d'après Maumené, 1884) avait déjà découvert le manganèse dans les racines des plants de vigne d'Ay et dans les cendres du marc. — Maumené (1884) le dose dans 34 vins d'Europe et d'Afrique. Leur teneur en manganèse métallique, déjà élevée (0,0001 à 0,002 par litre), est encore dépassée par celle du Blé, atteignant 0,07 et 0,2 pour 1000. Le Seigle, le Riz, l'Orge, le Sarrasin, la Betterave, la Carotte, la Lentille, le Pois, l'Oseille en renferment également beaucoup; la Pomme de terre, la Laitue, les fruits (Pomme, Raisin), moins; le Cacao en contient de grandes quantités; le

Café, de plus grandes ; le Thé, davantage encore. — 1000 grammes de Thé laissent 50 à 60 grammes de cendres, dont 5 grammes de manganèse métallique. L'infusion aqueuse en renferme la plus grande partie ; celle du Café au contraire n'en contient que le tiers, les deux autres tiers restant dans le marc.

Il est curieux d'assister au *flottement* de MAUMENÉ, quant à l'opinion qu'il doit professer à l'égard du manganèse. Cette présence si fréquente et si élevée ne pouvait le pousser, semble-t-il, qu'à considérer le manganèse comme un des corps primordiaux de la vie. Dans les *Comptes rendus* de 1884 (*98*, p. 1056), il déclare, en effet, son rôle comme lui semblant « plus important peut-être que celui du fer, dans la vie de l'Homme et des animaux. » Mais, page *1416*, il se rétracte. Le manganèse ne lui paraît plus qu'un accident dans l'organisme, entraîné qu'il s'y trouve par l'alimentation, comme il lui avait déjà paru un accident dans le vin, — dû simplement au sol riche en manganèse. Se basant uniquement sur la faible teneur en manganèse de l'organisme animal par rapport à la teneur en manganèse des aliments, il s'exprime ainsi : « On doit considérer le manganèse comme un accident parmi nos éléments constitutifs, nous le rejetons nettement du liquide vital.... Le manganèse est un intrus dont le sang peut tolérer des traces, mais les rejette sans cesse, parce que le métal deviendrait nuisible s'il parvenait à s'accumuler ou seulement à s'y maintenir. » Chacun de ces mots est gratuit. Retenons-les, afin de ne pas être tenté de les reprendre sous une autre forme à l'endroit des corps qui vont suivre.

G. GUÉRIN (1897) retire du tissu ligneux un composé organique azoté, dépourvu de fer, mais riche en manganèse :

C	52,762
H	5,04
Az.	4,6
S	0,666
P.	1,297
Mn	0,402

PICHARD (1898) rencontre le manganèse dans les familles végétales suivantes :

CHAMPIGNONS.
MOUSSES.
FILICINÉES.
CONIFÈRES.
GRAMINÉES. — Herbe de prairie ; Froment ; Orge ; Avoine ; Maïs.
LILIACÉES. — Poireau, Asperge.
URTICACÉES. — Houblon.
POLYGONÉES. — Sarrasin.
CRUCIFÈRES. — Navet, Sauve, Chou.
LÉGUMINEUSES. — Haricot, Luzerne, Sainfoin.
ROSACÉES. — Fraisier, Prunier, Pommier.
AMPÉLIDÉES. — Raisin ; pousses de Vigne.

OMBELLIFÈRES. — Carotte.
SOLANÉES. — Tabac, Pomme de terre.
PLANTAGENÉES. — Plantin vulgaire.
RUBIACÉES. — Café.

De ces recherches et de ses autres sur le manganèse animal, il conclut à la diffusion universelle de ce métal dans le règne végétal et dans le règne animal. Il ajoute : « Le manganèse paraît se concentrer dans les parties de la plante en activité végétative, dans les feuilles, les jeunes pousses. Ce sont surtout les grains des plantes phanérogames qui en sont très chargés : Froment, Orge, Avoine, Maïs, Haricot, Sarrasin, Chènevis, Café, Figue, Prune, Raisin, Pomme, ou encore des bourgeons charnus, comme la Pomme de terre. Ce fait, rapproché de la présence en quantité considérable du manganèse dans les Hyménomycètes, à développement très rapide, nous porte à signaler le rôle physiologique que peut remplir le manganèse, surtout au début de la vie de la plante, germination et premier développement. »[1].

Le travail capital de GABRIEL BERTRAND, dont nous parlions au début, date d'ailleurs de l'année précédente (1897). Au cours de ses recherches sur la laccase, ferment soluble oxydant qu'il retire d'abord de l'arbre à laque et ensuite d'une foule de végétaux, BERTRAND est amené à étudier les sels de la laccase. Ceux-ci, pour la laccase de l'arbre à laque, contiennent 2,5 pour 100 de leur poids, en manganèse. Cette teneur élevée offrait d'autant plus d'intérêt que les propriétés oxydantes des sels manganeux sont connues. En soumettant une solution aqueuse de cette laccase à une précipitation fractionnée par l'alcool, BERTRAND obtient deux nouveaux échantillons d'une richesse inégale en manganèse. Ces trois échantillons lui montrent un pouvoir oxydant, parallèle à cette richesse.

	Oxygène absorbé.	Manganèse pour 100.
Échantillon n° 1.	10cc,1	0,159
— n° 2.	15cc,5	0,126
— n° 3.	10cc,6	0,098

Poussant plus loin ses recherches, il retire de la Luzerne une laccase extrêmement pauvre en manganèse (moins de $\frac{1}{5000}$).

1. GRIFFITHS (1900) confirme le travail de PICHARD. Il trouve et dose le manganèse dans toutes les plantes où il le recherche (Salsepareille, Hydrastis, Cardamome, Chêne, Ratanhia, Belladone).

Elle se montre très peu active. Il l'additionne alors d'un sel de manganèse (sulfate). Le mélange offre aussitôt une activité remarquable. C'est ainsi que l'oxygène absorbé se chiffre comparativement par les nombres suivants :

1° Avec le manganèse seul (expérience témoin). .	$0^{cc},5$
2° Avec la laccase de la luzerne, seule	$0^{cc},2$
3° Avec le mélange	$6^{cc},5$

Aucun autre métal à propriétés oxydantes, pas même le fer, ne peut remplacer le manganèse. Le manganèse se révèle ainsi l'agent exclusif, dans tout un groupe vivant, d'une des fonctions les plus importantes de la vie. Ainsi s'explique la richesse particulière en laccase, comme BERTRAND le constate, de tous les organes végétaux en voie de développement rapide, où les actes respiratoires sont actifs, constatation confirmée, comme on l'a vu, par les recherches de PICHARD (1898).

DANS LA SÉRIE ANIMALE. — Travail également capital de GRIFFITHS (1892), qui paraît avoir échappé à tous les auteurs. Le sang du Mollusque Lamellibranche marin *Pinna squamosa* est un liquide blanc qui, à l'air, devient brunâtre. GRIFFITHS extrait de ce sang une matière globuline, qui possède les mêmes propriétés d'oxygénation et de désoxygénation que l'hémoglobine et l'hémocyanine, et qu'il nomme provisoirement *pinnaglobine*. Comme l'hémoglobine et l'hémocyanine, elle existe sous deux états : oxypinnaglobine et pinnaglobine réduite (dénuée d'oxygène actif). A 0° et 760^{mm}, 100^{gr} de pinnaglobine absorbent 162^{cc} d'oxygène. Or, le métal actif de cette nouvelle matière respiratoire n'est ni le fer, comme pour l'hémoglobine, ni le cuivre, comme pour l'hémocyanine, ***mais le manganèse***, ainsi que l'établit l'analyse.

Moyenne de 6 analyses de pinnaglobine :

C	55,07
H	6,24
Az.	16,24
Mn	0,35
S	0,81
O	21,29
	100,00

Étendant les travaux de G. BERTRAND au règne animal, ABELOUS et BIARNÈS (1897) démontrent la présence d'oxydases dans le foie et dans les branchies des Crustacés, dans les tissus des

Mammifères. Mais le métal d'action de ces oxydases est-il le manganèse? — Piéri et Portier (1897) établissent la présence de ces oxydases à travers toute la série animale : Hydrozoaires, Scyphozoaires, Échinodermes, Vers, Mollusques, Crustacés, Insectes, Tuniciers, Mammifères. — Portier, dans sa thèse (1897, page 15), renouvelle l'expérience manganésienne de Bertrand, sur l'oxydase d'*Artemis exoleta* (Mollusque Lamellibranche). L'addition de sulfate de manganèse élève fortement la puissance oxydante de celle-ci. Cette élévation ne peut être attribuée à la présence seule du sel manganeux. La même quantité de sel ajoutée au même liquide, mais précédemment bouilli (pour la destruction de l'oxydase), « ne donnait qu'une liqueur à peu près indifférente vis-à-vis des réactifs des ferments oxydants ». Le manganèse est donc là le métal d'action de l'oxydase animale.

On voit l'importance organique du manganèse s'affirmer peu à peu au cours de ces derniers travaux, et quelle imprudence il y avait à nier sa présence dans l'économie, en face de tant d'analyses positives, par la seule raison qu'on ignorait encore un des rôles qu'il y pouvait jouer.

Cuivre.

La présence du cuivre n'est pas admise par les classiques dans l'organisme normal, du moins chez les Vertébrés. Un grand nombre de travaux, comme on va voir, l'ont cependant démontrée. Deux objections leur ont été toujours faites : la première, que le cuivre décelé provenait non des organes, mais des instruments servant à l'analyse : becs, fourneaux, robinets, bain-marie, réactifs, etc., ou encore des poussières en suspension dans l'atmosphère (Béchamp, 1860) ; la seconde, quand la première n'était pas valable, que le cuivre décelé (chez l'Homme) n'était pas un cuivre normal, mais accidentel, provenant des instruments de cuisine, mélangé ainsi aux aliments et retenu par le foie. La véritable objection était plus confuse et profonde. On se refusait à admettre dans l'organisme un nouveau corps constituant, réputé d'ailleurs comme toxique, et dont rien ne faisait prévoir l'utilité, encore moins la nécessité. L'exposé des travaux qui suit met hors de doute chez les animaux les plus élevés l'existence du cuivre organique. Le travail très net de Clöez (1877) décelant à deux reprises le cuivre dans le sang du Chevreuil sauvage, réduit à néant l'objection de l'introduction du cuivre par l'emploi des instruments de cuisine. Le travail de Bergeron et L'Hote (1875), le décelant avec constance non seulement chez l'Homme normal, mais chez le fœtus n'est pas moins typique. Les travaux de Harless (1847), Bibra, Forchhammer (1865), Raphael Dubois (1900), Diéré (1900), le décelan à travers toute la série animale, établissent la généralité du phénomène. Enfin la découverte de l'hémocyanine par Frédéricq (1878) et la connaissance de sa valeur respiratoire assignent déjà au cuivre un rôle physiologique certain.

Montrons pour le cuivre, comme nous venons de le faire pour le manganèse, comment une idée préconçue peut tenir lieu d'argument, et l'absence de logique dont peut s'accommoder une négation dogmatique. Gorup Besanez (1880, *Chim. phys.*, I, 140-141) fait remarquer l'intérêt de la présence du cuivre chez de jeunes animaux, tels que : *Anas Boschas*, *Milvus regalis*. Il donne le cuivre comme existant dans le sang des Écrevisses, des Poulpes, des Seiches, des Limaces, de l'Escargot, des Moules, de *Limulus cyclops*. Il est obligé de l'admettre chez l'Oiseau Touraco. Il semble qu'une présence aussi générale, dans des groupes si divers de la série animale (Mollusques, Arthropodes, Vertébrés), va le pousser à la supposer plus générale encore, au moins dans les groupes où elle se trouve déjà établie. Or, malgré l'analyse qui l'atteste, non seulement dans des tissus, mais dans des matières aussi spéciales que l'œuf ou le lait, il la nie chez le Mammifère, chez l'Oiseau, chez l'Homme. « On a constaté à plusieurs reprises la présence de petites quantités de cuivre dans le sang, dans la bile, dans le foie de l'Homme, dans les œufs de la Poule, dans le lait, et enfin dans les calculs biliaires. Ces déterminations semblent, néanmoins, n'être que fortuites, et ne peuvent nullement servir à donner une idée de la valeur des composés du cuivre au point de vue physiologique. ***Il est hors de doute*** que les faibles traces de cuivre trouvées chez l'Homme ne peuvent provenir que des aliments ou de l'emploi des instruments de cuisine mal étamés. » — Cette opinion est générale.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Vauquelin (date inconnue, cité par Sarzeau, 1830) rencontre le premier le cuivre dans le sang, mais l'attribue au fait que ce sang avait coagulé dans une bassine en cuivre. — Sarzeau (1830) entourant sa technique de précautions minutieuses, décèle et dose le cuivre dans le sang total du Bœuf. 1000 grammes de sang total lui donnent environ 0,001 gr. de cuivre, exclusivement contenu dans les cendres insolubles. — Chevreul (1832) émettant un doute sur l'origine du métal décelé, Sarzeau (1832) reprend son expérimentation. Par la réaction du chalumeau, il confirme son premier travail.

Millon (1848) trouve pour 100 parties du résidu insoluble laissé par les cendres du sang total de l'Homme 0,5 à 2,5 parties cuivriques. Ce cuivre paraît surtout contenu dans le caillot. 1000 grammes de caillot donnent 0,083 de plomb et de cuivre; 1000 grammes de sérum : 0,003 de ces deux métaux (le plomb paraissant en quantité double du cuivre).

Wackenroder (1853), Odling et Dupré (1856) — ces deux auteurs cités d'après Lehmann, 1895, — indiquent des traces de cuivre dans le sang (total?) de l'Homme.

S. Clöez (1877) trouve une première fois du cuivre dans le sang d'un Chevreuil tué à la chasse. Le but de son analyse

n'ayant pas été le cuivre, aucune des précautions voulues n'avait été prise, et la présence du métal restait douteuse. Il recommence l'expérience sur le sang d'un second Chevreuil, en s'entourant de toutes les précautions nécessaires. 1000 grammes de sang complet lui donnent 0,005 5 d'oxyde de cuivre. Il conclut à la présence constante du cuivre « dans le sang des animaux vivant librement au milieu des bois, loin des établissements où on manipule des préparations cuivriques. » Il attribue d'ailleurs cette présence aux aliments végétaux ou à l'eau bue.

Blasius (*in* Lehmann, 1895), Mach et Portele (1887, *in id.*), Lehmann (1895-1896) trouvent pour 1000 grammes de sang (total?) de divers animaux les proportions suivantes en cuivre :

	Blasius	Mach et Portele	Lehmann
	gr.	gr.	gr.
Bœuf	0,005 6	»	0,000 75
—	»	»	0,000 6
—	»	»	0,001 6
Vache	»	0,000 011	»
—	»	0,000 029	»
—	»	0,000 003	»
Porc	»	»	0,000 75
Pigeon	»	»	0,001

Dans l'œuf et dans le lait. — Gorup Besanez (1880) donne, ainsi qu'on l'a vu dans les lignes qui précèdent, le cuivre comme présent dans l'œuf et dans le lait. Les travaux originaux nous sont inconnus. — Wicke, Galippe, Mach et Portele (*in* Lehmann, 1895), Lehmann (1895-1897) pour le lait de Vache, Blasius (*in id.*), Lehmann (1895-1896-1897) pour les œufs, donnent :

		Cuivre pour 1000 gr.	Auteurs.
Lait de vache		0gr,001 6	Wicke.
		traces	Galippe.
		0gr,000 027	Mach et Portele.
		0gr,000 03	»
		0gr,000 003	»
		0gr,000 25	Lehmann (1895).
		0gr,000 5	Lehmann (1897).
Œufs	Jaune	0gr,005 6	Blasius
	Blanc	0gr,007 2	»
	Jaune	traces à 0gr,002	Lehmann (1895).
	Blanc	0gr,000	»
	Jaune[1]	0gr,001 4	Lehmann (1896).
	Blanc[1]	0gr,000 23	»
	Coquille[1]	0 r,001 88	»

1. Œufs d'une Poule vivant depuis deux ans sur un terrain riche en cuivre.

OEufs.	Jaune.	0gr,0015	LEHMANN (1897).
	Blanc.	0gr,0005	»
	Blanc.	0gr,0003	»

DANS LES TISSUS. — SARZEAU (1832) évalue le cuivre contenu dans la chair du Bœuf, du Veau et du Mouton à 0,001 gr. pour 1000 environ (chairs pesées dans balance en bois, réactifs purs, etc., méthode du chalumeau).

DEVERGIE et HERVY (1838), médecins légistes, recherchent si le cuivre n'existe pas dans le tube digestif de l'Homme, hors du cas d'empoisonnement. Ils opèrent sur l'estomac et l'intestin d'Hommes et de Femmes de divers âges, les uns morts subitement, les autres par suspension, les autres de maladie, ainsi que sur des enfants de 15 ans, de 20 mois, de 20 jours, d'un jour. Dans tous les cas, ils décèlent le cuivre en quantité variable. DEVERGIE (1840, *in* Lehmann, 1895), l'évalue à 0,001 6 pour 1000 dans le rein de l'Homme.

BARSE (1843) obtient du cuivre à l'état métallique sur deux cadavres, l'un « provenant d'un malade soumis depuis trois mois à un traitement palliatif pour une affection du poumon », l'autre provenant d'un sujet ayant séjourné trois heures seulement à l'hôpital. Il conclut à la présence du cuivre, dans le corps de l'Homme, en dehors du cas d'empoisonnement.

ROSSIGNON (1843) envoie à l'Académie des Sciences une note non insérée : « Sur le cuivre contenu dans les tissus organisés d'un grand nombre de végétaux et d'animaux, pour servir à confirmer l'existence du cuivre dans le corps humain à l'état normal. »

DANGER et FLANDIN (1844) la mettent en doute. L'analyse chimique directe ne la leur révèle pas. En outre, ils font ingérer à un Chien, par jour et pendant 14 mois, 0,20 gr. de sulfate de cuivre dissous, mélangé aux aliments (dose qui ne détermine d'ailleurs aucun accident). Jamais ils n'arrivent à déceler le cuivre dans l'urine. (Il est juste de dire que leur procédé ne leur permet d'apprécier que le cent millième, soit 0,01 pour 1000). L'animal sacrifié, le foie seul donne des traces faibles de cuivre; le cœur, le poumon, le cerveau, les reins, l'urine, la chair musculaire ne donnent rien.

DEVERGIE (1844) déclare que si DANGER et FLANDIN nient l'existence du cuivre chez l'Homme, « c'est qu'ils se servent pour le rechercher d'un procédé qui ne le met pas à nu. » Il ajoute que sa présence dans nos organes coïncide avec sa présence dans un grand nombre de végétaux.

Barse, Lanaux et Follin (1844) constatent de nouveau la présence du cuivre dans le foie et le canal intestinal de l'Homme.

Orfila (1847, *in* Deschamps, 1848) maintient, « à la suite de nombreuses expériences faites depuis huit ans », que le cuivre physiologique existe constamment dans le foie de l'Homme et probablement dans les autres tissus de l'économie animale.

Cattanel di Momo et Platter (*in* Deschamps, 1848) n'en trouvent dans aucun organe d'enfants, âgés de 2 à 25 jours.

Deschamps (1848) donne le cuivre comme enlevé en partie au sol par les végétaux, origine première de son existence animale (voir plus loin). Il provient aussi chez l'Homme des ustensiles de cuisine.

Béchamp (1860), dans 29 foies qu'il incinère, ne met à nu le cuivre que 18 fois. Il critique les travaux antérieurs, met en garde contre le cuivre qu'on introduit par les réactifs ou qui tombe avec les poussières pendant les manipulations, et nie la présence normale du cuivre dans l'organisme.

D'après Church (date inconnue, *in* Gorup Besanez, 1880, I, 141), un pigment rouge de l'aile de quatre espèces de Touracos (Oiseau du Cap) renferme 5,9 pour 100 de cuivre.

Odling et Dupré (1856, *in* Lehmann, 1895) en indiquent des traces dans les muscles de l'Homme, et l'évaluent respectivement à 0,0015, 0,0065 et 0,0356 pour 1000 dans le foie, le rein de l'Homme et le foie de Brebis.

Oidtmann (*in* Gorup Besanez, 1880, II, 224) dose le cuivre dans le foie et dans la rate. 100 parties de cendres contiennent : foie, 0,05 ; rate, 0,06 et 0,04 d'oxyde de cuivre.

Devergie (1859, *in* Chassevant, 1900, *Dict. physiol. Richet*, article *Cuivre*) donne pour l'Homme :

	Cuivre pour 1000.
Estomac, enfant 8 ans	0,005 »
Canal intestinal, enfant 14 ans	0,050 »
Tube digestif, Femme	0,066 à 0,071
Intestin, Homme	0,037 à 0,040

Nous arrivons enfin aux travaux récents, effectués avec toutes les précautions voulues, afin d'éviter l'introduction accidentelle du cuivre au cours de l'analyse.

Bergeron et L'Hote (1875) opèrent dans une chambre sans cuivre ; leurs fourneaux à gaz, leurs robinets, leur bain-marie sont en fer. Leurs réactifs, leur papier à filtre, leur eau distillée

sont essayés à blanc dans cette même chambre. Les quatorze cadavres d'Homme et de Femme, sur lesquels ils opèrent, sont placés sur des tables de bois. Les organes sont reçus dans des bocaux sans cuivre. L'origine des cadavres est connue. — Dans 800 grammes ou 1000 grammes de foie et de rein, ils constatent invariablement la présence du cuivre. Chez deux individus seulement, ils ne peuvent le doser. Chez les douze autres, il oscille entre 0,0007 et 0,0015. Ils le recherchent encore chez six fœtus et le découvrent dans le foie de chacun d'eux. (Ils l'attribuent d'ailleurs à la vaisselle de cuivre, aux aliments, etc.).

Raoult et Breton (1877). — Mêmes précautions : fourneaux à gaz entièrement en fonte, préalablement frottés et nettoyés par eux-mêmes; évaporations et incinérations effectuées dans des capsules en porcelaine, sous un hangar, dans une cour, loin du laboratoire; analyses faites dans le laboratoire, où l'on s'abstient pendant ce temps de balayer, d'introduire des sels de cuivre, d'allumer des becs Bunsen en cuivre. — Le cuivre est invariablement constaté. — Résultats :

SUJET	Cause de la mort.	Organes.	Teneur en cuivre pour 1000 gr. d'organe frais.
Homme	Noyé.	Intestins.	traces.
—	Opération de la taille.	Foie.	0gr,005
—	Phtisie.	—	0gr,015
Jeune Femme	?	—	0gr,007
Vieillard	?	—	0gr,010

Ils expliquent pourquoi certains toxicologistes ne trouvent pas le cuivre, « qui reste obstinément dans le charbon sulfurique, malgré les lavages prolongés avec l'acide azotique chaud. Pour mettre ce métal en évidence, il est nécessaire d'incinérer le charbon, ce que tous les expérimentateurs ne font pas. »

Giunti (1877, *in* Lehmann, 1895) donne pour la Chauve-souris et le Hérisson entiers[1] :

	Cuivre pour 1000.
Chauve-souris	0,014
Hérisson	0,005 8 à 0,005 5

1. Le procédé de recherche de Giunti est peut-être sujet à caution. Lehmann (1895) relève une teneur de 0,156 pour 1000, donnée par Giunti pour *Helix pisana*, et qui paraît être manifestement inexacte. Lehmann ne trouve que des valeurs de 0,004 à 0,012.

Enfin LEHMANN (1895, 1896, 1897) trouve (voir pour son procédé de recherche : 1895, ***24***, 1-18, — 1897, ***30***, 250-260) :

	Cuivre pour 1000.
HOMME.	
Rein	0,0012 à 0,0028
Foie	0,0025 à 0,005
Rate	0,0024
Thyroïde	0,00015
Cœur	0,004
BOEUF.	
Rein	0,004 à 0,007
Foie	0,0028 à 0,059
Rate	0,003
Muscle	0,0044
MOUTON.	
Rein	0,0038
Foie	0,018 à 0,018
LAPIN.	
Rein	0,0022 à 0,008
Foie	0,0028 à 0,012
CHIEN.	
Rein	0,0054
Foie	0,010 à 0,0112
CHAT.	
Rein	0,005
Foie	0,0069 à 0,012
PIGEON.	
Vidé et plumé	0,00105 à 0,0028
Foie	0,0055
Plumes	0,0076 à 0,010
POULE[1].	
Rein	0,00714
Foie	0,00512
Cœur	0,01666
Estomac	0,00435
Muscles	0,0024
Os	0,00212
Plumes	0,010

(Pour les quelques dosages, non rapportés dans ces pages, de SCHWARZENBACH, ULEX, BLASIUS, LEMBRECH, GUINARD, WIBEL (Homme), BLASIUS (Porc, Bœuf, Veau, Canard sauvage, Milan), voir tables de LEHMANN, 1895, p. 52-41).

DANS LA MATIÈRE SÉCRÉTÉE OU EXCRÉTÉE. — GORUP BESANEZ (1880) donne le cuivre comme présent dans la bile. Travail original inconnu. — LEHMANN (1895, 1896) dose le cuivre dans la bile du Bœuf, — teneur : 0,0002 à 0,0034 pour 1000, — dans les excréments de Brebis : 0,0125.

DANS LES ALIMENTS. — 1° De la série animale : voir pages précédentes et suivantes. 2° De la série végétale : voir pages suivantes. — Pour le pain, rapportons seulement les dosages de GALIPPE (1883).

		Cuivre pour 1000.
Pains	de l'Assistance publique	0,0047
	de munition	0,0048
	de ville	0,0044
	de gruau	0,0042
	de seigle	0,0024

LEHMANN (1895) calcule la quantité de cuivre contenue dans

1. Poule nourrie depuis deux ans sur un terrain riche en cuivre.

un type d'alimentation d'Homme pour vingt-quatre heures :

		Cuivre.
Déjeuner du matin	50 gr. cacao + 500 gr. lait	0gr,002
	200 gr. pain	0gr,001 6
Déjeuner et dîner	12 Huîtres	0gr,005 6
	800 gr. foie de Veau	0gr,040
	400 gr. pommes de terre et légumes.	0gr,001
	600 gr. pain.	0gr,004 8
		0gr,055

Dans la série végétale. — Gahn (date inconnue, — cité par Sarzeau, 1830) met déjà en évidence par le chalumeau le cuivre contenu dans un quart de feuille de papier. — Vauquelin (*id*), dans une analyse de plante, se trouve en présence de cuivre, mais ne signale même pas le fait, « tant la présence de ce métal dans les végétaux lui semblait extraordinaire ». — John (1816), Bucholz (1817), cités par Lehmann (1895), rencontrent également le cuivre chez le végétal. — Meissner (1817, cité par Deschamps, 1848) constate le premier son existence, d'une façon systématique, dans un grand nombre de plantes, mais la quantité en est si faible qu'il ne peut l'évaluer. — Sarzeau (1850) dose le premier le cuivre végétal, à l'aide d'un procédé qu'il décrit.

	Cuivre pour 1000 gr. de matière fraîche.
Quinquina.	0gr,005
Garance.	0gr,005
Café.	0gr,008
Froment (localisé surtout dans le son).	0gr,004 6
Farine de Froment	0gr,000 66

Chevreul (1832) élevant des doutes sur la méthode, Sarzeau (1832) reprend, confirme et étend son travail. Sa technique soumise à un contrôle étroit (pureté des réactifs, suppression des filtres, etc.), il décèle le cuivre d'une façon constante chez les végétaux suivants : Genêt, Aunée, Lierre, Café, Quinquina, Lin, Opium, Pavot, Garance, son de Froment, Douce-amère, Sureau, Menthe, Oseille, Digitale, Sauge, Ortie, Romaine, Guimauve, etc. (les espèces rangées selon leur teneur décroissante en cuivre). Au contraire, la Vigne, la Pomme de terre (tige), poussées sur le même terrain où cultivait l'Oseille, ne font pas

voir la réaction cuivrique. — Boutigny (1853, cité par Deschamps, 1848) analyse le Blé, la Vigne et le Pommier. Il n'y trouve le cuivre qu'autant que le terrain de culture a reçu des engrais cuivriques (noir animal, boues des rues). — Deschamps (1848) exécute quatre dosages :

Riz.	0gr,0063	pour 1000
Pomme de terre	0gr,00284	—
Fécule de Pomme de terre.	0gr,0008	—
Froment	0gr,004	—

Recherchant l'origine du cuivre, il constate sa présence dans tous les terrains sédimentaires et les roches qu'il analyse (terrains de la formation néocomienne, de la formation de Paris, d'Avallon, de Vassy; roches arkoriennes, calcaire de l'infralias, etc). — Donny (1858) dose le cuivre contenu dans les farines de Froment :

Fleur de farine de Froment (1re qualité). . .	0,00165 pour 1000
Farine de Seigle.	0,0032 —

Grandeau (1865) le signale à l'état normal dans la Betterave et le Tabac. — Duclaux (1871, cité par Galippe, 1883, *Soc. de Biol.*) donne pour le Cacao et le Chocolat les teneurs extrêmes suivantes, que Galippe (1883) confirme (ou à peu près) :

Duclaux	Cuivre pour 1000.
Cacao	0,009—0,040
— pellicules de l'amande.	0,035—0,250
Chocolat.	0,005—0,125

Galippe	Cuivre pour 1000.
Cacao (nature). . . .	0,0112—0,0288
— (torréfié) . . .	0,0140—0,0292
Chocolat.	0,0056—0,0208

Van den Berghe (1881, 1890, cité par Lehmann, 1895, — 1882, cité par Galippe, 1883), Galippe (1883), Mestre (1890), cité par Lehmann (*id*), Mayrhofer (1891, *id.*), Lehmann (1895) donnent pour 1000 gr. de végétaux les doses de cuivre ci-après [1] :

---

1. Nous négligeons les valeurs de Vedrödi (1893, 1896), toutes trop hautes (allant pour le Seigle et le Maïs, par exemple, jusqu'à 1,52 gr. et 5,12 gr. pour 1000), et infirmées par Lehmann (1895, ***24***, 26-28; — 1896, ***27***, 6; 1897, ***30***, 259-260). — Nous négligeons de même les analyses de végétaux poussés sur des sols particulièrement riches en cuivre (Lehmann, 1896, ***27***, 1-15).

VÉGÉTAUX.	VAN DEN BERGHE.	GALIPPE.	MESTRE.	MAYRHOFER.	LEHMANN.
GRAINS.					
Blé.	0gr,009 4	0gr,010	»	»	0gr,007 5
—	0gr,009 3	0gr,008	»	»	»
—	0gr,009 2	0gr,005 2	»	»	»
—	»	0gr,007	»	»	»
—	»	0gr,008 5	»	»	»
—	»	0gr,005	»	»	»
—	»	0gr,005 4	»	»	»
—	»	0gr,010 8	»	»	»
—	»	0gr,008 8	»	»	»
—	»	0gr,006 2	»	»	»
Blé (son).	»	0gr,014	»	»	»
— (farine). . . .	»	0gr,008 4	»	»	»
Avoine.	0gr,010 3	0gr,008 4	»	»	»
—	0gr,010 7	»	»	»	»
Seigle.	»	0gr,005	»	»	»
Orge.	»	0gr,010 8	»	»	»
Riz.	»	0gr,001 6	»	»	»
Maïs..	»	»	»	»	0gr,004 4
Sarrasin..	»	»	»	»	0gr,005
FRUITS.					
Concombre. . . .	»	»	»	»	0gr,001 5
Abricot.	»	»	»	»	0gr,000 75
Cerise (et noyau). .	»	»	»	»	0gr,001 5
Poire.	»	»	»	»	0gr,005
« Chinois » jaune. .	»	»	»	0gr,000 9	»
— vert.. .	»	»	»	0gr,001 1	»
LÉGUMES.					
Pomme de terre. .	»	0gr,001 8	0gr,002 5	»	0gr,001 75
Carotte.	»	traces.	»	»	»
Haricots.	»	0gr,011	»	»	»
— verts. . .	»	0gr,002 2	»	»	»
Petits pois. . . .	»	0gr,002	»	»	0gr,009
Lentilles.	»	0gr,006 8	»	»	»
Salade..	»	»	»	»	0gr,000 5
—	»	»	»	»	0gr,000 15

DANS LA SÉRIE ANIMALE. — HARLESS (1847) et BIBRA (date inconnue, — cités d'après Frédéricq, voir plus loin) découvrent le cuivre dans le sang total des Mollusques. Les cendres du sang de l'Élédone contiendraient pour 100 parties :

Chlorure de sodium.	73,1
Sulfate de sodium	2 »
Phosphate de sodium.	traces.
Phosphates de calcium et de cuivre. .	24,9

WITTING (1858) le dose chez l'Écrevisse. 100 parties de cendres

totales de l'hémolymphe totale de l'Écrevisse renferment 2,49 d'oxyde de cuivre. — A. Genth (voir précédemment, p. 127) le dose chez *Limulus cyclops* (Arthropodes). 100 parties de cendres renferment 0,085 à 0,297 d'oxyde de cuivre. — Forchhammer (1865) le découvre chez deux Coraux : *Pocillopora alcicornis* et *Heteropora abrotanoïdes*; il l'évalue respectivement chez l'un et chez l'autre à $\frac{1}{500\,000}$ et $\frac{1}{550\,000}$[1]. — Frédéricq (1878) découvre dans le sang total du Poulpe (Mollusque) l'hémocyanine, substance albuminoïde riche en cuivre, chargée à la fois de la nutrition et de la respiration. — Gientl (1879, *in* Chassevant, 1900, *Dict. physiol. Richet*, article *Cuivre*) donne pour divers Invertébrés :

		Cuivre pour 1000.
Coléoptère. —	*Anomale vitis*.	0,058
»	*Blatta orientalis*.	0,450
Myriapode. —	*Iulus terrestris*.	0,380
»	*Armadilidium vulgaris* .	0,340
Mollusque. —	*Helix pisana*..	0,000 16

Les quatre premières teneurs, anormales, doivent être inexactes.

Cuénot (1895) étudie chez un autre Mollusque, l'Escargot (*Helix pomatia*, Gastéropode pulmoné) sa valeur respiratoire. — Lehmann (1895) trouve :

	Cuivre pour 1000.
Éponge.	0,035
Huitre	0,016 à 0,060
Escargot.	0,0125 à 0,021
Homard..	0,008
Hareng salé	0,0025

Raphaël Dubois (1900) entreprend le premier un travail d'ensemble sur toute la série animale. Résultats :

---

1. Nous négligeons quelques chiffres de B. Bizio (1833), Cuzent (1863), Ferrand (1863), Church (?), Ulex (?), rapportés par Lehmann (1895) pour *Murex brandaris*, *Ostrea edulis* et *Helix*.

GROUPES.	ESPÈCES.	TISSUS OU CORPS ENTIER.	TENEUR EN CUIVRE pour 1000 gr. de matière fraîche.	TENEUR EN CUIVRE pour 1000 gr. de matière sèche.
Coelentérés .	Actinie = *Anthea cereus*	corps.	0gr,025 5	0gr,050
Vers	Sangsue = *Hirudo officinalis* . . .	corps.	traces.	traces.
Échinodermes	Oursin = *Eschinus esculentus* . . .	corps.	traces.	traces.
	Holothurie = *Stichopus regalis*. . .	—	0gr,028 3	0gr,045 9
	Astérie = *Asterias rubens*.. . . .	—	0gr,024 5	0gr,071 4
Crustacés . .	Langouste = *Palinurus vulgaris* . .	sang.	0gr,229 7	1gr,416 6
		muscle	0gr,044 7	0gr,176 4
		œuf.	néant.	néant.
	Crevette = *Palœmon serratus* . . .	corps.	0gr,025	0gr,100
	Bernard-l'Hermite = *Clibanarius barbatus*.	—	0gr,060	0gr,187 5
	Écrevisse = *Astacus fluviatilis*. . .	—	0gr,050 7	0gr,117 6
Mollusques. .	Marennes blanches = *Ostrea edulis*.	corps.	0gr,096 5	0gr,458 5
	— vertes = *Ostrea edulis*. .	—	0gr,137 9	0gr,727 2
	Haliotides = *Haliotis striata*. . . .	—	0gr,040	0gr,166 6
	Moules = *Mytilus edulis*.	—	0gr,032 4	0gr,166 66
	Unios = *Unio margaritifera*. . . .	—	traces.	traces.
	Coquilles St-Jacques = *Pecten jacobœus*.	—	0gr,047 1	0gr,202 7
		—	0gr,061 1	0gr,076 4
	Escargot = *Helix pomatia*.	sang.	0gr,243 9	»
Tuniciers. . .	Ascidies	»	traces.	traces.
Vertébrés . .	Harengs = *Clupea harengus*. . . .	corps.	traces.	traces.
	Sardines = *Clupea sardina*. . . .	—	0gr,018 2	0gr,555
	Tanche = *Tinca vulgaris*	—	traces.	traces.
	Carpe = *Cyprinus carpio*. . . .	—	traces.	traces.

Ch. Dhéré (1900) donne encore, avec un procédé dont il éprouve la sensibilité :

GROUPES.	ESPÈCES	TISSUS	Teneur en cuivre pour 1000 cc. de sang frais
Mollusques.	Escargot = *Helix pomatia*. . .	Sang.	gr. gr. 0,075 à 0,125
	Poulpe = *Octopus vulgaris*. . .	—	0,18 à 0,25
Crustacés. .	Tourteau = *Cancer pagurus* . .	Sang filtré.	0,035 à 0,135
	Langouste = *Palinurus vulgaris*	Sang.	0,075 à 0,11
	Homard = *Homarus vulgaris*. .	Sang défibriné et filtré.	0,095 à 0,105
	Écrevisse = *Astacus fluviatilis*.	Sang fluoré et filtré.	0,04 à 0,08

Il commence également l'étude de la capacité respiratoire de ce cuivre organique [1].

Plomb.

Nous ne possédons pas malheureusement pour le plomb organique d'aussi nombreux et d'aussi importants travaux que pour le cuivre. Sa présence, néanmoins, n'est pas contestée dans l'organisme. Les auteurs ne contestent que sa présence *normale*. Nous avons déjà vu longuement pour le manganèse et pour le cuivre ce qu'il faut penser de ces contestations. Gorup Besanez dit (1880, I, 141) : « On ne doit envisager la présence du plomb dans le sang, le foie et autres organes de l'Homme que comme accidentelle, de même que celle du cuivre, et l'attribuer à l'influence des eaux plombifères. Nous ne signalons ces faits qu'à cause de leur importance au point de vue de la toxicologie. »

La plupart des recherches sur le plomb sont des auteurs mêmes qui ont décelé les premiers l'existence du cuivre organique. Nous signalerons particulièrement le travail de Millon déjà cité trois fois. Dès 1848, Millon donnait comme constants dans le sang ces quatre corps : silice, plomb, cuivre, manganèse. La présence de trois de ces corps, à l'état normal, a été suffisamment confirmée par la suite. La valeur générale du travail en ressort.

Dans le milieu vital (et le sang total). — Millon (1848) donne la silice, le plomb, le cuivre et le manganèse comme constants dans le sang total de l'Homme. 100 parties de résidu insoluble laissé par les cendres du sang total contiennent :

De	1	à 3	parties	de silice,
De	1	à 5	—	plomb,
De	0,5	à 2,5	—	cuivre,
De	10	à 24	—	manganèse.

Non seulement le plomb serait présent dans le sang, mais en quantité double du cuivre. Ce plomb et ce cuivre feraient partie surtout du caillot. 1000 gr. de caillot renfermeraient 0,083 de ces deux métaux; 1000 gr. de sérum, 0,005 seulement.

Dans l'œuf et dans le lait. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans les tissus. — Devergie et Hervy (1838) recherchent non seulement le cuivre, mais le plomb, dans le tube digestif de l'Homme en dehors du cas d'empoisonnement. L'estomac et l'intestin de tous les sujets énumérés précédemment renferment, en même temps que du cuivre, du plomb en quantité variable.

Barse (1843) décèle le plomb en même temps que le cuivre

1. Pour la suite du travail de Dhéré, voir Dhéré (1903).

sur ses deux cadavres. Le plomb n'est pas obtenu comme le cuivre à l'état métallique, mais il est reconnu à des réactions très nettes. Le plomb existe donc chez l'Homme en dehors du cas d'empoisonnement. — Devergie (1844) appuie cette façon de voir. Comme pour le cuivre, il ajoute que la présence du plomb dans les organes de l'Homme normal coïncide avec sa présence dans un grand nombre de végétaux.

Barse, Lanaux et Follin (1844) après avoir constaté séparément la présence du cuivre et du plomb dans le foie et dans le canal intestinal de deux cadavres, se réunissent, et, opérant sur un nouveau cadavre, observent encore des traces sensibles de ces deux métaux.

Oidtmann (*in* Gorup Besanez, 1880, II, 224), dose le plomb dans le foie et dans la rate. 100 parties de cendres renferment respectivement : foie, 0,01 ; rate, 0,03, d'oxyde de plomb [1].

Dans la matière sécrétée et excrétée. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans les aliments. — A notre connaissance, pas de travaux l'y signalant, hors ceux qui précèdent. Les auteurs classiques mettent au compte des eaux plombifères le plomb organique dont ils expliquent ainsi la présence.

Dans la série animale. — Forchhammer (1865) décèle le plomb comme le cuivre chez *Pocillopora alcicornis* et *Heteropora abrotanoïdes* : il y est même plus abondant que le cuivre. Il l'évalue respectivement chez l'un et chez l'autre de ces animaux à $\frac{1}{575\,000}$ et $\frac{1}{50\,000}$.

T. W. Hogg (1895) découvre des Vers de terre parfaitement vivants dans un sol extrêmement riche en plomb (résidus plombiques d'une usine). Il dose le plomb contenu dans l'animal. La matière obtenue par séchage du corps de l'animal renferme 1,75 à 2 pour 100 de plomb calculé en oxyde de plomb. Leur intestin renfermait 0,009 à 0,015 pour 100 d'oxyde de plomb. L'auteur porte dans le même milieu des Vers qui n'avaient pas été jusque-là en contact avec un sol plombifère. L'accoutumance est immédiate. Ils vivent, comme les précédents.

---

1. Après une intoxication lente, Daremberg (1874) trouve du plomb dans le cerveau. Ce travail ne peut trouver place ici, où nous traitons de l'organisme normal. Nous le signalons simplement pour la localisation plombique et en raison du nombre restreint de travaux.

Zinc.

Toujours considéré, par les auteurs qui le signalent dans les organismes élevés, comme anormal et accidentel.

Dans le milieu vital. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans l'œuf et le lait. — Aucun travail ne le signalant dans le lait. — Un travail important de Lechartier et Bellamy (1877, voir plus loin), dosant, avec toutes les précautions voulues, le zinc contenu dans l'œuf. Dix-huit œufs de Poule, débarrassés de leur coque et pesant ensemble 1152 gr. donnent 0,02 gr. d'oxyde de zinc, soit une teneur de 0,017 5 pour 1000. — Gaube (1897) qui n'indique pas sa source donne pour l'œuf de Poule une teneur en zinc métallique de $\frac{1}{660\,000}$, soit 0,001 5 pour 1000.

Dans les tissus. — Lechartier et Bellamy (1877). — Toutes les précautions sont prises pour ne pas introduire de zinc au cours de l'analyse. Le zinc n'a pu être apporté ni par les supports, ni par les fourneaux à gaz, puisque certaines matières étudiées (Betteraves, tiges de Maïs, Trèfles), ont subi des traitements plus longs à l'aide des mêmes instruments, sans présenter de zinc. L'eau employée avait été distillée deux fois, d'abord dans un alambic en cuivre étamé, puis dans un appareil en verre; les auteurs s'assurent que le résidu de la distillation de douze litres de cette eau ne contient pas de zinc. L'acide sulfurique subit une distillation spéciale. L'acide azotique et l'ammoniaque sont vérifiés particulièrement. — Résultats :

Homme mort de fièvre typhoïde, 55 ans. — Foie, 1780 gr., contenant au moins 0,02 gr. d'oxyde de zinc.
Homme mort de tuberculose pulmonaire. — Foie, résultat analogue.
Bœuf. — Tissu musculaire, 915 gr., contenant 0,05 gr. d'oxyde de zinc.
Veau. — Foie, résultat analogue.

Raoult et Breton (1877), travail déjà cité au sujet du cuivre. — Précautions minutieuses pour n'introduire aucun sel de zinc. Fourneaux à gaz entièrement en fonte, préalablement frottés par eux-mêmes. Balayage interdit. Emploi interdit des tubes de caoutchouc contenant de l'oxyde de zinc. — Résultats :

	Teneur en zinc pour 1000 gr. d'organe frais. — gr.
Foie d'un calculeux	0,010
— d'un phtisique	0,050
— de jeune femme	0,054
— d'un vieillard	0,076
Intestin d'un noyé	néant.

soit, pour tous les foies, des teneurs double, triple et sextuple de celles du cuivre.

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans les aliments. — Présent dans les aliments d'origine animale, comme il résulte des lignes qui précèdent.

Présent dans les aliments d'origine végétale. Lechartier et Bellamy (1877) donnent le zinc comme accompagnant invariablement, chez les végétaux, le fer et le manganèse : les grains de Blé, du Maïs américain, de l'Orge, des Vesces d'hiver, des Haricots blancs de Naples contiennent tous du zinc. — Comme les mêmes auteurs ne rencontrent pas de zinc dans la tige du Maïs, dans le Trèfle, il est probable que le zinc, comme le manganèse, s'accumule dans les parties essentiellement végétatives de la plante; son rôle vital y peut être de premier ordre. — Une plante marine, *Zostera marina*, en renferme la quantité relativement considérable de $\frac{1}{5\,000}$ de ses cendres (Forchhammer, 1865).

Dans la série animale. — Aucun travail, à notre connaissance, ne le signalant en dehors des Vertébrés.

Argent.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Malaguti, Durocher et Sarzeaud (1850) retirent du sang total du Bœuf, avec les plus extrêmes précautions, un petit globule d'argent. — Nous ne connaissons aucune autre recherche confirmative, mais la valeur du travail de ces auteurs est prouvée par ailleurs. Ce sont eux qui, les premiers, dans le même travail ont signalé l'argent dans l'eau de mer, ainsi que dans tous les Fucus marins, découverte confirmée par Tuld (1859), Forchhammer (1865) (voir précédemment, p. 230).

Dans l'œuf et dans le lait. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans les tissus. — Aucun travail ne l'y signalant.

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Aucun travail ne l'y signalant, au moins à l'état normal[1].

1. Cloëz (cité par Mayençon et Bergeret, 1875) trouve dans l'urine réunie de plusieurs malades de la Salpêtrière, traités par l'argent, un petit globule de ce métal. Sa toxicité est suffisamment faible pour que certains malades de Mayen-

Dans les aliments. — Présent dans les aliments d'origine animale, comme il résulte des recherches de Malaguti, Durocher et Sarzeaud (1850). — Présent dans les aliments d'origine végétale. Les mêmes auteurs signalent l'argent, non seulement dans les Fucus marins où il est pondérable, mais dans les végétaux terrestres, où il existe à l'état de traces. — Ils le décèlent encore dans le sel gemme, où sa présence est très visible.

Mayençon et Bergeret (1873) montrent que les sels d'argent absorbés (surtout le chlorure d'argent) se répandent promptement dans toutes les parties de l'organisme : reins, foie, cerveau ; bile, urine (au bout de 24 heures). Il entre ainsi avec facilité dans le cycle vital.

Dans la série animale. — Forchhammer (1865) décèle et dose l'argent dans le Corail *Pocillopora alcicornis*. Teneur : $\frac{1}{5\,000\,000}$ environ.

Lithium.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Bunsen et Kirchhoff (*in* Grandeau, 1865, *Ann. Chim. et Phys.*, **67**, 158) découvrent, par l'analyse spectrale, le lithium dans le sang des animaux. — Folwarczny (*in* Bunsen et Kirchhoff, 1861, *Ann. Chim. et Phys.*, **62**, note p. 464) le signale également dans les cendres du sang total de l'Homme, toujours à l'aide de l'analyse spectrale.

Dans l'œuf ou le lait. — Présent dans le lait des bestiaux du Palatinat, sur lesquels Bunsen et Kirchhoff opèrent (1861).

Dans les tissus. — Présent dans les cendres des muscles de l'Homme (Folwarczny, même origine que plus haut).

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Présent dans les urines normales (Schiaparelli et Peroni, 1880, *in* R. de Forcrand, 1884, *Encycl. Frémy* ; *les Métaux* : Lithium, p. 8).

Dans les aliments. — Présent dans les aliments d'origine animale, comme il résulte de ce qui précède.

çon et Bergeret (1873) puissent absorber 10, 15 et 20 gr. de chlorure d'argent, sans accident d'argyrisme, sans que le liseré dentaire apparaisse même (contrairement à l'opinion qu'après l'absorption de 2 gr. de sels lunaires l'argyrisme se manifeste).

Présent dans les aliments d'origine végétale : Bunsen et Kirchhoff (1861) le décèlent dans certaines eaux de source, dans les cendres des feuilles et des sarments de la Vigne, dans le Raisin, dans les différentes céréales recueillies à Waghaüsel, Deidesheim, Heildelberg, dans la plaine du Rhin ; — Grandeau (1865), dans la Coca ; — Focke (date inconnue ; cité par Tschermak, voir plus loin), dans « certaines plantes ». — Tschermak (1899, in *Ann. Agron.*, 1901, **27**, 150-151), frappé de la rapidité avec laquelle le chlorure de lithium est absorbé par les plantes dicotylédonées ligneuses et herbacées qu'on cultive sur des solutions salines expérimentales, recherche le lithium dans toute une série de végétaux normaux. Il l'y décèle. Dans l'intérieur d'une même espèce, les proportions peuvent varier avec l'individu.

Au reste, l'existence du lithium organique n'a rien qui doive surprendre. On sait qu'il est un des métaux du groupe alcalin. Les métaux de ce groupe présentant une parenté intime, se rencontrant en commun, d'une façon fréquente, dans la nature, il était à prévoir, étant donnée l'importance du sodium et du potassium dans l'organisme, que le lithium, le césium et le rubidium devaient encore en faire partie.

Arsenic.

En 1899, deux ans après la démonstration physiologique de la théorie marine soutenue dans cet ouvrage (Quinton, 1897, *Soc. de Biolog.*, p. 890, 935, 965, 1063; — 1898, p. 469), nous étions tenu de ranger l'arsenic au nombre des corps marins non encore reconnus dans l'organisme. Sa réputation de corps toxique rendait même cette exception fâcheuse. Qu'on reconstruise, en effet, pour un moment, toutes les objections de l'époque. Les propriétés éminemment vénéneuses de l'arsenic portaient premièrement à ne pas l'admettre dans l'économie. Un nombre considérable d'analyses nous le montraient en outre, d'une façon constante, absent de l'organisme normal. Or, l'arsenic apparaît aujourd'hui, non seulement comme un des corps constitutifs du *milieu vital*, mais comme un des corps constitutifs de la vie. Cette remarque est importante pour les quelques éléments que nous allons avoir bientôt à examiner et qui n'ont pas encore été signalés dans l'organisme.

Comme plus haut pour l'iode, le manganèse, le cuivre, le plomb, relevons l'appréciation de quelques auteurs sur l'arsenic organique, non seulement après les travaux de A. Gautier, mais après les leurs propres, où ils décèlent également ce corps dans l'économie. Cerny (1902, *in* A. Gautier, 1902, *C. R.*, **134**, 1396), sur 29 essais, le rencontre 15 fois. Il conclut : « De minimes traces d'arsenic sont présentes dans l'organisme animal comme dans toute la nature, mais ces traces n'y peuvent jouer aucun rôle. » Ziemke (1902, *in id.*) le trouve de même à l'état de traces dans un grand nombre de recherches et conclut comme Cerny. Arm. Gautier ajoute : « C'est, il me semble, la conclusion contraire qu'il eût dû logiquement déduire de ses essais, s'ils ont été faits soigneusement. »

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Marchand (1854) considère « comme à peu près certaine l'existence de l'arsenic physiologique chez les animaux » (p. 15 de son mémoire). Douze kilogrammes de sang de Bœuf lui en offrent de faibles indices (p. 30). La valeur de ce travail est malheureusement douteuse, l'arsenic décelé devant provenir des réactifs[1].

A. Gautier (1899, *C. R.*, et 1900, *C. R.*, ***130***, 288) recherche l'arsenic dans le sang total de l'Homme et du Porc. Il ne l'y trouve pas, du moins à la dose limite de 0,000 05 pour 1000 que son procédé lui permet d'apprécier.

Dans l'œuf et dans le lait.— A. Gautier (1900, *C. R.*, ***130***, 289) n'arrive pas à le déceler dans l'œuf de Poule, ni dans les œufs et la laitance de Hareng frais (*Clupea harengus*). Il le décèle dans le lait. Deux litres de lait de Vache lui donnent un très léger anneau d'arsenic. — G. Bertrand (1903, *Soc. de chim.*, 22 mai) le découvre dans l'œuf de Poule, à la dose de 0,000 005 gr. par œuf. Le jaune et parfois la coquille en sont spécialement riches.

Dans les tissus. — A. Gautier (1899, *C. R.*, ***129***, 929, — 1900, *C. R.*, ***130***, 284; ***131***, 361) le décèle dans la glande thyroïde, dans la glande mammaire, dans le cerveau, dans le thymus, dans les productions épidermiques (poils, cheveux, cornes), dans la peau, dans l'os. — Teneur en arsenic pour 1000 gr. d'organes frais (1900, *C. R.*, ***130***, 286) :

Glande thyroïde (Homme)	0gr,007 5
Glande mammaire (Vache)	0gr,001 5
Cerveau (Homme)	0gr,001 5 à 0gr,000
Thymus (Agneau)	quantité très sensible.
Poils, cheveux, cornes	traces décroissantes.
Peau (Porc)	
(Lait)	
Os (Mouton)	

1. Dans son même travail (p. 51), Marchand rapporte, d'après la *Gazette médicale hebdomadaire de Vienne*, un fait curieux. « Dans les contrées de la Basse-Autriche et de la Styrie qui confinent la Hongrie, il y a des hommes qui mangent ou plutôt qui mâchent des particules d'arsenic, mêlées à de la mie de pain, à peu près comme les Chinois mangent de l'opium. L'absorption de cette substance vénéneuse en très petite quantité donne un teint frais et clair, et augmente jusqu'à un certain point la force des facultés intellectuelles. » C'est le fait même qu'observe Armand Gautier (1900, *C. R.*, ***131***, 361) sur les Femmes malades auxquelles il administre de l'arsenic : « La chevelure devenait plus épaisse et plus longue ; la peau plus brillante se débarrassait de ses éphélides, pigments et autres signes de déchéance », — observation qui le conduit à supposer un rapport fonctionnel entre la thyroïde et l'ectoderme.

Le foie, le rein, la rate, les glandes salivaires, la glande pituitaire, les capsules surrénales, le testicule, l'ovaire, l'utérus, les muqueuses ne contiennent pas trace d'arsenic, c'est-à-dire ne peuvent en renfermer qu'une dose inférieure à 0,000 05 pour 1000 (1900, *C. R.*, *id.*).

Hödlmoser (1901), Ziemke (1902), Cerny (1902) reprennent les travaux de Gautier et contestent ses résultats. Hödlmoser trouve rarement l'arsenic et indifféremment dans tous les organes; Cerny, 15 fois sur 29 essais, particulièrement dans la thyroïde; Ziemke, dans un grand nombre de ses recherches, après lesquelles il conclut d'ailleurs, comme Cerny, à la non-existence de l'arsenic organique. Gautier (1902, *C. R.*, **134**, 1394) montre l'imperfection de la méthode de Hödlmoser et critique les conclusions de Ziemke et de Cerny.

Gabriel Bertrand (1902, *C. R.*, **134**, 1434, et *Ann. Instit. Pasteur*, 25 août) reprend la question et vide le débat. Il perfectionne le procédé de recherche jusqu'à pouvoir apprécier 0,000 000 5 gr. d'arsenic, purifie les réactifs au delà du $\frac{1}{500\,000\,000}$, et s'adressant à des animaux spécialement choisis comme n'ayant jamais été soumis à un régime arsénical, il confirme la découverte de Gautier. Il décèle l'arsenic dans les glandes thyroïdes du Veau, du Porc, du Phoque (*Phoca barbata*; capturé au Spitzberg), dans les tissus kératiniques (plumes de l'Oie, soies de Porc, corne de Bœuf, poils et ongles de Chien, poils et ongles de Veau et de Génisse, corne de Génisse), dans la peau et même dans le foie de ces deux animaux. Les tissus kératiniques lui apparaissent comme particulièrement riches en arsenic, beaucoup plus que les glandes thyroïdes (corne de Bœuf : 0,005 gr. pour 1000). Les proportions d'arsenic trouvées sont tellement supérieures à celles que les réactifs peuvent introduire, qu'aucun doute ne peut subsister sur l'existence organique du métalloïde.

R. Ross (1902) rencontre l'arsenic dans les cheveux des malades du Beri-beri, à Penang.

Gabriel Bertrand (1902, *C. R.*, **135**, 809) étend ses recherches. Opérant sur toute la série animale : Oiseaux, Mammifères, Reptiles, Poissons, Mollusques, Échinodermes, Spongiaires (tous individus capturés en mer, sauf un Mammifère : Mouton), il décèle l'arsenic chez tous les animaux expérimentés et dans les tissus les plus divers : peau et glande thyroïde de l'Orque (*Orca gladiator*), plume du Pétrelle (*Procellaria pelagica*), écaille de la

Tortue (*Thalassochelys caretta*), peau, muscle et écailles du Serran (*Serranus africanda*), peau et muscle du Grondin (*Trigla pini*), peau de la Roussette (*Scyllium canicula*) et du Germon (*Thunnus alalonga*), testicules du Squale (*Centrocynurus coelolepis*), corps entier, moins l'os, de la Seiche (*Sepia officinalis*), corps entier, moins les coquilles, de l'Anatife (*Lepas anatifera*), corps entier de l'Holothurie (*Stichopus regalis*), de l'Oursin (*Strongylocentrotus drobachensis*), de l'Étoile de mer (*Pedicellaster sexradiatus*), de l'Actinie (?), de l'Éponge (*Desmacidon fruticosa*). Il en conclut que l'arsenic n'est pas localisé dans certains organes, mais est un des principes de tous les tissus, un élément fondamental du protoplasma, au même titre que le carbone, l'azote, le soufre et le phosphore.

Cette conclusion de G. Bertrand peut être exacte; elle n'est pas légitime. 1° Certains tissus (ectodermique, glandulaires, etc.) contenant de l'arsenic d'une façon appréciable, le *milieu vital* en contient forcément, et, comme le *milieu vital* est partout présent dans l'économie, tous les tissus analysés devront donner de l'arsenic. La question est de savoir s'ils en donneront des proportions supérieures, égales ou inférieures à celles du plasma du sang. Or, G. Bertrand n'a pas recherché l'arsenic dans le plasma des animaux expérimentés. 2° Toutes les analyses de G. Bertrand sur les Vertébrés (terrestres ou marins) sont valables pour une partie de ses conclusions, ce groupe d'êtres ayant un *milieu vital* clos, indépendant du milieu extérieur[1]. Il n'en est plus de même pour les Invertébrés marins, qui communiquent par osmose avec le milieu extérieur (Quinton, 1900, *C. R.*, — et précédemment, II, *III*, p. 119-144.) L'eau de mer étant arsenicale, les plasmas organiques des Invertébrés marins sont forcément arsenicaux. L'arsenic que G. Bertrand décèle dans leur corps entier peut donc n'être que l'arsenic minéral marin qui a diffusé par osmose du milieu extérieur. Il est probable, comme l'admet Bertrand, qu'il y a accumulation pour la constitution de cellules ou de certains groupes de cellules vivantes. Mais ce point est à démontrer, et l'auteur n'a fait aucun dosage comparatif de l'arsenic marin.

A. Gautier (1902, *C. R.*, **135**, 854) recherche l'arsenic dans les plumes de l'Oiseau. Il ne le rencontre que spécialement localisé :

Duvet ventral de l'Oie	0,001 2 pour 1000
Barbes des œils des plumes de la queue du Paon .	0,002 5 —
Autres plumes soumises à l'analyse	0,000 —

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Absent (au moins en apparence) de l'urine (A. Gautier, 1900, *C. R.*, **130**, 288).

1. Voir plus loin, Livre II. Les Vertébrés marins ne communiquent pas par osmose avec le milieu extérieur. Leur *milieu vital* intérieur en est indépendant.

Présent en quantité relativement considérable dans le sang menstruel (A. GAUTIER, 1900, *C. R.*, ***131***, 362). Moyenne de cinq analyses, teneur pour 1000 gr. : 0,00028. Un sang de même origine, mais décoloré, ne contenait pas trace d'arsenic.

DANS LES ALIMENTS.— STEIN (1850) avait déjà reconnu l'arsenic dans un certain nombre de végétaux.

Paille de Seigle.	traces très sensibles.
Chou	quantités sensibles.
Navet.	
Tubercule de Pomme de terre	
Seigle (grain)	pas trace.

A. GAUTIER (1902, *C. R.*, ***135***, 853) n'en trouve pas dans le pain. — G. BERTRAND (1903, *Soc. de Ch.*, 22 mai) en décèle dans la lécithine extraite des graines d'Avoine, d'Orge et de Seigle.

D'après BERTRAND (1902), tous les aliments d'origine animale doivent être arsenicaux (voir précédemment). — D'après A. GAUTIER (1903, *Bull. Soc. de Ch.*, 8 mai), le sel de cuisine usuel, surtout le sel gris, serait la substance principale par laquelle l'arsenic s'introduit dans l'économie.

DANS LA SÉRIE VÉGÉTALE. — Appelons l'attention sur quelques travaux, dont un capital, antérieurs aux recherches d'ARMAND GAUTIER, et mettant en évidence le rôle vital de l'arsenic.

B. JÖNSSON (1896) observe l'influence de ce métalloïde sur la germination des graines, mais l'attribue (peut-être à juste raison dans ses expériences) à son action destructive sur les différents organismes nuisibles, adhérents à la surface des graines ou aux papiers d'expérience.

STOKLASA (1897) cultive de l'Avoine sur quatre solutions.

Solution n° 1. — Solution minérale déterminée, sans acide phosphorique, ni arsénique.			
Solution n° 2. — Solution n° 1, plus :	Acide phosphorique . .	0,0142	pour 1000.
	Acide arsénique	0,025	—
Solution n° 3. — Solution n° 1, plus :	Acide phosphorique . .	0,0142	—
	Acide arsénique	0,000	—
Solution n° 4. — Solution n° 1, plus :	Acide arsénique	0,025	—
	Acide phosphorique. . .	0,000	—

Dans le cours du premier mois, les différences sont surtout manifestes. Les plantes de la solution 4 sont beaucoup plus développées que celles de la solution 1, de même que celles de la solution 2, qui commencent à fleurir et avancent sur celles de la solution 3. L'acide arsénique joue donc un rôle vital, aide et supplée à l'acide phosphorique. Les résultats finaux sont :

	Longueur moyenne		Poids sec			Nombre des graines.
	des racines.	des tiges.	des racines.	des tiges. feuilles. etc.	des graines.	
Solution nº 1 .	9c,5	56c,2	0gr,65	2gr,96	»	»
— nº 2 .	55c,2	95c,4	4gr,6	15gr,65	6gr,85	547
— nº 3 .	55c,6	96c,7	4gr,8	14gr,58	7gr,52	568
— nº 4 .	18c,5	49c,3	1gr,02	4gr,84	»	»

Les effets de l'acide arsénique restent frappants pour la solution 4, comparés à ceux de la solution 1.

Bouilhac (1898) obtient surtout des résultats typiques :

1° A une solution nutritive appropriée, où il cultive *Sticococchus bacillaris Nœgeli*, il ajoute 2, 5, 10, 15, 20 dix-millièmes d'arséniate de potasse. Les poids de récolte obtenus dans 50 cc. de culture sont :

Dose d'acide arsénique.	Récolte obtenue, pesée à l'état sec.
	mgr.
$\frac{2}{10.000}$	5
$\frac{5}{10.000}$	7
$\frac{10}{10.000}$	20
$\frac{15}{10.000}$	14
$\frac{20}{10.000}$	15

2° *Schisothrix lardacea* est cultivée : a). dans une solution très pauvre en acide phosphorique, b). dans la même solution, additionnée d'arséniate de potasse. Les poids de récolte, à l'état sec, sont :

Solution sans arséniate.	Solution arséniatée.
0gr,41	1gr,81
0gr,58	1gr,76

Les arséniates remplacent donc les phosphates. L'arsenic joue un rôle vital.

La découverte de l'arsenic organique est importante pour le sujet présent. Non seulement elle révèle dans l'économie un élément marin qui y était inconnu, mais elle montre le rôle qu'y peut jouer un corps à des doses réellement infinitésimales. Si, comme tout permet de le supposer, d'après les recherches que nous avons déjà rapportées au sujet de l'iode de la glande thyroïde, l'arsenic est également indispensable au fonctionnement

de cette glande et par conséquent de la vie, il en résulte, comme Arm. Gautier le fait justement observer, que la vie d'un individu est liée à la présence, dans son organisme, de $\frac{1}{400\,000\,000}$ d'arsenic. Cette constatation offre cet intérêt, qu'elle rend palpable, pour ainsi dire, l'importance de doses infinitésimales de certains éléments dans l'économie, importance que la théorie marine nécessitait *a priori*, par le seul fait des doses, également infinitésimales, des corps rares marins. Elle tend donc à faire comprendre, comme nous l'indiquions, p. 221 et 256, qu'en biologie, l'importance d'un corps ne se mesure pas à son taux.

Bore.

Dans le milieu vital (ou le sang total). — Aucun travail ne l'y signalant. H. Jay (1896) le recherche même dans le sang total du Bœuf et du Mouton, sans le déceler. Il y existe nécessairement toutefois, puisque Jay lui-même le découvre à doses sensibles dans l'urine des mêmes animaux.

Dans l'œuf et dans le lait. — Aucun travail ne l'y signalant. Gassend (1891), H. Jay (1896) le recherchent également dans le lait de Vache, sans le déceler.

Dans les tissus. — H. Jay (1896) ne l'y recherche pas. Bechi, au cours de son travail dont il est parlé plus bas, annonce qu'il l'a observé dans les organes animaux.

Dans la matière sécrétée ou excrétée. — Jay le recherche dans l'urine des Ruminants et du Cheval. Il l'y trouve et l'y dose.

Urine des Ruminants.	0gr,008 6 de bore pour 1000
— du Cheval.	0gr,007 5 —

Dans la série animale. — Aucun travail ne l'y signalant (hors des Vertébrés).

Dans les aliments. — Présent dans les aliments d'origine animale, comme il paraît résulter de ce qui précède.

Présent dans *tous* les aliments d'origine végétale. Le récent travail de H. Jay (1896) est capital à ce sujet et a fait entrer le bore d'une façon imprévue à cette date dans le groupe des corps vitaux.

Bechi (1879) signale le bore dans les végétaux qui croissent

dans des terrains boracifères. — E. O. von Lippmann (1889) signale de petites quantités d'acide borique dans les cendres de la Betterave. — Crampton (1889) ne le trouve pas dans la Betterave, la Canne à sucre, les Pommes, le cidre, mais dans presque tous les vins des États-Unis, dans le Pêcher, dans le Melon d'eau (travail confirmé, quant aux vins, par Baumert et Rising). — Bechi (1890) confirme son premier travail. Les cendres du Hêtre de la forêt de Vallombreuse (Toscane) renferment jusqu'à $\frac{1}{50\,000}$ d'acide borique. — Gassend (1891) le décèle dans un grand nombre de vins blancs et rouges de Grèce, d'Italie, d'Espagne, d'Algérie, de Corse, de France, dans le Raisin, la Poire, la Pomme, la Pomme de terre, le Radis, la Salade (pas dans le Thé ni le Safran). — Villiers et Fayolle (1895) émettent des doutes au sujet de la présence de l'acide borique dans les vins. Il y serait introduit artificiellement, ou sa présence serait encore attribuée à la flamme verte donnée en réalité par le cuivre.

H. Jay (1896) publie ses importantes recherches. Il critique d'abord les méthodes précédentes, dans lesquelles, à l'essai du chalumeau, divers corps (potasse, soude, chaux, etc.) peuvent masquer la coloration verte due à l'acide borique. Il était donc nécessaire d'isoler celui-ci et de réduire son mélange avec les bases (méthode Dupasquier et Jay, 1895, *Bull. Soc. chim.*, *13*, 877). Il montre ainsi que l'acide borique est un élément constant des cendres végétales. Ses essais ont porté sur les groupes botaniques les plus répandus, sur des échantillons provenant des cultures les plus diverses et des contrées les plus éloignées. Non seulement il constate partout l'existence de l'acide borique, mais ses doses sont toujours notables.

DÉSIGNATION.	Teneur en acide borique pour 100 parties de cendres.
Vins	0,48 à 1,65
Fruits (Pêches, Mirabelles, Reine-claude, Abricots, Amandes, Noix, Marrons, Dattes, Oranges, Figues)	0,14 à 0,66
Riz, petits Pois, Tomates, Cornichons, Pommes de terre, Cresson, Carottes, Betterave, Café vert	0,05 à 0,09
Luzerne, Houblon	0,12 à 0,15
Son de Blé, paille de Blé, farine de Seigle	0,02 à 0,05
Farine de Blé, grains entiers d'Orge	traces.

Cet important travail auquel nous renvoyons pour le long

tableau détaillé des teneurs en acide borique, élève le bore au rang des corps vitaux. Sans doute, Jay lui-même, à la suite de ses recherches, lui dénie toute importance dans l'organisme animal, où il n'a pu le déceler. « Les animaux ne l'assimilent pas, dit-il, et le rejettent avec les déjections. » Il faut toutefois remarquer 1° que les animaux l'assimilent, puisque leur urine en contient, 2° que les recherches de Jay, si complètes sur le végétal, n'ont porté chez l'animal que sur un seul tissu : le tissu sanguin ; tous les autres restent donc à examiner, et tous les organes ; or, nous savons, par les recherches antérieures, qu'un corps non décelé dans le sang, peut exister à dose notable dans une colonie cellulaire de l'individu, où son rôle est sans doute capital. — Rappelons encore que les auteurs qui ont découvert le manganèse végétal, ont nié pendant longtemps le manganèse animal.

Il serait étrange qu'un corps aussi constant dans tout un règne fût sans rôle dans l'autre. Nous avons observé sur le Chien (voir précédemment, II, *V*, page 200), la faible toxicité de l'acide borique en injection intra-veineuse. L'acide borique n'altère que très à la longue le fonctionnement rénal. Le rein lui est perméable. Les cendres des urines dissoutes dans l'alcool et portées à la flamme, donnaient avec intensité la coloration verte caractéristique[1]. Enfin, en dehors de toutes considérations, répétons que, même en ne tenant pas compte du travail de Becht, où il annonce d'une façon insuffisante la présence de l'acide borique dans les organes animaux, celle-ci est certaine dans l'organisme animal du fait de son existence dans l'urine normale. Les recherches de Jay ont porté seulement, il est vrai, sur l'urine d'animaux herbivores. Elles demanderaient à être étendues au carnivore.

Baryum.

Dans les tissus. — Présent à l'état de traces dans presque tous les tissus vivants (Lambling, 1892, p. 53). — Gaube (1897, p. 209) l'y signale également.

Le travail suivant ne trouve place ici qu'à cause de la rareté des renseignements que nous possédons sur le baryum. Linossier (1887) ajoute à la ration d'un Lapin des doses croissantes de carbonate de baryum (0,50 gr. à 1,5 gr. par jour). Après trente jours, l'animal est sacrifié. Tous les organes analysés renferment du baryum :

1° Poumons, muscles, cœur, — seulement des traces ;

2° Foie, — proportion plus sensible ;

1. Cyon (1878, *in* Chassevant, *Dict. physiol.* Richet, 1897, II, 231) constate de même que le borax ajouté à la viande peut être absorbé à la dose quotidienne de 12 gr. sans provoquer le moindre trouble.

3° Reins, cerveau, moelle, — davantage;
4° Os, — forte proportion (jusqu'à 0,56 de baryum pour 1000 parties de cendres : vertèbres).

Ces recherches sont intéressantes, en ce qu'elles confirment d'une façon expérimentale ce qui pouvait être prévu théoriquement : la destinée organique du baryum, liée à celle du calcium, son proche parent chimique. On sait en effet l'énorme prédominance organique de la chaux dans l'os.

Dans la série animale. — Forchhammer (1865) donne le baryum comme présent dans les cendres d'animaux marins.

Dans la série végétale. — Scheele (1788) signale le baryum dans les cendres des arbres et des arbrisseaux ; Bœdeker et Eckard (1855) dans celles du Hêtre de la région de Gœttingen (à sous-sol contenant du baryum ; grès bigarrés) ; Forchhammer (1865) dans celles des Algues marines (ces quatre auteurs cités d'après Hornberger, in *Ann. agron.*, 1900, *26*, 551).

Knopp (1874), Dworzack le dosent, le premier dans le limon du Nil, le second dans les céréales de la contrée (cités également d'après Hornberger) :

	Carbonate de baryum, pour 100 parties de cendres.
Limon du Nil	0,021 à 0,017
Céréales : feuilles (épis non mûrs compris) . . .	0,089 »
— tiges (parties supérieures)	0,026 »

Hornberger (1899) le dose dans le bois de Hêtre et dans le sol où l'arbre pousse (grès bigarrés) :

Baryte, dans 100 parties de cendres	0,90 environ.
— dans 1000 parties de bois séché.	0,028 environ.

1000 gr. de sol contiennent seulement 18 mgr. de sulfate de baryte. Le végétal aurait donc le pouvoir de concentrer en lui le baryum.

Aluminium

Dans les tissus. — Bibra (1845) le signale dans la fibre musculaire, allié au phosphate de chaux. « Parmi les sels qui entrent dans la composition de la fibre musculaire, on trouve surtout le phosphate de chaux et le phosphate d'alumine comme les plus abondants. » — Raphaël Dubois (1898) l'indique comme décelé dans l'organisme par l'analyse spectrale.

Dans la matière excrétée. — Sprengel (*in* Barral, 1850, voir

plus loin p. 539) le dose dans l'urine du Bœuf. 100 parties de cendres contiennent 0,1 d'alumine.

Dans la série animale. — Delachanal et Mermet (1874) le rencontrent dans un calcul intestinal d'Esturgeon.

Dans la série végétale. — Berzélius (*Traité de chimie*, IV, p. 150, trad. franç.) indique des traces d'alumine (tartrate) dans *Lycopodium complanatum*; Vauquelin (acétate) dans la sève du Bouleau. (Ces deux auteurs cités d'après Boussingault, 1851, *Économie rurale*, I, 98). — Boussingault (1851, *id.*), « dans un assez grand nombre d'analyses de cendres provenant de plantes et de graines récoltées » sur ses terrains de culture, obtient « constamment des indices d'alumine. » — Bunge (1891, p. 26), donne l'alumine comme constituant 57 pour 100 des cendres de quelques Lycopodes.

Cette présence de l'alumine chez le végétal demeurant niée, Berthelot et André (1895) la démontrent enfin par un procédé l'isolant en nature après séparation du fer et de l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate. — Dosages :

	Teneur en alumine pure, pour 100 parties de cendres.
Luzerne (racine)	4,19
Lizeron —	3,88
Chiendent —	2,82
Lupin (feuilles)	0,57
Tilleul —	0,0025

Les travaux ci-dessous ne trouvent place ici, comme précédemment pour le baryum, qu'à cause de la rareté des renseignements que nous possédons sur l'aluminium organique.

F. Papillon (1870) soumet un Rat au régime exclusif suivant : 1° Riz ou gluten, additionnés de phosphate d'aluminium impalpable et d'eau acidulée avec l'acide chlorhydrique; 2° Eau distillée, additionnée de chlorures, carbonates, sulfates et nitrates de potassium et de sodium, dans la proportion totale de 1,5 pour 1000. L'animal absorbe ainsi 0,1 à 0,2 gr. de sel aluminique par jour, sans témoigner aucun trouble grave. Il meurt subitement après 73 jours. L'analyse des os donne :

	Pour 100 parties de cendres.
Alumine	6,95
Chaux	41,10

L'os du Rat normal ne contient pas d'alumine. L'aluminium entre donc avec facilité dans le cycle organique. Une expérience parallèle ajoute à l'intérêt de celle-ci. Papillon soumettait un autre Rat à un régime iden-

tique, sauf que le sel ajouté au riz ou gluten était du phosphate de magnésium au lieu de phosphate d'aluminium. L'animal est sacrifié le 73e jour.

Analyse de l'os :

	Pour 100 parties de cendres.
Magnésie.	5,56
Chaux.	46,15

L'aluminium serait donc plus facilement fixé que le magnésium.

Les sels d'aluminium sont peu toxiques. Oehlmuller et Heise (1892, cités par Chassevant, 1895) font « prendre à deux Hommes, pendant un mois, 1 gramme de tartrate d'alumine (par jour?) sans observer de trouble de l'appétit ni de la santé ». — Barthez (cité *id.*) prend l'alun à jeun. A la dose de 2 grammes, astriction dans la bouche et l'estomac pendant un quart d'heure. A la dose de 4 grammes, astriction plus forte, *appétit plus vif, digestion plus prompte*. A 10 grammes seulement, nausées, à 12 grammes, vomissements. — Sur 26 analyses d'eau des puits de Berlin et de la Sprée, Plagge et Lebbin (1893, cités *id.*) trouvent sur 24 échantillons des doses d'aluminium de 0,000 2 à 0,018 46 gr. par litre.

L'aluminium serait un engrais de choix pour le végétal. Andouard (1895) étudie comparativement le phosphate d'alumine du Grand-Connétable et les principaux phosphates de chaux fossiles connus. Chaque engrais est donné à la plante de façon à contenir un poids uniforme d'acide phosphorique : 1 pour 1000. Toutes les plantes germées sur le phosphate d'alumine prennent un développement majeur (double pour la Balsamine). — La floraison est plus précoce, la fructification plus parfaite, le nombre de semences récoltées plus grand.

Cinq corps décelés dans l'eau de mer restent à examiner. Ce sont le strontium, le rubidium, le césium, l'or, le cobalt. Ces cinq corps n'ont jamais été, au moins à notre connaissance, décelés à l'état normal chez les Vertébrés élevés. Toutefois la présence de trois d'entre eux (strontium, rubidium, césium) y peut sembler à peu près certaine, pour les raisons que nous allons exposer.

Strontium.

Sa présence probable chez les organismes supérieurs. — Trois raisons :

1° Une parenté chimique étroite lie le calcium, le baryum et le strontium. L'existence du calcium et du baryum chez les organismes supérieurs paraît devoir entraîner *a priori* celle du strontium.

2° Le strontium, introduit chez les Vertébrés supérieurs à des doses relativement élevées, non seulement y est dépourvu de

toxicité, mais s'y comporte d'une façon vitale, favorise la nutrition générale et est fixé en abondance par certains tissus.

Papillon (1875) soumet deux Pigeons, le premier à un régime comprenant : 1° eau distillée, additionnée de chlorures, carbonates, sulfates et nitrates de potassium et de sodium dans la proportion de 1,5 pour 1000; 2° Blé roulé dans une pâte fine obtenue avec du phosphate de strontium pur; 3° liquide précédent additionné d'un peu d'acide chlorhydrique; le second Pigeon à un régime comprenant : 1° eau distillée, additionnée des sels de l'eau ordinaire, moins ceux de chaux; 2° Blé roulé dans une pâte fine de phosphate et carbonate de magnésium mélangés. — Le régime dure sept mois. Les deux animaux présentent une vie normale. Ils sont sacrifiés au bout de ce temps et leurs os calcinés. — Or, ces os donnent :

Premier Pigeon.		Deuxième Pigeon.	
Chaux.	46,75	Chaux. . . .	51,76
Strontiane.	8,45	Magnésie . .	1,81
Acide phosphorique.	41,8		
Phosphate de Mg. .	1,8		
Résidu.	1,1		
	99,8		

Le premier Pigeon alimenté au strontium a donc fixé ce métal, comme le deuxième Pigeon a fixé le magnésium. Papillon fait remarquer que cette fixation des deux métaux est proportionnelle à leur poids atomique :

1,81 Mg : 8,45 St :: 24 (P. a. Mg) : 87,5 (P. a. St).

Le strontium entre donc avec facilité dans le cycle organique, sans que sa présence détermine aucun accident [1].

Laborde (1890-1891) ajoute à la ration journalière d'un Chien de 10 kilogrammes, pendant 111 jours, une dose de 5,8 gr. d'orthophosphate de strontium. Le strontium métallique ainsi absorbé s'élève à 2 grammes environ par jour. Au bout de 111 jours, 645 grammes d'orthophosphate de strontium, soit 220,6 gr. de strontium métallique, sont ingérés. Non seulement cette ingestion « ne provoque aucun accident, mais elle provoque, au contraire, des effets favorables à la nutrition générale. Ces effets se traduisent par une excitation, de l'appétence, presque toujours

1. Constatation identique sur le végétal.

Haselhoff (1893), ayant en vue l'utilisation d'eaux et de déchets industriels chargés de strontiane, s'adresse à l'expérience pour savoir si la strontiane n'exerce pas d'influence nuisible sur la végétation. Il opère sur l'Orge, le Haricot, la Féverole, le Maïs. Deux séries d'expériences sont effectuées, l'une dans des pots remplis de terre, l'autre dans des solutions nourricières. La *terre* avait reçu 2 pour 100 d'engrais artificiels, puis dans un cas, 2 pour 100 de calcaire en plus, dans l'autre, 2 pour 100 de carbonate de strontium. Les *solutions nourricières* renfermaient soit du nitrate de calcium, soit du nitrate de strontium. Les conclusions sont :

1° La strontiane ne nuit pas au développement des plantes.

2° La strontiane est absorbée par les plantes et paraît y remplacer la chaux.

3° Cette substitution de la strontiane à la chaux ne paraît avoir lieu que quand la chaux et les autres aliments du sol ne suffisent plus au développement des végétaux.

un accroissement de poids, la facilitation et l'augment des phénomènes d'assimilation et de nutrition. » L'animal sacrifié présente tous ses organes sains. L'urine et le foie donnent des traces indosables de strontium. Comme pour le baryum tout à l'heure, l'os l'a fixé dans des proportions élevées. 100 parties de cendres des os renferment 0,650 de strontium métallique. — A la suite de ces travaux, LABORDE (1891) cite les excellents résultats thérapeutiques obtenus par GERMAIN SÉE dans des dyspepsies douloureuses, où le bromure de strontium donne des résultats si favorables qu'il le substitue aux carbonates alcalins.

FÉRÉ (1891) le substitue au bromure de potassium. HERBERT et PEYROT (1892) effectuent des recherches sur des malades ayant succombé au cours de ce traitement. Le foie, les muscles, la peau, les reins, la rate, le cerveau contenaient de 0,8 à 1,64 de bromure de strontium pour 1000 de tissu. Les accidents généraux d'intoxication, et surtout les accidents cutanés, au cours de ce traitement, étaient moindres avec le bromure de strontium qu'avec le bromure de potassium.

On voit en définitive la facilité avec laquelle le strontium entre dans le cycle organique, et les effets favorables qu'il peut produire non seulement sur l'organisme à l'état pathologique, mais sur l'animal sain, normal. Sa façon de se comporter est celle d'un corps vital [1].

5° Le strontium est actuellement reconnu chez les organismes inférieurs. Il y accompagne le calcium. DIEULAFAIT (1877) le décèle avec la plus grande facilité par l'analyse spectrale dans toutes les parties calcaires des organismes marins, sans qu'il soit besoin d'employer jamais plus d'un centigramme de matière à cet effet. — Il fait également partie constitutive de *Fucus vesiculosus* (FORCHHAMMER, 1865).

Sa présence, à l'état normal, chez les organismes supérieurs, peut donc sembler plus que probable.

Rubidium, Césium.

LEUR PRÉSENCE PROBABLE CHEZ LES ORGANISMES SUPÉRIEURS. — Quatre raisons :

1° Une parenté chimique étroite lie entre eux le potassium, le sodium, le lithium, le rubidium, le césium, qui constituent le groupe des métaux alcalins. La présence des trois premiers métaux chez les organismes supérieurs tend à entraîner celle des deux autres.

2° Le rubidium et le césium font partie constitutive de végé-

1. Les effets d'excitation, d'appétence, décrits par LABORDE sur son Chien, sont ceux mêmes que nous avons relevés sur les nôtres d'une façon invariable après les injections marines.

taux, dont un au moins (la Betterave) est un aliment de choix pour des Vertébrés supérieurs (Herbivores).

Bien que peu de recherches biologiques aient été effectuées sur ces deux corps rares, on connaît déjà l'importance du rubidium chez la Betterave où le césium l'accompagne également.

Grandeau (1863) dose le rubidium dans les salins de Betterave. 1700 kilogrammes de Betterave du nord de la France donnent 100 kilogrammes de sucre brut, plus 50 kilogrammes de mélasse; on retire de ces 50 kilogrammes de mélasse 12 litres d'alcool à 56°, et le résidu incinéré fournit 5,5 kilogrammes de salins. Grandeau, analysant simplement ces salins, trouve un taux de 1,87 pour 1000 de chlorure de rubidium. Le rubidium est au potassium dans le rapport de 1 à 3000, proportion relativement très forte. — Dubrunfaut (cité par von Lippmann, 1889) signale également le césium dans les cendres de la Betterave; Lippmann (1889) l'y rencontre encore. — Comme ces métaux doivent être engagés dans des combinaisons comparables à celles du potassium et du sodium, leur assimilation par les Herbivores, pour lesquels la Betterave constitue un aliment de choix, ne peut guère être douteuse.

Cette présence du rubidium dans la Betterave n'est pas un fait isolé. Grandeau (même travail) le décèle encore par l'analyse spectrale dans le Raisin, le Tabac, la Coca où il est très visible, dans le Thé où il est très abondant, dans le Café où il l'est davantage encore. — Casoli (1897) le dénote avec facilité également dans les cendres de plantes à fruits acides: Orangers, Vignes; avec plus de difficulté dans les plantes à semence farineuse (ces plantes issues d'un terrain dont les eaux contiennent du césium).

3° Les sels de rubidium injectés intra-veineusement à un Vertébré supérieur montrent une toxicité moins forte que les mêmes sels de potassium.

Dans un travail accompli avec le concours de Claude Bernard, Grandeau (1864) injecte intra-veineusement le Lapin et le Chien de sels de rubidium, de sodium et de potassium (chlorures). Le chlorure de rubidium montre une toxicité beaucoup moins forte que le chlorure de potassium, ainsi qu'en fait foi le tableau suivant:

Animal d'expérience.	Durée de l'injection intraveineuse.	Chlorure injecté.	Dose.	Volume de dissolution.	Effets.
Lapin (en digestion).	0m 30″	Rubidium. . .	0,66	5	Nul.
Chien — .	1m 30″	— . . .	1, »	15	—
— — .	1m 20″	Sodium. . . .	1, »	15	—
Lapin — .	0m 30″	Potassium . .	0,25	3,5	Mort foudroyante.
Chien — .	1m 20″	— . .	1, »	15	—

4° Enfin, comme le strontium, — le césium et le rubidium sont déjà signalés comme constitutifs d'organismes inférieurs. Sons-

TADT (1870) les a reconnus par l'analyse spectrale dans les coquillages recueillis sur les bords de la mer (Huîtres notamment).

Il semble donc bien pour le strontium, le rubidium et le césium que leur présence normale ne pourra manquer d'être reconnue chez les organismes supérieurs.

Restent à examiner deux corps : l'or et le cobalt.

Or

L'or n'a jamais été décelé jusqu'ici dans aucun tissu vivant, animal ni végétal. Mais son emploi thérapeutique, oublié aujourd'hui, présente des particularités curieuses. L'or, introduit dans l'organisme, s'y comporte d'une façon typique, *vitale*, comme nous avons vu tout à l'heure s'y comporter le strontium; les effets généraux qu'il détermine paraissent être ceux d'un corps participant essentiellement à la vie. Il semble agir sur les fonctions physiologiques, comme le fluorure de potassium agit sur la levure, comme le manganèse agit sur les oxydases, comme l'extrait thyroïdien agit sur le myxœdémateux, comme l'arséniate de potasse agit sur *Sticococchus bacillaris* ou *Schizothrix lardacea*. Chez la levure, chez l'oxydase, chez *Sticococchus* ou *Schizothrix*, l'expérimentation montre avec netteté l'activité du phénomène vital, fonction de la présence de certains corps vitaux. Absence de ces corps : apathie de la vie; addition de ces corps : reprise et suractivité. Il semble donc permis, quand on voit l'introduction d'un corps dans un organisme, y déterminer, non pas des accidents toxiques ou de l'affaiblissement, mais au contraire, une stimulation générale, avec appétence, gaîté, nutrition et assimilation favorisées, etc., de supposer que ce corps est d'abord un corps vital, et que son action résulte d'un vide organique qu'il comble, d'une pauvreté à laquelle il remédie. On sait qu'un régime uniforme, dans les prisons par exemple, ne peut être prolongé sans entraîner une débilité organique que l'énergétique est incapable d'expliquer. Le prisonnier reçoit une ration suffisante pour subvenir aux calories qu'il dépense. L'inanition dont il dépérit n'est donc ni azotée, ni hydrocarbonée. Elle porte par conséquent sur des corps indéterminés, peut-être infinitésimaux, et dont seule une nourriture très variée était capable d'assurer le renouvellement et le maintien. Une quantité innombrable de circonstances connues et inconnues peuvent réaliser cette inanition particulière sur un organisme, à l'état de nature. Le goitre (myxœdème) paraît ainsi lié à un défaut d'iode thyroïdien (peut-être d'arsenic?) ; l'anémie à un défaut de fer (peut-être de manganèse). Tout montre que le *milieu vital* d'un organisme, c'est-à-dire comme nous le définissions page 91, le liquide de culture des cellules organiques, peut, comme le simple bouillon de culture d'une levure, manquer d'un élément indispensable à sa prospérité. Un élément ingéré à dose notable, quotidienne, soutenue (comme le strontium, dans l'expérience de LABORDE), et que des effets favorables suivent, peut donc parfaitement agir comme agissent le fluorure de potassium sur la levure d'EFFRONT, le manganèse sur l'oxydase de BERTRAND, l'extrait thyroïdien sur le myxœdème, l'arsenic sur les cultures de BOUILHAC, le fer sur l'ané-

mie, et montrer par là qu'il est, ce qu'est chacun de ces corps, un corps vital de l'organisme.

Nous allons voir que les effets physiologiques de l'or sur l'organisme humain paraissent en tout comparables à ceux du fluorure de potassium, du manganèse, de l'arsenic, etc., sur les matières vivantes signalées.

D'après Duméril et Roux, rapporteurs d'un mémoire de Legrand (1837, *C. R.*, **4**, 521), l'or « compte au nombre des plus puissants modificateurs de l'économie animale. Depuis les Arabes, qui en ont, les premiers, recommandé l'usage intérieur, il n'a pas cessé d'être considéré comme un des excitants les plus énergiques... Les préparations aurifères possèdent au plus haut degré la propriété ***excitante***, et les phénomènes graves qui pourraient résulter de leur usage trop peu calculé, ont seulement le caractère d'une ***stimulation générale*** portée à l'excès... Elles ne produisent ***aucune perturbation comparable*** à celles produites par les sels d'antimoine, d'arsenic ou de mercure. »

Legrand (1827, 1837, 1842), reprenant les vues de Chrétien, de Montpellier, rassemble par centaines des faits, « montrant sinon l'efficacité constante des préparations d'or contre les maladies syphilitiques, du moins que dans beaucoup de cas, la méthode aurifère peut être substituée avec avantage aux autres méthodes de traitement antisyphilitiques ». Il obtient d'excellents effets également sur les scrofules des parties molles.

Dans une Note de 1838, intitulée « De l'action des préparations d'or sur notre économie, et plus spécialement sur les organes de la digestion et de la nutrition », Legrand écrit ces lignes d'un vif intérêt : « Je crois avoir établi par des faits que l'or métallique, réduit en poudre impalpable, que les oxydes de ce métal, et qu'enfin le perchlorure d'or et de sodium, possèdent à un haut degré la propriété de ***relever les forces vitales, et surtout de rendre aux organes de la digestion et de la nutrition l'activité de leurs fonctions,*** dans les cas, du moins, où le dérangement de cette fonction dépend d'un état de faiblesse et non d'une lésion organique. Quoique les préparations d'or aient été employées contre des maladies pour lesquelles on fait habituellement usage des préparations mercurielles, ***l'action qu'exerce sur l'économie de l'homme ces deux sortes de médicaments, est loin d'être la même.*** S'il fallait établir quelque analogie entre les effets des préparations d'or et ceux de quelque autre agent thérapeutique,

les préparations ferrugineuses seraient celles qu'on en pourrait le mieux rapprocher. »

Répondant à DANGER et FLANDIN, qui plaçaient l'or et ses sels au rang des poisons métalliques, LEGRAND dit encore (1845) « avoir employé l'or dans les affections scrofuleuses, souvent à très hautes doses, sans avoir jamais vu se développer aucun accident par suite de son administration ». Il ajoute : « Je ne crains pas de dire que l'introduction de ce métal, comme médicament, dans l'économie, n'entraîne pas plus de danger que l'introduction du fer[1]. »

MAYENÇON et BERGERET (1875) confirment les résultats de LEGRAND : état général bon, appétit augmenté, aucune souffrance, aucun malaise, aucune fièvre, après administration de chlorure d'or à leurs syphilitiques. L'intérêt de leur travail est dans l'impossibilité où ils sont de déceler une trace d'or (procédé donnant le $\frac{1}{575\,000}$) dans l'urine de leurs malades. L'or serait-il fixé? — Ils injectent intra-musculairement deux Lapins de $0^{gr},027$ de chlorure d'or par kilogramme d'animal : aucune toxicité, aucun malaise, appétit, etc. Ils font absorber $0^{gr},08$ du même sel à un autre Lapin. Loin que l'animal en soit incommodé, le lendemain, 23 heures après l'absorption, « il court très vivement dans le laboratoire ; et à trois, nous avons de la peine à le saisir[2] ». Sacrifié, il montre un tube digestif normal, sans aucune lésion, ni inflammation, tous les organes parfaits. Le foie seul est volumineux, hyperhémié.

Ces faits, et ces effets, sont sans doute insuffisants pour conclure à l'existence de l'or organique, mais ils la rendent probable.

Cobalt.

La seule indication que nous possédions sur le cobalt est celle que nous avons donnée au paragraphe I, p. 254 : sa découverte par FORCHHAMMER (1865) dans les cendres de *Zostera marina*. De

---

1. On verra par la suite que les résultats obtenus par LEGRAND dans la scrofule des parties molles et la syphilis, sont obtenus également par l'injection sous-cutanée d'eau de mer; le mode d'action des deux traitements paraît en quelque sorte être analogue.

2. Répétons, comme pour le strontium, que ces effets de suractivité sont ceux mêmes que nous avons toujours constatés chez l'organisme animal ou humain après les injections marines.

même qu'il n'a pas été reconnu directement dans l'eau de mer, il ne l'a pas encore été, au moins à notre connaissance dans l'organisme animal.

Résumé de la composition minérale du milieu vital des Vertébrés **les plus élevés. — Analogie frappante de composition** avec **l'eau de mer.** — Ainsi, dans de premières analyses portant sur les matériaux les plus apparents du *milieu vital*, nous n'avions tout au plus établi la présence, dans celui-ci, que des corps suivants :

1. En première ligne : Chlore et Sodium ;
2. En seconde ligne : Potassium, Calcium, Magnésium, Soufre ;
3. En troisième ligne : Phosphore, Carbone, Silicium, Ammonium, Fer, Fluor.

Ces corps, ainsi répartis, figuraient déjà, il est vrai, la composition fondamentale de l'eau de mer. Mais dix-sept autres corps, décelés dans la mer, devaient encore *a priori*, si l'hypothèse était exacte, exister dans le milieu organique. Aucun de ces corps n'y était admis par les classiques, qui limitaient à douze ou quinze le nombre total des éléments suffisant à la vie. — Or, et en nous servant simplement des travaux aujourd'hui publiés, nous venons de reconnaître l'existence dans l'organisme et par conséquent dans le *milieu vital*, de 12 corps nouveaux, sur ces 17 prévus par l'hypothèse. Ce sont :

4. Iode, Brome, Manganèse, Cuivre, Plomb, Zinc, Lithium, Argent, Arsenic, Bore, Baryum, Aluminium.

Le tableau qui suit résume donc dans l'état actuel des connaissances la composition du *milieu vital* des organismes les plus élevés, les plus éloignés de la souche marine (Vertébrés supérieurs) :

1. Chlore, Sodium ;
2. Potassium, Calcium, Magnésium, Soufre ;
3. Phosphore, Carbone, Silicium, Azote (Ammonium), Fluor, Fer, Iode, Brome, Manganèse, Cuivre, Plomb, Zinc, Lithium, Argent, Arsenic, Bore, Baryum, Aluminium.

Les deux corps du premier groupe forment, à eux seuls, les 90 centièmes environ des sels dissous ; les quatre corps du second groupe, forment ensemble 7 ou 8 centièmes ; les dix-huit

corps du troisième groupe, forment presque tout le reste, — la majorité de ces derniers corps n'existant dans le *milieu vital*, comme dans l'eau de mer, qu'à des doses extraordinairement réduites.

La ressemblance avec la composition de l'eau de mer est maintenant frappante. L'eau de mer (abstraction faite de l'hydrogène et de l'oxygène, dont nous ne tenons jamais compte ici), renferme vingt-neuf corps. Vingt-quatre de ces corps, dans l'état présent des connaissances, concourent également à former le *milieu vital* des organismes les plus élevés, les plus éloignés de la souche marine, ***tous ces corps se trouvant entre eux, tant dans l'eau de mer que dans le milieu vital, dans un rapport quantitatif remarquablement voisin.***

Des cinq corps marins non encore reconnus dans l'organisme, trois : le STRONTIUM, le RUBIDIUM et le CÉSIUM y existent plus que probablement. L'OR y est vraisemblable. Sur le COBALT seul, nous sommes sans renseignements. Encore faut-il remarquer que la seule analyse que nous possédions sur le cobalt marin est une analyse physiologique (*Zostera marina*). Il entre donc déjà quelque part en combinaison organique.

La démonstration chimique de l'hypothèse marine peut sembler effectuée.

Conséquences étrangères et immédiates. — Elle a eu occasionnellement cet intérêt de donner droit de cité dans l'organisme à onze nouveaux corps qu'on se refusait à y admettre, pour des raisons sans doute illégitimes, mais explicables. Le nombre des corps vitaux passe subitement à vingt-six. Cinq autres sont prévus.

Elle a eu, encore et surtout, cet intérêt de faire prévoir le rôle que peuvent jouer dans le milieu animal certains corps qui n'y existent qu'à des doses tout à fait infinitésimales. Rappelons une fois encore que l'hypothèse marine prévoyait ces doses et ces doses seules.

On sent l'élargissement du domaine organique qui résulte de cette acquisition. Non seulement des corps nouveaux se révèlent, sur lesquels nous ignorons tout; non seulement d'autres encore se font prévoir; mais la physiologie de ces corps, d'une importance probablement considérable, s'annonce comme infinitésimale.

Ce n'est exprimer là rien de gratuit. Les travaux de BAUMANN et de sa suite, sur l'iode, de GABRIEL BERTRAND sur le manganèse, de BOUILHAC, d'ARMAND GAUTIER sur l'arsenic, légitiment, d'une façon suffisante, ce mode de voir.

PARAGRAPHE IV

La composition minérale des aliments naturels n'explique pas, chez les Vertébrés supérieurs, la composition marine du milieu vital.

On vient d'établir dans le paragraphe précédent l'analogie étroite de composition minérale entre l'eau de mer et le *milieu vital* des organismes les plus élevés. Une objection était possible. Cette analogie ne résulterait-elle pas d'une rencontre? Ne serait-elle pas le simple fait de l'alimentation naturelle, imposant par le hasard de sa composition minérale, une composition organique voisine de celle de l'eau de mer?

A cette objection, deux réfutations, — qui vont établir avec netteté que la composition marine du *milieu vital* n'est pas explicable par la composition minérale de l'alimentation.

PREMIÈRE RÉFUTATION

Des quatre grands départements organiques : milieu vital, matière vivante, matière morte, matière sécrétée, qui, tous, tirent leurs principes constituants de l'alimentation générale, seul, le milieu vital offre la composition minérale de l'eau de mer.

Reportons-nous au Chapitre I de cette Deuxième Partie, p. 85. L'organisme y a été démontré se diviser en quatre grands départements : 1° *matière vivante*, ou ensemble de toutes les cellules douées de vie de l'organisme; 2° *milieu vital*, ou ensemble des plasmas extra-cellulaires (sanguin, lymphatique, interstitiel, etc.) baignant toutes ces cellules; 3° *matière morte*, ou ensemble des productions cellulaires ne jouant plus dans l'organisme qu'un rôle purement physique, d'union, d'isolement, de protection ou de soutien; 4° *matière sécrétée* (ou excrétée), ou ensemble des sécrétions cellulaires en vue des besoins organiques.

Or, si nous étudions les compositions minérales de la *matière vivante*, de la *matière morte*, de la *matière sécrétée*, nous voyons

que ces compositions sont entièrement différentes de celles du *milieu vital*. Seul le *milieu vital* offre la composition minérale de l'eau de mer. La *matière vivante*, la *matière morte*, la *matière sécrétée* ont chacune une ou des compositions salines tout à fait spéciales, ainsi que vont le montrer les analyses suivantes.

Analyses :

Composition minérale de la matière vivante.

A. — Tissu musculaire.

1. — Analyses d'auteurs divers (*in* Garnier, 1895, p. 472). — Calculs établis pour 100 parties de cendres :

Sels.	Bœuf STOELZEL.	Cheval WEBER.	Veau STAFFEL.	Porc ECHEVARIA.	Morue [1] ZEDELER.
Acide phosphorique. .	34,36	46,74	48,15	44,47	16,78
Potasse.	35,94	39,40	34,40	37,79	3,70
Soude.	»	4,86	2,35	4,02	4,26
Magnésie	3,31	3,88	1,45	4,81	3,27
Chaux.	1,75	1,80	1,99	7,54	40,22
Sodium	»	1,47	10,39	0,40	15,11
Chlore	4,86			0,62	
Acide sulfurique . . .	3,37	0,30	»	»	1,64
Silice	2,07	»	0,81	»	»
Acide carbonique. . .	8,02	»	»	»	15,56
Potassium	5,36	»	»	»	»
	99,02	98,45	99,72	99,65	98,54

1. Cette analyse tout à fait hétérogène du tissu musculaire de la Morue n'est pas confirmée par le travail récent de J. Katz (voir plus loin), où seule la proportion du chlore tranche sur les analyses de muscle des autres animaux.

2. — Analyses Champion et Pellet (1876). — Calculs établis pour 100 parties de cendres :

Sels.	Homme de 31 ans. Mollet.	Bœuf.	Veau.	Poule.		Poissons de mer, Raies, Anguilles, etc.
Acide phosphorique	37,5	39,5	39,9	36,5	36,5	34,5
Potasse	28 »	37 »	25 »	30,3	31,5	21,8
Soude	22,9	14,5	25,6	20,5	16,9	14,9
Chlore	8,4	5 »	4,6	7,2	8,9	11,4
Chaux	2 »	1,3	1,95	3,2	3,3	15,2
Magnésie	3,1	3,3	3,4	3,8	4,5	3,9
Acides carbonique et sulfurique	traces.	0,5	traces.	traces.	traces.	traces.
Pertes	»		0,57	»	0,6	»
	101,9	101,1	101,02	101,5	102,0	101,7
A déduire : Oxygène pour chlore.	1,9	1 »	1,02	1,5	2 »	2,6

3. — Analyse Bunge (*in* Garnier, 1893, p. 473). — Matières minérales : 13,5 pour 1000 de chair fraîche. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Bœuf.
Acide phosphorique	34,49
Potasse	34,35
Soufre	16,31
Soude	5,67
Chlore	4,95
Magnésie	3,05
Chaux	0,63
Oxyde de fer	0,42
	99,85

4. — Analyses Bibra (*in* Garnier, 1893, p. 472). — Calculs établis pour 100 parties de cendres (voir ci-contre, p. 325).

5. — Analyses récentes Julius Katz (1896). — Matières minérales, moyenne : 13,5 pour 1000 de muscle frais ; valeurs extrêmes, 10 (Anguille), 17,1 (Poulet)[1]. — Voir ci-contre, p. 325.

1. Morue : 15,96 pour 1000

4. — Analyses Bibra (*in* Garnier, 1893, p. 472). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	Homme. Membres.	Femme. Pectoraux.	Femme. Cœur.	Enfant. 8 jours.	Bœuf.	Chevreau.	Renard.	Chat.	Poule. Pectoraux.	Faucon.	Carpe.	Perche.	Grenouille.
Phosphates alcalins. .	72,95	65,58	84,15	81,44	76,80	72 »	74,08	74,13	84,72	46,15	44,19	54,59	64 »
Phosphates terreux. .	15,05	21,12	10,55	10,19	16,4	20,6	24,4	20,7	13,89	41,97	42,20	44,54	25 »
Chlorures alcalins . .	10,50	13,44	5,35	6,55	6,50	1 »	1,02	3,17	1,59	7,58	1,31	1,27	11 »
Sulfates alcalins . . .	1,72	1,86	traces.	2,04	0,30	»	2,50	»	traces.	4,50	12,50	»	»
Carbonate de soude .	»	»	»	»	»	»	»	2 »	»	»	»	traces.	traces.
	100,00	100 »	99,99	100 »	100 »	93,6	102 »	100 »	100 »	100 »	100 »	100 »	100 »

5. — Analyses Julius Katz (1896). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	Homme.	Porc.	Bœuf.	Veau.	Cerf.	Lapin.	Chien.	Chat.	Poule.	Grenouille.	Morue.	Anguille.	Brochet.
Acide phosphorique. . .	55,77	56,84	51,57	54,70	40,61	59,92	56,76	55,87	55,95	57,07	22,42	40,50	54,94
Potasse	29,61	25,12	35,56	31,58	28,86	35,05	28,20	33,50	32,76	32,28	28,86	29 »	36,10
Soufre.	15,92	15,45	15,08	15,58	15,10	13,71	16,35	16,01	17,08	14,19	15,97	15,50	15,70
Soude.	8,2	15,88	7,09	8 »	6,81	4,62	9,15	7,15	7,49	6,44	9,52	4,50	2,81
Chlore.	5,58	5,66	4,51	4,76	2,85	5,51	5,75	4,48	5,51	3,49	17,35	5,40	2,50
Magnésie	2,7	3,55	3,22	3,45	3,45	3,24	2,8	3,45	3,57	3,59	3,15	2,90	3,67
Chaux.	0,82	0,85	0,25	1,58	0,95	1,78	0,64	0,88	0,87	2,54	2,22	5,50	4,05
Oxyde de fer	1,61	0,65	2,82	0,85	1,07	0,52	0,42	0,95	0,75	0,78	0,57	0,80	0,45
	100,01	99,96	99,90	100,28	99,66	100,35	100,05	100,27	99,96	99,88	100,04	99,9	99,98

Analyses auxquelles on peut joindre ces trois autres concordantes :

6. — Analyse Armand Gautier (1897, p. 274). — Matières minérales pour 1000 de muscle frais :

Acide phosphorique	3,4 à 5 »
Potasse	3 » à 3,9
Soude	0,4 à 0,7
Chlore	0,5 à 0,7
Chaux	0,9 à 0,18
Magnésie	0,4 à 0,45
Oxyde de fer	0,03 à 0,1
Soufre total (dosé à l'état de sulfate)	2,2

7. — Analyse Armand Gautier (*id.*, p. 276). — Matières minérales du bouillon de viande. — Un kilogramme de viande moyenne de Bœuf donnant 2,5 litres de bouillon, chaque litre comprenant $4^{gr},19$ de sels. — Proportions calculées pour 100 parties de cendres :

Phosphate de potassium	61,8
Chlorure de potassium	17,1
Sulfate de potassium	8,3
Phosphate de magnésium	5,4
Phosphate de calcium	2,8
Phosphate de fer	0,4
Chlorure de sodium	3,5
	99,3

8. — Analyse Ch. Richet (1900). — Matières minérales du « sérum musculaire »[1] : 8,9 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Bœuf.
Acide phosphorique	35,39
Potasse	30,56
Chlore	10,11
Soude	7,86
Acide sulfurique	1,68
Pertes (surtout chaux)	14,38
	99,98

1. « Sérum musculaire » ou liquide d'expression de la chair fraîche. Avec une forte presse (25 kg. par centimètre carré), Richet obtient par première expression 33 pour 100 de ce liquide, — avec de la viande congelée et plusieurs expressions, 50 pour 100. — Point de congélation de ce « sérum » : $-0^{o},60$ à $-0^{o},70$. — Remarquons que les termes de *plasma* et de *sérum* appliqués au liquide intracellulaire du muscle, devraient être abandonnés, et exclusivement réservés aux liquides extra-cellulaires de l'organisme. De mêmes termes cesseraient ainsi de désigner des liquides entièrement opposés, l'un (plasma ou sérum musculaire) comptant au groupe de la *matière vivante*, l'autre (plasma ou sérum sanguin, lymphatique, etc.) au groupe du *milieu vital*.

B. — Tissu nerveux.

Cerveau. — Analyses Geoghegan (*in* Garnier, 1895, p. 555, et Arm. Gautier, 1897, p. 316). — Matières minérales : 2 à 7 pour 1000 de cerveau frais. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Acide phosphorique	29,7	24,7
Potassium	20,5	27 »
Chlore	14,7	18,8
Sodium	15,7	15,8
Acide carbonique	8,7	5,8
Phosphate de fer	5,1	5,5
Acide sulfurique	4,9	1,3
Magnésium	2,1	1,2
Calcium	0,7	0,5
	99,9	98,2

Le procédé d'analyse de Geoghegan évite l'acide phosphorique dû à l'incinération de la lécithine, abondante dans le tissu nerveux.

C. — Tissu hépatique.

Foie. — Analyses Oidtmann (*in* A. Gautier, 1897, p. 325). — Matières minérales : 10 pour 1000 d'organe frais. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Homme.	Enfant.
Acide phosphorique	50,18	42,75
Potasse	25,25	34,72
Soude	14,51	11,27
Chlore	2,58	4,21
Chaux	3,61	0,35
Oxyde de fer	2,74	5,45
Autres oxydes métalliques	0,16	
Acide sulfurique	0,92	0,91
Silice	0,27	0,18
Magnésie	0,2	0,07
	100,40	99,89

D. — Tissu splénique.

Rate. — Analyses Oidtmann (*in* Gorup Besanez, 1880, II, 224). — Matières minérales : 5 à 9,5 pour 1000 d'organe frais. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Acide phosphorique	27,1	29,45
Soude	44,3	35,32
Potasse	9,6	17,51
Chaux	7,48	7,3
Oxyde de fer	7,28	5,82
Acide sulfurique	2,54	1,44
Chlore	0,39	1,51
Magnésie	0,44	1,02
Silice	0,17	0,72
Oxydes métalliques	0,14	0,10
	99,64	99,99

E. — Pour le thymus, où les matières minérales seraient très rares (0,2 pour 1000 d'organe frais), A. Gautier (1897, p. 528) donne celles-ci comme principalement riches en phosphate de potassium et de magnésium[1].

F. — Enfin les analyses suivantes, effectuées, les premières sur la levure (*in* Duclaux, 1883, *Encycl. chim. Frémy*; *Chim. biol.*, p. 525), la seconde sur l'Algue d'eau douce (V. Jodin, 1888) montrent à l'autre extrémité du monde organique une composition minérale de la *matière vivante* tout à fait analogue à ce qu'elle est chez les Vertébrés supérieurs.

1. — Levures. — Pour 100 parties de cendres :

Sels.	Belohonbek	Levure haute.	Levures basses. Béchamp		Levures basses. Liebig	
Acide phosphorique. . .	51,09	46,9	53,9	53,4	44,7	48,5
Potasse.	38,68	36,3	28,8	31,5	29,1	30,6
Magnésie.	4,16	5 »	6,5	3,8	4,2	4,2
Chaux	1,99	1,3	2,5	2,4	2,4	2 »
Soude.	1,82	0,2	1,9	0,8	2,4	»
Silice.	»	1,8	»	»	14,4	»
Acide silicique	1,60	»	»	»	»	»
Chlore	0,03	»	»	»	»	»
Chlore et soufre . .	»	traces.	6,4	5 »	traces.	traces.
Acide sulfurique	0,57	»	»	»	»	»
Oxyde de fer (et pertes).	0,06	4,1	7,3	2,7	2,1	»
Protoxyde de manganèse	traces.	»	»	»	»	»
	100,00	95,16	105,3	99,6	99,3	85,3

1. Donnons encore, mais à part, l'analyse du caillot sanguin. Le globule rouge, surtout le globule rouge sans noyau, ne peut pas être considéré comme de la *matière vivante*. Nous n'avons pu relever d'analyses de globules rouges nucléés.

Caillot du Cheval. — Analyse Weber (*in* Gorup Besanez, 1880, I, 508). — Proportions pour 100 parties de cendres.

Chlorure de potassium	29,87
Chlorure de sodium.	17,36
Potasse	22,36
Acide phosphorique.	10,64
Soude.	3,55
Chaux.	2,58
Acide carbonique	2,17
Magnésie	0,53
Silice	0,42
Acide sulfurique.	0,09
	89,57 (?)

On trouvera les analyses Schmidt, Strecker, Hoppe Seyler, Bunge, *in* Armand Gautier, 1897, p. 355, et Viault et Jolyet, 1894, p. 65.

2. — Algue d'eau douce. — Pour 100 parties de cendres :

Acide phosphorique	41,95
Potasse	30,10
Acide silicique	12,31
Magnésie	4,05
Chaux	4,05
Acide sulfurique	3,55
Acide chlorhydrique	2,84
Matières indéterminées	1,21
	100,00

Si l'on fait abstraction des quelques différences proportionnelles, accusées dans les analyses qui précèdent, la *matière vivante* se révèle donc comme ayant une composition minérale tout à fait typique, et complètement différente de celle du *milieu vital*. Tandis que le sel dominant du *milieu vital*, comme de l'eau de mer, est le chlorure de sodium (chlore et sodium, 85 à 90 centièmes des sels totaux), le sel dominant de la *matière vivante* est le phosphate de potassium (acide phosphorique et potasse, 64 centièmes des sels totaux, — chiffre moyen).

Composition minérale de la matière morte. — 1° Matière morte, chez les Vertébrés.

A. — Origine mésenchymateuse[1].

1. Mettons à part l'analyse du cartilage. Nous avons vu, page 100, que le cartilage est imbibé par le *milieu vital*, au point qu'un cartilage peu calcifié n'est simplement qu'une matière organique trempée des sels de ce milieu (voir analyse Bunge, p. 101). Dans toutes les autres analyses de cartilages plus calcifiés, on retrouve toujours les sels typiques du *milieu vital*, dans une proportion qui va décroissant selon le degré de la calcification. Or, ces sels du *milieu vital* ne comptent pas en réalité à l'actif du cartilage pur. D'autre part, l'analyse est encore troublée par l'incinération de la matière organique. Les sulfates, particulièrement le sulfate de calcium, ne préexistent pas dans le cartilage et proviennent de l'incinération. « L'acide sulfurique résulte de l'oxydation du soufre de la matière organique et se combine avec la chaux qui provient d'une combinaison quelconque transformée par la calcination en carbonate calcaire (Garnier, 1893, p. 653). » Ces réserves faites, donnons les analyses qu'on possède des cartilages.

Matières minérales du cartilage : 22,4 à 72,9 pour 1000, de l'enfant à l'Homme adulte. — Proportions pour 100 parties de cendres (analyses Bibra, 1844, *in* Garnier, 1893, p. 652).

Sels.	Enfant. 6 mois.	Enfant. 2 ans.	Fille. 19 ans.	Femme. 25 ans.	Homme. 40 ans.
Sulfate de calcium	50,68	48,68	92,41	87,52	79,05
Phosphate de calcium	20,86	21,53	5,36	6,33	15,09
Phosphate de magnésium	9,88	8,88	0,99	4,10	3,78
Sulfate de sodium	9,21	10,93	1,24	0,95	1,22
Phosphate de sodium	traces.	3 »	traces.	traces.	0,93
Carbonate de sodium		»	»		traces.
Chlorure de sodium	9,37	7,18	traces.	1,30	1,95

1. — Os. — Analyses A. Carnot (1893). — Matières minérales : 600 à 650 pour 1000 de l'os. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	Homme.	Bœuf.	Lamentin.	Éléphant.	Serpent.	Tortue.	Crocodile.	Varan.
	Fémur.	Tibia.	Côte.	Fémur.		Os.	Os.	Os.
Phosphate de chaux. . .	87,45	85,72	81,82	90,03	89,80	81,87	87,67	87,52
Carbonate de chaux. . .	10,18	11,96	14,25	7,27	7,41	15,80	10,69	9,88
Phosphate de magnésie.	1,57	1,55	2,62	1,96	1,91	1,49	1,05	1,69
Fluorure de calcium. .	0,35	0,45	0,63	0,47	0,43	0,35	0,33	0,57
Chlorure de calcium. .	0,23	0,30	0,36	0,20	0,20	0,16	0,34	0,24
Oxyde de fer.	0,10	0,13	0,15	0,15	0,15	0,13	0,17	0,12
	99,88	100,09	99,83	100,08	99,90	99,80	100,25	99,82

Os. — Analyses d'auteurs divers (*in* A. Gautier, 1897, p. 305). — Matières minérales : 540 à 640 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	Mouton.	Bœuf.	Homme adulte.		Enfant.	
	Heintz.	Zalesky.	Heintz.	Zalesky.	Recklingshausen.	
Acide phosphorique. .	53,3	53,5	53,9	52,2	54,8	54,9
Calcium.	38,5	40,7	38,6	40,1	37,7	38 »
Acide carbonique. . .	5,6	8,4	5,5	7,8	7,1	6,9
Fluor et chlore. . . .	2 »	0,7	1,6	0,4	»	»
Magnésium	0,6	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3
	100,0	103,6	100,1	100,8	100,1	100,1

2. — Dentine. — Trois analyses (*in* A. Gautier, 1897, p. 310). — Matières minérales : 717 à 790 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Armand Gautier (1897, p. 303) donne encore pour les cendres de cartilages, pour 100 parties de cendres :

Sulfate de sodium.	44,81	55,17
Sulfate de potassium. . . .	26,66	»
Phosphate de sodium. . . .	8,42	7,39
Phosphate de calcium. . . .	7,88	15,51
Phosphate de magnésium. .	4,55	
Chlorure de sodium.	6,11	22,48

Sels.	Homme adulte. Bibra.	Femme 25 ans. Bibra.	Bœuf. C. Aeby.
Phosphate de chaux (et fluorures). . .	92,66	85,49	93,16
Carbonate de chaux	4,66	10,08	5,48
Phosphate de magnésie	1,5	3,15	0,75
Autres sels (sodium, chlore).	1,15	1,26	2,64
	99,97	99,98	100,03

Dentine et ivoire. — Analyse A. Carnot (1893). — Matières minérales de la dentine de la dent d'Éléphant moderne et de l'ivoire de sa défense. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Dentine.	Ivoire.
Phosphate de chaux.	86,87	82,08
Phosphate de magnésie. . . .	3,82	15,72
Carbonate de chaux.	8,60	2,04
Fluorure de calcium	0,43	0,20
Chlorure de calcium	0,59	traces.
Oxyde de fer.	0,20	0,08
	100,11	100,12

3. — Cément de la dent. — Analyse Frémy (*in* A. Gautier, *id.*). — Matières minérales : 671 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Phosphate de chaux.	90,46
Carbonate de chaux.	4,52
Phosphate de magnésie.	1,78
Pertes.	»
	100,00

4. — Ramure des Ruminants. — Analyses Schützenberger (1890, *in* Garnier, 1893, p. 442). — Matières minérales : 632 à 636 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Cerf.	Chevreuil.
Acide phosphorique.	59,51	59,08
Chaux.	51,52	51,52
Acide carbonique.	4,60	4,88
Magnésie.	1,52	1,28
	96,75	96,66

5. — Écailles des Poissons. — Analyses Schützenberger (1890, *in* Garnier, 1893, p. 443). — Matières minérales : 506 à

421 pour 1000 d'écailles sèches. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Carpe.	Brochet.
Acide phosphorique.	42,55	42,15
Chaux.	51,49	51,35
Acide carbonique.	4,61	5,58
Magnésie.	1,54	1,19
	99,97	100,07

B. — Origine épithéliale.

1. — Émail de la dent. — Analyses Hoppe Seyler (*in* Garnier 1893, p. 625). — Matières minérales : 777 à 1000 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres (voir ci-contre, p. 553).

2. — Coquille de l'œuf. — Analyses Vicke et Brumerst (*in* A. Gautier, 1897, p. 680). — Matières minérales : 911 à 952 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	Poule.	Oie.	Héron.	Crocodile.
Carbonate de chaux	97.8	98,81	98,85	96,91
Carbonate de magnésie	1,45	0,75	0,74	2,48
Phosphate de chaux avec un peu de phosphate de magnésie . . .	0,79	0,48	0,45	0.59
	100,04	100,04	100,02	99,98

C. — Origine cellulaire épithéliale.

Cheveux. — Analyses Baudrimont (*in* A. Gautier, 1897, p. 336). — Matières minérales : 3,2 à 70 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	CHEVEUX			
	Noirs.	Rouges.	Blonds.	Blancs.
Sulfate de soude.	»	18,43	33,18	22,08
Sulfate de potasse.	56,51	7,54	8,44	1,41
Silice	6,61	42,46	30,71	12,31
Phosphate de chaux	15,04	10,30	0,62	20 55
Oxyde de fer.	8,10	9,66	4,22	8,59
Carbonate de chaux	4,62	4,03	9,96	16,18
Carbonate de magnésie	2,89	6,20	3,36	5,01
Chlorure de sodium	3,31	0,94	traces.	traces.
Sulfate de chaux.	»	»	»	13,58

ÉMAIL DE LA DENT. — ANALYSES HOPPE SEYLER. — PROPORTIONS POUR 100 PARTIES DE CENDRES :

SELS.	NOUVEAU-NÉ.			PORC		CHIEN.	CHEVAL.	ÉLÉPHANT	MASTODONTE	RHINOCÉROS	PALÉOTHÉRIUM
				jeune.	adulte.			fossile.	fossile.	fossile.	fossile.
Phosphate de chaux	87,17	88,19	91,55	89,6	86,7	89,44	88,54	86,8	97,8	87,5	97,5
Carbonate de chaux	10,82	8,41	7,14	7,5	9,15	5,59	9,65	8,6		8,1	
Phosphate de magnésie	2,02	2,01	1,28	1,77	2,04	4,96	1,58	2,11	0,9	1,7	1,82
Chlorure de calcium	traces.	0,27	»	0,5	0,65	0,80	0,69	0,46	0,6	0,68	0,59
Phosphate de fer	»	0,73	traces.	1 »	0,90	»	»	0,56	»	1,89	»
Sels solubles	»	0,41	»	0,25	0,15	»	»	traces.	»	0,01	0,22
	100,01	100,02	99,95	100,42	99,57	100,59	100,24	98,55	99,55	99,88	100,13

2° Matière morte, chez les Invertébrés.

A. — Arthropodes. — Carapace. — Analyses Chevreul et Frémy (*in* Garnier, 1893, p. 445). — Matières minérales : 552 à 714 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	Homard. Chevreul.	Crabe. Chevreul.	Langouste. Frémy.	Écrevisse. Frémy.
Carbonate de chaux	88,66	87,8	87,97	89,44
Phosphate de chaux	6,22	8,5	12,03	10,55
Phosphate de magnésie	2,25	1,42	»	»
Sels sodiques solubles	2,85	2,26	»	»
	99,98	99,98	100,00	99,99

B. — Mollusques. — Coquille d'Huître. — Analyse très complète de Chatin et Muntz (1895). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Acide carbonique	45	à 48	
Chaux	50	»	
Magnésie	0,4	»	
Soufre (à l'état d'acide sulfurique)	0,15	»	
Soufre (à l'état de sulfure)	0,02	»	
Acide phosphorique	0,05	à 0,075	
Silice	0,07	»	
Fer	0,025	»	
Manganèse	0,012	»	
Fluor	0,020	»	
Brome	0,005	»	
Iode	0,005	»	
Chlore (aucune trace)	0	»	

Autres analyses de coquilles de Mollusques et d'os de Seiche (*in* Garnier, 1893, p. 445). — Matières minérales : 850 à 970 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels.	De Serres et Figuier			John
	Pecten glaber.	Vénus.	Huître.	Seiche.
Carbonate de chaux	98,97	99,58	97,71	100 »
Sulfate de chaux	0,72	0,30	1,45	»
Phosphate de chaux	0,30	0,10	0,52	traces.
Carbonate de magnésie	traces.	traces.	0,3	»
	99,99	99,98	99,98	100 »

C. — Échinodermes. — Peau des Holothuries. — Analyse Hilger (*in* Gorup Besanez, 1880, II, 135). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sulfate de soude	83,45
Carbonate de magnésie	12,1
Sulfate de chaux	1,064
Oxyde de fer	1,022
Phosphate de chaux	0,98
Chlorure de sodium	0,85
Silice	0,57
	99,996

D. — Hydrozoaires et Scyphozoaires.

1. — Axes ou aiguilles calcaires des Pennatules (Cténocères). — Analyse Frémy (*in* Garnier, 1893, p. 448). — Matières minérales : 700 pour 1000 environ. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Carbonate de chaux	65,08	77
Phosphate de chaux	34,85	23
	99,93	100

2. — Corail rouge. — Analyse Jolly (1887). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Carbonate de chaux	97,031
Phosphate de chaux	2,547
Carbonate de magnésie	0,376
Phosphate de magnésie	0,046
Phosphate de fer	0 »
	100,000

3. — Polypier des Hydrocoralliaires. — Analyses Sillimans et Sharples (*in* Edm. Perrier, *Traité de Zool.*, p. 686). — Matières minérales : 954 et 976 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Millepora tortuosa — Sillimans	*Millepora alcicornis* — Sharples
Carbonate de chaux	98,4	99,72
Phosphates et fluorures	1,5	0,28
	99,9	100,00

La *matière morte*, elle aussi, se révèle donc comme ayant une composition minérale tout à fait typique, complètement différente de celle du *milieu vital* et de la *matière vivante*. Les sels qui la constituent d'une façon dominante ne sont plus ni le chlorure de sodium, ni le phosphate de potassium, mais les sels de

chaux : 1° phosphate de chaux, d'une façon générale, pour les Vertébrés (90 centièmes environ des sels totaux) ; 2° carbonate de chaux, pour les Invertébrés (65 à 99 centièmes des sels totaux).

Cette composition minérale particulière de la *matière morte* s'explique en soi : destinée à jouer, à l'intérieur d'un milieu d'eau, un rôle de consistance et de rigidité, les sels la composant ne pouvaient être naturellement que des sels insolubles, entièrement différents par conséquent de ceux du *milieu vital* et de la *matière vivante*[1].

Composition minérale de la matière sécrétée (ou excrétée).

1° Matière sécrétée, récrémentitielle.

A. — SALIVE MIXTE. — Cinq analyses (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 496). — Matières minérales : 1,82 pour 1000 chez l'Homme, 6,65 chez le Chien, 8,86 chez la Vache. — Proportions pour 100 parties de cendres :

SELS.	Homme. HAMMERBACHER	Homme. JACUBOWITCH	Chien. JACUBOWITCH	Vache. LASSAIGNE
Chlorures alcalins	»	46,15	85,2	32,37
Potasse	45,714	»	»	»
Acide phosphorique	18,848	28,02	6,54	15,34
Soude	9,593	»	5,32	12,95
Chlore	18,352	»	»	»
Chaux	5,011	1,64	2,20	1,14
Magnésie	0,155	0,54		
Acide sulfurique	6,380	»	»	»
Carbonates alcalins	»	»	»	38,41
	104,053	99,96	99,46	100,21

B. — SUC GASTRIQUE. — Analyses SCHMIDT (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 507). — Matières minérales : 2,4 pour 1000 chez l'Homme,

1. Cette personnalité minérale tranchée des trois grands départements constituant l'organisme (*milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte*) offre un intérêt incident. Elle éclaire le rôle et la destinée des sels présents dans les aliments, ainsi que l'origine de ceux que les émonctoires libèrent. L'organisme ayant toujours été jusqu'ici considéré d'une façon blocale, sa matière minérale a toujours fait bloc également dans les conceptions physiologiques ; on voit les divisions fondamentales qu'on peut au contraire lui apporter. Les conséquences sont nombreuses. La matière minérale d'un aliment, par exemple, se scinde en groupes qui prennent un sens, tel groupe (chlorure de sodium) destiné à tel département (*milieu vital*), tel autre groupe (potasse) à la *matière vivante*, tel

9,75 et 11,49 chez le Chien, 9,78 chez le Mouton. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Homme.	Chien.	Chien.	Mouton.
Chlorure de sodium.	60,8	25,77	27,58	44,6
Chlorure de potassium	22,91	11,54	9,5	15,51
Chlorure d'ammonium	»	4,84	4,69	4,8
Chlorure de calcium	2,5	2,68	14,43	1,12
Phosphate de calcium	5,21	17,85	20	12,04
Phosphate de magnésium . . .		2,57	2,78	5,81
Phosphate de fer		0,82	1,04	3,35
Acide chlorhydrique (acidité) . .	8,33	34,45	20,34	12,50
	99,75	100,28	99,96	99,73

C. — Bile.

1. — Trois analyses de la bile de l'Homme (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 551). — Matières minérales : 6,5 à 8,4 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Frerichs.		Jacobsen.
Chlorure de sodium.	38,46	25,97	65,47
Phosphate de sodium.	30,76	32,46	15,47
Phosphates de chaux et de magnésie. . .	27,69	36,36	4,4
Sulfate de chaux	3,07	5,19	»
Phosphate de fer.	traces	traces	traces
Carbonate de sodium.	»	»	11,31
Chlorure de potassium.	»	»	3,33
	99,98	99,98	99,98

2. — Analyse de la bile de Bœuf (H. Rose, *in* Gorup Besanez, 1880, I, 722). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Chlorure de potassium.	27,70
Soude	36,73
Potasse	4,80
Acide phosphorique	10,45
Acide carbonique	11,26
Acide sulfurique.	6 39
Acide silicique.	0,36
Chaux	1,45
Magnésie.	0,53
Oxyde de fer.	0,23
Oxyde mangano-manganique.	0,12
	100,00

autre groupe encore (chaux) à la *matière morte*. De même pour l'origine organique des sels de l'urine, etc. — Cette vue, appliquée à la composition minérale de l'œuf (voir plus loin, analyse Weber ; ne pas tenir compte de l'union arbitraire des radicaux de Polecк, qui unit le chlore au potassium, et non au sodium, contre toute vraisemblance) montre par exemple que le blanc de l'œuf est destiné plus particulièrement à la formation du *milieu vital* de l'embryon (masse du chlore et du sodium, absence d'acide phosphorique, de chaux), le jaune au contraire, plus particulièrement à la formation de la *matière vivante* et de la *matière morte* (masse de l'acide phosphorique, de la chaux; absence du chlore et du sodium), etc.

3. — Analyse de la bile du Chien (Hoppe Seyler, *in* Dastre, 1897, *Diction. physiol. Richet*, II, 159, article Bile). — Matières minérales : 0,199 pour 1000 dans la bile de la vésicule, 0,408 dans la bile de la fistule. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Vésicule.	Fistule biliaire.
Chlorure de sodium	7,5	45,5
Sulfate de sodium	25	11,2
Sulfate de potassium	2	5,4
Phosphate de chaux et de magnésie	40	9,5
Phosphate de fer	8,5	5,1
Carbonate de sodium	2,5	13,7
Carbonate de calcium	9,5	7,5
Magnésie	4,5	2,2
	99,5	99,7

D. — Suc pancréatique. — Analyses Schmidt (*in* Gorup Besanez, 1880, I, 715). — Matières minérales : 6,84 et 8,80 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Chien	
	Fistule à demeure.	Extrait du conduit de Wirsung.
Chlorure de sodium	36,5	85,5
Chlorure de potassium	13,6	0,2
Sodium (combiné à l'albumine)	48,3	6,6
Phosphate de calcium	1	4,6
Phosphate de magnésium	0,1	1,3
Phosphate de sodium	0,1	»
Calcium (combiné à l'albumine)	»	3,5
Magnésium	0,1	»
	99,7	100,7

E. — Suc intestinal.

1. — Analyse Schmidt et Zander (*in* Gorup Besanez, 1880, I, 748). — Suc intestinal du Chien, filtré, mélangé d'une plus ou moins grande quantité de liquide biliaire et pancréatique. — Matières minérales : 3,77 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Chlore	55,9
Sodium	38,2
Potassium	3,8
Phosphates terreux	1,6
	98,5

2. — Lehmann (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 575) donne pour le suc intestinal de la Chèvre 7,9 pour 1000 de matières minérales, composées principalement par des chlorures et des phosphates alcalins.

5. — Thiry (*in* Arm. Gautier, *id.*), chez le Chien, donne les carbonates comme abondants.

4. — Pregl (*in* Arm. Gautier, *id.*) donne pour la matière minérale du suc intestinal du Mouton, les proportions suivantes :

Carbonate de soude	75,5
Autres sels	24,5
	100,0

Toutes analyses insuffisantes, portant sur un liquide malaisé à recueillir et non même déterminé.

2° Matière sécrétée, excrémentitielle.

A. — Urine.

Indications bibliographiques des analyses suivantes :

Bœuf, Sprengel, — *in* Barral, 1850, *Statique chim. des animaux*, p. 140.
Bœuf, Boussingault, — *in* Barral, *id.*, p. 141.
Vache, Boussingault, — *in* Boussingault, 1874, *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, V, 291.
Veau, Braconnot, — *in* Colin, 1888, *Physiol. comp. des animaux*, II, 802.
Cheval, Valentin, — *in* Barral, *id.*, p. 138.
Cheval, Boussingault, — *in* Boussingault, *id.*, p. 191.
Cheval, Wolff, — *in* Lapicque et Richet, 1895, *Dict. physiol. Richet*, I, article Aliments, p. 320.
Mouton, Daurier, — *in* Barral, *id.*, p. 148.
Bélier, Henneberg, — *in* Lapicque et Richet, *id.*
Porc, Bibra, — *in* Barral, *id.*, p. 145.
Porc, Boussingault, — *in* Boussingault, *id.*, p. 286.
Porc, Heiden, — *in* Lapicque et Richet, *id.*
Tigre et Lion, Hieronymi, — *in* Colin, *id.*, II, 843.
Homme, A. Gautier, — *in* A. Gautier, *Chim. biol.*, 1897, p. 595.
Boa, Prout, — *in* Colin, *id.*, p. 849.

Tous les chiffres s'entendent pour 100 parties de cendres.

BOEUF SPRENGEL Sels minéraux, 23,57 ‰ POUR 100 PARTIES DE CENDRES		BOEUF BOUSSINGAULT Sels minéraux, 57,45 ‰ POUR 100 PARTIES DE CENDRES
Potasse	28,2	54,6
Soude	25,5	5,6
Acide carbonique	10,6	27,9
Acide sulfurique	17,6	4,4
Chlore	11,5	2,4
Magnésie	1,5	6,9
Chaux	2,7	0,8
Silice	1,5	traces.
Alumine	0,1	»
Oxyde de manganèse	0,04	»
Phosphore	3	0,0
	100.24	100.6

VACHE

BOUSSINGAULT

Régime : regain et pommes de terre.

Sels minéraux, 31,75 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Bicarbonate de potasse	45,9
Potasse	22,3
Sulfate de potasse	8,1
Carbonate de magnésie	14,9
Carbonate de chaux	1,7
Acide carbonique libre	1.8
Silice	traces
Acide phosphorique	0,0
Chlorure de sodium	5
	99,7

VEAU

BRACONNOT

Régime : allaitement.

Sels minéraux, 3,76 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Chlorure de potassium	85,6
Sulfate de potassium	11,7
Phosphate ammoniaco-magnésien	2,6
Phosphate de fer	traces
Chaux, silice	traces
Chlorure de sodium	traces
	99,9

CHEVAL

VALENTIN

Sels minéraux, 54,3 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Acide carbonique et alcalis	72,6
Chaux	16
Acide phosphorique	3,5
Acide sulfurique	2,9
Silice	2,6
Magnésie	0,6
Chlore	1,7
	99,9

CHEVAL

BOUSSINGAULT

Sels minéraux, 44,78 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Bicarbonate de potasse	38,9
Carbonate de chaux	27,5
Carbonate de magnésie	10,4
Potasse	9,7
Soude	5,6
Sulfate de potasse	2,9
Silice	2,5
Acide phosphorique	0,0
Acide carbonique libre	0,2
Chlorure de sodium	1,9
	99,4

CHEVAL

WOLFF

Sels minéraux : ? °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Potasse	36,85
Chaux	21,92
Magnésie	4,44
Silice	0,32
Acide sulfurique	17,16
Acide phosphorique	»
Soude	3,71
Chlore	15,36
	99,76

BÉLIER

HENNEBERG

Régime : ?

Sels minéraux : ? °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Potasse	55
Magnésie	3,5
Chaux	1,2
Silice	1,2
Acide sulfurique	4,1
Acide phosphorique	0,2
Soude	9,0
Chlore	25,5
	99,7

MOUTON

DAURIER

Régime : depuis trois semaines, sans sel surajouté à sa ration alimentaire.
Sels minéraux solubles, 16,2 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Carbonate et sulfate de potasse.	62,1
Chlorure de potassium	37,8
Chlorure de sodium.	0,0
	99,9

Même MOUTON

DAURIER

Régime : 15 gr. de sel ajoutés à sa ration quotidienne depuis une semaine.

Sels minéraux solubles, 39,2 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Carbonate de potasse.	15,3
Sulfate de potasse.	9,5
Chlorure de potassium	15,8
Chlorure de sodium.	59,3
	99,9

PORC

BIBRA

Régime : ?

Sels minéraux, 8,48 à 9,09 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Phosphates	27,8
Carbonate de potasse	12,1
Sulfate de soude	7
Chlorure de sodium.	53,1
	100 »

PORC

BOUSSINGAULT

Régime : pommes de terre cuites dans de l'eau légèrement salée.

Sels minéraux, 15,62 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Bicarbonate de potasse	70,8
Sulfate de potasse	14,2
Phosphate de potasse.	6,5
Carbonate de magnésie	5,5
Silice	0,5
Carbonate de chaux.	traces
Chlorure de sodium.	2,5
	100 »

PORC

HEIDEN

Régime : ?

Sels minéraux ?

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Potasse.	58,7
Acide phosphorique	11,84
Silice.	11,05
Magnésie.	1,64
Chaux	0,76
Oxyde de fer.	0,20
Soude	0,30
Chlore	8 »
	92,49

TIGRE et LION (?)

HIERONYMI

Sels minéraux, 15,16 °/₀₀

POUR 100 PARTIES DE CENDRES

Phosphates alcalins.	61,2
Phosphates terreux	15,4
Phosphate d'ammonium. . . .	7,7
Sulfate de potassium	9,1
Sel ammoniac et chlorure de sodium	8,8
	100,2

HOMME ARM. GAUTIER Régime : moyen. Sels minéraux, 16,49 °/₀₀ POUR 100 PARTIES DE CENDRES		BOA PROUT °/₀₀ ? POUR 100 PARTIES DE CENDRES	
Chlorure de sodium.	63,6	Potasse	66,5
Sulfates alcalins.	18,7	Sulfate et chlorure de potassium	18,2
Phosphates alcalins.	8,6	Phosphates et carbonates ter-	
Phosphate de magnésie. . . .	2,7	reux.	15,4
Phosphate de chaux.	1,8		99,4
Sels ammoniacaux.	4,3		
Acide silicique et azote. . . .	traces		
	99,7		

Oiseaux. — VAUQUELIN (*in* Colin, 1888, II, 849) signale dans l'urine de l'Autruche « de très grandes proportions de chlorhydrate d'ammoniaque, des sulfates de potassium et de calcium, du phosphate calcaire; » — COINDET (*id.*), dans l'urine des Oiseaux végétariens, du phosphate de calcium et de l'ammoniaque, — dans celle des Oiseaux carnivores, du phosphate de calcium, de l'ammoniaque, et, de plus, des sulfates et phosphates de potassium et de sodium.

B. — EXCRÉMENTS.

1. — Excréments d'Homme et d'animaux. — Analyses diverses (*in* Gorup Besanez, 1880, I, 765). — Proportions pour 100 parties de cendres :

SELS	PORTER.	FLEITMANN.	ROGERS.			
	Homme.	Homme.	Porc.	Vache.	Mouton.	Cheval.
Silice	»	1,44	54,87	62,54	50,11	62,40
Acide phosphorique .	56,03	50,98	14,24	8,47	9,40	10,22
Potassium.	6,10	18,52	9,51	2,91	8,52	11,50
Chaux	26,46	21,36	5,56	5,71	18,15	4,65
Magnésie.	10,54	10,67	5,91	11,47	5,45	5,84
Oxyde de fer.	2,50	2,09	14,74	5,22	2,10	1,44
Oxyde de manganèse.	»	»	»	»	»	2,15
Acide sulfurique. . .	3,13	1,13	2,57	1,77	2,69	1,85
Acide carbonique . .	5,07	1,05	1,58	»	traces.	»
Sodium	5,07	0,75	9,08	0,98	3,28	1,98
Chlorure de sodium .	4,33	0,58	2,40	0,23	0,14	0,05
Sable.	»	7,39	»	»	»	»

2. — Excréments du Cheval. — Valentin et Brunner (*in* Barral, 1850, p. 160). — Matières minérales : 16,9 pour 1000[1]. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Silice	45,5
Acide carbonique et carbonates alcalins	35,5
Chaux	11,2
Magnésie	4,1
Acide phosphorique	1,2
Acide sulfurique	0,6
Chlore	1,7
	99,8

3. — Excréments du Chien. — Analyse Bischoff et Voit (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 582). — Matière minérale : 70.2 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Acide phosphorique	31 »	à	36 »
Chaux	26 »	à	21 »
Potasse	18 »	à	6 »
Fer	10,6	à	10,5
Soude	5 »	à	7 »
Silice	1,44		
Acide carbonique	1,05	à	5,1
Acide sulfurique	1,2	à	3,1
Chlorure de sodium	0,5	à	1,55
Chlorure de potassium	faibles proportions.		
Sable, impuretés	3,5	à	7,5

C. — Sueur.

1. — Sueur du Cheval. — Analyse Valentin (*in* Barral, 1850, p. 124). — Matières minérales, 0,125 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Chaux	32 »
Acide phosphorique	27,2
Potasse et soude	12 »
Silice	11,2
Magnésie	1,6
Acide sulfurique	9,6
Acide carbonique	5,6
Chlore	0,8
	100,0

2. — Sueur de l'Homme. — Analyse Favre (1852, *in* Arm. Gautier, 1897, p. 448), effectuée sur 14 litres de sueur humaine,

1. Grandeau et Leclerc (1882, 1er *Mémoire*, p. 140) donnent au contraire, dans leur minutieuse étude sur l'alimentation du Cheval, 108,6 à 140,6 de cendres dans les excréments du Cheval, déduction faite de l'acide carbonique.

et analyse Cloëz (1869). — Matières minérales, 2,48 pour 1000 (Favre). — Proportions pour 100 parties de cendres :

	Favre	Cloëz
Chlorure de sodium	89,9	58,54
Chlorure de potassium	9,9	16,02
Sulfates alcalins	0,5	11,76
Carbonate de potasse	»	31,82
Phosphates alcalins et terreux	traces	»
Pertes		1,86
	99,3	100 »

3. — Suint de Mouton. — Analyse Cloëz (1869). — Les toisons des Moutons sont coupées à la fin mai. Elles sont lavées immédiatement à l'eau distillée. Ce liquide de lavage donne, pour 100 parties de cendres[1] :

Chlorure de sodium	4,42
Chlorure de potassium	1,20
Carbonate de chaux	88,58
Sulfate de chaux	5,76
	100 »

D. — Liquide séminal.

1. — Analyses Vauquelin et Kölliker (*in* Arm. Gautier, 1897, p. 690). — Matières minérales du liquide séminal total de l'Homme : 40 pour 1000; du Cheval, 16,1; du Taureau, 26. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Phosphate de calcium	75
Autres sels	25
	100

2. — Analyse de la laitance de la Carpe (Gobley, *in* Arm.

---

1. Cette analyse s'entend pour un Mouton élevé et nourri au Pommereuil (Nord) à 145 kilom. de la mer (régime inconnu). Donnons à part les analyses de deux autres suints de Moutons paissant les prés salés de la baie de la Somme à Pinchefalaise (Cloëz, 1869). Péligot (1869) fait justement observer que le chlorure de sodium de ces analyses vient en partie du dépôt des particules salées en suspension dans l'air de la mer. — Pour 100 parties de cendres :

Chlorure de sodium	10,45	9,75
Sulfate de soude	4,65	4 35
Carbonate de potasse	84,8	85,27
	99,9	99,35

Gautier, même page). — Matières minérales. 10,4 pour 1000. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Phosphates de calcium et de magnésium	50 »
Chlorures alcalins	36,5
Sulfates *alcalins*	13,4
	99,9

5. — Matière sécrétée, formative.

A. — Lait.

1. — Analyses Bunge (1874). — Matières minérales pour 1000, Femme, 2,18; 2,21; Jument, 4,10; Vache, 7,97; Chienne, 13,52; 12,96. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels	Femme.	Femme.	Jument.	Vache.	Chienne.	Chienne.
Acide phosphorique. . .	21,42	21,30	31,86	24,75	37,49	36,08
Potasse.	32,14	35,15	25,44	22,14	10,74	12,98
Chaux	15,67	14,79	30,09	20,05	34,44	35,05
Magnésie.	2,99	2,87	3,04	2,63	1,49	1,66
Oxyde de fer.	0,27	0,28	0,37	0,04	0,14	0,10
Soude	11,75	10,43	3,58	15,91	6,15	5,57
Chlore	20,35	19,73	7,50	21,27	12,36	15,91

2. — Analyses Pagès (1894). — Matières minérales pour 1000, moyennes : Femme, 2; Anesse, 4,5; Chamelle, 9; Jument, 6,5; Vache, Chèvre, 8; Brebis, 10; Chienne, 12. — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels	Femme		Anesse			Chamelle (Biskra).	Jument type moyen de nombreuses analyses.	Jument mulassière.
	accouchée depuis 12 jours.	accouchée depuis 10 mois.	mis bas depuis 20 jours.	mis bas depuis 4 mois.	mis bas depuis 1 an.			
	2,52 °/₀₀	1,72 °/₀₀	5,1 °/₀₀	4,2 °/₀₀	3,4 °/₀₀	10,2 °/₀₀	6,75 °/₀₀	4,4 °/₀₀
Acide phosphorique .	13,4	11,7	39,2	28,5	26,4	14,2	11,9	27,2
Potasse . .	31,7	29,4	11,9	7,1	14,7	28,5	4,4	15,9
Chaux . . .	9,9	11,7	35,3	35,7	25,5	16,2	8,9	27,2
Magnésie .	1,1	1,1	»	»	»	?	0,4	6,8
Soude . . .	23,8	23,4	9,8	21,4	29,4	9,4	30 »	9 »
Chlore . . .	19,8	23,4	5,9	7,1	5,8	28,4	44,7	15,6
	99,7	100,7	100,1	99,8	99,8	96,5	100,3	99,7

Sels	Vache			Brebis (Causses du Gard.)	Chienne
	Cotentine.	Normande.	Normande.		
	Fourrage sec, carotte, farouch, repasse.	Son, maïs, fourrage.	Son, luzerne, trèfle, paille d'avoine.		
	7,1 °/₀₀	7,7 °/₀₀	8,5 °/₀₀	10,2 °/₀₀	11,75 °/₀₀
Acide phosphorique	19,7	30 »	29,4	36,2	35 »
Potasse	35,2	25,9	25,5	15,6	11,6
Chaux	16,9	25,5	25,5	29,4	35,5
Magnésie	2,8	2,6	»	3,9	?
Soude	7 »	7,7	10,5	5,8	6,2
Chlore	18,5	10,5	10,5	8,8	11,6
	99,9	99,8	97,4	99,7	97,7

B. — Œuf (de Poule).

Analyses Poleck (*in* Gorup Besanez, 1880, II, 246). — Weber (*in id.*), — Bunge (*in* Lambling, 1892, p. 153). — Proportions pour 100 parties de cendres :

Sels	Blanc.			Jaune.		
	Weber	Poleck	Bunge	Weber	Poleck	Bunge
Chlorure de sodium	39,5	9,16	14,07	»	9,12	»	»	»
Chlore	»	»	»	28 »	»	»	»	11 »
Soude	12,09	23,04	16,09	30,8	1,08	5,12	6,57	5,5
Chlorure de potassium	»	41,29	42,17	»	»	»	»	»
Potasse	27,66	2,56	1,15	30,6	10,9	8,95	8,05	8,5
Chaux	2,90	1,74	2,79	2,7	13,62	12,21	13,28	12 »
Magnésie	2,70	1,60	3,17	2,7	2,20	2,07	2,11	1,9
Silice	0,28	0,49	2,04	»	0,62	0,55	1,40	»
Oxyde de fer	0,54	0,44	0,55	0,9	2,30	1,45	1,19	1,2
Acide carbonique	9,67	11,60	11,52	»	»	»	»	»
Acide sulfurique	1,7	2,63	1,32	»	»	»	»	»
Acide phosphorique libre	»	»	»	»	»	5,72	»	»
Acide phosphorique combiné	5,16	4,83	5,79	4,2	60,16	63,81	60,70	60 »

De toutes ces analyses de *matière sécrétée*, plusieurs points ressortent. Quant à sa composition minérale, la *matière sécrétée*

est : 1° diverse, chez le même animal, selon la fonction ; 2° diverse, d'un animal à l'autre, pour la même fonction ; 3° diverse même chez le même animal, pour la même fonction. La *matière sécrétée* n'a donc pas de caractéristique minérale. Aucun de ses échantillons ne paraît présenter une constitution-type stable.

Cette instabilité est intéressante à opposer à la remarquable constance saline du *milieu vital* et de la *matière vivante* à tous les degrés de la série animale, ainsi que des divers groupes de *matière morte*. — Enfin, et point seul qui importe ici, la composition minérale de la *matière sécrétée* est différente, dans tous ses échantillons, de celle du *milieu vital*.

En résumé, *milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte*, *matière sécrétée* offrent des personnalités minérales parfaitement distinctes, et seule celle du *milieu vital* est celle même de l'eau de mer. Comme ces personnalités différentes se constituent aux dépens d'une alimentation commune, l'alimentation est donc incapable d'expliquer aucune d'elles dans ses particularités propres. ***Aucune n'est le résultat passif de l'alimentation.***

Quelle que soit la composition minérale de l'alimentation, on ne peut donc dire que celle du *milieu vital* en résulte. La composition minérale (marine) du *milieu vital* ne dépend pas des seuls aliments ingérés, mais d'autres causes moins simples.

DEUXIÈME RÉFUTATION

Loin que la composition marine du milieu vital des Vertébrés supérieurs s'explique par la composition minérale de leur alimentation naturelle, on peut dire bien plutôt qu'elle est réalisée en dépit de l'alimentation[1].

La nourriture fondamentale des Vertébrés supérieurs, comme de tout le règne animal d'ailleurs, est la nourriture végétale, —

1. Chez les Invertébrés marins, la composition marine du *milieu vital* est assurée, comme nous l'avons vu, par un simple phénomène osmotique ; l'animal n'a qu'à puiser les sels de son *milieu vital* dans le milieu ambiant. On conçoit facilement que les Vertébrés marins, bien qu'ils ne communiquent plus par osmose avec le milieu extérieur, puissent y puiser encore d'une façon ou d'une autre les sels constitutifs de leur *milieu vital*. Les conditions changent entièrement pour le reste du règne animal. Les animaux aériens trouvent en abondance dans leur nourriture fondamentale (la nourriture végétale) tous les principes nécessaires à leur constitution organique, sauf un, le chlorure de sodium, qui y est rare (excepté au bord des mers ou dans certains terrains à faciès

les animaux carnivores ne subsistant en définitive qu'en se nourrissant des animaux herbivores[1].

Or, comparée à la composition minérale de l'organisme, quelle est celle de l'alimentation végétale? Les deux tableaux qui suivent vont déjà nous renseigner à cet égard.

Pour la composition minérale de l'organisme total des Mammifères, Bunge (1874), Lawes et Gilbert (1883, *in* Grandeau, 1893, p. 358), Hugounenq (1900), Söldner (*in* W. Camerer jung, 1900, p. 186) donnent pour 100 parties de cendres les chiffres ci-contre (tableau de la page 349).

Pour la composition minérale des différentes parties alimentaires des principaux végétaux, E. Wolff (1871), von Gohren (1872), E. Wolff (1880), ont réuni dans des tables classiques toutes les analyses effectuées par tous les auteurs, antérieurement à leur travail. La table de Wolff de 1880 englobant les deux précédentes, nous donnerons simplement ici les moyennes qui en résultent (voir ci-après, tableau de la page 350)[2].

---

salé). Chez les animaux d'eau douce, le problème de la nutrition chlorurée sodique se complique d'un problème osmotique. Non seulement l'animal, dans un milieu presque dépourvu de sels marins, doit trouver le chlorure de sodium nécessaire à la constitution de son *milieu vital*, mais il doit le retenir contre les forces osmotiques qui tendraient incessamment à l'en dépouiller. Cette résistance aux forces d'osmose (voir l'Écrevisse, II, *IV*, p. 147, et plus loin, Livre II) est un phénomène actuellement inexpliqué.

1. La nourriture fondamentale du règne animal est la nourriture végétale. Seul le végétal élève à l'échelon organique les matériaux inorganiques du monde extérieur; le règne animal emprunte cette matière organique au végétal qui la crée. Les animaux carnivores consomment, il est vrai, des aliments animaux, mais ceux-ci résultent toujours, en définitive, d'individus ayant tiré leurs principes constituants d'aliments végétaux. Le Carnivore ne subsiste que sur l'Herbivore.

2. On trouvera à l'Appendice, placé à la fin du Chapitre, p. 584, les moyennes calculées d'après la table de von Gohren. Les différences sont peu sensibles.

POUR 100 PARTIES DE CENDRES.

AUTEURS.	ANIMAUX.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Acide sulfurique.	Acide carbonique.	Silice.	Soude.	Chlore.
Bunge.	Lapin	41,94	10.84	35,02	2,19	0,23	»	»	»	5,96	4,94
—	Chien	39,82	8,49	35,84	1,61	0,54	»	»	»	8,21	7,54
—	Chat	40,23	10,11	34,11	1,52	0,24	»	»	»	8,28	7,12
—	**Moyenne de Bunge pour 100**	**40 »**	**9,7**	**34,4**	**1,8**	**0,27**	»	»	»	**7,5**	**6.5**
Lawes et Gilbert.	Veau (gras)	40,57	5,40	43,95	2,2	0,55	1,08	1,54	0,12	5,82	1,55
—	Bœuf (demi-gras)	40,22	4,41	45,26	2,05	0,97	0,86	1,97	0,24	5,08	1,24
—	Bœuf (gras)	59,80	4,46	46,62	1,55	0.41	0,79	2.15	0,08	5,04	1.47
—	Agneau (gras)	58,96	5,74	44.57	1,82	0,84	1,18	1,55	0,55	5,58	1,86
—	Mouton (maigre)	58,96	5,64	45,12	1,82	1,24	1.78	1,09	0,67	5,90	2,51
—	Vieux mouton (demi-gras)	59,15	5,27	44,59	1,72	1,55	1,06	1,85	0,65	5,55	1,61
—	Mouton (gras)	58,72	5,55	44,61	1,79	1 »	1,01	1,67	0,86	5,56	1,61
—	Mouton (très gras)	58,68	5,55	43,29	1,90	1,05	0,99	1,70	0,56	4,52	2,50
—	Porc (maigre)	40,12	7,59	40,58	2,01	0,91	2,55	0,60	0,18	4.16	2,22
—	Porc (gras)	40,14	8,57	38,49	2,04	0,76	2,15	1,20	0,14	4,56	2,78
—	**Moyenne de Lawes et Gilbert pour 100**	**39,4**	**5.8**	**43,3**	**1.9**	**0,9**	**1,3**	**1,5**	**0,3**	**3.7**	**1,9**
Hugouneno.	Homme (enfant à terme)	55,28	6,2	40,48	1,51	0,59	1,15	1,89	»	8,12	4,26
—	Homme (enfant à terme)	56,26	7,56	40,68	»	0,40	1,25	1,16	»	5,96	4,54
—	**Moyenne de Hugouneno pour 100**	**36 »**	**6,9**	**40,9**	**1,5**	**0.4**	**1.2**	**1.5**	»	**7.1**	**4,4**
Söldner.	Homme (enfant)	57,7	8,9	55,5	1,5	1 »	»	»	»	10 »	8,8
—	Homme (enfant)	40,2	6,8	58,7	0,6	0,7	»	»	»	8,5	6,6
—	**Moyenne de Söldner pour 100**	**38,4**	**7.7**	**35,7**	**0,9**	**0,8**	»	»	»	**9 »**	**7,6**
	Moyenne générale des quatre auteurs pour 100	**38 »**	**7,4**	**38 »**	**1.5**	**0,6**	**1,2**	**1,5**	**0,3**	**6,7**	**5 »**

TABLES DE E. WOLFF (1880). — COMPOSITION MINÉRALE DES ALIMENTS VÉGÉTAUX.
POUR 100 PARTIES DE CENDRES.

ALIMENTS.	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Acide sulfurique.	Silice.	Soude.	Chlore.
Grains, semences, fruits [1]. . . .	29,8	32,5	11,8	9,8	1,5	3,2	5,8	4,2	1,6
Racines ou tubercules [2].	13 »	45,6	7,2	5,3	1,4	6,8	3,2	12,8	5,4
Feuilles de plantes à racines alimentaires [3].	6,8	24 »	26,5	7,8	2,2	7,4	7,9	9,8	9,1
Pailles et tiges [4].	7,6	26,5	21,7	5,5	1,4	4,6	25,6	4 »	5,5
Trèfles et fourrages [5].	10,2	31,9	29,7	8,7	2 »	4,4	5,2	4,1	4 »
Foins [6].	7,8	33,8	9,9	4,8	0,9	4,3	31,2	2,7	5,7
Balles et siliques [7].	5,1	25,6	14,2	3,7	1 »	3,5	45,7	2,7	2,1
Plantes diverses [8].	11,8	36,9	25,5	6,1	2,4	4,5	8,7	4 »	2,2
Légumes divers [9].	16,7	35,7	13,4	4,1	2,1	7,5	5,5	9,9	5,7
Produits industriels d'origine végétale [10].	25,6	24 »	14,4	8,8	2,2	2,8	10,3	9,8	2,5
MOYENNE [11].	**17,7**	**31,7**	**16** »	**7,3**	**1,7**	**4,3**	**13,1**	**4,9**	**3,4**

1. Grains, semences ou fruits de : Blé, Avoine, Orge, Seigle, Sarrasin, Épeautre, Mil, Maïs, Pois, Fève, Chicorée, Pavot, Lin, Fenouil, etc. — Noyer, Châtaignier, Caféier, Cacaotier, Amandier, Vigne, Pommier, Poirier, Groseillier à maquereau, — Chêne, Hêtre, Aune, Sapin.

2. Racines ou tubercules de : Betterave, Carotte, Chicorée, Chou, Navet, Pomme de terre, Topinambour.

3. Feuilles de : Betterave, Carotte, Chicorée, Chou, Navet, Pomme de terre, Topinambour.

4. Pailles ou tiges de : Blé, Avoine, Orge, Seigle, Sarrasin, Épeautre, Maïs, Mil, Colza, Lin, Chanvre, Coton, Pois, Fève, Vesce, Lupin.

5. Trèfles et fourrages de : Trèfles divers, Luzerne, Esparcette, Sératelle, Houblon, Lupin, Colza vert, Vesce verte, Sarrasin en fleur, etc.

6. Foins de : prairie ordinaire, prairie artificielle, prairie grasse, terrain tourbeux, marécageux, etc. : Blé, Avoine, Orge en grains et en fleur; Maïs vert.

7. Balles et siliques de : Blé, Avoine, Orge, Épeautre, Seigle, Riz, Maïs, Fève, Lupin, Navette, Lin.

8. Plantes diverses : Houblon (feuilles, tiges, branches), Tabac (feuilles, tiges), Garance (racines), Raisin (grappe, pelure, marc, moût), lie de vin, Vigne (bois, branche), Thé (feuilles), Mûrier (feuilles).

9. Légumes divers : racines de Panais, Chou-rave, Radis, Radis noir, Céleri, Chou blanc; pousse d'Asperge; Concombre, Courge, Artichaut, Chou-fleur (cœur), Laitue, Salade romaine, Rhubarbe (tige), Épinard, Civette, Ail (bulbe), Oignon (bulbe et feuilles), Champignon.

10. Son et farine de : Blé, Avoine, Seigle, Orge, Sarrasin, Riz, Maïs, Drèche, bière; mélasse, etc., etc.

11. Moyenne calculée d'après l'ensemble de toutes les analyses rapportées dans les tables de WOLFF pour ces dix groupes.

Nous ne faisons pas figurer dans ce tableau les moyennes de deux autres groupes végétaux : Matériaux de litière, et Bois, écorces et feuilles d'arbres, — comme non entièrement alimentaires. Donnons toutefois leur composition moyenne : 1° Matériaux de litière (Zostère marine supprimée) : acide phosphorique, 7; potasse, 25,6; chaux, 11,2; magnésie, 6,4; oxyde de fer, 3,9; acide sulfurique, 3,6; silice, 26,3; soude, 4,6; chlore, 4,8. — 2° Bois, écorces et feuilles d'arbres : acide phosphorique, 9,7; potasse, 18,9; chaux, 42,6; magnésie, 8,6; oxyde de fer, 1,8; oxyde de manganèse, 5,4; acide sulfurique, 2,9; silice, 8,6; soude, 2,1; chlore, 1. — La moyenne des douze groupes serait dans l'ordre même de ces *radicaux* (*manganèse supprimé*) : 15,6; 29,5; 21,9; 7,6; 1,8; 5,9; 12,5; 4,4; 2,8.

Mais au point de vue des besoins minéraux de l'organisme, une comparaison immédiate de ces deux tableaux ne saurait être instructive. En effet : 1° La composition minérale du squelette constitue à elle seule les $\frac{4}{5}$ des cendres totales de l'économie [1], et cette matière minérale du squelette, s'usant avec une extrême lenteur [2], peut être considérée schématiquement comme ne participant pas à la nutrition. En tout cas, le squelette une fois formé trouve amplement dans l'alimentation végétale l'acide phosphorique et la chaux nécessaires à son entretien. 2° L'alimentation végétale contient en proportions toujours sensibles, et parfois considérables, un corps, la silice, dont l'organisme animal n'a pour ainsi dire pas l'emploi. Remanions donc les deux tableaux précédents : 1° en supprimant du premier toute sa matière minérale squelettique [3], ainsi que sa silice, que nous allons supprimer du second, 2° en supprimant du second toute sa silice et toute sa chaux (la chaux supprimée ici du fait qu'elle se trouve supprimée du premier tableau, après soustraction des cendres squelettiques). Ramenons le total des cendres restantes à 100. Nous obtenons ainsi les deux tableaux suivants :

I. — COMPOSITION MINÉRALE, POUR 100, DE L'ORGANISME ANIMAL, ABSTRACTION FAITE DU SQUELETTE (ET DE LA SILICE).

ORGANISME ANIMAL.	Acide phosphorique.	Potasse.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Acide sulfurique.	Soude.	Chlore.
Moyenne des analyses de BUNGE, LAWES et GILBERT, HUGOUNENQ, SÖLDNER. . .	21,5	26,6	3,5	2,1	4,2	24 »	18 »

1. D'après VOLKMAN (*in* Lambling, 1892, I, 147), les sels minéraux représentent 4,7 pour 100 du poids du corps; 83 pour 100 de ces sels sont constitués par le squelette, 17 par les parties molles.

2. Voir les chiffres de la page 261. Bien mieux, la perte de poids du squelette, indiquée par ces chiffres, porte évidemment pour la majeure part sur la partie non minérale (eau de constitution, *milieu vital, matière vivante*) de l'os. La perte en pure matière minérale est plus réduite encore.

3. Le squelette formant les 4/5 des cendres doit compter, dans 100 parties de cendres de l'organisme total, d'après les analyses de CARNOT (p. 530), pour : acide phosphorique 32, chaux 42, magnésie 0,56, acide carbonique 5,06. Les

II. — Composition minérale, pour 100, des aliments végétaux, abstraction faite de la silice et de la chaux.

Aliments végétaux.	Acide phosphorique.	Potasse.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Acide sulfurique.	Soude.	Chlore.
Grains, semences, fruits. .	36,3	39,3	12 »	1,5	5,9	5,1	2 »
Racines ou tubercules. . .	14,4	50,6	5,8	1,6	7,6	14,2	6 »
Feuilles de plantes à racines alimentaires	10,2	35,8	11,6	5,5	11,1	14,6	15,5
Pailles et tiges	14,3	50,2	10,1	2,7	8,8	7,6	6,5
Trèfles et fourrages. . . .	15,7	48,9	15,3	3 »	6,7	6,2	6,1
Foins	13 »	56,5	7,9	1,6	7,2	4,4	9,5
Balles et siliques.	12,2	56,5	9 »	2,4	8,3	6,6	5 »
Plantes diverses.	17,3	54,4	9 »	3,6	6,6	5,8	3,2
Légumes divers.	20,4	43,7	5 »	2,5	9,1	12,2	6,9
Produits industriels d'origine végétale	33,8	31,7	11,6	2,9	5,7	12,9	3,5
Moyenne[1]	**24,9**	**44,6**	**10,3**	**2,5**	**6 »**	**6,9**	**4,8**

Ces deux tableaux, rendus ainsi plus comparatifs, commencent déjà à être instructifs. Ils montrent d'abord que, proportionnellement, en potasse, en magnésie, en acide sulfurique, en oxyde de fer, en acide phosphorique, l'alimentation végétale fournit plus qu'en suffisance ou tout au moins en suffisance à l'organisme animal[2]. Seuls, deux radicaux sont présentés par le végétal à

---

cendres organiques restantes sont donc : acide phosphorique 6, potasse 7,4, magnésie 1, oxyde de fer 0,6, silice 0,3, acide sulfurique 1,2, soude 6,7, chlore, 5.

1. Calculée d'après la moyenne du tableau végétal précédent. Les *Matériaux de litière* et *Bois, écorces et feuilles d'arbres* s'inscriraient pour :

	P^2O^5.	K^2O.	MgO.	Fe^2O^3.	SO^3.	Na^2O.	Cl.
Matériaux de litière. .	12,5	45,7	11,4	7 »	6,4	8,2	8,6
Bois, écorces et feuilles d'arbres	21,9	42,6	19,4	4,1	6,5	4,7	0,2
La moyenne générale, y compris ces 2 groupes, serait.	**23,8**	**44,8**	**11,6**	**2,7**	**5,9**	**6,7**	**4,3**

2. Cette affirmation est peut-être trop absolue quant au phosphore. Il suffit de jeter un regard sur les tableaux qui précèdent, pour voir que, d'une façon

l'animal dans une proportion constamment insuffisante ; et ce sont justement les deux radicaux constitutifs du *milieu vital*, le *sodium* et le *chlore*. Pour 1 de soude et pour 1 de chlore, en effet, que renferme l'organisme animal, le végétal ne lui présente en moyenne que 0,28 de soude et 0,26 de chlore.

Encore ces chiffres sont-ils loin peut-être de mesurer la pauvreté sodique ***réelle*** de l'aliment végétal. La majorité des analyses rapportées dans la table de WOLFF datent en effet d'une époque où les auteurs ne déterminaient pas directement la potasse et la soude, mais les calculaient d'après un procédé incertain, tendant à exagérer la soude au détriment de la potasse. C'est ainsi que dans les tableaux qui précèdent, les chiffres forts en soude (racines et tubercules, — feuilles de plantes à racines alimentaires, — légumes divers : Na^2O : 12.8 ; 9,8; 9,9 pour 100) sont manifestement erronés par exagération [1].

---

générale, l'aliment végétal est loin du taux phosphorique animal. Tandis que l'animal, abstraction faite de son squelette, et, par conséquent pour sa seule *matière vivante* (c'est-à-dire pour sa matière la moins stable, celle qui se trouve soumise à l'usure la plus vive et la plus immédiate) contient 21,5 pour 100 d'acide phosphorique, nous voyons la plupart des aliments végétaux (abstraction faite de leur silice et de leur chaux) ne présenter que des taux de 20, 17, 15, 14, 13, 12, 10 d'acide phosphorique. Les grains, semences et fruits seuls, et les produits industriels (qui en dérivent pour la plupart) font exception, avec les taux élevés de 33 à 36 pour 100. Il peut donc se faire que dans certaines conditions, notamment lors de la croissance des jeunes ou de la gestation des femelles, époques où la formation du squelette exige un apport phosphorique important, l'organisme herbivore se trouve placé par son régime dans un état relatif d'inanition phosphorique. C'est ce que tendraient à prouver les expériences d'ANDRIEUARD et A. GOIN (1900). D'après ces auteurs, un Veau de 100 kg. a besoin de 15 à 20 gr. d'acide phosphorique pour s'accroître de 1 kg. par jour. Nourri au lait, il en reçoit 30 gr. Sevré, il n'en reçoit plus par ses aliments végétaux que de 10 à 20 gr. Partant de ces chiffres, les auteurs expérimentent. Ils ajoutent à la nourriture journalière de jeunes animaux 50 à 100 gr. de poudre d'os verts : les progrès sont rendus beaucoup plus rapides. Exemple : un Taurillon normand, âgé de 140 jours, et s'étant accru pendant ce temps de 1100 gr. par jour, est mis en expérience pendant 210 jours. Ces 210 jours se décomposent en sept périodes : quatre de vingt jours, avec régime du vert à l'étable, trois intercalaires (deux de 20 jours, une de 90 jours), avec addition de 120 à 150 gr. de poudre d'os par jour. L'accroissement du sujet est de :

856 gr. par jour, pendant les 80 jours sans poudre,
1227 gr. — — 150 — avec — .

Autre expérience méthodique concordante. Accroissement d'un Veau, pendant deux périodes de 24 jours, l'une, avec addition de poudre : 1500 gr. par jour; l'autre, sans addition : 1125 gr. Poids d'acide phosphorique fixé pour un kg. gagné dans les deux périodes : $15^{gr},74$ dans la première, $16^{gr},53$ dans la seconde, — c'est-à-dire poids relativement égal, — c'est-à-dire accroissement, fonction du phosphore fixé.

1. Pour la clarté de l'exposé, nous rejetons à la fin du Chapitre, à l'Appendice, la démonstration de ce point important. Prière de s'y reporter, p. 586.

Pour éviter cette cause d'erreur, utilisons donc simplement d'abord les analyses récentes où la soude et la potasse ont été dosées spécialement. D'autre part, pour mettre en évidence d'une façon plus frappante encore cette désharmonie remarquable du végétal et de l'animal quant au sel qui nous intéresse particulièrement dans cet ouvrage, laissons hors de cause ici la magnésie, le fer, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, présents dans le végétal, comme nous venons de le voir, à un taux alimentaire suffisant, et limitons notre examen aux deux métaux antagonistes de l'organisme animal, le potassium et le sodium, l'un constitutif par excellence de la *matière vivante*, l'autre du *milieu vital*. BUNGE (1874) ayant institué un travail spécial sur ces deux métaux et ses recherches ayant été effectuées d'après le procédé précis du chloroplatinate, ses chiffres seront particulièrement dignes de foi [1]. Nous leur joindrons, pour les végétaux, ceux des analyses récentes que nous avons pu relever, également effectuées d'après le procédé du chloroplatinate, et par conséquent dignes de la même foi [2].

Comptée en équivalents, la potasse est à la soude, dans l'organisme animal, comme 1 est à 1,4 environ. C'est ce qui résulte du tableau suivant, calculé d'après le tableau de la page 349, auquel

---

1. Le nombre des analyses végétales de BUNGE ne s'élève qu'à 7. Les 7 autres qu'il rapporte sont empruntées à des travaux, en partie inédits, de son maître C. SCHMIDT. BUNGE ne dit pas selon quel procédé ces analyses de SCHMIDT ont été effectuées, mais du fait seul qu'il les admet dans son propre travail, après une critique aussi juste que sévère des chiffres rassemblés dans la table de WOLFF de 1871, nous pouvons leur prêter la même considération.

La thèse à laquelle nous faisons servir les chiffres de BUNGE est d'ailleurs entièrement différente de la sienne. Nous tendons à établir ici la pauvreté sodique non seulement relative, mais absolue, de l'aliment végétal par rapport à la composition de l'organisme animal, — pauvreté nécessitant, comme nous allons le voir, l'addition de sel marin au régime habituel de l'Herbivore. Pour BUNGE, au contraire, l'alimentation végétale ne serait pas moins riche en sodium que l'alimentation animale; l'avidité pour le sel des animaux herbivores ne résulterait pas de la pauvreté en sodium de leur alimentation, mais de sa richesse excessive en potassium. Les sels potassiques (carbonate par exemple) introduits par la voie digestive dans l'organisme, détermineraient, en face du chlorure de sodium des plasmas, la formation de chlorure de potassium d'une part, de carbonate de sodium d'autre part. Ces sels, ne faisant pas partie constitutive des plasmas, seraient rejetés sous ces deux formes par l'urine, d'où un appauvrissement constant de l'organisme en chlore et en sodium, déterminant l'avidité pour le sel de l'animal végétarien. — Nous renvoyons à l'Appendice, pour la réfutation de cette théorie de BUNGE (p. 404). — Voir également à l'Appendice, p. 411, l'hypothèse remarquable de BUNGE sur le chlorure de sodium organique, vestige chimique d'une vie marine ancestrale..

2. Ces analyses étant postérieures à la table de WOLFF de 1880, et par suite n'y figurant pas, nous en avons fait un relevé complet qu'on trouvera à l'Appendice, p. 401-405.

nous avons simplement joint les déterminations spéciales de BUNGE (1874).

AUTEURS	CENDRES DE L'ORGANISME TOTAL DE :	POUR 1 ÉQUIVALENT DE POTASSE, ON COMPTE EN ÉQUIVALENT DE SOUDE :
LAWES et GILBERT.	Bœuf, Mouton, Porc. — Moyenne.	0,96
HUGOUNENQ	Homme. — Moyenne	1,57
SÖLDNER.	Homme. — Moyenne	1,76
BUNGE.	Lapin, Souris, Chat, Chien[1]. — Moyenne.	1,2
	MOYENNE GÉNÉRALE. . . .	1,37

Or, dans quelle proportion la potasse et la soude se trouvent-elles dans les aliments végétaux? Pour 1 équivalent de potasse les aliments suivants comptent en équivalent de soude :

AUTEURS.	VÉGÉTAUX.	POUR 1 ÉQUIVALENT DE POTASSE, ON COMPTE EN ÉQUIVALENT DE SOUDE : en moyenne.	au maximum.	au minimum.
BUNGE (1874) . . .	Betterave = souche[1].	0,45	»	»
DUGAST (1882). . .	Chou-fourrager = feuilles et tiges[2]	0,56	0,48	0,24
PETERMANN (1890).	Betterave = souche[3].	3,29	»	»
SCHMIDT (1874)[4] .	Foin de prairie[3].	0,17	0,35	0,017
E. WOLFF (1887). .	Avoine = grain[6]	0,17	0,2	0,14
LECHARTIER (1898).	Topinambour = feuilles[7]. . .	0,15	0,5	0,07
E. WOLFF (1887). .	Foin de prairie[8].	0,15	0,24	0,054
LECHARTIER (1881).	Sarrasin = grain[9].	0,10	0,22	0,05
E. WOLFF (1887). .	Foin de trèfle rouge[6]. . . .	0,095	0,15	0,06
LECHARTIER (1898).	Topinambour = tubercule[7] .	0,075	0,084	0,068
LECHARTIER (1881).	Sarrasin = paille[9].	0,07	0,14	0,02
SCHMIDT (1874)[4] . .	Seigle = grain[5].	0,065	0,11	0,017
— . .	Froment = grain[5]	0,06	0,08	0,04
— . .	Orge = grain[5].	0,06	0,07	0,05
— . .	Avoine = grain[5].	0,06	0,07	0,05

1. Détail des déterminations de BUNGE (1874) :

CENDRES DE L'ORGANISME TOTAL DE :	POUR 1 ÉQUIVALENT DE K^2O, ON COMPTE EN ÉQUIVALENT DE Na^2O :
Lapin (embryon).	1,272
Lapin (14 jours)	0,855
Souris	0,787
Chat (1 jour).	1,506
Chat (19 jours).	1,245
Chat (29 jours).	1,297
Chien.	1,468
MOYENNE.	1,2 »

Auteur	Végétaux.	Pour 1 équivalent de potasse on compte en équivalent de soude en moyenne.	au maximum.	au minimum.
Papaielli (1888).	Olive[1]	0,550	»	»
E. Wolff (1887).	Seigle = paille[6]	0,054	0,064	0,044
Petermann (1896).	Courge fourragère = plante complète[1]	0,045	»	»
Bunge (1874). . .	Riz = grain[1]	0,041	»	»
E. Wolff (1887).	Maïs = grain[1]	0,037	»	»
E. Wolff (1887).	Fève[1]	0,036	»	»
Lechartier (1898).	Topinambour = tige[7]	0,031	0,07	»
Schmidt (1874)[4]. .	Pomme de terre = tubercule[5].	0,028	0,032	0,024
— . . .	Pois[5].	0,022	0,025	0,02
Bunge (1874) . . .	Fraise = fruit[1].	0,014	»	»
Bunge (1874) . . .	Trèfle = foin[1].	0,01	»	»
Bunge (1874) . . .	Pomme = fruit[1]	0,01	»	»
Bunge (1874) . . .	Fève[1]	0,009	»	»
	Moyenne.	0,096	»	»

Ainsi, pour 1 équivalent de potasse, l'organisme animal compte 1,57 équivalent de soude. Pour le même équivalent de potasse, l'aliment végétal ne compte plus que de 0,45 à 0,009 (en moyenne 0,096) équivalent de soude, soit une quantité de 3 à 152 fois moindre (en moyenne 14 fois)[10].

Mais tous les chiffres qui précèdent sont des chiffres proportionnels. Ils ne nous renseignent pas sur les contenances absolues en potasse et en soude de l'aliment végétal d'une part, de l'organisme animal d'autre part, pour un même poids. Or, il eût pu se faire que la richesse en cendres du végétal fût telle que sa pauvreté sodique fût seulement relative, et qu'à poids égal d'aliment et d'organisme, le végétal renfermât autant de sodium que l'animal. Il y eût eu dans ce cas, chez le végétal, non pas pauvreté sodique, mais richesse excessive potassique. Le tableau ci-

---

1. Analyse unique. — 2. Feuilles, moyenne de 9 analyses : 0,56 (valeurs extrêmes, 0,48; 0,24). Tiges, moyenne de 7 analyses : 0,55 (valeurs extrêmes, 0,41; 0,27). — 3. Moyenne de 8 analyses. — 4. Schmidt, *in* Bunge (1874). — 5. Nombre d'analyses inconnu. — 6. Deux analyses. — 7. Nombreuses analyses. — 8. Quatre analyses. — 9. Trois analyses.

10. Nous devons considérer les chiffres de ce dernier tableau, obtenus d'après un procédé précis, comme les seuls sûrs, les plus voisins de la réalité. Reportons-nous toutefois à notre tableau précédent, calculé d'après la table de Wolff, bien que nous ayons lieu de croire que le taux moyen en soude s'y trouve exagéré au détriment du taux en potasse. La moyenne de ce tableau nous donne : pour 1 équivalent de potasse, 0,23 équivalent de soude. — L'aliment végétal moyen contiendrait donc d'après la table de Wolff et pour une même teneur en potasse, 6 fois moins de soude que l'organisme animal.

dessous montre le néant de cette hypothèse. 1000 grammes de matière sèche comptent en effet :

	1000 GR. DE MATIÈRE SÈCHE CONTIENNENT EN	
	SOUDE	POTASSE
A. — Pour l'organisme entier d'un Vertébré supérieur (Mammifères). — Moyenne de 7 déterminations[1].	gr. 7,3	gr. 9,4
B. — Pour les aliments végétaux suivants, ordonnés selon leur teneur décroissante en soude. — Moyenne générale	0,7	13,04

AUTEURS	VÉGÉTAUX[2]		
DUGAST (1882). . . .	Chou-fourrager = toute la plante.	5,4	15,7
E. WOLFF (1887) . .	Foin de prairie.	5,1 à 0,55	51,6 à 15,2
LECHARTIER (1898). .	Topinambour = feuilles. . .	3,89 à 0,46	54,96 à 5,18
PETERMANN (1890) .	Betterave à sucre = souche .	2,9	14,6
BUNGE (1874)	Id.	1,28	4,28
SCHMIDT (1884) . . .	Foin de prairie.	1,5 à 0,5	18 à 6
LECHARTIER (1898) .	Topinambour = tubercule. .	1,2	22,2
LECHARTIER (1881) .	Sarrasin = paille	1,08	50,9
E. WOLFF (1887) . .	Avoine = grain	0,8 à 0,4	5,8 à 4,5
PETERMANN (1896). .	Courge fourragère = fruit. .	0,7	25,6
E. WOLFF (1887) . .	Seigle = paille	0,58 à 0,54	14,1 à 11,4
SCHMIDT (1874) . . .	Pommes de terre = tubercule.	0,58 à 0,52	28 à 20
— — . . .	Seigle = grain	0,45 à 0,07	6,1 à 5,7
LECHARTIER (1898) .	Topinambour = tiges	0,40 à 0 »	12,42 à 9,88
E. WOLFF (1887) . .	Fève = graine	0,37	14,9
LECHARTIER (1881) .	Sarrasin = grain	0,36	5,9
SCHMIDT (1874) . . .	Orge = grain	0,30 à 0,19	6,5 à 6
— — . . .	Froment = grain	0,32 à 0,14	5,8 à 4,7
— — . . .	Avoine	0,25 à 0,14	5,5 à 4,7
BUNGE (1874)	Fraise = fruit.	0,20	22
SCHMIDT (1874) . . .	Pois = grain	0,18 à 0,16	12
BUNGE (1874)	Trèfle = foin	0,17	23
BUNGE (1874)	Fève = grain	0,15	21
E. WOLFF (1887) . .	Maïs = grain	0,11	4,3
BUNGE (1874)	Pomme = fruit	0,07	10,6
BUNGE (1874)	Riz = grain	0,028	1,04

1. Calculé d'après les poids absolus en soude et en potasse de 1000 gr. d'organisme animal frais (BUNGE, 1874, *Zeit. f. Biol.*, **10**, 524; Lapin, Souris, Chat et Chien) et en prenant pour valeur de la matière sèche de l'organisme total le chiffre classique de 500 pour 1000. — Donnons à part la teneur absolue en soude et en potasse de matières organiques partielles. 1000 gr. de matière sèche des matières suivantes renferment (BUNGE, 1891, p. 117) :

	EN SOUDE.	EN POTASSE.
	grammes.	grammes.
Lait de Femme	1 à 2	5 à 6
Lait de Chienne.	2 à 3	5 à 6
Lait d'Herbivores	1 à 10	9 à 17
Viande de Bœuf (Bœuf saigné)	3	19
Sang de Bœuf.	19	2

2. Pour le nombre des analyses, voir le tableau précédent.

Ainsi, à poids égal de matière sèche, l'organisme animal et l'aliment végétal moyen contiennent une quantité à peu près équivalente de potasse : 9,4 gr. et 13,04 gr. En soude, au contraire, leur teneur est essentiellement différente. Tandis que 1000 gr. de matière sèche d'organisme total renferment 7,5 gr. de soude, 1000 grammes de matière sèche d'aliment végétal n'en renferment plus que de 5,4 gr. à 0,028 gr., soit une quantité de 2 à 260 fois moindre (en moyenne, 10 fois moindre : $\frac{7,5}{0,7} = 10$). La pauvreté sodique de l'aliment végétal n'est donc pas seulement relative, elle est absolue.

On voit à quel point la constitution sodique (marine) du Vertébré supérieur est peu le résultat de son alimentation fondamentale. Premièrement : l'organisme, pour sa constitution, renverse le rapport des radicaux que l'aliment végétal lui présente; il fait prévaloir le sodium, là où l'aliment végétal lui apporte une extraordinaire prédominance potassique. Secondement : calculée non plus proportionnellement, mais absolument, la teneur en sodium de l'aliment végétal est extrêmement réduite par rapport à la teneur absolue en sodium de l'organisme animal.

Le régime végétal met donc en quelque sorte l'animal en inanition sodique. Si l'on songe que pour la constitution de sa *matière vivante*, l'organisme semble avoir déjà besoin d'une certaine quantité de sodium[1], on voit le peu qui reste à l'apport salin alimentaire pour constituer le *milieu vital* dans la physionomie minérale qui lui est propre. Loin que la composition marine du *milieu vital* du Vertébré supérieur soit le résultat naturel de son alimentation fondamentale, elle apparaît donc bien plutôt au contraire comme réalisée ***malgré*** cette alimentation.

Un fait physiologique du plus vif intérêt achève de démontrer la pauvreté chlorurée-sodique de l'aliment végétal par rapport à la constitution et aux besoins de l'organisme animal. Tandis que

---

1. Se reporter aux analyses de la *matière vivante*. D'après ces analyses (et en négligeant même celles de CHAMPION et PELLET pour le muscle, d'OIDTMANN pour la rate, où le sodium prime le potassium), la *matière vivante* comprendrait 0,33 équivalent de sodium pour 1 équivalent de potassium. Il est probable d'ailleurs que cette teneur sodique est encore exagérée et provient des sels du *milieu vital* (plasma lymphatique interstitiel, plasmas d'imbibition) qu'on n'a pu éliminer pour l'analyse. L'analyse des levures, où cette cause d'erreur n'agissait pas, ne donne que 0,065 équivalent de sodium pour 1 équivalent de potassium.

l'animal carnivore, qui se nourrit d'un aliment animal à composition minérale semblable dans sa totalité à la sienne, n'éprouve aucun besoin salin en dehors de son alimentation ordinaire, l'animal herbivore ou végétarien, au contraire, ne peut se contenter, dans la plupart des cas, de sa nourriture naturelle : il est tenu d'y ajouter un aliment tout à fait artificiel, inorganique, *le sel marin, pur, à l'état de sel*, faute de quoi et malgré toutes les économies de chlorure de sodium qu'il arrive à réaliser sur ses évacuations, sa vie s'étiole, — preuve que l'aliment végétal, c'est-à-dire l'aliment fondamental du Vertébré supérieur, loin d'être la cause naturelle de la composition marine de son *milieu vital* n'a pas le pouvoir de la lui assurer, du moins au titre qui correspond à sa prospérité. — Nous allons établir, en effet, à l'appui de cette conclusion, les quatre points suivants : 1° Avidité pour le sel des animaux végétariens, et de ceux-ci seuls; aversion pour le sel des animaux carnivores; 2° Avidité pour le sel des Hommes qui se nourrissent principalement de végétaux; aversion pour le sel des Hommes qui se nourrissent exclusivement d'animaux; 3° Économie physiologique du chlorure de sodium chez les animaux végétariens; faible teneur en chlorure de sodium de leurs évacuations; 4° État morbide latent et dépérissement des animaux végétariens qui ne peuvent ajouter à leur alimentation naturelle une ration artificielle de chlorure de sodium.

1° Avidité pour le sel des animaux végétariens et des animaux végétariens seuls; aversion pour le sel des animaux carnivores. — L'avidité pour le sel des animaux végétariens est bien connue. Tous les éleveurs la constatent quotidiennement. On sait l'empressement du bétail et des chevaux de ferme pour lécher les matières salées qui peuvent se présenter à leur appétit (Johnson, *in* Demesmay, 1850, p. 252) et « la reconnaissance avec laquelle ils accueillent ceux qui leur présentent du sel[1] ». Les indi-

1. Lecoq, professeur d'agriculture à Clermont-Ferrand (*in* Demesmay, 1850, p. 25) écrit : « L'éducation des bêtes bovines, si dociles dans nos montagnes à la voix de nos pâtres, n'a coûté que quelques poignées de sel. La récompense des Vaches qui traînent de lourds fardeaux dans la partie de notre département qui avoisine le Cantal, est une pincée de muriate de soude. J'ai vu, sur les hautes montagnes de la Lozère, et je n'exagère pas, des blocs de granit usés par la langue des Moutons. Ce sont les tables sur lesquelles les bergers leur servent le sel pendant les quatre mois de l'année qu'ils passent sur ces hautes régions, sans abri, sans litière, et n'ayant pour toute nourriture que les tiges

vidus les plus sauvages d'un troupeau « viennent volontiers prendre le sel à la main (John Sinclair, *in* Demesmay, 1850, p. 53) ». Dans les grands pâturages de l'Amérique du Sud, les éleveurs utilisent cette avidité pour le sel des bêtes à cornes (John Sinclair, *id.*) : grâce à cette avidité, ils peuvent « laisser paître en pleine liberté d'immenses troupeaux qui reviennent à jour fixe pour la distribution du sel (Branche, 1885, p. 104) ». « C'est une croyance très répandue que les animaux des pâturages (alpestres) sentent le sel et suivent les personnes qui en ont dans leur poche. Pour vérifier si en réalité ils le perçoivent par l'odorat, j'ai présenté à des Moutons paissant sur les flancs du Pic du Midi, entre 2300 et 2700 mètres d'altitude, des cornets en papier fermés, remplis les uns de terre, les autres de sel gris. Tous les Moutons sont restés indifférents devant les cornets de terre ; neuf sur quatorze se sont jetés sur les cornets de sel, les ont déchirés et en ont dévoré le contenu (Muntz, 1891). » Cette avidité n'est pas spéciale aux animaux domestiques. Les chasseurs s'en servent depuis longtemps comme d'un appât « pour attirer les animaux sauvages herbivores (Branche, 1885, p. 104)». Les dépôts de sel, les lacs et les efflorescences salées qui existent dans toutes les parties de la Sibérie sont bien connus des chasseurs comme les lieux de rendez-vous des troupeaux de Rennes (Bunge, 1891, p. 113). Les Lapons conduisent eux-mêmes à la mer leurs troupeaux de Rennes ; les animaux en boivent l'eau « avec avidité » et sont ensuite reconduits à la montagne (Van Buch, *in* Demesmay, 1850, p. 54). Watterton (*in* Demesmay, *id.*, p. 52), John Sinclair (*id.*, p. 252) donnent l'Herbivore sauvage comme accomplissant, à certaines époques de l'année, d'immenses trajets, pour se rendre à des eaux salées, soit de la mer, soit de sources ou de lacs intérieurs. « On voit dans l'Altaï des grottes entières, dont le revêtement, formé d'argile schisteuse salée, a été enlevé presque complètement par les Herbivores (Nothnagel et Rossbach, *in* Branche, 1885, p. 104). Tous les

---

et les feuilles durcies du *Nardus stricta*, ou poil-de-bouc, herbe si dure qu'ils ne parviendraient pas à la digérer sans l'action stimulante du sel....

« Si les plantes d'une prairie sont arrosées d'eau minérale, ou si artificiellement on a répandu du sel à la surface des engrais salins, on voit de suite la prédilection des bestiaux pour les herbes qui ont été soumises à l'influence du sel. Que deux touffes plus vertes se présentent dans un pré ; que l'une soit produite par une masse de fumier, l'autre par un suintement d'eau salée, celle-ci sera broutée immédiatement et l'autre sera constamment refusée. »

chasseurs de la Tarentaise savent que les Chamois se livrent à cet exercice (Branche, *id*, p. 104). « En Amérique, dans les États d'Ohio, d'Indiana, de Kentucky, les bandes de Buffles indiquent par leur piste les sources salées et les gîtes salifères. Les bêtes à cornes et les Chevaux lèchent avidement les sels effleuris à la surface du sol dans les contrées chaudes de l'Amérique du Sud, et des bandes d'Oiseaux se rassemblent pour en manger, là où les efflorescences salines sont abondantes (Spix et Martins, *in* Barral, 1850, p. 546). » Les Oiseaux (Oiseaux granivores), bien que les observations les concernant soient moins nombreuses, ne sont pas en effet exempts de cette avidité. Lecoq (*in* Demesmay, *id.*, p. 25) cite les sources salées d'Auvergne comme lieux de rendez-vous des Pigeons qui viennent constamment s'y assembler. Nous verrons tout à l'heure l'observation de Bouchardat. Fawtier (*in* Demesmay, *id.*, p. 27) donne la volaille comme mieux portante, plus féconde et plus aple à l'engraissement à la suite de l'usage du sel.

Or, on n'observe rien de semblable chez l'animal carnivore. « Nos Carnivores domestiques, le Chien et le Chat, préfèrent une nourriture peu salée, et montrent une répugnance caractéristique pour les aliments fortement salés, tandis que les Herbivores sont avides de sel. On observe la même chose chez les animaux vivant à l'état sauvage.... Les descriptions de voyage sont unanimes à nous rapporter ce fait pour les Herbivores de tous les pays et de toutes les zones, tandis qu'on n'a jamais rien observé d'analogue chez les Carnassiers (Bunge, 1891, p. 109). » L'avidité pour le sel paraît donc exclusivement liée au régime végétarien.

2° Avidité pour le sel des Hommes qui se nourrissent principalement de végétaux; aversion pour le sel des Hommes qui se nourrissent exclusivement d'animaux. — C'est ce qui ressort avec force de l'enquête de Bunge (1873, 1874 et *Chim. physiol.*, 1891, p. 111-115) effectuée sur l'Homme, dont le régime à l'état de nature peut être ou tout animal, ou tout végétal. Seul, le régime végétal entraîne l'avidité pour le sel. L'Homme qui se nourrit exclusivement des produits de la chasse ou de la pêche ne fait plus usage de sel et montre même à son endroit une aversion marquée. Le tableau suivant résume l'enquête de Bunge. On y a fait en outre figurer deux documents (avec indication), l'un emprunté à Liebig, l'autre à Lapicque.

RÉGIME EXCLUSIVEMENT ANIMAL.
AVERSION DU SEL
ET DÉFAUT D'USAGE.

COUTUMES PAÏENNES. — Chez les Grecs et chez les Romains, les victimes animales étaient offertes aux dieux sans sel.

INDO-GERMAINS. — Langues indo-germaniques ne possèdent pas de radicaux communs pour les termes servant à désigner le sel et les choses se rapportant à la culture. Au contraire, radicaux communs pour les termes ayant rapport à l'élevage du bétail. — Populations anciennes devaient donc élever du bétail, ne pas cultiver la terre, vivre d'une pure nourriture animale et ignorer l'usage du sel.

FINNOIS DE L'EST. — Nomades et chasseurs, vivant du produit de leur chasse. Usage du sel ignoré. Pas de mot pour désigner le sel.

NORD DE LA RUSSIE ET DE LA SIBÉRIE. — Peuples nomades, chasseurs et pêcheurs; connaissent le sel qui est fréquent dans ces contrées, mais n'en font pas usage et ont une aversion marquée pour lui (témoignage de DITMAR, touchant les Kamtschadales, Corèkes, Tschukates, Ainos, Tungouses, 1851-1856). Le gouvernement russe ayant donné aux Kamtschadales du sel pour conserver leur poisson, le poisson fut salé mais non pas mangé.

SCHWARTZ, astronome, dans un voyage chez les Tungouses, vit exclusivement pendant trois mois de viande de Renne et de gibier de plume, sans ressentir le besoin de sel.

ASIE. — INDES. — ARABIE. — Kirghizes, vivent de viandes et de lait. Connaissent le sel, comme habitant le steppe salé, mais n'en font pas usage.

Peuple de bergers, Tudas, habitant les montagnes de Nilgherry (Indes), vit de lait et de viande de Buffle, et ignore le sel.

Bédouins (Arabie) vivent de viande et « trouvent l'emploi du sel ridicule ».

RÉGIME SURTOUT VÉGÉTAL.
AVIDITÉ POUR LE SEL ET NÉCESSITÉ
D'USAGE.

COUTUMES PAÏENNES. — Chez les Grecs et les Romains, les offrandes végétales étaient présentées aux dieux avec sel.

GERMAINS. — Premiers Germains d'après TACITE, abandonnant la vie nomade et pastorale pour la vie sédentaire et agricole. Se nourrissent alors de végétaux. Or, guerres de destruction effroyables pour la possession de sources salées situées sur la frontière de différentes peuplades.

FINNOIS DE L'OUEST. — Voués à la culture, emploient le sel, qu'ils désignent par son nom germanique.

NORD DE LA SIBÉRIE. — A Pierre et Paul, légumes et céréales en certaine quantité. Usage du sel.

AFRIQUE DU NORD. — D'après SALLUSTE, Numides, vivant de lait et de viande, ne faisaient pas usage de sel bien que leur pays en fût riche.

AFRIQUE DU SUD ET DU CENTRE. — Bushmen (Afrique australe), chasseurs à régime animal, n'usent pas de sel.

AMÉRIQUE DU NORD. — Lors de sa découverte, Indiens, chasseurs et pêcheurs, à régime animal, connaissaient le sel, dont le pays est riche, mais n'en usaient pas.

AFRIQUE DU SUD ET DU CENTRE. — Peuplades nègres sont agricoles et végétariennes. Avidité extraordinaire pour le sel, dont les gisements sont rares dans les terres. Sel, denrée de prix. D'après MUNGO-PARK, l'appétit des nègres pour le sel est si grand qu'ils arrivent à donner « tout ce qu'ils possèdent, même leurs femmes et leurs enfants, pour en obtenir.... Le sel est le régal par excellence. C'est un spectacle curieux pour un Européen de voir un enfant sucer un bâton de sel, comme si c'était du sucre. J'ai vu cela maintes fois, quoique dans la classe pauvre les habitants soient si économes de cet article de prix que, lorsqu'on dit de quelqu'un qu'il mange du sel à tous ses repas, on veut désigner par là un homme riche ». MUNGO PARK ajoute, témoignage à rapprocher de celui de SCHWARTZ : « J'ai ressenti vivement la rareté de ce produit de la nature. Une alimentation végétale exclusive éveille en vous une envie de sel si ardente qu'on ne peut la décrire. »

LIEBIG, cité d'après Branche (1885 p. 106) : « Le besoin de sel est tellement impérieux... que les peuplades sauvages éloignées de la mer entreprennent de longs et pénibles voyages pour se le procurer. Chez les Gallas et chez les habitants de la Côte d'Or, en Afrique, on donnait un et même deux esclaves pour une poignée de sel. »

AMÉRIQUE DU NORD. — Lors de sa découverte, quelques seules peuplades des bords du Mississipi, agricoles et végétariennes. Elles étaient en guerre pour la possession de sources salées.

Mexicains, végétariens, connaissaient la manière de se procurer le sel.

Amérique du sud. — Bergers des Pampas, à régime purement animal, connaissent le sel dont le pays est couvert, mais n'en usent pas.

Australie. — Indigènes, chasseurs, à régime animal, n'usaient pas de sel.

Archipel indien et océanien. — La plupart des indigènes à alimentation mixte, absorbent déjà suffisamment de chlorure de sodium avec les animaux marins dont ils se nourrissent.

France. — Population des villes, à régime surtout animal, consomme trois fois moins de sel que la population des campagnes [1].

Iles américaines. — Même observation, insulaires des Indes occidentales (Christophe Colome).

Amérique du sud. — Araucans, cultivateurs et végétariens, usent du sel marin et du sel gemme.

Archipel indien et océanien. — Indigènes des îles de Pâques, exclusivement végétariens, « boivent avec délices l'eau de mer ». — De même, indigènes des îles de la Société et de Tahiti.

Battas, à Sumatra, presque exclusivement végétariens. Formule du serment : « Que mes moissons soient anéanties, que mon bétail périsse, *que je ne goûte plus jamais le sel*, si je ne dis pas la vérité. »

Lapicque (*L'Anthropologie*, 1896) : — A Florès, indigènes, essentiellement agricoles, possèdent, malgré l'état peu avancé de leur industrie, une méthode assez compliquée pour l'extraction du sel marin.

France. — Populations des campagnes, à régime surtout végétal, consomme trois fois plus de sel que la population des villes [1].

Les ordres religieux modernes fournissent un dernier exemple de corrélation entre le régime végétal et l'addition chlorurée sodique. Les réformateurs les plus sévères ont pu imposer à leurs ordres les plus dures austérités, proscrire la viande, les épices, les boissons, les aliments hydrocarbonés, et avec cette alimentation réduite imposer les veilles, le travail, la rigueur du climat sans la correction du feu ; mais ils n'ont jamais « essayé de proscrire l'usage du sel marin. A l'abbaye du Gard, près de Piquigny, chaque trappiste prend, avec les aliments de la journée,

1. Alb. Dulac (1900, *Ann. agron.*, **26**, p. 430) donne pour la consommation en viande de boucherie par tête et par an, en France :

Années.	Dans les villes.	Dans les campagnes.
1862	53kg,6	18kg,57
1882	64kg,6	21kg,89
1892	58kg,12	26kg,25

plus d'une once (31 gr.) de sel (Barbier, 1858) ». Le régime est : légumes cuits à l'eau, pommes de terre, salade, fromage de Hollande, bière de médiocre qualité. Barbier cite encore le régime d'une communauté d'Amiens : pain, légumes, pommes de terre, pois secs, salades vertes, rarement poisson ; eau ou bière très faible ; pas d'épices. Le sel marin a dû être maintenu (plus de 11 gr. par tête et par jour)[1].

En résumé, chez le Vertébré supérieur comme chez l'Homme, sous tous les climats, dans tous les pays[2] : à régime animal, besoin nul de sel ; à régime végétal, besoin ardent de sel. Nous verrons tout à l'heure les conclusions à en tirer.

3° Économie physiologique du chlorure de sodium chez les animaux végétariens ; faible teneur en chlorure de sodium de leurs évacuations. — Les évacuations minérales s'effectuent par trois grandes voies : rénale, dermique, rectale (urine, sueur, excréments). Dans le tableau suivant nous donnons la teneur en chlorure de sodium, pour 100 parties de cendres, de l'urine, de la sueur et des excréments de différents Mammifères végétariens, les uns additionnant leur nourriture de chlorure de sodium, les autres ne l'additionnant pas. Tous les chiffres des expériences de Barral (1850, p. 246, 308) sont calculés d'après le chlore de cet auteur, le chlore étant supposé combiné exclusi-

---

1. Il est important de remarquer que le régime mixte d'un Européen moderne ne peut diminuer que faiblement son besoin de sel. La viande ordinaire de consommation, en effet, contient peu de chlorure de sodium (0,25 équivalent de sodium pour 1 équivalent de potassium, d'après Bunge, 1874). Le chlorure de sodium organique existe principalement dans le sang (sang total : 14 équivalents de sodium pour 1 équivalent de potassium) ; or, les animaux de consommation sont saignés ; leur matière alimentaire est plus ou moins exsangue. Les peuples vivant exclusivement de nourriture animale évitent avec soin, au contraire, toute perte de sang chez l'animal qu'ils abattent. Bunge (1891, p. 118) cite le témoignage de quatre naturalistes ayant vécu dans différentes contrées du nord de la Russie et de la Sibérie : « Lorsque les Samoyèdes mangent un Renne, ils trempent auparavant chaque morceau dans le sang de l'animal. Lorsque les Esquimaux du Groenland ont tué un Phoque, ils s'empressent de tamponner la blessure.... Chez les Massai, peuplade de l'Afrique orientale, les Hommes sont guerriers de 17 à 24 ans. Pendant ce temps, ils vivent exclusivement de viande sans sel, et le sang forme pour eux un aliment de haut goût et des plus recherchés. »

2. *Pays* pris ici dans le sens *continent*, *région du globe*. Il y a des contrées, au contraire, où les Herbivores peuvent ne plus témoigner d'aucune avidité pour le sel ; ce sont celles où les conditions géographiques, géologiques (voisinage de la mer, de dépôts salifères avec irrigations salées, etc.) sont telles que l'herbe dont l'animal se nourrit est saturée de sel marin. Voir à l'Appendice, p. 406-408, les différences de composition saline des pluies et des végétaux, selon les lieux.

vement à du sodium[1]. Les autres chiffres proviennent des analyses précédentes de matière excrétée, p. 539-544[2].

RÉGIME.	ANIMAUX.	Quantité de NaCl ajoutée à la nourriture naturelle par jour et par 100 kg. d'animal.	Chlorure de sodium contenu dans 100 parties de cendres de		
			Urine.	Sueur.	Excréments.
		gr.	gr.	gr.	gr.
Individus ajoutant du NaCl à leurs aliments naturels.	Mouton (Barral)	44	40 »	?	0,82
	Mouton (Barral)	30	37,6	?	1,3
	Mouton (Daurier)	56?	59,3	?	?
	Homme moyen	24	63,6	38 à 89	0,58 à 4,55
	Homme (Barral)	25,40	56,09	»	1,7
	Homme (Barral)	18,85	61,35	»	1,3
	Homme (Barral)	12,20	51,8	»	4,1
	Homme (Barral)	10,11	44,9	»	1,8
	Homme (Barral)	9,7	49,8	»	1,02
	Porc (Bibra)	?	53,1	»	?
Individus n'ajoutant pas de NaCl à leurs aliments naturels.	Mouton (Barral)	0	13 »	»	0,98
	Mouton (Daurier)	0	0,0	»	?
	Mouton (Rogers)	0	»	»	0,25
	Cheval (Boussingault)	0	1,9	»	?
	Cheval (Valentin et Brumer)	0	2,8	1,3	2,8
	Cheval (Rogers)	0	»	»	0,03
	Bœuf (Boussingault)	0	3,9	?	?
	Vache (Boussingault)	0	5 »	»	»
	Vache (Rogers)	0	»	»	0,25
	Porc (Boussingault)	faible.	2,5	»	»
	Porc (Rogers)	0	»	»	0,89

Tableau qui peut se résumer par celui-ci :

	Teneur moyenne en chlorure de sodium dans 100 parties de cendres des évacuations :		
	Urine	Sueur	Excréments
	—	—	—
Animaux ajoutant du sel à leur alimentation	51,7	63 »	1,88
Animaux n'en ajoutant pas	4,1	1,3	0,84

On voit la faible teneur en chlorure de sodium des différentes évacuations chez les animaux végétariens qui n'ajoutent pas de sel à leurs aliments naturels. Mais tous ces chiffres sont des

1. Dans le calcul du NaCl ajouté aux aliments, on a fait figurer celui du pain.
2. On admet que les animaux dont le régime n'a pas été spécifié n'ajoutent pas de chlorure de sodium à leur alimentation naturelle. Exception est faite pour le Porc de Bibra, dont la teneur de l'urine en chlorure de sodium indique sans conteste un régime salé, régime qui est d'ailleurs le régime ordinaire des Porcs, nourris de déchets de cuisine et d'eau de vaisselle fortement salée.

chiffres proportionnels qui ne nous renseignent pas sur les quantités de sodium absolues, évacuées par l'animal. Établissons approximativement ces quantités pour l'urine, qui est la grande voie d'élimination du chlorure de sodium organique.

		gr.
100 kg. d'Homme éliminent par jour environ. . . .		2000 d'urine.
100 kg. de Cheval	— —	1000 d'urine[1].
100 kg. de Mouton	— —	1685 d'urine[2].

Supposons que 100 kilogr. de Bœuf ou de Vache, sur lesquels, à notre connaissance, il n'existe aucun travail suffisamment précis, éliminent 1500 gr. d'urine par jour. — chiffre fort, comparé à celui du Cheval dont les Ruminants ne peuvent que se rapprocher beaucoup. — Relevons, d'autre part, les teneurs en chlorure de sodium pour 1000 de l'urine du Mouton à régime salé (Daurier, *in* Barral, 1850, p. 148), et de celle du Cheval, de la Vache, du Bœuf, à régime non salé (Boussingault, 1874, *Agron., Chim. agric. et Physiol*, **5**, p. 286, 291, et *in* Barral, 1850, p. 141). Ces teneurs sont, pour 1000 gr. d'urine :

Mouton = régime salé.	25,26
Cheval = régime non salé.	0,74
Vache = —	1,60
Bœuf = —	1,51

En utilisant pour le Mouton et pour l'Homme de Barral les chiffres absolus de chlore de cet auteur (calculés en chlorure de sodium et ramenés à un poids d'animal de 100 kilogr.) et en calculant pour le Mouton de Daurier, le Cheval, la Vache et le Bœuf, les quantités de chlorure de sodium qu'ils peuvent éliminer, également par jour et par 100 kilogr. d'animal, nous obtenons le tableau suivant[3] :

---

1. Calculé d'après les nombreuses et minutieuses observations de Grandeau et Leclerc (1883, p. 147), effectuées sur trois Chevaux, dans toutes les conditions de travail et de saison (Chevaux n'ajoutant pas de chlorure de sodium à leur alimentation naturelle). Pour trois Chevaux de 440 kg. (poids moyen), eau de l'urine par jour : 4238 gr., substance sèche 200, — soit au total 4458, soit 1000 gr. d'urine par 100 kg. d'animal et par jour.

2. Calculé d'après l'expérience II de Barral (1850, p. 315), sur le Mouton n'ajoutant pas de chlorure de sodium à son alimentation naturelle.

3. Ce tableau suffit à la rigueur à la démonstration que nous effectuons ici. Toutefois, ses chiffres seront sûrement revisés par les expérimentateurs futurs. La statique du chlorure de sodium dans l'organisme animal (aussi bien carnassier que végétarien d'ailleurs) est entièrement à déterminer. L'étude devra porter en outre non seulement sur le chlore, mais sur le sodium. L'expression du chlore en chlorure de sodium que nous nous sommes permise ici (travaux de

RÉGIME.	ANIMAUX.	Chlorure de sodium ajouté à la nourriture naturelle, par jour et par 100 kg. d'animal.	Chlorure de sodium éliminé par le rein, par jour et par 100 kg. d'animal.
		gr.	gr.
Individus ajoutant du chlorure de sodium à leurs aliments naturels.	Mouton (BARRAL) .	44	42,5
	Mouton (BARRAL) .	50	41,8
	Mouton (DAURIER).	36 (?)	39 »
	Homme moyen . .	24	23 »
	Homme (BARRAL) .	25,4	17,1
	Homme (BARRAL) .	18,85	21,2
	Homme (BARRAL) .	12,20	8,5
	Homme (BARRAL) .	10,11	9,5
	Homme (BARRAL) .	9,7	15,1
Indivius n'ajoutant pas de chlorure de sodium à leurs aliments naturels.	Mouton (BARRAL) .	0	8,9
	Mouton (DAURIER) .	0	0 »
	Cheval.	0	1,21
	Vache.	0	5,9
	Bœuf	0	2,26
	Autruche.	0	0 » (?)
	Oiseaux granivores	0	0 » (?)

Tableau pouvant se résumer par celui-ci (en évitant de faire figurer dans la seconde moyenne, afin de ne pas trop l'abaisser, l'Autruche et l'Oiseau granivore dont nous ne possédons que des analyses insuffisantes) :

	Chlorure de sodium éliminé par le rein, par jour et par 100 kg. d'animal.
	gr.
Animaux ajoutant du sel à leur alimentation . . .	23,9
Animaux n'en ajoutant pas	3,2

On voit, en définitive, la faible teneur en sel marin des évacuations de l'animal végétarien qui n'ajoute pas de sel à sa nourriture naturelle. Le point était important à fixer : 1° la faible teneur en chlorure de sodium des évacuations prouve une fois de plus la faible teneur en chlorure de sodium de l'apport alimentaire végétal ; 2° l'avidité pour le sel des animaux végétariens est

---

BARRAL) n'est pas en effet légitime. Il ressort des analyses de BUNGE (1874) que pour 1 équivalent de soude les aliments végétaux suivants : Fraise, Riz, Foin de prairie, Trèfle, présentent respectivement 6, 8, 12, 15 équivalents de chlore. Le chlore alimentaire et par suite celui des évacuations sont donc loin d'être combinés exclusivement au sodium. Chez l'animal végétarien qui n'ajoute pas de sel à sa nourriture naturelle, il est possible que la majeure partie des chlorures urinaires soient autres que sodiques. C'est ce qui résulterait de l'analyse de DAURIER sur le Mouton soumis au régime non salé (voir plus haut, p. 541 ; chlorures uniquement potassiques).

donc bien due à cette pauvreté chlorurée sodique de l'aliment végétal, et non pas à une déperdition excessive en chlore et en sodium causée, pour une raison quelconque, par l'alimentation végétale.

4° État morbide latent et dépérissement des animaux végétariens qui n'ajoutent pas à leur alimentation naturelle une ration de chlorure de sodium. — Cet état de dépérissement est flagrant. Tout le démontre :

A. — On sait que chez presque tous les animaux, l'état de santé et de prospérité générale s'accompagne d'un aspect particulier de la peau et de ses dépendances : poil, plume, corne, etc. Chez le Cheval, le Bœuf par exemple, la peau est fine, mobile, le poil uni, égal, brillant ; la corne lisse ; tous ces caractères sont trop connus pour qu'il soit utile d'y insister. Or, seuls les possèdent les animaux qui paissent les prés naturellement salés ou qui trouvent du sel, d'une façon ou d'une autre, à ajouter à leur nourriture naturelle. Pline, cité par Barral (1850, p. 347), préconisait déjà l'emploi du sel pour rendre la peau des animaux de ferme « plus fine et plus lisse ». On connaît la beauté des races qui paissent non loin des côtes soit l'herbe elle-même saturée des eaux de la mer (races dites de prés-salés), soit les prés qu'arrosent les pluies venant du large, encore chargées de tous les sels marins [1]. John Sinclair (*in* Demesmay, *id.*, p. 32) cite les troupeaux des îles Sethland, « où les pâturages sont fortement imprégnés de sel marin », comme fournissant une laine particulièrement belle. J'ai pu observer personnellement, en 1898, au Laboratoire maritime du Muséum à Saint-Vaast-la-Hougue, dans la petite île de Tatihou, quelques Vaches et Chevaux qui vivaient toujours à l'air libre, ne recevaient jamais de pansage et dont l'aspect était toujours pour moi une cause d'étonnement. Les Chevaux en particulier, quoique de race vulgaire, montraient la robe des animaux de sang, ce poil lisse, court et brillant qu'on n'obtient sur les bêtes de race qu'avec des soins particuliers (nourriture de choix, pansage, camail, boxes, etc.) ; leur musculature, bien qu'ils ne fussent soumis à aucun entraînement, était à la fois puissante, mobile et fine,

1. Les eaux de pluie sont d'autant plus chargées en chlorure de sodium qu'elles se déversent près de la mer ou à une altitude basse. La composition des végétaux en est immédiatement influencée. Sur toute cette question, voir plus loin la note des pages 406-408.

sans un empâtement. Non seulement ces animaux paissaient des prés imprégnés de poussières marines, mais ils buvaient à une mare saumâtre dont l'eau accusait en chlorures (exprimés en chlorure de sodium) 9,8 gr. pour 1000, c'est-à-dire un taux supérieur à celui du chlorure de sodium organique[1]. Le contraste était frappant, avec les Chevaux de l'armée, que j'avais souvent eu l'occasion d'observer, et qui, quoique de race suffisante, bien nourris, bien pansés, logés à couvert, soumis à un entraînement moyen et régulier, mais ne recevant pas de sel dans leur alimentation ordinaire, eussent présenté un aspect réellement misérable à côté de ces magnifiques échantillons de Saint-Vaast. Un souvenir si vif m'était même resté de deux séjours au Camp de Châlons (juillet-août 1888-1890) où des Chevaux, laissés quelques semaines à l'air libre, avaient été rendus presque méconnaissables, par un poil crû démesurément, hérissé, dur, renversé (la saison, il est vrai, avait été fraîche et pluvieuse), que malgré moi je ne pouvais me rendre aux assurances qui m'étaient données que ces animaux de Saint-Vaast n'étaient ni pansés, ni rentrés de jour et de nuit, et que je ne m'y rendis qu'après m'en être assuré par moi-même.

Les témoignages abondent, de semblable différence. Chaptal (*Chimie appliq. à l'agric.*, *in* Demesmay, *id*, p. 19) écrit au sujet des avantages que comporte un régime salé : « Il suffit pour s'en convaincre de comparer l'état des animaux auxquels on peut donner une bonne ration de sel avec l'état de ceux qui en sont privés ; ces derniers, ***quoique nourris avec la même quantité et la même qualité de fourrage***, sont maigres, souffrants, dévorés d'obstructions pendant l'hiver ; la peau des Bœufs et des Vaches est dépouillée de poil, les toisons des Moutons se détachent de l'animal par flocons, tandis que les premiers présentent tous les caractères d'une parfaite santé et assurent à leur propriétaire un meilleur service et une dépouille plus avantageuse ». Becquerel (*Des engrais inorgan.*, *in* Demesmay, *id*, p. 30) témoigne de son expérience personnelle, portant sur des Vaches recevant ou ne recevant pas une ration supplémentaire de sel dans leur alimentation : « poil lisse » chez les premières, « poil rude et hérissé » chez les secondes. Sturm (*in* Demesmay,

---

1. Σ, — ou taux en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) du sérum sanguin du Cheval normal; moyenne de 3 déterminations personnelles (Laon, Aisne) : 6,54 gr.

id, p. 55) « dont l'autorité comme éleveur de bestiaux est incontestable », donne la laine du Mouton comme acquérant une qualité supérieure sous le régime salé. Fawtier, élève de de Dombasle (*in* Demesmay, *id*, p. 27) témoigne du poil uni et plus brillant, obtenu chez les Chevaux et les bêtes à cornes qui reçoivent fréquemment du sel. « En Espagne et dans la Grande-Bretagne, on attribue la plus heureuse influence à cette substance sur la qualité et l'abondance de la laine, à laquelle elle donne plus de nerf et d'élasticité. » D'après Jullien (*in* Barral, 1850, p. 408), la chaîne du Jura située entre la France et la Suisse est recouverte de part et d'autre par des pâturages de premier choix et identiques. Des milliers de Vaches y paissent. Leur régime ne diffère qu'en un point : le kilogramme de sel ne coûtant que de 19 à 22 centimes en Suisse, au lieu de 50 centimes en France, la Vache suisse reçoit 150 grammes de sel par jour, pendant que la Vache française n'en reçoit qu'une quantité très inférieure. « Sur le versant helvétique, la Vache... à la corne lisse, au pelage brillant, indices d'une santé vigoureuse, déploie cette allure dégagée, ces formes svelles, cet air de santé qui en fait la meilleure et la plus belle Vache du monde. Sur le versant français au contraire, le pelage d'un fauve sale et toujours couvert de fiente, la corne terne, l'œil vitreux, les formes disgracieuses, étiolées, tout révèle chez la Vache indigène le rachitisme et l'abandon de la misère.... Les mêmes causes produisent sur les deux versants des Pyrénées des effets parfaitement identiques. » Dans la Franche-Comté (*Public. de la Soc. d'agricult. du Doubs*, *in* Demesmay, *id*, p. 29), « les individus les plus pauvres dans les campagnes s'imposent des privations personnelles, retranchent même une partie de leur propre alimentation pour en consacrer le prix à l'acquisition du sel qu'ils donnent à leurs bestiaux par poignée d'environ 30 grammes par animal et par jour.... En les interrogeant sur leur expérience personnelle, il n'en est pas un qui ne vous fasse cette réponse : « Au milieu d'un troupeau, un simple coup d'œil suffit pour distinguer à leur embonpoint et au ***brillant de leur poil*** tous les animaux auxquels on donne du sel, de ceux qui n'en reçoivent pas ». Enfin, Boussingault (1874), dans une expérience de treize mois, offrant toutes les garanties scientifiques, observe cette remarquable différence extérieure, signe de différences plus profondes. Il prend deux lots de jeunes Taureaux, choisis aussi

comparables que possible avant la mise en expérience. Il les nourrit identiquement (ration égale par 100 kilogrammes d'animal), le lot n° 1 recevant simplement en plus 54 grammes de sel marin par jour et par tête. « Jusqu'à la fin de mars, les lots ne présentaient pas encore de différence bien marquée dans leur aspect; ce fut dans le courant d'avril que cette différence commença à devenir manifeste, même pour un œil peu exercé. Il y avait alors six mois que le lot n° 2 ne recevait pas de sel. Chez les animaux des deux lots, le maniement indiquait bien une peau fine, moelleuse, s'étirant en se détachant des côtes; mais le poil, terne et rebroussé sur les Taureaux du lot n° 2, était luisant et lisse sur les Taureaux du lot n° 1. A mesure que l'expérience se prolongeait, les caractères devenaient plus tranchés; ainsi au commencement d'octobre, le lot n° 2, après avoir été privé de sel pendant une année, présentait un poil ébouriffé, laissant apercevoir çà et là des places où la peau se trouvait entièrement mise à nu. Les Taureaux du lot n° 1 conservaient au contraire l'aspect des animaux de l'étable (lesquels recevaient tous du sel) [1]. »

B. — Chez tous les animaux, l'état de santé et de prospérité générale s'accompagne encore d'une vigueur physique et génésique, qu en est pour ainsi dire l'expression. Or, comparé à l'animal qui peut ajouter à son alimentation végétale une ration de chlorure de sodium, l'animal végétarien qui ne peut effectuer cette addition témoigne d'une débilité, a). Physique, b). Génésique.

a). *Débilité physique.* — Pline (*in* Demesmay, *id.*, p. 16) indiquait déjà le sel comme « le stimulant le plus puissant » pour « les Moutons, le gros bétail et les bêtes de somme ». Buffon (*id.*, p. 16) enregistre également « la vigueur » due à l'addition de sel au régime végétal. Jullien, précédemment cité, relate « les formes étiolées..., le rachitisme » de la Vache française du Jura, auprès de la Vache suisse paissant la même herbe, mais recevant 150 grammes de sel par jour. Bella, directeur de l'Institut agricole de Grignon, dans un rapport au Conseil géné-

1. Ces résultats sont d'autant plus significatifs que le régime végétal auquel étaient soumis les deux lots, était un régime particulièrement salé (foin, regain, betteraves). Boussingault calcule que chaque animal pesant de 150 à 200 kg. trouvait par jour, dans ses aliments naturels, 16 gr. de chlorure de sodium (calcul établi sur le chlore).

ral de l'agriculture (*in* Demesmay, *id.*, p. 21), note « la vigueur et la beauté » des animaux appartenant aux « localités où le bas prix du sel a permis d'en faire usage » et où chaque tête de gros bétail en reçoit par jour de 40 à 70 grammes. « Il est impossible d'oublier que la France, favorisée par son sol et son climat (mais où le prix élevé du sel ne permet pas d'en distribuer largement aux bestiaux), n'a en moyenne et relativement à d'autres pays qu'un bétail assez imparfait, que nos Bœufs ne pèsent en moyenne que 250 à 300 kilogrammes (poids des Bœufs anglais : 800 et 1000) et que nos Chevaux en général laissent beaucoup à désirer[1]. » Fawtier (*in* Demesmay, *id.*, p. 27) écrit : « Le sel augmente l'énergie du Bœuf de travail et la vigueur du Cheval ; le bétail est chétif », partout où le sel lui est refusé. « Les animaux auxquels les éleveurs font prendre une certaine quantité de sel... prennent bientôt un aspect de vigueur et de prospérité qui frappe. Les Chevaux et les bestiaux que l'on conduit habituellement dans des pâturages fréquemment arrosés par l'eau salée, ne sont pas gras, mais ils sont doués d'une agilité et d'une force physique remarquables et supportent surtout très bien la fatigue (Branche, 1885, p. 123). » Bella (*in* Demesmay) rapportait déjà : « Les cavaliers savent combien ils aident leurs Chevaux à supporter les fatigues et les privations en leur donnant du sel », et Watterton (*in* Demesmay, *id*, p. 52) : Les Chevaux « fourbus par suite d'un travail rude ou forcé » et qui sont amenés sur un marais salant, « y recouvrent la santé, quoiqu'il y ait à peine apparence d'herbage ». Enfin Boussingault, d'une part, Barral d'autre part, confirment par des expériences directes ces témoignages divers. Dans son expérience classique de treize mois, rapportée plus haut, Boussingault observe expressément, à côté de la « vivacité » de ses trois Taureaux nourris au sel, « l'allure lente » des trois autres qui n'en recevaient pas ; le contraste était

1. Il fait cette remarque importante : c'est en vain qu'on cherche « à améliorer nos races par des croisements si, avant tout, on n'améliore leur alimentation. et si, pour cela, on n'a recours au sel. C'est par la bouche qu'on améliore le bétail, disent les Anglais, et ils ont raison ». Fawtier (*in* Demesmay, *id.*, p. 27) note de son côté l'état « plus vigoureux » des Veaux et des Agneaux, issus de mères soumises au régime salé. — Il y aurait là un phénomène identique à celui qu'on observe si nettement en microbiologie : diminution de la virulence, c'est-à-dire de la vigueur spécifique, ralentissement de la vie, de la prolifération, etc., quand le bouillon de culture, propre à l'espèce, se trouve pour une raison quelconque altéré (voir l'expérience classique de Raulin, 1870 : éléments minéraux du milieu de culture d'*Aspergillus niger*).

manifeste [1]. Barral (1850, p. 308-318 et p. 340) soumet successivement un même Mouton à trois régimes: le premier avec addition de sel (45 grammes par jour et par 100 kilogrammes d'animal), le second sans addition, le troisième avec addition nouvelle (30 grammes par jour et par 100 kilogrammes également). Le régime végétal reste le même dans toute l'expérience (foin et son); celle-ci dure environ deux mois. A la fin de chaque période, les évacuations sont recueillies avec le plus grand soin pendant 5 ou 4 jours consécutifs, sans perte ni mélange possibles. Or, l'azote éliminé témoignant de la désintégration, c'est-à-dire de l'activité cellulaire, l'urine de l'animal accuse, par jour et par 100 kilogrammes d'animal, les valeurs suivantes en azote total et en urée éliminés :

	AZOTE TOTAL *éliminé.*	URÉE *éliminée.*
	gr.	gr.
Régime avec addition de 45 gr. de NaCl.	20,7	34,2
— 0 —	6,1	10,5
— 30 —	12,9	21,8

La différence est réellement considérable, puisque si l'on mesure l'activité cellulaire par sa désintégration azotée, cette activité serait deux fois et demie plus faible sous le régime simple que sous le régime salé.

b). *Débilité génésique* - D'après Platon (*in* Branche, 1885, p. 125), « les prêtres égyptiens, qui étaient chastes et vivaient saintement, s'abstenaient de tout sel et ne mangeaient point de pain salé ». Au contraire Plutarque (*Symposiaques*, *in* Barral, 1850, p. 403, 406) rapporte déjà que c'est une coutume que de donner du sel aux Brebis (et même aux Chiennes) pour les pousser à la reproduction et que sur les navires qui transportent du sel, les Souris sont innombrables, se reproduisant avec une activité supérieure à celle dont elles font preuve sur les autres vaisseaux. Bernard Palissy (*in* Barral, p. 406) remarque de son temps : « Le sel entretient l'amitié entre le mâle et la femelle ». Pour Buffon (*in* Demesmay, *id.*, p. 16), « faute de sel » les animaux « ne se multiplient qu'à demi ». Franconville, rapporteur de la loi des douanes à la Chambre française (1814, *in* Demesmay,

1. « Leur *vivacité* et les fréquents indices du besoin de saillir qu'ils manifestaient, contrastaient avec l'*allure lente* et la froideur de tempérament qu'on remarquait chez le lot n° 2. Nul doute que sur le marché on eût obtenu un prix plus avantageux des Taureaux élevés sous l'influence du sel. »

id., p. 18) exprime la même opinion. Fawtier, déjà cité, donne le sel comme augmentant « l'ardeur et la fécondité des Taureaux et des Béliers » et le bétail comme rare dans les contrées où il ne reçoit pas de sel, nombreux au contraire dans celles où il en reçoit[1]. Jullien, également cité, signale la stérilité relative des Vaches françaises du Jura, auprès de la fécondité des Vaches suisses qui paissent le même herbage, mais qui reçoivent du sel. « Cette stérilité relative... force l'agriculteur français à emprunter chaque année à la Suisse, moyennant une redevance de 50 francs par tête les 4 à 5000 Vaches (étrangères) qui paissent pendant les quatre mois d'été les pâturages du Jura français. » Roulin (*in* Branche, 1885, p. 125) « mentionne le fait suivant qu'il a observé en Colombie : lorsque les bestiaux ne trouvaient pas de sel dans le fourrage, dans l'eau ou dans la terre, les femelles devenaient moins fécondes et les troupeaux diminuaient très rapidement ». Enfin Boussingault d'une part, Bouchardat d'autre part, confirment d'une façon irrécusable ces témoignages divers. Dans sa belle expérience de treize mois, Boussingault observe le contraste que présentent à la fin ses deux lots de Taureaux : « fréquents indices du besoin de saillir » chez les trois Taureaux nourris au sel, « froideur de tempérament » chez les autres. Bouchardat (*in* Branche, 1885, p. 156) ayant élevé à l'Hôtel-Dieu, dans une cage, un couple de Pigeons qui ne recevaient comme alimentation que du Blé et de l'eau distillée[2], voit leur fécondité s'arrêter après une première couvée, « malgré la saison et toutes les autres conditions favorables ». La liberté leur ayant été rendue, le premier usage que la femelle en fait est de voler sur une croisée dont l'appui était toujours souillé par des résidus riches en sel marin. Bien qu'elle ne fût pas apprivoisée, « le besoin de sel était si impérieux pour la femelle qu'elle se laissait prendre sans chercher à fuir, afin de ne pas perdre un instant pour accaparer cet aliment indispensable à la constitution de son sang et de ses œufs. On la lâcha, elle revint

1. « Il n'est pas jusqu'aux porcs et à la volaille, qui, par l'usage de ce condiment, ne se trouvent à la fois et mieux portants, et plus féconds, et plus aptes à l'engraissement. »

2. Le Blé (grain) ne contient qu'extrêmement peu de chlorure de sodium, comme on a vu précédemment. Les Pigeons recevaient également de la paille pour faire leur nid. Bouchardat ne dit pas si les animaux s'en alimentaient particellement. La paille, comme le grain, est d'ailleurs pauvre en soude. Ils trouvaient du calcaire, au besoin, sur l'appui de la cage (pour la formation de la coquille).

bientôt vers le résidu salé. La fécondité reparut avec le retour du sel dans l'alimentation ».

C. — Le signe de la qualité de la viande est typique. On sait que le goût d'une viande de boucherie dépend de l'état de santé de l'animal qui la fournit. Or, auprès des animaux paissant les prés salés ou recevant une ration supplémentaire de sel, ceux qui en sont privés fournissent une viande nettement inférieure de qualité. Le fait est connu de tous, la réputation des animaux de pré-salé, classique.

Les Moutons de pré-salé qu'on engraisse sur les côtes de la Charente-Inférieure et de la Basse-Normandie avec l'herbe des anciens marais salants présentent une plus-value constante de 0 fr. 10 par kilogramme de poids vif pour la vente aux bouchers (Barral, 1850, p. 401). (Voir également Morière, *in* Branche, 1885, p. 123, — Becquerel, *in* Demesmay, p. 38, — bouchers d'Alsace, enquête de 1845; bouchers de Paris, rapport au *Congrès central d'Agriculture*, *in* Demesmay, p. 38). Demesmay (p. 38) reproduit le certificat suivant : « Je, soussigné (Pierron, marchand boucher), déclare que les animaux que j'ai achetés à M. Amédée Turck, directeur de l'Institut agricole de Sainte-Geneviève, qui ont été soumis chez lui à l'expérience qu'il a faite pour connaître la puissance du sel dans l'engraissement des animaux, ont présenté une supériorité frappante de chair sur le lot qui a été privé de cette précieuse substance. Ce résultat est d'ailleurs un fait acquis depuis longtemps pour tous les bouchers qui préfèrent les animaux nourris chez des éleveurs qui donnent du sel[1] ».

Même supériorité des animaux nourris au sel, quant au lait. Virgile (*Géorgiques*, III, vers 394), Pline (XXXI, ch. 41) la connaissaient déjà. « Les Moutons, le gros bétail, les bêtes de somme doivent au sel l'abondance de leur lait et le haut goût de leur fromage (Pline, *in* Barral, 1850, p. 549). » — « Si tu aimes mieux tirer du lait de tes troupeaux, va toi-même garnir leurs étables de cytise, de lotos et d'herbes parsemées de sel. Tes chèvres boiront davantage; davantage leurs mamelles se tendront, et leur lait retiendra quelque chose de la secrète saveur

1. « On a servi sur la table de plus d'un agriculteur à la fois du mouton nourri avec du sel et du mouton nourri sans sel, et toujours la préférence des personnes non prévenues a été donnée au premier (Barral, 1850, p. 402). »

du sel (Virgile, *in* Barral, p. 550) ». — « Le lait des Vaches soumises au régime salé est considéré par les fruitiers chargés de la fabrication des fromages comme de qualité supérieure; il est plus gras et pèse un degré de plus au lactomètre. Cette appréciation est celle des nourrisseurs du Jura (Becquerel, *Des aliments inorganiques*, *in* Demesmay, p. 50) ». Fawtier confirme : par l'usage du sel, lait des Vaches et des Brebis plus abondant et plus riche en parties butyreuses et caséeuses[1].

D. — Arrivons enfin au point capital de la démonstration. Mieux que tout autre, un fait témoigne de l'état morbide latent et de dépérissement des organismes végétariens privés de sel : ils ne résistent pas ***aux agents extérieurs microbiens; la maladie naît sur eux; les épidémies les emportent;*** leur terrain organique est donc un terrain déchu; leur état de vie, un état de ***vie ralentie.***

On connaît la sensibilité des Moutons aux pâturages et aux lieux humides. Or, cette sensibilité n'est le fait que des animaux privés de sel. — Entre Beaucaire et Bellegarde (La Bastide, *in* Barral, 1850, p. 415), existe un pâturage, dit du *Contract*, situé au bord du marais et au pied de la montagne. Ce pâturage ne peut nourrir que des Bœufs et des Chevaux, « les Moutons y gament ordinairement; c'est un fait. » Autre fait : les Moutons peuvent paître sur tous les autres endroits du marais, non situés au pied de la montagne; ils n'y gament jamais; bien mieux, au printemps, les Brebis entrent dans l'eau jusqu'à mi-côte pour manger le roseau, sans qu'il y ait d'exemple d'un troupeau ayant gamé. Or, les terres des marais sont salées, tandis que celle du Contract ne l'est pas. « Le fait de la salure du marais et de la douceur du Contract est certain. » — Observation de même ordre sur les « nombreux et magnifiques troupeaux » de Camargue, particulièrement réputés, qui paissent sur des marais, sans contracter la cachexie aqueuse : ces marais sont salés (Barral, p. 419). — Observation de même ordre sur les troupeaux de la vallée marécageuse, mais salée de la Seille (Moselle), « où les bestiaux prospèrent d'une manière remarquable malgré l'humidité du terrain (Barral, p. 419) ». — Observation de même

1. Boussingault (1874, *Agron., Chim. agr. et Physiol.*, **5**, 386) a trouvé dans deux expériences que, sous le régime salé, la quantité de lait fournie par la Vache est un peu plus faible (5,2 litres pour 5,9 litres). Il ne s'est pas occupé de la qualité.

ordre sur les troupeaux de Moutons « vivant sans maladie dans les marais inondés de Hollande », mais nourris de sel (Bella, *in* Demesmay, *id.*, p. 21). — Observation de même ordre sur les troupeaux anglais, au moment de la loi fiscale modérant la taxe sur le sel ; sur les mêmes terres humides où les Moutons ne pouvaient être entretenus autrefois « sans grand risque de perte », ils paissent aujourd'hui « en toute sécurité » et « en parfaite santé » : le sel a été simplement introduit dans leur alimentation (Curven, membre du Parlement, président de la Société d'agriculture de Werkington, 1820, *in* Demesmay, p. 42). — Voir toute l'enquête faite par le Parlement anglais, en 1818. — A la suite de l'été humide de 1845, la pourriture enlève 12 000 Moutons dans la province de Liège. Les troupeaux nourris au sel sont préservés[1] (Burdine, membre de la Chambre des députés belge, 1847, *in* Demesmay, p. 42). — Veberacker (*in* Demesmay, p. 57) exécute une expérience comparative directe : il sépare chaque année, pendant trois ans consécutifs, dix Brebis de son troupeau. Le troupeau et les dix Brebis paissent en commun dans un pré situé sur un terrain bas; mais tandis que le troupeau reçoit du sel, les dix Brebis en sont privées. La première année, cinq des dix Brebis (soit 50 pour 100) meurent de la pourriture et de l'hydropisie de poitrine », tandis que le troupeau, fort de 420 têtes, n'en perd que quatre (soit moins de 1 pour 100). La seconde année, sept des dix Brebis meurent (soit 70 pour 100) pendant que le troupeau, fort de 364 têtes n'en perd que 5 (soit 1,3 pour 100). Les trois Brebis restantes meurent plus tard de la dysenterie (soit 100 pour 100) tandis que le troupeau n'en perd en tout que 21 de cette même maladie (soit 5 pour 100). « Dans la troisième année, qui fut humide, les dix Brebis séparées périrent par suite de la maladie appelée en Allemagne *Egel-und-Lungen-Wurm-Krankeit*[2]. »

---

1. « A la suite de l'été de 1845, la pourriture a fait des ravages sur plusieurs points du pays, et plus de 12000 têtes de bétail appartenant à la race ovine ont péri dans la province de Liège. Ce désastre eût été évité, si, le soir, on avait donné au bétail des pierres de sel à lécher, lorsqu'il rentrait à l'étable. — L'emploi du sel est un grand préservatif contre les épizooties, c'est un fait très connu; il faut être étranger à l'éducation des animaux pour émettre un doute sur ses effets bienfaisants. »

2. Watterton (*in* Demesmay, p. 32) écrit : « La pourriture, chez les Brebis, a été souvent guérie par une dose de sel et d'eau, et la maladie qui enlève, chaque année, tant de Brebis lorsqu'on les engraisse avec le trèfle, les navets ou autre

Même débilité des Bœufs et des Chevaux privés de sel vis-à-vis des épizooties. — Comme pour les Moutons, le fait est classique. Les géoponiques grecs donnaient déjà le sel comme prévenant les maladies des bestiaux ; Caton, Pline, Columelle, également (*in* Barral, 1850, p. 547-552) ; Buffon, de même (*in* Demesmay, p. 16). Rapportons seulement les quelques faits suivants. — Michel Trone (*Mémoire sur l'importance de l'emploi du sel pour les animaux*, *in* Demesmay, p. 59), entrepreneur de transports, perd chaque année, de 1835 à 1841, un nombre de Chevaux assez considérable, de maladies de poitrine, d'affections vertigineuses et surtout de morve. En 1841, de septembre à décembre, en quatre mois, 48 Chevaux meurent sur 200 (18 de morve, 16 de maladies de poitrine, 14 de vertige abdominal). A l'autopsie, l'estomac est presque toujours trouvé plein d'aliments. Sur le conseil de Rainard, directeur de l'école vétérinaire de Lyon, les animaux sont soumis au régime salé (sel quotidien). « En peu de jours, ces maladies cessèrent comme par enchantement ; je vis surtout disparaître le vertige, qui m'enlevait alors un ou deux Chevaux par semaine. Depuis cette époque jusqu'à présent, je n'ai plus éprouvé de perte semblable ; cependant j'ai possédé au moins 200 Chevaux jusqu'en août 1844, et une centaine environ jusqu'en août 1846. En un mot... une maladie de ce genre, qui m'occasionnait tant de pertes, n'a plus reparu depuis que j'ai fait usage du sel. Depuis 1841, j'ai encore eu trois ou quatre cas isolés de morve ; mais... ces cas n'ont atteint que des sujets qui avaient éprouvé de grandes souffrances, surtout à la suite de maux de pied. Quant aux maladies de poitrine, elles ont diminué sous l'influence de ce régime dans la proportion d'un à dix. » La ration de sel adoptée était de 18 gr. par jour et

---

nourriture verte, luxuriante, est très efficacement prévenue par l'usage du sel.

« L'épidémie qui, dans les dernières années, a été si fatale aux bêtes à cornes, et qui règne encore dans ce pays, attaque rarement les animaux auxquels on distribue du sel, et dans les premiers accès, une potion de forte saumure empêche souvent la maladie d'aller plus loin. Tout bétail qui sera pourvu de sel se nourrira mieux et aura un meilleur poil. Tout fermier, au moins tout engraisseur de bétail, connaît les propriétés nourrissantes des territoires appelés marais salants. Là, les Brebis ne connaissent pas la pourriture. »

Buffon enregistrait déjà la débilité des Bœufs, des Chevaux et des Moutons privés de sel contre « l'humidité putride » (voir *in* Demesmay, p. 16). Voir également Barbé-Marbois (*in* Demesmay, p. 18), Moll (*id.*, p. 22), Fawtier (*id.*, p. 27), William Glover (*id.*, p. 258).

par tête, par beau temps, de 125 grammes par temps pluvieux[1]. — Mêmes effets sur les Bœufs et Vaches. En 1842, une épizootie se déclare dans le canton de Saint-Chamond (Loire), hameau de Vauron (MICHEL TRONE, *in* Demesmay, p. 44). Seul, un éleveur donne du sel à son bétail. Ses voisins, dont les Bœufs et Vaches « allaient boire à la même rivière, consommaient les fourrages des mêmes prairies », perdent l'un 50 pour 100, l'autre 66 pour 100 de leurs animaux. Grandes pertes également chez les autres éleveurs du même canton. L'étable soumise au régime salé ne perd pas une tête. — Dans des expériences faites au haras de Pompadour, de 1816 à 1826, DEMOUSSY voit dans l'usage du sel un préservatif contre la fluxion périodique chez le Cheval, c'est-à-dire contre sa plus funeste affection après la morve (FAWTIER, *in* Demesmay, p. 27).

[Une observation toute récente, malheureusement encore unique, semble jeter un jour sur tout ce groupe de faits. Dans un court séjour fait à Laon (septembre 1903), où une épidémie de pasteurellose sévissait sur les Chevaux, j'eus l'occasion d'observer le cas suivant. Il s'agissait d'un Cheval particulièrement atteint, chez lequel une pleurésie était venue compliquer la pneumonie. Les températures de l'animal avaient été :

27 Août.	—	Soir	40°,3
28 —	—	Matin	41° »
—	—	Soir	40°,3
29 —	—	Matin	40°,9
—	—	Soir	40°,9
30 —	—	Matin	41° »
—	—	Soir	40°,8
31 —	—	Matin	40°,6
—	—	Soir	40°,5
1 Septembre.	—	Matin	40°,5
—	—	Soir	40°,6

Je vis pour la première fois le Cheval le 1er septembre au matin. Sa faiblesse était extrême, l'œil vitreux, l'adynamie et l'inappétence complètes. Toutes les pneumonies compliquées de pleurésie avaient eu une issue fatale. Le vétérinaire attendait la mort de l'animal pour la nuit même. — Sur mon conseil, non pour cette bête considérée comme perdue, mais pour les autres, 100 grammes de sel de cuisine furent ajoutés à sa ration. qui se trouva pour la première fois absorbée.

Le lendemain, 2 septembre, thoracentèse : ponction de 8 litres. Même

1. MICHEL TRONE ajoute : « Il me serait possible de citer encore plusieurs maîtres de poste qui, comme moi, ont obtenu des résultats très satisfaisants par une distribution régulière de sel à leurs Chevaux... J'ai la ferme conviction que, si le gouvernement prescrivait l'emploi du sel pour les Chevaux de troupe, il n'éprouverait pas des pertes aussi fortes, et trouverait ainsi, sous le rapport des remontes, une immense économie ».

addition de 100 grammes de sel à la ration, qui est absorbée tout entière. La défervescence est immédiate :

2 Septembre. — Matin . . . . . 39°,8
— . — Soir . . . . . 39°,5

Le 3 septembre, deuxième thoracentèse : ponction de 2 litres. Même régime, même appétit. La défervescence se maintient :

3 Septembre. — Matin . . . . . 39°,7
— . — Soir . . . . . 39°,5

Le 4 septembre, troisième thoracentèse : ponction de 7 litres. Mêmes observations. La défervescence s'accentue.

4 Septembre. — Matin . . . . . 39°,2
— . — Soir . . . . . 39°,2

Le 5 et le 7 septembre, quatrième et cinquième thoracentèses : ponctions de 2 et de 6 litres. Observations identiques. Températures :

5 Septembre. — Matin . . . . . 39° »
— . — Soir . . . . . 38°,8
6 — . — Matin . . . . . 38°,8
— . — Soir . . . . . 38°,9
7 — . — Matin . . . . . 38°,7
— . — Soir . . . . . 38°,6

Le 8 septembre, sixième thoracentèse : ponction d'un nombre de litres indéterminé. L'amélioration de l'animal est manifeste. Il reste cependant d'une grande faiblesse.

L'observation détaillée manque à partir de cette date. Le régime (addition de *100 grammes de sel à la ration journalière*) est continué. La température oscille trois semaines encore autour de 39°-38°,5. Le 5 octobre, elle tombe à 37°,7, où elle se maintient. L'animal est rétabli.

Telle quelle, cette observation ajouterait peu aux précédentes. Le point nouveau et important, si l'expérience ultérieure le confirme, est celui-ci. *J'avais prié que les liquides de ponction me fussent gardés pour* l'analyse. Par mégarde, celui des deux premières fut jeté. Je n'eus donc que celui de la troisième, pratiquée le 4 septembre, c'est-à-dire trois jours après le commencement du régime salé, à un moment par conséquent où l'animal avait déjà reçu, avec sa nourriture, 500 grammes de chlorure de sodium. *Or, le taux normal en chlorure sodique du Cheval étant de* 6,54 gr. pour 1000, ce liquide pleurétique donna le chiffre extraordinairement faible de 5,19 gr. — Le lendemain, 5 septembre, nouveau liquide de ponction : 5,32 gr. — Le 7 septembre, au moment même de la ponction, j'effectue une prise de sang dans la jugulaire. L'analyse donne : liquide pleurétique, *6,52 gr.* ; *sérum sanguin, 6,46 gr. pour 1000.* — Le taux normal est presque reconquis. — Lendemain, 8 septembre, dernière analyse, liquide pleurétique, 6,47 gr.

L'amélioration, la défervescence se montrent donc dans cette observation fonction patente de la reprise des chlorures. Mais la question capitale qui se pose est : *cette chute des chlorures est-elle, non l'effet, mais* la cause primordiale de l'affection? Le bacille pathogène, au moins dans les épidémies, n'aurait-il de prise que sur des animaux en débilité sodique, c'est-à-dire n'ayant pu maintenir intérieurement, pour une cause quelconque, le taux sodique correspondant à leur prospérité? Le rôle

préventif du sel s'expliquerait-il ainsi? C'est ce dont des expériences nouvelles devront décider [1].]

Enfin l'Homme, en tant que végétarien, paraît supporter moins encore que le bétail la privation de sel[2]. John Marshall (Brauche, 1885, p. 154) a publié en 1818 « d'importantes observations sur les dangers de la privation du sel. Il rapporte que les pauvres du comté de Cornwall ne pouvant plus se procurer de sel par suite de la surélévation des impôts, succombaient après avoir présenté de l'œdème, un affaiblissement général et une anémie spéciale. D'après le même auteur, les anciennes lois de la Hollande ordonnaient de ne nourrir les criminels qu'avec du pain non salé. Ces malheureux étaient dévorés, dit-il, de vers qui s'engendraient dans leur estomac ». — Barbier rapporte (1851) qu'en Russie, des seigneurs ayant voulu faire des économies sur leurs vassaux du sel qu'ils leur distribuaient, un état de dépérissement s'en suivit, sur lequel les détails précis manquent : langueur et faiblesse générales, pâleur morbide, œdème, développement de vers dans les intestins. — Le témoignage de Moll (*in* Barral, 1850, p. 343) est plus circonstancié : il montre d'abord qu'un régime uniquement végétal accompagnait la privation de sel ; il donne en outre à entendre que la maladie qui se déclara fut à caractère microbien ; le fait rapporté offre enfin, par suite des circonstances, la valeur d'une expérience comparative. « A la fin du siècle dernier, une mauvaise récolte, jointe à une crise commerciale, avait réduit à la plus profonde misère toute la population du cercle des mines (Erzgebirg), en Saxe, population de tout temps principalement industrielle. La situation était telle que la majorité des habitants en était réduite à ne manger que des pommes de terre sans huile de lin... et même sans sel, qui, à cette époque, était fort cher, par suite du monopole de l'État. Une maladie étrange et terrible, ayant quelque analogie avec le scorbut, ne tarda pas à se manifester, et fit des progrès si

1. Je suis heureux de remercier ici M. Gaillot, directeur de la Station agronomique de Laon, qui a bien voulu m'ouvrir avec une extrême bienveillance les laboratoires de la Station pour les analyses que j'ai eu à y effectuer.

2. Cela doit s'expliquer probablement par le fait que le foin de prairie dont l'Herbivore se nourrit principalement, est l'aliment végétal de beaucoup le plus riche en sodium. Boussingault (*in* Demesmay, p. 20) rapporte que « des Vaches laitières, nourries uniquement avec des pommes de terre n'ont pu supporter ce régime qu'autant qu'on leur administrait une dose de sel qui s'élevait à 70 gr. par jour ».

rapides dans les classes nécessiteuses, qu'elle attira l'attention du gouvernement et provoqua une enquête faite par des hommes spéciaux. Dès l'abord, on constata un fait singulier : c'est que les mineurs (fort nombreux dans cette contrée), quoique réduits à la même misère que les autres ouvriers, étaient restés, eux et leurs familles, complètement exempts de la maladie. Or, l'alimentation de ces hommes ne se distinguait qu'en un seul point de celle du reste des travailleurs : appartenant tous à l'État, ils en recevaient *gratis*, ou à peu près, une certaine quantité de sel très suffisante pour leur entretien. On essaya donc l'emploi du sel et des aliments très salés comme moyen curatif, et ces essais eurent un plein succès. Une ordonnance du gouvernement intervint qui réduisit considérablement le prix du sel et le mit à la portée des plus pauvres : la maladie cessa comme par enchantement et n'a plus reparu depuis. »

Ainsi, chez l'animal végétarien nourri au sel : aspect extérieur excellent, robe lisse, unie, brillante, peau fine, moelleuse; vigueur physique: haute activité cellulaire; vigueur génésique: prolifération rapide; qualité supérieure du lait; résistance maxima aux agents extérieurs microbiens. Chez l'animal privé de sel, au contraire: aspect extérieur misérable : robe terne, rebroussée, galeuse; débilité physique: faible activité cellulaire; débilité génésique : prolifération lente; qualité inférieure de la viande; qualité inférieure du lait; résistance faible aux agents extérieurs microbiens. L'état de dépérissement de l'animal végétarien privé de sel est donc flagrant. — La microbiologie permet un rapprochement typique. ***L'animal végétarien privé de sels présente tous les caractères des organismes microscopiques à vigueur spécifique atténuée par suite d'une insuffisance quelconque, chimique ou physique, dans leur milieu de culture : basse activité cellulaire, prolifération lente, défaut de virulence*** (c'est-à-dire de puissance), etc.

En résumé, malgré les économies en sodium que l'animal végétarien parvient à réaliser sur ses évacuations, l'alimentation végétale ne lui fournit pas une quantité de soude correspondant à ses besoins : son avidité en témoigne, ainsi que l'état de ***vie ralentie*** qui est la suite d'un régime végétal pur, sans addition de sel. Le fait physiologique confirme donc le fait chimique.

On voit à quel point la composition marine du *milieu vital* des Vertébrés supérieurs est peu le résultat de leur alimentation. L'alimentation tendrait à créer chez eux un milieu exactement opposé au milieu marin. Loin que la composition marine du *milieu vital* des Vertébrés élevés s'explique par la composition minérale de leurs aliments fondamentaux, elle est donc réalisée, au contraire, en dépit de cette alimentation.

APPENDICE

Note I

Composition minérale moyenne des différents aliments végétaux, calculée d'après la table de Th. von Gohren (1872).

Voir le tableau ci-contre, p. 385.

Abstraction faite de la silice et de la chaux, et le total des cendres restantes ramené à 100, ce tableau devient :

COMPOSITION MINÉRALE, POUR 100, DES ALIMENTS VÉGÉTAUX, ABSTRACTION FAITE DE LA SILICE ET DE LA CHAUX,

ALIMENTS.	Acide phosphorique.	Potasse.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Acide sulfurique.	Soude.	Chlore.
Grains et semences.	44,5	33 »	12,5	1 »	3,4	4 »	1,9
Racines et tubercules	14,2	55,3	2,2	1,2	8,7	13,2	6,4
Feuilles de plantes à racines alimentaires	10,3	35 »	10 »	3 »	12,4	15,9	13,4
Pailles et tiges. . . .	13,7	48,3	11,4	2,3	7,4	8,3	7,7
Fourrages verts. . .	15,8	48,2	11 »	1,7	7,2	7,3	8,1
Foins.	15 »	46 »	12,3	2 »	6,5	8 »	8,1
Balles et siliques. .	14,1	47,7	13,1	2,8	9,6	7,4	5 »
Feuilles d'arbres. . .	19,6	39,3	13,9	2,6	7 »	5 »	12,5
Fruits.	19 »	54,5	6,8	3,1	6,1	9,8	0,5
Produits industriels d'origine végétale[1].	34 »	41 »	10,4	2,5	2,9	5,4	3,5
MOYENNE GÉNÉRALE[2].	**24,1**	**42,4**	**10,6**	**2,2**	**6,4**	**7,8**	**6,4**

1. Les matériaux de litière, supprimés ici comme précédemment, s'inscrivaient, d'après le même mode, pour : acide phosphorique, 8,6; potasse, 60,4; magnésie, 7; oxyde de fer, 2; acide sulfurique, 6,5; soude, 5,2; chlore, 18,6.
2. Calculée d'après la moyenne précédente, p. 585.

TABLE DE TH. VON GOHREN (1872). — COMPOSITION MINÉRALE MOYENNE DES ALIMENTS VÉGÉTAUX.

ALIMENTS.	POUR 100 PARTIES DE CENDRES								
	Acide phosphorique.	Potasse.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Acide sulfurique.	Silice.	Soude.	Chlore.
Grains et semences[1].	35 »	26 »	14,5	9,7	0,9	2,7	6,5	5,2	1,5
Racines et tubercules[2]. . . .	12,7	47,8	8 »	2 »	1,1	7,8	5 »	11,8	5,7
Feuilles de plantes à racines alimentaires[3].	7,5	24,9	25,5	6,9	2,1	8,8	5,6	11,5	9,5
Pailles et tiges[4].	7,4	26,1	21,5	6,2	1,5	4 »	24,4	4,5	4,2
Fourrages verts[5].	10 »	30,4	25,7	6,9	1,1	4,6	15,7	4,7	5,1
Foins[6].	9 »	27,5	27,1	7,4	1,2	5,9	15,6	4,8	4,9
Balles et siliques[7].	4,4	14,8	11,6	4,1	0,9	5,»	57,5	2,5	1,7
Feuilles d'arbres[8].	7,5	14,7	55,2	5,2	1 »	2,7	27,4	1,9	4,7
Fruits[9].	16,7	47,8	8,2	6 »	2,7	5,4	4 »	8,6	0,5
Produits industriels d'origine végétale[10].	25,2	30,5	9,5	7,7	1,9	2,1	16,6	4 »	2,5
MOYENNE GÉNÉRALE[11]. . . .	15,4	27,1	18,2	6,8	1,4	4,1	17,8	5 »	4,1

1. Grains ou semences de : Blé, Avoine, Orge, Seigle, Sarrasin, Épeautre, Mil, Trèfle, Lin, Lentilles, Maïs, Pavot, Navette, Riz, Betterave, Pois, Fève, Carotte, Lupin, Vesce, Chanvre, Coton, — Châtaignier, Hêtre, Aune, Chêne, Raisin.

2. Racines ou tubercules de : Betterave, Navet, Topinambour, Carotte, Pomme de terre, Chou-rave, Chou-de-Siam, Chicorée.

3. Feuilles de : Betterave, Carotte, Pomme de terre, Chou-rave, Chou-de-Siam, Chou blanc, Chicorée.

4. Pailles ou tiges de : Blé, Avoine, Orge, Seigle, Sarrasin, Épeautre, Maïs, Vesce, Trèfle, Lupin, Pavot, Navette, Haricot, Pois, Chanvre, Lin, Houblon.

5. Fourrages verts de : Trèfle, Luzerne, Herbe de prairie, Sainfoin, Navette, Vesce, Avoine, Pois, Maïs, Houblon.

6. Foins de : Trèfle, Luzerne, Sainfoin, Vulnéraire, Herbe de prairie.

7. Balles et siliques de : Blé, Avoine, Seigle, Orge, Colza, Maïs, Riz, Lin, Fève, Lupin.

8. Feuilles de : Hêtre rouge, blanc, Chêne, Châtaignier, Noyer, Olivier, Mûrier, — Aiguilles de Pin et de Sapin.

9. Fruits : Pommes, Poires, Cerises, Prunes, Groseilles. (L'analyse des Fraises est supprimée comme manifestement inexacte. D'après VON GOHREN, en effet (procédé d'analyse inconnu), la Fraise contiendrait pour un équivalent de potasse, deux équivalents de soude. Or, par le procédé précis du chloroplatinate, BENGE (1874) trouve, pour 1 équivalent de potasse, 0,014 équivalent de soude).

10. Produits industriels d'origine végétale : gruau, son et farine de Blé, de Seigle, de Sarrasin, d'Orge et de Maïs; fibres et pelures de Pommes de terre; marcs de bière et de raisin; pelure de raisin; vin; bière; malt.

Nous ne faisons pas figurer dans ce tableau les matériaux de litière (Genêt, Bruyère, Jonc, Roseau, Laiche, Prêle) non véritablement alimentaires. Donnons toutefois leur composition moyenne (Zoostère marine supprimée : acide phosphorique, 5; potasse, 35; chaux, 9,5; magnésie, 4,1; oxyde de fer, 1,2; acide sulfurique, 3,8; acide silicique, 32,2; soude, 3; chlore, 6,5.

11. Moyenne calculée d'après l'ensemble de toutes les analyses rapportées par TH. VON GOHREN, pour ces dix groupes.

Comme on peut s'en rendre compte, ces deux tableaux diffèrent fort peu des précédents (pages 350, 352), calculés d'après la table de Wolff de 1880. Il suffit de considérer la moyenne du dernier tableau, p. 584; elle se confond presque avec la moyenne du tableau correspondant de Wolff.

Autant et plus même que la table de Wolff, celle de von Gohren tombe sous le coup de la critique formulée page 355. Les analyses qui la composent datent d'une époque où les auteurs ne déterminaient pas directement la potasse et la soude, mais les calculaient d'après un procédé incertain, tendant à exagérer la soude au détriment de la potasse. Les fortes proportions de soude des *Racines et tubercules*, et des *Feuilles de plantes à racines alimentaires* résultent, dans la table de von Gohren comme dans celle de Wolff, d'analyses inexactes. C'est ce que la note qui suit va établir.

Note II

Pauvreté en soude de la plupart des végétaux.

E. Péligot (1867, 1869, 1871, 1873) fut le premier qui attira l'attention, d'une façon systématique, sur l'extrême pauvreté en soude de la plupart des végétaux. Chez une seule famille, celle des Chénopodées, il décela cet alcali dans certains cas à un taux relativement élevé. C'est ainsi que la Salicorne, la Salsola (qui fournissent la soude à l'industrie), l'Arroche, l'*Atriplex hastata*, le *Chenopodium murale*, la Tétragone, la Betterave sont riches en soude; les Épinards, le *Chenopodium Quinoa*, toutefois, qui appartiennent à la même famille, n'en contiennent pas (1867, *C. R.*, **65**, 731, 736). Péligot montra même, ce que de nombreuses expériences ont confirmé depuis, que cette pauvreté en soude du végétal ne résulte aucunement du faible taux sodique du terrain où il cultive. 1° Sur le même terrain, où croissent la Betterave, l'Arroche, etc., dont les cendres sont riches en soude, croissent également le Blé, l'Avoine, le Panais, etc., qui en sont dépourvus (1867, p. 735-736, — 1871, *C. R.*, **73**, 1075). 2° Les plantes arrosées, pendant le temps entier de leur croissance, avec des solutions sodiques (azotates, chlorures), ne renferment pas plus de soude, à la fin de leur développement, que les plantes témoins, arrosées avec de l'eau ordinaire ou addi-

tionnée de sels potassiques (1875, *C. R.*, **76**, 1114). Le végétal a donc pour la soude une indifférence propre. Sa pauvreté sodique lui est spécifique.

Antérieurement à ces travaux, les auteurs, ignorants de cette particularité, prenaient rarement soin de déterminer directement la soude chez les végétaux qu'ils analysaient. Un des procédés de recherche les plus précis de l'époque consistait à déduire, au moyen d'une formule bien connue, la proportion des deux alcalis du poids des sulfates neutres qu'ils fournissaient et de celui de l'acide sulfurique déterminé sous forme de sulfate de baryte. Or, la neutralité des sulfates est impossible à garantir. Les erreurs pouvaient s'élever de ce chef à un taux important, la teneur en soude exagérée le plus généralement au détriment de la teneur en potasse. (Pour la critique du procédé des sulfates neutres, voir PÉLIGOT, 1867, *C. R.*, **65**, 752; — 1869, *id.*, **69**, 1271; — 1871, *id.*, **73**, 1072; — et 1885, *Traité de chimie analytique appliquée à l'agriculture*, p. 548). Souvent même, dit PÉLIGOT (1871, *C. R.*, **73**, 1072), la soude n'était dosée que par différence, de sorte que toutes les pertes réalisées dans la détermination des autres éléments se trouvaient comptées dans l'analyse à l'actif de la soude[1]. BUNGE, après avoir utilisé en 1873 la table de WOLFF de 1871 pour la teneur en potasse, en soude et en chlore des principaux aliments végétaux, reconnaissait vite l'inexactitude des chiffres dont il s'était servi. « Je les avais empruntés, écrit-il en 1874 (*Z. f. Biol.*, **10**, 527), à la grande table de WOLFF, ouvrage dans lequel sont rassemblées toutes les analyses de végétaux effectuées jusqu'ici. Leur examen me convainquit que, quant aux alcalis et au chlore, par suite de méthodes inexactes et d'exécutions défectueuses, les chiffres présentés étaient le plus souvent faux, les teneurs en soude exagérées, celles en chlore réduites. » Il ajoutait : « De ce grand nombre d'analyses fausses, tirer les quelques analyses exactes, me paraît à peine praticable. J'ai déterminé moi-même, à l'aide de procédés précis, les alcalis et le chlore des aliments suivants. » Suivait alors le tableau dont nous avons rapporté les

1. Dans une étude sur la composition chimique de la graine de Lin, LADUREAU (1880) donne une idée de la façon dont certaines analyses ont pu être effectuées. La quantité de potasse est parfois, à elle seule, plus élevée que la totalité des sels solubles, « ce qui nous fait croire, ajoute-t-il, que bien des analyses de nos savants prédécesseurs sont à refaire ».

valeurs, sous la référence : Bunge (1874), dans le présent ouvrage, p. 355, 356, 357.

Sans entreprendre ce tri auquel a renoncé Bunge, relevons toutefois dans la table récapitulative de Wolff les analyses à taux sodique élevé et critiquons-les. Cette critique est indispensable, parce que ces analyses, reprises et présentées telles quelles par d'autres auteurs (König, 1889-1893; Lapicque et Richet, 1895, *Diction. Richet*, I, 294-381, article *Aliments*) tendent à devenir classiques et propagent des notions fausses.

Les analyses à taux sodique particulièrement élevé de la table récapitulative de Wolff sont :

Groupes.	Aliments.	Pour 100 parties de cendres, teneur en potasse.	Pour 100 parties de cendres, teneur en soude.
Grains, semences et fruits.	Pomme = *Pyrus Malus*	35,68	26,09
—	Fraise = *Fragaria vesca*.	21,07	28,48
—	Graine de betterave = *Beta vulgaris* .	18,67	17,58
Racines et tubercules.	Topinambour = *Helianthus tuberosus*.	47,74	10,16
—	Carotte = *Daucus Carota*	56,92	21,17
—	Betterave = *Beta vulgaris*.	52,22	16,26
—	Tête de betterave = *Beta vulgaris* .	29,56	24,55
—	Chicorée = *Cichorium Intybus* . . .	38,30	15,68
Feuilles de plantes à racines alimentaires.	Carotte = *Daucus Carota*	14,92	19,54
—	Betterave = *Beta vulgaris*.	30,71	19,44
—	Betterave à sucre	26,26	15,75
—	Chicorée = *Cichorium Intybus* . . .	26,18	17,65
Pailles et tiges. . . .	Vesce = *Vicia sativa*	14,20	15,60
Légumes.	Asperge = *Asparagus officinalis* . .	24,04	17,08
—	Radis = *Raphanus sativus*.	52 »	21,15
—	Courge = *Cucurbita Pepo*.	19,41	21,13
—	Romaine = *Lactuca sativa*	25,30	35,30
—	Épinard = *Spinacia oleracea*	16,56	35,29
—	Ail = *Allium porrum*, bulbe	30,72	14,15

Examinons-les tour à tour.

Analyses 1 et 2. — Pomme et Fraise.

	K^2O	Na^2O
Pomme	35,68	26,09
Fraise.	21,07	28,48

Ces deux analyses sont de Richardson (1848).

Or : 1° Leur date leur enlève déjà toute autorité. En outre, d'autres analyses du même travail sont manifestement erronées quant aux proportions de soude (voir, plus loin, critique des analyses 14, 18). L'auteur n'indique pas enfin son procédé d'analyse.

2° Bunge (1874) a déterminé la potasse et la soude de la

Pomme et de la Fraise, par le chloroplatinate. Il a trouvé :

	Pour 100 équivalents de potasse, équivalent de soude :
Pomme	1
Fraise	1,4

Les analyses de Richardson donneraient :

	Pour 100 équivalents de potasse, équivalents de soude :
Pomme	110
Fraise	204

Ainsi, les analyses de Richardson, vieilles de plus d'un demi-siècle, à procédé de recherche inconnu, indiquent à quantité de potasse égale, de 110 à 150 fois plus de soude que les analyses sûres de Bunge. Leur valeur est donc nulle.

Analyse 3.— Betterave (graine) : potasse, 18,67 ; soude, 17,38.

Auteurs de l'analyse : Way et Oston (1850).

Date ancienne. La matière analysée est d'ailleurs sans importance au point de vue alimentaire. Il s'agit en effet, non pas de la souche de Betterave, mais de sa simple graine.

Analyse 4. — Topinambour (tubercules) : potasse, 47,74 ; soude, 10,16.

Ces chiffres résultent de deux analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A.	54,66	traces.
B.	40,81	20,32
Moyenne.	47,74	10,16

On peut déjà juger de la valeur scientifique de pareilles moyennes, établies sur des chiffres aussi discordants. La première analyse, antérieure à 1847, est de Boussingault (*in* Wolff, 1847, *Chem. Forschungen*, etc., p. 535), la seconde de Küllenberg (1865, *Mitth. de landw. Centralvereins f. Schliesen*). Or, nous possédons sur la composition du Topinambour un travail capital de Lechartier (1898). Lechartier a cultivé pendant douze ans sur des terrains naturels ou diversement engraissés, les Topinambours communs, jaune et à patate. Il a analysé pendant cinq années les récoltes obtenues sur chacun des sols. La composition minérale du tubercule s'est montrée remarquablement fixe. Elle est en moyenne, pour la potasse et pour la soude (procédé du chloroplatinate) : potasse, 56,7 ; soude : 2,8 (valeurs extrêmes : potasse 53,05 ; 60,4 ; soude 2,3 ; 3,6).

Les chiffres de la table de Wolff ne sont donc pas valables.

Analyse 5. — Carotte (tubercule) : potasse, 56,92 ; soude, 21.17. Ces chiffres résultent de 11 analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A.	55,56	14,77
	44,25	17,95
	54,05	26,51
	26,60	21,18
	51 »	14,54
	40,04	22,97
B.	38,45	10,92
C.	17,05	54,75
D.	25,10	24,12
	27,01	26,54
E.	55,77	11,50
Moyenne.	56,92	21,17

Or : 1° Les six analyses A sont de Way et Ogston (1847, 1855). Leur date rend douteuse leur autorité[1].

1. Toutefois, les très nombreuses analyses de Way et Ogston se recommandent, à l'examen, par une exactitude générale quant aux dosages de la soude. C'est ce que montre le tableau suivant :

Végétaux.	Nombre d'analyses		Moyenne de tous les auteurs. Table de Wolff (1880.		Moyenne de Way et Ogston. Table de Wolff (1871.	
	de tous les auteurs.	de Way et Ogston.	K^2O.	Na^2O.	K^2O.	Na^2O.
Blé d'hiver : grain.	110	26	51,2	2,1	51,4	2,8
Blé d'hiver : paille.	18	9	13,6	1,4	12,4	1,1
Seigle : grain.	56	1	32,1	1,5	33,8	0,4
Orge : grain.	8	15	25,2	1,2	26,8	2,1
Orge : paille.	9	1	24,2	2,2	7,9	1,0
Avoine : grain.	57	11	17,9	1,7	16,6	2,5
Avoine : paille.	38	5	26,4	5,3	21,5	4,3
Maïs : grain.	15	1	29,8	1,1	28,4	1,7
Foin de prairie.	106	3	26,7	3,7	52,6	2,1
Pois : grain.	40	8	43,1	1,0	42,4	3,2
Pois : fane.	25	6	22,9	4,1	18,2	4,6
Fève : grain.	19	1	41,5	1,1	53,6	0,6
Fève : fane.	15	1	43,3	1,7	44,0	11,9
Haricot : grain.	15	6	44,0	1,5	43,2	1,9
Haricot : fane.	»	4	»	»	28,2	12,2
Trèfle rouge en fleur.	115	2	32,3	2,0	20,1	3,0
Luzerne, en fleur.	12	1	23,5	1,8	15,0	1,4
Sainfoin, en fleur.	4	2	28,5	3,3	39,0	2,0
Pomme de terre : tubercule.	59	3	60,1	3,0	59,9	2,2
Betterave : souche.	19	3	52,2	16,3	30,3	33,9
Navet : racine.	32	6	45,4	9,8	38,9	13,9
Navet : feuille.	10	6	23,4	9,4	20,4	12,1

On voit que, hors trois ou quatre, toutes les moyennes sodiques de Way et

2° L'analyse B est du même travail, sans valeur, de Richardson (1848), critiqué plus haut. Analyses 1 et 2.

3° L'analyse C, la plus forte en soude, est de Herapath (1849, 1850). Or, quant à la soude, les déterminations d'Herapath ne sont pas recevables, ainsi qu'en témoigne le tableau suivant où toutes les teneurs sodiques données par cet auteur sont manifestement exagérées[1] :

Végétaux.	Nombre des analyses.		Moyennes de tous les auteurs. Tables de Wolff.		Moyennes de Herapath.	
	de tous les auteurs.	de Herapath.	K^2O.	Na^2O.	K^2O.	Na^2O.
Blé d'hiver : grain. . .	110	2	31,2	2,1	24,8	15,4
Seigle : grain.	56	2	32,1	1,5	15,0	19,5
Avoine : grain.	57	2	17,9	1,7	11,4	6,8
Fève : graine	19	1	41,5	1,1	25,4	21,8

4° Les deux analyses D sont de E. Marchand (1866). Même critique. Aucune des analyses de Marchand n'est recevable, quant aux proportions de soude, qui sont toutes exagérées, ainsi qu'en témoigne encore le tableau suivant :

Végétaux.	Nombre des analyses		Moyennes de tous les auteurs. Tables de Wolff.		Moyennes de Marchand (1866.)	
	de tous les auteurs.	de Marchand (1866.)	K^2O.	Na^2O.	K^2O.	Na^2O.
Blé d'hiver : grain.	110	2	31,2	2,1	15,6	18,5
Avoine : grain. . .	57	2	17,9	1,7	14,4	10,5
Pomme de terre : tubercule.	59	3	60,1	3,0	39,1	21,2
Betterave à sucre : racine.	149	1	55,1	8,9	17,0	48.7
Betterave ordinaire : racine . .	19	2	52,2	16,3	14,8	50,2
Betterave ordinaire : feuille . .	25	2	26,3	13,7	5,9	39,3
Navet : racine. . .	32	1	45,4	9,8	16,4	15,2
— : feuille. . .	10	1	25,4	9,4	8,6	15,2

Ogston concordent avec les valeurs générales. Il est donc possible que les teneurs qu'ils donnent de la Carotte, du Navet (racine et feuille) soient voisines des teneurs réelles. — C'est ce que des analyses ultérieures devront vérifier.

1. Les teneurs en soude données à la rubrique « Moyennes de tous les auteurs » sont exactes. Elles concordent avec les analyses sûres, effectuées au chloroplatinate.

5° L'analyse E est de Robert Pott (1876). Les analyses de ce mémoire ont été exécutées en 1875-1874, c'est-à-dire peu de temps après les travaux de Péligot que Pott paraît complètement ignorer, et antérieurement à celui de Bunge (1874). L'auteur dit simplement sur les procédés d'analyse (p. 4), qu'ils sont ceux « communément employés pour la détermination des cendres chez les plantes ». Le fait qu'il ne renseigne pas sur la façon dont il dose la soude, montre qu'il ignore les erreurs où les procédés « communément employés » peuvent le faire tomber. Ses dosages, quant à la soude, ne sont donc pas valables.

Ainsi, des 11 analyses ci-dessus, aucune n'est admissible.

Les chiffres moyens de la table de Wolff ne sont donc pas recevables.

Analyse 6. — Betterave ordinaire (souche) : potasse, 52,22; soude, 16,26.

Chiffres moyens de 19 analyses. Nous savons par des travaux sûrs (Péligot, 1869; Bunge, 1874; Petermann, 1890) que la souche de Betterave est en effet riche en soude.

	Pour 1 équivalent de potasse, équivalent de soude :
	—
D'après Bunge	0,45
D'après Petermann	0,29
D'après Wolff, chiffres ci-dessus. . .	0,47

Bien que les valeurs de Wolff ne soient plus pour la souche de la Betterave à sucre que de : potasse, 53,13; soude, 8,92 (moyenne de 149 analyses), les teneurs ci-dessus sont possibles et admissibles.

Analyse 7. — Betterave (sommet de la souche) : potasse, 29,56; soude, 24,55.

L'analyse *unique* est de Bretschneider et Küllenberg (1862). Procédé de recherche inconnu. Elle porte d'ailleurs non sur la souche entière, mais sur une de ses parties. Au cas même où elle serait exacte, elle induirait en erreur sur la composition de l'aliment entier. On ne peut donc la faire figurer pour la détermination des moyennes au rang que Wolff lui assigne dans sa table.

Analyse 8. — CHICORÉE (racine) : potasse, 58,5; soude, 15,68. Ces chiffres résultent de 15 analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A. . .	54,42	10,59
	54,91	6,96
B. . .	44,45	5 »
C. . .	57,66	9,15
	27,94	16,96
	39,89	2,75
	41,86	4,97

	K^2O	Na^2O
D. . .	41,28	14,15
	59,52	22,88
	40,42	18,57
	55,26	24,27
	52,55	24,74
	33,16	19,45
	58,89	25,09
	58,41	18,70

Les 7 premières analyses A, B, C, d'ailleurs faibles en soude, sont respectivement de ANDERSON (1853), BAUER (*in* Bibra, 1858, *Der Kafee und seine surrogate*), STENHOUSE, GRAHAM et CAMPBELL (1857). Leur date leur enlève toute autorité.

Les 8 dernières analyses, fortes en soude sont de H. SCHULZ (1866, *Zeits. für die Rübenzücker-Industrie*, p. 465). Nous n'avons pu nous procurer le périodique où le travail a paru. Il n'en est même pas fait mention dans la liste des périodiques de l'*Index catalogue*. Procédé de recherche, par conséquent, inconnu. Les analyses, incontrôlables, sont donc inadmissibles, jusqu'à plus ample informé.

Analyse 9. — CAROTTE (feuille) : potasse, 11,92; soude, 19,54. Ces chiffres résultent de 8 analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A.	22,26	8,8
B.	8,70	16,85
	9,69	25,45
	7,70	24,41
C.	7,65	18,34
	8,17	16,30
D.	24,21	1,94
E.	16,54	17,52

Or :

1° Les 4 analyses A et B sont de WAY et OGSTON (1847 et 1853). Leur date leur enlève toute autorité[1].

2° Les analyses C sont du travail sans valeur de MARCHAND (1866), précédemment critiqué (voir plus haut, Analyse 5).

3° L'analyse D est de MALAGUTI et DUROCHER. Elle s'entend pour la plante entière, moins la racine. WOLFF ne donne l'indi-

1. Se reporter toutefois à la note de la page 590.

cation bibliographique que de l'ouvrage où il la prend de seconde main (*Liebig Agrikulturch.*, 8 Aufl., I, 417, sans date). Elle provient sûrement des anciens travaux de Malaguti et Durocher qui déterminaient la soude et la potasse par le procédé des sulfates neutres (*Ann. Chim. et Phys.*, 1858, 3e s., **54**, 272). L'analyse d'ailleurs est très faible en soude.

4° L'analyse E est du travail de Robert Pott (1876), critiqué plus haut. Analyse 5.

Ainsi, des 8 analyses ci-dessus, aucune n'est digne de foi.

Les chiffres moyens de Wolff ne sont donc pas recevables.

Analyses 10 et 11. — Betterave ordinaire et Betterave à sucre (feuilles) : potasse, 30,71 ; 26,26 ; soude, 19,44 ; 13,75.

Moyenne de 18 et 25 analyses. Péligot (1867) donne lui-même les feuilles de la Betterave comme contenant une grande quantité de soude. — Admettons donc ces chiffres, bien qu'aucun travail précis ne les confirme.

Analyse 12. — Chicorée (feuille) : potasse, 26,18 ; soude, 17,65. Ces chiffres résultent de 9 analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A.	59,95	0,77
B.	15,94	26,26
	31,91	15,5
	16,79	21,15
	18,47	22,35
	11,46	26,09
	13,25	28,08
	49,14	4,06
	16,44	20,54
Moyenne.	26,18	17,65

Or :

1° L'analyse A, d'ailleurs très faible en soude, est de Anderson (1855, *Chem. Pharm. Centralbl.*, p. 326). Sa date lui retire toute autorité.

2° Les huit autres analyses sont du travail de Schulz (voir plus haut, Analyse 8) que nous n'avons pu nous procurer. Procédé de recherche inconnu. Analyses inadmissibles, jusqu'à plus ample informé.

Analyse 13. — Vesce (tige) : potasse, 14,20 ; soude, 15,60.

Ces chiffres résultent de deux analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A	15,95	17,15
B	12,47	14,04
Moyenne	14,20	15,60

Or :

1° L'analyse A est de Küllenberg (1865). Nous savons déjà par l'analyse du Topinambour (voir Analyse 5) ce que peuvent valoir, quant à la soude, les dosages de cet auteur.

2° L'analyse B est du travail inexact de Marchand (1866), critiqué plus haut, Analyse 5.

Les chiffres de Wolff ne sont donc pas recevables[1].

Analyse 14. — Asperge : potasse, 24,04; soude, 17,08.

Ces chiffres résultent de 4 analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A	6,01	41,07
B	28,08	5,96
C	22,85	6,49
D	39,21	16,79
Moyenne	24,04	17,08

Or :

1° L'analyse A, la plus forte en soude, est du travail sans valeur de Richardson (1848), critiqué plus haut, Analyses 1 et 2.

2° Les analyses B et C sont respectivement de Lévi (1844, *Annal. der Chem. und Pharm.*, **50**, 421-426) et Schlienkamp (1849, *Ann. Chem. Pharm.*). Leur date leur enlève toute autorité.

3° L'analyse D est du travail sans valeur de R. Pott, critiqué plus haut, Analyse 5.

Les chiffres moyens de Wolff ne sont donc pas recevables.

Analyse 15. — Radis (racine) : potasse, 52; soude, 21,15.

Ces chiffres résultent de 2 analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
A	24,64	31,85
B	39,36	10,46
Moyenne	52 »	21,15

1. Pour la plante verte, Kreuzhage (1870-1872) travail communiqué à E. Wolff (*Aschenanalysen*, II, 34) donne (moyenne de vingt analyses) : potasse 54,08; soude 4,45. Bien que non complètement comparatifs, puisqu'il s'agit ici de la plante verte tout entière, ces derniers chiffres sont loin de confirmer les précédents. — Le procédé de recherche de Kreuzhage, non énoncé, paraît correct, d'après d'autres analyses du même auteur (Avoine : grain et paille, *id.*, II, 15-16), qui concordent avec les analyses sûres.

Or :

1° L'analyse A est de Herapath (1847, *Chemic. Gazette*, p. 279), dont nous connaissons les déterminations sodiques exagérées (voir plus haut, Analyse 5). En outre, Wolff rapporte inexactement cette analyse. Touchant la potasse et la soude, les chiffres du travail original de Herapath sont les suivants (pour 100 de cendres) :

Potasse	24,74
Soude.	24,45
Chlorure de potassium et de sodium.	14,23

Dans ses calculs, Wolff fait passer à l'actif de la soude seule les deux alcalis comptés par Herapath sous forme de chlorures. Wolff exagère donc encore le taux sodique de l'analyse de Herapath.

2° L'analyse B est du travail de Robert Pott, précédemment critiqué (Analyse 5).

Les chiffres de Wolff ne sont donc pas recevables.

Remarquons, bien qu'il n'y ait aucune conclusion à en tirer (toutes ces analyses anciennes étant sans valeur), que Richardson (1848) donne de la même racine du Radis : potasse 21,98, soude 3,75. Cette contradiction n'a d'intérêt que pour montrer l'inanité de moyennes qui peuvent dériver de pareils chiffres.

Analyse 16. — Courge : potasse, 19,41 ; soude, 21,13.

L'analyse, *unique*, à laquelle ces chiffres sont empruntés, est de Wanderleben, 1853 (*Liebig und Kopp, Jarhresb.*, p. 566). Sa date suffirait pour nous renseigner sur sa valeur. Le travail récent de Petermann (1896), effectué selon le procédé du chloroplatinate, nous fixe plus exactement. Petermann trouve pour la Courge : potasse, 49,8 ; soude, 1,46[1].

Analyse 17. — Romaine : potasse, 25,30 ; soude, 55,30.

L'analyse, *unique*, est encore du travail de R. Pott (1876). Elle n'est donc pas recevable. — Remarquons, au reste, que Pott donne lui-même, pour trois autres analyses, les teneurs suivantes en potasse et en soude (*in* Wolff, 1880, II, 51) :

	K^2O	Na^2O
Romaine (variété précoce)	52,9	1,8
— (variété tardive, brune) .	34,6	5 »
— (variété tardive, verte) . .	25,3	15,7

1. Calculé d'après l'analyse de Petermann, déduction faite de l'acide carbonique.

Richardson (1848) et Griepenkerl (*in* Wolff, 1871, I, 100) donnent encore pour la Romaine (*Lactuca sativa*) :

	K^2O	Na^2O
	—	—
Richardson	46 »	9,4
Griepenkerl.	51,9	18,5

Nous ne rapportons ces chiffres que pour leur contradiction.

Analyse 18. — Épinard : potasse, 16,56; soude, 55,29.
Ces chiffres résultent de deux analyses, qui sont :

	K^2O	Na^2O
	—	—
A	23,43	31,42
B	9,69	39,16
Moyenne.	16,56	35,29

Or :
1° L'analyse A est de Saalmüller, 1846 (*Ann. Chem. Pharm.*, *58*, 389). Sa date fixe sur sa valeur. L'auteur ne rend compte d'aucun procédé d'analyse.
2° L'analyse B est du travail de Richardson (1848), précédemment critiqué (Analyses 1 et 2).
3° Péligot (1867, 1869, 1885), dans ses travaux classiques, a vainement cherché la soude dans l'Épinard, qui lui semblait cependant devoir en renfermer, comme appartenant à la famille des Chénopodées.
Les chiffres de Wolff ne sont donc pas recevables.

Analyse 19. — Ail (bulbe) : potasse, 50,72; soude, 14,15.
Ces chiffres résultent de deux analyses, qui sont[1] :

	K^2O	Na^2O
	—	—
A	52,55	10,42
B	29,09	17,88
Moyenne.	50,72	14,15

Or :
1° L'analyse A est du travail de Richardson (1848), précédemment critiqué (Analyses 1 et 2).

---

1. E. Wolff (1880, II, 128) donne ces chiffres moyens comme résultant de *deux* analyses; mais au cours de ses deux volumes, il n'en rapporte qu'une, celle de Richardson (1871, *Aschenanalysen*, I, 100). L'auteur de la seconde, R. Pott, nous est donnée par König (1880, p. 561).

2° L'analyse B, de celui de R. Pott, également critiqué (Analyse 5).

Les chiffres de Wolff ne sont donc pas recevables.

Résumons. Nous avons relevé dans la table récapitulative de Wolff les analyses végétales les plus fortes en soude. Ces analyses se sont élevées au nombre de 19. Or, de ces 19 analyses, 5 seulement touchant la Betterave ont résisté à la critique. Les 14 autres ne sont pas recevables, 8, celles de Carotte (feuilles et racines), Chicorée (feuilles et racines), Asperge, Radis, Romaine, Ail, comme effectuées selon des procédés défectueux ou inconnus ou par des auteurs dont les autres déterminations sodiques se sont montrées à l'examen manifestement inexactes; les 6 dernières (celles de : Pomme, Fraise, Topinambour (tubercule), Vesce (fanes), Courge, Épinard, sûrement fausses, des travaux récents à procédé précis les ayant infirmées.

Or, si nous faisons sauter de la table de Wolff ces 14 dernières analyses, nous obtenons pour les taux en soude des tableaux qui précèdent, p. 550-552, des valeurs toutes différentes et plus faibles. C'est ainsi que les « Racines ou tubercules », — « Feuilles de plantes à racines alimentaires », — « Légumes » ne s'inscrivent plus en soude dans le premier tableau pour 12,8; — 9,8; — 9,9, et dans le second pour 14,2; — 14,6; — 12,2, — mais pour :

	Dans le premier tableau. — SOUDE — % des cendres totales.	Dans le deuxième tableau. — SOUDE — % des cendres, abstraction faite de la silice et de la chaux.
Racines ou tubercules[1]	7,7	8,5
Feuilles de plantes à racines alimentaires[2]	7,6	11,4
Légumes[3]	5,5	6,7

On voit donc dans quelle erreur sont tombés les auteurs

1. En supprimant les trois analyses de Carotte, Chicorée, Betterave (tête), et en remplaçant la valeur fausse de 10,16 pour le Topinambour, par celle de 2.8, résultant des travaux de Lechartier.
2. En supprimant les deux analyses de Carotte et Chicorée.
3. En supprimant les cinq analyses d'Asperge, Radis, Romaine, Épinard, Ail et en remplaçant la valeur inexacte de 21,13 pour la Courge, par celle de 1,46, du travail de Petermann.

récents, qui empruntant à Wolff ses chiffres moyens sans critiquer les analyses dont ils résultaient, ont tablé sur des valeurs en soude aussi inexactes. Lapicque et Richet (1895) se sont particulièrement fourvoyés. Choisissant dans J. König (1895) les analyses végétales les plus fortes en soude rapportées par cet auteur, ils les font figurer dans un tableau (tableau δ de leur mémoire, p. 309), dont elles constituent à elles seules la moitié. Puis exposant le travail capital de Bunge (1874) sur la faible teneur en soude du végétal par rapport à sa teneur en potasse, ils le qualifient d' « arbitraire » et tendent à le réfuter en lui opposant leur tableau δ. Or, en dehors de la Betterave et du Chou, quelles sont les analyses fortement sodiques de ce tableau? Ce sont justement celles que nous venons de critiquer.

	K^2O	Na^2O
Asperge	24	17,1
Courge	19,5	21,1
Radis	32	21,1
Carotte	37	21,2
Topinambour	47,7	10,2
Romaine	25,5	55,5
Épinard	16,6	55,5

Ainsi, faute d'être remontés aux sources, Lapicque et Richet opposent aux analyses de Bunge de 1874, effectuées selon le procédé précis du chloroplatinate, des analyses vieilles d'un demi-siècle, « à procédé de recherche inexact ou d'exécution défectueuse », suivant l'expression même de Bunge (1874), et dont nous venons d'établir la valeur nulle.

Ce qui est arbitraire, ce n'est pas le choix des végétaux fait par Bunge[1], mais au cas même où les déterminations qu'ils rapportent eussent été exactes, celui fait par Lapicque et Richet, au milieu de tant d'analyses, des quelques rares fortement sodiques. La moyenne de tous les chiffres contenus dans la table récapitulative de Wolff (y compris ceux des analyses inexactes, à taux sodique exagéré) nous a montré que l'aliment végétal moyen renferme, pour une quantité égale de potasse, six fois moins de soude que l'organisme animal (note de la page 556).

1. Bunge fait porter son analyse sur deux des végétaux les plus fortement sodiques, la Betterave et le Foin de prairie. La moyenne de ses treize déterminations, y compris celles de Schmidt (voir le tableau, p. 555-556) serait de 0,077 équivalent de soude pour 1 équivalent de potasse, au lieu de la valeur 0,096, moyenne des 28 analyses que nous avons pu grouper. La différence est peu sensible.

Cette notion était la seule légitime à tirer de l'ensemble des analyses effectuées. LAPICQUE et RICHET, en constituant un tableau arbitraire (composé d'ailleurs d'analyses fausses) sur lequel ils s'appuient ensuite, tendent donc à donner de la composition sodique du végétal moyen une idée entièrement opposée à celle qu'on doit scientifiquement avoir.

Les deux analyses de Pomme et de Fraise à taux sodique élevé (Na^2O : 26; 28 %) que LAPICQUE et RICHET rapportent dans leur tableau ε, d'après KÖNIG qui les emprunte lui-même à WOLFF, sont celles de RICHARDSON (1848), critiquées plus haut.

Deux autres déterminations du tableau α (Riz, K^2O,17,51; Na^2O,5,55; — Sarrasin, K^2O, 23,07; Na^2O, 6,12) provenant toujours de WOLFF par l'intermédiaire de KÖNIG, ne sont pas encore valables. 1° Celle de Riz résulte de deux analyses empruntées à BIBRA (1860). Leur date fixerait déjà sur leur valeur. BUNGE (1874), dans son analyse du Riz par le procédé du chloroplatinate, trouve pour 1 équivalent de potasse, 0,041 équivalent de soude. Or, les analyses de BIBRA, pour le même équivalent de potasse, donneraient 0,48 équivalent de soude, c'est-à-dire une quantité de soude 16 fois plus forte. 2° L'analyse de Sarrasin résulte également de deux déterminations provenant du même travail de BIBRA, même date. Or, LECHARTIER (1881) trouve, par le chloroplatinate, moyenne de trois analyses : K^2O, 31,34; Na^2O, 1,84, soit une valeur sodique 5,3 fois plus faible.

Enfin, dans leur tableau β, LAPICQUE et RICHET rapportent une analyse à taux sodique particulièrement élevé : Lentille (1re qualité), K^2O, 34,76; Na^2O, 13,50. Comme toutes les autres, cette analyse emprunte à la date de l'ouvrage de KÖNIG où elle est puisée (1893), un caractère d'autorité. Or, elle est en réalité de LÉVI et date de 1844. Deux autres analyses du même travail de LÉVI (qui en comprend sept) nous renseignent sur la foi qu'il faut prêter à ses dosages de la soude :

VÉGÉTAUX.	Nombre d'analyses. de tous les auteurs.	Nombre d'analyses. de LÉVI.	MOYENNES DE TOUS LES AUTEURS. Table de WOLFF. K^2O.	MOYENNES DE TOUS LES AUTEURS. Table de WOLFF. Na^2O.	CHIFFRES DE LÉVI (1844.) K^2O.	CHIFFRES DE LÉVI (1844.) Na^2O.
Haricot : graine. . . .	15	1	44,0	1,5	58,9	11,8
Avoine : paille.	58	1	26,4	3,5	12,2	14,7

Comme celles de Riz, Sarrasin, Asperge, Courge, Radis, Carotte, Topinambour, Romaine, Épinard, Pomme (fruit), Fraise, choisies entre tant d'autres par LAPICQUE et RICHET, l'analyse de Lentille qu'ils rapportent est donc d'une valeur nulle. — Ainsi, des 16 analyses fortes en soude (sur les 55 qu'ils rapportent), 12 ne sont pas recevables. Seules, les quatre, touchant la Betterave et le Chou, sont admissibles, ces végétaux étant reconnus sodiques par des travaux sûrs.

Profitons de la critique où nous sommes engagé pour achever

de montrer dans quelles erreurs, relativement à la soude, ont pu tomber les auteurs anciens. Nous l'avons fait voir plus haut pour Lévi (1844), Saalmüller (1846), Richardson (1848), Herapath (1849), Wanderleben (1855), Küllenberg (1865), Marchand (1866). Le tableau suivant l'établit pour G.-W. Bichon (1844), E.-N. Horsford (1846) et quelques auteurs dont nous avons relevé les analyses dans la table donnée par Boussingault (1851, I, 94-97).

Végétaux.	Nombre d'analyses de tous les auteurs.	Nombre d'analyses des auteurs critiqués	Moyenne de tous les auteurs, Table de Wolff. K^2O.	Moyenne de tous les auteurs, Table de Wolff. Na^2O.	Chiffres des auteurs critiqués K^2O.	Chiffres des auteurs critiqués Na^2O.	Noms des auteurs critiqués.
Blé d'hiver : grain. .	110	1	51,16	2,07	6,55	28,25	G.-W. Bichon.
Seigle : grain. . . .	56	1	52,1	1,47	11,11	18,56	G.-W. Bichon.
Sarrasin : grain[1]. .	5	1	51,54	1,84	8,74	20,10	G.-W. Bichon.
Pois : grain. . . .	40	1	45,1	0,98	55,1	15,5	G.-W. Bichon.
Fève : grain. . . .	19	1	41,48	1,05	21,28	19,49	G. W. Bichon.
Foin de trèfle rouge.	115	1	52,29	1,97	16,1	45,2	Horsford.
Colza : paille. . . .	14	1	27,28	9,54	9,6	25,5	Rammelsberg.
Sainfoin.	4	1	28,47	5,28	6,75	21,25	Buch.
Maïs : tige[2]. . . .	1	1	56,5	1,2	14,5	59,9	Kruschauer.
Maïs : grain. . . .	15	1	29,78	1,74	54,1	7,6	Kruschauer.
Lin : tige.	16	1	51,06	8,44	21,4	16,1	R. Kane.

1. La « moyenne de tous les auteurs » que nous donnons ici n'est pas celle des deux analyses de Binna de la Table de Wolff, mais celle des trois analyses de Lechartier, dont nous venons de parler.

2. L'analyse « de tous les auteurs » est de Way et Ogston, et sans grande autorité, de par sa date. Mais nous savons toutes les pailles en général très peu sodiques. Le taux qu'en donne Kruschauer est invraisemblable par lui-même.

Note III.

Analyses d'aliments végétaux, parues depuis la dernière table de Wolff (1880), et effectuées, quant à la potasse et à la soude, selon le procédé précis du chloroplatinate.

Nous réunissons dans le tableau suivant les analyses que nous avons pu relever, parues depuis la publication de la dernière Table de Wolff (1880). Toutes sont effectuées, quant à la potasse et à la soude, selon le procédé du chloroplatinate. Au point de vue sodique qui nous occupe, elles sont donc dignes de foi.

AUTEURS.	ALIMENTS.	POUR 100 PARTIES DE CENDRES.								
		P^2O^5.	K^2O.	CaO.	MgO.	Fe^2O^3.	SO^3.	SiO^2.	Na^2O.	Cl.
	GRAINS, SEMENCES ET FRUITS.									
LECHARTIER (1881).	Sarrasin = *Polygonum Fagopyrum*..	38,05	28,40	6,33	18,10	0,73	3,54	traces.	4,17	0,67
—	— —	43,47	25,73	10,17	15,06	0,30	3,93	0,29	0,77	0,63
—	— —	44,27	29,89	4,79	17,48	0,24	2,24	0 »	0,59	0,62
E. WOLFF (1887).	Avoine = *Avena sativa*	26,80	15,52	1,99	7,37	1,42	0,52	44,73	2,10	0,36
—	— —	25,33	11,29	3,68	6,25	2,79	4,52	44,76	1,08	0,31
—	Maïs = *Zea mays*	48,30	30,76	1,32	16,37	1,37	1,32	»	0,76	0,20
E. WOLFF (1887).	Fève = *Vicia faba*..	39,96	43,22	5,82	7,32	0,56	1,93	»	1,07	1,07
PAPARELLI (1888).	Olive = *Olea europæa*.	8,33	60,77	16,28	3,77	0,1	1,10	5,67	2,22	1,58
PETERMANN (1896).	Courge = *Cucurbita Pepo*.	17,04	49,80	10,31	6,88	0,49	7,56	3 »	1,46	3,52
	RACINES ET TUBERCULES.									
DUGAST (1882).	Chou moellier. } *Brassica*.	5,05	20,37	10,14	8,87	2,72	13,23	»	5,08	6,54
—	Chou cavalier. } *oleracea*	6,53	18,64	9,51	6,18	1,11	13,41	»	4,13	3,84
—	Chou branchu. } *acephala*.	6,63	20,49	8,70	5,61	2,84	12,65	»	5,14	4,59
PETERMANN (1890).	Betterave = *Beta vulgaris*.	14,8	44,1	10 »	7,3	1 »	8,9	1,6	8,9	3,3
LECHARTIER (1898).	Topinambour = *Helianthus tuberosus*	18,4	53,05	4,8	?	»	5,9	5,05	2,3	6,88
—	— —	14,1	55,3	4,6	3,4	»	4,9	4,66	2,5	10,6
—	— —	14,1	55,4	5,0	3,25	»	5,57	3,29	3,05	10,5
—	— —	13,9	59,3	4,4	2,8	»	5,05	1 »	3,6	9,8
—	— —	12,0	60,4	5,4	3,0	»	5,9	2,1	2,7	8,5
	FEUILLES DE PLANTES A RACINES ALIMENTAIRES.									
LECHARTIER (1898).	Topinambour = *Helianthus tuberosus*	3,12	2,54	38,25	35,95	»	2,4	14,30	0,84	2,68
—	— —	5,67	2,54	35,15	31,44	»	2,17	19,37	0,35	3,18
—	— —	2,5	11,5	39,43	14,7	»	2,34	20 »	1 »	8,36
—	— —	2,84	9,48	40,12	15,16	»	1,82	26,84	0,88	2,92
—	— —	7,81	13,77	31,6	29,06	»	4,09	7,87	1,61	4,17
—	— —	10 »	17,15	27,27	24,52	»	3,68	7,58	1,76	8,11
—	— —	4,12	17,99	35,46	15,6	»	2,15	12,27	2,45	10 »
—	— —	4,26	16,96	36,59	16,21	»	1,8	12,74	2,24	9,22

	PAILLES.									
LECHARTIER (1881).	Sarrasin = *Polygonum Fagopyrum*. .	5,52	22,57	54,94	16,22	1,79	5,76	4,82	2,12	10,44
—	— —	8,29	44,01	21,66	7,49	1,66	2,51	0,61	1,71	12,06
—	— —	12,58	47,74	12,52	4,61	1,07	2,86	1,79	0,64	16,59
E. WOLFF (1887).	Seigle = *Secale cereale*.	7,74	24,05	9,45	0,95	0,05	2,87	50,25	0,72	4,11
—	— —	2,16	21,29	5,76	2,97	1,71	4,56	56,57	0,90	5,22
	TRÈFLES, FOINS ET FOURRAGES.									
DUGAST (1882).	Chou moellier = feuilles	6,29	15,57	56,11	7,25	2,17	15,75	1,99	5,58	11,52
—	— = tiges.	6,25	24,41	20,55	6,48	2,58	16,05	1,62	6,21	15,58
—	Chou cavalier = feuilles	6,25	17,78	55,07	5,96	2,65	15,19	1,87	4,59	15,46
—	— = tiges.	7,75	24,8	15,08	10,58	5,17	15,52	1,84	5,18	17,88
—	Chou branchu = feuilles	7,56	20,56	27,88	6,72	2,25	15,49	2,47	5,52	15,99
—	— = tiges	7,57	19,56	27,85	6,92	2,18	15,45	5,57	5,50	14,04
E. WOLFF (1887).	Foin de trèfle rouge = *Trifolium pratense*.	5,65	39,57	21,59	4,71	1,19	5,57	15,54	1,58	5,09
—	— —	8,22	56,16	27,76	9,91	1,55	2,74	8,20	5,51	1,68
—	Foin de prairie.	6,11	27,69	20,21	5,87	1,15	5,56	26,10	4,45	5 »
—	—	7,54	41,25	15,71	5,95	2,15	4,85	18,65	2,55	5,50
—	—	6,75	21,12	22,52	7,07	1,62	4,56	50,55	0,76	6,50
—	—	7,25	24,41	27,04	8,61	1,68	5,52	22,47	2,42	5,06

La 1re analyse de Topinambour (tubercule) s'entend pour des plantes cultivées sur un sol naturellement riche en acide phosphorique et pauvre en potasse assimilable, et ayant reçu en outre un engrais phosphaté; la 2e pour des plantes cultivées sur le même sol, ayant reçu un engrais phosphaté et potassique; la 3e pour des plantes cultivées sur le même sol, ayant reçu un engrais complet (phosphaté, potassique, azoté); la 4e pour le Topinambour à patates; la 5e pour le Topinambour jaune.

Les quatre premières analyses de Topinambour (feuilles) s'entendent pour les feuilles du milieu de la tige de plantes cultivées : 1e sur le sol naturel, riche en acide phosphorique et pauvre en potasse; 2e sur le même sol, ayant reçu un engrais phosphaté; 3e sur le même sol, ayant reçu un engrais potassique; 4e sur le même sol, ayant reçu les deux engrais, phosphaté et potassique. — Les quatre dernières analyses s'entendent pour les feuilles de l'extrémité de la tige des plantes cultivées respectivement sur les quatre terrains que nous venons de dire.

Comme nous n'avons donné dans les tableaux de la composition minérale des aliments végétaux, p. 550, 385, que des moyennes par groupes, il y aura intérêt à trouver ici le détail de cette composition pour quelques aliments en particulier.

Note IV.

Réfutation de la théorie de Bunge, touchant l'avidité pour le sel des animaux végétariens.

On a vu, au cours du dernier paragraphe, p. 560-565, la remarquable collection de faits réunie par Bunge, touchant l'avidité pour le sel des organismes végétariens. Mais tandis que nous avons donné cette avidité comme une des preuves de la pauvreté sodique de l'aliment végétal, pauvreté à laquelle l'animal végétarien doit parer pour le maintien chimique de son *milieu vital* marin, Bunge l'explique d'une façon entièrement différente. Pour Bunge, 1° l'alimentation végétale serait, dans la plupart des cas, aussi riche en chlorure de sodium que l'alimentation animale, suffisante par conséquent pour subvenir aux nécessités organiques; 2° l'avidité pour le sel de l'animal végétarien viendrait, non de la pauvreté en soude de l'aliment végétal, mais de sa richesse excessive en potasse, richesse déterminant, d'après l'auteur, comme nous l'exposerons tout à l'heure, une soustraction constante du chlore et du sodium organiques. Soumettons à la critique ces deux affirmations de Bunge.

1° Sa première affirmation touchant la richesse à peu près égale en chlorure de sodium de l'alimentation végétale et de l'alimentation animale, n'est pas valable. Bunge dit (1891, p. 109) : « Les quantités de chlorure de sodium absorbées avec la nourriture par les Herbivores et rapportées à l'unité de poids du corps, ne sont dans la plupart des cas pas beaucoup inférieures aux quantités absorbées par les Carnivores », et il fait remarquer en effet (*id.*, p. 119) que, dans le foin de prairie, on peut compter pour 1 équivalent de potasse, jusqu'à 0,33 équivalent de soude, soit une proportion de soude un peu plus forte que dans la viande de Bœuf et dans certains laits d'Herbivores. Ces détails sont exacts, mais il faut considérer que :

A). La viande de Bœuf *saigné*, ainsi que de tout animal *saigné*, ne représente nullement le régime naturel de l'animal carnivore. Le Carnivore doit être regardé comme se nourrissant, à l'état de nature, de sa proie tout entière. La viande exsangue dont l'Homme civilisé se nourrit partiellement et à laquelle d'ailleurs il ajoute du sel, est un produit artificiel de son industrie. BUNGE lui-même rapporte des exemples montrant que les peuples à régime carnivore évitent avec soin toute perte de sang sur l'animal qu'ils abattent pour s'en nourrir (voir plus haut, p. 365, note). « Lorsque les Samoyèdes mangent un Renne, ils trempent auparavant chaque morceau dans le sang de l'animal. Lorsque les Esquimaux du Groënland ont tué un Phoque, ils s'empressent de tamponner la blessure. Chez les Massai, peuplade de l'Afrique orientale, les Hommes sont guerriers de 17 à 24 ans. Pendant ce temps, ils vivent exclusivement de viande sans sel, et le sang forme pour eux un aliment de haut goût et des plus recherchés. » C'est que, comme nous l'avons vu, p. 357, la viande d'animal exsangue ne contient pour 1000 gr. de matière sèche que 5 gr. de soude (contre 19 gr. de potasse), tandis que le sang du même animal en renferme 19 gr. (contre 2 gr. seulement de potasse). LANGLOIS et RICHET (1900) ont montré la différence considérable, allant jusqu'à 41 pour 100, qui existe quant à la teneur en chlore, et par conséquent en sodium, entre les tissus d'un animal mort sans ou par hémorragie :

	Cerveau.	Rein.	Foie.	Muscle.
	—	—	—	—
Sans hémorragie	2,119	2,714	1,982	1,565
Par hémorragie	1,549	2,645	1,555	0,885
Différence en moins pour 100 pour les anciens animaux hémorragiés	28 %	6 %	32 %	41 %

La viande exsangue ne constitue donc aucunement, au point de vue minéral, le type du régime carnivore, et ce n'est pas à sa composition que nous devons comparer l'aliment végétal, mais à celle de l'organisme entier.

B). Même observation pour les « certains laits » d'Herbivores, dont parle BUNGE. La teneur en soude du lait des Herbivores variant, d'après BUNGE lui-même, de 1 à 10 (voir plus haut, p. 357, note), il est clair qu'on ne peut prendre pour terme de comparaison légitime, dans le débat actuel, un lait spécialement choisi comme pauvre en soude, et dont nous ignorons par ail-

leurs la valeur alimentaire minérale. La pauvreté en soude du lait peut être déterminée par celle du régime; elle peut varier d'un jour à l'autre; et il n'est pas démontré qu'un lait à taux sodique faible pourrait convenir à l'animal qu'on en nourrirait constamment et exclusivement.

C). Quand Bunge enfin choisit comme autre terme de comparaison un des aliments végétaux les plus sodiques qu'il ait rencontrés (foin de prairie, 0,33 équivalent de soude pour 1 équivalent de potasse, alors que d'après Bunge lui-même l'équivalent de soude peut tomber, pour le même foin de prairie, à 0,017), son choix n'est pas encore légitime. Sans doute, dans des terrains riches en soude, certains végétaux peuvent se charger de cette base et accuser un taux sodique relativement élevé[1]. Mais là n'est pas la règle; et nous ne pouvons accepter

---

1. Payen (*in* Barral, 1850), Paul de Gasparin (*in* Péligot, 1869, *C. R.*, *69*, 1269), Cloëz (1869), Boussingault (1874) ont mis en évidence les écarts en chlorure de sodium que peut présenter la composition minérale des mêmes végétaux, selon les terrains différents où ils cultivent, riches ou pauvres en chlorure de sodium. Exemples :

1° Payen. — Teneur en chlorure de sodium pour une même unité de foin et de paille récoltés sur un terrain salé d'une part (Saint-Gilles, marais salants de Camargue), sur un terrain non salé d'autre part (Orange) :

	Terrain salé.	Terrain non salé.
Foin.	2,627	1,254
Paille.	0,890	0,567

2° Cloëz. — Composition minérale du Chou marin (*Crambe maritima*) et de la Moutarde noire (*Sinapis nigra*), cultivés au bord de la mer et au Muséum de Paris. Pour 100 parties de cendres :

SELS.	Chou marin.		Moutarde noire.	
	Bord de la mer.	Muséum.	Baie de la Somme.	Muséum.
Chlorure de sodium. . . .	49,6	7,9	18 »	10,06
Chlorure de potassium. . .	26,2	8,3	10,2	4,21
Sulfate de potassium. . . .	20,1	78 »	47,8	24 »
Sulfate de calcium.	3,2	4,8	»	»
Carbonate de potassium. .	»	»	22,9	60,56

3° Boussingault. — Sel marin contenu dans 100 kilogrammes de foin de prairie : Versailles, 108 gr.; Alsace, 251; Allemagne, 402 (Alsace et Allemagne, terrains salés).

4° Le simple régime des pluies influe sur cette teneur en sel des végétaux. Les

que des chiffres moyens. Or, ces chiffres, qui mesurent la teneur en soude tant de l'organisme animal total que des divers végétaux analysés à ce point de vue, nous les avons déjà comparés entre eux, p. 357. Ils nous ont montré que, tandis que 1000 gr. de matière sèche d'organisme animal total renfermaient 7,3 gr. de soude, 1000 gr. de matière sèche d'aliments végétaux n'en renfermaient que de 5,4 gr. à 0,028 gr., soit une quantité de 2 à 260 fois moindre. L'égalité sodique des deux régimes, animal et végétal, paraît difficile à soutenir en présence de ces chiffres, empruntés au travail même de BUNGE.

2° L'avidité pour le sel des animaux herbivores serait déterminée, d'après BUNGE, non par la pauvreté en soude de l'aliment végétal, mais par sa richesse excessive en potasse, richesse

---

pluies sont d'autant plus chargées en chlorure de sodium qu'elles se déversent près de la mer ou à une altitude basse.

TENEUR EN CHLORURE DE SODIUM DE QUELQUES EAUX DE PLUIE.

		Milligr. par litre.
PASSERINI (1895) . .	Pluie recueillie près Livourne, à 50m du rivage de la mer et à 10m d'altitude. . .	190,5
	A Florence (75km Méditerranée, 107km Adriatique).	9,8
BELLUCI (1890). . .	A Pérouse (120km de la mer, 412m d'altitude)	4,9
ANGUS SMITH (1872, *in* Lawes, Gilbert et Warington, 1881, *Ann. Agron.*, 7, 429)	A Valentia, côte ouest de l'Irlande. . . .	77,65
	En Écosse, près de la côte.	20 »
	En Écosse, à Glasgow.	14,5
	En Écosse, à l'intérieur des terres. . . .	5,5
MUNTZ (1891).	Pluie des régions basses. — Joinville-le-Pont	7,6
	Pluie des régions basses — Bergerac (Dordogne)	2,5
	Pluie des hautes montagnes. — Pic du Midi.	0,34
	Eau de divers torrents des Pyrénées. . .	0,9

ISIDORE PIERRE (*in* Wurtz, *Diction. Chim.*) calcule qu'un hectare de terre près de Caen reçoit annuellement par les pluies 59 kilogr. de chlorures, dont 44 de chlorure de sodium, 23 kilogr. de sulfates, 26 kilogr. de chaux.

Auteurs.	Lieux.	Chlorures pluviaux, reçus par hectare et par an (calculés en NaCl).
		Kgr.
CHURCH et PRÉVOST (1872).	Cirencester (Angleterre), 56km du canal de Bristol.	60,400
ISIDORE PIERRE	Caen (10km de la Manche).	59 »
BELLUCI (1890).	Pérouse.	42,551
LAWES, GILBERT et WARINGTON (1881).	Rothamsted (Angleterre centrale).	24,774

Or, la teneur en soude des végétaux croissant sur des terrains aussi diverse-

déterminant une soustraction constante du chlore et du sodium organiques. La conception de Bunge (1891, p. 110) est la suivante : l'aliment végétal contenant trois ou quatre fois plus de potasse que l'aliment animal, cet excès de potasse doit être *a priori* la cause du besoin de sel des animaux herbivores, besoin dont ne témoignent pas les animaux carnivores. La raison chimique serait celle-ci : en chimie minérale, quand un sel de potasse, le carbonate par exemple, se trouve en présence de chlorure de sodium dissous, une transposition partielle se produit ; il y a formation de chlorure de potassium et de carbonate

---

ment arrosés, varie parallèlement. C'est ainsi que Muntz (1891, travail ci-dessus) trouve chez les végétaux qu'il analyse, les teneurs en chlorure de sodium suivantes selon leur lieu de culture (régions basses ou régions hautes) :

	Teneur en NaCl pour 1000 (?)	
	Régions basses.	Régions hautes.
Foin	10gr,17	2gr,54
Trèfle blanc	5gr,05	2gr,85
Thym	2gr,38	1gr,45
Paille de Seigle.	1gr,27	0gr,54

Péligot (1869, *C. R.*, *69*, 1269) fait sans doute observer que ces fortes teneurs en soude des végétaux qui cultivent près de la mer ou sur des terrains salés, sont dues en partie au chlorure de sodium qui se dépose mécaniquement à leur surface et que la soude réellement contenue dans leurs tissus demeure à un taux fort bas. La distinction est du plus vif intérêt quant aux théories chimiques végétales. Mais pour le fait qui nous occupe (apport minéral alimentaire selon le terrain de culture), elle est négligeable. Le travail de Péligot ne fait que confirmer le taux sodique élevé auquel peuvent atteindre les végétaux dans certaines conditions géologiques, climatériques, géographiques. Péligot rapporte même des exemples qui montrent jusqu'où le voisinage de la mer peut charger de chlorure de sodium le végétal offert à la consommation des animaux : « Le transport du sel à de grandes distances par les vents et par la pulvérisation de l'eau de mer au sommet des vagues ne saurait être révoquée en doute. M. Eug. Marchand, de Fécamp, a décrit les effets produits par un vent de nord-ouest qui charriait des particules d'eau de mer sur des feuilles qui sous cette influence ont été complètement détruites.... Dans certains cas, sous l'influence des vents de la mer, ces effets sont tels que les végétaux succombent sous l'enveloppe cristalline qui les entoure, et d'après M. Moll, celle-ci est quelquefois tellement épaisse que les agents du fisc interviennent pour empêcher que ce sel, qui n'a pas payé les droits, soit prélevé pour la consommation des habitants du pays. »

Boussingault (1874) avait déjà fait remarquer que la diversité des opinions sur l'utilité du sel ajouté à la ration des Herbivores, devait tenir aux différences de composition minérale des terrains, et par conséquent des végétaux dont ceux-ci s'alimentaient. Il est évident que l'animal de pré-salé, paissant des herbes que sature la mer, reçoit dans son alimentation une quantité de sel supérieure à celle de l'animal carnivore et qu'une addition de sel à son régime serait purement inutile. — Mais les régions littorales ou continentales salées ne composent qu'une partie du territoire terrestre où l'Herbivore est appelé à vivre (il ne prospère d'ailleurs, à l'état de nature, comme nous l'avons vu, que sur ces territoires salés), et son régime ordinaire est le régime végétal pauvre en soude, que toutes les analyses nous ont montré.

de soude. Quand donc un sel de potasse, absorbé, entre dans le cycle vital, il doit décomposer le chlorure de sodium du plasma sanguin en chlorure de potassium d'une part, en sel de soude d'autre part. Mais la composition du plasma sanguin étant fixe, l'organisme doit rejeter par les émonctoires ces nouveaux sels qui ne font pas partie de sa constitution normale. Une alimentation riche en potasse doit donc soustraire constamment à l'organisme son chlore et son sodium constitutifs[1].

Pour vérifier cette conception, BUNGE expérimente. Il se soumet d'abord plusieurs jours à un régime identique, puis il

---

1. Citons BUNGE lui-même : « Il est surprenant que de tous les sels inorganiques de notre corps, nous n'en tirions qu'un seul, le chlorure de sodium, de la nature inorganique, pour l'ajouter à notre alimentation. Pour tous les autres sels les quantités contenues déjà dans les aliments organiques nous suffisent. Il est inutile de nous mettre en peine pour eux. En nous procurant les aliments organiques, nous recevons les sels inorganiques par-dessus le marché. Le sel de cuisine seul fait exception. Cette exception est d'autant plus surprenante que le sel de cuisine ne manque pas dans nos aliments. Tous les aliments animaux ou végétaux contiennent des quantités notables de chlore et de sodium. Pourquoi ces quantités ne nous suffisent-elles pas, et pourquoi devons-nous avoir recours au sel de cuisine?

» Dans les tentatives faites jusqu'ici pour résoudre cette question, on n'a pas tenu compte d'un fait qui me paraît très propre à nous mettre sur la voie d'une solution exacte. Je veux parler de l'observation que l'on a faite que les Herbivores seuls ont besoin d'un supplément de sel de cuisine, tandis que ce n'est pas le cas pour les Carnivores.... Cette différence est d'autant plus remarquable, que les quantités de chlorure de sodium absorbées avec la nourriture par les Herbivores et rapportées à l'unité de poids du corps, ne sont dans la plupart des cas pas beaucoup inférieures aux quantités absorbées par les Carnivores. Mais on trouve une différence notable entre les deux espèces d'alimentations pour un autre composant des cendres, la potasse. L'Herbivore absorbe une quantité de potasse au moins trois ou quatre fois plus grande que le Carnivore. Cette considération m'a conduit à la conjecture que la richesse en potasse de l'alimentation végétale pouvait bien être la cause du besoin de chlorure de sodium des Herbivores.

» En effet, si un sel de potasse, par exemple le carbonate de potasse, se rencontre en solution aqueuse avec du chlorure de sodium, une transposition partielle se produira; il se formera du chlorure de potassium et du carbonate de soude. Mais le chlorure de sodium est le composant inorganique principal du plasma sanguin. Si donc des sels de potasse entrent dans le sang par la résorption de la nourriture, une double décomposition identique se produira. Il se formera du chlorure de potassium et le sel de soude de l'acide auquel la potasse était unie. Au lieu de chlorure de sodium, le sang contient un sel de soude ne faisant pas partie de sa composition normale. Un corps étranger ou tout au moins un excès d'un composant normal (par exemple du carbonate de soude) se trouve dans le sang; mais le rein a pour fonction de maintenir la composition du sang dans des limites constantes, et d'éliminer par conséquent tout corps étranger ou tout excès d'un composant normal. C'est pourquoi le sel de soude ainsi formé sera éliminé en même temps que le chlorure de potassium, et le sang aura perdu une certaine quantité de chlore et de sodium. Pour remplacer cette perte l'organisme doit absorber une quantité de sel supplémentaire, et c'est ce qui explique le besoin de sel de cuisine que l'on observe chez les animaux vivant de substances riches en potasse. »

ajoute brusquement à sa nourriture 18 gr. de potasse, pris en vingt-quatre heures en trois doses, sous forme de phosphate ou de citrate; il constate le lendemain une soustraction de 6 gr. de chlorure de sodium, et encore de 2 gr. de sodium. Son hypothèse lui semble donc vérifiée.

Elle ne l'est pas, pour les raisons que voici :

A). Comme le fait justement remarquer Munk (1897, *Traité de Diététique*, p. 92), Bunge n'a établi l'élimination en excès du chlore et du sodium que pour un seul jour; il est très probable qu'elle ne se produit qu'autant que l'organisme contient de ces deux corps en excès; « on constate en effet dans l'expérience de Bunge qu'une seule administration de phosphate de potassium détermina dans l'organisme une soustraction de chlore et de sodium, telle, qu'au jour suivant, l'organisme retint une partie du chlorure de sodium contenu dans les aliments ».

B). L'expérience de Forster et Kemmerich (citée d'après Nothnagel et Rossbach, 1889, *Nouveaux éléments de matière médicale*, p. 59) montre le bien-fondé de cette critique. — Forster et Kemmerich soumettent un animal à une alimentation dépourvue de chlore et de sodium, et riche au contraire en potassium. Au bout de plusieurs semaines, le sang ne contient guère moins de chlore et de sodium qu'à l'état normal. L'élimination en chlore est presque supprimée.

C). Si l'alimentation végétale, toujours riche en sels potassiques, soustrayait constamment du chlore et du sodium à l'organisme, l'urine des animaux herbivores devrait faire foi de cette soustraction. Or, il suffit de se rapporter aux analyses d'urines de Vache, de Veau, de Porc (nourri aux Pommes de terre, aliment particulièrement riche en potasse, d'après Bunge lui-même), de Cheval, pour constater au contraire leur pauvreté remarquable en chlore et en sodium et leur extrême richesse en potassium, preuve que le potassium a bien été absorbé, s'est trouvé au contact du plasma sanguin.

D). Si l'alimentation potassique soustrayait réellement le chlore et le sodium organiques, les animaux herbivores privés de chlorure de sodium alimentaire, comme il leur arrive fréquemment à l'état de nature, devraient ne plus posséder de ce sel, — ce qui n'est pas[1].

---

1. Lapicque (1893) oppose à Bunge une observation singulière, malheureuse-

La conception de BUNGE ne paraît donc pas soutenable, et jusqu'à preuve établie du contraire, nous serons obligé d'admettre que l'avidité des animaux herbivores pour le sel provient du taux insuffisant de celui-ci dans les aliments végétaux.

Ajoutons d'ailleurs un dernier mot. La conception de BUNGE pourrait être exacte, sans rien retirer à la valeur de la thèse que nous avons soutenue dans le corps du paragraphe IV. S'il était réel que l'alimentation fondamentale des Vertébrés supérieurs (alimentation végétale) tendît à éliminer de l'organisme le chlorure de sodium que les aliments y apportent déjà avec tant de parcimonie, la composition chlorurée sodique du *milieu vital* serait encore plus remarquable; on pourrait moins dire encore qu'elle résulte des aliments naturels ingérés.

NOTE V.

Hypothèse de Bunge.

Au cours de ses travaux, longuement cités dans les pages qui précèdent, p. 348-411, sur la soude et la potasse animales et végétales, BUNGE a été amené à formuler une hypothèse sur laquelle il convient d'attirer l'attention. Il a regardé le chlorure de sodium, chez le Vertébré supérieur, comme un vestige chimique de sa vie marine ancestrale. « Les premiers Vertébrés ayant habité notre planète étaient tous marins. La richesse en chlorure de sodium des Vertébrés terrestres actuels serait... peut-être une preuve de plus des rapports généalogiques que les observations morphologiques nous forcent à accepter? Chacun de nous a passé par un état de développement où il avait la corde

---

ment incomplète. Les populations agricoles des bassins de l'Ogoué et de la Sangha, entre le bas Congo et le lac Tchad, feraient usage, comme condiment, non du sel marin, qu'ils méprisent pour sa fadeur, mais d'un sel presque exclusivement potassique, obtenu par lessive des cendres de certaines plantes. Cette observation est trop intéressante pour ne pas demander à être reprise, vérifiée et complétée. LAPICQUE est muet sur le régime de ces populations. Par agricoles, il laisse bien entendre qu'elles se nourrissent principalement de végétaux. Mais le fait signalé est si extraordinaire, il paraît si inadmissible qu'un régime, déjà ultra-potassique, nécessite un condiment potassique et qu'une inanition sodique s'accompagne d'une aversion pour les sels sodiques, que des observations ultérieures sont indispensables. (Confirmation des deux faits : avidité pour la potasse, aversion pour la soude, — connaissance exacte du régime, — constitution géologique du sol, — analyse des végétaux, peut-être spéciaux, dont ces populations se nourrissent, etc.).

dorsale et les fentes branchiales de nos ancêtres marins. Pourquoi la richesse en chlorure de sodium ne serait-elle pas un héritage de cette époque éloignée (Bunge, 1891, p. 123). »

Le présent ouvrage confirme, et au delà, l'hypothèse de Bunge. Son auteur cependant ne parvint pas à la démontrer, parce que, telle qu'elle se formulait dans son esprit, elle était inexacte, partant invérifiable.

1° Il ne soupçonna pas que ce que le Vertébré maintient de sa vie marine ancestrale, c'est le milieu marin lui-même. Ainsi, tandis que notre hypothèse nous obligeait à supposer dans l'économie tous les corps chimiques contenus dans la mer, et par conséquent dix-sept corps organiques nouveaux, Bunge, dans son même ouvrage, nie la présence chez le Vertébré, malgré l'analyse qui l'affirme, de la plupart de ces corps rares marins[1]. Le chlorure de sodium est pour lui le seul vestige de la vie pélagique d'autrefois.

2° Il ne soupçonne pas davantage à quel titre, pour quel rôle ce chlorure de sodium est maintenu dans l'organisme. Tandis que notre conception (maintien comme *milieu vital*) nous amenait à effectuer une division nouvelle de l'économie en *milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte*, *matière sécrétée*, et à observer la personnalité minérale tranchée de chacun de ces quatre grands départements organiques, Bunge en demeure à la notion ancienne et globale du tissu. Il analyse, pour sa démonstration, des ***tissus entiers***, mieux même, des ***organismes entiers***. Il n'aperçoit pas que le chlorure de sodium est exclusivement le sel constitutif des plasmas, c'est-à-dire du *milieu vital* des cellules. Il le décèle dans le cartilage sans se douter qu'il n'appartient pas là au cartilage, mais simplement au *milieu vital* imbibant la substance fondamentale cartilagineuse[2]; il le croit élément con-

---

1. En tête de son livre, dans la revue qu'il fait des corps organiques, Bunge écrit : « Le brome et l'iode sont contenus dans quantité de plantes marines et passent de là dans le corps d'animaux marins. On ne leur connaît aucun rôle dans l'activité vitale. — Le manganèse est contenu en quantité notable dans les cendres de quelques végétaux, sans cependant qu'on lui connaisse un rôle quelconque dans l'activité vitale. En quantités minimes ce métal est très répandu dans le règne végétal; parfois on le rencontre aussi chez l'animal. On a trouvé de même des traces de presque tous les métaux dans des plantes ou des animaux, mais nous ne pouvons les considérer comme faisant partie intégrante de l'organisme (Bunge, 1891, p. 25-26). » — Nous avons vu plus haut, p. 257, que Bunge limitait à douze, ou au plus quatorze, le nombre des corps organiques.

2. Voir précédemment, p. 100-102.

stitutif du tissu cartilagineux et base toute une démonstration sur ce fait (voir plus loin). De même, quand il expérimente l'Insecte ou l'embryon du Vertébré, il ne recherche pas le chlorure de sodium au seul lieu où il se trouve et où il y aurait profit à le doser (*milieu vital*) : il incinère l'***organisme entier*** et tire naturellement des conclusions illégitimes de résultats faussés par la méthode.

5° De ce chlorure de sodium, il ne crut enfin qu'à un maintien très relatif chez le Vertébré, à peu près nul chez l'Invertébré. L'état d'esprit qui domine la science depuis DARWIN, l'incita en effet à imaginer une adaptation aussi large que possible au milieu terrestre pauvre en soude. Tandis que nos lois de constance (voir ci-après, Livre II) nous conduisaient à une supposition diamétralement opposée (pauvreté en sels des mers originelles), tout l'effort de BUNGE fut de démontrer l'adaptation du Vertébré aérien au milieu ambiant a-sodique, c'est-à-dire son appauvrissement progressif en chlorure de sodium, au cours de son existence terrestre. C'est ainsi qu'à l'appui de sa conception, il fit ressortir : 1° que l'embryon total du Vertébré est plus riche en soude que l'animal adulte; 2° que le cartilage, tissu le plus ancien de l'organisme, est aussi le plus riche en soude. Or, ces faits sont ou sans valeur démonstrative, ou inexacts. A). La richesse en soude de l'embryon ***total*** du Vertébré vient d'abord de ce que le squelette qui formera plus tard les $\frac{4}{5}$ des cendres de l'économie, n'est pas encore constitué. L'embryon est donc pauvre en chaux, et par conséquent plus riche proportionnellement en autres principes minéraux. Un système lacunaire plus étendu, accroissant sa teneur en soude, est également possible[1]. B). La richesse sodique du cartilage tient simplement à ce que le *milieu vital* l'imprègne (II, *I*, p. 100-102). En outre, faire de ce tissu, pour les besoins de la cause, le plus ancien de l'organisme, est aller contre les faits. Les plus anciens tissus sont les tissus épithéliaux et endothéliaux, des groupes ectodermique et endodermique. Le groupe des tissus mésodermiques n'apparaît qu'après eux, en dernier par conséquent; et dans ce groupe, l'os seul est postérieur au cartilage. De tous les tissus orga-

1. Pour démontrer l'adaptation, d'ailleurs réelle dans une certaine mesure, du Vertébré supérieur au milieu terrestre pauvre en soude, ce n'est pas l'embryon total qu'il fallait analyser, mais son *milieu vital* : plasma sanguin ou lymphatique.

niques, le cartilage, loin d'être le plus ancien, est donc presque le plus récent.

Ainsi, tandis que l'hypothèse légitime, en accord avec les faits, était : maintien du milieu marin originel, comme *milieu vital* des cellules, à travers la série animale, — BUNGE ne crut pas d'abord à un maintien : il ne soupçonna pas ce qui était maintenu : milieu marin, — ni pour quoi ce milieu marin était maintenu : *milieu vital* des cellules. Il imagina une imprégnation confuse des tissus en chlorure de sodium durant la vie marine, et depuis, chez l'organisme aérien, une adaptation progressive au milieu pauvre en soude, adaptation complète aujourd'hui chez l'Invertébré. L'hypothèse étant inexacte, son auteur ne pouvait naturellement la confirmer.

Cet ouvrage n'en dérive pas. Elle nous était inconnue. La *loi de constance marine*, établie dans ces pages, est la suite naturelle de la *loi de constance thermique* posée par nos premiers travaux[1].

---

1. Pour la position de l'hypothèse marine, voir QUINTON, 1897, *Soc. de Biolog.*, p. 935, Hypothèse de l'eau de mer, milieu vital des organismes élevés.

CHAPITRE VII

NON-MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ QUELQUES ORGANISMES INFÉRIEURS ET DÉCHUS. — LOI DE CONSTANCE MARINE ORIGINELLE, FRAGMENT D'UNE LOI DE CONSTANCE PLUS GÉNÉRALE. CONCEPTION DE L'ORGANISME.

Résumé du Chapitre. — Loi de constance marine originelle. — Du Livre entier qui précède, une « loi de constance marine » *absolue* semblerait résulter. Il n'en est pas ainsi. Tous les organismes animaux n'ont pas maintenu pour *milieu vital* de leurs cellules le milieu marin des origines. Le fait n'a rien d'hétérogène. L'énoncé naturel de la loi de constance marine, telle qu'elle ressortait d'une loi de constance plus générale, le prévoyait.

Cette *loi de constance générale*, que des publications ultérieures établiront, est : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans des conditions physiques et chimiques déterminées, a toujours tendu à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, à travers la série zoologique, ces conditions des origines. » La *loi de constance marine*, fragment de cette loi générale, prévoyait donc essentiellement des cas de non-maintien, accompagnés simplement de déchéance vitale. C'est ainsi qu'il en est.

1° Les Protozoaires d'eau douce, les quelques Spongiaires et Hydrozoaires d'eau douce, ayant pour *milieu vital* de leurs cellules le milieu extérieur lui-même, ont pour *milieu vital* non plus un milieu marin, mais un milieu d'eau douce. — Un Mollusque Lamellibranche d'eau douce, *Anodonta cygnea*, communique osmotiquement avec le milieu extérieur. Il n'a donc également pour *milieu vital* de ses cellules qu'un milieu d'eau douce, et montre par quel mécanisme tout un groupe d'êtres similaires (Invertébrés d'eau douce), encore non observés, peut n'avoir pour *milieu vital* qu'un milieu d'eau douce.

2° L'état de *vie ralentie* de ces organismes est peu douteux. La difficulté avec laquelle les Protozoaires, et surtout les Spongiaires et Hydrozoaires s'acclimatent aux eaux douces, où la concurrence spécifique est cependant moins vive que dans les mers, montre assez les conditions de vie défavorables que ces organismes y rencontrent. — *Anodonta cygnea*. Moule d'eau douce, habite d'une façon générale les eaux peu oxygénées, mares, milieux à concurrence faible, peu propices à l'activité cellulaire. Non seulement l'animal hiverne, mais il estive. Sa puissance vitale semble donc particulièrement réduite. — Les organismes à haute activité cellulaire nous ont tous témoigné au contraire d'un *milieu vital* marin.

La *loi de constance marine*, telle qu'elle résulte des faits observés, paraît donc devoir se formuler, expression même de la *loi de constance*

générale qui précède : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans les mers, a toujours tendu à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, à travers la série zoologique, les cellules composant chaque organisme dans un milieu marin. — Elle n'a pas maintenu ce milieu chez tous les organismes, mais ceux où ce maintien n'a pas été effectué, ont subi une déchéance vitale. »

Conception nouvelle de l'organisme. — Faisons abstraction des quelques rares organismes qui n'ont pas maintenu pour *milieu vital* de leurs cellules un milieu marin. — Tout organisme animal nous apparaît désormais comme un simple aquarium marin, où continuent à vivre, dans les conditions aquatiques des origines, les cellules qui le constituent.

Loi de constance marine, fragment d'une loi de constance plus générale. — Dans la Première Partie de ce Livre, nous avons établi : 1° l'origine aquatique de toutes les espèces animales; 2° leur origine marine; 3° leur origine *cellulaire* marine. Nous n'avons pas à revenir sur les preuves hors de tout conteste qui ont été fournies. Il est indéniable que le milieu des origines a été le milieu marin, que les premières cellules animales, d'où sont dérivés par la suite tous les organismes animaux, ont été des cellules marines.

Dans la Deuxième Partie, après une division précise de tout organisme en *milieu vital*, *matière vivante*, *matière morte*, *matière sécrétée*, nous avons montré que la vie, en créant des organismes de plus en plus compliqués et indépendants, d'abord habitants des mers, puis des eaux douces ou des terres, a toujours maintenu les cellules composant ces organismes dans un milieu marin, naturel ou reconstitué. Cette démonstration a été successivement effectuée : 1° pour les organisations les plus inférieures du règne animal (Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires, et quelques Échinodermes : Astérides, Crinoïdes); 2° pour tout le reste des Invertébrés marins; 3° pour les Invertébrés d'eau douce et aériens; 4° pour les Vertébrés, c'est-à-dire pour l'embranchement le plus élevé du règne animal, le plus indépendant du milieu extérieur dès ses représentants les plus bas, et comprenant en outre les organismes les plus éloignés de la souche marine (Mammifères, Oiseaux). Nous ne reviendrons pas davantage sur ces démonstrations dont on trouvera les résumés en tête de ce volume et des différents Chapitres qui en traitent.

De ces sept points établis, une loi, semble-t-il, devrait résul-

ter : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans les mers, a maintenu, à travers toute la série évolutive, les cellules composant chaque organisme dans un milieu marin ». Mais cette loi, ainsi formulée, serait inexacte. Son énoncé naturel, commandé par un groupe de faits supérieur, est d'ailleurs différent. La *loi de constance marine*, qui fait l'objet de ce Livre, n'est pas en effet une loi isolée, résultant des seuls faits exposés dans les neuf Chapitres qui précèdent. Elle est un fragment, une conséquence d'une loi plus générale, dont elle doit revêtir l'expression. Or, cette loi est : « En face des variations cosmiques, la vie animale, apparue à l'état de cellule dans des conditions physiques et chimiques déterminées, tend à maintenir à travers la série évolutive, pour son haut fonctionnement cellulaire, ces conditions des origines[1] ». Elle ne dit pas, comme on voit : « La vie maintient... », mais : « Pour son haut fonctionnement cellulaire, la vie tend à maintenir.... »

Exemple : la vie n'a pas maintenu chez tous les organismes animaux la température des origines (*loi de constance thermique*). Elle n'a même tendu à la maintenir que chez un groupe d'êtres très restreint : les Mammifères et les Oiseaux. Tous les autres, en face du refroidissement cosmique, l'ont subi, n'ayant pour température de leurs tissus que celle du milieu ambiant, inférieure aujourd'hui, même sous les tropiques, à la température des origines. Mais seuls, les organismes ayant maintenu cette température originelle jouissent de l'activité cellulaire optima. Tous les autres sont en *état de vie ralentie*[2]. Si donc pour son haut fonctionnement cellulaire, la vie tend à maintenir les conditions des origines, elle ne les maintient pas nécessairement. Au non-maintien s'attache simplement un état de déchéance vitale.

La *loi de constance marine*, issue de la *loi de constance thermique*, devait donc, à l'état d'hypothèse et *a priori*, s'énoncer : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans les mers, tend à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, à travers la série zoologique, les cellules constitutives des organismes dans le milieu marin des origines ». Chez tous les organismes à haute vie cellulaire (Mammifères, Oiseaux, Insectes), la loi nécessitait, au cas de son exactitude, le maintien du *milieu vital* des origines, — point que l'expérience a confirmé. Mais chez beaucoup d'êtres à vie manifestement déchue, nous pouvions nous attendre à un non-maintien, incertain toutefois, la déchéance pouvant résulter

1. Pour l'établissement et la justification de cette loi, voir plus loin, Livre II.
2. L'expérience précise le montre. Livre II.

du non-maintien d'autres facteurs originels, et même de causes différentes.

Non-maintien du milieu marin originel, comme milieu vital des cellules, chez quelques organismes. — La difficulté d'expérimentation sur l'unique groupe d'êtres qui doit compter des individus n'ayant pas maintenu le milieu marin des origines (Invertébrés d'eau douce), nous empêche seule sans doute de pouvoir donner dès aujourd'hui des exemples plus nombreux de non-maintien. Les rares qui soient à notre connaissance sont :

1° Les PROTOZOAIRES d'eau douce. — organismes composés d'une seule cellule, et ayant par conséquent pour *milieu vital* de cette cellule un milieu non plus marin, mais d'eau douce.

2° Une famille de SPONGIAIRES : les Spongilles, — quelques genres d'HYDROZOAIRES : *Hydra*, *Cordylophora*, *Halmomyses*, *Limnocodium* (ainsi que sa méduse *Craspedacustes*). — Les SPONGIAIRES et les HYDROZOAIRES étant dépourvus de *milieu vital* clos (voir II, *II*, p. 112-117), leurs cellules ayant pour *milieu vital* le milieu ambiant lui-même qui pénètre l'organisme entier, les Spongilles et ces quelques HYDROZOAIRES lacustres ont pour *milieu vital* de leurs cellules un milieu d'eau douce.

3° Un Mollusque Lamellibranche d'eau douce, *Anodonta cygnea*. — L'Anodonte se comporte en effet, au point de vue de l'osmose, non plus comme les Invertébrés d'eau douce étudiés précédemment (II, *IV*, p. 145), mais comme les Invertébrés marins. Contrairement à ses congénères d'eau douce : Écrevisse, Ver de terre, Sangsue, Hydrophile, Dytisque, — l'Anodonte ne résiste pas aux forces d'osmose tendant à l'équilibre salin entre les deux milieux; son *milieu vital* communique osmotiquement avec le milieu extérieur, ainsi que les expériences suivantes l'établissent.

Travail du laboratoire de physiologie pathologique des Hautes-Études, du Collège de France (1900).

EXPÉRIENCE I. — Anodonte normale, vivant dans l'eau douce. — Hémolymphe (obtenue par section du manteau, impure) : une goutte de solution normale décime de nitrate d'argent suffit pour déterminer le virage; la teneur en chlore, et en chlorure de sodium par conséquent, est donc très faible, comme celle de l'eau douce.

EXPÉRIENCE II. — Identique.

Expérience III. — Anodonte, après 21ʰ45 de séjour dans une eau additionnée expérimentalement de sel de cuisine :

Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) :

A. — de l'eau du cristallisoir. 7ᵍʳ,6
B. — de l'eau contenue dans la coquille et qui baignait immédiatement l'animal 5ᵍʳ,26
C. — de l'hémolymphe (impure, obtenue par section du manteau). 4ᵍʳ,68

Expérience IV. — Anodonte, après 23 heures de séjour dans une eau additionnée expérimentalement de sel de cuisine :

Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) :

A. — de l'eau du cristallisoir où vit l'animal depuis 23ʰ. 7ᵍʳ,6
B. — de l'eau de la coquille baignant immédiatement l'animal. 5ᵍʳ,11
C. — de l'hémolymphe (très pure, parfaitement bleue). 2ᵍʳ,5

Expérience V. — Anodonte, après 23ʰ45 de séjour dans une eau additionnée expérimentalement de sel de cuisine :

Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) :

A. — de l'eau contenue dans la coquille et qui baignait immédiatement l'animal 9ᵍʳ,06
B. — de l'hémolymphe (très pure, parfaitement bleue). 8ᵍʳ,12

Expérience VI. — Anodonte, après 41ʰ50 de séjour dans une eau additionnée expérimentalement de sel de cuisine :

Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) :

A. — de l'eau de la coquille, baignant immédiatement l'animal. 8ᵍʳ,77
B. — de l'hémolymphe (pas très pure, seulement bleutée). 7ᵍʳ,79

Le *milieu vital* de l'Anodonte communique donc par osmose avec le milieu extérieur. L'Anodonte habitant les eaux douces, son *milieu vital* n'est pas marin, mais d'eau douce, comme celui des Protozoaires d'eau douce, des Spongilles, d'*Hydra*, de *Limnocodium*, etc.

Là s'arrêtent les quelques cas de non-maintien que nous pouvons citer. Ils suffisent toutefois. Celui de l'Anodonte est particulièrement typique, comme révélant le mécanisme par lequel un groupe d'êtres similaires peut ne plus avoir pour *milieu vital* que l'eau douce ambiante.

Ainsi, de même que tous les organismes ne maintiennent pas la condition thermique[1], tous les organismes ne maintiennent pas non plus la condition marine des origines. Le parallélisme entre les deux groupes de faits, thermiques et marins, est parfait.

---

1. Ni la concentration moléculaire (Livre II).

État de vie ralentie, correspondant à ce non-maintien. — Reste à démontrer, pour la justification de la loi, l'*état de vie ralentie* de ces organismes par rapport à ceux qui leur sont comparables et qui possèdent toujours ou ont maintenu pour *milieu vital* de leurs cellules le milieu marin des origines.

Toute une série d'expériences est à effectuer sur ce point. Nous n'avons pu encore l'entreprendre; la démonstration que nous allons donner sera donc nécessairement imprécise et insuffisante. On voudra bien en reconnaître la valeur relative, cependant, en attendant les mesures justes.

1° Protozoaires. — On connaît l'extraordinaire profusion et la vitalité des Protozoaires dans les mers. On sait que les Radiolaires et les Foraminifères forment de leurs cadavres accumulés des couches d'une épaisseur puissante au fond des océans. Au voisinage de certaines côtes, le sable est en grande partie composé de leurs dépouilles. D'Orbigny (*in* Rochebrune, p. 710) a montré que les débris microscopiques des Foraminifères « constituent en grande partie les bancs sous-marins, qui, par leur accumulation avec les Polypiers, comblent les ports, ferment les baies et les détroits, et donnent naissance à ces récifs et à ces îles qui s'élèvent dans les régions chaudes de l'océan Pacifique ». « Sur des milliers de milles carrés, au fond de la mer », les restes des coquilles de Globigérines se « trouvent en telles masses qu'ils forment un des principaux éléments caractéristiques de cette vase » et de ces fonds, nommés par cela même « vase ou fonds à globigérines (*id.*, p. 713) ». Les Foraminifères et les Radiolaires « peuvent y abonder au point que par 5100 mètres de fond, dans la fosse de Biscaye, le *Travailleur* a recueilli 116 000 de ces petits êtres par centimètre cube (Lapparent, 1900, p. 362)[1] ». L'obstruction de l'Elbe est une conséquence du développement des Foraminifères (Ehrenberg, *in* Lapparent, *id.*). « En 1839 et 1840, les curages du port de Swienemunde ont donné 160 000 mètres cubes de vase, dont *un tiers* était constitué de microzoaires et de mycrophytes. Dans le port d'Alexandrie, les dépouilles de Foraminifères ont formé une couche de 12 mètres (Lapparent, *id.*). » On sait que des formations géologiques

1. « Les dragues du *Travailleur* rapportaient souvent des milliards de ces êtres microscopiques..., et dans le golfe de Gascogne, près de la côte d'Espagne, un centimètre cube de limon, puisé à 1100 mètres de la surface, contenait plus de 100 000 de ces Foraminifères (A. Milne-Edwards, 1882). »

entières sont le résultat de l'activité des Protozoaires d'autrefois. La pierre à bâtir des environs de Paris « est, dans certains endroits, tellement remplie de ces dépouilles qu'un centimètre cube des carrières de Gentilly, carrières d'une grande épaisseur, en renferme au moins 20 000. La terre dite de Laon est formée d'un amas considérable de Nummulites. Les pyramides d'Égypte sont construites avec des pierres analogues, et fondées sur des rochers de calcaire nummulitique. La craie blanche, qui occupe en Europe seulement des superficies immenses et dont l'épaisseur atteint quelquefois plusieurs centaines de mètres, est presque entièrement composée d'organismes microscopiques (Rochebrune, *id.*, p. 711) ».

Rien de comparable en milieu d'eau douce. On peut objecter sans doute que les conditions qui diffèrent ne se bornent pas à la salinité, que les courants dans les fleuves, les matériaux nutritifs limités dans les eaux stagnantes, etc., sont contraires à la formation de dépôts puissants. L'activité des Protozoaires marins semble cependant si considérable qu'il paraît difficile de lui opposer celle des Protozoaires lacustres. Le nombre restreint de ces organismes dans les eaux douces suffit au reste à lui seul à témoigner des conditions de vie défavorables qu'ils y rencontrent.

2° Spongiaires, Hydrozoaires. — L'état de vie ralentie des Spongiaires et des Hydrozoaires lacustres résulte de même avec une certitude presque absolue de la rareté de leurs formes dans les eaux douces, alors que dans les mers où la concurrence est pourtant plus vive et plus multipliée, un nombre considérable de leurs alliés immédiats vivent et prospèrent. C'est ainsi que pour une seule famille adaptée aux eaux douces, les Spongiaires comptent dans les mers : 2 embranchements, 6 classes, 8 ordres, 40 familles, et les Hydrozoaires, pour 5 ou 6 genres lacustres, — 2 classes, 10 ordres, 63 familles, 334 genres marins. L'hostilité des eaux douces est donc flagrante. Elle est plus manifeste encore si l'on considère que les deux autres groupes animaux ouverts également par leur anatomie au milieu extérieur[1] (Scyphozoaires, Échinodermes) comptent, l'un : 3 classes, 16 ordres, 94 familles, l'autre : 2 embranchements, 5 classes, 15 ordres,

1. Voir II, *II*, p. 117-118.

55 familles dans les mers, sans une adaptation aux eaux douces.

Faisons deux parts des Métazoaires. Rangeons d'un côté ces quatre groupes, à organismes ouverts anatomiquement au milieu extérieur, c'est-à-dire ayant forcément pour *milieu vital* de leurs cellules le milieu ambiant. Plaçons de l'autre le reste des Métazoaires, ne comprenant que des organismes fermés, capables comme nous l'avons observé chez l'Écrevisse, la Sangsue, le Ver, etc.[1], de passer dans les eaux douces en maintenant intérieurement, pour leur vie cellulaire, un *milieu vital* marin. L'observation montre que, d'une part, 48 ordres existants n'arrivent à en acclimater que 4 aux eaux douces, soit une proportion de 8 pour 100, — que de l'autre, 85 ordres en acclimatent 32, soit une proportion de 37 pour 100[2]. Ces chiffres montrent d'une façon frappante le désavantage qui résulte, pour un organisme, du fait de ne pouvoir maintenir pour *milieu vital* de ses cellules un milieu marin.

Poussons plus loin cette statistique. Divisons les Métazoaires non plus en deux, mais en trois parts, composées d'organismes de plus en plus indépendants du milieu, — la première constituée comme précédemment des quatre groupes ouverts anatomiquement au milieu extérieur; la seconde composée de tous les autres Invertébrés, c'est-à-dire des organismes fermés anatomiquement à ce milieu, mais qui, au moins dans les mers, lui restent ouverts osmotiquement[3]; la troisième composée des Vertébrés (Poissons), invariablement fermés au milieu extérieur, aussi bien anatomiquement qu'osmotiquement[4].

Les Métazoaires marins, ouverts anatomiquement au milieu.	sur 48 ordres, en adaptent 4 aux eaux douces; soit	8 %
Les Métazoaires marins, fermés anatomiquement, mais ouverts osmotiquement au milieu	sur 75 ordres, en adaptent 24 aux eaux douces, soit	33 %
Les Métazoaires marins, toujours fermés au milieu, aussi bien anatomiquement qu'osmotiquement	sur 12 ordres, en adaptent 8 aux eaux douces, soit	66 %

1. Voir II, *IV*, p. 145.
2. D'après le tableau récapitulatif de la page 66.
3. Voir II, *III*, p. 119-144.
4. Voir plus loin, Livre II.

L'adaptation aux eaux douces se montre donc, d'une façon parfaite, fonction de la puissance organique à maintenir intérieurement, pour la vie des cellules, un milieu marin. Extrême difficulté ou impossibilité d'adaptation chez les organismes que leur anatomie condamne à n'avoir jamais pour *milieu vital* de leurs cellules, dans les eaux douces, que l'eau douce elle-même. Difficulté moindre pour ceux qui peuvent, dans certains cas, maintenir leur *milieu vital* indépendant du milieu extérieur et y perpétuer un milieu marin. Facilité relative pour ceux dont le *milieu vital* est toujours indépendant du milieu extérieur, et qui sont par suite les plus favorisés dans cet acte de maintien. Ainsi, vie possible aux organismes disposant pour leur vie cellulaire d'un milieu marin, et vie possible au degré même où ils disposent de ce milieu. Vie impossible ou très chanceuse à ceux qui n'en disposent pas. Le fait pour un organisme de ne plus disposer comme *milieu vital* de ses cellules que d'un milieu d'eau douce, se traduit donc nettement par un état de déchéance vitale.

Les Spongilles, *Hydra*, *Limnocodium*, *Cordylophora*, etc., vivant dans les eaux douces, il y a lieu de croire que la vie y serait également possible pour des formes similaires, c'est-à-dire pour un plus grand nombre de Spongiaires et d'Hydrozoaires, et quelques Scyphozoaires et Échinodermes. La concurrence a donc dû seule empêcher ces groupes de s'y établir plus largement. Non que cette concurrence, d'une façon générale, y soit plus vive que dans les mers. Tout au contraire, le nombre des espèces d'eau douce étant beaucoup moins élevé que celui des espèces marines, la concurrence y est moins variée, moins multipliée, partant moins dure. Mais dans les mers, les conditions sont égales pour tous. Tous les Invertébrés, étant ouverts anatomiquement ou osmotiquement au milieu extérieur, ont pour *milieu vital* de leurs cellules un milieu unique, le milieu marin. Il n'en est plus de même dans les eaux douces. Les Invertébrés, fermés anatomiquement au milieu, peuvent maintenir et reconstituer intérieurement pour leur vie cellulaire un milieu marin (Écrevisse, Sangsue, Ver, etc.). Les Invertébrés ouverts anatomiquement (Spongiaires, Hydrozoaires, etc.) ne le peuvent absolument pas. Ils se trouvent donc, ne possédant pour *milieu vital* que l'eau ambiante, en concurrence avec des organismes possédant pour *milieu vital* un milieu marin. Si, comme il le semble, la raison de leur infériorité dans la lutte est réellement celle-ci, l'*état de vie ralentie*, attaché à une vie cellulaire dans l'eau douce, en ressort une fois de plus [1].

---

1. Nous avons fait abstraction dans ces lignes des Vertébrés aquatiques, comme disposant pour leur vie cellulaire, dans les mers et dans les eaux douces, d'un milieu relativement invariable.

On voit le jour que jettent sur le problème de l'adaptation aux eaux douces ces données nouvelles. Pour tous les Invertébrés, l'hostilité des eaux douces

3° Anodonte.— L'*état de vie ralentie* de l'Anodonte paraît bien résulter, sinon de son genre de vie (immobilité, — l'Anodonte est une Moule d'eau douce), du moins de son habitat général (mares, eaux peu oxygénées, milieux à concurrence faible et essentiellement peu propices à une haute activité cellulaire). Non seulement l'animal hiverne, mais il estive, s'enfonçant dans la vase pendant la saison chaude (observation G. Bohn, communication verbale). Il paraît réellement se présenter comme un organisme à vie par excellence réduite. Admettons-le, jusqu'à des mesures physiologiques qui nous renseignent d'une façon précise.

Loi de constance marine originelle. — Si, comme il semble qu'on puisse le prévoir, l'expérience directe confirme l'*état de vie ralentie* des organismes que nous venons d'examiner, par rapport aux organismes similaires, disposant pour leur vie cellulaire d'un milieu marin, — le parallélisme sera complet entre les deux groupes de faits, thermiques et marins, — la concordance parfaite, entre l'observation et la *loi de constance marine* telle que nous la formulions plus haut, d'après l'énoncé même d'une *loi de constance plus générale*.

« La vie animale, apparue a l'état de cellule dans les mers, a toujours tendu a maintenir pour son haut fonctionnement cellulaire, a travers la série zoologique, les cellules composant chaque organisme dans un milieu marin. — Elle n'a pas maintenu ce milieu chez tous les organismes, mais ceux où le maintien n'a pas été effectué ont subi une déchéance vitale. »

Au reste, tout concourt à montrer que les organismes à *milieu vital* marin non maintenu sont rares. On ne saurait espérer d'abord en trouver dans les mers. Tous les Vertébrés ont ensuite, comme nous l'avons établi, un *milieu vital* marin. Restent les Invertébrés d'eau douce et aériens. La plupart de ceux que le hasard nous a donnés à examiner, nous ont encore présenté un *milieu vital* marin. Le maintien du milieu marin originel comme *milieu vital* des cellules

---

réside premièrement dans ce fait, qu'étant ouverts anatomiquement ou osmotiquement au milieu extérieur, le changement d'habitat s'accompagne aussitôt pour eux, à moins de dispositions victorieuses de défense, d'un changement identique au plus intime de leur vie cellulaire, — changement contraire aux exigences de la vie, comme cet ouvrage l'établit.

est donc, à travers la série animale, un phénomène très général.

Nous allons voir au Livre II qu'il n'en est pas de même de deux autres facteurs originels : température et concentration saline. Un grand nombre d'organismes n'ont maintenu pour leur vie cellulaire ni la température, ni la concentration saline des origines. La *loi de constance marine* se présente donc comme marquée d'un caractère spécial de sévérité. De toutes les conditions originelles, la condition marine semble être la plus étroitement exigée pour la vie cellulaire.

Conception de l'organisme. — De ce Livre, une conception nouvelle de l'organisme résulte. Nous avons vu, II, *I*, p. 85-111, qu'un organisme est essentiellement constitué : A). par un ensemble de cellules vivantes (*matière vivante*), dont le jeu général compose la vie de l'économie, toutes ces cellules fondamentalement isolées l'une de l'autre et situées au contact : B). d'un liquide extra-cellulaire (*milieu vital*), qui les baigne individuellement et joue auprès de chacune d'elles le rôle d'un liquide de culture auprès des cellules qui y cultivent, — ces deux masses inconsistantes (ensemble des cellules vivantes, masse du *milieu vital*), enfermées, agrégées et soutenues : C). par un lacis, une gelée et une charpente d'éléments inertes (*matière morte*), d'origine cellulaire, mais sans vie. — Chez un Vertébré élevé (Homme, par exemple) ces trois groupes d'éléments : *matière vivante*, *milieu vital*, *matière morte*, se partagent l'organisme à poids sensiblement égaux.

Un organisme nous apparaît donc en deux mots comme un récipient inerte, contenant un liquide de culture au milieu duquel des cellules isolées vivent.

Or, chez presque tous les organismes animaux, ce liquide de culture (abstraction faite des matériaux alimentaires qu'il renferme) est simplement de l'eau de mer, — l'eau de mer dans laquelle, à l'état de cellule, la vie animale est apparue sur le globe, et qu'elle a toujours tendu à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, comme *milieu vital* des cellules, à travers la série zoologique.

Un organisme nous apparaît donc, en définitive et essentiellement, comme un simple aquarium marin, où continuent à vivre dans les conditions aquatiques des origines les cellules qui le constituent.

L'EAU DE MER

MILIEU ORGANIQUE

LIVRE II

LOI GÉNÉRALE DE CONSTANCE ORIGINELLE

LOI GÉNÉRALE DE CONSTANCE ORIGINELLE

En tête du Chapitre IV de la Deuxième Partie du Livre qui précède (II, *IV*, p. 145), nous avons opéré la scission absolue qui convenait entre deux éléments du *milieu vital* : l'élément chimique (composition minérale), l'élément physique (degré de concentration moléculaire ou saline) [1]. Nous avons montré que, dans une solution, la *composition minérale*, d'une part, le *degré de concentration saline*, d'autre part, étaient deux éléments complètement indépendants l'un de l'autre qui demandaient d'une façon absolue à être envisagés séparément. La *composition minérale*, tant de l'eau de mer que du *milieu vital*, a été l'objet d'étude exclusif du Livre qui précède. Nous voudrions, dans ce Livre II, traiter brièvement du *degré de concentration saline*. Comme nous l'avons vu, ce degré de concentration peut varier sensiblement à travers la série animale. De 33 gr. chez les Invertébrés marins [2], il n'est plus que de 12 gr. chez l'Écrevisse, de 7,2 gr. chez l'Oiseau, de 6 à 7 gr. chez les Mammifères, de moins encore chez l'Insecte et divers Invertébrés d'eau douce. Pourquoi ces différences? Quel est leur sens? A cette question nous ne pourrons répondre encore que partiellement, mais déjà le problème va s'éclairer, et nous allons acquérir une notion géologique, de quelque importance peut-être, touchant la concentration des mers originelles.

---

1. Nous cesserons de dire *degré de concentration moléculaire*, parce que, pour le sujet qui nous occupe, nous n'avons à considérer dans le *milieu vital* que la seule concentration des sels, indépendamment des autres concentrations dues à des molécules de nature différente. Nous dirons donc *degré de concentration saline*. La concentration moléculaire totale du *milieu vital*, telle qu'on la mesure par l'abaissement du point de congélation, est une donnée dont nous n'avons que faire présentement. Elle enregistre toutes les molécules dissoutes, minérales et organiques à la fois; et seules les molécules salines nous intéressent ici (voir QUINTON, 1899).

2. Mesuré par le taux du *milieu vital* en chlorures (exprimés en chlorure de sodium).

Mais la connaissance d'une loi primordiale, concernant un troisième facteur du *milieu vital* : le facteur *thermique*, nous est nécessaire avant d'aborder l'étude du degré de concentration saline. Exposons cette loi dans ses lignes essentielles (loi de constance thermique) ; la justification de tous les faits qui vont être avancés sera donnée dans un ouvrage ultérieur, qui en traitera exclusivement.

Loi de constance thermique. — Groupe de faits sur lesquels la loi est fondée :

1° Haute température du milieu dans lequel la vie animale, a l'état de cellule, fit son apparition sur le globe. — Les théories astronomiques et géologiques, et mieux que cela, les documents paléontologiques établissent sans conteste la température élevée du globe aux époques primitives et son refroidissement graduel au cours des âges qui ont suivi ; l'étude des faunes et flores fossiles ne laisse aucun doute à ce sujet. La température du milieu marin dans lequel, à l'état de cellule, la vie animale fit son apparition sur le globe était donc, comparativement à celle de l'époque présente, une température élevée.

2° Détermination approximative de cette température d'apparition. — On peut déterminer approximativement cette température d'apparition. L'étude de la cellule animale montre d'abord qu'à quelque organisme qu'elle appartienne, sa vie est impossible au-dessus d'une température de 44 ou 45°. Qu'on s'adresse à une cellule d'organisme à sang froid dont la température ordinaire de vie est basse, ou à une cellule d'Oiseau qui vit d'une façon permanente dans un milieu justement voisin de 44°, le phénomène est identique : au-dessus de 44 ou 45°, il y a désorganisation cellulaire ; la vie de la cellule cesse. Elle ne cesse donc pas du fait de l'écart thermique qu'on lui impose expérimentalement, *mais du fait d'une température absolue*, au-dessus de laquelle la vie cellulaire animale est simplement impossible. — La température des mers dans lesquelles, à l'état de cellule, la vie animale apparut, n'était donc pas supérieure déjà à 44 ou 45°.

D'autre part, l'étude de la cellule montre que ces températures de 44 ou 45° (ou celles qui les avoisinent de très près : 45, 42, 41, 39) sont les températures de vie optima. Qu'on abaisse la

température d'une cellule d'Oiseau, on voit d'une façon immédiate sa vie se ralentir, ce qui ne peut encore s'expliquer par le fait du changement qu'on lui impose, car si on élève la température d'une cellule d'organisme à sang froid (Poisson, par exemple) qui depuis des temps infinis a cessé de vivre par de hautes températures, on voit d'une façon non moins immédiate sa vie s'accélérer. De même que toutes les courbes physiologiques montrent la chute vitale s'effectuer brusquement aux environs de 44°, elles montrent l'activité vitale maxima s'exercer au voisinage de cette température, même pour des cellules d'organismes ne jouissant plus depuis longtemps de ce degré thermique élevé et qui sembleraient avoir dû, au cours des âges, s'adapter à des températures de vie plus basses [1].

Ainsi, schématiquement parlant, la température de 44 ou 45° est à la fois : 1° la température *limite* de la vie *cellulaire* animale ; 2° sa température *optima*. Il en résulte que si, d'une part, la vie cellulaire animale dut attendre, avant de se manifester sur le globe, que la température des mers fût tombée à 44 ou 45°, d'autre part, *elle dut y apparaître à ce moment même, cette température étant la plus favorable à sa manifestation.*

La géologie ne permet pas de fixer d'une façon aussi précise le degré thermique des mers précambriennes, dans lesquelles la vie animale apparut. Mais si l'on considère que le globe a toujours été en se refroidissant et qu'au milieu des temps secondaires les régions arctiques jouissaient encore d'un climat tropical, une température de 44 à 45° est tout à fait plausible pour les mers précambriennes. Autant que son imprécision le lui permet, la géologie, loin d'infirmer la physiologie, l'appuie donc dans le sujet présent.

On peut ainsi fixer au chiffre théorique de 44 ou 45°, probablement très voisin de la réalité, la température des mers dans lesquelles, à l'état de cellule, la vie animale apparut sur le globe.

3° En face du refroidissement du globe, maintien de cette

1. Répétons qu'au sens où on prend actuellement le mot *adapter*, la vie ne s'*adapte* pas à des conditions différentes des conditions originelles. Elle les subit; mais en les subissant, elle pâtit; elle passe à un état de *vie ralentie*. (Voir les développements précédents, p. 369-384, 410-420). Nous verrons ultérieurement le sens plus exact à donner au mot *adapter*. Il y a une adaptation cellulaire, mais relative, et très différente de ce qu'on l'imagine. L'optimum immédiat de la Grenouille de nos climats, par exemple, n'est pas plus 44 ou 40°, mais 30°.

TEMPÉRATURE D'APPARITION CHEZ DES ORGANISMES INDÉFINIMENT SUSCITÉS A CET EFFET, ET DONT LES DERNIERS APPARUS TÉMOIGNENT TOUJOURS DE LA CONDITION THERMIQUE ORIGINELLE. — De l'état de cellule, la vie passe à l'état organisé. La diversité de ses formes est immédiatement extrême : on sait que presque tous les groupes animaux sont déjà représentés dans la première faune fossile du monde, dans la faune cambrienne. Puis, les embranchements, les classes, les ordres se multiplient; la vie passe des mers sur les continents; les premiers ARTHROPODES aériens, les premiers Vertébrés aériens (Batraciens, Reptiles) apparaissent; toute cette énorme germination s'accomplit dans la période primaire, si bien que pour la différenciation et la richesse, la faune de cette époque ne le cède à peu près en rien à celle des âges les plus récents du globe. Or, en face d'une telle diversité anatomique, cette faune primaire présente un caractère physiologique commun de la plus haute signification : *toutes les formes animales qui la composent sont dépourvues du pouvoir d'élever la température de leurs tissus au-dessus de celle du milieu ambiant.* Seules du règne animal, deux classes : les Mammifères et les Oiseaux, disposent en effet de ce pouvoir, et ces deux classes ne sont pas encore apparues. Toute la faune primaire est donc caractérisée par ce fait que la température qui préside à tous les phénomènes cellulaires est la température même du milieu ambiant. La cellule ne pourrait guère jouir d'ailleurs d'une température plus favorable à son activité, puisqu'à cette époque, la plus chaude du monde vivant, la température régnante est, ou la température cellulaire optima, ou une température qui l'avoisine de très près[1]. Ainsi, à la

1. Un temps important séparant l'époque précambrienne de la fin de la période primaire, il est probable que les mers du carbonifère et du permien, tout en restant fort chaudes, marquaient un recul thermique sur les mers précambriennes. Mais, grâce au rayonnement solaire plus direct, la température continentale devait être encore extrêmement élevée et voisine de 44°. Un fait, récemment découvert par LANGLOIS (1901), tendrait même à prouver que dans certains cas elle pouvait, comme aujourd'hui d'ailleurs, être supérieure à ce chiffre. Les Reptiles, en effet, incapables d'élever la température de leurs tissus au-dessus de celle du milieu ambiant, ***peuvent la maintenir au-dessous.*** Par une polypnée régulatrice, en tout comparable à celle du Chien, et qui éclate quand, exposés au soleil, leur température atteint 39°, les Reptiles actuels peuvent réaliser un écart de 6° entre leur température interne et celle du milieu extérieur (température, 50°; température rectale, 43°,8). Ce fait est capital. Il est remarquable de voir que le seul pouvoir thermique dont témoigne la faune de la période primaire est un pouvoir négatif. Aucun organisme n'a la faculté de faire de la chaleur; certains ont celle de faire du refroidissement. Cela est dire assez le sens du besoin imposé par l'époque.

base du monde organique, nous trouvons : 1° un milieu aquatique ou terrestre à température élevée, voisine de la température cellulaire optima ; 2° une faune, recevant simplement du milieu la température qui préside à ses phénomènes cellulaires, et jouissant de ce fait d'une prospérité universelle qu'aucune autre époque du monde n'a dû montrer.

Le globe se refroidissant, que deviennent les formes animales? L'observation physiologique directe, appuyée de l'observation anatomique et paléontologique, permet de répondre.

1° La plus grande majorité d'entre elles continuent à vivre équilibrées thermiquement au milieu; elles donnent naissance à d'autres formes, anatomiquement différentes des précédentes, mais physiologiquement identiques quant au pouvoir thermique, qui demeure nul. La température du phénomène cellulaire reste la température du milieu ambiant. Mais celle-ci s'abaissant, celle-là s'abaisse de même ; la cellule, ne disposant plus de sa température optima, faiblit dans son activité; l'animal passe d'époque à époque à un *état de vie* de plus en plus *ralentie* ou ne se reprend à vivre avec son intensité maxima qu'au cas où le milieu, réchauffé pour une cause quelconque, lui procure à nouveau une température voisine de celle des origines. — Les formes, soumises à ces conditions, composent le règne animal tout entier, hors deux classes, Mammifères, Oiseaux, ainsi que nous l'exprimions plus haut.

2° Dans l'embranchement des Vertébrés, en effet, la vie, en face du refroidissement du globe, se comporte d'une façon différente et tout à fait remarquable. Elle n'accepte pas pour son phénomène cellulaire le refroidissement que subit le milieu et que le milieu lui imposerait. Elle tend à maintenir ses cellules dans la seule température qui leur permette leur activité maxima, c'est-à-dire dans la température originelle. A cet effet, elle acquiert le pouvoir de créer de la chaleur et de maintenir la température de ses tissus au-dessus de celle du milieu ambiant.

Ce qui se passe est schématiquement ceci : le globe tombant par exemple de 44 à 43°, les Vertébrés anciens (Batraciens, Reptiles) continuent à vivre, équilibrés thermiquement au milieu, et passent par conséquent d'une vie cellulaire à 44° à une nouvelle vie cellulaire à 43°. Mais un organisme apparaît (premier Mammifère), capable par une combustion interne d'élever la température de ses tissus de 1° au-dessus du milieu ambiant, et mainte-

nant par conséquent ses cellules dans une température de 44°, c'est-à-dire dans la température originelle et optima. — Le globe se refroidit d'un nouveau degré (température nouvelle, 42°). Les Batraciens, les Reptiles passent à une vie cellulaire à 42°; l'organisme apparu tout à l'heure subsiste tel quel (au moins quant à son pouvoir thermique); il continue à élever la température de ses tissus de 1° au-dessus du milieu ambiant, et dans un milieu extérieur à 42°, réalise donc intérieurement une température de 43°. Mais un nouvel organisme fait son apparition, capable d'élever sa température de 2° au-dessus de l'extérieur (c'est-à-dire d'un nombre de degrés égal à celui dont le globe s'est refroidi depuis qu'il marquait 44°) et maintenant encore par conséquent ses cellules dans la température originelle et optima de 44°. — Le globe se refroidit d'un troisième degré (température nouvelle, 41°). Les Batraciens et les Reptiles tombent à une vie cellulaire à 41°; les deux organismes apparus précédemment subsistent tels quels quant à leur pouvoir thermique, c'est-à-dire continuent à élever la température de leurs tissus, l'un de 1°, l'autre de 2° au-dessus du milieu ambiant, et, dans le milieu extérieur à 41°, réalisent donc respectivement pour leur vie cellulaire des températures de 42 et 43°. Mais un nouvel organisme apparaît encore, à pouvoir calorifique croissant, capable de maintenir un écart de 3° entre sa température interne et celle du milieu extérieur, réalisant donc toujours pour sa vie cellulaire la température originelle et optima de 44°. — Et ainsi, dans tout le cours du refroidissement du globe. De telle sorte qu'à toute époque du refroidissement, l'embranchement des Vertébrés est constitué par une série de formes dont les plus récemment apparues possèdent toujours une température interne de 44°, les autres de moins en moins récentes ne possédant plus que des températures de 43, 42, 41°, etc., 39..., 35..., 30..., 25° (ces derniers chiffres dépendant de l'état de refroidissement du globe), les dernières enfin, celles du type le plus ancien (Reptiles, Batraciens, Poissons), ayant simplement pour température de leurs tissus celle du milieu extérieur.

C'est ce qu'établira, avec toutes les références nécessaires et les détails que nous négligeons ici, un ouvrage ultérieur. L'ordre d'apparition des espèces pourra être fixé sans conteste, au moins dans ses plus grandes lignes par l'anatomie, l'embryologie et la paléontologie combinées. Or, *l'observation des températures spéci-*

fiques montrera qu'elles échelonnent justement les espèces ***selon l'ordre de leur apparition***, les plus anciennement apparues (Monotrêmes, Marsupiaux, Édentés, etc.), à température spécifique très basse [exemples : températures spécifiques, Ornithorynque (Monotrême), 25°; Échidné (Monotrême), 30°,7; Sarigue (Marsupial), 33°: Aï (Édenté), 31°; Tatou (Édenté), 34°; etc. [1]], — les espèces plus récentes, à température spécifique déjà plus élevée [Mammifères de presque tous les ordres de la classe, mais limités comme habitat aux régions chaudes de la Terre [2], températures spécifiques, 35 à 37° environ; exemples : Hippopotame, 35°,3; Myopotame, 35°,5; Vampire, 35°,5; Éléphant, 35°,9, etc., etc.; — premiers Oiseaux, Ratites, *Apteryx*, 37°; — Primates : Homme, 37°,2], — les dernières apparues enfin, aux températures spécifiques les plus hautes, en même temps qu'à l'habitat le plus froid [Mammifères Carnivores et Ruminants, 39 à 41°, Oiseaux Carinates, 40 à 44°].

Il est bien entendu que l'ordre d'apparition donné ici est l'ordre réel, non seulement légitimé, mais imposé par l'anatomie, l'embryologie, la zoologie et la paléontologie combinées [3].

Ainsi, dans un embranchement du règne animal, la vie, en

---

1. Ces températures spécifiques dans des milieux extérieurs de 20 à 25° (Ornithorynque), 22°,2 (Échidné), 20° (Sarigue), 25° (Aï), 16° (Tatou). La faiblesse du pouvoir calorifique de ces anciens habitants du globe est donc extrême. Tout l'écart thermique par exemple que l'Ornithorynque peut maintenir entre la température de ses tissus et celle du milieu ambiant est de 5°. Il s'accuse par là comme datant d'une époque du monde où la température moyenne était d'environ 39° (39 + 5 = 44).

2. L'Homme, situé dans ce groupe, est en effet un animal tropical. Il ne vit à l'état de nature que dans les régions avoisinant l'équateur. Son habitat sous les latitudes plus hautes est secondaire et tout à fait artificiel. Il ne le maintient que grâce à des vêtements protecteurs qui ménagent son rayonnement et à l'usage du feu, par lequel il élève la température du milieu ambiant. Comme les végétaux des tropiques qu'il cultive industrieusement, l'Homme, sous nos latitudes et plus de dix mois de l'année, ne vit qu'en « serre chaude ».

3. Cet ordre d'apparition, quant à l'Homme et à l'Oiseau, heurte toutes les idées reçues. Il est cependant l'ordre réel. 1° L'Homme n'est aucunement ce qu'il a été considéré jusqu'ici, le dernier terme et le plus élevé de l'embranchement des Vertébrés. Aucun de ses caractères, — anatomiques, embryogéniques, physiologiques, géographiques, — ne permet de lui assigner ce rang. Tous, au contraire, parfaitement archaïques, le situent à la place qui vient de lui être marquée. Nous le démontrerons longuement par la suite. L'Homme, avec l'ordre entier auquel il appartient (Primates), est apparu à une époque ancienne du globe, antérieure à l'épanouissement des deux ordres les plus récents et les plus élevés des Mammifères, les Carnivores et les Ongulés. Aucun doute ne pourra subsister à ce sujet. 2° De même, la classe Oiseau, loin d'être antérieure et inférieure à la classe Mammifère, comme elle a été considérée universellement jusqu'ici, lui est postérieure et supérieure organiquement. Tout le démontre : A). L'apparition des premiers Mammifères au début de l'époque secondaire, celle

face du refroidissement du globe, n'accepte pas ce refroidissement pour son phénomène cellulaire, qui ne le subirait qu'en pâtissant. Pour le maintenir dans son activité maxima, elle engendre indiscontinuement des organismes nouveaux, à pouvoir calorifique croissant comme le refroidissement, et dont les plus récents (ceux du dernier type apparu) possèdent toujours pour leurs tissus la température originelle et optima. D'où une loi, qu'on pourra nommer *loi de constance thermique originelle* et formuler : « En face du refroidissement du globe, la vie, apparue à l'état de cellule par une température déterminée, tend à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, chez des organismes indéfiniment suscités à cet effet, cette température des origines ».

Notons ce point capital. Ce sont toujours les derniers organismes apparus qui possèdent la température originelle, qui témoignent par conséquent de la condition des origines.

Position à l'état d'hypothèse de la loi de constance osmotique originelle. — Nous sommes en mesure maintenant d'aborder l'étude du degré de concentration saline. Nous possédons en effet une loi particulière, qu'à l'état d'hypothèse à vérifier, nous pouvons généraliser. La vie n'aurait-elle pas tendu à maintenir pour son

---

des premiers Oiseaux vers la fin seule de cette époque; B). L'extension maxima de la classe Mammifère à l'époque tertiaire, le rôle subordonné qu'à cette époque jouait la classe Oiseau (espèces fossiles, Mammifères, 3 200; Oiseaux, 5 00); C). L'état de régression actuel de la classe Mammifère, l'extension actuelle de la classe Oiseau (espèces actuelles, Mammifères, 2 300; Oiseaux, 10 000). D). Les différences anatomiques considérables réalisées dans l'étendue de la classe Mammifère, preuve des temps lointains depuis lesquels le type évolue; l 'homogénéité frappante au contraire de toute la classe Oiseau, voisine encore de son type ancestral; E). La supériorité anatomique et physiologique de la classe Oiseau sur la classe Mammifère (anatomie à division supérieure du travail physiologique chez l'Oiseau; organes et appareils nouveaux, etc.).

[Au sujet de l'Homme, faisons simplement remarquer que, pour le situer au sommet de l'échelle des êtres, la science n'a jamais invoqué que la supériorité de son intelligence. Or, l'intelligence n'est pas un caractère classificateur. Aucun zoologiste ne se permettrait de faire servir à la classification des Carnivores ou des Proboscidiens, parmi les Vertébrés, l'intelligence spéciale dont témoigne le Chien ou l'Éléphant. C'est cependant à la seule intelligence humaine que les Primates doivent leur premier rang dans la classification. — De même, le fait que l'Homme est sans fossiles avant le quaternaire, est d'une indication nulle quant à sa date d'apparition. 1° L'ordre des Primates est d'abord un des plus anciens parmi tous les Mammifères placentaires (apparition : premiers terrains tertiaires). 2° Des ordres entiers, sur l'antiquité desquels aucun doute n'est possible, sont sans fossiles connus (tous les Marsupiaux d'Australie, Mégachiroptères, Hyracoïdes, etc., etc.)].

haut fonctionnement cellulaire, en face des variations cosmiques, non seulement la condition thermique (non seulement la condition marine), mais toutes les conditions des origines, et parmi celles-ci, celle qui nous intéresse présentement : la condition osmotique ?

L'hypothèse est facile à vérifier. Supposons-la exacte ; déterminons les conséquences qu'elle entraîne. L'expérience nous montrera ensuite si elles concordent avec la réalité.

S'il y a une *loi de constance osmotique originelle* comme il y a une *loi de constance thermique originelle*, l'une calquée sur l'autre, c'est-à-dire si la vie a tendu à maintenir intérieurement, pour son haut fonctionnement cellulaire, le degré de concentration saline des mers originelles, chez des organismes indéfiniment suscités à cet effet, et dont les derniers apparus sont toujours les témoins du degré osmotique des origines :

1° Le degré de concentration saline du *milieu vital* de l'Oiseau doit représenter d'abord le degré de concentration saline des mers originelles (comme sa température représente leur température) ; la concentration des mers originelles, exprimée en chlorure de sodium, devait donc être de 7,2 gr. pour 1000, au lieu des 33 gr. pour 1000 de concentration actuelle[1] ;

2° En face de la concentration progressive et hypothétique des mers (comme tout à l'heure en face du refroidissement du globe), la vie a dû tendre à maintenir le *milieu vital* de certains organismes marins au degré de concentration saline des mers originelles (comme nous l'avons vu tendre tout à l'heure à maintenir le *milieu vital* d'un certain groupe d'organismes terrestres à la température des origines), — en sorte que, contrairement à toute vraisemblance et aux lois générales de l'osmose, on doit trouver dans les mers, actuellement concentrées à 33 gr., des organismes en déséquilibre avec cette concentration, — les plus récents et les plus élevés à une concentration voisine de la concentration originelle, c'est-à-dire de celle de l'Oiseau, — les autres, moins récents et moins élevés, s'échelonnant

---

1. Déterminations personnelles. — Pour l'Oiseau, moyenne de 32 analyses, effectuées sur le Poulet (18), sur le Canard (9), sur l'Oie (3), sur la Dinde (2), — Loches-sur-Ource (Aube), Paris, Saint-Vaast-la-Hougue (Manche), Arcachon, Laon. — Déterminations effectuées par le nitrate d'argent et le chromate neutre de potassium sur le sérum sanguin tel quel, non neutralisé. — Pour l'océan, moyenne de 27 analyses, voir précédemment II, *III*, p. 121.

entre cette concentration et celle des Oiseaux actuels, — les plus inférieurs enfin équilibrés au milieu.

On remarquera tout ce que cette *vue a priori* comportait à la fois de rigoureux et de contraire à toute attente.

Démonstration de la loi de constance osmotique originelle. — Or, l'expérience la confirme entièrement.

Travail du Laboratoire maritime du Muséum, à Saint-Vaast-la-Hougue (1898), *et de la Station zoologique d'Arcachon* (1898-1900).

Tandis que les Invertébrés marins, c'est-à-dire les habitants inférieurs des mers, ont un *milieu vital* équilibré osmotiquement au milieu extérieur (voir Livre précédent, II, *III*, p. 119-144), les Vertébrés marins (Poissons), c'est-à-dire les organismes marins les plus élevés, ont un *milieu vital* en déséquilibre formel avec le milieu extérieur, — les plus anciens de ces Vertébrés (Poissons cartilagineux) à écart osmotique réduit, comme l'exigeait la loi, — les plus récents et les plus élevés (Poissons osseux) à écart osmotique majeur et à degré de concentration saline tout à fait voisin du degré de concentration prévu, c'est-à-dire de celui de l'Oiseau.

C'est ce qu'établissent les chiffres du tableau ci-contre, p. 459.

Chiffres en accord avec ceux de Rodier (1899-1900), qui donne, sans les détailler, les valeurs suivantes, pour des animaux capturés dans le bassin ou au large d'Arcachon[1] :

		Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) du *milieu vital*.
		gr.
Poissons cartilagineux.		
Torpedo marmorata.	— Sérum sanguin, teneur maxima.	22,6
Trygon vulgaris. .		
Scyllium canicula.		
Scyllium catulus. .	— Sérum sanguin et lymphe. . . .	15,5 à 17
Centrina.		
Galeus canis. . . .		
Raja undulata. . .		
Poissons osseux.		
Orthagoriscus mola .	— Sérum sanguin et lymphe	11,64 à 9,24
Lophius piscatorius.	— Sérum sanguin.	9,56

1. Rodier donne en outre pour l'Esturgeon (Ganoïde), que nous n'avons pas à faire figurer ici comme n'étant pas un Poisson marin, c'est-à-dire un Poisson originaire des océans et ne les ayant jamais quittés, — Σ : 9,79 gr. L'Esturgeon remonte dans les fleuves pour se reproduire; il est donc d'origine immédiate lacustre. — Le Poisson osseux *Orthagoriscus mola* est le Poisson-lune.

ESPECES.	MILIEU VITAL.	Σ, — ou teneur en chlorures pour 1000 (exprimés en NaCl) du *milieu vital*.
		gr.
POISSONS CARTILAGINEUX.		
Torpille = *Torpedo marmorata***	Sérum sanguin	22,27
— — **	—	22,81
— — **	—	22,27
— — **	Liquide péritonéal d'une 4e Torpille	23,4
Raie = *Raja undulata***	Sérum sanguin de deux Raies.	20,18
— — **	Liquide péritonéal d'une de ces Raies.	20,76
— = *Raja (?)**	Sérum sanguin de deux Raies.	15,5
Pastenague = *Trygon vulgaris***	Sérum sanguin	18,1
— — **	Liquide péritonéal du même	19,7
Roussette = *Scyllium catulus**	Sérum sanguin	16,25
— — **	—	15.66
— — **	Liquide péritonéal du précédent.	19,4
— — **	Sérum sanguin	16,08
— — **	Liquide péritonéal du précédent.	18,41
— = *Mustelus levis**	Sérum sanguin	16,5
— — *	—	16,5
Chien de mer = *Galeus canis***	—	16,96
POISSONS OSSEUX.		
Congre = *Conger vulgaris**	Sérum sanguin	11,5
— — *	—	11,5
Plie = *Platessa vulgaris**	— de deux Plies	11 »
Flet = *Flesus vulgaris**	Sérum sanguin	10,5
— — *	Liquide péritonéal du précédent.	10,2
— — *	Sérum sanguin	11 »
Saint-Pierre = *Zeus faber**	—	11 »
Maquereau = *Scomber scomber**	—	11,07
Vive = *Trachinus draco**	—	10,2
Baudroie = *Lophius piscatorius***	—	9,65
— — **	Liquide péritonéal d'un autre	11,8
Labre = *Labrus bergylta**	Sérum sanguin	9,6

L'astérisque simple * marque les Poissons capturés au large de Saint-Vaast-la-Hougue ; l'astérisque double **, au large ou dans le bassin d'Arcachon. — Quantité de liquide sur laquelle l'analyse est effectuée : deuxième *Mustelus*, 3 cc. ; deuxième Roussette, premier Flet : 2 cc. ; Maquereau : 0,7 cc. ; Labre : 0,6 cc. ; deuxième Pastenague, Vive : 0,5 cc. ; tous les autres : 1 cc.

EXAMEN DU SENS VÉRITABLE A ATTRIBUER A CES RÉSULTATS. — Étant donné les origines du *milieu vital*, — étant donné que chez les PROTOZOAIRES, c'est-à-dire chez les organismes primordiaux, composés d'une seule cellule, il est le milieu marin lui-même, — qu'il est encore le milieu marin lui-même chez les premiers

organismes organisés de la série animale (Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires; voir II, *II*, p. 112-118), — qu'il reste encore, au point de vue minéral et osmotique, ce milieu marin chez tous les Invertébrés des mers, — le fait que chez d'autres organismes (Poissons marins), ***originaires des océans et ne les ayant jamais quittés***, il cesse osmotiquement d'être ce milieu, pour présenter une concentration saline tout à fait différente et inférieure, est assurément un des plus imprévus et des plus suggestifs de la biologie.

Il n'y a pas à mettre en doute sa signification. En effet :

Caractère fondamental du Vertébré : tendance et puissance extraordinairement fortes à maintenir invariable (ou à peu près), en face de tous les agents qui pourraient tendre à le modifier, le degré de concentration saline ancestral de son milieu vital. — L'observation montre, chez tous les Vertébrés, une tendance et une puissance extraordinairement fortes à maintenir invariable (ou à peu près), en face de tous les agents qui pourraient tendre à le modifier, le degré de concentration saline ancestral de leur *milieu vital*. C'est ainsi que les Poissons d'eau douce, dans un milieu d'une concentration saline presque nulle, témoignent d'un degré de concentration saline de leur *milieu vital* voisin de celui des Poissons marins dont ils descendent[1]. C'est ainsi que les Reptiles et Mammifères, adaptés à la vie marine, conservent dans les mers, c'est-à-dire dans un milieu hautement concentré, le degré de concentration relativement faible du *milieu vital* des espèces terrestres dont ils dérivent[2]. C'est ainsi que les Vertébrés

1. Déterminations personnelles, effectuées comme précédemment, note 1, page 457.

Espèces			Σ
			gr.
Anguille	= Sérum	sanguin	6,7
—	= —	de 4 Anguilles	6,5
—	= —	. . . . .	7,8
Carpe.	= —	. . . . .	6,6
—	= —	. . . . .	6,4
Brochet	= —	. . . . .	6,86

A vrai dire, l'Anguille, qui retourne à la mer, n'est pas un véritable Poisson d'eau douce. Nous ne la rangeons dans cette catégorie qu'à cause de la rareté des documents.

2. Références. — Valeurs comparatives de la concentration saline du *milieu vital* des Reptiles marins et terrestres, des Mammifères marins et terrestres

herbivores ou granivores, avec une alimentation pauvre en sodium, n'en maintiennent pas moins au degré spécifique de leur classe (Mammifères ou Oiseaux) la concentration saline de leur *milieu vital*. C'est ainsi que l'Homme n'arrive pas à élever la sienne, par l'usage immodéré qu'il peut faire du sel de cuisine. C'est ainsi qu'on peut soumettre un Chien au jeûne absolu, à un régime sursalé, à un régime dessalé, à des injections intraveineuses d'une eau fortement sursalée, etc., etc., sans parvenir dans les cas les plus extrêmes à modifier de plus de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ le degré de concentration saline de son milieu vital[1]. *A tous les*

(valeurs mesurées soit par le point de congélation Δ, soit par le taux chloruré sodique Σ) :

Auteurs.	Espèces.	Δ du sérum sanguin de l'animal.	Δ de l'eau extérieure dans laquelle il vit.
	REPTILES.		
BOTTAZZI (1897).	Tortue d'eau douce = *Emys europæa*	— 0°,474	— 0°,02
	Tortue marine = *Thalassochelys caretta* = Méditerranée	— 0°,615	— 2°,29
RODIER (1899). .	Même tortue = Atlantique.	— 0°,602	— 2°,09
	MAMMIFÈRES.		
	Homme, Chien, Chat, Cheval, Bœuf, etc. = Moyenne	— 0°,60	»
RODIER (1899). .	Marsouin = *Phocœna communis* = Atlantique	— 0°,74	— 2°,09
JOLYET (1902). .	Dauphin = *Tursiops tursio* = Atlantique . .	— 0°,815	— 2°,09

Auteurs.	Espèces.	Σ du sérum sanguin de l'animal.	Σ de l'eau extérieure dans laquelle il vit.
		gr.	gr.
QUINTON.	Bœuf, Veau, etc. = 8 analyses, moyenne.	6,81	»
—	Mouton. . . . . = 8 — —	6,95	»
—	Cheval . . . . . = 5 — —	6,54	»
—	Porc . . . . . = 8 — —	6,92	»
—	Lapin. . . . . = 11 — —	7,08	»
—	Cobaye. . . . . = 2 — —	6,69	»
JOLYET (1902). .	Dauphin = *Tursiops tursio* = Atlantique. .	8,5	55

1. SCHENCK (1872, *in* Lambling, 1895, p. 189) donne pendant 19 jours à un Chien une alimentation exempte de chlore. Teneur en chlore du sang avant l'application du régime : 2,97 pour 1000; après le 19e jour : 2,85. — FORSTER (*in* Munk et Ewald, 1897, p. 88) nourrit un Chien, pesant 52 kilogr., de graisse et de fécule, matières alimentaires non salines, et de poudre de viande épuisée en sels. Le 26e jour, l'animal très souffrant est sacrifié. La rétention du chlore a été si forte que l'élimination totale, pendant les 26 jours d'expérience, n'a pas

degrés de l'échelle, dans tous les milieux, dans toutes les conditions, le Vertébré s'accuse **comme un conservateur extraordinairement tenace du degré de concentration saline ancestral de son milieu vital**.

Impossibilité d'une concentration identique et invariable des mers à travers tous les temps géologiques. — L'hypothèse, universellement admise jusqu'ici, d'une concentration identique et invariable des mers à travers tous les temps géologiques doit donc déjà être abandonnée. Dans cette hypothèse en effet, les premières cellules animales apparues sur le globe auraient eu pour *milieu vital* un milieu concentré à 33 gr., c'est-à-dire au degré marin actuel. De même des cellules des premiers organismes organisés : Spongiaires, Hydrozoaires, Scyphozoaires. De même, par osmose, des cellules de tous les autres organismes appartenant à tous les groupes d'Invertébrés marins. De même encore, par conséquent, des cellules des ancêtres des Vertébrés, avant qu'ils n'eussent atteint l'échelon Vertébré, et alors qu'ils

---

dépassé 7 grammes. Le sang reste concentré en chlore à 2,2 grammes pour 1000, n'ayant subi une perte que de 1/5 sur son taux primitif. — Kemmerich (in Nothnagel et Rossbach, 1889, p. 59) prive un Chien de chlorure de sodium pendant 17 jours. L'animal élimine presque exclusivement des sels potassiques (94,94 pour 100 de sels potassiques, contre 5,06 pour 100 de sels sodiques). Au bout du 17e jour, le sérum du sang contient toujours ses sels sodiques (96,39 pour 100 de sels sodiques contre 3,61 de sels potassiques). — Fano et Bottazzi (1896) soumettent différents Chiens aux régimes ou traumatismes suivants : jeûne, hémorragie, extirpation de la rate, lésion du bulbe. Ils déterminent par la cryoscopie la concentration du sérum sanguin avant chaque expérience et au moment où elle prend fin. Résultats :

Nature de l'expérience.	Durée.	Δ, — ou point de congélation du sérum avant l'expérience.	Δ, — ou point de congélation du sérum après l'expérience.
Jeûne	9 jours.	0°,605	0°,577
—	18 —	0°,603	0°,675
—	19 —	0°,605	0°,655
—	28 —	0°,608	0°,648
—	63 —	0°,626	0°,605
Hémorragie. — 3 saignées en.	10 —	0°,591	0°,547
— 2 — .	25 —	0°,657	0°,592
— 3 — .	31 —	0°,583	0°,616
— 3 — .	58 —	0°,597	0° 634
Extirpation de la rate.	30 —	0°,643	0°,617
—	30 —	0°,573	0°,573
Lésion du bulbe.	4 h. 1/2.	0°,576	0°,607

Langlois et Richet (1900) soumettent des Chiens aux régimes ci-après, les uns pauvres, les autres riches en chlorure de sodium : 1° Jeûne absolu (durée

partageaient nécessairement, en même temps que l'anatomie, la physiologie des Invertébrés. Le degré de concentration saline que le type Vertébré, une fois constitué, eût tendu à maintenir chez toutes les formes de l'embranchement (Poissons, Batraciens, Reptiles, Mammifères, Oiseaux), aurait donc été ce degré ancestral de 33 gr.

1° Dans des mers, demeurant invariables de concentration, aucune influence du milieu, même légère, n'eût contrarié le Vertébré dans sa tendance au maintien. Les Poissons marins devraient donc tous[1] posséder aujourd'hui une concentration de 33 gr., — ce qui n'est pas. Pour rendre compte des diverses concentrations salines actuelles du *milieu vital* des Poissons marins, on voit qu'il faudrait supposer chez ceux-ci, dans l'hypothèse d'une concentration identique des mers à travers tous les temps géologiques : A). Dès leur apparition, une tendance à placer leurs cellules dans un *milieu vital* d'une concentration nouvelle, *différente de la concentration qui venait d'être propre à toutes les cellules animales depuis les origines*; B). Dans tout le

---

17 et 24 jours); 2° Jeûne, avec eau à boire contenant 10 grammes de chlorure de sodium par litre (durée : 6 et 14 jours); 3° Ration suivante, très pauvre en chlore : sucre, 100 grammes; farine 100 grammes, lait 500 grammes (durée du régime inconnue); 4° Ration ci-dessus, avec addition de 7 grammes de chlorure de sodium (durée du régime inconnue); 5° Ration ci-dessus, avec addition non plus de 7, mais de 30 grammes de chlorure de sodium (durée du régime inconnue). — Représentant par 100 le chlore contenu dans une unité de sang chez le Chien normal, ils trouvent pour celui des animaux expérimentés :

Jeûne absolu.	99
Jeûne, avec eau salée à 10 pour 1000.	95
Régime pauvre en chlore (3°).	98
Même régime, avec 7 gr. de chlorure de sodium	99
Même régime, avec 30 gr. de chlorure de sodium.	102

Hallion et Carrion (1900) injectent intra-veineusement le Chien de solutions chlorurées sodiques plus concentrées ou moins concentrées que le plasma du sang. Celui-ci tend à maintenir sa fixité, même d'une façon immédiate, par des procédés encore obscurs (cas de l'injection surconcentrée : appel de l'eau des tissus, pouvant aller jusqu'à doubler le volume du sang; mise en réserve et concentration du sel injecté dans le suc des cavités gastrique et intestinale, dans les transsudats, etc.).— [Les travaux récents de Widal et Javal (1903) sur l'œdème des albuminuriques, œdème qu'ils font varier à volonté à l'aide d'une alimentation riche ou pauvre en chlorure de sodium, sont une illustration nouvelle de cette même puissance de maintien. Le rein n'étant plus perméable au chlorure de sodium, l'organisme, plutôt que de subir une élévation du taux salin de son *milieu vital*, subit l'œdème des tissus, par rétention de l'eau nécessaire à la dilution spécifique du chlorure de sodium présent.]

1. Exception faite pour les quelques Poissons réadaptés d'une façon plus ou moins complète à la vie marine, mais qui dérivent immédiatement de Poissons d'eau douce, — Esturgeon (*Acipenser*), par exemple.

cours de leur évolution, la même tendance à *modifier constamment* le degré de concentration saline ancestral immédiat de leur *milieu vital*, — supposition insoutenable, le caractère du Vertébré étant justement l'inverse.

2° Sur les terres, les Vertébrés aériens, issus à une époque très ancienne du globe (carbonifère, milieu du primaire) de Poissons marins fatalement concentrés à 33 gr.[1], auraient dû tendre également à maintenir, au cours de leur évolution, c'est-à-dire chez les Batraciens, les Reptiles, les Mammifères et les Oiseaux, cette concentration ancestrale de 33 gr. Sans doute, l'habitat terrestre, pauvre en sels de soude, les eût contraints à la longue à accepter pour leur *milieu vital* une concentration quelque peu inférieure à celle des origines. L'observation montre, en effet, que la puissance de maintien, exposée plus haut, n'est pas absolue. C'est ainsi que les Poissons d'eau douce présentent une concentration saline légèrement inférieure à celle de leurs ancêtres immédiats marins; c'est ainsi que les Reptiles ou Mammifères marins présentent une concentration saline légèrement supérieure à celle des espèces lacustres ou terrestres dont ils dérivent. Mais : 1° la même observation montre que si, quant à sa concentration intérieure, le Vertébré pulmoné cède au milieu, il ne lui cède qu'avec une lenteur extrême et dans des limites très restreintes[2]. 2° Étant donné ce même pouvoir de résistance chez l'Herbivore, que son régime naturel à

1. Les premiers Vertébrés aériens, les Stégocéphales (Amphibiens), qui apparaissent dans le carbonifère, tirent leur origine de Poissons voisins des Crossoptérygiens et des Dipnés. Or, les Crossoptérygiens et les Dipnés dévoniens et carbonifères se rencontrent en majorité dans des couches certainement marines : Old red Sandstone d'Écosse et de Russie; Corniferous limestone de New-York, d'Ohio; calcaire dévonien d'Europe; calcaire carbonifère d'Europe, etc. (Zittel, 1893). Au cas même où les formes ancestrales des premiers Amphibiens auraient déjà été adaptées aux eaux douces, la récence de cette adaptation ne leur aurait pas permis d'abaisser d'une façon sensible leur taux salin originel. D'une façon ou d'une autre, les Vertébrés aériens dérivent de formes qui ne pouvaient avoir, vu leur proximité des origines et la puissance de maintien propre à l'embranchement, qu'un taux salin tout à fait voisin de celui des mers précambriennes ou siluriennes.

2. Exemples : les Tortues marines, issues des Tortues d'eau douce, sont adaptées aux mers au moins depuis l'époque jurassique, c'est-à-dire depuis le milieu du secondaire; les Mammifères marins, issus de Mammifères terrestres, sont adaptés aux mers au moins depuis l'époque éocène (Zittel, 1893, p. 517; — 1894, p. 155). Or, Tortue d'eau douce, *Emys europæa*, point de congélation du sérum sanguin, — 0°,47; Tortue marine, *Thalassochelys caretta*, — 0°,61; l'eau de mer congelant à —2°,09; — Mammifères terrestres, teneur en chlorures pour 1000 du *milieu vital*, 6,8 gr.; Mammifères marins, Dauphin, *Tursio tursiops*, 8,5 gr. Le pouvoir de résistance au milieu est donc considérable.

l'intérieur des continents place, comme nous l'avons établi, en état relatif d'inanition sodique, certains Vertébrés terrestres, plus favorisés comme régime, les Carnassiers par exemple, auraient pu, si le besoin l'avait commandé, résister d'une façon particulière à la désodisation. 3° Un habitat littoral enfin, extrêmement étendu, et n'ayant jamais fait défaut au cours des âges, restait à la disposition d'un grand nombre d'organismes (au moins des organismes les mieux doués), où venir puiser dans la mer les sels nécessaires à leur concentration. Si donc les Vertébrés terrestres avaient dû céder quelque peu à l'influence d'un milieu pauvre en soude, cette cession d'abord n'aurait été que légère; certains d'entre eux auraient pu même lui résister d'une façon presque parfaite. Les Vertébrés terrestres devraient donc posséder aujourd'hui, au moins chez certains de leurs représentants, un taux salin voisin de 33 gr., ce taux pouvant aller ensuite en s'abaissant par échelons chez les autres représentants, les plus anciens sans doute ou les moins doués. Or, ce n'est pas encore ainsi qu'il en est : tous les Vertébrés terrestres se trouvent remarquablement groupés comme concentration entre 6 et 8 gr. C'est donc, une fois de plus, que la concentration ancestrale à maintenir n'était pas de 33 gr.

A qui objecterait que la valeur de ces raisons est purement théorique et que les Vertébrés terrestres ont parfaitement pu posséder à l'époque de leur apparition une concentration de 33 gr., leur concentration actuelle résultant d'une adaptation progressive au milieu, la réponse est simple. Les documents nous permettent d'affirmer qu'à aucune époque du globe, les Vertébrés terrestres n'ont eu une concentration de 33 gr. ; jamais ils n'ont cessé d'avoir (ou à peu près), à travers tous les temps géologiques, le taux salin qu'ils possèdent aujourd'hui. En effet, nous avons vu que les Cétacés sont adaptés à la vie marine au moins depuis l'époque éocène. Depuis cette époque, l'influence du milieu sursalé où ils vivent n'a pu qu'augmenter leur concentration ancestrale, c'est-à-dire la concentration des Mammifères terrestres ***éocènes*** dont ils dérivent. Les Mammifères terrestres de l'époque éocène ne pouvaient donc avoir pour leur *milieu vital* qu'une concentration inférieure à 8,5 gr., c'est-à-dire à celle du Dauphin d'aujourd'hui. De même, les Tortues marines sont adaptées à la vie pélagique au moins depuis l'époque juras-

sique. L'influence du milieu sursalé où elles vivent depuis cette époque très ancienne n'a pu également qu'augmenter leur taux salin ancestral, c'est-à-dire le taux salin propre aux Reptiles terrestres ***jurassiques***. Les Reptiles terrestres jurassiques ne pouvaient donc avoir pour *milieu vital* qu'un plasma congelant au maximum à $-0^{\circ},60$, c'est-à-dire concentré à 7 ou 8 gr. de sel au plus. Ainsi, ***nous pouvons faire la preuve pour la seconde moitié des temps géologiques, de la constance du degré de concentration des Vertébrés terrestres.*** Comme il n'y a aucune raison pour qu'il n'en ait pas été de même dans la première moitié, nous sommes en droit de dire que de l'époque de leur apparition à l'époque actuelle, les Vertébrés terrestres ont toujours eu une concentration à peu près semblable. Il n'y a donc plus à parler, pour leur origine, d'un taux salin de 55 gr. Les Vertébrés terrestres sont sortis des mers, à l'époque carbonifère, avec une concentration tout à fait voisine de celle qu'ils possèdent aujourd'hui, — très légèrement supérieure, si l'on veut, afin de tenir compte de l'influence du milieu terrestre pauvre en soude : 8 ou 9 gr. par exemple, environ. Comme ils tenaient sûrement cette concentration des espèces marines dont ils dérivaient, c'est donc encore une fois que ces espèces n'étaient pas concentrées à 55 gr., mais à 8 ou 9 gr.

L'hypothèse d'une concentration identique des mers à travers tous les temps géologiques doit donc être rejetée d'une façon définitive, comme inconciliable avec tout un groupe de faits primordiaux.

Nécessité d'une concentration de 8 ou 9 gr. des mers originelles. — Tendance au maintien de cette concentration chez tous les Vertébrés, à travers les temps géologiques tout entiers. — L'hypothèse d'une concentration progressive des mers (de 8 ou 9 gr. aux origines[1], à 55 gr., degré de concentration actuel) s'impose au contraire avec force.

1° Elle s'accorde d'abord avec tous les faits. Dans cette hypothèse, la concentration ancestrale à maintenir pour tous les Vertébrés est de 8 à 9 gr. Or, c'est clairement au maintien d'une

1. Aux origines de l'embranchement des Vertébrés, — origines très voisines au reste de celles de la vie, les Vertébrés apparaissant dès le silurien, et le silurien touchant au précambrien, dans lequel la vie est apparue sur le globe.

concentration de 8 à 9 gr. qu'a tendu l'effort de tous les Vertébrés. Dans les mers sur-concentrées, les Poissons les plus récents (Poissons osseux) témoignent à quelques unités près de ce taux salin ancestral, les formes depuis plus longtemps apparues, à type physiologique plus ancien (Poissons cartilagineux) ayant seules cédé davantage au milieu, comme l'observation le donnait à prévoir. Sur les terres, c'est-à-dire sur un sol nutritif pauvre en soude, les derniers Vertébrés apparus (Mammifères supérieurs, Oiseaux) témoignent également à quelque fraction près du même taux salin ancestral.

2° Nous savons que dans quelque milieu que vive un Vertébré, sa concentration dépend toujours et avant tout de la concentration ancestrale qu'il a eu à maintenir, cette concentration légèrement influencée toutefois par celle du milieu. Or : A). Le fait que la concentration de tous les Poissons marins est inférieure au taux salin des mers actuelles, prouve d'abord que la concentration ancestrale qu'ils ont eu à maintenir était inférieure à ce taux salin actuel. Comme, d'autre part, l'influence du milieu n'a pu qu'obliger les Poissons de mer à accepter une concentration *supérieure* à leur concentration ancestrale, celle-ci était sûrement *inférieure,* ou tout au plus égale à la plus basse concentration présentée aujourd'hui par ces Poissons, c'est-à-dire à 9,5 gr. B). Inversement, sur les terres, le sol nutritif pauvre en soude n'a pu qu'obliger les Vertébrés à accepter une concentration *inférieure* à leur concentration ancestrale. Celle-ci était donc *supérieure* ou tout au moins égale à la plus haute concentration que les Vertébrés aériens nous présentent, c'est-à-dire à 7,2 gr. — Inférieure à 9,5 gr., supérieure à 7,2 gr., cette concentration ancestrale devait donc être de 8 à 9 gr. — Comme elle était celle d'un Invertébré marin équilibré au milieu, il en résulte que la concentration des mers originelles était également de 8 à 9 gr.

3° Aucun doute ne peut subsister sur cette concentration originelle. Nous venons d'établir, p. 446, que les premiers Vertébrés terrestres sont sortis des mers, à l'époque carbonifère, avec une concentration de 8 à 9 gr. environ. Ainsi que nous l'exprimions, ils tenaient cette concentration[1] des espèces ma-

1. Comme les Poissons d'eau douce tiennent leur concentration des espèces marines dont ils dérivent, comme les Reptiles et Mammifères marins tiennent leur concentration des espèces terrestres dont ils dérivent également.

rines dont ils descendaient. Or, ces espèces marines, dévoniennes ou tout au plus carbonifères, étaient trop voisines des origines mêmes de la vie[1], pour que, étant donné l'extraordinaire puissance de maintien du Vertébré, leur concentration ne représentât pas de très près celle des ancêtres de l'embranchement. La concentration ancestrale des Vertébrés, et par conséquent celle des mers originelles, était donc bien de 8 à 9 gr. environ.

4° Les faits nous permettent d'aller plus loin. De quels Poissons les premiers Vertébrés terrestres tiraient-ils leur origine? La paléontologie et l'anatomie comparée nous renseignent avec certitude sur ce point : des Poissons cartilagineux. Les terrains siluriens, dévoniens, carbonifères n'en contiennent pas d'autres, et même les terrains permiens qui suivent; les premiers Poissons osseux n'apparaissent que plus tard, dans le trias. De même, l'anatomie comparée nous montre toutes les parentés des premiers Vertébrés aériens (Stégocéphales) tournées du côté des Crossoptérygiens et des Dipnés, Poissons cartilagineux. Nous sommes donc en droit de dire qu'à l'époque carbonifère les Poissons cartilagineux marins étaient concentrés à 8 ou 9 gr. Comme leur concentration est aujourd'hui de 15 à 22 gr.[2], nous saisissons là sur le fait l'élévation de leur taux salin au cours des âges. Les Poissons osseux, qui n'existaient pas à cette époque, ont seuls maintenu, ou à peu près, — dans les mers, — ce taux salin des origines.

Ainsi, le taux salin des mers originelles était d'environ 8 à 9 gr. En face de leur concentration progressive, atteignant aujourd'hui 33 gr., un embranchement animal, celui des Vertébrés, a tendu à maintenir intérieurement, pour sa vie cellulaire, la concentration originelle. Il n'y a pas tendu seulement dans les mers, mais dans tous les habitats, et à travers les temps géologiques tout entiers.

En face des variations cosmiques, la vie animale, apparue à

1. Le dévonien touche au silurien, qui touche lui-même au précambrien.

2. Répétons que l'Esturgeon (*Acipenser*, Ganoïde, Poisson cartilagineux) n'est pas un Poisson marin, au titre où nous sommes tenu de l'entendre dans ces pages : Poisson originaire des océans et ne les ayant jamais quittés. Comme nous le disions plus haut, il remonte dans les fleuves pour se reproduire, preuve de son origine immédiate lacustre. Il se trouve dans les mers dans la position même de la Tortue. La concentration qu'il maintient est celle d'un animal d'eau douce, qui a échappé, en quittant sans doute fort tôt le milieu marin, aux effets de sa concentration progressive.

l'état de cellule dans des mers d'une température et d'une concentration déterminées, a donc tendu à maintenir pour sa vie cellulaire, chez certains organismes, non seulement le milieu marin, non seulement la température, mais la concentration des origines.

HAUT FONCTIONNEMENT CELLULAIRE RÉSULTANT DE CE MAINTIEN. — Reste à démontrer, pour que nous puissions formuler la loi de constance osmotique dans les termes mêmes de la loi de constance thermique, que ce maintien de la concentration originelle s'accompagne, chez les organismes qui le réalisent, d'un plus haut fonctionnement cellulaire. Laissons hors de cause ici les Vertébrés les plus élevés (Mammifères supérieurs, Oiseaux) qui, maintenant non seulement la concentration, mais la température des origines, ne permettent pas d'examen comparatif avec aucune autre classe animale. (Ce sont d'ailleurs, de tout le règne animal, les organismes à plus haute puissance vitale.) Adressons-nous aux Invertébrés marins et aux Poissons marins. Ils jouissent du même habitat, du même mode respiratoire (mode *plein*), du même degré thermique, des mêmes conditions d'éclairage, etc.; ils sont donc par excellence comparables. Seule, leur concentration diffère, celle des Invertébrés éloignée, celle des Vertébrés plus ou moins rapprochée de la concentration originelle.

L'anatomie supérieure du Poisson, son appareil respiratoire à sang rouge, son organisation générale tout entière, d'autres caractères[1] rendaient déjà probable sa supériorité physiologique. Des chiffres la mettent hors de doute. JOLYET et REGNARD (1877), dans leurs travaux sur la respiration dans les eaux, déterminent l'oxygène consommé par heure et par kilogramme d'animal chez 19 espèces d'Invertébrés et de Vertébrés marins. En faisant le départ de leurs chiffres, nous trouvons :

1. Dans les flaques d'eau que la mer, en se retirant, laisse au creux des rochers et où vit toute une faune variée, on peut remarquer la rapidité de mouvement, la vivacité des réflexes du Poisson, comparées à la lenteur ordinaire des Invertébrés, même les plus élevés. Le Poisson se comporte, semble-t-il, dans les eaux, en face des Invertébrés, comme l'animal à sang chaud, sur terre, vis-à-vis des animaux à sang froid.

Expériences.		Animaux expérimentés.		ESPÈCES.	Oxygène consommé par heure et par kilogramme d'animal.	
Nombre.	Température	Nombre.	Poids moyen			
			gr.	INVERTÉBRÉS :	cc.	
1	19°	Nombreux	?	Astérie = *Asterias rubens*. . .	52	Moyenne : 61.
1	15°,5	37	15	Huître = *Ostrea edulis*.	44	
1	14°	60	7	Moule = *Mytilus edulis*	44	
1	15°	127	5,3	Palourde = *Cardium edule*. . .	44	
2	15°,7	1	2510	Poulpe = *Octopus vulgaris*. . .	44	
1	15°	1	520	Langouste = *Palinurus quad.*	44,2	
1	15°	1	315	Homard = *Homarus vulgaris*.	68	
1	16°	1	470	Tourteau = *Cancer pagurus*. .	107	
1	19°	Nombreux.	?	Crevette = *Palœmon squilla*. .	125	
				VERTÉBRÉS :		Moyenne : 92.
1	15°	1	440	Squale = *Squalus catulus*. . . .	54,5	
2	14°,5	2	362	Torpille = *Raia torpedo*. . . .	47	
1	18°	12	10	Syngnathe = *Syngnathus* . . .	89	
1	15°	1	320	Turbot = *Pleuronectes maxim.*	80	
1	14°	2	185	Sole = *Pleura solea*	73,5	
2	16°	4	247	Congre = *Murœna conger*. . .	67,6	
1	15°	1	350	Grondin = *Trigla hirundo*. . .	94,5	
1	19°	3	255	Dorade = . . .	142	
2	14°,5	8	219	Mulet = *Mullus*	154	
1	19°	1	275	Labre = *Labrus*	157	

Les 44 cc. consommés par l'Huitre, la Moule, la Palourde s'entendent pour 1 kilogr. de chair nette, l'animal privé de coquille. Les chiffres réels obtenus par JOLYET et REGNARD, pour l'animal pesé avec sa coquille, étaient de 15,4; 12,2; 14,8. Ils faisaient tomber la moyenne des Invertébrés à 46.

Ainsi, pour 61 cc. d'oxygène consommé par l'Invertébré, le Vertébré en brûle 92. Encore ces chiffres ne donnent-ils pas le rapport exact que nous cherchons. Les températures d'expérience sont bien identiques dans les deux groupes et tendent à donner des résultats comparables[1]; mais les tailles des animaux sont dissemblables : une moitié des Invertébrés expérimentés (Astérie, Huître, Moule, Palourde, Crevette) n'ont que des dimensions très réduites; or, la taille influe d'une façon directe sur la consommation d'oxygène, — consommation relative d'autant plus vive que

1. Premier et deuxième groupes, températures extrêmes : 15°,5; 19°; — 14°; 19°; — températures moyennes : 15°,8; 16°.

l'animal est petit[1]. Le rapport 61 : 92 n'est donc pas un rapport exact, le premier facteur étant exagéré comparativement au second.

Acceptons-le tel quel, son inexactitude étant de sens opposé aux conclusions que nous en tirons. Il confirme ce que l'anatomie donnait à prévoir, l'activité vitale plus forte chez le Vertébré qu'elle ne l'est chez l'Invertébré, toutes conditions égales par ailleurs, la concentration seule du *milieu vital* différant[2].

La *loi de constance osmotique* posée tout à l'heure à l'état d'hypothèse, d'après l'énoncé même de la *loi de constance thermique*, peut donc sembler vérifiée : « La vie animale, apparue à l'état de cellule dans des eaux d'une concentration saline déterminée, a tendu à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, à travers la série zoologique, cette concentration des origines. »

Loi générale de constance originelle. — Constance marine originelle, — constance thermique originelle, — constance osmo-

---

1. QUINQUAUD (1875) établit le fait :

Espèces.	Poids de l'animal.	Oxygène consommé par heure et par kilogramme d'animal.
		cc.
Carpes.	1000 gr. et au-dessus.	52
Carpes.	500 à 1000 gr.	68
Tanches	500 gr. et au-dessus.	70
Anguilles.	500 gr. et au-dessus.	52
Tanches	224 gr. et 185 gr.	128
Cyprin	55 gr.	148
Carpe	28 gr.	128

Des alevins d'Anguille pesant 0,2 gr. périssent vingt-quatre heures avant d'autres Anguilles de 40 gr. placées dans le même bocal (temps total de l'expérience inconnu). — JOLYET et REGNARD (1877) confirment. C'est ainsi que dans leurs expériences la forte consommation de la Crevette, par exemple, est due à sa petite taille.

2. Les chiffres de JOLYET et REGNARD tendent même déjà à montrer, chez les Vertébrés, un échelonnement de l'activité vitale parallèle à la concentration. Tandis que les 5 Sélaciens expérimentés (deux Torpilles, un Squale Roussette) consomment en moyenne, par heure et par kilogramme, 50 cc. d'oxygène, les 31 Téléostéens, plus voisins que les Sélaciens de la concentration originelle, en consomment en moyenne 100 (températures moyennes d'expérience et poids moyens d'animaux voisins de très près). JOLYET et REGNARD constatent ces différences et s'en étonnent pour des animaux à mode de vie aussi semblable que la Torpille, d'une part, la Sole et le Turbot, d'autre part, tous trois Poissons plats et de fond. — Ces expériences sont encore trop peu nombreuses pour tirer une conclusion ferme. Elles demandent à être reprises et étendues, mais leur indication est du sens prévu.

tique originelle, — nous nous trouvons nettement en présence d'une loi générale dont ces trois lois partielles ne sont sans doute que les premiers fragments[1], — loi générale qu'on peut formuler :

« EN FACE DES VARIATIONS DE TOUT ORDRE QUE PEUVENT SUBIR AU COURS DES AGES LES DIFFÉRENTS HABITATS, LA VIE ANIMALE, APPARUE A L'ÉTAT DE CELLULE DANS DES CONDITIONS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DÉTERMINÉES, TEND A MAINTENIR, POUR SON HAUT FONCTIONNEMENT CELLULAIRE, A TRAVERS LA SÉRIE ZOOLOGIQUE, CES CONDITIONS DES ORIGINES. »

Cette loi montre, ce que la science moderne s'est efforcée d'ignorer, que la vie est un phénomène assujetti à des conditions assez étroitement déterminées, puisque depuis les origines, malgré les temps écoulés, malgré les occasions, malgré les causes de variations qui se sont offertes ou produites, la vie ne paraît pas avoir pu mieux faire que de maintenir invariables, pour son activité maxima, les conditions des origines.

APPENDICE

NOTE I

Causes possibles de la concentration progressive des mers au cours des âges.

Nous ne donnerons ici qu'une indication rapide sur ce point spécial, hors de notre compétence. La concentration progressive des mers au cours des âges (de 8,5 gr. pour 1000 environ vers l'époque cambrienne, à 33 gr., degré de concentration actuel) ne doit pas résulter d'un simple apport nouveau en sels. Sans doute l'érosion des fleuves, des mers elles-mêmes, sur les roches primitives, a dû amener à l'océan des sels qui n'en faisaient pas partie, mais comment admettre que cette simple attaque de l'écorce ait apporté aux mers 24 gr. de sels pendant la courte période sédimentaire, alors que le même phénomène (ou à peu près)

1. Voir à l'Appendice l'amorce de la loi de constance lumineuse.

et d'autres beaucoup plus puissants (voir précédemment, p. 255-256) ne lui en auraient donné que 8,5 gr. pendant l'immense période azoïque.

La concentration des mers doit résulter plutôt d'une perte en eau. Deux hypothèses à ce sujet sont possibles. A). L'eau perdue par les mers serait simplement celle qui s'en évapore et qui retombe en pluie. La surface continentale ayant été croissant au cours des âges et l'écorce terrestre s'épaississant, l'eau des pluies, qui primitivement retournait d'une façon directe à la mer, aurait été accaparée en partie, peu à peu et de plus en plus, par les couches inférieures de l'écorce, sur une étendue toujours grandissante. L'eau ainsi accaparée étant privée de presque tous les sels marins, la concentration des mers s'expliquerait de la sorte. Mais est-il possible d'admettre que la quantité d'eau bue par l'écorce depuis l'époque précambrienne soit le triple du volume actuel de toutes les eaux océaniques? B). Une partie de l'eau perdue par les mers serait une eau perdue par la planète elle-même, ainsi que la théorie cinétique des gaz permet de le concevoir. On sait que les corps célestes à masse relativement réduite laissent échapper constamment de leur atmosphère (Waterston, J. Stoney, G. H. Bryan, etc.). La lune, sans atmosphère aujourd'hui, est un exemple du phénomène arrivé à son extrémité. D'après Stoney (1900, *Roy. Society Lond.*, in *Rev. gén. Sciences*, 1900, p. 1112), la planète Mars aurait achevé actuellement de perdre sa vapeur d'eau. Une perte plus lente pour la Terre, à attraction plus forte, est donc plausible, et là peut être une des causes de la surconcentration marine.

Note II

Nouveau caractère distinctif du Vertébré.

De ce Livre II, le Vertébré ressort comme marqué d'un caractère particulier, qui l'oppose au reste du règne animal et le situe à part, au-dessus. Tandis que le règne animal tout entier, sauf les Vertébrés, accepte ou plutôt subit, en face de la concentration progressive des mers et du refroidissement du globe, les conditions nouvelles qui lui sont faites et auxquelles il ne peut se plier qu'en pâtissant, — les Vertébrés témoignent d'un pouvoir spécial; ils se refusent à un tel « accept » et maintiennent,

en face des circonstances ennemies, les seules conditions favorables à leur vie. En face de la concentration des mers, comme du refroidissement du globe, ils maintiennent la concentration et la température originelles et optimas. Ils ne sont donc point, comme les Invertébrés, les jouets passifs de circonstances qui les dominent, mais pour une part, les maîtres des conditions foncières, inhérentes à leur prospérité. Les lois qui régissent le monde physique et le monde organique inférieur sont en quelque sorte sans prise sur eux, soit qu'ils les tournent par des artifices ou les surmontent par une puissance (loi physique d'équilibre osmotique, tournée par un artifice actuellement inconnu : loi physique d'équilibre thermique, surmontée par une puissance directe : production de chaleur). Aux caractères distinctifs du Vertébré et de l'Invertébré, s'ajoute donc ce nouveau, d'ordre imprévu.

On remarquera encore que l'Homme cesse d'occuper dans la nature la place isolée qu'il semblait y tenir jusqu'ici. Au milieu du monde physique qui l'enveloppe, l'ignore et l'opprime, il n'est pas le seul insurgé, le seul animal en lutte contre les conditions naturelles, le seul tendant à fonder dans un milieu instable et hostile les éléments fixes d'une vie supérieure. Le simple Poisson, le simple Mammifère qui réalisent dans une eau surconcentrée ou un habitat glacé le déséquilibre osmotique ou thermique que l'on sait, tiennent en échec les lois physiques essentielles. Quand l'Homme s'attaque aux forces naturelles qui l'entourent, pour les dominer dans ce qu'elles ont d'ennemi, il participe d'abord du génie du Vertébré.

Note III

Amorce d'une loi de constance lumineuse.

On connaît l'importance du facteur lumineux dans les phénomènes de la vie. Elle est telle qu'il y a seulement quelques années, le fond des mers était considéré en toute certitude comme inhabité, la lumière n'y pouvant pénétrer, arrêtée qu'elle est dès la profondeur de 400 mètres. Or, les dragages des grands fonds marins ont révélé dans ces abîmes une faune d'une richesse inouïe. ***Elle est simplement phosphorescente***. Méduses, Pennatules, Polypiers, Astéries, Ophiures, Crustacés, Poissons por-

lent sur eux une lumière qu'ils créent, tantôt localisée sur un point du tégument, tantôt répartie sur sa surface entière. Sur l'intensité de cette lumière, reconstituée en vue des phénomènes de la vie, les témoignages sont significatifs : « Une nuit, notre filet remontait à bord, chargé de Zoophytes rameux de la famille des Isis. Ils émettaient des lueurs d'un admirable effet: des éclairs verdâtres s'allumaient tout à coup pour s'éteindre et se rallumer encore, courant sur les tiges de ces Coraux et s'y succédant avec une telle rapidité et une telle intensité qu'il nous était possible de lire à la clarté de ce singulier flambeau (A Milne-Edwards, 1882) ». « On porta quelques spécimens dans le laboratoire où les lumières furent éteintes. Dans l'obscurité profonde de cette pièce, ce fut pour un instant de la magie. Nous eûmes sous les yeux le plus merveilleux spectacle qu'il soit donné à l'homme d'admirer. De tous les points des tiges principales et des branches du Polypier s'élançaient par jets des faisceaux de feux dont les éclats s'atténuaient, puis se ravivaient pour passer du violet au pourpre, du rouge à l'orangé, du bleuâtre à différents tons du vert, parfois au blanc du fer surchauffé. Cependant la couleur dominante était... la verte; les autres n'apparaissaient que par éclairs et se fondaient rapidement avec elle. Si je dis que tout ceci était bien autrement beau que les plus belles pièces d'artifices, on n'aura encore qu'une bien faible idée de l'effet produit... Si l'on examine un petit fragment de ce Gorgonidé ou de cet Isis, on voit... que son axe calcaire est bien peu de chose et que le sarcosome qui le revêt et projette la lumière ne peut avoir une grande épaisseur... Cependant il était assez puissamment organisé pour jouer à la lumière électrique, aux feux d'artifice, je serais presque tenté de dire au soleil. Pour faire juger de cette intensité, nous dirons que d'une extrémité à l'autre du laboratoire, à une distance de plus de six mètres, nous pouvions lire comme en plein jour les caractères les plus fins d'un journal (Folin, *in* Paul Regnard, 1891, p. 258). »

Ainsi, dans un milieu obscur, c'est-à-dire dans un milieu cessant de posséder un des facteurs originels de la vie, la vie reconstitue simplement ce facteur absent. Comme nous l'avons vue, sur le globe refroidi, se faire créatrice de chaleur, nous la voyons, dans le fond obscur des mers, se faire créatrice de lumière. Bien mieux, la lumière qu'elle crée est exactement celle qui dut présider aux premiers phénomènes vitaux. Ce n'est

pas, en effet, la lumière blanche, inconnue dans les eaux à quelques mètres de la surface, mais la lumière principale dont disposa et dispose encore la vie dans les couches supérieures de l'océan : la lumière verte, — l'eau absorbant très rapidement les rayons rouges et orangés du spectre. « Les rayons du soleil sont pâles déjà à quelques mètres de profondeur. Ils se présentent sous forme de chatoiements mobiles produits par la réfraction à la surface des vagues... La couleur de l'eau de la Méditerranée vue horizontalement par la vitre du scaphandre, varie du vert grisâtre au bleu verdâtre. Les objets prennent tous un ton bleuté d'autant plus accentué que l'on descend plus bas. Déjà à 25 ou 30 mètres, certains animaux d'un rouge sombre, tels que les *Muricœa placorum*, paraissent noirs, tandis que les Algues, colorées en vert ou en vert bleu prennent des teintes qui paraissent plus claires par comparaison. En remontant rapidement à l'air, les yeux accoutumés à cette lumière bleue (verte) voient en rouge le paysage aérien (Hermann Fol, *in* Regnard, 1891, p. 193)[1].

D'autre part, la lumière ne paraissant pas indispensable à la vie qui peut vivre dans une obscurité absolue, il est légitime de croire que cette phosphorescence vise autre chose que la vie elle-même : sa haute activité cellulaire. Une *loi de constance lumineuse* de la forme même des lois précédentes est donc probable.

1. Sur la lumière dans les eaux, voir Regnard, 1891, p. 188-272.

L'EAU DE MER

MILIEU ORGANIQUE

LIVRE III

L'EAU DE MER EN THÉRAPEUTIQUE

L'EAU DE MER EN THÉRAPEUTIQUE

Nous limiterons ici ce Livre à quelques pages aussi brèves que possible.

Il est clair que la conception organique marine, établie au Livre I, ne peut manquer d'entraîner, au moins à titre d'essai, des applications thérapeutiques. Nous avons aujourd'hui de l'organisme, véritable aquarium marin, une conception qui nous manquait hier. Un organisme est composé de cellules vivantes, toutes situées au contact d'un liquide que nous avons nommé leur *milieu vital*, et qui est un liquide marin. Imaginons un tube de culture; dans ce tube de culture, de l'eau de mer; dans cette eau de mer, et y cultivant, des cellules organiques : voilà le schéma d'un organisme. Si l'on se rappelle l'importance, pour une culture, du liquide où elle cultive (tous les travaux classiques; Raulin, 1870), on voit le rang que peut prendre en thérapeutique l'eau de mer, dans tous les cas où le liquide de culture des cellules organiques (*milieu vital*) est vicié pour une cause quelconque : empoisonnement chimique ou microbien, insuffisance des émonctoires, défaut de certains apports alimentaires, etc.

Disons d'ailleurs le rôle considérable joué actuellement en thérapeutique par l'eau de mer à l'insu même des praticiens qui l'emploient. 1° On sait les excellents effets des eaux de Salies-de-Béarn, de Salins-Moutiers, de Balaruc, de Bourbonne, de Bourbon-l'Archambault, de Nauheim, de Soden, de Creuznach, de Niederbronn, de Wiesbaden, etc., sur la tuberculose osseuse et cutanée, sur le rachitisme, sur les paralysies, sur l'arthritisme, etc. Or, comme nous l'avons montré au paragraphe II du Chapitre VI qui précède, pages 234-246, toutes ces eaux, dites chlorurées sodiques, se minéralisent dans des bancs de sel, dont

l'origine océanique est certaine. Elles sont par conséquent de véritables eaux marines, simplement altérées dans les proportions que les sels qui les composent présentent entre eux. Leur action est donc au premier chef marine. 2° L'importance thérapeutique du chlorure de sodium est connue. Employé déjà avec succès par Amédée Latour (1839-1857) dans la tuberculose pulmonaire, par Martin Solon (1842) et par Bouchardat (1851) dans le diabète, par Plouviez (1847) dans la scrofule, la chlorose, l'anémie, etc.[1], par Piorry (1850), Gintrac (1850), Brugs (1851), Larivière (1851), Villemin (1854), Hutchinson (1854), Moroschikin (1856), Pioch (1870) dans les fièvres intermittentes, il vient d'être largement utilisé par toute l'école moderne en injections intra-veineuses ou sous-cutanées dans les affections les plus diverses. Or, le chlorure de sodium est le sel primordial de l'eau de mer. Bien mieux, le sel de cuisine, employé le plus communément à sa place, est autre chose que du chlorure de sodium; l'analyse y révèle tout un groupe de sels d'origine marine, qui ont résisté à la purification industrielle. Le traitement chloruré sodique, sans être le traitement marin véritable, en approche donc déjà singulièrement[2]. 3° Enfin, les résultats obtenus dans diverses affections, principalement dans la tuberculose osseuse et cutanée, par le simple séjour sur le bord de la mer, par les bains, etc., sont si évidents et si spécifiques, que depuis quelques années, des sanatoria ont été élevés à grands frais sur de nombreux points des côtes françaises et étrangères. Les cures qui y sont journellement réalisées sont trop classiques pour qu'il soit besoin d'y insister. Or, nous avons affaire ici à un véritable traitement chimique marin : l'air qu'on respire sur le littoral, outre le chlorure de sodium qu'il renferme déjà[3], tient en suspension des gouttelettes arrachées aux vagues par le vent, et dont l'organisme s'imprègne continuellement[4]. Les

---

1. « J'ai insisté, dit Plouviez, d'une manière toute particulière sur l'usage du sel marin comme fortifiant et comme puissant modificateur du sang; je répète l'avoir employé avec beaucoup d'avantages dans la scrofule, la chlorose, l'anémie, etc. (*in* Branche, 1885, p. 175) ».

2. Voir II, *V*, p. 175-207, la supériorité physiologique de l'eau de mer sur la solution chlorurée sodique.

3. Armand Gautier (1899) dose les chlorures dans 341 litres d'air marin, aspiré à travers une bourre retenant les particules en suspension (phare de Roche-Douvres, 50 à 60 kilom. des côtes). Le litre d'air contient 0,022 mgr. de chlorures, exprimés en chlorure de sodium.

4. Voir précédemment, p. 408, note.

bains ne peuvent qu'ajouter à cette imprégnation. L'alimentation elle-même y contribue : animaux et végétaux côtiers contiennent en effet, nous l'avons vu, p. 406-408, une plus grande proportion de sel marin que les animaux et les végétaux du continent. L'absorption par l'organisme des différents sels contenus dans l'eau de mer est donc évidente. Des facteurs physiques interviennent sans doute dans le traitement; mais le facteur marin, purement chimique, est indéniable et capital.

On voit le rôle joué par l'eau de mer et ses succédanés dans la thérapeutique la plus moderne. A préconiser un traitement marin plus énergique, nous ne ferons donc qu'œuvre de nouveauté très relative. La théorie du mode d'action sera seule nouvelle.

Mode d'application du traitement marin. — Le traitement marin que nous avons appliqué dans les services hospitaliers de Paris (hôpitaux Saint-Louis, Beaujon, Hôtel-Dieu, Tenon, Maison Dubois, Pitié, — services de MM. Tennesson, Duflocq, Vaquez, Klippel, Achard, Brault, Widal, Babinsky) et à l'Asile des Mouleaux, près d'Arcachon (services de MM. Lalesque et Festal), a consisté dans l'injection sous-cutanée[1] d'eau de mer ramenée, par addition d'eau distillée, à l'isotonie organique (eau de mer 2, eau distillée 5), à la dose, pour ce mélange, d'un centième à un centième et demi du poids du corps. Je ne donne pas cette formule de traitement comme définitive, ni la meilleure dont on puisse faire usage. J'ai cru devoir injecter à l'isotonie, pour écarter une inconnue et un trouble possible dans les expériences, mais je tiens de médecins de marine que d'excellents effets ont suivi la simple injection d'eau de mer pure : cette pratique aurait l'avantage de réduire des deux tiers le volume à injecter; l'expérience comparative est donc à tenter. J'ai limité à un centième ou un centième et demi la dose d'injection, parce qu'il m'a semblé que cette dose suffisait à produire les effets immédiats d'une dose double ou triple, mais il n'est aucunement dit qu'une injection

---

1. Les premières injections que j'ai pratiquées (juillet-août 1897, services de MM. Tennesson, Duflocq, Vaquez) furent des injections intra-veineuses. En mon absence, dans un cas de cirrhose se terminant par érysipèle, cas désespéré, la mort attendue pour le jour même, M. Stancouléanu, interne provisoire de M. Vaquez, ayant obtenu un plein succès après une injection sous-cutanée d'eau de mer, qu'il pratiqua sans aucun espoir et même sans en référer à son chef, — le malade sortait de l'hôpital deux semaines après, — j'abandonnai aussitôt la voie intra-veineuse pour la voie hypodermique, plus pratique.

plus forte n'ait en soi des avantages que je n'ai pas eu le loisir d'observer.

Où l'observation est plus précise, c'est sur la qualité du liquide à injecter. 1° Il n'y a pas à songer à composer une eau de mer artificielle. 2° L'eau doit être captée au large, loin de tout courant fluvial, de tout port, et par temps calme, s'il y a des bas fonds. 3° Elle doit être récente. 4° L'eau distillée, dont on la dilue, doit être soigneusement vérifiée. 5° ***La stérilisation ne doit jamais être effectuée à l'autoclave, au moins suivant les méthodes ordinaires***. — Reprenons brièvement ces cinq points.

1° Il suffit de se reporter à l'analyse infinitésimale de l'eau de mer que nous avons donnée II, *VI*, p. 221-235, pour comprendre l'impossibilité où nous sommes de composer au laboratoire une eau réellement voisine de celle de l'océan. Le pût-on, le bénéfice serait minime. Les sels ne s'y présenteraient pas sous l'état où ils se présentent dans l'eau naturelle. On a vu, p. 257, Pouchet et Chabry manquer tous leurs élevages (œufs d'Oursin) dans une eau constituée artificiellement. Une expérience est plus typique encore. Ayant évaporé un litre d'eau de mer, j'ai redissous les sels obtenus dans un litre d'eau distillée. Tous les sels marins (résidu insoluble excepté, voir p. 223) étaient donc bien présents dans le nouveau liquide. Injecté au Chien, il se montra relativement toxique. 2° D'une façon générale, l'eau du rivage manque de pureté, par tous les déchets littoraux qu'elle brasse incessamment et dont elle se pollue. Le voisinage des ports, des fleuves est surtout à éviter. Certaines baies (celle de Concarneau par exemple) sont complètement souillées. Enfin, même au large, l'eau peut être, dans certaines conditions, inutilisable. Trois jours après de gros temps, une légère houle subsistant seule, j'ai fait quatre heures de mer au large de Dieppe sans pouvoir réussir une capture. L'eau était huileuse d'aspect; une multitude de gouttelettes grasses s'y trouvaient suspendues. Les quatre échantillons rapportés au Collège de France donnaient, le lendemain, simplement débouchés, une odeur nauséabonde. 3° Après des temps divers (quelques semaines), sur lesquels je suis peu fixé et qui doivent varier d'ailleurs avec les récipients, l'eau perd ses qualités. Elle a attaqué le verre. Des aiguilles, des pellicules transparentes, d'une densité très voisine de celle de l'eau, s'y balancent quand on l'agite. Injectée au Chien, elle se montre relativement toxique. 4° Une bonne eau distillée est rare. Sans

parler des eaux distillées souvent croupies qu'on trouve chez un grand nombre de pharmaciens, ou dans lesquelles le nitrate d'argent détermine un précipité abondant, les eaux véritablement distillées l'ont été presque toujours dans un alambic en cuivre; Dehérain et Demoussy (1901) ont montré que le Blé ne peut germer dans une telle eau, quand il germe au contraire dans la même eau, redistillée dans un alambic en verre. Sans doute, cette toxicité du cuivre n'est franche qu'autant que le nombre de grains mis à germer dans un certain volume d'eau est faible; il y a donc lieu de croire qu'étant donné l'agglomérat des cellules organiques, la nocuité de l'eau introduite dans l'économie y subit une forte réduction; mais on voit le risque couru dans cette simple dilution. 5° Enfin, la stérilisation est d'une importance capitale. Effectuée à l'autoclave à 120 degrés, pendant une demi-heure, dans un ballon en verre ordinaire, elle rend l'eau si toxique qu'il peut suffire d'une injection de 700 gr. sur un Chien de 10 kgr. pour déterminer en quelques jours sa mort. L'eau, après la stérilisation, présente à l'œil un aspect laiteux, blanchâtre. Sa saveur est entièrement modifiée. Au cours des expériences rapportées précédemment, p. 171, je n'ai jamais pu obtenir de mouvements amiboïdes de globules blancs dans un mélange marin stérilisé. Les tubes à essai dans lesquels je stérilisais, sortaient parfois de l'autoclave irisés. A la température de 105°, ces effets s'atténuent fortement; j'ai obtenu d'excellents résultats thérapeutiques avec des eaux portées à cette température pendant dix minutes seulement. Encore la question du récipient intervient-elle. Certains verres contiennent du plomb, par exemple, qu'ils cèdent au liquide qui stérilise (Chevretin). D'autres causes d'altération, connues ou inconnues, ne manquent pas d'agir, sur lesquelles il paraît difficile d'avoir prise. Après bien des traverses, des résultats contradictoires, des traitements suspendus, etc., j'ai fini par abandonner complètement la stérilisation à l'autoclave pour ne plus la demander qu'au filtre. — Ajoutons toutefois qu'aux doses employées pour l'Homme en thérapeutique, ces différentes toxicités sont sans aucun danger. Elles annulent simplement le bénéfice de l'injection.

En définitive, le liquide à injecter est : une eau de mer très pure, captée au large dans des conditions assurant cette pureté; ramenée par addition d'eau distillée à un point voisin de l'isoto-

nie organique (eau de mer, 2; eau distillée, 5); l'eau distillée employée à cet effet soigneusement vérifiée; le mélange stérilisé enfin au filtre. — Dose minima d'injection : 700 grammes, pour un adulte du poids moyen de 65 kilogrammes. — Voie sous-cutanée. — Intermittence des injections, lorsqu'elles doivent être répétées : tous les cinq jours, puis tous les six, sept, huit, etc., selon leur durée d'action très facilement appréciable (voir plus loin). — Lorsque plusieurs injections sont pratiquées sur le même malade, il y a avantage à injecter au même endroit. La douleur locale de la première injection ne se fait plus sentir que très atténuée aux suivantes.

Effets immédiats de l'injection. — L'injection est suivie d'une réaction qui dure environ douze heures. A un moment variable (une heure, deux heures, trois heures après; quelquefois, pendant l'injection elle-même, si elle est lente), le malade est pris de frissons, souvent très violents, avec claquements de dents et soif plus ou moins vive. La température s'élève sans discontinuer pendant quatre ou cinq heures (d'environ 1°,5 à 2°), puis s'abaisse comme elle était montée et revient d'une façon générale au-dessous de la température initiale. Le malade, altéré, boit de 1 à 3 litres d'eau. L'inappétence est absolue; quelques maux de cœur ou de tête légers sont assez fréquents. Plus cette réaction est vive, plus le bénéfice à attendre de l'injection est grand. En aucun cas, elle n'est à redouter, quelle que soit la faiblesse du sujet ou sa température initiale. Dans une affection fébrile, où la température avant l'injection était de 39°,5, elle put monter à 41°,5 et se maintenir même pendant six heures consécutives au-dessus de 41°, sans le moindre inconvénient. — Vingt-quatre heures après l'injection, le malade est trouvé généralement abattu, tant de la crise, qui vient de se produire, que de l'insomnie partielle qu'elle a déterminée. L'amélioration se distingue cependant à certains signes, pour s'affirmer nettement dans les cas favorables vers la 36ᵉ heure, ou au plus tard le 2ᵉ jour. Elle se maintient ainsi et s'accentue les 3ᵉ et 4ᵉ jours. On assiste dans certains cas à une véritable résurrection du malade, saisissante par sa brusquerie : toutes les douleurs ou malaises qui précédaient l'injection sont disparus; les forces s'installent; l'appétit, nul avant le traitement, devient exagéré, avec fringales; le sujet, alité depuis des semaines, se lève, marche, circule plusieurs heures. — Le cin-

quième jour au matin, changement complet. L'état d'abattement, antérieur au traitement, occupe de nouveau la scène (sauf dans les cas d'affections aiguës, où une injection suffit pour amener un relèvement définitif). La seconde injection est alors pratiquée. Le cycle des effets décrits se déroule à nouveau, avec relèvement plus marqué. — Les injections s'espacent ainsi naturellement de cinq, puis six, sept, huit jours, selon la durée du bénéfice obtenu.

Effets médiats. — Les difficultés auxquelles je me suis heurté, tant pour la stérilisation de l'eau de mer que pour sa capture, quand la Station zoologique d'Arcachon ne pouvait plus m'en adresser, ont interrompu successivement la plupart de mes expériences. De leur ensemble, l'eau de mer paraît s'affirmer toutefois comme un adjuvant thérapeutique puissant. Dans trois cas aigus d'une gravité particulière (les seuls traités), gastro-entérite infectieuse de nature indéterminée, — empoisonnement par l'acide oxalique, — cirrhose-érysipèle (Vaquez), le succès a été immédiat et complet. — Dans la syphilis, sur une *syphilide maligne précoce*, et une autre *invétérée*, l'injection a été suivie dès le deuxième jour d'une cicatrisation très nette des ulcères qui couvraient le corps des sujets. Dans un cas, la cicatrisation était complète sur la plupart au bout de sept jours. — Résultats de même sens dans la tuberculose cutanée. — Dans la tuberculose pulmonaire au troisième degré, résultat négatif comme on pouvait s'y attendre, mais précédé dans presque tous les cas d'une période de relèvement surprenante. Le malade, pris en adynamie et inappétence complètes, avec réflexe rotulien presque aboli, vomissement de tout aliment ingéré, expectoration abondante, sueurs profuses, hypéresthésies sternales, spinales, crurales, mélalgie, etc., — se lève dès les premiers jours (deuxième ou quatrième); la toux, les sueurs, l'hypéresthésie, les douleurs cèdent dans le même temps; l'expectoration, de deux crachoirs par vingt-quatre heures tombe à un quart, parfois un huitième; l'appétit, nul depuis des mois, réapparaît soudain, jusqu'à permettre jusqu'à trois et quatre repas par jour, dont deux avec pain, légumes, deux viandes, fruits et desserts. Plus de vomissement. La morphine, nécessaire précédemment pour assurer le sommeil, est supprimée en trois jours. Les nuits sont parfaites, autant que le permet l'hôpital. Au bout d'une semaine, le sujet

descend et remonte seul trois étages, reste levé quatre et six heures. Dans les cas les plus favorables, le poids augmente; les injections s'espacent aisément de huit jours. Cette période de relèvement peut durer cinq semaines et plus, après quoi la maladie reprend son cours[1].

L'action thérapeutique de l'eau de mer est donc flagrante. Des expériences ultérieures devront la mesurer et la spécifier. Il est possible que dans certaines affections cette action soit souveraine. Il est possible que dans d'autres, elle soit complètement néfaste. L'eau de mer introduite dans un *milieu vital* vicié renouvelle le liquide de culture des cellules organiques; elle doit donc accélérer la vitalité de celles-ci. Mais en même temps, elle renouvelle le liquide de culture des cellules bactériennes. Le problème qui se pose est le suivant : qui, de l'élément organique ou de l'élément parasite, tirera le bénéfice majeur de l'intervention? Toutes nos expériences jusqu'ici ont montré l'élément organique favorisé. Mais l'inverse est possible, et le problème reste entier pour chacun des types morbides non encore expérimentés.

---

1. Je n'ai expérimenté la tuberculose qu'à son état le plus avancé et à l'hôpital. L'hôpital réalise les conditions de traitement les plus défavorables pour cette affection : qualité insuffisante de la nourriture, inconvénients de la promiscuité, troubles de chaque nuit, réveil forcé à la première heure du jour, etc. Je ne saurais trop recommander aux praticiens qui désireraient tenter le traitement marin dans cette affection, d'expérimenter non pas dans leurs services hospitaliers, mais à la ville, là seulement où les soins adjuvants sont possibles.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Dans les cinq prémiers Chapitres de cet ouvrage (I, *I*; — I, *II*; — I, *III*; — II, *I*; — II, *II*), les références trop nombreuses n'ayant pu être données à la suite de chaque fait avancé, l'Index bibliographique est établi ici par Chapitre, afin de spécifier les ouvrages généraux qui ont servi à l'établissement de chacun d'eux.

L'abréviation *C. R.* **s'entend pour les** *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences.*

LIVRE I

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I (I, *I*).

1898. Bouvier. — *C. R.*, ***126***, 1558. — Note préliminaire sur la distribution géographique et l'évolution des Péripates.

1900. — *C. R.*, ***130***, 735. — Sur l'origine et les enchaînements des Arthropodes de la classe des Onychophores.

1900. — *C. R.*, ***131***, 652. — Observations sur le développement des Onychophores.

1896. Delage (Yves) et Hérouard (Edg.). — **Traité de Zoologie concrète.** — Tome I. La cellule et les Protozoaires. — 1 vol. gr. in-8, XXX-584 pages, 870 fig., Paris, Schleicher.

1897. — *Idem.* — Tome V. Les Vermidiens. — 1 vol. grand in-8, XII-572 pages, 46 planches et 523 fig., Paris, Schleicher.

1898. — *Idem.* — Tome VIII. Les Procordés. — 1 vol. grand in-8, VIII-570 pages, 54 planches et 275 fig., Paris, Schleicher.

1899. — *Idem.* — Tome II (1re partie). Mésozoaires; Spongiaires. — 1 vol. grand in-8, X-244 pages, 15 planches et 274 fig., Paris, Schleicher.

1897. Mastermann. — *Quart. Journ. of microsc. Science*, nouv. sér., *40*, 281-566. — On the Diplochorda. 1. The structure of Actinotrocha. 2. The structure of Cephalodiscus (9 planches).

1881. Packard. — *Americ. Naturalist*, **15**, 698. — Scolopendrella and its position in nature.

? Perrier (Edmond). — **Traité de Zoologie** (en cours de publication). — 5 premiers fascicules grand in-8, VII-2557 pages, Paris, Masson. (Le 6e fascicule : Poissons, paru en 1905, n'a pas été utilisé pour le présent ouvrage.)

1893. Perrier (Rémy). — **Éléments d'Anatomie comparée.** — 1 vol. in-8, VIII-1208 pages, 8 planches, 651 fig., Paris, J.-B. Baillière.

1895. Roule (Louis). — **L'Embryologie générale.** — 1 vol. in-12, XIV-510 pages, 121 fig., Paris, Reinwald.

1894. — **L'Embryologie comparée.** — 1 vol. grand in-8, XXVI-1162 pages, 1014 fig., Paris, Reinwald.

1898. — **L'Anatomie comparée des animaux, basée sur l'embryologie.** — 2 vol. grand in-8, XXVI-1071 pages, 1202 fig., Paris, Masson.

1898. Roule (Louis). — *C. R.*, **127**, 655. — Sur la place des Phoronidiens dans la classification des animaux et sur leurs relations avec les Vertébrés.

1900. — *C. R.*, **130**, 927. — Sur les affinités zoologiques des Phoronidiens et des Némertines.

1881. Ryder (John). — *Proceed. Acad. Nat. Sc. Phil.*, 79. — (Sur Scolopendrella.

1885. Zittel (Karl). — **Traité de Paléontologie. Paléozoologie.** — Tome I. Protozoaires, Cœlentérés, Échinodermes et Molluscoïdes. — Traduct. franç. Charles Barrois. — 1 vol. grand in-8, VIII-764 pages, 565 fig., Paris, Doin; Münich et Leipzig, Oldenbourg.

1887. — *Idem.* — Tome II. Mollusques et Arthropodes. — *Id.*, 897 pages, 1109 fig.; — *id.*

1895. — *Idem.* — Tome III. Vertébrés : Poissons, Amphibiens, Reptiles, Oiseaux. — *Id.*, XII-894 pages, 719 fig.; — *id.*

1894. — *Idem.* — Tome IV. Vertébrés : Mammifères. — *Id.*, XI-806 pages, 591 fig.; — *id.*

CHAPITRE II (I. *II*).

Ouvrages généraux : Delage et Hérouard, Edmond Perrier, Rémy Perrier, Roule, Zittel, — comme précédemment, — plus :

1895. Lappàrent (A. de). — **Traité de Géologie.** — 3e édit., 2 vol. grand in-8, 1645 pages, 597 fig., Paris, Masson.

1901. Mesnil (Félix). — *Soc. de Biolog.*, 271. — Remarques sur les Polychètes d'eau douce, à propos des formes nouvelles du lac Baïkal.

CHAPITRE III (I. *III*).

Ouvrages généraux précédents.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE I (II. *I*).

Ouvrages généraux : Delage et Hérouard, Edmond Perrier, Rémy Perrier, Roule, — comme précédemment, — plus :

1821. Bichat (X.). — **Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine.** — Nouvelle édition avec notes et additions, par P. A. Béclard. — 4 vol. in-8, XX-430; 508; 552; 581 pages, Paris, Brosson et Chaudé.

1899. Berdal (Henri). — **Nouveaux éléments d'histologie normale à l'usage des étudiants en médecine.** — 1 vol., XV-838 pages, 348 fig.; 5e édition, Paris, Maloine.

1899. Bunge. — *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, *28*, 500-502. — Ueber die Zusammensetzung des Knorpels vom Haifisch.

1888. Colin (G.). — **Physiologie comparée des animaux.** — 3e édition. Tome II. 1 vol. grand in-8, 1112 pages, 150 fig., Paris, Baillière.

1897. Duval (Mathias). — **Précis d'histologie.** — 1 vol. grand in-8, XXXII-956 pages, 408 fig., Paris, Masson.

1897. Eykman. — *Arch. f. die gesammte Physiol.*, *68*, 58. — Ueber die Permeabilität der rothen Blutkörperchen.

1897. Gautier (Armand). — **Leçons de Chimie biologique normale et pathologique.** — 1 vol., XVI-826 pages, 110 fig., Paris, Masson.

1896. Gryns. — *Arch. f. die gesammte Physiol.*, *63*, 86. — Ueber den Einfluss gelöster Stoffe auf die rothen Blutkörperchen in Verbindung mit den Erscheinungen der Osmose und Diffusion.

1886. Hamburger. — *Arch. f. Anat. und Physiol.* (partie physiolog.), 476-487. — Ueber den Einfluss chemischer Verbindungen auf Blutkörperchen im Zusammenhang mit ihren Moleculargewichten.
1895. — *Revue de médec.*, 918. — Détermination de la tension osmotique des liquides albumineux.
1897. Hedin (S. G.). — *Arch. f. die gesammte Physiol.*, **68**, 229-358. — Ueber die Permeabilität der Blutkörperchen.
1887. Klebs (Georg). — *Bericht. der deuts. botan. Gesellsch.*, **5**, 181-188. — Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle.
1900. Lambling (E.). — *Traité de Pathol. génér. de Bouchard*, Tome III (1re partie), 1-178. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal.
1889. Massart. — *Arch. de Biolog.*, **9**, 515. — Sensibilité et adaptation des organismes à la concentration des solutions salines.
1895. Overton. — *Vierteljahr. der Naturf. Gesell. in Zürich*, **40**, 159-201, et *Zeitschr. f. physikal. Chem.* **22**, 189. — Ueber die osmotischen Eigenschaften der lebenden Pflanzen-und Thierzelle.
1873. Petersen (P.) et Soxhlet (F.). — *Journ. f. prakt. Chem.*, **7**, 179-181. — Ueber die Zusammensetzung des Knorpels vom Haifisch.
1901. Quinton (R.). — *C. R.*, **132**, 547. — Le globule rouge nucléé se comporte autrement que le globule rouge anucléé, au point de vue de l'osmose, vis-à-vis de l'urée en solution.
1901. — *C. R.*, **132**, 452. — Le globule rouge nucléé se comporte à la façon de la cellule végétale, au point de vue de l'osmose, vis-à-vis de l'urée en solution.
1875-1882. Ranvier (L.). — **Traité technique d'Histologie.** — 1 vol. grand in-8, 8-976 pages, 524 fig., Paris, Masson.
1900. Rodier (E.). — *C. R.*, **131**, 1008. — Sur la pression osmotique du sang et des liquides internes chez les Poissons Sélaciens.
1871. Vries (Hugo de). — *Arch. néerland.*, **6**, 117-126. — Sur la perméabilité du protoplasma des betteraves rouges.
1888. — *Idem*, **22**, 384-391. — Le coefficient isotonique de la glycérine.
1889. — *Botanische Zeitung*, **47**, 309-315, 325-334. — Ueber die Permeabilität der Protoplaste für Harnstoff.

CHAPITRE II (II. *II*).

Ouvrages généraux : Delage et Hérouard, Edmond Perrier, Rémy Perrier, Roule, — comme précédemment, Première Partie, Chapitre I (I, *I*).

CHAPITRE III (II. *III*).

Ouvrages généraux : Edmond Perrier, Rémy Perrier, — comme précédemment.

1897. Bottazzi. — *Arch. ital. de Biolog.*, **28**, 61-72. — Pression osmotique du sang des animaux marins.
1878. Frédéricq. — *Bull. Ac. Roy. Belgique*, 2e s., **46**, 710. — Sur l'organisation et la physiologie du poulpe.
1882. — *Idem*, 3e s., **4**, 209. — Influence du milieu extérieur sur la composition saline du sang chez quelques animaux aquatiques.
1884. — *Livre jubilaire de la Soc. de méd. de Gand*, 271. — Composition saline du sang et des tissus des animaux marins.
1891. — *Arch. Zool. exp.*, 117. — Sur la physiologie de la branchie.
1880. Gorup-Besanez. — **Chimie physiologique.** — Traduction française Schlagdenhauffen, 2 vol., VIII-788 et 557 pages, Paris, Dunod.
1892. Griffiths. — *C. R.*, **114**, 840. — Sur la composition de la pinnaglobine.
1897. Hedin. — Comme précédemment, II, *I*.

1882. Moursos et Schlagdenhauffen. — *C. R.*, **95**, 791. — Nouvelles recherches chimiques et physiologiques sur quelques liquides organiques. (Eau des Oursins, eau des kystes hydatiques et des cysticerques, liquides amniotiques).

1889. Quinton (R.). — *Soc. de Biolog.*, 197. — Le milieu marin organique et le sérum total du sang. — Concentrations moléculaires.

1900. — *C. R.*, **131**, 905. — Communication osmotique chez l'Invertébré marin normal, entre le milieu intérieur de l'animal et le milieu extérieur.

1900. — *C. R.*, **131**, 952. — Perméabilité de la paroi extérieure de l'Invertébré marin, non seulement à l'eau, mais encore aux sels.

1900. Rodier (E.). — Comme précédemment, II, *I*.

1871. Vries (Hugo de). — Comme précédemment, II, *I*.

CHAPITRE IV (II. *IV*).

1901. Dastre. — *Traité de physique biologique.* — Tome I, p. 466-685, *Article* Osmose. — 1 vol. grand in-8, VIII-1150 pages, Paris, Masson.

1898. Duflocq et Lejonne. — *C. R.*, **127**, 725. — Les cultures des organismes inférieurs dans l'eau de mer diversement modifiée.

1899. Frédéricq (Léon). — *Livre jubilaire dédié à Ch. Van Bambeke*, Bruxelles, Henri Lamertin, éditeur. — Note sur le sang de l'écrevisse.

1901. Holub (C. von). — *Centralbl. Bakteriol.* (Med., Hyg.), **30**, 284-287. — Insekten als lebendes Substrat für Kultivierung ansteckender Krankheiten des Menschen und der Thiere.

1901. Mizzoni (Aug.). — *Soc. de Biolog.*, 866. — Un microbe pathogène dans les eaux du vieux port de Marseille.

1870. Raulin (Jules). — **Études chimiques sur la végétation.** — *Thèse sciences Paris*, 1 vol., 215 pages, Paris, Masson.

1870. — *C. R.*, **70**, 654-658. — Sur les conditions chimiques de la vie des organismes inférieurs.

1858. Witting. — *Journ. f. prakt. Chemie*, **73**, 121. — Ueber das Blut einiger Crustaceen und Mollusken.

CHAPITRE V (II. *V*).

1888. Dastre et Loye. — *Arch. de Physiol.*, 4e s., **2**, 93-114. — Le lavage du sang.

1889. — *Idem*, 5e s., **1**, 253-285. — Recherches sur l'injection de l'eau salée.

1896. Faney (Joseph). — **Du traitement des hémorragies par le sérum salé.** — *Thèse médec. Paris*, 1895-1896; 1 vol., 96 pages, Paris, Steinheil.

1897. Jolly (J.). — *Soc. de Biolog.*, 758. — Action des solutions salées sur les mouvements amiboïdes des globules blancs *in vitro*.

1897. Hallion (L.). — *Soc. de Biolog.*, 1042. — Des injections intra-veineuses d'eau de mer comparées aux injections de « sérum artificiel ».

1897. Quinton (R.). — *Soc. de Biolog.*, 890. — Injections intra-veineuses d'eau de mer substituées aux injections de sérum artificiel.

1897. — *Idem*, 963. — L'eau de mer, en injections intra-veineuses, aux doses fortes.

1898. — *Idem*, 409. — Mouvements amiboïdes des globules blancs dans la dilution marine. — Constance du milieu marin, comme milieu vital, à travers la série animale.

1900. — *Idem*, 607. — Injections comparatives d'urines toxiques, aux vitesses lentes, après réduction à un point voisin de l'isotonie.

1897. Quinton et Julia. — *Soc. de Biolog.*, 1065. — Injections comparatives d'eau de mer et de sérum artificiel.

1897. Vaquez (H.). — *Soc. de Biolog.*, 990. — Recherches sur l'hématolyse *in vitro*.

1896. WINTER. — *Archives de Physiol.*, 5e s., *8*, 114-119. — De la concentration moléculaire des liquides de l'organisme.
1896. — *Idem*, 5e s., *8*, 287-295. — De l'équilibre moléculaire des humeurs. Rôle des chlorures.
1896. — *Soc. de Biolog.*, 692-695. — Du rôle des chlorures et des plasmas dans l'organisme.

CHAPITRE VI (II. *VI*).

1897. ABELOUS et BIARNÈS. — *Soc. de Biolog.*, 175. — Sur l'existence d'une oxydase chez l'écrevisse.
1897. — *Idem*, 249. — Oxydase des Crustacés.
1897. — *Idem*, 285. — Sur l'existence d'une oxydase chez les Mammifères.
1897. — *Idem*, 495. — Nouvelles expériences sur l'oxydase des Mammifères.
1895. ANDOUARD. — *C. R.*, *120*, 557. — Étude sur la valeur agricole du phosphate d'alumine du Grand-Connétable.
1900 ANDOUARD et ANDRÉ GOUIN. — *Journ. d'Agricult. pratique*, *2*, 756, — in *Ann. agron.*, 1901, *27*, 245-247. — La poudre d'os dans l'alimentation des jeunes bovidés.
1875. AUDOYNAUD. — *C. R.*, *81*, 619. — Recherches sur l'ammoniaque contenue dans les eaux marines et dans celle des marais salants de Montpellier.
1845. BACKS. — *Journ. f. prakt. Chem.*, *34*, 185-186. — Ueber die Zusammensetzung des Wassers der Nordsee.
1898. BALDI. — *Arch. ital. Biolog.*, *29*, 355. — Présence du brome dans la glande thyroïde normale.
1900. BALLAND. — *C. R.*, *130*, 551. — Sur la composition et la valeur alimentaire des mammifères, des oiseaux et des reptiles.
1858. BARBIER. — *Gaz. méd. Paris*, 501. — Note sur le mélange du sel marin aux aliments de l'homme.
1850. BARRAL (J.-A.). — **Statique chimique des animaux, appliquée spécialement à la question de l'emploi agricole du sel.** — 1 vol., 532 pages, Paris, Librairie agricole de la Maison rustique.
1843. BARSE. — *C. R.*, *17*, 505. — Sur le cuivre et le plomb contenus dans le corps de l'homme, hors le cas d'empoisonnement.
1844. BARSE, LANAUX et FOLLIN. — *C. R.*, *19*, 918. — (Sans titre. — Cuivre organique.)
1896. BAUMANN. — *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, *21*, 319-330. — Ueber das normale Vorkommen von Iod im Thierkörper.
1896. — *Idem*, *22*, 1-17. — Der Iodgehalt der Schilddrüsen von Menschen und Thieren.
1896. — *Münchener medicin. Wochenschr.*, 509. — Ueber das Thyrojodin.
1896. BAUMANN et GOLDMANN. — *Münch. med. Woch.*, *43*, 1155-1157. — Ist das Iodothyrin (Thyrojodin) der lebenswichtige Bestandtheil der Schilddrüse?
1896. BAUMANN et ROOS. — *Zeitschr. physiol. Chem.*, *21*, 481-495. — Ueber das normale Vorkommen des Iods im Thierkörper.
1860. BÉCHAMP. — *Ann. d'Hyg.*, 2e s., *13*, 212-221. — Sur les métaux qui peuvent exister dans le sang ou les viscères, et spécialement sur le cuivre physiologique.
1870. BECHI. — *Atti d. r. Acc. dei Lincei*, 15 juin. — (Acide borique végétal.)
1890. — *Bull. Soc. chim.*, 3e s., *3*, 122. — Sur la présence de l'acide borique dans les végétaux.
1890. BELLUCI. — *Ann. agronom.*, *16*, 41. — Le chlorure de sodium dans les eaux pluviales.

1875. Bergeron et Lhôte. — *C. R.*, **80**, 268. — Sur la présence du cuivre organique.

1892. Berthelot et André. — *Ann. Chim. et Phys.*, 6e s., **27**, 145. — Sur la silice dans les végétaux.

1895. — *Idem*, 7e s., **5**, 429. — Sur la présence de l'alumine dans les plantes et sur sa répartition.

1897. Bertrand (G). — *Ann. Chim. et Phys.*, 7e s., **12**, 115-140. — Recherches sur la laccase, nouveau ferment soluble, à propriétés oxydantes.

1897. — *Bull. Soc. chim.*, 3e s., **17**, 619-624. — Sur l'intervention du manganèse dans les oxydations provoquées par la laccase.

1897. — *Idem*, 3e s., **17**, 755-756. — Sur le pouvoir oxydant des sels manganeux et sur la constitution chimique de la laccase.

1897. — *Ann. agronom.*, **23**, 385-399. — Nouvelles recherches sur les ferments oxydants ou oxydases.

1897. — *Rev. scientif.*, 4e s., **8**, 65-72. — Les oxydases ou ferments solubles oxydants.

1902. — *C. R.*, **134**, 1454. — Sur l'existence de l'arsenic dans l'organisme.

1902. — *Ann. Inst. Pasteur*, **16**, 555-561. — Sur la recherche et sur l'existence de l'arsenic dans l'organisme.

1902. — *C. R.*, **135**, 809, et *Bull. des Sc. pharm.*, **4**, n° 11. — Sur l'existence de l'arsenic dans la série animale.

1903. — *Ann. Instit. Pasteur*, **17**, 1-10. — Nouvelles recherches sur l'arsenic de l'organisme. Présence de ce métalloïde dans la série animale.

1903. — *Bull. Soc. chim.*, séance du 22 mai. — Sans titre.

1903. — *C. R.*, **136**, 1085. — Sur l'existence de l'arsenic dans l'œuf de la poule.

1903. — *C. R.*, **137**, 266. — Emploi de la bombe calorimétrique pour démontrer l'existence de l'arsenic dans l'organisme. — (Ce travail n'a pas été utilisé pour le présent ouvrage.)

1903. — *Ann. Chim. et Phys.*, 7e s., **28**, 242-275. — Sur la recherche et sur la preuve de l'existence de l'arsenic chez les animaux.

1845. Bibra (Von). — *Arch. f. die physiol. Heilkunde*, — in *Gaz. méd. de Paris*, 1846, 334-335. — Sur la chair musculaire de l'homme et des animaux vertébrés.

1851. — *Ann. der Chem. und Pharm.*, **77**, 90-102. — Untersuchung von Seewasser des stillen Meeres und des atlantischen Oceans.

1844. Bichon (G.-W.). — *Ann. der Chem. und Pharm.*, **50**, 418-421. — Chemische Untersuchung einiger Getraidearten.

1902. Bielfed. — *Beiträge zur Chem., Physiol. und Pathol.* (*Braunschweig*), **2**, n°s 5-6. — (Sur la teneur en fer des cellules du foie de l'homme.)

1898. Bohn (G.). — *Soc. de Biol.*, 1008-1010. — De l'absorption de l'anhydride carbonique par les Crustacés Décapodes.

1898. — *Idem*, 1011-1013. — Variation des échanges gazeux chez les Crustacés Décapodes suivant la saison, l'habitat, la taille des animaux.

1899. — *Idem*, 868. — De l'importance de l'ammoniaque comme facteur éthologique.

1882. Bouquet de la Grye. — *C. R.*, **94**, 1063. — Sur la densité et la chloruration de l'eau de mer puisée à bord du *Travailleur*, en 1881.

1882. — *Ann. Chim. et Phys.*, **25**, 453-477. — Recherches sur la chloruration de l'eau de la mer.

1898. Bouilhac (R.). — *Ann. agron.*, **24**, 561-602. — Recherches sur la végétation de quelques algues d'eau douce.

1899. Bourcet. — *C. R.*, **128**, 1120. — Recherche et dosage colorimétrique de petites quantités d'iode dans les matières organiques.

1900. Bourcet. — *Chem. News*, 9 mars. — (Absorption de l'iode par les plantes.)
1900. — *C. R.*, **131**, 592. — Sur l'iode normal de l'organisme et son élimination.
1900. — **De l'iode dans l'organisme, ses origines, son rôle, son élimination.** — *Thèse médecine Paris*, 1 vol. 125 pages, Jouve et Boyer.
1901. — *C. R.*, **132**, 1364. — Les origines de l'iode de l'organisme. Cycle biologique de ce métalloïde.
1851. Boussingault (J.-B). — **Économie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie.** — 2 vol. in-8, IX-819 et 767 pages, 2e édition, Paris, Béchet jeune.
1856. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **48**, 129-170. — Recherches sur les variations que l'eau de la mer Morte paraît subir dans sa composition.
1874. — **Agronomie, Chimie agricole et Physiologie.** — Tome V, 1 vol. in-8, 428 pages, Paris, Gauthier-Villars.
1882. — *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **27**, 289. — Sur l'apparition du manganèse à la surface des roches.
1885. Branche. — **Le chlorure de sodium et les eaux chlorurées sodiques, eaux minérales et eaux de mer.** — *Thèse médec. Lyon.* — 1 vol., 295 pages, Paris, Baillière.
1890. Brandt (K.). — *Revue scient.*, 2e sem., 515. — La vie dans les mers.
1870. Brown (H.-T.). — *Chemical News*, **21**, 158, — in *Bull. Soc. Chim.*, **14**, 214. — Dosage de l'ammoniaque dans l'air atmosphérique.
1873. Bunge. — *Zeitschr. f. Biolog.*, **9**, 104-145. — Ueber die Bedeutung des Kochsalzes und das Verhalten der Kalisalze im menschlichen Organismus.
1874. — *Idem*, **10**, 111-132. — Ethnologischer Nachtrag zur Abhandlung über die Bedeutung des Kochsalzes und das Verhalten der Kalisalze im menschlichen Organismus.
1874. — *Idem*, **10**, 295-355. — Der Kali- Natron- und Chlorgehalt der Milch, vergleichen mit dem anderer Nahrungsmittel und des Gesammtorganismus der Säugethiere.
1891. — **Cours de Chimie biologique et pathologique.** — Traduction française Jaquet. — 1 vol., 594 pages, Paris, Carré.
1899. — *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, **28**, 300-302. — Ueber die Zusammensetzung des Knorpels vom Hausen.
1861. Bunsen et Kirchhoff. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **62**, 452. — Analyse chimique fondée sur les observations du spectre.
1862. — *Idem*, **64**, 257. — Même titre.
1900. Camerer jung (W.). — *Zeitschr. f. Biolog.*, **39**, 175-192. — Die chemische Zusammensetzung des Neugeborenen.
1893. Carnot (Ad.). — *Annales École des mines*, 9e s., **3**, 155-195. — Recherches sur la composition générale et la teneur en fluor des os modernes et des os fossiles des différents âges.
1896. — , *Idem.*, 9e s., **10**, 157-251. — Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires. Remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates.
1897. Casoli (A.). — *Le Stazioni sperimentali*, **30**, 211, — in *Ann. agron.*, 1897, **23**, 607. — Sur la présence du césium dans les cendres des plantes cultivées.
1902. Cerny (K.). — *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, **34**, 408-416. — Ueber das Vorkommen von Arsen im thierischen Organismus.
1876. Champion et Pellet. — *C. R.*, **83**, 485. — De la substitution équivalente des matières minérales qui entrent dans la composition des végétaux et des animaux.

1900. Charrin et Bourcet. — *C. R.*, ***130***, 945. — Variations de l'iode du corps thyroïde des nouveau-nés, sous des influences pathologiques.

1895. Chassevant. — *Dict. Physiol. Richet*, ***1***, 391-394. — Aluminium.

1897. — *Idem*, ***2***, 250-255. — Bore.

1900. — *Idem*, ***4***, 595-616. — Cuivre.

1850. Chatin. — *C. R.*, ***31***, 280. — Recherches sur l'iode des eaux douces (*suite*); de la présence de ce corps dans les plantes et les animaux terrestres.

1851. — *C. R.*, ***32***, 669. — Présence de l'iode dans l'air et absorption de ce corps dans l'acte de la respiration.

1858. — *C. R.*, ***46***, 599. — Diffusion générale de l'iode dans les eaux, les minerais et les corps organisés.

1859. — **Existence de l'iode dans l'air, dans les eaux, le sol et les produits alimentaires.** — Brochure 57 pages, Paris. — (Reproduite dans : *Ann. Soc. météor. de France*, 1859, **7**, 50-105).

1866. — *C. R.*, ***62***, 549. — Lettre sur ses travaux concernant la recherche de l'iode dans les plantes, dans les eaux et dans l'air.

1894. Chatin et Muntz. — *C. R.*, ***118***, 17. — Étude chimique sur la nature et les causes du verdissement des huîtres.

1895. — *C. R.*, ***120***, 531. — Analyse des coquilles d'huîtres.

1868. Chevreul. — *C. R.*, ***66***, 567. — Sur la présence du cuivre dans les êtres organisés.

1869. Cloëz. — *Bull. Soc. chim.*, nouv. s., ***12***, 23. — Composition comparée du salin du suint du mouton et de la sueur humaine.

1869. — *Idem*, nouv. s., ***12***, 28. — Notes sur les proportions relatives des alcalis dans la cendre de diverses plantes.

1877. — *Idem*, ***27***, 190. — Note sur la présence normale du cuivre dans le sang des animaux sauvages herbivores.

1886. Colin (G.). — **Physiologie comparée des animaux.** — 3e édit. Tome I; 1 vol. grand in-8, 928 pages, 131 fig., Paris, Baillière.

1888. — *Idem.* — Tome II ; 1 vol. grand in-8, 1112 pages, 130 fig., Paris, Baillière.

1905. Coupin. — *C. R.*, ***136***, 392. — Sur la nutrition du *Sterigmatocystis nigra*.

1813. Courtois. — *Ann. de Chim.*, ***88***, 304-310. — Découverte d'une substance nouvelle (Iode) dans le Vareck.

1889. Crampton. — *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.*, ***22***, 1072, — in *Bull. Soc. chim.*, 1889, 3e s., ***2***, 251. — Sur la présence de l'acide borique dans les plantes.

1879. Credner. — **Traité de Géologie et de Paléontologie.** — Trad. franç. Moniez, 1 vol., 667 pages, Paris, Savy.

1893. Cuénot. — *C. R.*, ***115***, 129. — Valeur respiratoire de l'hémocyanine.

1844. Danger et Flandin. — *C. R.*, ***19***, 644. — Note additionnelle au mémoire sur l'empoisonnement par le cuivre, lu à l'Académie, le 24 juillet 1845.

1874. Daremberg. — *C. R.*, ***78***, 1863. — De la présence du plomb dans le cerveau.

1838. Darondeau. — *C. R.*, ***6***, 616. — Examen des eaux de mer recueillies pendant le voyage de la *Bonite*.

1897. Dastre. — *Dict. Physiol. Richet*, ***2***, 144-209. — Bile.

1851. Daubrée. — *C. R.*, ***32***, 827. — Recherches sur la présence de l'arsenic et de l'antimoine dans les combustibles minéraux, dans diverses roches et dans l'eau de la mer.

1879. — **Études synthétiques de géologie expérimentale.** — 1 vol. grand in-8, III-828 pages, 181 fig., Paris, Dunod.

1864-1889. Dechambre. — *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales.* — Paris, Masson.

1902. Dehérain. — **Traité de Chimie agricole,** 1re édit. — 1 vol., 904 pages. — Paris, Masson.

1874. Delachanal et Mermet. — *Bull. Soc. chim.*, **22**, 62. — Analyse d'un calcul intestinal d'esturgeon.

1850. Demesmay. — *Journ. des Économistes*, 1849-1850, **25**, 7-45; 251-265. — Question du sel.

1848. Deschamps. — *C. R.*, **26**, 102. — Sur la présence normale du cuivre dans le corps des animaux.

1848. — *C. R.*, **27**, 589. — Note sur la présence normale du cuivre dans le sang de l'homme.

1848. — *Journ. de Phys. et de Chim.*, 3e s., **13**, 88-97. — Mémoire sur le cuivre physiologique.

1845. Devergie. — *C. R.*, **17**, 522. — Sans titre. — Cuivre organique.

1844. — *C. R.*, **19**, 917. — Du cuivre et du plomb qui se trouvent naturellement dans les organes de l'homme.

1838. Devergie et Hervy. — *Ann. d'Hyg.*, **20**, 463. — Du cuivre et du plomb comme éléments des organes de l'homme et des animaux.

1900. Diéré (Ch.). — *Soc. de Biol.*, 456. — Dosage du cuivre dans les recherches biologiques.

1900. — *Idem*, 458. — Le cuivre hématique des invertébrés et la capacité respiratoire de l'hémocyanine.

1905. — *Idem*, 1161. — Quelques nouveaux documents concernant le cuivre hématique des invertébrés et la capacité respiratoire de l'hémocyanine.

1877. Dieulafait. — *Ann. Chim. et Phys.*, **12**, 518. — L'acide borique. — Méthode de recherche. — Son existence normale dans les eaux des mers modernes et dans celles des mers de tous les âges. Origine et position des principaux horizons salifères des terrains sédimentaires; leurs rapports avec l'acide borique. Conséquences relatives aux eaux minérales salines. Origine et mode de formation de l'acide borique dans les lieux où il est industriellement exploité, particulièrement en Toscane.

1877. — *C. R.*, **84**, 1503. — La strontiane. — Sa diffusion dans la nature minérale et dans la nature vivante, à l'époque actuelle et dans la série des temps géologiques. — Conséquences relatives aux eaux minérales salifères.

1877. — *C. R.*, **85**, 605. — L'acide borique. — Méthodes de recherches; origine et mode de formation.

1878. — *C. R.*, **86**, 1470. — Présence et rôle des sels ammoniacaux dans les mers modernes et dans les terrains salifères de tous les âges.

1878. — *C. R.*, **87**, 954. — Existence de la baryte et de la strontiane dans toutes les roches constitutives des terrains primordiaux. Filons métallifères à gangue de baryte.

1878. — *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **15**, 540. — La baryte et la strontiane. — Leur existence normale dans toutes les roches constitutives des terrains primordiaux. Origine et mode de formation des combinaisons de baryte et de strontiane dans leurs gisements actuels; conséquences relatives aux filons métallifères à gangue de baryte.

1879. — *Idem*, **17**, 577. — La lithine. — Son existence normale dans toutes les roches de la formation primordiale; sa présence dans les eaux des mers modernes et des mers anciennes; sa concentration dans les eaux mères et les boues des marais salants. Conséquences relatives aux terrains salifères de tous les âges et à certaines classes d'eaux minérales.

1879. Dieulafait. — *Idem*, ***18***, 549. — Le cuivre. — Son existence à l'état de diffusion complète dans toutes les roches de la formation primordiale et dans tous les dépôts sédimentaires qui en dérivent directement. Conséquences principales de ce fait : 1° existence constante du cuivre dans les eaux des mers modernes et anciennes; 2° origine et mode de formation des minerais de cuivre; 3° présence nécessaire du cuivre dans toutes les eaux minérales de la formation primordiale.

1880. — *Idem*, ***21***, 256. — Le zinc. — Son existence à l'état de diffusion complète dans toutes les roches de la formation primordiale et dans les dépôts qui résultent de leur destruction. Conséquences principales : 1° existence constante du zinc dans les eaux des mers modernes et des mers anciennes; 2° origine et mode de formation des minerais de zinc; 3° groupe des minerais à gangue de sulfate de baryte.

1880. — *C. R.*, ***90***, 703. — Sur la présence normale du cuivre dans les plantes qui vivent sur les roches de la formation primordiale.

1880. — *C. R.*, ***90***, 1573. — Le zinc; son existence à l'état de diffusion complète dans toutes les roches de la formation primordiale et dans les eaux des mers de tous les âges.

1881. — *C. R.*, ***92***, 756. — Loi générale de la formation des eaux minérales salines; application au cas particulier de Gréoux (Basses-Alpes).

1881. — *C. R.*, ***93***, 224. — L'acide borique; son existence dans les lacs salés de la période moderne et dans les eaux salines naturelles.

1883. — *C. R.*, ***96***, 70. — Existence du zinc à l'état de diffusion complète dans les terrains dolomitiques.

1883. — *C. R.*, ***96***, 125. — Le manganèse dans les terrains dolomitiques.

1883. — *C. R.*, ***96***, 452. — Recherches géologico-chimiques sur les terrains salifères des Alpes Suisses et en particulier sur celui de Bex.

1883. — *C. R.*, ***96***, 718. — Le manganèse dans les eaux des mers actuelles et dans certains de leurs dépôts; conséquence relative à la craie blanche de la période secondaire.

1885. — *C. R.*, ***100***, 1017. — Nouvelle contribution à la question de l'acide borique d'origine non volcanique.

1885. — *C. R.*, ***100***, 1240. — Nouvelle contribution à la question de l'origine de l'acide borique; eaux de Montecatini (Italie).

1885. — *C. R.*, ***101***, 1297. — Étude chimique des matériaux ramenés par les sondages dans les expéditions du *Travailleur* et du *Talisman*. Présence constante du cuivre et du zinc dans ces dépôts.

1858. Donny. — *C. R.*, **47**, 562. — Note sur le cuivre contenu dans les farines de froment, etc.

1896. Drechsel. — *Zeitschr. f. Biolog.*, ***33***, 85-107. — Beiträge zur Chemie einiger Seethiere.

1898. Dubois (Raphaël). — **Leçons de Physiologie générale et comparée.** — 1 vol. grand in-8, IX-532 pages, Paris, Carré et Naud.

1900. — *Soc. de Biolog.*, 392. — Sur le cuivre normal dans la série animale.

1883. Duclaux. — *Encycl. chim. Frémy*; tome IX, 1re section : **Chimie biologique.** — 1 vol., 908 pages, Paris, Dunod.

1882. Dugast. — *Ann. agronom.*, ***8***, 226. — Composition des différentes variétés de chou-fourrage.

1887. — *Idem*, ***13***, 406-416. — Résumé des recherches sur l'alimentation du cheval exécutées à Hohenheim de 1876 à 1885.

1900. Dulac (Albert). — *Ann. agronom.*, **26**, 450. — Commerce des produits agricoles. Le bétail et la viande de boucherie.

1895. Dupasquier et Jay. — *Bull. Soc. chim.*, **13**, 877-880. — Sur le dosage de l'acide borique.

1874. Durand-Claye. — *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **3**, 188-195, — *C. R.*, **78**, 1754-1757. — Essai de vingt et un échantillons d'eau salée du canal de Suez.

1860. Durand-Fardel. — **Dictionnaire général des eaux minérales et d'hydrologie médicale.** — 2 vol., XXII-704 et 960 pages, Paris, J.-B. Baillière.

1862. — **Traité thérapeutique des eaux minérales de France et de l'étranger.** — 1 vol. in-8, XVI-773 pages, 1 carte, 2e édition, Paris, Germer-Baillière.

1883. — **Traité des eaux minérales de la France et de l'étranger et de leur emploi dans les maladies chroniques.** — 1 vol., VIII-664 pages, 3e édit., Paris, Germer-Baillière.

1891. Effront. — *Bull. Soc. chim.*, 3e s., **5**, 476-480. — Influence de l'acide fluorhydrique et des fluorures sur l'activité de la levure.

1897. Erdmann. — *Bull. Soc. chim.*, **18**, 528. — Sur la présence de l'azote ammoniacal dans les roches des terrains primitifs.

1852. Favre. — *C. R.*, **35**, 721. — Recherches sur la composition chimique de la sueur chez l'homme.

1891. Féré (Ch.). — *Soc. de Biolog.*, 665. — Note sur le bromure de strontium dans l'épilepsie.

1891. — *Idem*, 771. — Note sur la toxicité comparée des bromures en injections intra-veineuses.

1865. Forchhammer. — *Philosophical Transactions*, **155**, 203. — On the composition of sea-water in the different parts of the ocean.

1884. Forcrand (R. de) et Villiers. — *Encycl. chim. Frémy* : **Les Métaux**, 3e cahier, Lithium et Ammonium. — 1 vol. grand in-8, 150 pages, Paris, Dunod.

1878. Frédéricq. — *Acad. Roy. Belgique*, 2e s., **46**, 710. — Sur l'organisation et la physiologie du poulpe.

1893. — *C. R.*, **115**, 61. — Sur l'hémocyanine.

1883. Galippe (V.). — *Rev. d'Hyg.*, 23-34. — Note sur la présence du cuivre dans les céréales, la farine, le pain et les diverses autres substances alimentaires.

1883. — *Soc. de Biol.*, 245-248. — Note sur la présence du cuivre dans le cacao et le chocolat.

1899. Gallard. — *C. R.*, **128**, 1117. — Sur l'absorption de l'iode par la peau et sa localisation dans certains organes.

1900. — *C. R.*, **130**, 858. — Sur l'absorption des iodures par la peau humaine.

1893. Garnier. — *Encyclop. chim. Frémy* : **Chimie des liquides et des tissus de l'organisme.** — Tissus et organes (pages 599 à 701).

1891. Gassend (A.). — *Ann. agron.*, **17**, 352-354. — Sur la présence de l'acide borique dans les produits du sol.

1897. Gaube. — **Cours de Minéralogie biologique.** — 1 vol. in-12, III-250 pages, Paris, Maloine.

1899. — *Idem.* — 2e s., 1 vol. in-12, 378 pages, Paris, Maloine.

1901. — *Idem.* — 3e s., 1 vol. in-12, 334 pages, Paris, Maloine. — (Ce volume, non utilisé pour le présent ouvrage, apporte des documents nouveaux à nos pages 511-512, quant à la présence de l'aluminium à l'état normal chez le Vertébré supérieur.)

1897. Gautier (Armand). — **Leçons de Chimie biologique normale et pathologique.** — 1 vol., XVI-826 pages, 110 fig., Paris, Masson.
1899. — *C. R.*, ***129***, 9. — Examen de l'eau de mer puisée à différentes profondeurs; variations de ses composés iodés.
1899. — *C. R.*, ***129***, 189. — Présence de l'iode en proportions notables dans tous les végétaux de la classe des Algues et dans les Sulfuraires. — *Erratum*, p. 358.
1899. — *C. R.*, ***129***, 929. — Sur l'existence normale de l'arsenic chez les animaux et sa localisation dans certains organes.
1899. — *C. R.*, ***129***, 936. — Méthode pour la recherche et le dosage de très petites quantités d'arsenic contenues dans les organes.
1900. — *C. R.*, ***130***, 284. — Localisation, élimination et origines de l'arsenic chez les animaux.
1900. — *C. R.*, ***131***, 561. — La fonction menstruelle et le rut des animaux. Rôle de l'arsenic dans l'économie.
1900. — *XIIIe Congrès intern. Médec. Paris*; Section de Physiol., 86-99. — Sur l'arsenic normal des animaux et son rôle dans l'économie.
1902. — *C. R.*, ***134***, 1594. — L'arsenic existe normalement chez les animaux et se localise surtout dans leurs organes ectodermiques.
1902. — *C. R.*, ***135***, 855. — Localisation de l'arsenic normal dans quelques organes des animaux et des plantes. Ses origines.
1903. — *Bull. Soc. chim.*, ***29***, 31-35. — Localisation de l'arsenic normal chez les animaux et les plantes; ses origines.
1903. — *Idem*, ***29***, 466-467, séance du 8 mai. — Sans titre (dosage de l'arsenic marin).
1903. — *C. R.*, ***137***, 232-237. — Arsenic dans les eaux de mer, dans le sel gemme, le sel de cuisine, les eaux minérales. Son dosage dans quelques réactifs usuels. — *Erratum*, p. 374. — (Ce travail, non utilisé dans le corps du présent ouvrage, apporte des documents nouveaux à nos pages 228-229).
1897. Gley. — *C. R.*, ***125***, 312. — Présence de l'iode dans les glandules parathyroïdes.
1897. — *Semaine méd.*, 313. — Physiologie pathologique du myxœdème.
1898. — In *Presse médicale*, Annexes, 200. — Présence de l'iode dans le sang des Mammifères.

1900. Gley et Bourcet. — *C. R.*, ***130***, 1721. — Présence de l'iode dans le sang.

1842. Göbel (A.). — *Poggend. Annal.*, ***51*** (Ergenz.), 187-188. — Resültate der Zerlegung des Wassers vom Schwarzen, Asowschen und Kaspischen Meere.

1872. Gohren (Th. von). — **Die Naturgesetze der Fütterung der landwirthschaftlichen Nutzthiere.** — 1 vol., 615 pages, Leipzig, Hirschfeld.

1880. Gorup-Besanez. — **Chimie physiologique.** — Traduction française Schlagdenhauffen, 2 volumes grand in-8, VIII-788 et 557 pages; Paris, Dunod.

1865. Grandeau. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., ***67***, 155-236. — Recherches sur la présence du cœsium et du rubidium dans les eaux naturelles, les minéraux et les végétaux.
1864. — *Journ. Anat. et Physiol.*, ***1***, 378-385. — Expériences sur l'action physiologique des sels de potassium, de sodium et de rubidium, injectés dans les veines.
1893. — **L'alimentation de l'homme et des animaux domestiques.** — Tome I. — La Nutrition animale. — 1 vol., 403 pages, Paris, Firmin-Didot.

1882. Grandeau et Leclerc. — **Étude expérimentale sur l'alimentation du cheval de trait.** — 1er *Mémoire*. — 1 vol., 157 pages, Paris, Berger-Levrault.

1883. Grandeau et Leclerc. — *Idem.* — 2e *Mémoire.* — 1 vol., 205 pages, Paris, *id.*

1852. Grange. — *C. R.*, **34**, 532. — Observations sur la présence de l'iode et du brome dans les aliments et les sécrétions.

1892. Griffiths. — *C. R.*, **114**, 840. — Sur la composition de la pinnaglobine.

1900. — *C. R.*, **131**, 422. — Sur la composition des cendres de quelques plantes médicinales.

1897. Guérin (G.). — *C. R.*, **125**, 311. — Sur un composé organique, riche en manganèse, retiré du tissu ligneux.

1847. Harless. — *Arch. f. Anat., Physiol. und wiss. Medicin*, 148-156; — *Arch. f. physiol. und patholog. Chem. und Microscop.*, 275-278. — Ueber das blaue Blut einiger wirbellosen Thiere und dessen Kupfergehalt.

1898. Harnack. — *Zeitschr. f. phys. Chem.*, **24**, 412-424. — Ueber das Iodospongin, die jodhaltige eiwess artige Substanz aus dem Badeschwamm.

1893. Haselhoff (E.) — *Landwirthsch. Jahrbuch*, **22**, 851, — in *Ann. agronom.*, 1895, **21**, 140. — Recherches sur la substitution de la strontiane à la chaux dans la nutrition des plantes.

1847. Herapath. — *Chemical Gaz.*, **5**, 279-282. — On the composition of the root of the Radish.

1849-1850. — *Journ. f. prakt. Chemie*, 1849, **47**, 381-401, — et *Quarterly Journ. of the chem. Society*, 1850, **2**, 4-25. — Analyses of the Ashes of some Esculent Vegetables.

1892. Herbert et Peyrot. — *Soc. de Biol.*, 515. — Note sur l'accumulation et l'élimination du bromure de strontium.

1901. Hödlmoser. — *Zeitschr. f. physiol. Chem.*, **33**, 529-544. — Enthalten gewisse Organe des Körpers physiologischer Weise Arsen?

1895. Hogg (T.-W.). — *Bull. Soc. Chim.*, **14**, 1021. — Classes animales inférieures non sujettes à l'action vénéneuse du plomb.

1884. Homans. — *Ann. agronom.*, **10**, 83-84. — Sur l'acide azotique de l'eau des pluies dans les régions tropicales.

1899. Hornberger. — *Versuchs Stationen*, **51**, **6**, 573, — in *Ann. agronom.*, 1900, **26**, 351-353. — Sur la présence du baryum dans les plantes et le sol.

1846. Horsford. — *Ann. Chem. und Pharm.*, **58**, 391. — Analyse der Asche des Klee's (*Trifolium pratense*).

1869. — *Idem*, **149**, 202, — in *Bull. Soc. chim.*, 1869, **11**, 506. — (Présence du fluor dans le cerveau).

1899. Hugounenq. — *C. R.*, **128**, 1054. — Recherches sur la statique des éléments minéraux et particulièrement du fer chez le fœtus humain.

1899. — *C. R.*, **128**, 1419. — La composition minérale de l'enfant nouveau-né et la loi de Bunge.

1900. — *C. R.*, **130**, 941. — Sur la fixation des bases alcalines dans le squelette minéral du fœtus pendant les cinq derniers mois de la grossesse.

1900. — *C. R.*, **130**, 1422. — Statique minérale du fœtus humain pendant les cinq derniers mois de la grossesse.

1864-1886. Jaccoud. — *Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques.* — Paris, Baillière.

1901. Jantzen (F.). — *Centralbl. f. Physiol.*, **15**, 505-511. — Ueber die Bildung von Iodfett in der Milchdrüse.

1896. Jay (H.). — *Bull. Soc. chim.*, 3e s., **15**, 33. — Sur la dissémination de l'acide borique.

1888. Jodin (Victor). — *Ann. agronom.*, **14**, 241-255. — Étude sur les algues unicellulaires.

1897. Jolles. — *Zeitschr. f. analit. Chem.*, **36**, 149, — in *Bull. Soc. chim.*, 1897, *18*. 696. — Dosage du fer dans les urines.

1887. Jolly (L.). — **Les phosphates; leurs fonctions chez les êtres vivants.** — 1 vol., 584 pages; Paris, Carré.

1896. Jönsson (B.). — *Königl. Landt. Akad. Handl.*, **35**, 95, — in *Ann. agronom.*, 1897, **23**, 491. — Influence de l'arsenic sur la germination.

1896. Katz (Julius). — *Arch. f. die gesammte Physiol.*, **63**, 1-85. — Die mineralischen Bestandtheile des Muskelfleiches.

1861. Kirchhoff et Bunsen. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **62**, 452. — Analyse chimique fondée sur les observations du spectre.

1889. König (J.). — **Chemie der menschlichen Nahrungs-und Genussmittel.** — Tome I, 3e édition, 1 vol. XXVIII-1161 pages, Berlin, Julius Springer.

1893. — *Idem.* — Tome II, 1 vol. XVI-1385 pages, *id.*

1902. Kowalevsky et Salaskin. — *Zeitschr. f. physiolog. Chemie*, **35**, 552-567. — Ueber den Ammoniak und Milchsäuregehalt im Blute und über die Stickstoffvertheilung im Harne von Gänsen unter verschiedenen Verhältnissen.

1865. Küllenberg. — *Mitth. d. landw. Centralvereins für Schliesen*, 197. — (Travail non consulté, indication bibliographique empruntée à E. Wolff; sujet : analyse minérale du Topinambour).

1890. Laborde (J.-A.). — *Soc. de Biolog.*, 453-459. — Recherches expérimentales sur l'action propre et comparative du strontium et de ses sels solubles sur l'organisme.

1890. — *Idem*, 708-716. — *Idem.*

1891. — *Idem*, 562-566. — Contribution à l'étude expérimentale de l'action du strontium et de ses sels sur l'organisme.

1891. — *Idem*, 817-820. — Note sur les sels de strontium en thérapeutique.

1880. Ladureau. — *Ann. agronom.*, **6**, 215-222. — Études sur la composition chimique de la graine de lin.

1892. Lambling. — *Encyclop. chim. Frémy :* **Chimie des liquides et des tissus de l'organisme.** — I. Notions préliminaires. II. Les Aliments (pages 1 à 171).

1895. — *Idem.* — Le sang et la respiration, 406 pages.

1900. — *Traité de Pathologie générale de Bouchard.* — Tome III (première partie), 1-178. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal.

1900. Langlois et Richet. — *XIIIe Congrès intern. de méd. de Paris, Section de Physiol.*, 114-118. — Du chlore dans l'organisme.

1896. Lapicque. — *Soc. de Biol.*, 532. — Sur l'explication physiologique de l'usage du sel comme condiment.

1896. — *L'Anthropologie*, **7**, 35-45. — Documents ethnographiques sur l'alimentation minérale.

1897. — **Observations et expériences sur les mutations organiques du fer chez les vertébrés.** — *Thèse sciences Paris*, 1 vol., 169 pages, Paris, Carré et Naud.

1895. Lapicque et Richet. — *Dictionnaire de physiologie Richet*, **1**, 294-381. — *Article* Aliments.

1893. Lapparent (A. de). — **Traité de Géologie.** — 3e édition. — 2 vol. grand in-8, 1645 pages, 597 fig. — Paris, Masson.

1900. — **Traité de Géologie.** — 4e édition. — 3 vol., 1912 pages, 846 fig., Paris, *id.*

1881. Lawes, Gilbert et Warington. — *Ann. agron.*, 7, 429. — Sur la composition de l'eau de pluie et des eaux de drainage recueillies à Rothamsted.

1880. LECHARTIER (G.). — *Ann. agronom.*, **6**, 149-156. — Sur la composition du sarrasin.
1881. — *Ann. agronom.*, **7**, 376. — Sur la composition du sarrasin.
1892. — *Ann. agronom.*, **18**, 68-91. — Des variations de composition du topinambour au point de vue des matières minérales. Rôle des feuilles dans le développement de la plante.
1898. — *Ann. Science agronom.*, 2e s., 4e année, **1**, 121-154. — Douze années de culture de topinambours dans un même champ.
1877. LECHARTIER et BELLAMY. — *C. R.*, **84**, 687. — Sur la présence du zinc dans le corps des animaux et dans les végétaux.
1872. LECLERC. — *C. R.*, **75**, 1209-1214. — Dosage du manganèse dans les sols et les végétaux.
1827. LEGRAND. — **De l'or dans le traitement des maladies vénériennes primitives et invétérées.** — 1 broch., 27 pages, Paris.
1857. — **De l'or dans le traitement des scrofules.** — *Premier mémoire.* — 1 vol., 92 pages, Paris Baillière.
1857. — **Nouvelles contributions sur les préparations aurifères appliquées au traitement des maladies vénériennes.** 1 vol. Paris, A. Everat.
1857. — *C. R.*, **4**, 321. — Rapport sur un mémoire de M. A. LEGRAND intitulé : *De l'or dans le traitement des scrofules* (DUMÉRIL et ROUX, rapporteurs).
1858. — *C. R.*, **6**, 355. — De l'action des préparations d'or sur notre économie et plus spécialement sur les organes de la digestion et de la nutrition.
1859. — *C. R.*, **9**, 52. — Effets des feuilles d'or appliquées sur la peau pendant l'éruption de la petite vérole.
1842. — **De l'or, de son emploi dans le traitement de la syphilis récente et invétérée** et dans celui des dartres syphilitiques. Du mercure, de son inefficacité et des dangers de l'administrer dans le traitement des mêmes maladies, avec une appréciation du traitement antiphlogistique. (Précédé du rapport fait à l'Académie des sciences par M. MAGENDIE). — 1 vol., 548 pages, Paris, Baillière.
1843. — *C. R.*, **17**, 484. — (Sans titre. Au sujet de l'or).
1847. — *C. R.*, **23**, 611. — Action de l'or sur les organes de la digestion (supplément à un mémoire précédent).
1849 — **De l'action des préparations d'or sur notre économie et plus spécialement sur les organes de la digestion.** — 1 broch., 16 pages, Paris, Baillière.
1851. — **De l'or dans le traitement des maladies scrofuleuses des os.** *Deuxième mémoire.* — 1 vol., 154 pages, Paris, Baillière.
1895. LEHMANN (K. B.). — *Arch. für Hygiene*, **24**, 1-17. — Hygienische Studien über Küpfe. I. — Die Bestimmung kleiner Kupfermengen in organischen Substanzen.
1895. — *Idem*, **24**, 18-71. — II. Der Kupfergehalt der menschlichen Nahrungsmittel.
1895. — *Idem*, **24**, 72-85. — III. Welche Kupfermengen können durch Nahrungsmittel dem menschen unbemerkt zugeführt werden.
1896. — *Idem*, **27**, 1-17. — IV. Der Kupfergehalt von Pflanzen und Thieren in kupferreichen Gegenden.
1897. — *Idem*, **30**, 250-261. — V. Neue kritische Versuche über quantitätive Kupferbestimmung beim Vorhandensein geringer Mengen.
1897. LÉON (HENRY). — *Revue scientif.*, 1er sem., 570. — Salinité de l'eau de mer.
1874. LESSEPS (F. DE). — *C. R.*, **78**, 1749-1747. — Sur les lacs amers de l'isthme de Suez.
1844. LÉVI (E.). — *Ann. der Chem. und Pharm.*, **50**, 421-426. — Boden-und Aschenanalysen.

1887. Linossier. — *Soc. de Biol.*, 122. — De la localisation du baryum dans l'organisme à la suite de l'intoxication chronique par un sel de baryum.

1889. Lippmann (E. O. von). — *Bull. Soc. Chim.*, 3e s., **2**, 251. — Sur la présence de quelques éléments rares dans les cendres de betterave.

1895. Liversidge. — *Journ. and proceed. of the Roy. Soc. of New-South-Wales*, 335-349. — On the amount of gold and silver in sea-water.

1895. — *Idem*, 350-366. — The removal of silver and gold from sea-water by Muntz metal sheating. — (Ce travail, non utilisé dans le corps du présent ouvrage, apporte des documents nouveaux à notre page 250.)

1897. — *Chem. Soc.*, **71** et **72**, p. 298, — in *Bull. Soc. chim.*, 1897, **18**, 950. — Présence de l'or dans les dépôts salins.

1855. Lohmeyer. — *Gesellschaft der Wiss. zu Göttingen; Nachrichten*, 151-154. — Ueber das angebliche Vorkommen von Iod in der Milch, den Eiern und der atmosphärischen Luft.

1884. Mairet. — *C. R.*, **99**, 245. — Recherches sur le rôle biologique de l'acide phosphorique.

1878. Makin. — *Chemical News*, **77**, 155-156 et 171-172. — On the composition of the Atlantic Ocean.

1859. Malaguti. — *C. R.*, **49**, 465. — Lettre au sujet du travail de Tuld sur la présence de l'argent dans l'eau de mer.

1858. Malaguti et Durocher. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **54**, 257-297. — Sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal.

1850. Malaguti, Durocher et Sarzeaud. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **28**, 129. — Recherches sur la présence du plomb, du cuivre et de l'argent dans l'eau de la mer et sur l'existence de ce dernier métal dans les plantes et les êtres organisés.

1850. Marchand (E.). — *C. R.*, **31**, 495. — Sur la présence de l'iode dans les eaux douces et dans les plantes terrestres.

1852. — *C. R.*, **34**, 54. — Sur la constitution physique et chimique des eaux naturelles.

1854. — Des eaux potables en général et en particulier de celles des environs du Havre. — Brochure. Cote de la Bibliothèque Nationale de Paris : Vp. 19403. — Présenté à la *Soc. impér. d'agri cult., d'hist. natur. et des arts utiles de Lyon* (séance, 27 janvier 1854).

1866. — *Ann. Chim. et Phys.*, 4e s., **8**, 320-334. — Composition des cendres végétales.

1879. — *C. R.*, **88**, 1084. — Sur la diffusion de la lithine et sa présence dans l'eau de la mer.

1884. Maumené. — *C. R.*, **98**, 845. — Sur l'existence du manganèse dans les vins.

1884. — *C. R.*, **98**, 1056. — Sur l'existence du manganèse dans les vins et une foule de productions végétales ou animales.

1884. — *C. R.*, **98**, 1416. — Sur l'existence du manganèse dans les animaux et les plantes, et sur son rôle dans la vie animale.

1884. — *Bull. Soc. chim.*, nouv. sér., **42**, 305. — Sur l'existence du manganèse dans les plantes et son rôle dans la vie animale.

1896. — *Bull. Soc. chim.*, **15-16**, 52. — Sur l'acide borique et le manganèse; à propos de la note de H. Jay sur l'acide borique.

1873. Mayençon et Bergeret. — *Journal Anat. et Physiol.*, **9**, 389-399. — Recherche de l'argent et du palladium dans les humeurs et les tissus, par la méthode électrolytique.

1873. — *Mémoires et C. R. de la Soc. des sciences médicales de Lyon*, **13**, 57-64. — Recherches sur l'absorption de l'or.

1905. Meillère (G.). — *Soc. de Biolog.*, 517-518. — Sur la présence normale du plomb dans l'organisme. — (Ce travail, non utilisé pour le présent ouvrage, apporte des documents nouveaux à nos pages 297-298.)

1848. Melsens. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **23**, 358-374. — De l'absence du cuivre et du plomb dans le sang.

1860. Mène. — *C. R.*, **50**, 751. — Note sur la présence du fluor dans les eaux et moyen d'en constater sûrement la présence.

1848. Millon. — *C. R.*, **26**, 41. — De la présence normale de plusieurs métaux dans le sang de l'homme, et de l'analyse des sels fixes contenus dans ce liquide.

1897. Munk et Ewald. — **Traité de diététique.** — Traduct. franç. Heymans et Masoin. — 1 vol., 604 pages, Paris, Carré et Naud.

? Munster. — (in *Tout-savoir du bonhomme normand*, Caen, 1897, p. 66, et *Revue scientif.*, 1897, **7**, 185. — Présence de l'or dans l'eau de mer.)

1891. Muntz. — *C. R.*, **112**, 447. — Sur la répartition du sel marin suivant les altitudes.

1891. — *C. R.*, **113**, 779 et 804. — L'ammoniaque dans les eaux de pluie et dans l'atmosphère.

1892. — *C. R.*, **114**, 184. — L'ammoniaque dans les eaux de pluie et dans l'atmosphère.

1884. Muntz et Girard. — *Ann. de l'Institut agronom.*, n° 8; — in *Ann. agronom.*, 1884, **10**, 524. — Recherches sur la valeur alimentaire de l'avoine.

1887. Murray (John). — *Scottish geograph. Magazine*, p. 64. — On the total annual rainfall on the land of the globe and the relation of rainfall to the annual discharge of rivers.

1861. Nadler (G.). — *Vierteljahr. d. Naturfor. Gesellsch. Z.*, **6**, 382-415. — Untersuchungen über den angeblichen Jodgehalt der Luft und verschiedener Nahrungsmittel.

1866. — *Journ. f. prakt. Chem.*, **99**, 185-206. — Ueber den angeblichen Jodgehalt der Luft und verschiedener Nahrungsmittel.

1902. Nagel et Roos. — *Arch. f. Anat. und Physiol.* (partie physiologique), volume supplémentaire, fascicule 2. — (La teneur en iode de la glande thyroïde.)

1901. Nencky et Zalewsky. — *Zeitsch. f. physiol. Chem.*, **33**, 193-209. — Ueber die Bestimmung des Ammoniaks in thierischen Flüssigkeiten und Geweben.

1902. — *Arch. d. sciences biolog.*, Saint-Pétersbourg, **9**, 322-336. — Le dosage de l'ammoniaque dans les sucs et les organes d'animaux.

1856. Nicklès. — *C. R.*, **43**, 885. — Présence du fluor dans le sang.

1857. — *C. R.*, **45**, 351. — Sur la diffusion du fluor.

1858. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **53**, 455. — Recherches sur la diffusion du fluor.

1880. Nothnagel et Rossbach. — **Nouveaux éléments de matière médicale et de thérapeutique; exposé de l'action physiologique et thérapeutique des médicaments.** — Trad. franç. J. Alquier, 1 vol. in-8, XXXII-860 pages, Paris, Baillière.

1889. — *Idem*, 2e édition.

1885. Ochsenius. — *Congrès de Géologie de Berlin*, p. 65. — Ueber die Bildung von Steinsalzflötzen und Mutterlaugensalzen.

1897. Oswald (Ad.). — *Zeits. f. phys. Chem.*, **23**, 265-310. — Ueber den Jodgehalt der Schilddrüsen.

1899. — *Idem*, **27**, 14-49. — Die Eiweisskörper der Schilddrüse.

1898. Paderi. — *Riforma medica*, **3**, 342. — Sulla presenza del bromo nella ghiandola pituitaria e nel sistema nervoso centrale.

1894. Pagès. — **Physiologie de la matière minérale du lait.** — *Thèse sciences Paris*, 1895-1894, 1 vol. grand in-8, 119 pages, Paris, Jouve.

1888. Paparelli. — *Ann. de la Science agronom.*, **2**, 416. — Étude chimique de l'olivier.

1870. Papillon (F.). — *Journ. Anat. et Physiol.*, 7, 152. — Recherches expérimentales sur les modifications de la composition immédiate des os.

1873. — *Idem*, **9**, 255-259. — *Idem*.

1895. Passerini. — *Bol. Scuola agron. Scandici*, 12-22; — in *Ann. agronom.*, 1895, **21**, 599. — Le chlore dans les eaux de pluie.

1867. Péligot. — *C. R.*, **65**, 729-740. — Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux.

1869. — *C. R.*, **68**, 571. — Observations sur une note de M. Cloëz, relative à la composition du salin des diverses plantes.

1869. — *C. R.*, **69**, 1269. — Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux (3e mémoire).

1871. — *C. R.*, **73**, 1072-1080. — *Idem* (4e mémoire).

1875. — *C. R.*, **76**, 1113. — *Idem* (5e mémoire).

1885. — **Traité de chimie analytique appliquée à l'agriculture.** — 1 vol. in-8, 551 pages, Paris, Masson.

1879. Pellet. — *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **17**, 145. — Études nouvelles sur la composition générale des végétaux.

1880. — *C. R.*, **90**, 876. — Sur l'existence de l'ammoniaque dans les végétaux.

1895. Pennetier (G.). — **Histoire naturelle agricole du gros et petit bétail.** — 1 vol. grand in-8, XI-779 pages, Paris, Librairie polytech. Baudry.

? Perrier (Edmond). — **Traité de Zoologie**, fasc. I. — Paris, Savy-Masson.

1901. Perrier (G.). — *Bull. des sc. pharmacol.*, **3**, 193-195. — Sur la composition chimique d'un liquide pleurétique.

1890. Petermann (A.). — *Ann. de la science agronom.*, **1**, 32. — Contribution à la chimie et à la physiologie de la betterave à sucre.

1896. — *Idem*, 2e s., 2e année, **2**, 238. — Rapport sur les travaux de 1895 de la station agronomique de l'État à Gembloux.

1898. Pichard. — *C. R.*, **126**, 1882. — Contribution à la recherche du manganèse dans les minéraux, les végétaux et les animaux.

1897. Pieri et Portier. — *Arch. de Physiol. norm. et pathol.*, 5e s., **9**, 60-68. — Présence d'une oxydase dans certains tissus des mollusques acéphales.

1869. Pierre (Isidore). — *C. R.*, **69**, 1357. — Sur la présence de la potasse et de la soude dans les diverses parties des végétaux.

1897. Portier. — **Les oxydases dans la série animale. Leur rôle physiologique.** *Thèse médec. Paris*, 1897-1898, 1 vol., 115 pages, Paris, Steinhel.

1876. Pott (Robert). — *Sammlung physiologischer Abhandlungen*; Erste Reihe; Zweites Hept. — Untersuchungen über die Stoffvertheilung in verschiedenen Culturpflanzen mit besonderer Rücksicht auf ihren Nährwerth.

1889. Pouchet et Chabry. — *Soc. de Biol.*, 17. — Sur le développement des larves d'Oursins dans l'eau de mer privée de chaux.

1897. Quinton (R.). — *Soc. de Biol.*, 935. — Hypothèse de l'eau de mer, milieu vital des organismes élevés.

1900. — *XIIIe Congrès intern. de méd. de Paris*; section de physiolog., 213-215. — L'eau de mer, milieu organique. Constance du milieu marin originel, comme milieu vital, à travers la série animale. — Paris, Masson.

1900. Quinton. — *C. R.*, ***131***, 905. — Communication osmotique chez l'Invertébré marin normal, entre le milieu intérieur de l'animal et le milieu extérieur.

1900. — *C. R.*, ***131***, 952. — Perméabilité de la paroi extérieure de l'Invertébré marin, non seulement à l'eau, mais encore aux sels.

1868. Rabuteau. — *Gaz. hebd. de méd. et de chir.*, **5**, 582-584. — Recherches sur l'élimination des bromures. — Le brome existe normalement dans l'organisme. — De l'emploi des bromures dans l'intoxication saturnine.

1875. Rabuteau et Papillon. — *C. R.*, **77**, 155. — Observations sur quelques liquides de l'organisme des poissons, des crustacés et des céphalopodes.

1877. Raoult et Breton. — *C. R.*, ***85***, 40. — Sur la présence ordinaire du cuivre et du zinc dans le corps de l'homme.

1870. Raulin (Jules). — **Études chimiques sur la végétation.** — *Thèse sciences Paris*, 1 vol., 215 pages, Paris, Masson.

1870. — *C. R.*, ***70***, 634-638. — Sur les conditions chimiques de la vie des organismes inférieurs.

1871. — *Ann. Chim. et Phys.*, 4e s., ***24***, 266-290. — Recherches sur le développement d'une Mucédinée dans un milieu artificiel.

1865. Rautenberg. — *Bull. Soc. chim.*, nouv. sér., **4**, 264. — Dosage de l'urée et de l'ammoniaque dans l'urine.

1848. Richardson. — *Ann. Chem. und Pharm.*, ***67***, feuille adjointe à la page 376. — Beiträge zur chemischen Kentniss der Vegetabilien.

1878. Riche (Alf.). — *Journ. de Pharm. et Chim.*, ***27***, 538. — Dosage de petites quantités de manganèse et recherche de ce métal dans le sang, dans le lait et dans l'urine.

1895-? Richet (Ch.). — **Dictionnaire de Physiologie** (*en cours de publication*). — Paris, Alcan.

1900. — *C. R.*, ***131***, 1314. — Du sérum musculaire.

1866. Robinet et Lefort. — *C. R.*, ***62***, 457. — Analyse de l'eau de la mer Rouge.

1877. Ronna (A.). — **Rothamsted — Trente années d'expériences agricoles de MM. Lawes et Gilbert.** — Paris, Libr. agricole de la Maison rustique.

1896. Rosenthal. — *Zeits. für physiol. Chem.*, ***22***, 227. — Ueber die Vertheilung des Broms im Thierkörper nach Eingabe von Brom verbindungen.

1902. Ross (R.). — *British med. Journal*, 8 février, n° 2145. — (Présence de l'arsenic dans les cheveux de malades du Béri-béri, à Penang.)

1845. Rossignon. — *C. R.*, **17**, 514. — Sur le cuivre contenu dans les tissus organisés d'un grand nombre de végétaux et d'animaux, pour servir à confirmer l'existence du cuivre dans le corps humain à l'état normal.

1885. Rotureau (A.). — *Dict. encycl. Dechambre*, 1re sér., ***31***, 677-795. — *Article* : Eaux minérales naturelles.

1884. Rouff. — *Ann. agronom.*, ***10***, 85-87. — Analyse d'eau de pluie tombée à la Martinique.

1864. Roux (Benjamin). — *C. R.*, ***59***, 579-580. — Sur la salure de l'Océan.

1864. — *Arch. de méd. navale*, ***1***, 441-455. — Étude sur l'eau de l'Océan; sa densité et sa composition chimique.

1864. — *Ann. Chim. et Phys.*, 4e s., ***3***, 441. — Examen de l'eau de l'Océan.

1897. Rumpf et Kleine. — *Zeitsch. für Biolog.*, volume publié en l'honneur de W. Kuhne. — (Excrétion d'ammoniaque et de sels ammoniacaux chez l'homme et les animaux.)

1846. Saalmüller. — *Ann. Chem. Pharm.*, **58**, 389. — Analyse der Asche von Spinacea oleracea.

1902. Salaskin, Horodynski et Zalesski. — *Zeit. f. physiol. Chem.*, **35**, 246-265. — Ueber die Vertheilung des Ammoniaks im Blute und den Organen normaler und hungernder Hunde.

1850. Sarzeau. — *Journ. de Pharm. et des sc. access.*, 2e s., **16**, 505-518. — Sur la présence du cuivre dans les végétaux et dans le sang.

1852. — *Idem*, 2e s., **18**, 655-660. — Sur le cuivre dans les matières organiques. (Second mémoire).

1849. Schlienkamp (C.). — *Ann. Chem und Pharm.*, **70**, 319-321. — Aschenanalyse der Kohlknospen (Rosenkohl) und der Spargeln.

1896. Schnitzler et Ewald. — *Wiener Klin. Wochs.*, p. 657. — Ueber das Vorkommen des Thyrejodins im menschlichen Körper.

1875. Schloesing. — *C. R.*, **81**, 81. — Sur les lois des échanges d'ammoniaque entre les mers, l'atmosphère et les continents.

1875. — *C. R.*, **81**, 1252. — Sur les échanges d'ammoniaque entre les eaux naturelles et l'atmosphère.

1902. Schulz (H.). — *Arch. f. die gesam. Physiol.*, **89**, nos 1-2. — (Teneur des tissus animaux en silice.)

1902. Sellier (E.). — *Rev. génér. de Chimie pure et appl.*, **5**, 5-19 octobre, 2 novembre. — Sur le dosage de l'ammoniaque dans les produits végétaux et en particulier dans la betterave et les produits de la sucrerie et de la distillerie.

1870. Sonstadt. — *Chemical News*, **22**, 25, — in *Bull. Soc. chim.*, 1870, nouv. sér., **14**, 195. — Sur un nouveau caractère du rubidium et du césium et sur leur présence dans les eaux de la mer.

1872. — *Chemical News*, **26**, 159-161. — On the presence of gold in sea-water.

1901. Stassano et Bourcet. — *C. R.*, **132**, 1587. — Sur la présence et la localisation de l'iode dans les leucocytes du sang normal.

1850. Stein (W.). — *Journ. prakt. Chem.*, **51**, 302-310. — Ueber das Vorkommen des Arseniks im Pflanzenreiche.

1851. — *Journ. de Pharmacie*, 3e s., **19**, 299-301. — Sur la présence de l'arsenic dans les organes des plantes.

1897. Stoklasa. — *Ann. agronom.*, **23**, 471-477. — De la substitution de l'acide arsénique à l'acide phosphorique dans la nutrition de la plante.

1900. Suiffet (Th.). — *Journ. Pharm. et Chim.*, 6e s., **12**, 50. — Contribution à l'étude chimique de la glande thyroïde de mouton.

1871. Thorpe et Morton. — *Ann. Chem. und Pharm.*, **158**, 122-131. — Ueber das Wasser der irländischen Meeres.

1905. Thoulet. — *C. R.*, **136**, 477. — Absorption de l'ammoniaque par l'eau de mer.

1872. Tidy et Woordman. — *Journ. de médec. de Belg.*, août. — Recherches sur l'ammoniaque de l'urine.

1873. — *Bull. Soc. chim.*, nouv. sér., **19**, 173. — *Idem.*

1880. Tornöe. — *Journ. für prakti. Chem.*, **19**, 401-433; **20**, 44-76, — in *Bull. Soc. chim.*, 1880, **34**, 235. — Résultats de l'expédition norvégienne dans les mers du Nord.

1873. Truchot. — *C. R.*, 77, 1159. — Sur la quantité d'ammoniaque contenue dans l'air à différentes altitudes.

1899. Tschermak. — *Zeit. für das Landwirts. Versuchsweren in Oesterreich*, 560, — in *Ann. agronom.*, 1901, **27**, 150-151. — Sur la répartition du lithium dans le règne végétal.

1849. Usiglio. — *Ann. Chim. et Phys.*, 3e s., **27**, 92. — Analyse de l'eau de la Méditerranée sur les côtes de France.

1849. Usiglio. — *Idem*, **27**, 172. — Étude sur la composition de l'eau de la Méditerranée et sur l'exploitation des sels qu'elle contient.

1895. Vedrödi. — *Chemiker Zeitung*, **17**, 1952.

1896. — *Idem*, **20**, 599-400. — Das Kupfer als Bestandtheil unserer Vegetabielen. — In *Ann. agronom.*, 1897, **23**, 492. — Le cuivre comme élément constitutif des végétaux.

1897. Vernon (H.-M.). — *Journ. of Physiol.*, **21**, 445-496. — The relation of the respiratory exchange of cold-blooded animals to temperature (14 figures).

1898. — *Mittheilungen aus der zool. Station Neapel*, **13**, 541-425. — The relations between marine Animal and Vegetable Life.

1894. Viault et Jolyet. — **Traité élémentaire de physiologie humaine.** — 2e édition; 1 vol. grand in-8, 955 pages, 401 fig., Paris, Doin.

1895. Villiers et Fayolle. — *Bull. Soc. chim.*, 3e s., **13**, 787. — L'acide borique dans les vins.

1846. Way et Ogston. — *Journ. of the roy. agricultural Society of England*, **7**, 595. — Report on the Analysis of the Ashes of Plants.

1847. — *Idem*, **8**, 154-208. — (Même titre, 2e note).

1848. — *Idem*, **9**, 156-174. — (Même titre, 3e note).

1850. — *Idem*, **11**, 497-540. — (Même titre, 4e note).

1897. Weiske. — *Zeits. physiol. Chem.*, **22**, 485, — in *Bull. Soc. chim.*, 1897, p. 939. — De l'influence de l'inanition sur le poids et la composition des organes et spécialement des os et des dents.

1846. Wilson (George). — *Chem. Gazette*, **4**, 183-184. — On the solubility of Fluoride of Calcium in water, and its relation to the occurrence of Fluorine in minerals, and in recent and fossil plants and animals.

1849. — *Brit. Associat. Rep.*, 47-49, — *Chemist*, 1849-1850, **1**, 53-54. — On the presence of Fluorine in the waters of the Firth of Forth, the Firth of Clyde and the German Ocean.

1850. — *Brit. Ass. Rep.*, 67-68, — *Chem. Gazette*, **8**, 566-567. — On the presence of Fluorine in blood and milk.

1858. Witting. — *Journ. f. prakt. Chemie*, **73**, 121. — Ueber das Blut einiger Crustaceen und Mollusken.

1902. Wohlmuth (J.). — *Centralbl. für Physiol.*, n° 20, 4 janvier. — (Teneur en iode des glandes thyroïdes de mouton. — Travail non consulté. Indication bibliographique empruntée à *Rev. génér. des Sciences*, 28 février 1902, Supplément, p. 20.)

1871. Wolff (Emil). — **Aschen-analysen von land-und forstwirthschaftlichen Producten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen.** — Tome I. — 1 vol. in-4, XIII-194 pages, Berlin, Wiegandt et Hempel.

1880. — *Idem.* — Tome II. — 1 vol. VIII-170 pages, *id.*

1886. — **Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes.** — 1 vol. grand in-8, IV-155 pages, Berlin, Paul Parey.

1887. — *Idem.* — **Neue Beiträge.** — 1 vol. grand in-8, VI-151 pages, Berlin, Paul Parey.

1888. — *Ann. Science agronom.*, **2**, 556. — Principes de l'alimentation rationnelle du cheval. — Nouvelle série d'expériences exécutées en 1885-1886 à Hohenheim. — *Traduit de l'allemand.*

1897. Wormser (Edm.). — *Arch. f. gesam. Physiol.*, **67**, 505-540. — Experimentelle Beiträge zur Schilddrüsenfrage.

1868-1878. Würtz. — **Dictionnaire de chimie pure et appliquée.** — 3 vol. grand in-8, 1659, 1696, 794 pages. — Paris, Hachette.

1836. Yniestra. — *C. R.*, **3**, 95. — Présence de l'iode dans différents minerais et dans des plantes croissant loin de la mer.

1902. Ziemke (E.). — *Apotheke Zeitung*, **17**. — (Présence de l'arsenic dans l'organisme.)

CHAPITRE VII (II. *VII*).

1900 Lapparent (A. de). — **Traité de géologie.** — 4e édit., 3 vol. grand in-8, 1912 pages, 846 fig., Paris, Masson.

1882. Milne-Edwards (A.). — *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **27**, 555-567. — Les explorations des grandes profondeurs de la mer faites à bord de l'aviso *le Travailleur*.

? Rochebrune (A. T. de). — Les Vers, les Mollusques, les Échinodermes, les Zoophytes, les Protozoaires et les animaux des grandes profondeurs.— *Collection A. E. Brehm*, **Merveilles de la nature**. — 1 vol. VII-780 pages, 20 pl., 1302 fig., Paris, Baillière.

LIVRE II

1897. Bottàzzi. — *Arch. ital. de Biolog.*, **28**, 61-72. — Pression osmotique du sang des animaux marins.

1896. Fano et Bottazzi. — *Arch. ital. de Biolog.*, **26**, 45-61. — Sur la pression osmotique du sérum du sang et de la lymphe en différentes conditions de l'organisme.

1900. Hallion et Carrion.— *XIIIe Congrès international de médecine, Paris*; *Section de physiologie*, 191-194. — Recherches sur certaines modifications apportées à l'état du sang par des injections salées de tensions osmotiques diverses.

1901. Javal (A.). — *Soc. de Biolog.*, 551. — Les variations de l'excrétion de l'azote et du chlore pendant la dénutrition.

1902. Jolyet. — *Soc. de Biol.*, 293. — Sur quelques conditions de l'adaptation des Mammifères cétacés à la vie constante aquatique.

1877. Jolyet et Regnard. — *Arch. de Physiol.*, **4**, 44-62 et 584-633. — Recherches physiologiques sur la respiration des animaux aquatiques.

1895. Lambling. — *Encyclop. chim. Frémy*; **Chimie des liquides et des tissus de l'organisme**. — Le sang et la respiration. — 406 pages.

1901. Langlois. — *C. R.*, **133**, 1017. — De la polypnée thermique chez les animaux à sang froid.

1902. — *Soc. de Biolog.*, 2. — La lutte contre la chaleur chez les animaux poïkilothermes.

1903. — *Idem*, 1523. — La polypnée thermique chez *Agama colonorum*; influence de la dépression barométrique.

1900. Langlois et Richet. — *Journ. de physiol. et de patholog. génér.*, **2**, 742-754. — De la proportion des chlorures dans les tissus de l'organisme. Influence de l'alimentation et des autres conditions biologiques.

1882. Milne-Edwards (A.). — *Ann. Chim. et Phys.*, 5e s., **27**, 555-567. — Les explorations des grandes profondeurs de la mer faites à bord de l'aviso *le Travailleur*.

1897. Munk et Ewald. — **Traité de diététique.** — Trad. franç. Heymans et Masoin. — 1 vol., 604 pages, Paris, Carré et Naud.

1880. Nothnagel et Rossbach. — **Nouveaux éléments de matière médicale et de thérapeutique; exposé de l'action physiologique et thérapeutique des médicaments.** — Trad. franç. J. Alquier, 1 vol. in-8, XXXII-860 pages, Paris, Baillière.

1873. Quinquaud. — *C. R.*, **76**, 1141-1143, avec Erratum. p. 1225. — Expériences relatives à la respiration des poissons.

1896. Quinton (R.). — *C. R.*, **122**, 850. — Les températures animales dans les problèmes de l'évolution.

1896. — *C. R.*, **123**, 1094. — Le refroidissement du globe, cause primordiale d'évolution.

1897. — *C. R.*, **124**, 831. — L'évolution animale, fonction du refroidissement du globe.

1899. — *Soc. de Biol.*, 1897. — Le milieu marin organique et le sérum total du sang. — Concentrations moléculaires.

1904. — *Revue des idées*, **1**, 29-48. — Loi générale de constance originelle du milieu vital des cellules.

1891. Regnard (Paul). — Recherches expérimentales sur les conditions physiques de la vie dans les eaux. — 1 vol. grand in-8, VII-501 pages, 236 figures, Paris, Masson.

1899. Rodier (E.). — *Soc. scient. et Stat. zool. d'Arcachon.* (*Travaux des laboratoires*), 105-125. — Observations et expériences comparatives sur l'eau de mer, le sang et les liquides internes des animaux marins.

1900. — *C. R.*, **131**, 1008. — Sur la pression osmotique du sang et des liquides internes chez les poissons sélaciens.

1903. Widal. Froin et Digne. — *Bull. et Mém. Soc. médic. hôpitaux Paris*, 1208-1220. — La chloruration et le régime déchloruré chez les cardiaques.

1903. Widal et Javal. — *Soc. de Biolog.*, 1532. — Les variations de la perméabilité du rein pour le chlorure de sodium au cours du mal de Bright.

1903. — *Idem*, 1639. — La dissociation de la perméabilité rénale pour le chlorure de sodium et l'urée dans le mal de Bright.

1903. — *Bull. et Mém. Soc. médicale des hôpitaux Paris*, 733-747. — La cure de déchloruration. Son action sur l'œdème, sur l'hydratation et sur l'albuminurie à certaines périodes de la néphrite épithéliale.

1903. — *Presse médicale*, 701-705. — La chlorurémie et la cure de déchloruration dans le mal de Bright. Étude sur l'action déchlorurante de quelques diurétiques.

1903. Widal et Lemierre. — *Bull. et Mém. Soc. médic. hôpitaux Paris*, 678-697 et 785-788. — Pathogénie de certains œdèmes brightiques. — Action du chlorure de sodium ingéré.

1895. Zittel (Karl A.). — **Traité de paléontologie. — Paléozoologie.** — Tome III. Vertébrés : Poissons, Amphibiens, Reptiles, Oiseaux. — Trad. franç. Charles Barrois. — 1 vol. grand in-8, XII-894 pages, 719 fig., Paris, Doin; Munich et Leipzig, Oldenbourg.

1894. — *Idem.* — Tome IV. — Vertébrés : Mammifères. — Trad. *idem*; 1 vol. grand in-8, XI-806 pages, *id.*

LIVRE III

1885. Branchie. — **Le chlorure de sodium et les eaux chlorurées sodiques, eaux minérales et eaux de mer.** — *Thèse méd. Lyon.* — 1 vol. grand in-8, 295 pages, Paris, Baillière.

1897. Chevretin. — *Journ. Pharm. et Chimie*, 6ᵉ s., 5, 566-567. — Sur la présence du plomb dans certains sérums artificiels stérilisés.

1901. Dehérain et Demoussy. — *C. R.*, ***132***, 525. — Sur la germination dans l'eau distillée.

1899. Gautier (Armand). — *C. R.*, ***128***, 715-716. — Quantité maximum de chlorures contenus dans l'air de la mer.

1889. Pouchet et Chabry. — *Soc. de Biol.*, 17. — Sur le développement des larves d'oursins dans l'eau de mer privée de chaux.

1897. Quinton (R.). — *Soc. de Biol.*, 1098. — Sur l'action thérapeutique de l'eau de mer.

1870. Raulin (Jules). — **Études chimiques sur la végétation.** — *Thèse sciences Paris*, 1 vol., 215 pages, Paris, Masson.

TABLE DES AUTEURS

Abelous, 284.
Achard, 461.
Aeby, 331.
Anderson, 393, 394.
Andouard, 313, 355.
André, 312.
Arsonval (d'), 172.
Audoynaud, 223, 224.

Babinski, 461.
Baer (von), 70.
Baks, 219.
Balard, 275.
Baldi, 276.
Balland, 261, 281.
Barbé-Marbois, 379.
Barbier, 365, 382.
Barral, 365, 366, 367, 368, 373, 374, 376, 377.
— (auteurs cités par), 281, 311, 339, 341, 361, 367, 369, 371, 374, 376, 377, 379, 382, 406.
Barse, 288, 289, 298.
Barthez, 313.
Baubigny, 222, 276.
Baudrimont, 263, 332.
Bauer, 393.
Baumann, 256, 258, 270, 272, 273, 275, 276, 277, 322.
Baumert, 309.
Beaumont (Élie de), 236, 238, 241.
Béchamp, 244, 285, 289, 328.
Bechi, 308, 309, 310.
Becquerel, 370, 376, 377.
Bella, 372, 373, 378.
Bellamy, 299, 300.
Belluci, 407.
Belohonbek, 328.
Bergeret, 301, 319.
Bergeron, 285, 289.
Bernard (Claude), 86, 316.
Bernard Palissy, 374.
Berthelot, 272, 312.
Bertrand (Gabriel), 256, 277, 283, 284, 285, 303, 304, 305, 306, 317, 322.
Berzélius, 280, 281, 312.
Biarnès, 284.
Bibra (von), 217, 218, 220, 229, 281, 285, 294, 311, 324, 325, 329, 331, 339, 341, 366, 400, 401.
— (auteurs cités par), 393.
Bichat, 87, 107, 108.
Bichon, 401.
Bielfed, 265.
Bischoff, 345.
Bizio, 295.
Blasius, 287, 291.
Boedeker, 311.
Bohn, 224, 268, 424.
Bottazzi, 120, 121, 133, 441, 442.
Bouchard, 107, 185, 266, 275.
Bouchardat, 361, 375, 460.
Bouilhac, 307, 317, 322.
Bouquet de la Grye, 215, 217.
Bourcet, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277.
Boussingault, 223, 224, 255, 263, 312, 339, 340, 341, 366, 367, 371, 372, 373, 375, 377, 382, 389, 401, 406, 408.
— (auteurs cités par), 251, 312, 339.
Boutigny, 293.
Bouvier, 35, 39, 40, 41.
Braconnot, 339, 340.
Branche, 360, 361, 373.
— (auteurs cités par), 215, 245, 360, 363, 374, 375, 376, 382, 460.
Brandt (K.), 223, 224, 225.
Brault, 461.
Breton, 290, 299.
Bretschneider, 392.
Brücke, 252, 267.
Brugs, 460.
Brumer, 345, 366.
Brumerst, 332.
Bryan (G.-H.), 455.
Buch, 401.
Bucholz, 292.
Buffon, 372, 374, 379.
Bunge, 101, 249, 257, 263, 265, 266, 270, 278, 280, 312, 324, 328, 329, 345, 346, 348, 349, 351, 354, 355, 356, 357, 360, 361, 365, 368, 385, 387, 388, 389, 392, 399, 400, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414.
— (auteurs cités par), 269, 356.
Bunsen, 225, 232, 243, 301, 302.
Bunsen et Kirchhoff (auteurs cités par). 301.
Burdach, 281.
Burdine, 378.
Burin du Buisson, 279.

Camerer (auteurs cités par), 348.
Campbell, 393.

Carnot, 222, 225, 269, 330, 331, 351.
Carrière, 38.
Carrion, 185, 208, 210, 443.
Casoli, 316.
Caton, 379.
Cattanel di Momo, 289.
Cerny, 302, 304.
Chabrier, 223.
Chabry, 256, 257, 462.
Champion, 324, 558.
Chaptal, 370.
Charrin, 273.
Chassevant (auteurs cités par). 289, 295, 310, 313.
Chatin, 244, 264, 267, 270, 271, 272, 273, 275, 277, 334.
Cheviakof, 56.
Chevretin, 463.
Chevreul, 286, 292, 334.
Chrétien, 318.
Church, 289, 295, 407.
Cloëz, 285, 286, 300, 344, 406.
Coindet, 342.
Colin (G.), 92.
— (auteurs cités par), 262, 280, 339, 342.
Colomb (Christophe), 364.
Columelle, 379.
Corenwinder, 255.
Coupin, 257.
Courtois, 226, 273.
Crampton, 309.
Cuénot, 295.
Curven, 378.
Cuzent, 295.
Cyon, 310.

Daenhardt, 250, 251, 264, 267.
Damaskin, 266.
Dana, 225, 270.
Danger, 288, 319.
Daremberg, 298.
Darondeau, 217.
Darwin, 413.
Dastre, 146, 176, 211, 266.
— (auteurs cités par), 338.
Daubrée, 228, 235.
Daurier, 339, 341, 366, 367, 368.
Dechambre, 270.
Dehérain, 255, 280, 463.
— (auteurs cités par), 255.
Delachanal, 312.
Delage (Yves) et Hérouard, 14, 55, 56, 57, 62.
Demesmay, 376.
— (auteurs cités par), 359, 360, 361, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 376, 377, 378, 379, 380, 382.
Demoussy, 380, 463.
Deschamps, 279, 289, 293.
— (auteurs cités par), 289, 292, 293.
Devergie, 288, 289, 297, 298.
Dhéré, 285, 296, 297.
Dielt, 266.
Dieulafait, 223, 224, 226, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 315.
— (auteurs cités par), 224.
Ditmar, 362.
Dohrn, 53.
Dombasle (de), 371.
Donny, 293.
Drechsel, 275.
Dubois (Raphaël), 285, 295, 311.
Dubrunfaut, 316.
Duclaux, 293.
— (auteurs cités par), 328.
Duflocq, 157, 158, 461.
Dugast, 355, 357, 402, 405.
Dulac, 364.
Duménil, 219, 222.
Duméril, 318.
Dupasquier, 309.
Dupré, 286, 289.
Durand-Claye, 215.
Durand-Fardel, 242.
— (auteurs cités par), 245.
Durckeim, 33.
Durocher, 229, 230, 235, 243, 300, 301, 393, 394.
Duval (Mathias), 96, 99, 100, 107.
Dworzack, 311.

Echevaria, 323.
Eckard, 311.
Effront, 259, 270, 317.
Ehrenrerg, 420.
Enderlin, 262, 280.
Eykman, 105.

Faney, 169, 176.
Fano, 442.
Fawtier, 361, 371, 373, 375, 377, 379, 380.
Favre, 343, 344.
Fayolle, 309.
Féré, 315.
Ferrand, 295.
Festal, 461.
Figuier, 219, 222, 223, 334.
Filhol, 265.
Flandin, 288, 319.
Fleitmann, 342.
Focke, 302.
Folin, 455.
Follin, 289, 298.
Folwarczny, 301.
Forchhammer, 215 217, 218, 220, 223, 225, 226, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 254, 285, 295, 298, 300, 301, 311, 315, 319.
— (auteurs cités par), 225, 270.

Forcrand (auteurs cités par), 301.
Forster, 410, 441.
Fourcroy, 281.
Franconville, 374.
Frédéricq, 132, 133, 134, 148, 149, 152, 285, 295.
— (auteurs cités par) 229, 294.
Frémy, 331, 334, 335.
Frerichs, 337.
Frésénius, 244.

Gahn, 292.
Gaillot, 382.
Galippe, 287, 291, 293, 294.
— (auteurs cités par), 293.
Gallard, 274.
Garnier, 329.
— (auteurs cités par), 323, 324, 325, 327, 329, 331, 332, 334, 335.
Gasparin (Paul de), 406.
Gassend, 308, 309.
Gaube, 263, 281, 299, 310.
— (auteurs cités par), 268.
Gautier (Armand), 107, 222, 225, 226, 227, 228, 229, 244, 256, 258, 261, 265, 267, 280, 302, 303, 304, 305, 306, 308, 322, 326, 328, 330, 339, 342, 460.
— (auteurs cités par), 226, 263, 265, 267, 302, 327, 328, 330, 331, 332, 336, 337, 338, 339, 343, 344.
Genth, 120, 127, 264, 266, 295.
Geoghegan, 327.
Gilbert, 223, 348, 349, 351, 355, 407.
Gintrac, 460.
Giunti, 290, 295.
Glénard, 279.
Gley, 270, 271, 273.
Glower (William), 379.
Gmelin, 281.
Göbel, 215, 222, 225.
Gobley, 344.
Gohren (von), 348, 384, 385, 386.
Goin (A.), 353.
Gorup-Besanez, 246, 257, 263, 270, 281, 286, 287, 291.
— (auteurs cités par), 126, 251, 262, 264, 265, 267, 289, 297, 298, 327, 328, 335, 337, 338, 342, 346.
Gottlieb, 275.
Graham, 393.
Grandeau, 226, 232, 233, 243, 267, 293, 302, 316, 343, 367.
— (auteurs cités par), 243, 301, 348.
Grange, 274, 276, 277.
Griepenkerl, 397.
Griffiths, 120, 127, 277, 283, 284.
Gryns, 103.
Guérin (G.), 282.
Guilhon, 185.
Guinard, 291.
Gümbel, 231, 232.

Haase, 38.
Halliburton, 149.
Hallion, 147, 167, 185, 207, 208, 445.
Hamburger, 105, 266.
Hammerbacher, 336.
Hannon, 278.
Harless, 229, 285, 294.
Harnarck, 275.
Hartung, 265.
Haselhoff, 314.
Hayem, 169.
Hedin, 103, 155.
Heiden, 339, 341.
Heiderich, 52.
Heintz, 350.
Heise, 315.
Henneberg, 262, 280, 339, 340.
Hensen, 250, 251, 264, 267.
Herapath, 391, 396, 401.
Herbert, 315.
Hermann Fol, 456.
Hervy, 288, 297.
Hieronymi, 339, 341.
Hilger, 264, 267, 355.
Hödlmoser, 304.
Hogg (T. W.), 297.
Holub (C. von), 156, 158.
Homans, 223, 224.
Hoppe Seyler, 266, 328, 332, 335, 338.
Hornberger, 311.
— (auteurs cités par), 311.
Horsford, 269, 401.
Horstmar, 270.
Hugounenq, 265, 348, 349, 351, 355.
Hutchinson, 460.

Ivo Novi, 266.

Jacobsen, 337.
Jacubowitch, 336.
Jantzen (F.), 274.
Javal, 445.
Jay, 308, 309, 310.
Jobert, 30.
Jodin, 328.
John, 292, 334.
Johnson, 359.
Jolles, 266.
Jolly (J.), 169, 171, 175, 335.
Jolly (L.), 265.
Joly, 265.
Jolyet, 164, 441, 449, 450, 451.
Jönsson, 306.
Julia, 168, 177.
Jullien, 371, 372, 375.

Kane, 401.

Katz, 323, 324, 325.
Kemmerich, 410, 442.
Kennel, 40.
Kerckhoff, 244.
Kirchhoff, 225, 232, 243, 301, 302.
Klebs, 105.
Kleine, 268.
Klippel, 461.
Knopp, 311.
Koettstorffer, 226.
Kölliker, 344.
König, 388, 397, 399, 400.
Kosman, 244.
Kossel, 252.
Kowalevski, 267.
Kramer, 279.
Krause, 92.
Kreuzhage, 395.
Krummel, 52.
Kruschauer, 401.
Kühne, 252, 267.
Küllenberg, 389, 392, 395, 401.

Labastide, 377.
Laborde, 314, 315, 317.
Ladureau, 388.
Lalesque, 461.
Lambling, 247, 257, 258, 267, 270, 278, 310.
— (auteurs cités par), 107, 249, 250, 251, 252, 256, 262, 264, 267, 270, 272, 275, 346, 351, 441.
Lanaux, 289, 298.
Lang, 275.
Langlois, 405, 432, 442.
Lapicque, 265, 266, 361, 364, 388, 399, 400, 410, 411.
Lapicque et Richet (auteurs cités par), 339.
Lapparent, 237, 238, 420.
— (auteurs cités par), 52, 238, 253, 420.
Larivière, 460.
Larousse (auteurs cités par), 219.
Lassaigne, 336.
Latour (Amédée), 460.
Latzel, 38.
Laué, 244.
Laurent, 128, 222.
Lauzer (Martin), 278.
Lawes, 223, 348, 349, 351, 355, 407.
Lawes, Gilbert et Warington (auteurs cités par), 407.
Lebbin, 313.
Lechartier, 299, 300, 355, 356, 357, 389, 398, 400, 401, 402, 403.
Leclerc, 267, 281, 343, 367.
Lecoq, 359, 361.
Lefort, 215, 216.
Legrand, 318, 319.
Lehmann, 287, 288, 290, 291, 293, 294, 295, 338.
Lehmann (auteurs cités par), 287, 288, 289, 290, 292, 293, 295.
Lejonne, 157, 158.
Lembrech, 291.
Lépinois, 274.
Lesseps (F. de), 215.
Lévi, 395, 400, 401.
L'Hôte, 285, 289.
Liebig, 244, 328, 361, 365.
Linossier, 310.
Lippmann (von), 309, 316.
— (auteurs cités par), 316.
Liversdige, 230, 243.
Lohmeyer, 271.
Loye, 176, 211.
Ludwig, 92.
Lunin, 256.

Macadam, 226.
Mach, 287.
Mairet, 255.
Makin, 217, 219, 220, 222, 223.
Malaguti, 229, 230, 233, 243, 300, 301, 393, 394.
— (auteurs cités par), 230.
Marchall (John), 382.
Marchand, 219, 222, 223, 225, 226, 265, 275, 277, 281, 303, 391, 393, 395, 401, 408.
Marchessaux, 278.
Martin Lauzer, 278.
Martins, 361.
Martin Solon, 460.
Massart, 103.
Masterman, 42.
Maumené, 259, 280, 281, 282.
— (auteurs cités par), 281.
Mayençon, 300, 301, 319.
Mayençon et Bergeret (auteurs cités par), 300.
Mayrhofer, 293, 294.
Meissner, 292.
Melsens, 278.
Mermet, 312.
Mesnil (Félix), 65.
Mestre, 293, 294.
Miahle, 219, 222, 223.
Millon, 109, 262, 278, 279, 286, 297.
Milne-Edwards, 420, 455.
Minkowski, 268.
Mizzoni, 157, 158.
Moll, 379, 382, 408.
Morière, 376.
Moroschkin, 460.
Morton, 219, 220, 222, 223.
Mourson, 120, 127, 128.
Mroczkowski, 249, 254.
Muller, 275.
Mungo-Park, 363.
Munk, 410.
Munk et Ewald (auteurs cités par), 441.

Munster, 250.
Muntz, 223, 264, 267, 270, 275, 277, 554, 360, 407, 408.
Murray (John), 52, 253.

Nadler, 271.
Nagel, 274.
Nasse, 264.
Nencki, 267.
Nicklès, 225, 243, 269, 270.
— (auteurs cités par), 225.
Nothnagel, 360.
Nothnagel et Rossbach (auteurs cités par), 410, 442.
Novi (Ivo), 266.

Odling, 286, 289.
Ogston, 389, 390, 393, 401.
Ohlmuller, 313.
Oidtmann, 263, 289, 298, 327, 358.
Orbigny (d'), 420.
Orfila, 289.
Oswald, 275.
Overton, 103.

Paderi, 276.
Pagès, 345.
Paparelli, 356, 402.
Papillon, 277, 312, 314.
Passerini, 407.
Pavlov, 267.
Payen, 406.
Péligot, 344, 386, 387, 392, 394, 397, 406, 408.
Pellet, 267, 268, 324, 558.
Penck, 52.
Peroni, 301.
Perrier (Edmond), 13, 24, 58, 59, 60, 62, 64, 129.
— (auteurs cités par), 355.
Perrier (G.), 251.
Perrier (Rémy), 116, 130.
Petermann, 355, 356, 357, 392, 396, 398, 402.
Petersen, 101.
Pétrequin, 278, 279.
Peyrot, 315.
Pichard, 280, 281, 282, 285, 284.
Piéri, 285.
Pierre (Isidore), 407.
Pierron, 376.
Pioch, 460.
Piorry, 460.
Plagge, 313.
Platon, 374.
Platter, 289.
Pline, 369, 372, 376, 379.
Plouviez, 460.
Plutarque, 374.
Poleck, 262, 263, 264, 265, 337, 340.
Pollacci, 279, 280.
Portele, 287.
Porter, 342.
Portier, 277, 285.
Pott (Robert), 592, 594, 595, 596, 597, 598.
Pouchet, 256, 257, 462.
Pregl, 339.
Pressoir, 244.
Prévost, 407.
Prout, 339, 342.

Quinquaud, 451.
Quinton, 105, 120, 134, 165, 168, 169, 171, 177, 185, 208, 302, 305, 414, 420, 441.

Rabuteau, 274, 276, 277.
Rainard, 379.
Rammelsberg, 401.
Ranvier, 92, 171, 172.
— (auteurs cités par), 92, 100.
Raoult, 185, 290, 299.
Raulin, 157, 257, 375, 459.
Rautenberg, 267.
Recklingshausen, 350.
Regnard, 449, 450, 451, 456.
— (auteurs cités par), 455, 456.
Regnault, 219, 222.
Richardson, 388, 389, 391, 395, 396, 397, 400, 401.
Riche, 259, 279, 280.
— (auteurs cités par), 278.
Richet, 326, 388, 399, 400, 405, 442.
— (Dictionnaire), 280, 295, 310, 358, 388.
Rising, 309.
Robinet, 215, 216.
Rochebrune, 421.
— (auteurs cités par), 420.
Rodier, 101, 134, 138, 141.
Rogers, 342, 366.
Roos, 273, 274.
Rose, 337.
Ross (R.), 304.
Rossbach, 360.
Rossignon, 288.
Rouff, 224.
Roule (Louis), 14, 20, 42, 58, 62, 93, 118.
Roulin, 375.
Roux, 217, 318.
Rumpf, 268.

Saalmuller, 397, 401.
Salaskin, 267.
Salluste, 363.
Salm, 270.
Sarzeau, 286, 288, 292.
— (auteurs cités par), 286, 292.
Sarzeaud, 229, 230, 243, 300, 301.
Scheele, 311.
Schenck, 441.
Schiaparelli, 301.

Schlagdenhauffen, 120, 127, 128.
Schloesing, 223, 224, 232.
Schlienkamp, 395.
Schmidt, 250, 251, 265, 267, 328, 336, 338, 354, 355, 356, 357, 399.
Schmidt (Peter), 38.
Schulz, 393, 394.
Schützenberger, 331.
Schwartz, 362, 363.
Schwarzenbach, 291.
Schwentz, 265.
Sée, 315.
Sellier, 268.
Serres (de), 334.
Sertoli, 249, 252, 253, 254.
Sharples, 335.
Sillimans, 335.
Sinclair, 360, 369.
Smith (Angus), 407.
Socin, 256, 264, 266.
Söldner, 348, 349, 351, 355.
Solon (Martin), 460.
Sonstadt, 250, 253, 316.
Soxhlet, 101.
Spix, 361.
Sprengel, 281, 311, 339.
Stadeler, 276.
Staffel, 323.
Stankouléanu, 461.
Stassano, 271.
Stein, 306.
Stenhouse, 393.
Stephenson, 226.
Stoelzel, 325.
Stoklasa, 306.
Strauch, 252, 267.
Strecker, 328.
Sturm, 370.
Suiffet, 274.
— (auteurs cités par), 274.
Suppan, 52.

Tacite, 362.
Tamman, 269.
Tennesson, 461.
Thiry, 339.
Thorpe, 219, 220, 222, 225.
Thoulet, 224.
Tidy, 267.
Tillo (de), 52.
Tripier, 244.
Trone (Michel), 379, 380.
Truchot, 223.
Tschermak, 302.
Tuld, 230, 300.
Turck (Amédée), 376.
Turner, 281.

Ulex, 291, 295.
Usiglio, 215, 222, 225, 257.

Valentin, 281, 339, 340, 343, 366.
Van Beneden, 35.
Van Buch, 360.
Van den Berghe, 293, 294.
Vaquez, 172, 461, 465.
Vauquelin, 281, 286, 292, 312, 342, 344.
Veberacker, 378.
Vedrödi, 293.
Vernon, 225, 224, 268.
Viault et Jolyet (auteurs cités par), 328.
Vicke, 332.
Villemin, 460.
Villiers, 309.
Virgile, 376, 377.
Vogel, 128.
Voit, 107, 345.
Volkman, 351.
Vries (Hugo de), 103, 133.

Wackenroder, 286.
Wanderleben, 396, 401.
Warington, 225, 407.
Waterston, 453.
Watterton, 360, 373, 378.
Way, 389, 390, 393, 401.
Weber, 251, 262, 263, 264, 265, 325, 328, 337, 346.
Weiske, 261.
Wheeler, 38.
Wibel, 291.
Wicke, 287.
Widal, 443, 461.
Will, 244.
Wilson, 225, 269.
Winter, 164, 175, 177, 181, 182, 208.
Witting, 149, 153, 154, 294.
Wohlmuth, 274.
Wolff (Emil), 339, 340, 348, 350, 353, 354, 355, 356, 357, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403.
— (auteurs cités par), 389, 395, 396, 397.
Woordman, 267.
Wormser, 273.
Wurtz, 215, 216, 219, 277.
— (auteurs cités par), 215, 218, 222, 275, 407.
Wurzer, 278.

Young, 266.

Zaleski, 267, 330.
Zander, 338.
Zedeler, 323.
Ziemke, 302, 304.
Zittel, 444.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE III
RÉSUMÉ GÉNÉRAL V

LIVRE I

LOI DE CONSTANCE MARINE ORIGINELLE

PREMIÈRE PARTIE

ORIGINE MARINE DES PREMIÈRES CELLULES ANIMALES

CHAPITRE PREMIER

ORIGINE AQUATIQUE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Résumé du Chapitre 3
La vie animale présente quatre grands habitats, se réduisant en définitive à deux : habitat aquatique, habitat aérien 4
Nécessité de démontrer l'origine aquatique des organismes aquatiques eux-mêmes 5

PREMIÈRE DÉMONSTRATION DE L'ORIGINE AQUATIQUE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX 6

DEUXIÈME DÉMONSTRATION 7

TROISIÈME DÉMONSTRATION 12
Principe de la troisième démonstration, fondée sur l'examen du mode respiratoire 14
Méthode 14
Classification employée 14
PROTOZOAIRES 15
MÉSOZOAIRES 16
MÉTAZOAIRES. — 1. Spongiaires 17
2. Hydrozoaires 17
3. Scyphozoaires 18
4. Échinodermes 19
5. Plathelminthes 19
6, 7. Myzostomides, Acanthocéphales 21
8. Némathelminthes 21
9. Trochozoaires 22
10. Chétognathes 29
11. Arthropodes 29
12. Péripatides 40
13. Diplocordés 42
14. Hémicordés 42
15. Cordés 43
Résumé de la démonstration 47

CHAPITRE II

ORIGINE MARINE DE TOUS LES ORGANISMES ANIMAUX

Résumé du Chapitre. 50
Démonstration préliminaire de l'origine marine de tous les organismes animaux. 51
Démonstration effective. 54
Protozoaires. — Rhizopodes 55
Sporozoaires 56
Flagellés 56
Infusoires. 57
Mésozoaires. 57
Métazoaires. — Spongiaires. 58
Hydrozoaires 58
Scyphozoaires. 59
Échinodermes. 60
Plathelminthes 60
Myzostomides. 61
Acanthocéphales. 61
Némathelminthes 61
Trochozoaires. 62
Chétognathes 64
Arthropodes. 64
Péripatides 65
Diplocordés. 65
Hémicordés 65
Cordés. 65
Démonstrations accessoires. 68

CHAPITRE III

ORIGINE MARINE DES PREMIÈRES CELLULES ANIMALES

Résumé du Chapitre. 72
Première démonstration de l'origine cellulaire marine de la vie animale. 74
Deuxième démonstration 74
Mode de reproduction. 75
Mode de développement. 78

DEUXIÈME PARTIE

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, A TRAVERS LA SÉRIE ANIMALE

CHAPITRE PREMIER

DIVISION FONDAMENTALE DE L'ORGANISME EN QUATRE GRANDS DÉPARTEMENTS : MILIEU VITAL, MATIÈRE VIVANTE, MATIÈRE MORTE, MATIÈRE SÉCRÉTÉE

Résumé du Chapitre. 85
Nécessité d'une détermination précise du milieu vital 86

Division primordiale de l'organisme en quatre parts : 1° milieu vital, 2° matière vivante, 3° matière morte, 4° matière sécrétée 88
Détails de cette division 90
Milieu vital 90
Matière vivante 94
Matière morte, ou non immédiatement vivante 94
Matière sécrétée 98
Justification de cette division 98
Justification du milieu vital, quant à ses plasmas d'imbibition des tissus épithéliaux, conjonctifs denses et cartilagineux 99
Justification de la matière morte 102
Nécessité *a priori* de la matière morte 102
Réalité de la matière morte (preuves histologiques, physiologiques, chimiques) 104
Résumé du Chapitre. — Conception de l'organisme 110

CHAPITRE II

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES SPONGIAIRES, HYDROZOAIRES, SCYPHOZOAIRES ET QUELQUES ÉCHINODERMES

Résumé du Chapitre 112
Maintien chez les Spongiaires 113
— Hydrozoaires 115
— Scyphozoaires 117
— Échinodermes 117

CHAPITRE III

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ TOUS LES INVERTÉBRÉS MARINS

Résumé du Chapitre 119
Expériences. — Méthode 120
Premier groupe d'expériences 121
Deuxième — 122
Troisième — 123
Quatrième — 124
Conséquences de ces résultats. — L'Invertébré marin, fermé anatomiquement au milieu extérieur, lui est ouvert osmotiquement 126
Confirmation chimique 126
Conséquences de ces deux derniers Chapitres. — Au point de vue minéral, la majorité des organismes animaux a pour milieu vital de ses cellules le milieu marin lui-même 128
Appendice. — Historique 132
Technique et détails des expériences personnelles rapportées dans le corps du Chapitre 134

CHAPITRE IV

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES INVERTÉBRÉS D'EAU DOUCE ET AÉRIENS

Résumé du Chapitre 145
Préambule aux Chapitres IV, V, VI 145

PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES 147
DEUXIÈME — 153
TROISIÈME — 154
Expériences indirectes de C. von Holub 156
APPENDICE. — Technique des expériences personnelles rapportées plus haut. 158

CHAPITRE V

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES VERTÉBRÉS. (DÉMONSTRATION PHYSIOLOGIQUE.)

Résumé du Chapitre 160
Détermination des expériences fondamentales à effectuer pour la démonstration physiologique de la théorie marine 162
Eau de mer d'expérience 164
Calculs pour les poids d'animaux, poids ou volumes d'injection, d'excrétion, d'alimentation, vitesses d'injection, d'élimination, etc. 165
PREMIER GROUPE D'EXPÉRIENCES 165
DEUXIÈME — 169
TROISIÈME — 171
Résumé des trois groupes d'expériences qui précèdent. — Démonstration physiologique effectuée. 173
QUATRIÈME GROUPE D'EXPÉRIENCES 175
Première série 177
Deuxième série 185
Loi générale du travail rénal 198
Interprétation des résultats de la première série 205
APPENDICE. — Note de L. HALLION 207

CHAPITRE VI

MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ LES VERTÉBRÉS. (DÉMONSTRATION CHIMIQUE.)

Résumé du Chapitre 212

PARAGRAPHE I. — COMPOSITION MINÉRALE DE L'EAU DES MERS MODERNES.

L'eau de mer typique est celle des grands océans 215
Analyse au premier degré de l'eau de mer typique 220
Analyse au second degré 221
1er sous-groupe des corps rares — Brome 222
Carbone 222
Silicium 222
Fer 223
Azote (et Ammonium) 223
Fluor 225
Phosphore 225
Lithium 225
Iode 226
Bore 228
Arsenic 228
Cuivre 229

1e sous-groupe des corps rares. — Argent. 230
Or. 230
Zinc. 230

sous-groupe des corps rares. — Manganèse 231
Strontium. 232
Baryum 233
Césium, Rubidium. 233
Aluminium. 233

sous-groupe des corps rares. — Plomb. 233
Cobalt. 234

PARAGRAPHE II. — COMPOSITION MINÉRALE DE L'EAU DES MERS ANCIENNES.

Considérations générales 235
Étude des dépôts marins et des sources qui en émanent. 236
Analogie de composition des mers anciennes et modernes 243

PARAGRAPHE III. — COMPOSITION MINÉRALE DU MILIEU VITAL DES VERTÉBRÉS SUPÉRIEURS. — RESSEMBLANCE ÉTROITE DE COMPOSITION AVEC L'EAU DE MER.

Avant-propos. 246
Composition minérale du milieu vital des Vertébrés les plus élevés, les plus éloignés de la souche marine. — Analyses au premier degré. . . . 248
Première comparaison avec l'eau de mer. — Ressemblance frappante. . 252
Nécessité d'une ressemblance plus complète, s'étendant jusqu'aux corps les plus rares. 256
Recherche dans le milieu vital des corps rares marins. — Points et méthode de recherche 259
Démonstration de la présence des corps rares marins dans le milieu vital des Vertébrés les plus élevés. — Silicium. 262
Fer 264
Ammoniaque 267
Fluor 269
Iode. 270
Brome. 276
Manganèse. 277
Cuivre. 285
Plomb. 297
Zinc. 299
Argent. 300
Lithium 301
Arsenic 302
Bore. 308
Baryum 310
Aluminium. 311
Strontium 313
Rubidium, Césium 315
Or. 317
Cobalt. 319
Conséquences étrangères et immédiates 321

PARAGRAPHE IV. — LA COMPOSITION MINÉRALE DES ALIMENTS NATURELS N'EXPLIQUE PAS, CHEZ LES VERTÉBRÉS SUPÉRIEURS, LA COMPOSITION MARINE DU MILIEU VITAL.

PREMIÈRE RÉFUTATION. — Des quatre grands départements organiques : milieu vital, matière vivante, matière morte, matière sécrétée, qui, tous,

tirent leurs principes constituants de l'alimentation générale, seul, le milieu vital offre la composition minérale de l'eau de mer 322
Composition minérale de la matière vivante 325
— — morte 329
— — sécrétée 336

Deuxième réfutation. — Loin que la composition marine du milieu vital des Vertébrés supérieurs s'explique par la composition minérale de leur alimentation naturelle, on peut dire bien plutôt qu'elle est réalisée en dépit de l'alimentation 347
Pauvreté en soude des aliments fondamentaux des Vertébrés supérieurs (aliments végétaux). — Preuves chimiques 348
Preuves physiologiques 358
1° Avidité pour le sel des animaux végétariens, et des animaux végétariens seuls 358
2° Avidité pour le sel des Hommes principalement végétariens 361
3° Économie physiologique en chlorure de sodium chez les animaux végétariens, faible teneur en soude de leurs évacuations 365
4° État morbide latent et dépérissement des animaux végétariens qui n'ajoutent pas à leur alimentation naturelle une ration de chlorure de sodium 369

Appendice. — Composition minérale moyenne des différents aliments végétaux, calculée d'après la table de Th. von Gohren (1872) 384
Pauvreté en soude de la plupart des végétaux 386
Analyses d'aliments végétaux, parues depuis la dernière table de Wolff (1880) et effectuées, quant à la potasse et à la soude, selon le procédé précis du chloroplatinate 401
Réfutation de la théorie de Bunge, touchant l'avidité pour le sel des animaux végétariens 404
Hypothèse de Bunge 411

CHAPITRE VII

NON-MAINTIEN DU MILIEU MARIN ORIGINEL, COMME MILIEU VITAL DES CELLULES, CHEZ QUELQUES ORGANISMES INFÉRIEURS ET DÉCHUS. LOI DE CONSTANCE MARINE ORIGINELLE, FRAGMENT D'UNE LOI DE CONSTANCE PLUS GÉNÉRALE. — CONCEPTION DE L'ORGANISME

Résumé du Chapitre 415
Loi de constance marine, fragment d'une loi de constance plus générale . 416
Non-maintien du milieu marin originel, comme milieu vital des cellules, chez quelques organismes 418
État de vie ralentie correspondant à ce non-maintien 420
Loi de constance marine originelle 424
Conception de l'organisme 425

LIVRE II

LOI GÉNÉRALE DE CONSTANCE ORIGINELLE

Loi de constance thermique 430
Position à l'état d'hypothèse de la loi de constance osmotique originelle . 436
Démonstration de cette loi 438
Loi générale de constance originelle 451

APPENDICE. — Causes possibles de la concentration des mers au cours des âges 452
Nouveau caractère distinctif du Vertébré 453
Amorce d'une loi de constance lumineuse 454

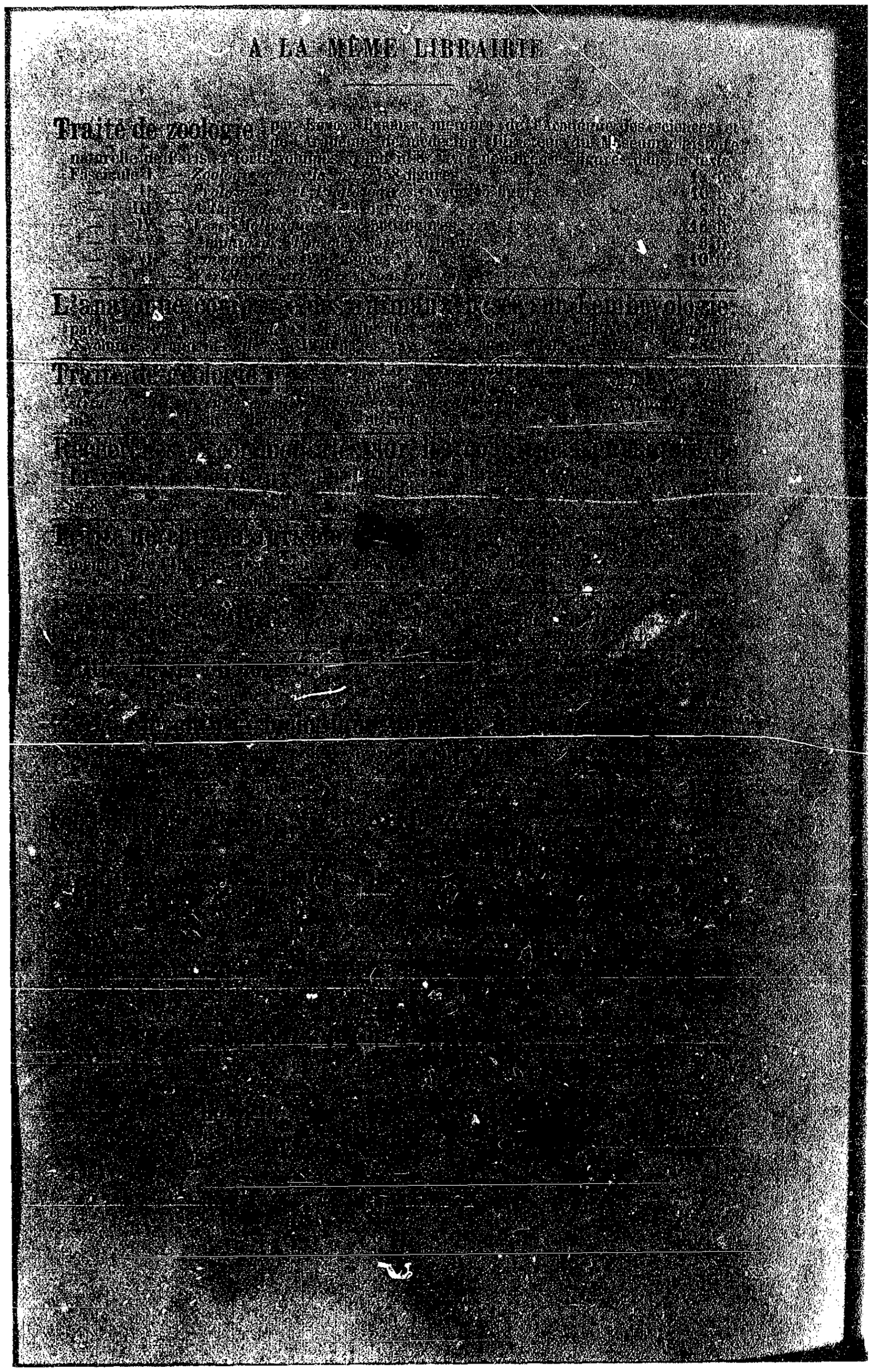
LIVRE III

L'EAU DE MER EN THÉRAPEUTIQUE

Ancienne thérapeutique marine 459
Mode d'application actuel du traitement marin 461
Effets immédiats 464
Effets médiats 465

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE 467
TABLE DES NOMS D'AUTEURS 491
TABLE GÉNÉRALE 497

51181. — Imprimerie LAHURE, rue de Fleurus, 9, à Paris.


A LA MÊME LIBRAIRIE
Traité de zoologie
L'anatomie comparée et la paléontologie