

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE
DE LYON

Année 1911

—
(NOUVELLE SÉRIE)
—

TOME CINQUANTE-HUITIÈME

LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

—
1911

MODIFICATIONS
DES
CONDITIONS DE VIE DES VERTÉBRÉS MARINS
AU COURS DES PÉRIODES GÉOLOGIQUES

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MODIFICATIONS DES MERS

PAR

P. H. RUSSO

Médecin Aide-Major de 2^e classe.

Des recherches biologiques entreprises au moyen de l'ultramicroscope m'ont permis, depuis quelque temps déjà, de considérer le taux de 6 0/00 environ de chlorure de sodium dans le milieu vital (sang et lymphé), comme nécessaire à la vie cellulaire chez les mammifères (*Soc. méd. hôp. de Lyon*, 27 mai et 6 juin 1910; *Arch. internat. de physiol.*, 24 septembre 1910).

Cette donnée, rapprochée de diverses autres empruntées à des auteurs, les uns géologues, les autres biologistes : Stanislas Meunier, de Lapparent, René Quinton, m'a permis de considérer comme possible l'établissement, avec autant de probabilité qu'en comportent les questions géologiques, auxquelles manque bien souvent l'observation directe, d'un exposé des conditions de la vie cellulaire à travers les périodes géologiques.

Lorsqu'une cellule animale se trouve plongée dans un milieu liquide identique au milieu vital du sujet dont elle provient, elle conserve intacte sa vitalité. Ainsi, un leucocyte placé dans de l'eau de mer isotonisée (plasma de Quinton) et observé à l'ultramicroscope, laisse voir tous les caractères de mobilité des grains protoplasmiques propres à une cellule vivante. Sa

membrane plasmatique est mince et souple, formée de peu de grains, très fins et rapprochés. Plaçons cette cellule en un milieu où la concentration saline soit plus forte que celle du milieu vital du sujet dont elle provient ; nous la voyons ralentir les mouvements de ses grains, et prendre une membrane plasmatique plus dense.

Etudions de près cette membrane. Gaidukorf chez les cellules végétales (1), et moi-même chez les cellules animales (2), avons vu que la membrane plasmatique, — ou ses équivalents, comme les enveloppes des vacuoles, — se développe sous l'action même des sels et autres gélifiants pouvant se trouver dans le milieu ambiant. Elle est formée de grains immobiles groupés en gel (alors que le reste de la cellule est un sol) et provenant de la coagulation même du corps cellulaire par les sels. Sa partie la plus dense, la plus fortement coagulée, se trouve à la périphérie. Au contraire, du côté du centre de la cellule, elle se confond insensiblement avec le protoplasma. Les grains qui constituent cette membrane sont, lorsque la cellule se trouve dans un milieu normal, assez rapprochés, et, chez les cellules vivant dans des milieux acides et coagulants (cellules stomacales, cellules de l'épithélium vésical), la membrane plasmatique est extrêmement dense et les grains si rapprochés, qu'ils semblent former une ligne continue. Au contraire, lorsqu'une cellule, et surtout une cellule fragile, comme un leucocyte, est placée brusquement dans un milieu très salé, la membrane, en s'épaississant, donne un gel à grains distants, qui laissent entre eux de grands espaces. On a l'impression nette, à l'examen ultramicroscopique, que cette membrane ne serait capable, si elle devait être placée sur le passage d'un liquide, que de se comporter à son égard comme un filtre, non comme un dialyseur. Et, de fait, qu'est normalement cette membrane plasmatique au point de vue physique? Histologistes et physiologistes nous l'ont dès longtemps appris : il s'agit d'une membrane hémiperméable, laissant passer l'eau,

(1) N. Gaidukorf, *Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie*.

(2) Ph. Russo, le Leucocyte humain à l'ultramicroscope (*Soc. méd. des Hôp. de Lyon*).

non les sels. Et alors, lorsque dans la solution sursalée la membrane ne sera plus normale et que le protoplasma, brusquement gélifié, ne constituera plus qu'un filtre et non une membrane hémiperméable, nous constaterons que la cellule, tout entière envahie par les sels, est gélifiée, morte (1).

Comment donc les cellules vivant en milieu acide n'en font-elles pas autant?

Une comparaison s'impose pour répondre. Lorsque les cellules fragiles comme les leucocytes sont mises en solution très peu sursalée, l'épaississement de la membrane se fait à grains plus fins et plus serrés que lorsque la surcharge en sel est brutale. Et les grains sont d'autant plus fins et plus serrés que la surcharge est moindre. Il y a donc là, vraisemblablement, un phénomène d'accoutumance lente. Les cellules, soumises à des augmentations extrêmement minimales de salure ou d'acidité, ont eu le temps, se gélifiant à peine, de donner des grains très serrés et très denses, et ainsi s'est formée peu à peu une membrane capable de résister aux agents coagulants.

Or, Quinton a démontré que, « en face des variations de tout ordre que peuvent subir, au cours des âges, les différents habitats, la vie animale, apparue à l'état de cellule dans des conditions physiques et chimiques déterminées, tend à maintenir, pour son haut fonctionnement cellulaire, à travers la série zoologique, ces conditions des origines (2) », et que, en outre, ce sont les espèces les plus récentes qui conservent les conditions internes de vie les plus proches de celles des espèces les plus anciennes au moment de leur apparition.

Cette loi et les données exposées plus haut sur l'action des gélifiants à l'égard de la membrane d'enveloppe des cellules est le point de départ de mon exposé.

Les vertébrés actuels ont leurs plus anciens représentants connus chez les ganoïdes et les sélaciens qui, dès la fin de l'époque silurienne, sont représentés dans le gothlandien.

D'autre part, le milieu vital des mammifères et des oiseaux,

(1) *Soc. méd. des Hôp. de Lyon*, juin 1910.

(2) *L'eau de mer milieu organique*.

les plus récents des vertébrés, contenant un taux de chlorure de sodium qui oscille autour de 6 o/oo, il s'ensuit que leurs ancêtres lointains, les poissons cartilagineux gothlandiens, possédaient, en vertu de la loi de Quinton, un milieu vital chargé à 6 o/oo de chlorure de sodium.

Mais Quinton a montré que les poissons ganoïdes actuels, loin de conserver fixe le taux ancestral salin de leur milieu vital, comme le font les autres vertébrés, par exemple les poissons osseux, subissent, de la part de la mer dans laquelle ils vivent, une élévation de ce taux salin pouvant atteindre jusqu'à 22 o/oo (1). On voit combien nous sommes loin du taux de 6 o/oo des mammifères.

Cependant, une certaine résistance à l'action salante du milieu marin se manifeste encore chez eux, car, si ces poissons étaient comme les invertébrés marins, équilibrés osmotiquement au milieu où ils vivent, ils auraient, comme ces derniers, un milieu vital titrant 33 o/oo en chlorures. Or, ils maintiennent entre leur milieu vital et la mer un déséquilibre de 10 o/oo ; ils possèdent donc la propriété, démontrée par Quinton, commune à tous les vertébrés, de tendre à conserver la concentration ancestrale ; mais cette tendance, ils ne la réalisent pas jusqu'au bout.

Pourquoi ne la réalisent-ils pas ? En vertu même des propriétés de certaines cellules que je vais exposer et dont je vais faire voir la relation avec les changements survenus à travers les âges géologiques dans la salure des mers.

Si les poissons cartilagineux ont présenté, à l'époque de leur apparition, une concentration de leur milieu intérieur analogue à celle des mammifères actuels, 6 o/oo, est-ce à dire que la mer où ils vivaient était chargée à 6 o/oo de chlorure de sodium ? Il est peu probable qu'il en fût ainsi, car ils devaient présenter la possibilité de résister à la salure ambiante, comme ils la présentent encore aujourd'hui ; la mer pouvait donc être

(1) Cette condition est réalisée grâce à la résistance considérable de la membrane plasmatique de leurs cellules au passage des sels, qui permet à celles-ci d'être baignées dans un milieu sursalé sans en subir d'inconvénients.

salée à plus de 6 o/oo sans que, pour cela, les poissons cartilagineux possédassent un milieu intérieur contenant plus de 6 o/oo de chlorure de sodium.

Toutefois, les ancêtres des poissons ganoïdes semblent, dans l'état actuel de nos connaissances, pouvoir être recherchés chez des invertébrés développés eux-mêmes dans le milieu marin. Or, les invertébrés marins sont équilibrés osmotiquement au milieu. Il s'ensuit donc que, ou bien leurs cellules étaient douées d'une enveloppe capable de les protéger contre un milieu sursalé, ou bien ce milieu n'était pas sursalé. Enfin, les ancêtres de tous les animaux étaient des protozoaires, des êtres unicellulaires et, pour que la vie leur fût possible, il fallait qu'à un moment, *la concentration saline de leur milieu vital, la mer, ait été de 6 0/0.*

Si, d'autre part, nous considérons les phénomènes que nous apprend la paléontologie en ce qui concerne la succession des espèces, nous voyons que les premiers vertébrés connus, les ganoïdes placodermes et les sélaciens, se sont montrés dès l'époque silurienne.

Puis, à l'époque westphalienne, prennent naissance des amphibiens stégocéphales, actuellement disparus, mais qui, ensuite, aux époques stéphanienne et permienne, donnent naissance aux divers ordres de reptiles et, en particulier, aux théro-morphes, vers lesquels les paléontologistes modernes sont entraînés à rechercher l'origine des mammifères jurassiques. Tous ces vertébrés, à partir des amphibiens, sont aériens et, dès lors, ne nous intéressent plus. Au début du lias, se montrent les poissons osseux, qu'avaient précédés des ganoïdes tendant à l'ossification de leur colonne vertébrale, des salaciens divers, et tous ceux là, marins, sont ceux qui nous occupent.

Or, pour que les espèces actuellement vivantes aient pu subsister malgré la surcharge des mers en sel au degré actuel, soit 33 o/oo, il faut qu'elles et les espèces d'où elles dérivent aient protégé et protégent encore leurs cellules contre l'action du sel. Cette protection pouvait se faire de deux façons : soit une protection directe de chaque cellule par épaissement de la membrane de toutes les cellules, soit gélification plus considérable de la membrane chez les cellules les plus superficielles

de l'organisme, avec conservation des cellules centrales à leur état primitif.

Or, ces deux modes sont en rapport avec des conditions différentes d'action des sels sur les organismes.

Soit, en effet, un organisme dont toutes les cellules sont directement baignées par la mer. Si une modification se produit dans la teneur en sel du milieu marin, toutes les cellules de l'organisme considéré vont donc être soumises à l'action de cette modification. Si la salure augmente, la membrane plasmique de toutes les cellules se gélifiera davantage.

Soit, au contraire, un organisme formé par une masse de cellules, agglomérées de telle sorte que seules les cellules périphériques soient baignées directement par la mer. Dans un tel organisme, les changements de salure du milieu ne peuvent agir que sur les cellules périphériques, et surgélifier leurs membranes, en respectant celles des cellules centrales.

Mais, pour que ces actions se produisent, il faut, d'après ce que j'ai dit plus haut, que la surcharge saline soit très lente, sinon les cellules meurent. J'ai montré la nécessité, pour le maintien de la vie cellulaire, d'une concentration originelle à 6 o/oo, on sait le taux actuel de 33 o/oo. Il y a donc eu, puisque la vie a subsisté, *une progression continue de la salure des mers.*

Si, maintenant, nous étudions comparativement le développement des invertébrés et celui des vertébrés, nous voyons que les premiers offrent des développements surtout dilatés, et quelques-uns condensés, les seconds possèdent exclusivement des développements condensés, ou du moins pouvant être considérés comme tels.

Parmi les invertébrés, les uns sont ouverts osmotiquement au milieu extérieur, les autres lui sont fermés, c'est-à-dire que les premiers ne tendent pas à maintenir dans leur organisme un taux constant de sel, les autres tendent au contraire à maintenir ce taux ; les vertébrés sont fermés au milieu extérieur. Et ce sont précisément ceux à développements dilatés, c'est-à-dire ceux qui, alors que peu de cellules les constituent, sont dès le début de leur existence exposés au milieu ambiant, qui

sont ouverts osmotiquement à ce milieu, ceux au contraire à développements condensés lui sont fermés (1).

Ainsi donc, les animaux dont les cellules sont exposées à l'action du sel, alors que peu nombreuses elles peuvent être toutes ou presque toutes baignées par ce sel, c'est-à-dire ceux dont les cellules ont subi chacune pour son compte la densification de la membrane, sont ouverts osmotiquement au milieu extérieur ; ceux, au contraire, dont les cellules n'ont été soumises à l'action du sel que lorsque l'organisme, volumineux, ne permettait qu'aux cellules périphériques de subir l'action de ce sel qui, par conséquent, n'a pas modifié les cellules centrales, sont fermés osmotiquement au milieu extérieur.

Mais, par où se fait le passage des liquides à travers l'organisme ? S'il se faisait de cellule à cellule par le corps cellulaire, toute la cellule serait gélifiée quand ces liquides sont salés. Il est donc nécessaire que ce transport, *constaté*, mais dont

(1) En réalité, *tous* les groupes d'animaux autres que les arthropodes présentent des développements dilatés, mais, chez les cordés, il n'en existe qu'un seul exemple : l'amphioxus. C'est pourquoi je considère l'embryon des vertébrés comme *toujours* protégé contre le milieu extérieur, et les vertébrés comme animaux à développements condensés. Quant aux arthropodes, « seuls de tous les métozoaires, ils ne présentent pas de développements dilatés », dit Quinton. Comment se fait-il alors qu'ils soient équilibrés osmotiquement avec le milieu extérieur, du moins en ce qui concerne les arthropodes marins ? Il convient d'abord de remarquer que les arthropodes marins ne comprennent ni les arachnides, ni les myriapodes, ni les insectes, ces trois ordres peuvent donc sans anomalie présenter des développements condensés, puisqu'ils ne sont pas osmotiquement ouverts au milieu extérieur. Restent les pantopodes, les mérostomacés, les entomostracés, les malacostracés. Comment peuvent-ils rester ouverts au milieu extérieur, si leur développement est condensé ? En fait, ce développement n'est que partiellement condensé. Lorsque l'embryon est mis en liberté, il est encore très différent de ce que sera l'adulte, il va subir une multiplication, puis une régression des appendices, des changements nombreux dans tous ses organes ; le développement n'est pas *entièrement* condensé. Si on le compare avec celui d'un oiseau, d'un mammifère ou d'un poisson, on voit immédiatement la différence considérable qui l'en sépare, puisque ceux-ci possèdent un embryon qui ne devient libre que lorsque tous ses organes existent. Or, du changement des divers appendices de l'embryon de l'arthropode marin résulte la faiblesse de son revêtement jusqu'au développement parfait, et la salure progressive de son milieu intérieur. C'est ainsi que j'entends les indications données plus haut. D'ailleurs, en ce qui concerne les arthropodes, une note ultérieure précisera des points que je ne peux aborder ici.

nous ignorons la voie, se fasse par ailleurs. Or, la membrane est la seule région où il puisse se faire, le liquide la suivant à la façon d'une mèche. (Je ne peux toutefois démontrer expérimentalement ce point.)

Lorsqu'une espèce à développements dilatés se trouve dans des mers de plus en plus salées, on conçoit sans peine qu'elle ne se modifie pas essentiellement sous l'action du sel, puisque chaque cellule est protégée pour son propre compte. Toutefois, à mesure que l'être se trouve placé dans des milieux de plus en plus salés, il est bien évident que certaines cellules, qui au début étaient peu gélifiées par le contact direct de l'eau de mer peu salée, ne s'y trouvent plus que très fortement revêtues, ce qui peut modifier un peu les conditions vitales de l'organisme et provoquer à la longue des modifications anatomiques, variables d'ailleurs d'un point à un autre de la surface des mers.

Nous savons, en effet, que la concentration actuelle des mers, bien qu'elle soit, *en moyenne*, de 33 o/oo, est cependant assez variable pour s'échelonner de 0,2 o/oo (Baltique) à 75 o/oo (canal de Suez), et, à toutes les époques géologiques, il a dû y avoir des mers qui, suivant les fonds, l'isolement, l'apport des cours d'eau, étaient plus ou moins salées. Par suite, les modifications subies varieront suivant l'habitat. Certaines espèces se modifieront dans tel sens, d'autres dans tel autre, parce que le milieu où elles vivront sera plus ou moins salé.

Mais, à côté, nous avons les espèces à développements condensés qui, elles, sont osmotiquement fermées au milieu extérieur.

Or, dans son développement ontogénique, l'être grandissant, il arrivera que les cellules centrales seront de plus en plus éloignées de la paroi gélifiée. D'autre part, à mesure que les mers se sursalent, la paroi de revêtement se densifie de plus en plus et les conditions de vie des cellules intérieures sont modifiées du fait de ce changement, qui, là encore, sera plus ou moins marqué, suivant l'état de salure de l'habitat de l'espèce considérée.

D'autre part, cette non-communication osmotique cède peu à peu, — Quinton l'a démontré, — et le sel finit par agir un

peu sur toutes les cellules de l'organisme, la teneur en sels du milieu intérieur s'élève, et les conditions de vie sont modifiées.

Alors, la descendance de tous ces organismes va se ressentir des conditions de vie de ses parents. En effet, soit une cellule reproductrice d'espèce à développements dilatés. Elle est protégée par une membrane dense, les cellules qui naîtront d'elles seront toutes plongées, dès leur naissance, dans le milieu ambiant qui gélifiera leur membrane. Soit, au contraire, une cellule reproductrice d'une espèce à développements condensés. Soit par le fait qu'elle et ses cellules filles restent dans le corps de l'ascendant jusqu'à ce que le nombre des cellules filles soit considérable, soit que, sous la forme d'œuf, elle soit protégée par une membrane épaisse d'où l'embryon ne sortira que déjà très hautement différencié, cette cellule et celles qui en naîtront ne seront pas toutes au contact direct du milieu ambiant, et celles-là seules qui existent à la surface seront gélifiées lorsque l'embryon deviendra libre.

Ainsi donc, dans l'un comme dans l'autre cas, les cellules seront protégées et l'organisme vivra soit ouvert, soit fermé osmotiquement au milieu extérieur, et, si celui-ci se sursale, l'organisme considéré ou ses descendants lutteront pour la protection cellulaire toujours de la même façon, c'est-à-dire en modifiant leur membrane de revêtement, soit cellulaire, soit générale, modification due purement à l'action du sel sur le protoplasma. La conséquence de cette modification est une transformation plus ou moins marquée de diverses fonctions, d'où dérivent soit des changements physiologiques et une régression vitale, soit des changements anatomiques, et l'apparition de nouvelles espèces.

Ces points posés, reprenons l'ordre de succession des groupes vertébrés énumérés plus haut. L'apparition de chacun d'eux étant, d'après ce que je viens de dire, due à une modification de salure des mers, et les groupes dérivés d'un autre tendant à conserver, pour baigner leurs cellules, un milieu de même concentration saline que celui qui baignait les cellules de leurs ancêtres, il est clair que chaque apparition d'un groupe nouveau nous montre qu'au moment où il est apparu, la concen-

tration saline des mers était telle que ses ancêtres ne pouvaient plus y subsister sans modification. Donc ces ancêtres doivent, ou changer d'habitat, ou subir une déchéance vitale, ou disparaître, et leurs descendants vivront à la place où ils ont vécu. Il nous est, dès lors, facile de savoir à quel taux salin se trouvaient les mers de telle ou telle époque, en sachant quels groupes s'y sont montrés et en nous rappelant la règle de Quinton : chercher le taux ancestral chez les descendants les plus récents.

Soit, donc, en suivant l'ordre géologique de succession des groupes marins, la concentration saline du milieu vital actuel de chacun d'eux, comparée aux divers stades qu'elle a pu parcourir dans la suite des périodes géologiques.

Nous allons tâcher d'en déduire la concentration saline des mers à ces diverses époques.

En effet, les types de poissons marins actuels peuvent se ramener à trois principaux : ganoïdes, sélaciens, téléostéens. Or, nous savons que tous n'ont point apparu en même temps et que, dans l'état actuel de nos connaissances, nous pouvons penser que les plus anciens sont les ganoïdes placodermes ; ultérieurement se sont montrés les sélaciens, puis, tardivement, les téléostéens.

Or, si nous nous reportons à la teneur en chlorure de sodium indiquée par Quinton comme propre à quelques espèces de ceux de ces groupes encore existants, nous voyons que cette teneur est assez différente de l'un à l'autre.

Pour les sélaciens, nous trouvons :

Torpedo marmorata	22,27	} °/°°
—	22,81	
—	23,40	
Raja undulata	20,18	
—	20,76	
Trygon vulgaris	18,1	
—	19,7	
Galeus canis	16,96	

Pour les téléostéens :

Conger vulgaris	11,5	} °/°°
Platessa vulgaris	11	
Trachinus draco	10,2	
Labrus bergylta	9,6	

Reportons-nous aux lois de Quinton.

En vertu de ces lois, si une famille ou une espèce maintient un déséquilibre donné entre son milieu intérieur et la mer qui la baigne, c'est que ses ancêtres maintenaient ce même déséquilibre. Mais, faut-il considérer les ancêtres immédiats ou les ancêtres lointains? Il est clair que ce sont les ancêtres les plus lointains, car ce sont eux qui, les premiers, ont dû maintenir ce déséquilibre, puisque leur descendance a subsisté. Et alors, pour définir cette ancestralité, je dirai que je considère, en vertu des points exposés plus haut, comme ancêtre le plus éloigné d'une espèce ou d'une famille, le premier de ses représentants qui s'est séparé de la souche commune à cette famille ou à cette espèce et à une seconde. Ainsi, les ancêtres les plus lointains connus des téléostéens sont les sélaciens primaires.

Considérons alors les diverses familles de poissons. Les unes, à mesure que les mers se sursalent, se transforment en donnant de nouvelles espèces, capables de résister à la salure, les autres se laissent sursaler, s'adaptent anatomiquement à des conditions de vie ralentie et, par conséquent, ce seront les familles les plus récentes anatomiquement dont les premiers représentants seront les plus anciens, puisque ce sont elles dont le milieu sursalé aura nécessité les modifications les plus fortes.

Dès lors, le tableau suivant peut être considéré comme vraisemblable et exprimant un ordre de succession possible de salure.

Famille	Epoque d'apparition	Salure actuelle
Torpedidés	= crétacé inférieur	= 23 ‰
Rajidés	= lias	= 20 ‰
Lamnidés	= carbonifère inférieur	= 16 ‰
Téléostéens	= lias	= 9 ‰

Il semble anormal, d'après ce que j'ai dit, de voir les téléostéens liasiques moins salés que les lamnidés carbonifères, mais nous allons voir ce qu'il en est.

D'après ce que j'ai dit plus haut, les torpéidés, très salés, doivent être considérés comme une forme très récente de modification d'un type très ancien ; elle s'est sursalée, parce que

ses ancêtres lointains ne pouvaient pas assurer entre eux et la mer un déséquilibre suffisant. Ce déséquilibre devait être le même qu'aujourd'hui, mais il suffisait alors à maintenir à 6 o/oo le taux intérieur du poisson. Il devait donc être tel que $33 - 23$ égalant 10, cette différence de 10 o/oo entre le milieu intérieur et la mer soit telle que le milieu intérieur fût à 6 o/oo ; la mer était donc à $10 + 6 = 16$ o/oo.

Or, à quelle époque pouvons-nous placer les premiers ancêtres vraisemblables, dans les conditions que j'ai indiquées, des torpéidés actuels? Sans doute au gothlandien, parmi les premiers sélaciens connus. Et c'est seulement à l'époque crétacée inférieure que nous voyons les torpéidés se montrer, parce que c'est alors seulement que la salure de la mer provoque l'apparition de cette nouvelle faune.

Pour les rajidés, nous savons qu'ils se séparent de la souche primitive des sélaciens dès le lias, mais leur souche doit être cherchée dans le tronc commun aux lamnidés et aux raies, dont la concentration ancienne est mesurée par celle actuelle de la plus récente des deux familles, soit 20 o/oo, celle des raies. La mer carboniférienne inférieure était donc concentrée à $[(33 - 20) + 6] = 19$ o/oo.

Les lamnidés eux-mêmes ayant une concentration actuelle de 16 o/oo sont donc apparus dans une mer titrant $[(33 - 16) + 6] = 23$.

Pour les téléostéens, il faut rechercher leur souche au début de l'apparition des poissons, chez les tout premiers ganoïdes écailleux dévonien, et ce n'est qu'au lias qu'ils se manifestent à l'état osseux. La mer primaire inférieure devait donc posséder un titre qu'il est impossible de déterminer, puisque nous n'avons plus de poissons pouvant nous fournir des renseignements à son sujet, mais cette mer devait être chargée à plus de 9 et à moins de 16 o/oo de chlorure de sodium.

Mais, nous pouvons connaître la teneur probable de quelques mers récentes, comme les mers crétacées supérieures où sont apparues des espèces actuelles de téléostéens et qui, par conséquent, devaient titrer $[(33 - 9) + 6] = 30$ o/oo. On voit que, dès lors, le taux de la salure se rapproche de la valeur actuelle.

Il semble donc possible d'admettre les valeurs suivantes, que je vais figurer sur ce tableau.

Mer cambrienne	6 ‰
Mer gothlandienne	> 6 et < 16 ‰
Mer carbonifère inférieure.	16 ‰
Mer liasique.	19 ‰
Mer crétacée inférieure.	23 ‰
Mer crétacée supérieure	30 ‰

J'ai à remarquer que je ne possède pas de dosages de chlorure de sodium chez les ganoïdes marins. Quinton, en effet, ne parle que de l'esturgeon qui, bien que vivant dans les mers, est en fait d'origine lacustre.

Mais nous pouvons et devons, pour nous fixer, nous reporter aux séliaciens les plus inférieurs, dérivés dans les conditions que j'ai indiquées plus haut, des lamnidés primaires de l'époque carbonifère, et c'est pourquoi j'ai considéré la teneur en sel de la torpille (*torpeda marmorata*) comme devant fournir la moyenne de salinité des mers de cette époque (1).

Mais, puisque les mers se sont concentrées de 6 à 33 ‰ au cours des âges, il en résulte que cette concentration est due, soit à une augmentation de la masse des sels, soit à une diminution de la masse des eaux.

La première hypothèse est inadmissible, car il faudrait une apparition continue de nouvelles masses de sels que dissoudrait la mer, apparition jamais constatée; la seconde seule est possible, par suite de l'évaporation continue de la mer (Quinton, Bryan, Stoney). Si, donc, nous voulons savoir de combien la mer s'est concentrée depuis l'époque précam-

(1) Il y a lieu de remarquer que certains poissons vivent indistinctement dans l'eau douce et dans l'eau salée (saumon). Ces poissons semblent donc être des exceptions à ce qui a été dit plus haut. Il n'en est rien, car ce sont tous des poissons capables de maintenir un déséquilibre considérable entre leur milieu intérieur et celui où ils vivent (par exemple la mer étant à 33 ‰ et leur plasma à 7 ‰, on a comme déséquilibre $33 - 7 = 26$ ‰). Or, ce déséquilibre, ils peuvent le maintenir aussi bien, grâce à leur paroi gélifiée, contre l'hypochloruration que contre l'hyperchloruration. Ainsi, dans une eau dépourvue de sels, ils sont encore à $26 - 7 = 19$ ‰ au-dessus de leur limite de résistance, ils pourront donc fort bien y vivre, et de même des poissons vivant dans l'eau douce, mais ayant une résistance de 26 ‰, pourront vivre dans la mer à 33 ‰.

brienne, il nous suffit de remarquer que $\frac{33}{6} = 5,5$, d'où nous pouvons conclure que la masse des mers a diminué des $5/6$. Or, nous savons que la profondeur moyenne actuelle des mers est de 3.500 mètres environ, leur surface de 360.000.000 de kilomètres carrés ; leur volume est donc de 1.260.000.000 de kilomètres cubes. Si ce volume représente le $1/6$ des mers primitives, le volume total de ces mers était donc de 7.560.000.000 de kilomètres cubes. Nous savons qu'à l'époque précambrienne les continents étaient nuls ou à peu près, donc la surface des mers n'était autre que celle même du globe terrestre, soit 510.000.000 de kilomètres carrés. Leur profondeur moyenne devait donc être de 15.000 mètres environ.

Tels sont les résultats que peut donner, avec toutes les réserves que nous sommes obligé de faire sur toutes les questions de paléontologie, cette notion de la concentration à 6 o/oo du milieu vital des premières cellules animales. Ce travail n'est qu'une ébauche, et je me propose plusieurs autres points à étudier qui seront exposés ultérieurement. Tels que sont ces résultats, ils me permettent, semble-t-il, toutefois, de formuler les conclusions suivantes :

1° La concentration du milieu intérieur des vertébrés a varié d'une façon constante à travers les périodes géologiques, et de façon concomitante avec la concentration progressive des mers ;

2° Il est possible de déterminer approximativement la teneur saline des mers à une époque donnée, connaissant les groupes vertébrés apparus dans ces mers à cette époque et la teneur actuelle en sels du milieu intérieur de ces groupes ;

3° Il est possible de déterminer la profondeur moyenne des mers à une époque donnée, connaissant la concentration de ces mers par le moyen indiqué au 2°.
