

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

LES ARTICULÉS AQUATIQUES,

PAR

FÉLIX PLATEAU,

DOCTEUR SPÉCIAL EN SCIENCES ZOOLOGIQUES, CHARGÉ DES COURS DE ZOOLOGIE
ET D'ANATOMIE COMPARÉE A L'UNIVERSITÉ DE GAND.

PREMIÈRE PARTIE.

ACTION DES SELS EN DISSOLUTION DANS L'EAU. — INFLUENCE DE L'EAU DE MER SUR LES ARTICULÉS AQUATIQUES
D'EAU DOUCE. — INFLUENCE DE L'EAU DOUCE SUR LES CRUSTACÉS MARINS.

(Mémoire présenté à la classe des sciences le 8 octobre 1870.)

TOME XXXVI.

1

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

LES ARTICULÉS AQUATIQUES.

§ I.

AVANT-PROPOS.

Les nombreuses méthodes employées en physiologie comparée pour parvenir à l'interprétation exacte des phénomènes que nous présentent les êtres vivants peuvent être réunies en deux groupes principaux : *l'observation directe des phénomènes de la vie normale*, soit sans le secours d'instruments, soit à l'aide d'appareils optiques ou mécaniques qui exagèrent les effets et les rendent plus facilement perceptibles pour nos sens.

La comparaison entre les phénomènes manifestés par les organismes vivants placés, à dessein, dans une situation anormale exceptionnelle, et les phénomènes qu'ils présentent dans leur état naturel.

La seconde manière de procéder conduit à des résultats d'une grande exactitude; si elle ne suffit pas, à elle seule, pour résoudre les nombreux problèmes de la science de la vie, elle sert, presque toujours, à corriger et à rendre plus précises les conclusions auxquelles conduit l'observation directe. Déterminer la mort par des causes connues, n'est-ce pas trouver les conditions dans lesquelles l'existence de l'être n'est pas possible, et n'est-ce pas faire un pas vers la connaissance des conditions inverses nécessaires à la vie?

Telle est la pensée qui m'a guidé dans l'ensemble de ces recherches; je n'ai fait que suivre l'exemple de plusieurs physiologistes célèbres : Spallanzani, Sylvestre, William Edwards, Newport, Dugès, etc. Tous ont eu, plus ou moins souvent, recours à la méthode des situations anormales, et les données qu'ils ont acquises à la science ont, en général, une importance capitale.

Est-ce à dire que j'érige cette méthode en système et que, rejetant toute autre, je me suis astreint à ne jamais m'en départir? On verra, par la suite de ce travail, que j'ai cherché à m'éclairer par tous les moyens possibles; mais la méthode des situations anormales a été, jusqu'à présent, la moins employée dans les recherches physiologiques sur les articulés; elle devait mener et elle mène à des résultats intéressants et nouveaux.

D'un autre côté, si la physique et la chimie ont été d'un secours immense aux physiologistes qui se sont occupés de l'homme et des vertébrés, on n'a songé que de loin en loin à faire contribuer ces deux sciences exactes à éclairer le vague de certains des phénomènes vitaux de l'immense groupe des invertébrés de Lamarck; et, cependant, la physique et la chimie pouvaient donner raison de bien des faits; il me suffira de rappeler les recherches publiées, dans ces dernières années, par MM. Bert, Girard, Pettigrew, Marey.

L'impossibilité où je me suis nécessairement trouvé de faire, en une seule saison, toutes les expériences que j'avais projetées, m'a forcé à diviser l'exposé de mes résultats en plusieurs parties. La première comprend, comme l'indique le titre, l'étude des phénomènes que présentent les articulés aquatiques, insectes, arachnides et crustacés, placés dans des liquides dont la composition saline n'est pas celle des eaux où ils vivent habituellement.

§ II.

Les eaux terrestres naturelles peuvent être divisées en trois catégories :

1° Les eaux douces (eaux de pluie, de rivière, eaux résultant de la fonte des neiges et des glaciers, eaux des grands lacs de la Suisse et de l'Italie, eaux des puits, etc.) dans lesquelles la proportion des matières en dissolution ne dépasse guère 0^{gr},5 par litre ou $\frac{1}{2000}$ en poids;

2° Les eaux salées (eau de mer, eau des marais salants, des lacs salés, etc.) contenant beaucoup de chlorure de sodium et dans lesquelles la quantité de substances minérales dissoutes atteint et dépasse $\frac{1}{55}$;

3° Les eaux minérales proprement dites.

Nous laisserons de côté, dans le travail actuel, les eaux minérales; leurs compositions extrêmement variées nécessiteraient un nombre considérable d'expériences dont les résultats offriraient peu d'utilité.

L'influence de l'eau de mer ou de l'eau salée sur les articulés habitant ordinairement l'eau douce, celle de l'eau douce sur les articulés marins, présentent, au contraire, un véritable intérêt scientifique. En effet, s'il existe, parmi les vertébrés, des espèces de poissons telles que des épinoches, des blennies, des gobiés, des saumons, des anguilles, des esturgeons, etc., qui peuvent vivre à peu près indifféremment dans les deux liquides, il y a aussi, comme je l'ai déjà indiqué, en partie, dans un mémoire précédent ¹, des arthropodes auxquels les eaux marines ou douces semblent indifférentes. Tels sont, parmi les insectes, le *Gyrinus marinus*, et peut-être quelques hydrocanthares des marais salants, plusieurs hydrophiliens, comme le *Philhydrus melanocephalus* Ol, l'*Helophilus lividus* Forster. Parmi les crustacés, le *Palaemon serratus* que j'ai rencontré à Gand et dont la capture dans l'eau douce est loin d'être nouvelle ², le *P. squilla* et surtout le *P. varians*; puis un certain nombre d'espèces de l'Europe méridionale appartenant aux familles des décapodes ou des amphipodes et qui, d'après un travail fort intéressant de M. Heller, jouiraient de la même propriété ³; je crois inutile d'en reproduire la liste; enfin des ostracodes cités par M. Stewardson Brady ⁴.

¹ *Recherches sur les crustacés d'eau douce de Belgique* (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, SAVANTS ÉTRANGERS), t. XXXV, p. 60, 1870.

² P.-J. Van Beneden, *Recherches sur la faune littorale de Belgique* (crustacés) (MÉM. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE), t. XXXIII, pp. 140 et 141, 1861.

³ *Zur naeheren Kenntniss....* sur les crustacés marins habitant les eaux douces de l'Europe méridionale (*Zeitschr. für wiss. Zool.*), t. XIX, p. 156, 1869 (ANNALS AND MAGAZ. OF NAT. HISTORY), 4^{me} série, n° 21, septembre 1869.

⁴ *Contributions to the study of the Entomostraca* (ANNALS AND MAG. OF NAT. HISTORY), 4^{me} série, vol. III, n° 15, p. 46, 1869.

Mais, à côté de ces quelques articulés que nous venons d'énumérer, quelle quantité énorme d'espèces aquatiques qui ne quittent jamais le milieu qui les a vus naître, qui recherchent toujours les mêmes eaux, les mêmes conditions d'existence, et pour lesquelles la moindre modification paraît être nuisible!

On conçoit qu'un insecte ou un crustacé phytophage d'eau douce ne s'égaré pas dans l'eau de mer, puisque, très-probablement, il n'y trouvera pas la nourriture qui lui convient; mais ce motif n'existe plus pour les espèces carnassières. Les insectes de l'intérieur des terres, attirés par les émanations des cadavres des animaux marins, quittent les dunes et viennent courir ou voler sur la plage ¹, et la chair qui les nourrit pourrait aussi bien, si elle flottait encore, servir de pâture à des espèces aquatiques.

Pourquoi les larves carnassières d'eau douce, qui chassent aux petits insectes, aux mollusques et même aux jeunes poissons, répugneraient-elles à échanger leur ordinaire contre des *Mysis*, des *Slabberina*, des *Cetochiles* ou même de jeunes poissons marins? Pour quelle raison n'observons-nous pas le phénomène inverse? Quelle est la cause qui empêche beaucoup de crustacés marins de remonter les rivières à la faveur des marées et de venir s'installer dans des eaux riches en proies vivantes et où, par leur force et la dureté de leurs téguments, ils régneraient bientôt en maîtres ²?

Le nombre de questions qui surgissent dès qu'on aborde ce sujet est trop considérable pour les passer toutes en revue; c'est dans le but d'arriver à la solution de quelques-unes d'entre elles que j'ai entrepris les expériences que je vais décrire.

¹ C'est ainsi, pour ne parler que de mes observations personnelles, que j'ai rencontré l'*Agabus bipustulatus* sur la limite des vagues à 40 mètres au moins de la dune et le *Carabus auratus* dans des tas de fucus remplis de débris de crustacés.

² Les crustacés marins ne dédaignent nullement les proies vivantes qui viennent de l'intérieur des terres; j'ai vu des *Slabberina agata* s'attacher, avec avidité, à de petits coléoptères et notamment à des altises qu'un vent du sud-sud-ouest faisait tomber à la surface de l'eau des mares de la plage.

§ III.

Avant de donner l'exposé proprement dit de mes expériences, je tiens à faire connaître les conditions générales dans lesquelles elles ont été effectuées, ainsi que la signification de certains termes nécessaire à l'intelligence du texte.

Je me suis servi, dans mes essais, d'eau douce, d'eau de mer et de solutions salines; en fait d'eau douce, je ne pouvais, sans difficultés, employer l'eau distillée dont il m'aurait fallu de trop grandes quantités et qui, toujours privée totalement ou partiellement d'air, aurait entaché les résultats d'erreurs graves. J'ai donc employé l'eau de pluie; celle dont j'usais se troublait à peine par l'azotate d'argent.

Les solutions salines dont il est fait mention plus loin sont des solutions de différents sels dans l'eau de pluie. Quant à l'eau de mer employée, les détails qui la concernent sont consignés aux §§ IV et XIV. Ces liquides fréquemment renouvelés étaient placés, lors des expériences, dans des vases de verre soigneusement nettoyés et largement en communication avec l'air extérieur.

Les expériences consistaient, en général, à observer la durée de la vie ou la résistance vitale des animaux dans différents liquides. Lorsque cette durée était courte, je suivais les phénomènes, la montre à la main; mais lorsque la durée était fort longue, plusieurs heures et même souvent plusieurs jours, on conçoit qu'il m'était matériellement impossible d'en agir ainsi; l'heure exacte de la mise en expérience étant annotée, j'observais chaque fois que je le croyais convenable; souvent j'assistais à l'agonie des animaux et alors je pouvais fixer le temps exact de la résistance; d'autres fois, j'arrivais trop tard et alors je marquais, comme on le verra dans les pages suivantes : plus de (heures) et moins de (heures); ce qui signifie que la mort est survenue entre ces deux instants.

Dans beaucoup de cas, un certain nombre d'individus de la même espèce étaient placés dans le même vase et il arrivait alors que la mort de deux ou de plusieurs d'entre eux avait lieu à des moments si rapprochés que je ne pouvais apprécier les différences; dans ces conditions, j'ai inscrit des durées identiques.

Les durées sont marquées en heures, minutes et secondes.

Souvent les animaux semblent vivre indéfiniment dans la situation nouvelle où ils se trouvent; cependant il arriverait inévitablement que l'absence de nourriture convenable et le manque d'espace amèneraient la mort au bout de quelques jours, absolument comme pour les espèces simplement en captivité. Il fallait alors, pour éviter de mettre les accidents observés sur le compte de la composition du liquide, cesser l'expérience après une durée suffisante pour convaincre de l'innocuité de la solution. Je me suis laissé guider en cela par des observations comparatives sur la résistance des individus captifs dans leur élément naturel et j'ai toujours indiqué dans le texte ou en note si l'expérience cessait ainsi par mon propre fait.

Lorsque je donne la composition d'une solution, celle-ci peut être regardée comme sensiblement exacte, les pesées ayant été faites à l'aide d'une bonne balance de précision. Enfin, dans quelques tableaux, j'ai remplacé, dans un but d'abréviation, les noms de certains sels par leurs symboles chimiques.

§ IV.

INFLUENCE DE L'EAU DE MER SUR LES ARTICULÉS D'EAU DOUCE A RESPIRATION AÉRIENNE ET TRACHÉENNE.

(Coléoptères, Hémiptères, larves de certains Diptères.)

D'après une analyse très-soignée de M. Backs ¹, l'eau de la mer du Nord a la composition suivante :

Chlorure de sodium	2,538
— de potassium	0,101
— de magnésium	0,277
Sulfate de magnésium	0,199
— de calcium	0,111
Eau	96,954
	<hr/>
TOTAL	100,000

¹ Pelouze et Fremy. *Traité de chimie générale analytique*, 5^e édition, t. I, p. 252; Paris, 1861.

Il résulte des recherches faites sur la solubilité des gaz dans l'eau de mer que la quantité de gaz dissoute dans cette eau est un peu plus forte que dans l'eau douce et que la proportion d'oxygène y est également un peu plus considérable, mais fort peu.

L'eau de mer qui a servi à mes recherches a toujours été employée aussi fraîche que possible et a constamment été puisée au même endroit de la côte d'Ostende, à un kilomètre environ au sud du port; cette dernière condition était nécessaire pour avoir de l'eau dont la composition fût sensiblement constante et autant que possible exempte de mélange d'eau douce. (Voy. § XIV.)

Les animaux essayés, presque toujours capturés le jour même de l'expérience, étaient bien portants et transportés directement de l'eau douce dans l'eau de mer. Ceux dont il s'agit dans ce paragraphe m'ont donné les résultats suivants :

1. Un *Haliplex elevatus* mis dans l'eau de mer contenant quelques plantes aquatiques ¹ n'y manifeste aucun malaise apparent pendant 84 heures; au bout de ce temps, on met fin à l'expérience.

2. Deux *Acilius sulcatus* vivent, sans le moindre inconvénient, pendant 48 heures dans l'eau de mer contenant un rameau de eresson de fontaine (on met fin à l'expérience).

3. Un *Pelobius Hermannii* subit la même épreuve en conservant toute sa vivacité pendant 72 heures (on met fin à l'expérience).

4. Deux *Agabus bipustulatus* résistent de la même manière, pendant 41 heures, jusqu'au moment où l'on met fin à l'expérience.

5. Un *Rantus (Colymbetes) notatus* nage, sans accident, dans l'eau de mer pendant 49 heures (on met fin à l'expérience).

6. Un *Hyphidrus ovatus* y manifestait toute son activité après 62 heures (on met fin à l'expérience).

7. Un *Hydroporus dorsalis* avait encore toute sa vivacité dans l'eau de mer après 44 heures (on met fin à l'expérience).

8. Un *Hydrophilus piceus*, femelle, mis dans l'eau de mer contenant un peu de eresson, nageait encore après 48 heures (on met fin à l'expérience).

9. Deux *Hydrous caraboïdes* n'ont rien offert de particulier pendant 49 heures (on a mis fin à l'expérience).

10. Une larve de coléoptère Dytiscide indéterminé, appartenant probablement au genre *Agabus*, vivait encore dans l'eau de mer après 59 heures (on met fin à l'expérience).

¹ Ces plantes étaient quelques rameaux de callitriche qui avaient été séchés dans un linge et lavés à l'eau de mer.

11. Deux larves de Dyticide, probablement de *Colymbetes fuscus*, comme l'indiquaient leur taille, la largeur des premiers anneaux du corps et la présence de colymbètes adultes dans les mêmes eaux, placées dans l'eau de mer, y vivent très-bien plus de 18 heures, moins de 31. Une absence me n'a pas permis de connaître la durée exacte de la résistance.

12. Une larve d'Hydroporide (*Hyphidrus?*) vit 22 heures dans l'eau de mer (on met fin à l'expérience).

15. Deux *Hydrometra stagnorum* sont déposées sur l'eau de mer, elles s'y promenaient encore 12 heures après (on cesse l'expérience).

14. Une *Notonecta minutissima* nageait rapidement après 65 heures (on met fin à l'expérience).

13. Sept *Notonecta glauca* sont placées dans 800 centimètres cubes d'eau de mer : un premier individu est mort au bout de 14 heures; mais les insectes se maltrahaient mutuellement, ce qui a déterminé probablement encore la mort de trois autres notonectes, au bout de 50 h. 25'. Les trois dernières ont continué à vivre, sans malaise apparent, jusqu'à l'instant, que je n'ai malheureusement pas annoté, où je les ai retirées du liquide.

16. J'ai essayé également le *Limnobates stagnorum*; mais il ne faut pas oublier que cette espèce ne peut rester sous l'eau pendant longtemps. Quatre individus résistent 5 heures, un cinquième 14 heures. On rencontre ici une difficulté matérielle : sans plantes en grande quantité qui puissent les soutenir à la surface, ces insectes se noient; avec des plantes en quantité suffisante, l'expérience que je n'ai essayée, du reste, que pour agir sur le plus d'espèces possible, n'est plus concluante.

17. L'*Argyroneta aquatica*, parmi les aranéïdes aquatiques, offre les mêmes inconvénients que le *Limnobates* : ainsi, un individu femelle, mis dans l'eau de mer, résiste 16 heures; au bout de ce temps, on le trouve au fond, immobile; mais il n'est pas encore mort; remis à l'air et séché, il revient à la vie; replacé dans l'eau de mer, il s'y noie de nouveau après quelques heures; retiré et séché, il reprend sa vitalité une seconde fois. L'animal ne subit pas ici l'influence de l'eau de mer, car j'ai observé un mâle qui a présenté le même phénomène, quatre fois de suite, dans l'eau douce.

En faisant abstraction des deux derniers essais dont on ne saurait rien conclure de net, on peut déduire bien certainement, des quinze premières expériences qui précèdent :

1^o Que l'eau de mer n'a qu'une influence très-faible ou nulle sur les coléoptères et les hémiptères aquatiques;

2^o Que cette influence, bien que lente, peut se faire sentir sur les larves.

Quoi de plus simple, dans ce cas, que de voir le *Gyrinus marinus* et le *Philhydrus melanocephalus* fréquenter indifféremment les étangs d'eau douce et les mares d'eau salée des plages, que de trouver l'*Helophilus lividus* tantôt

dans l'eau douce, tantôt dans les eaux saumâtres? La découverte d'Eschscholtz qui rencontre dans les mers tropicales et courant à la surface des vagues les singuliers hémiptères à corps ramassé du genre *Halobates*¹, n'a plus rien qui doive trop nous étonner. Enfin, il est tout naturel qu'on observe des coléoptères aquatiques dans les marais salants tels que l'*Hydraena marina*², le *Berosus spinosus*, les *Hydroporus eucygraninus* Ahrens, *H. parallelogrammus* Aubé, *H. consobrinus*, *H. picipes*, *H. lineellus*, *H. incertus* et *H. confluentis*³, et d'autres encore dont les noms sont disséminés dans les nombreuses notices sur les marais salants publiées dans les journaux entomologiques. Comme il n'y a aucune raison, aucune incompatibilité qui les empêche de vivre aussi bien dans l'eau douce, on peut les y rencontrer, soit accidentellement, soit habituellement, comme les huit dernières espèces que j'ai citées.

Je terminerai cet aperçu sur l'influence de l'eau de mer sur les insectes à respiration aérienne, par les résultats assez différents des précédents que m'ont donnés les larves de cousin commun (*Culex pipiens*). Ici l'eau de mer a une action bien marquée; elle tient, comme j'aurai l'occasion de le prouver plus tard, au peu d'épaisseur des téguments de ces animaux.

CULEX PIFIENS (larves).

1 ^{er}	individu meurt au bout de	5 h. 40'.
2 ^e	— —	6 h. 20'.
3 ^e	— —	12 h. 50'.
4 ^e	— —	14 h.
5 ^e	— —	8 h.
6 ^e	— —	9 h.
7 ^e	— —	8 h. 40'.
8 ^e	— —	10 h. 10'.
9 ^e	— —	5 h. 5'.
10 ^e	— —	7 h. 10'.

Les durées isolées étant trop peu uniformes, je n'ai pas cru devoir calculer la moyenne.

¹ *Entomographien*. (Cité par Lacordaire. Introduction à l'entomologie, t. II, p. 550.)

² *Ibid.*, p. 551.

³ Ahrens, *Uebersicht aller bis jetzt auf salzhaltigen Erdboden und in dessen Gewässern entdeckten Käfer*, pp. 645 et 648. (Isis von Oken. Leipzig, 1855.)

Leprieur, *Lettre sur les Coléoptères qui se trouvent dans les marais salants des environs de Dieuze* (ANN. SOC. ENTOM. DE FRANCE, série II, t. III, 1845. BULLETIN, p. 94).

§ V.

INFLUENCE DE L'EAU DE MER SUR LES ARTICULÉS AQUATIQUES D'EAU DOUCE
A RESPIRATION CUTANÉE OU BRANCHIALE.

(Larves de Névrotères, de Diptères, Acarides, Crustacés.)

Si l'on observe que, dans le plus grand nombre des cas, l'eau de mer n'a pas d'action sur les insectes qui viennent respirer l'air à la surface de l'eau, on ne constate, en apparence, aucune loi régulière pour les articulés qui respirent les gaz dissous dans le liquide, soit simplement au travers de la peau, alors très-mince, soit à l'aide de trachées branchiales, soit par des branchies proprement dites.

Nous passerons d'abord en revue les expériences effectuées, avant de poser aucune conclusion.

INSECTES.

Larves de Névrotères.

1. Une larve de *Phryganea flavicornis* est mise dans l'eau de mer avec son fourreau; au lieu de se retirer dans celui-ci, elle manifeste l'intention d'en sortir. Une vingtaine de minutes plus tard, elle est effectivement placée sur le fourreau, l'extrémité postérieure du corps restant engagée dans l'ouverture. 16 heures après, on trouve que l'animal a complètement abandonné sa demeure; il est aussi vif qu'au début (on met fin à l'expérience). Ce phénomène de la sortie de la larve du fourreau montre qu'elle souffrait. Nous verrons en effet, plus loin (§ IX), que les sels de l'eau de mer, et surtout le chlorure de sodium, ont ici une action, mais lente.

2. Une larve de *Phryganea fusca* offre les mêmes particularités; lorsqu'on a cessé l'expérience, elle avait passé 24 heures dans l'eau de mer.

3. Une larve de *Phryganea rhombica* a résisté de même plus de 24 heures; mais elle est restée dans son fourreau.

4. Une larve de *Phryganea atra* s'agite pendant 10 minutes, puis rentre dans son fourreau d'où elle ne sort plus.

Vivait encore après 18 heures, morte après 20 heures environ.

5. Deux larves d'*Agrion (puella?)* étaient encore très-vives après 41 heures; on enlève l'une d'entre elles pour la soumettre à une autre expérience; le second individu vivait encore après 48 heures (on met fin à l'expérience).

6. Une nymphe d'*Agrion* nageait vivement, sans le moindre symptôme spécial, après 52 heures.

7. Une larve de *Perla* (?) a vécu dans l'eau de mer, sans malaise, pendant 59 heures.

8. Cinq larves de *Cloe diptera* ont donné les résultats suivants :

1 ^{re} morte après . . .	2 h. 15'.	} MOYENNE 2 h. 5'.
2 ^e — . . .	5 h.	
3 ^e — . . .	1 h. 28'.	
4 ^e — . . .	2 h. 56'.	
5 ^e — . . .	2 h. 56'.	

9. Neuf larves de *Nemoura trifasciata* ont vécu pendant les temps suivants :

1 ^{re} morte après . . .	4 h. 28'.	} MOYENNE 4 h. 19'.
2 ^e — . . .	5 h. 50'.	
3 ^e et 4 ^e — . . .	4 h. 50'.	
Les cinq dernières . . .	5 h.	

Larves de Diptères.

1. Une larve de *Chironomus* (autre que le *plumosus*?) est morte après 6 h. 15'.

2. Trois larves de *Corethra plumicornis* ont donné :

1 ^{re} morte après . . .	5 h. 9'.	} MOYENNE 6 h. 59'.
2 ^e — . . .	7 h. 19'.	
3 ^e — . . .	7 h. 19'.	

Une quatrième, essayée un autre jour, a résisté, par exception, plus de 24 heures.

ACARIDES.

1. Quatre individus d'*Hydrachna cruenta* n'ont subi, de la part de l'eau de mer, qu'une action très-lente ou nulle.

1 ^{er} mort après	19 h. 49'.
2 ^e et 3 ^e —	26 h.
4 ^e vivait encore après	50 h.

CRUSTACÉS.

Amphipodes.

1. Neuf individus de *Gammarus Roeselii* ont vécu dans l'eau de mer pendant les temps suivants :

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES

1 ^{er} mort après	4 h. 12'.	} MOYENNE 5 h. 50'.
2 ^e —	5 h. 48'.	
3 ^e —	5 h. 50'.	
4 ^e —	4 h. 46'.	
5 ^e —	5 h. 45'.	
6 ^e —	2 h. 25'.	
7 ^e —	2 h. 55'.	
8 ^e —	2 h. 45'.	
9 ^e —	5 h.	

Isopodes.

2. Dix-sept *Asellus aquaticus*, placés dans les mêmes conditions, m'ont fourni, dans plusieurs expériences distinctes, les durées qui suivent :

1 ^{er} et 2 ^e morts après . . .	1 h. 27'.	} MOYENNE 2 h. 40'.
3 ^e et 4 ^e —	1 h. 56'.	
5 ^e —	2 h. 8'.	
6 ^e —	2 h. 25'.	
7 ^e et 8 ^e —	1 h. 4'.	
9 ^e —	2 h. 22'.	
10 ^e —	2 h. 27'.	
11 ^e —	1 h. 51'.	
12 ^e et 15 ^e —	5 h. 55'.	
14 ^e , 15 ^e et 16 ^e —	4 h. 50'.	
17 ^e —	5 h. 15'.	

Cladocères.

5. Les résultats que j'inscris ici ont déjà paru dans un autre travail; vu le peu d'espace qu'ils occupent, je n'ai pas cru devoir m'abstenir de les reproduire; ils prouvent que les *Daphnia sima* meurent dans l'eau de mer en quelques minutes.

1 ^{er} individu meurt après	24' 5''.	} MOYENNE 21'57''.
2 ^e — — —	22'50''.	
3 ^e — — —	51'.	
4 ^e et 5 ^e — — —	16'05''.	

4. Un *Lynceus lamellatus* a résisté 7 minutes.

Copépodes

5. Les *Cyclops quadricornis* résistent encore moins longtemps que les daphnies.

1 ^{er} individu meurt après	6'55".	} MOYENNE 4'17".
2 ^e — —	4'.	
3 ^e — —	5'40".	
4 ^e — —	5'.	
5 ^e — —	2'.	
6 ^e — —	5'40".	
7 ^e — —	2'50".	
8 ^e — —	5'.	
9 ^e — —	7'.	
10 ^e — —	6'.	

○stracodes.

Les *Cypris* subissent, de la part de l'eau de mer, tantôt une action analogue à celle subie par les daphnies, tantôt une action plus lente.

6. *Cypris picta*.

1 ^{er} individu meurt après	5'55".	} MOYENNE 5'21".
2 ^e et 3 ^e — —	5'.	
4 ^e et 5 ^e — —	4'.	
6 ^e — —	10'35".	
7 ^e — —	10'.	
8 ^e — —	4'.	
9 ^e — —	7'.	

7. *Cypris fusca*.

1 ^{er} individu meurt après	52'.	} MOYENNE 56'.
2 ^e et 3 ^e — —	52'.	
4 ^e — —	50'.	
5 ^e — —	25'.	
6 ^e — —	45'.	

Il est à remarquer que la *Cypris fusca* a les téguments plus épais que la *C. picta* et que, de plus, c'est une des espèces les plus robustes.

§ VI.

DISCUSSION DES RÉSULTATS QUI PRÉCÈDENT.

Nous venons de constater : 1^o que les articulés à peau épaisse (Coléoptères, Hémiptères) qui ne respirent ni par cette peau, ni par des branchies,

c'est-à-dire ceux chez lesquels il n'y a que des échanges très-faibles ou nuls entre les éléments du liquide ambiant et ceux des liquides du corps, ne subissent, en général, de la part de l'eau de mer, aucune influence.

2° Nous ne voyons apparaître d'accidents sérieux que du moment où il s'agit d'animaux chez lesquels, soit des branchies trachéales, soit des branchies proprement dites, soit, enfin, une peau très-mince, doivent nécessairement déterminer une absorption constante des substances dissoutes dans l'eau.

On peut ranger, à peu près, les animaux que nous avons essayés, suivant le degré probable d'absorption par la peau; quitte à voir ensuite si les durées de la résistance dans l'eau de mer viennent se classer sensiblement de la même façon, et à nous assurer, par des expériences convenablement organisées, si les éléments constitutifs de l'eau de mer sont absorbés réellement et quels sont ceux qui agissent comme toxiques. Dans tous les cas, vu les différences anatomiques, il est de toute nécessité de séparer les insectes des crustacés.

Le tableau qui suit renferme donc le résumé des expériences des §§ IV et V; les espèces y sont rangées, autant que possible, suivant le degré d'absorption par les téguments ou les branchies.

INSECTES.

NATURE DES TÉGUMENTS.	RESPIRATION.	ANIMAUX ESSAYÉS.	ACTION DE L'EAU DE MER.	DURÉES.
Peau très-épaisse . .	Aérienne.	<i>Coléoptères</i> (état parfait).	Nulle ou à peu près.	
Id.	Id.	<i>Hémiptères</i> (état parfait).	Id.	
Peau moins épaisse .	Id.	<i>Coléoptères Dyticoides et Hydroporides</i> (larves).	Lente ou très-lente.	
Peau d'une épaisseur moyenne.	Par des lames branchiales.	<i>Agrion</i> (larves)	Nulle ou très-lente.	
Id.	Id.	<i>Agrion</i> (nymphe)	Id.	
Id.	Branchies thoraciques à faible surface.	<i>Perla</i> (larve)	Id.	
Id.	Branchies trachéales abdo- minales nombreuses.	<i>Phryganea</i> (larves) . .	Lente.	
Peau beaucoup moins épaisse.	Par la peau.	<i>Nemoura trifasciata</i> (lar- ves).	Rapide	Moy. 4 h. 49'.
Id.	Respiration et absorption nécessairement grande par la large surface de nombreux feuillets bran- chiaux.	<i>Cloe diptera</i> (larves) .	Id.	— 2 h. 3'.
Peau très-mince . . .	Aérienne.	<i>Culex pipiens</i> (larves) .	Assez rapide	De 5 h. à 14 h.
Id.	Par la peau.	<i>Corethra plumicornis</i> (larve).	Rapide	Moy. 6 h. 59'.
Id.	Id.	<i>Chironomus?</i> (larve) .	Id.	— 6 h. 43'.
CRUSTACÉS.				
Peau d'une épaisseur moyenne.	Branchiale	<i>Gammarus Roeselii</i> . .	Rapide	Moy. 3 h. 59'.
Id.	Id.	<i>Asellus aquaticus</i> . .	Id.	— 2 h. 40'.
Peau très-mince . . .	Id.	{ <i>Cypris fusca</i>	Très-rapide.	— 0 h. 36'.
		{ — <i>picta</i>	Id.	— 0 h. 5'21''.
Id.	Par des vésicules bran- chiales.	{ <i>Daphnia sima</i>	Id.	— 0 h. 21'57''.
		{ <i>Lynceus lamellatus</i> . .	Id.	0 h. 7'.
Id.	Par la peau.	<i>Cyclops quadricornis</i> .	Id.	— 0 h. 4'17''.

C'est à dessein que les hydrachnes ne figurent pas dans ce tableau ; on les

donerait à priori d'une absorption cutanée considérable, tandis que je prouve plus loin, par expérience, qu'elle est nulle.

On voit donc qu'en rangeant les animaux qui ont fait l'objet de mes expériences suivant le peu d'épaisseur relative de la peau ou suivant l'étendue de la surface branchiale ou cutanée par laquelle peut se faire une absorption des matières en solution dans l'eau, les chiffres qui expriment la rapidité d'action de l'eau de mer suivent une progression *analogue*.

Si, dans le tableau qui précède, il n'y a pas un accord parfait entre les différents termes, c'est qu'il est impossible d'apprécier autrement que par une estimation grossière les qualités de ténuité ou de pouvoir absorbant de la peau et qu'il eût fallu opérer sur un nombre d'espèces encore plus considérable. Je prie donc le lecteur de ne voir, dans cette classification, qu'une sorte d'esquisse destinée à montrer le principe qui m'a guidé dans les expériences que j'ai encore à exposer.

Il nous faut rechercher maintenant si les éléments constitutifs de l'eau de mer sont réellement absorbés et quels sont ceux qui agissent comme poison.

§ VII.

EXPÉRIENCES SUR L'ABSORPTION CUTANÉE OU BRANCHIALE.

Si les animaux d'eau douce qu'on plonge dans l'eau de mer peuvent absorber les éléments de celle-ci par la peau ou la surface des branchies, il est de toute évidence qu'en sortant du cercle des Arthropodes et en demandant des sujets d'expérience à des groupes où l'absorption cutanée est reconnue comme grande, on devra obtenir des effets très-rapides. Or, c'est ce que j'ai effectivement observé.

1. Cinq individus d'*Hydra fusca* m'ont tous montré les phénomènes suivants : au premier contact entre l'hydre et l'eau de mer, l'animal se contracte fortement; il touche au fond du liquide sans s'y fixer; la loupe ne décèle plus aucun mouvement. Sans pouvoir préciser l'instant de la mort, on est en droit d'admettre que celle-ci est arrivée excessivement vite.

2. Une *Nais proboscidea* descend au fond, se tord et se détord une fois ou deux, puis

se nonc littéralement. L'animal meurt après 1 minute. Un deuxième individu meurt après 1',17".

5. On met dans l'eau de mer une *Planaria lactea* de grande taille; elle flotte, puis, après quelques mouvements, tombe morte au fond, à demi contractée, au bout de 4',12".

4. Une *Nephele vulgaris*, dans les mêmes conditions, nage vivement, cherche à fuir, puis, au bout de 5 minutes, les mouvements cessent, l'animal descend au fond, s'étend complètement et meurt en un temps total de 7 minutes. Un deuxième individu ne résiste que 4',50".

Chez les Hydres et les Naïfs, l'action est donc presque instantanée, la Planaire et les *Nephele* ont mis à mourir à peu près le même temps absolu que les *Cyclops quadricornis*; mais, si on a égard à la différence considérable de taille, on est obligé d'avouer que l'action de l'eau de mer est bien plus rapide.

Rappelons-nous, avant de passer à des expériences plus précises, que les sels dissous dans l'eau de mer se divisent en chlorures et sulfates. Parmi les chlorures on peut négliger le chlorure de potassium qui ne représente qu'un millième de la masse totale. Restent les chlorures de sodium $\frac{2}{100}$ et de magnésium $\frac{5}{1000}$ et les sulfates $\frac{5}{1000}$. Le chlorure de sodium seul aura évidemment une action prépondérante, soit comme effet physiologique, soit dans les réactions chimiques à effectuer. Je m'occuperai plus loin du chlorure de magnésium, des sulfates et, en général, de l'action isolée des différents sels de l'eau de mer.

Les essais directs que j'ai pu faire sur les articulés aquatiques ont eu pour point de départ une expérience très-importante de M. Claude Bernard rappelée et développée récemment par M. H. Emery ¹. M. Emery met une grenouille dans de l'eau contenant environ 25 p. % de sel marin. La grenouille s'agite d'abord beaucoup; au bout de trois à cinq minutes, elle devient insensible et immobile; alors, on la lave avec soin, et on la place dans de l'eau distillée pure; l'animal y reprend bientôt son activité, et l'on constate que l'eau distillée précipite abondamment par l'azotate d'argent.

On n'a plus à démontrer aujourd'hui l'existence des absorptions cutanées; mais l'expérience que je viens de résumer démontre deux faits sur lesquels je dois insister pour l'intelligence de mon travail: 1° le chlorure de sodium est rapidement absorbé par la peau de certains animaux et peut agir comme

¹ *Notices physiologiques* (ANNALES DES SC. NAT., 5^e série, t. XII, p. 505, 1869).

poison : 2° si l'on s'y prend à temps, la substitution de l'eau pure à l'eau salée permet l'excrétion du sel absorbé.

J'ai suivi, à très-peu près, la même méthode que M. Emery.

1. Après avoir constaté que l'eau distillée dont j'allais me servir ne donnait aucun précipité par l'azotate d'argent, et, après avoir soigneusement lavé, avec de cette même eau, les tubes de verre nécessaires à mes expériences, j'ai placé neuf individus d'*Asellus aquaticus* dans une solution de sel marin contenant, en poids, 6,092 de sel et 96,934 d'eau, c'est-à-dire une quantité de sel exactement double de celle que renferme l'eau de mer.

Les aselles restent dans cette solution pendant 87 minutes; au bout de ce temps, ils manifestent du malaise; on les ôte, on les pose un instant sur du papier absorbant, puis on les lave, à cinq reprises différentes, avec de l'eau distillée, jusqu'à ce que la dernière eau de lavage donne, à peine, avec l'azotate d'argent, un trouble perceptible.

Les neuf articulés sont mis une sixième fois dans de l'eau distillée pure (10 centimètres cubes) pendant 2 heures. Ce temps écoulé, ils ont repris toute leur vivacité, et l'eau dans laquelle ils ont séjourné donne franchement, par l'azotate d'argent, un précipité de chlorure soluble dans l'ammoniaque.

Mais il fallait essayer d'autres animaux, ou varier les conditions de l'expérience. Dans le cas précédent, j'avais employé, comme M. Emery, une eau plus salée que l'eau de mer; voici une expérience avec une eau renfermant moins de sel.

2. Quatre *Asellus aquaticus* séjournent, vivants, pendant 65 heures ¹ dans un mélange d'eau douce et d'eau de mer renfermant $\frac{15}{20}$ d'eau de mer, en volume. On procède comme plus haut; la dernière eau de lavage ne donne rien par l'azotate d'argent. L'eau distillée pure (4 centimètres cubes ²) dans laquelle les aselles passent 1 heure devient opaline par l'addition d'azotate d'argent. Il y avait donc eu absorption et excrétion de chlorure de sodium, mais faibles, en raison de la petite quantité de sel.

Les essais suivants ont été faits à l'aide d'eau de mer naturelle.

3. Deux *Gammarus Roeselii*, après avoir nagé dans l'eau de mer pure pendant 1 heure, sont lavés suivant la méthode décrite; la dernière eau de lavage ne donne rien aux réactifs. On les met séjournner, toujours vivants ³, dans 2 centimètres cubes d'eau

¹ Voyez § XXIII.

² Le volume de l'eau distillée est toujours aussi petit que possible afin que les réactifs puissent déceler la moindre trace de sel excrété.

³ Les animaux sont vivants pendant la durée de toutes ces expériences.

distillée pure pendant 2 heures. Cette eau, essayée à l'azotate d'argent, donne un précipité très-net de chlorure.

4. On opère exactement de même sur deux larves de *Cloe diptera*. L'eau distillée pure dans laquelle elles ont excrété du sel donne une légère trace de précipité par l'azotate d'argent. Ici la réaction est peu accusée, parce que le faible volume du corps de ces petits insectes ne leur a guère permis d'emmagasiner beaucoup de matière.

5. Une *Nepa cinerea*, mâle, essayée par le même procédé, après avoir vécu 27 heures dans l'eau de mer, n'abandonne à l'eau distillée finale dans laquelle elle séjourne 5 heures, que très-peu de chlorure de sodium, mais assez pour donner un léger trouble par l'azotate d'argent.

6. Six larves de *Culex pipiens* passent 2 h. 40' dans l'eau de mer; on les lave à l'eau distillée; elles séjournent 5 heures dans 5 centimètres cubes d'eau distillée pure. Celle-ci ne donne, à l'azotate d'argent, qu'un léger trouble à peine perceptible; cela tient à une absorption *relativement* lente de sel par les insectes en expérience, et au peu de temps qu'ils sont restés dans l'eau de mer.

7. En présence du résultat précédent, on fait une seconde expérience. Cinq larves de *Culex pipiens* passent 4 heures dans l'eau de mer, et, après lavages jusqu'à absence de réaction, séjournent 5 heures dans 2 centimètres cubes d'eau distillée. Celle-ci se trouble nettement par l'azotate d'argent.

Ces expériences mettent hors de doute que certains articulés aquatiques absorbent du chlorure de sodium par la surface du corps. Mais, pour qu'elles soient parfaitement concluantes, il faut encore montrer que tous les insectes et crustacés d'eau douce ne sont pas dans ce cas, et que ceux chez lesquels l'absorption fait défaut sont précisément ceux qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer. De là, les essais suivants :

1. Deux *Agabus bipustulatus* et un *Hydroporus dorsalis* nagent dans l'eau de mer pendant 41 h. 56'; après les avoir retirés et les avoir soumis aux lavages habituels, on les laisse pendant 2 heures dans l'eau distillée pure. Celle-ci, essayée au nitrate d'argent, ne donne rien.

2. Deux *Acilius sulcatus*, mâle et femelle, après avoir passé 48 heures dans l'eau de mer, subissent les mêmes opérations. L'eau distillée dans laquelle ils sont restés 2 heures ne donne aucune réaction.

3. Une *Notonecta glauca* qu'on a laissée dans l'eau de mer pendant 48 h. 15' ne fournit également aucune réaction dans les mêmes conditions.

4. La nymphe d'*Agrion*, dont il est question au § V, et qui vivait encore dans l'eau de mer après 52 heures, est essayée par la méthode ordinaire. L'absence de réaction montre qu'il n'y a eu ni absorption, ni excrétion de chlorure.

Dugès¹ assimile aux branchies trachéales la peau des hydraclines sous laquelle se

¹ *Traité de physiologie comparée*, t. II, p. 549; Paris, 1858.

trouve un réseau trachéen serré, réseau trachéen dans lequel l'air pénétrerait, suivant son expression, par *eudsmose*. Le célèbre physiologiste ne perd nullement de vue que les trachées des hydrachnes naissent de stigmates distincts; mais il est tenté d'admettre une respiration par la peau, prépondérante.

Que la respiration soit cutanée ou complètement trachéenne, il n'en est pas moins certain que l'absorption des liquides, ou des sels contenus dans ces liquides, par la peau des hydrachnes est très-faible ou nulle. Le temps que ces animaux peuvent passer dans l'eau de mer sans accident en est une première preuve, l'expérience ci-dessous sera la seconde.

Une *Hydrachna eruenta* ayant vécu plus de 50 heures dans l'eau de mer est lavée, un grand nombre de fois, jusqu'à absence de réaction. L'eau distillée pure (1 centimètre cube), dans laquelle on la laisse 2 h. 50', ne donne rien par l'azotate d'argent.

Toutes ces expériences sont, je l'espère, suffisamment concluantes; j'en résumerai les résultats comme suit : *Les articulés aquatiques d'eau douce qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer, sont ceux chez lesquels il n'y a pas d'absorption de sel par la peau; ceux qui y meurent, au bout d'un temps relativement court, ont absorbé du chlorure de sodium.*

Je prévois une objection peu importante : cette absorption, qui paraît se faire par la peau, n'a-t-elle pas lieu tout simplement par les voies digestives? Quelques expériences trop peu nombreuses, faites exclusivement sur la *Daphnia sima* et le *Cyclops quadricornis*, m'avaient conduit à admettre cette opinion dans des recherches précédentes¹; mais je reconnais que c'est une véritable erreur, car, dans ce cas, tous les animaux que j'ai essayés et surtout ceux sur lesquels l'eau de mer n'a pas d'action, et qui ont précisément une plus grande taille que la plupart des autres, auraient abandonné beaucoup de sel dans l'eau distillée, et celle-ci aurait donné un précipité abondant par l'azotate d'argent; ce qui n'est pas.

Je puis citer, par exemple, les deux *Aeilus sulcatus* dont il est question plus haut; ces insectes, pendant le séjour de deux heures qu'ils ont fait dans la dernière eau distillée, ont dégorgé un liquide rougeâtre par la bouche, et ont déposé des excréments. Ces matières auraient pu contenir des chlorures; mais l'absence de précipité par l'azotate d'argent a montré qu'il n'en était rien.

Il est tout naturel de ne constater chez les articulés d'eau douce à peau

¹ *Recherches sur les crustacés, etc.*, op. cit., p. 64.

épaisse et à respiration aérienne ni l'absorption des sels, ni les phénomènes qui en sont la conséquence; car on a reconnu, depuis les expériences faites sur les vertébrés, que lorsque la peau est épaisse et surtout garnie de son épiderme non vasculaire, l'absorption cutanée des poisons les plus violents n'est que très-lente. C'est ainsi que M. Longet, appliquant une solution de chlorhydrate de strychnine sur la surface écailleuse de la peau du ventre d'orvets et de lézards, n'a constaté de symptômes d'empoisonnement qu'au bout de plusieurs heures ¹.

La texture histologique des membranes animales a une influence marquée sur la quantité de solution saline qui peut les traverser en un temps donné. D'après M. A. Cima ², une solution de sel marin passe plus rapidement au travers d'un fragment de vessie de bœuf qu'au travers d'un fragment d'égale étendue de la membrane du jabot du poulet, bien que la première de ces membranes soit environ quatre fois plus épaisse que la seconde. Cependant, la peau des insectes et des crustacés dont nous nous sommes occupés ayant, dans chacun de ces groupes, une texture anatomique assez uniforme, nous ne devons porter notre attention que sur les différences d'épaisseur seules.

§ VIII.

INFLUENCE DES SELS DE L'EAU DE MER CONSIDÉRÉS ISOLÉMENT.

Les sels dissous dans de l'eau de mer y sont en proportions très-différentes; si donc, en essayant leur action isolée sur les articulés d'eau douce, nous les employons dans les proportions relatives qu'ils affectent, nous risquerions fort de poser des conclusions fausses: attribuant à ceux qui existent en grande quantité un effet toxique, et à ceux dont le poids n'est qu'une fraction minime de celui de l'eau, une action nulle.

Pour rendre les résultats comparables, il fallait se servir de quantités égales; à cet effet, j'ai préparé des solutions formées: la première d'eau et

¹ *Traité de physiologie*, t. 1, p. 295, 1859.

² *Sull' evaporazione e la trasudazione dei liquidi attraverso le membrane animali* (MÉM. DE L'ACAD. DES SCIENCES DE TURIN, série II, tome XII, p. 19).

de chlorure de sodium, dans des proportions telles que le poids du chlorure de sodium fût égal à la somme des poids de tous les sels contenus dans l'eau de mer; la seconde, d'eau et de chlorure de magnésium, dans les mêmes proportions; la troisième, d'eau, de sulfate de magnésium et de sulfate de calcium dans les rapports qu'ils présentent dans de l'eau de mer, mais en quantités telles que la somme des poids des deux sulfates égalât la somme des poids des sels de l'eau de l'océan.

Les faits exposés précédemment nous ayant montré qu'il était inutile d'essayer l'influence des sels sur les coléoptères et les hémiptères, à l'état parfait, il ne sera question, dans les expériences suivantes, que des articulés à grande absorption possible par la peau. C'est à ce titre qu'on y verra figurer encore les hydrachnes.

§ IX.

ACTION DU CHLORURE DE SODIUM SEUL.

Composition du liquide	{	Chlorure de sodium	5,046
		Eau	96,954
		TOTAL	100,000

INSECTES.

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution saline comparative- ment à celle de l'eau de mer.
1	Larve de <i>Dytiscus marginalis</i> , résiste plus de 9 h., moins de 17 h.	»	»
2	Larve d'Hydroporide (<i>Hyphidrus</i> ?), résiste plus de 29 h., moins de 36 h.	»	A peu près nulle.
3	Six larves de <i>Culex pipiens</i> meurent après 8 h. 45'	»	Analogue.
4	Larves de <i>Corethra plumicornis</i> : 1 ^{er} individu meurt après 9 h. 3'.	} 10 h. 37' .	Plus lente.
	— — 2 ^e — — 12 h. 10'.		
5	Deux larves de <i>Phryganea rhombica</i> meurent après 16 h.	»	Plus rapide.
6	Larves de <i>Gloe diptera</i> : 1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e indiv. meurent après 2 h. 19'.	} 2 h. 29' .	Analogue.
	— — 4 ^e et 5 ^e — — 2 h. 30'.		
	— — 6 ^e et 7 ^e — — 2 h. 45'.		
7	Une larve d' <i>Agrion</i> ? vit plus de 29 h., moins de 36 h.	»	Plus rapide.

ACARIDES.

No D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution saline comparative- ment à celle de l'eau de mer.
8	Deux <i>Hydrachna cruenta</i> résistent plus de 30 h. et moins de 48 h.	»	Aussi lente (analogue).
CRUSTACÉS.			
9	<i>Gammarus Roesehi</i> : 1 ^{er} individu meurt après 1 h. 47' . — — 2 ^e — — 1 h. 58' . — — 3 ^e — — 2 h. 15' .	} 1 h. 45' .	Plus rapide.
10	<i>Asellus aquaticus</i> : 1 ^{er} — — 1 h. 50' . — — 2 ^e — — 2 h. 5' . — — 3 ^e — — 2 h. 15' . — — 4 ^e — — 2 h. 30' . — — 5 ^e — — 2 h. 45' . — — 6 ^e — — 2 h. 55' . — — 7 ^e — — 3 h. 5' . — — 8 ^e — — 3 h. 19' .	} 2 h. 35' .	Analogue.
11	<i>Daphnia sima</i> : 1 ^{er} — — 0 h. 6' . — — 2 ^e — — 0 h. 7' . — — 3 ^e — — 0 h. 11' . — — 4 ^e — — 0 h. 7' . — — 5 ^e et 6 ^e — — 0 h. 8' 5'' .	} 0 h. 7' 51'' .	Plus rapide.
12	Un <i>Lycceus lamellatus</i> meurt au bout de. 0 h. 8' .	»	Analogue.
13	<i>Cyclops quadricornis</i> : 1 ^{er} individu meurt après 0 h. 4' . — — 2 ^e — — 0 h. 6' 30'' . — — 3 ^e , 4 ^e , 5 ^e et 6 ^e indiv. meurent après 0 h. 15' 30'' .	} 0 h. 12' 5'' .	Plus lente.
14	<i>Cypris fusca</i> : 1 ^{er} individu meurt après 0 h. 24' . — — 2 ^e — — 0 h. 24' . — — 3 ^e et 4 ^e — — 0 h. 26' . — — 5 ^e et 6 ^e — — 0 h. 30' .	} 0 h. 26' 40'' .	Un peu plus rapide.

Ces expériences nous montrent que l'action de la solution de chlorure de sodium est tantôt analogue, tantôt plus rapide que celle de l'eau de mer pure, et rarement plus lente. D'où nous pouvons déjà déduire que le chlorure de sodium a une grande part dans les effets de l'eau de mer.

§ X.

ACTION DU CHLORURE DE MAGNÉSIUM SEUL.

Composition du liquide .	}	Chlorure de magnésium.	5,046
		Eau	96,954
		TOTAL	100,000

J'ai déjà eu l'occasion de parler dans un travail précédent de l'action du chlorure de magnésium sur les cyclops et les daphnies ¹; mais j'avais employé ce sel dans la faible proportion où il existe dans l'eau de mer, ce qui ne permet pas, comme dans la méthode actuelle, de comparer son effet à celui du chlorure de sodium. La même réflexion s'applique aux sulfates dont il est question aux §§ XI et XII.

INSECTES.

No D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de chlorure de magnésium comparativement à celles	
			DE L'EAU DE MER.	DE Na Cl.
1	Une larve de <i>Dytiscus marginalis</i> passe 4 h. 30' dans la solution; on l'en ôte pendant un certain temps (voir plus loin), puis on l'y remet. Elle y vivait encore très-bien après 25 h. (on met fin à l'expérience).	»	Nulle	Nulle (ou plus lente).
2	Une larve de Dytiscide (<i>Agabus?</i>) meurt au bout de 10 h. 5'	»	Nulle (identique).	»
3	Une larve d'Hydrophoride (<i>Hyphidrus?</i>) vivait encore après 53 h. (on met fin à l'expérience)	»	Id.	Nulle (ou plus lente).
4	Une larve de <i>Gyrinus natator</i> meurt au bout de 10 h.	»	»	»
5	Trois larves de <i>Culex pipiens</i> sont mortes après 7 h. 45'	»	Analogue.	Analogue.
	Deux larves de <i>Culex pipiens</i> ont résisté plus de 7 h., moins de 14 h.			
6	Une larve de <i>Phryganea rhombica</i> vit plus de 12 h., moins de 24 h.	»	Plus rapide	Id.
7	Une larve de <i>Phryganea atra</i> vivait encore après 18 h. (on a mis fin à l'expérience)	»	Analogue.	»
8	Une larve de <i>Stratiomys chamaeleo</i> vivait encore après 41 h. (on met fin à l'expérience)	»	Nulle	Nulle.
9	Deux larves de <i>Corethra plumicornis</i> meurent après 10 h.	»	Plus lente	Analogue.

¹ *Recherches sur les crustacés, etc., op. cit., p. 64.*

N° D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES	DURÉES moyennes.	Action de la solution de chlorure de magnésium comparativement à celles	
			DE L'EAU DE MER.	DE NaCl.
40	Trois larves d'Éphémérides (?) meurent après 1 h. 20'.	"	"	"
41	Trois larves de <i>Cloe diptera</i> meur. au bout de 2 h. 23'.	"	Analogue.	Analogue.
42	Une larve d' <i>Agrion</i> (?) vivait encore après 18 h. (on met fin à l'expérience)	"	Analogue?	Analogue?
43	Une nymphe d' <i>Agrion</i> (?) donne le même résultat. . .	"	Id.	Id.
ACARIDES.				
44	Trois <i>Hydrachna cruenta</i> vivaient encore après 49 h. (on met fin à l'expérience)	"	Analogue (ou nulle).	Analogue (ou nulle).
CRUSTACÉS.				
45	Six <i>Gammarus Roeselii</i> meurent au bout de 2 h. 41'.	"	Plus rapide	Plus lente.
46	<i>Asellus aquaticus</i> :	19 h. 22' .	Beaucoup plus lente.	Beaucoup plus lente.
	1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e individus meurent après. . . 19 h.			
	4 ^e — — — — — . . . 19 h. 45'			
	5 ^e — — — — — . . . 20 h. 10'			
47	<i>Daphnia sima</i> :	0 h. 19'29".	Analogue	Plus lente.
	1 ^{er} individu meurt après 0 h. 42'59".			
	2 ^e — — — — — 0 h. 21'			
	3 ^e — — — — — 0 h. 30'			
	4 ^e — — — — — 0 h. 47'			
	5 ^e — — — — — 0 h. 48'30".			
48	Deux <i>Lynceus lamellatus</i> meurent après 0 h. 9' . . .	"	Id.	Analogue.
19	<i>Cyclops quadricornis</i> :	0 h. 37' .	Plus lente	Plus lente.
	1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e individus meurent après . . . 0 h. 22'			
	4 ^e — — — — — 0 h. 30'30".			
	5 ^e — — — — — 4 h. 5'			
20	<i>Cypris monacha</i> :	4 h. 9' .	"	"
	1 ^{er} individu meurt après 3 h. 56'			
	2 ^e — — — — — 4 h. 22'			
21	<i>Cypris fusca</i> :	3 h. 43' .	Beaucoup plus lente.	Beaucoup plus lente.
	1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après . . . 2 h. 14'			
	3 ^e , 4 ^e et 5 ^e — — — — — . . . 3 h. 53'			
	6 ^e et 7 ^e — — — — — . . . 4 h. 55'			

En résumé, l'action du chlorure de magnésium est, dans les cas comparables, soit *analogue* à celle du chlorure de sodium, soit *moins énergique*. Ce résultat nous conduit nécessairement à ranger le chlorure de magnésium, après le sel marin, parmi les matières salines nuisibles aux articulés d'eau douce à peau mince ou à branchies.

Souvent, ainsi que le montre le tableau, les effets de la solution de chlorure de magnésium ont été les mêmes que ceux de l'eau de mer; si, pour quatre espèces, on observe, au contraire, une action plus faible, cette action n'en est pas moins infiniment plus violente que celle des sulfates dont je m'occuperai au § XI.

Afin de savoir si le chlorure de magnésium était absorbé par la peau, comme le chlorure de sodium, j'ai fait les essais suivants :

1. Une larve de *Dytiscus marginalis* ayant passé 4 h. 50' dans la solution de chlorure de magnésium, séjourne, après lavages suffisants, pendant 7 heures, dans 10 centimètres cubes d'eau distillée; cependant, au bout de ce temps, cette eau ne donne aucune réaction. L'absorption avait donc été nulle ou à peu près.

2. La larve et la nymphe d'*Agrion* qui avaient séjourné pendant 18 heures dans la solution sont lavées par le procédé ordinaire et placées dans 1 1/2 centimètre cube d'eau distillée pendant 5 heures. Celle-ci ne précipite ni par l'azotate d'argent, ni par le phosphate ammoniaco-sodique. L'absorption avait donc été nulle.

3. Les trois *Hydrachna cruenta* qui avaient passé 49 heures dans la solution de chlorure de magnésium sont mises, après les lavages nécessaires, dans de l'eau distillée pendant 4 heures. Au bout de ce temps cette eau n'indique aucune trace de chlorure de magnésium. Il n'y avait donc eu, comme dans le cas de l'eau de mer, ni absorption active ni excrétion.

4. Un *Asellus aquaticus*, après un séjour de 20 heures dans le chlorure de magnésium et une digestion de 2 heures dans un centimètre cube d'eau distillée, ne communique à celle-ci aucune des réactions caractéristiques du chlorure de magnésium, même au microscope. L'absorption avait donc été très-faible, ce qui explique comment les Aselles résistent bien plus longtemps dans la solution de chlorure de magnésium que dans l'eau de mer.

5. Deux *Gammarus Roeselii* n'indiquent pas de traces d'absorption après un séjour d'une heure dans le chlorure de magnésium. Comme ce fait s'explique assez naturellement par le peu de temps pendant lequel on les a laissés dans la solution, on recommence avec de nouveaux individus.

6. Deux *Gammarus Roeselii*, après avoir vécu 1 h. 50' dans la solution saline (temps qu'on ne pouvait guère dépasser puisqu'on sait qu'ils meurent dans le chlorure de magnésium au bout de 2 heures), sont lavés avec soin, jusqu'à ce que la dernière eau de

lavage ne donne plus de réaction, puis laissés pendant 1 h. 50' dans un centimètre cube d'eau distillée. Celle-ci donne, au bout de ce temps, un précipité peu abondant, mais net, de chlorure par l'azotate d'argent, et une goutte du liquide, additionnée, sur le porte-objet du microscope, d'un peu de phosphate ammoniaco-sodique, indique des traces de phosphate ammoniaco-magnésien.

Cette expérience a une double portée; elle nous montre d'abord que les *Gammarus* absorbent le chlorure de magnésium, et elle nous indique, de plus, que les précautions dont j'ai entouré mes essais ne sont pas superflues.

Ainsi, nous constatons, une fois de plus, que les animaux qui supportent, sans inconvénients, l'action d'une solution saline sont ceux qui n'absorbent pas les sels qu'elle contient, et que ceux, comme les *Gammarus*, sur lesquels l'action est rapide, en ont absorbé une quantité telle qu'elle peut être décelée par les réactifs chimiques.

§ XI.

ACTION DES SULFATES SEULS.

Composition du mélange.	}	Sulfate de magnésium	2,025
		— de calcium	1,025
		Eau	96,954
		TOTAL	100,000

Dans ce mélange, l'ensemble de tous les sels de l'eau de mer se trouve remplacé, en poids, par les sulfates seuls, ceux-ci étant dans leurs rapports respectifs. Mais il faut remarquer qu'il y a ici une quantité de sulfate de calcium, sel, comme on sait, fort peu soluble, trop considérable pour se dissoudre entièrement.

L'action des sulfates, même à cette dose assez forte, est, ainsi qu'on va le voir, nulle ou à très-peu près.

INSECTES.

N ^o d'ordre	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action des sulfates comparativement à celles		
			de L'EAU DE MER.	de Na Cl.	de Mg Cl.
1	Une larve de <i>Dytiscus marginalis</i> a vécu plus de 18 h. (on a dû la mettre en liberté à cause de son extrême voracité et de l'impossibilité de la nourrir convenablement ¹)	"	"	Plus lente.	"
2	Une larve de Dytiscide (<i>Agabus?</i>) vivait encore après 44 h. (on met fin à l'expérience)	"	Nulle (identiq.).	"	Nulle.
3	Une larve d'Hydroporide (<i>Hyphidrus?</i>) vivait encore après 52 h. (on met fin à l'expérience)	"	Id.	Nulle	Nulle (identiq.).
4	Deux larves de <i>Phryganea rhombica</i> vivaient encore après 51 h (on met fin à l'expérience).	"	Nulle	Id	Nulle.
5	Six larves de <i>Cloe diptera</i> vivaient encore parfaitement après 72 h.; plusieurs avaient changé de peau (on met fin à l'expérience).	"	Id.	Id.	Id.
6	Une larve d' <i>Agrion?</i> vivait encore après 51 h. (on met fin à l'expérience).	"	Nulle (identiq.).	Id.	Id.
7	Huit larves de <i>Culex pipiens</i> vivaient encore après 42 h. 30' (on met fin à l'expérience)	"	Nulle	Id.	Id.
ACARIDES.					
8	Trois individus d' <i>Hydrachna cruenta</i> vivaient encore après 48 h. (on met fin à l'expérience).	"	Nulle (analog.).	Nulle (analog.).	Nulle (identiq.).
CRUSTACÉS.					
9	Quatre <i>Gammarus Roeselii</i> étaient encore très-vifs après 25 h. (on met fin à l'expérience parce que les <i>Gammarus</i> , à l'exception du <i>G. pulex</i> , se conservent mal en captivité dans un faible volume de liquide	"	Nulle (ou plus lente).	Nulle (ou plus lente).	Nulle (ou plus lente).
10	Huit individus d' <i>Asellus aquaticus</i> étaient bien vivants après 48 h. (on met fin à l'expérience)	"	Nulle	Nulle	Id.
11	<i>Daphnia sima</i> : 1 ^{er} et 2 ^e indiv. meur. après 2 h. 30'. — — 3 ^e — — 3 h. 4'. — — 4 ^e — — 3 h. 11'. — — 5 ^e et 6 ^e — — 2 h. 40'.	2 h. 43'.	Beaucoup plus lente.	Beaucoup plus lente.	Beaucoup plus lente.
12	<i>Lyncceus lamellatus</i> : 1 ^{er} indiv. meurt après 2 h. 33'. — — 2 ^e — — 2 h. 5'.	2 h. 19'.	Id.	Id.	Id.
13	Six individus de <i>Cyclops quadricornis</i> vivaient encore après 48 h. (on met fin à l'expérience). Un septième laissé, à dessein, vivait après 72 h.	"	Nulle	Nulle	Nulle
14	Huit individus de <i>Cypris fusca</i> vivaient après 48 h. (on met fin à l'expérience)	"	Id.	Id.	Id.

¹ Elle a dévoré, en ces 18 h., une autre larve de Dytiscide plus petite et deux larves de *Corixa striata*. Elle a vécu, ensuite, environ une semaine dans l'eau douce, en faisant un véritable carnage parmi les autres insectes.

Ainsi que je l'annonçais, en tête de ce tableau, la solution des sulfates de magnésium et de calcium n'a, en général, aucune action; il n'y a d'effets perceptibles que sur les animaux très-déliçats du groupe des cladocères et encore ces crustacés résistent-ils plus de deux heures, tandis qu'ils périssent en quelques minutes dans les liquides précédents.

Il me restait à tenter quelques essais pour m'assurer si les sulfates sont absorbés par les animaux ayant fait le sujet de mes expériences. J'ai porté exclusivement mon attention sur le sulfate de magnésium, le plus abondant des deux sels contenus dans le liquide.

1. Une larve d'*Agrion*, après avoir séjourné 51 heures dans la solution, subit les manipulations habituelles et reste finalement, pendant 5 heures dans 4 1/2 centimètre cube d'eau distillée. Celle-ci ne donne ni, avec le chlorure de barium, la réaction des sulfates, ni, avec le phosphate ammoniac-sodique, la réaction du magnésium, même au microscope.

2. Quatre *Gammarus Roeselii*, après un séjour de 25 heures dans la solution des sulfates et un séjour final de 2 heures dans trois centimètres cubes d'eau distillée, ne donnent lieu à aucune réaction.

5. Cinq *Asellus aquaticus*, ayant passé 14 heures dans la solution et 5 heures dans deux centimètres cubes d'eau distillée, ne donnent absolument rien.

Comme il était impossible d'admettre qu'aucune trace de sel n'était absorbée lorsque le séjour dans la solution était prolongé, j'ai fait l'expérience suivante :

4. Cinq larves de *Culex pipiens* sont laissées dans la solution durant 8 heures, puis lavées à l'eau distillée jusqu'à absence de réaction. On les laisse dans deux centimètres cubes d'eau distillée pendant 14 h. 50'. Au bout de ce temps, le liquide se trouble légèrement par le chlorure de barium, ce qui indique une excrétion de sulfate, et, par suite, une absorption très-faible.

Les animaux articulés à peau mince ou à branchies n'absorbent donc pas les sulfates de la solution que nous avons employée; ou, s'il existe une absorption, elle est excessivement lente.

§ XII.

ACTION DU SULFATE DE MAGNÉSIUM SEUL.

Dans le paragraphe qui précède, nous avons constaté l'influence en général à peu près négative d'un mélange de sulfates de magnésium et de calcium. Comme j'avais cependant observé une légère trace d'absorption, après un séjour prolongé, chez les larves de *Culex pipiens*, et comme, d'un autre côté, les daphnies et les lyncées n'y vivaient pas indéfiniment, j'ai voulu, pour résoudre la question d'une manière complète et connaître entièrement l'action du sulfate de magnésium, essayer ce sel seul, dans la même proportion que le chlorure de sodium.

Composition du liquide . . .	}	Sulfate de magnésium . . .	5,046
		Eau	96,954
		TOTAL	100,000

INSECTES.

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de sulfate de magnésium seul, comparativement à celles	
			de l'eau de mer.	de la solution des sulfates de magnésium et de calcium.
1	Une larve de <i>Dytiscus marginalis</i> vivait encore après 48 h. (on met fin à l'expérience)	"	"	Nulle.
2	Une larve d' <i>Hydrous caraboides</i> vivait encore après 48 h. (on met fin à l'expérience)	"	"	Id.
3	Une larve de <i>Phryganea rhombica</i> est morte au bout de 30 h.	"	"	Lente.
4	Une nymphe d'Éphéméride (Gloe?) a vécu plus de 29 h. moins de 37	"	"	"
5	Deux larves de <i>Corethra phanicornis</i> vivaient après 48 h. (on met fin à l'expérience)	"	Nulle	"
6	Douze larves de <i>Culex pipiens</i> vivaient encore après 48 heures; un grand nombre s'étaient transformées en nymphes (on met fin à l'expérience)	"	Id.	Nulle (identique).
ACARIDES.				
7	Quatre <i>Hydrachna cruenta</i> vivaient encore après 48 h. (on met fin à l'expérience)	"	Nulle (analogue) . . .	Nulle (identique)

CRUSTACÉS.

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de sulfate de magnésium seul, comparativement à celles	
			de l'eau de mer.	de la solution des sulfates de magnésium et de calcium
8	<i>Gammarus Roeselii</i> :			
	1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e individus meurent après 8 h.	} 8 h. 40'.	Beaucoup plus lente.	Lente.
	4 ^e — — — — — 8 h. 50'.			
	5 ^e — — — — — 10 h. 30'.			
9	Trois <i>Asellus aquaticus</i> résistent plus de 30 h., moins de 37 h.	}	Id.	Id.
	Deux <i>Asellus</i> meurent après. 38 h. 10'.			
10	<i>Daphnia sima</i> :			
	1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après 0 h. 55'.	} 1 h. 27'.	Id.	Un peu plus rapide.
	3 ^e et 4 ^e — — — — — 1 h. 35'.			
	5 ^e et 6 ^e — — — — — 4 h. 20'.			
	7 ^e et 8 ^e — — — — — 2 h.			
11	<i>Cyclops quadricornis</i> :			
	1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après 14 h.	} 14 h. 30'.	Id.	Lente.
	3 ^e , 4 ^e et 5 ^e — — — — — 9 h.			
12	<i>Cypris fusca</i> :			
	1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e individus meurent après 7 h. 30'.	} 7 h. 40'.	Id.	Id.
	4 ^e et 5 ^e — — — — — 7 h. 55'.			
	Deux individus résistent exceptionnellement 24 h			

Donc, en résumé, une solution de sulfate de magnésium contenant $\frac{1}{52}$ de sel environ, ne produit aucun effet sur les larves de coléoptères et de diptères, ainsi que sur les hydrachnes. L'action qui se manifeste pour les autres espèces est toujours très-lente, d'une façon absolue, et beaucoup plus lente que celle de l'eau de mer. Nous sommes donc en droit de maintenir que l'influence du sulfate de magnésium est ou nulle ou très-faible. Si l'action de ce sel est aussi faible dans une solution à $\frac{1}{52}$, il est évident qu'on ne doit plus du tout en tenir compte dans l'eau de mer qui n'en renferme que $\frac{2}{10000}$.

On a vu que les animaux plongés dans la solution des sulfates de magnésium et de calcium mélangés n'absorbaient pas le sulfate de magnésium ou

ne l'absorbaient que fort peu. Comme on pourrait supposer que cela tient à la petite quantité de sel de magnésium, j'ai recommencé des expériences du même ordre avec la solution actuelle.

1. Quatre grosses *Hydrachna cruenta* qui avaient passé plus de 48 heures dans la solution de sulfate de magnésium, lavées à la façon habituelle, puis abandonnées dans 2 centimètres cubes d'eau distillée, pendant 12 heures, ne cèdent rien à cette eau, car elle ne fournit aucune des réactions caractéristiques des sulfates ou des sels de magnésium, même au microscope. On devait s'attendre à ce résultat, aussi n'ai-je fait l'expérience que pour prouver, une fois de plus, l'absence d'absorption cutanée chez les hydrachnes.

2. Trois *Gammarus Roeselii*, après un séjour d'environ 8 heures (*maximum* du temps, voyez le tableau) dans le sulfate de magnésium, ne cèdent rien à l'eau distillée dans laquelle ils restent 2 heures.

3. Résultat négatif identique avec trois *Asellus aquaticus* dans les mêmes conditions.

4. Six larves de *Culex pipiens* séjournent pendant 48 heures dans la solution et s'y transforment en nymphes. Celles-ci, mises dans l'eau distillée (2 centimètres cubes) pendant 10 heures, n'abandonnent rien à ce liquide, car il ne fournit aucune réaction, même au microscope.

Ces expériences, jointes à celles du paragraphe précédent, permettent donc de conclure que les sulfates de l'eau de mer ne sont pour rien dans les effets nuisibles de cette eau sur les articulés d'eau douce, et que ces sels sont si faiblement absorbés qu'on ne parvient presque jamais à déceler chimiquement l'absorption.

Après avoir montré expérimentalement que les sels de l'eau de mer mortels pour les articulés à peau mince ou à branchies, sont les chlorures, et après avoir recherché quel rôle l'absorption cutanée joue dans les phénomènes observés, il fallait s'assurer si la différence de densité qui existe entre l'eau douce et l'eau de mer est absolument sans influence.

§ XIII.

EXPÉRIENCES SUR L'INFLUENCE DE LA DENSITÉ.

M. P. Bert a publié, en 1866, quelques observations très-intéressantes sur les phénomènes que présentent les poissons de mer lorsqu'on les plonge dans

l'eau douce ¹. Je reviendrai sur ce travail en décrivant mes expériences personnelles sur les articulés marins (§ XXII); il me suffira de rappeler ici que M. Bert range la différence des densités parmi les causes qui font périr les poissons de mer dans l'eau douce ².

Cette même cause pourrait-elle être admise pour les faits inverses que nous étudions? Doit-on croire, en d'autres termes, que si des articulés d'eau douce meurent dans l'eau de mer, c'est que cette dernière a une plus grande densité?

Remarquons que la solution de sulfate de magnésium dont l'action est à peu près nulle a une densité voisine de celle de l'eau de mer. L'aréomètre de Baumé y marque 3 et accuse dans l'eau de mer 3,3. D'un autre côté, la solution de chlorure de magnésium tue, en général, à peu près aussi vite que l'eau de mer et possède cependant une densité moindre, puisque l'aréomètre n'y marque que 2,5.

M. Bert s'est servi successivement, dans ses expériences, de solutions de sucre et de gomme. Comme dans mes recherches précédentes sur les cladocères et les copépodes, j'ai renoncé à l'eau gommée, son emploi pouvant donner lieu à des erreurs notables; en effet, « l'eau gommée, à la même densité que l'eau de mer, est beaucoup plus visqueuse que l'eau sucrée au même titre, parce que le poids spécifique de l'arabine (principe soluble de la gomme arabique) étant 1,4, c'est-à-dire inférieur à 1,606 qui est celui du sucre de canne cristallisé, il faut dissoudre plus de gomme que de sucre. Il résulte de là que les animaux s'y déplacent difficilement, ainsi que je l'ai fort bien constaté, et, par suite, que la respiration y devient trop lente (chez les animaux à branchies); de sorte que, à mon avis, il ne faut pas tenir compte des résultats obtenus dans ces conditions défavorables ³. »

¹ *Note sur la mort des poissons de mer dans l'eau douce* (MÉM. DE LA SOC. DES SC. PHYS. ET NAT. DE BORDEAUX, t. IV, 1^{er} cahier, suite; 1866).

² Les autres causes sont, pour l'auteur, la différence de pouvoir osmotique, la différence de solubilité de l'oxygène dans les deux liquides. Dans une publication postérieure (*Notice sur les titres et les travaux scientifiques du Dr P. Bert*, p. 11. Paris, 1869), M. Bert ajoute : « Mais la densité n'est pas tout; car en ramenant avec de l'eau distillée la densité de l'eau de mer à celle de l'eau douce, les poissons y vivent beaucoup plus longtemps que dans cette dernière. Le chlorure de sodium ne joue pas seul un rôle dans ces phénomènes. »

³ *Recherches sur les crustacés, etc.*, op. cit., pp. 62 et 65.

J'ai donc préparé une solution de sucre de canne dans l'eau en prenant la précaution de l'amener exactement, à l'aide de l'aréomètre de Fahrenheit, à la même densité que l'eau de mer fraîche que j'avais puisée la veille. Voici les résultats que j'ai obtenus :

INSECTES.

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	ACTION PRODUITE par la solution de sucre.
1	Une larve de <i>Dytiscus marginalis</i> vivait encore sans nourriture après 29 h. (on met fin à l'expérience).	Probablement nulle.
2	Une larve d'Hydroporide (<i>Hyphidrus?</i>) vivait encore après 53 heures (on met fin à l'expérience).	Nulle.
3	Six larves de <i>Culex pipiens</i> vivaient encore après 72 heures (on met fin à l'expérience).	Id.
4	Une larve de <i>Stratiomys chamocteo</i> vivait encore après 72 heures (on met fin à l'expérience).	Id.
ACARIDES.		
5	Trois <i>Hydrachna cruenta</i> nageaient vivement après 72 heures (on met fin à l'expérience).	Nulle.
CRUSTACÉS.		
6	<i>Gammarus Roeschli</i> : 1 ^{er} et 2 ^e indiv. meurent après 5 h. 50'. — — 3 ^e et 4 ^e — — 6 h. 40'. — — 5 ^e et 6 ^e — — 5 h. 5'. Un individu vit exceptionnellement plus de 12 heures.	Moy. 5. h. 51'. Plus lente que celle de l'eau de mer et des chlorures, plus rapide que celle de sulfate de magnésium.
7	Deux <i>Asellus aquaticus</i> vivent plus de 31 h. et moins de 39 h., un troisième meurt après 42 h. 30'.	Analogue à celle du sulfate de magnésium seul, c'est-à-dire très-lente.
8	Six <i>Daphnia sima</i> sont mortes après 1 h. 20'.	Id.
9	Six <i>Cyclops quadricornis</i> vivaient encore après 8 jours.	Nulle.
10	Cinq <i>Cypris monacha</i> vivaient encore après 40 h. (on met fin à l'expérience).	Id.
11	Huit <i>Cypris fusca</i> vivaient encore après 72 heures (on met fin à l'expérience).	Id.

Ainsi, sur les onze espèces que j'ai essayées, huit vivent impunément dans l'eau sucrée ayant la densité de l'eau de mer. Pour les *Gammarus*, il existe

une action nuisible amenant plus rapidement la mort que dans la solution de sulfate de magnésium. Les aselles et les daphnies résistent à peu près aussi longtemps que dans ce dernier liquide. Pour toutes, indistinctement, l'action est beaucoup plus lente que celle de l'eau de mer et des chlorures.

Je ne crois pas qu'il soit possible de mettre la mort des *Gammarus*, des *Asellus* et des *Daphnia* sur le compte de la densité du mélange; car que peut produire une augmentation de densité, si ce n'est un ralentissement évident des mouvements généraux et, par conséquent, des appendices respiratoires; d'où résulterait une rapidité un peu moins grande dans l'hématose? Mais cette cause existe pour tous les animaux en expérience. Si les daphnies meurent dans l'eau sucrée, pourquoi y voyons-nous vivre indéfiniment les *Cypris* et les *Cyclops*, chez lesquels la respiration est tout aussi active?

Comment expliquer, par une respiration plus lente, la mort des *Gammarus* dans l'eau sucrée, en présence du fait suivant : je faisais, pour la seconde partie de mes recherches, des essais sur la respiration et sur l'influence de l'eau privée d'air. A cet effet, employant une méthode que j'ai abandonnée depuis, à cause des inconvénients graves qu'elle présente, je privais l'eau d'air par une ébullition prolongée et je la recouvrais, encore bouillante, d'une couche d'huile épaisse, comme dans les expériences de M. Galy-Cazalat; puis, après refroidissement, j'introduisais des articulés dans l'eau sous-jacente. Des *Gammarus Roeselii*, placés dans ces conditions, nageaient vers le haut et s'engageaient complètement dans la couche d'huile qui les emprisonnait à tout jamais à cause de sa grande viscosité. Or, malgré cette viscosité qui paralysait presque tout mouvement, malgré une respiration évidemment bien entravée, les *Gammarus* vivaient encore dans le liquide gras après trente-six heures ¹.

Si la différence des densités était la seule cause de la mort de certains articulés d'eau douce transportés dans l'eau de mer, nous aurions dû observer un parallélisme à peu près complet entre le tableau des durées dans l'eau de mer et le tableau du paragraphe actuel. Ce parallélisme n'existant pas, on

¹ Il est connu que l'huile dissout les gaz constitutifs de l'air; mais nos articulés n'y pouvaient trouver ni la liberté de mouvement nécessaire à l'acte respiratoire, ni la quantité de gaz que contient l'eau aérée.

est forcément ramené aux conclusions que nous avons formulées plus haut : il y a dans l'eau de mer des sels, chlorures de sodium et de magnésium, nuisibles aux articulés d'eau douce chez lesquels l'absorption est rapide.

§ XIV.

POIDS SPÉCIFIQUE DE L'EAU DE MER.

La détermination exacte du poids spécifique de l'eau de mer que j'ai employée dans mes recherches était un complément obligé de celles-ci. Je ne pouvais me contenter de l'un des nombres donnés dans les tableaux de poids spécifiques des ouvrages de physique ou de chimie, parce que ceux-ci présentent plusieurs variantes et parce qu'on n'y indique nullement si l'eau a été puisée au large ou près des côtes.

La salure, et, par suite, la densité de l'eau de mer diminuent dans le voisinage des côtes et même des petites îles. L'eau que j'ai employée ayant toujours été puisée à la côte, je devais déterminer le poids spécifique de cette eau et non de celle de la haute mer.

Afin d'éviter les influences perturbatrices, soit des longues pluies, soit de cours d'eau venant de terre, j'ai pris l'eau qui m'était nécessaire, le 2 juin 1870 à marée haute, en me tenant aussi loin que possible sur un des brise-lames. J'ai choisi cette date du 2 juin, parce qu'il n'avait pas plu depuis près d'un mois.

Une première détermination, aussi exacte que possible, m'a donné, à la température de 18° c. et à l'aide de l'aréomètre de Fahrenheit : 1,0224. Ce nombre étant un peu inférieur à 1,0234 indiqué par M. Backs pour l'eau puisée dans le voisinage d'Helgoland, j'ai recommencé par la méthode de la balance hydrostatique, méthode considérée comme la meilleure. J'ai obtenu ainsi :

Perte de poids dans l'eau de mer (moyenne)	15 ^{gr} ,650.
— — distillée	Id. 15 ^{gr} ,551.
Poids spécifique de l'eau de mer à 18°C.	1,0224.

Ces deux expériences se confirment l'une l'autre ; le poids spécifique de

l'eau de mer qui a servi dans mes recherches est donc bien exactement à 18°C., c'est-à-dire à la température ordinaire de l'été, 1,0224.

§ XV.

INFLUENCE DE L'EAU DOUCE SUR LES ARTICULÉS MARINS.

Des animaux marins peuvent vivre dans l'eau douce et j'ai déjà rappelé, au § II, ce fait constaté pour plusieurs poissons et quelques crustacés; les mollusques eux-mêmes nous en fournissent des exemples. Mais, somme toute, le nombre d'espèces douées de la propriété de fréquenter indifféremment deux liquides aussi dissemblables que l'eau douce et l'eau de mer, est assez restreint.

Peu d'expériences ont été faites, jusqu'à présent, sur les articulés; je ne puis guère citer que celles de M. Joly sur l'*Artemia salina*. L'auteur a vu les *Artemia* plongées dans l'eau douce y périr au bout d'un ou deux jours¹.

Avant d'exposer les résultats que j'ai obtenus, je crois devoir donner quelques détails sur la méthode employée : les grands aquaria établis, dans ces dernières années, à Paris, à Bruxelles et ailleurs, ont démontré la difficulté avec laquelle on conserve les animaux marins en captivité. Lors de mes premiers essais, je rapportais chez moi, dans de l'eau de mer fraîchement puisée, les crustacés que je capturais et, bien que le transport durât souvent moins d'une heure, je constatais toujours un malaise général chez tous les individus et souvent la mort de plusieurs d'entre eux. Dans ces conditions défavorables, on ne pouvait évidemment conclure, lorsque ces animaux placés dans l'eau douce y périssaient rapidement, que l'action fût due à l'eau douce seule, et les résultats étaient très-sujets à caution.

Afin d'éviter cette cause d'erreur, j'ai agi d'une façon inverse, transportant, de Bruges, de l'eau douce (eau de pluie bien aérée) et effectuant les expériences sur la plage même, excepté pour les crabes que je rapportais entre des couches de *fucus* mouillées d'eau de mer. On sait que tous les grands

¹ *Histoire de l'Artemia salina* (ANN. DES SC. NAT., 2^e série. I. XIII, p. 225; Paris, 1840).

décapodes supportent, sans inconvénients, ce moyen de transport pendant plusieurs jours. Comme la durée du voyage était, au plus, d'une heure, cette durée ne pouvait avoir aucune influence.

J'ai cherché à répéter les expériences sur assez d'individus pour pouvoir calculer des moyennes; cela ne m'a pas toujours été possible, mais j'ai cru, cependant, devoir citer les faits que j'avais observés, même sur un nombre d'individus restreint.

Voici les résultats obtenus :

1. *Carcinus mœnas*.

Les crabes sont rapidement rincés dans l'eau douce, puis placés dans l'eau douce d'un autre vase. Ils manifestent d'abord une certaine agitation; mais les mouvements deviennent bientôt de plus en plus lents; ils meurent sans convulsions, toutes les pattes écartées (les pinces ouvertes ou fermées).

1 ^{er}	individu de <i>petite taille</i> ¹	meurt au bout de	4 h. 7'.	} Moy. 2 h. 5'.
2 ^e	—	—	1 h. 50'.	
5 ^e	—	—	2 h. 20'.	
4 ^e	—	—	5 h. 15'.	
1 ^{er}	individu de <i>taille moyenne</i> ²	meurt au bout de	5 h. 11'.	} Moy. 4 h. 8'.
2 ^e et 5 ^e	—	—	5 h. 11'.	
4 ^e	—	—	5 h. 25'.	
5 ^e	—	—	5 h. 45'.	

2. *Crangon vulgaris*.

Ils font, peu de temps avant de mourir, des efforts désespérés pour sauter hors du vase; aussi faut-il recouvrir celui-ci d'une gaze.

1 ^{er}	individu meurt au bout de	1 h. 50'.	} Moy. 1 h. 24'.
2 ^e et 5 ^e	—	1 h. 25'.	
4 ^e et 5 ^e	—	1 h. 20'.	

5. *Talitrus saltator*.

Ils manifestent d'abord, dans l'eau douce, une très-grande vivacité. Peu de temps avant de mourir, ils se couchent sur le dos. Au moment de la mort, ils restent courbés, et ne

¹ Longueur de la carapace 1 $\frac{1}{2}$ à 2 centimètres.

² Longueur de la carapace 5 à 5 $\frac{1}{2}$ ou à 4 centimètres.

s'étendent pas en ligne droite comme les *Gammarus Roeselii*, qui meurent dans l'eau de mer. Les talitres peuvent supporter, pendant longtemps, l'action de l'eau douce; un individu exceptionnel y a vécu plus de 21 heures; remis dans l'eau de mer, il a continué à y vivre. Voici les résultats pour les autres :

1 ^{er} et 2 ^e individus meurent au bout de	6 h.	} Moy. 8 h. 16'.
3 ^e et 4 ^e — —	6 h. 45'.	
5 ^e — —	7 h. 57'.	
6 ^e , 7 ^e , 8 ^e , 9 ^e et 10 ^e individus meurent au bout de	7 h. 40'.	
11 ^e et 12 ^e — —	8 h. 40'.	
13 ^e — —	11 h. 20'.	
14 ^e et 15 ^e — —	12 h.	

4. *Gammarus locusta*.

Ils montrent, au début, une grande agitation et étendent la queue, en mourant, comme les *Gammarus Roeselii*.

1 ^{er} et 2 ^e individus meurent au bout de	4 h.	} Moy. 1 h. 20'.
3 ^e et 4 ^e — —	4 h. 15'.	
5 ^e — —	2 h. 25'.	
6 ^e et 7 ^e — —	2 h.	
8 ^e et 9 ^e — —	0 h. 44'.	
10 ^e — —	1 h.	

5. *Ligia oceanica*.

Elles se couchent bientôt sur le dos et on n'aperçoit plus de mouvements que dans l'appareil respiratoire.

1 ^{er} individu meurt au bout de	5 h. 55'.	} Moy. 6 h. 41'.
2 ^e — —	5 h. 50'.	
3 ^e — —	9 h.	

6. *Idotea linearis*.

Un individu meurt après 4 h. 57'.

7. *Stabberina agata*.

Grande vivacité au commencement de l'expérience; les mouvements se ralentissent peu à peu; il n'y a plus, au bout d'un certain temps, que les battements respiratoires; enfin ceux-ci cessent complètement. Les *Stabberina* meurent couchées sur le dos comme les ligies.

1 ^{er}	individu meurt après	. . .	4 h. 50'.	} MOYENNE 6 h. 5'.
2 ^e	—	—	. . . 4 h. 45'.	
5 ^e	—	—	. . . 6 h. 51'.	
4 ^e et 5 ^e	—	—	. . . 8 h. 10'.	
6 ^e et 7 ^e	—	—	. . . 8 h. 57'.	
8 ^e et 9 ^e	—	—	. . . 4 h. 45'.	
10 ^e , 11 ^e et 12 ^e	individ. meurent après		4 h. 15'.	
15 ^e	individu meurt après.	. . .	6 h. 45'.	

Un individu exceptionnel a résisté plus de 15 heures.

Tous les crustacés que nous avons essayés meurent donc dans l'eau douce après un temps variable d'une espèce à une autre, mais assez constant pour chacune d'elles en particulier. En moyenne, aucune n'a résisté neuf heures.

L'expérience comparative faite sur les crabes nous montre que la taille a une influence notable et que les individus les plus jeunes résistent le moins bien à l'action de l'eau douce.

Les résultats obtenus serviront de termes de comparaison pour les expériences qu'il nous reste à décrire dans les §§ XVIII, XIX, XX et XXII.

§ XVI.

DE L'EXCRÉTION DES SELS CHEZ LES CRUSTACÉS MARINS.

Si notre théorie de l'absorption des sels de l'eau de mer par les articulés d'eau douce est vraie, il faut qu'un phénomène inverse se passe pour les articulés marins; c'est-à-dire que ceux-ci qui, dans les conditions normales, ont impérieusement besoin de chlorure de sodium, doivent, placés dans l'eau douce, perdre rapidement par excrétion une partie de ce chlorure dont leurs tissus sont imprégnés.

Procédons comme nous l'avons fait pour les animaux d'eau douce; adressons-nous d'abord à des êtres chez lesquels les gains ou les pertes sont évidemment rapides.

1. Deux individus d'une espèce de nereis (*Nereis pelagica*) bien vivants, plongés dans l'eau douce, manifestent, dès le premier contact avec le liquide, des symptômes spéciaux.

Ils se tordent et semblent souffrir; ils n'exécutent bientôt plus que des mouvements ondulatoires très-lents.

1^{er} individu meurt après 4 h. 11'.
2^e — — — — 2 h. 5'.

2. Un individu de *Tritonia arborescens* (mollusque gastéropode) meurt au bout de 25 minutes.

Passons, à présent, aux expériences directes :

1. Un individu de très-petite taille (carapace de 1 centimètre) de *Carcinus maenas* est lavé un grand nombre de fois à l'eau distillée, jusqu'à ce que la dernière eau de lavage n'accuse plus rien. On le laisse, pendant une heure, dans 5 centimètres cubes d'eau distillée. Celle-ci donne, par l'azotate d'argent, un précipité abondant de chlorure.

2. Deux individus de *Carcinus maenas* (taille moyenne), après les lavages ordinaires et un séjour d'une heure dans l'eau distillée, abandonnent assez de sel à cette eau pour qu'elle fournisse un précipité abondant de chlorure d'argent.

3. Trois grosses femelles de *Talitrus saltator*, sortant de l'eau de mer, sont lavées cinq fois à l'eau distillée, jusqu'à absence de réaction. On les laisse, pendant 2 heures, dans 4 centimètres cubes d'eau distillée; celle-ci donne, à l'azotate d'argent, un précipité abondant de chlorure.

4. Un *Crangon vulgaris*, après les lavages nécessaires, séjourne pendant 50 minutes dans l'eau distillée; ce liquide fournit nettement la réaction des chlorures.

5. Deux *Ligia oceanica* donnent le même résultat après un séjour de 5 heures dans 2 centimètres cubes d'eau distillée.

6. Résultat identique avec cinq *Slabberina agata*.

Notre supposition était donc exacte; si les articulés d'eau douce, plongés dans l'eau de mer, absorbent certains sels de celle-ci, les articulés marins perdent, dans l'eau douce, les sels contenus dans les liquides du corps. Il résulte de là que nous devons observer la résistance la plus courte, dans l'eau douce, chez ceux des crustacés où une respiration extrêmement rapide s'allie à une peau relativement très-mince. Ce fait se vérifie en grande partie : les *Crangon* et les *Gammarus* qui réunissent les deux conditions sont ceux qui vivent le moins longtemps dans l'eau de pluie; les jeunes crabes, dont la peau est peu épaisse, périssent plus vite que les adultes à peau dure.

§ XVII.

DES SELS NÉCESSAIRES AUX ARTICULÉS MARINS.

Des expériences précédentes nous ont prouvé que tous les sels de l'eau de mer ne sont pas nuisibles aux articulés d'eau douce, les chlorures seuls exerçant une action toxique, les sulfates n'ayant pas d'effet. Il était également d'un haut intérêt de rechercher quels sont ceux de ces sels dont la présence est indispensable aux articulés marins. J'ai donc placé des animaux de ce groupe dans des solutions de chlorure de sodium, de chlorure de magnésium et de sulfate de magnésium ayant les mêmes compositions que les liquides des §§ IX, X et XII, dans le but de comparer leur action à celle de l'eau douce. Mais ici je me suis heurté à des difficultés fort pénibles à surmonter.

En effet, si notre côte est assez riche en espèces des mers du Nord, elle est pauvre en individus, et le naturaliste collecteur est exposé à de nombreux mécomptes. Aujourd'hui il trouvera telle espèce relativement en abondance, mais qu'arrive le plus faible changement de temps, la moindre variation de température, il ne la reverra pas demain et même il peut ne plus la rencontrer de toute la saison. C'est là la cause pour laquelle le nombre d'espèces qui figurent dans mes tableaux est petit. Je devais répéter toutes mes expériences sur chacune d'elles afin que les résultats fussent comparables. Souvent j'ai été obligé de rayer celles qui avaient été effectuées, à l'aide d'une de mes solutions, sur des crustacés que je ne parvenais plus à me procurer pour les autres ¹.

Une difficulté, ou plutôt une cause d'erreur, qui est plus facile à éviter est celle qui résulte de la mue : lorsqu'un crustacé vient de changer de peau, ses téguments sont mous et minces, les pertes de sels sont plus rapides et il donne, dans des conditions identiques, des résultats tout autres que les individus à peau dure. On en verra des exemples dans les expériences décrites

¹ Telles sont des expériences faites sur les espèces suivantes : *Idotea tricuspidata*, *Portunus holsatus*, *Lysianassa atlantica*, *Hyperia Latreilli*.

plus loin. Je n'insisterai plus sur des particularités déjà connues, telles que la nécessité où je me trouvais, ainsi que je l'ai déjà dit, de faire les expériences sur la côte même.

§ XVIII.

ACTION DU CHLORURE DE SODIUM SEUL SUR LES CRUSTACÉS MARINS ¹.

1. *Carcinus maenas*.

Crabes venant de muer, téguments mous.

1 ^{er} individu de grande taille manifeste du malaise	
au bout de 5 heures, vit moins de	12 h.
2 ^e individu de petite taille meurt au bout de	5 h. 55'.
3 ^e — — — — —	4 h.

Ainsi que je l'ai indiqué au paragraphe précédent, ces trois expériences sont entachées d'une cause d'erreur; mais, comme elles montrent manifestement, en comparant leurs résultats avec ceux qui suivent, que les crabes dont la peau est encore mince meurent plus vite dans la solution de chlorure de sodium que les individus à l'état normal, elles confirment une fois de plus nos vues sur l'influence considérable de l'épaisseur des enveloppes tégumentaires dans l'action des dissolutions salines.

Voici les expériences faites sur des crabes à peau dure :

1 ^{er} individu, taille moyenne, meurt après	14 h. 55'.	} MOYENNE 12 h. 50'.
2 ^e — — — — —	16 h. 50'.	
3 ^e — — — — —	11 h. . .	
4 ^e et 5 ^e — — — — —	12 h. . .	
6 ^e — — — — —	11 h. . .	

Un individu de taille moyenne a vécu exceptionnellement plus de 56 heures.

La durée moyenne et toutes les durées absolues sont donc beaucoup plus longues que dans l'eau douce. La durée moyenne est à peu près triple.

¹ La solution a la même composition que celle du § IX.

2. *Crangon vulgaris*.

1 ^{er} individu meurt après	4 h. 50'.	} MOYENNE 5 h. 58'.
2 ^e — —	4 h. 50'.	
5 ^e — —	6 h.	
4 ^e — —	5 h. 10'.	
5 ^e — —	5 h.	
6 ^e et 7 ^e individus résistent environ	5 h.	

La durée moyenne est à peu près le triple de celle observée dans l'eau douce.

3. *Talitrus saltator*.

1 ^{er} individu meurt après	5 h. 55'.	} MOYENNE 6 h. 58'.
2 ^e , 5 ^e et 4 ^e individus meurent après	6 h. 25'.	
5 ^e , 6 ^e , 7 ^e et 8 ^e — —	7 h. 50'.	

La durée moyenne est plus courte que celle observée dans l'eau douce, mais pas de beaucoup; quelques durées absolues sont les mêmes.

4. *Gammarus locusta*.

1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après	2 h. 40'.	} MOYENNE 2 h. 12'.
5 ^e individu meurt après	5 h. 40'.	
4 ^e — —	5 h.	
5 ^e — —	4 h. 7'.	
6 ^e — —	0 h. 40'.	
7 ^e — —	1 h. 25'.	
8 ^e — —	2 h. 25'.	

Durée moyenne double, environ, de celle constatée dans l'eau douce.

5. *Ligia oceanica*.

1 ^{er} individu meurt après	7 h. 55'.	} MOYENNE 8 h. 25'.
2 ^e — —	8 h. 55'.	
5 ^e — —	9 h.	

La durée moyenne est un peu plus longue que celle observée dans l'eau douce.

6. *Idotea linearis*.

Un individu meurt après 5 h. 10'. Durée double de celle qu'on observe dans l'eau douce.

7. *Stabberina agata*.

Deux séries d'expériences effectuées, la première sur huit individus, la seconde sur quatre, m'avaient donné, comme durées moyennes : 2^h 43' et 2^h 2', nombres bien inférieurs à la durée moyenne dans l'eau douce. Convaincu que les *Stabberina* devaient pouvoir résister, au moins aussi longtemps que dans l'eau douce, dans une solution dont la composition se rapproche de celle de l'eau de mer, je recommençai une troisième série et j'obtins :

Quatre individus meurent au bout de	5 h.	}	MOYENNE 5 h. 48'.
Cinq	6 h. 28'.		

La durée moyenne est donc, dans ce dernier essai, à peu près égale à celle que ces animaux présentent dans l'eau douce.

Nous déduisons donc de l'ensemble des expériences de ce paragraphe : en premier lieu, que le chlorure de sodium employé seul n'est pas nuisible aux crustacés marins, puisque, dans les cas des durées les plus faibles, son effet n'est guère plus énergique que celui de l'absence totale de sels, c'est-à-dire de l'eau douce; en second lieu, qu'il paraît nécessaire à la majeure partie des espèces, puisque cinq d'entre elles, sur sept que nous avons essayées, vivent plus longtemps dans la solution de chlorure de sodium que dans l'eau pure.

§ XIX.

ACTION DU CHLORURE DE MAGNÉSIUM SEUL SUR LES CRUSTACÉS MARINS ¹.

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de chlorure de magnésium comparativement à celles	
			de L'EAU DOUCE.	de Na Cl.
1	<i>Carcinus maenas</i> (petite taille) :			
	1 ^{er} individu meurt au bout de 4 h.	5 h. 10'.	Plus lente (environ double).	»
	2 ^e — — — — — 5 h. 15'.			
3 ^e — — — — — 6 h. 15'.				
2	<i>Carcinus maenas</i> (taille moyenne) :			
	1 ^{er} individu meurt au bout de 12 h.	11 h. 15'.	Beaucoup plus lente (à peu près triple).	Analogue.
	2 ^e — — — — — 14 h.			
	3 ^e — — — — — 10 h. 15'.			
	4 ^e — — — — — 8 h.			
5 ^e — — — — — 12 h.				
3	<i>Crangon vulgaris</i> :			
	Quatre individus résistent. 1 h. 40'.	2 h. 1'.	Plus lente (à peu près double).	Plus rapide.
Trois — — — — — 2 h. 30'.				
4	<i>Talitrus saltator</i> :			
	1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e individus meurent après 0 h. 34'.	0 h. 88'.	Beaucoup plus rapide.	Beaucoup plus rapide.
	4 ^e , 5 ^e et 6 ^e — — — — — 1 h. 27'.			
	7 ^e individu meurt après 2 h. 47'.			
	8 ^e — — — — — 3 h.			
5	<i>Gammarus locusta</i> :			
	Quatre individus résistent. 1 h. 30'.	0 h. 87'.	Un peu plus rapide.	Id.
	Six — — — — — 2 h. 10'.			
	Cinq — — — — — 0 h. 43'.			
	Deux — — — — — 0 h. 54'.			
Un individu résiste 1 h. 33'.				
6	<i>Ligia oceanica</i> : 1 ^{er} individu meurt après 7 h. 35'.	8 h. 23'.	Plus lente	Identique.
	— — — 2 ^e — — — — — 8 h. 35'.			
	— — — 3 ^e — — — — — 9 h.			
7	<i>Idotea linearis</i> : Un individu meurt après 0 h. 54'.	»	Plus rapide	Beaucoup plus rapide.
8	<i>Stalberina agata</i> :			
	Deux individus meurent au bout de 3 h.	2 h. 59'.	Id.	Plus rapide.
	Un individu meurt au bout de 4 h. 30'.			
	Deux individus meurent au bout de 2 h. 05'.			
	Un individu meurt au bout de 3 h. 18'.			

¹ La solution a la même composition que celle du § X.

Le chlorure de magnésium n'existant dans l'eau de mer qu'en très-minime quantité ($\frac{5}{10000}$), on pouvait admettre, même sans expériences préalables, que son rôle était nul dans les conditions d'existence des articulés marins, et que son influence, en quantité notable, dans la situation tout exceptionnelle où se trouvaient les animaux essayés, deviendrait nuisible.

Les expériences confirment exactement cette supposition : si un certain nombre de crustacés vivent aussi longtemps ou plus longtemps dans la solution de chlorure de magnésium que dans l'eau douce, les petites espèces à téguments minces y meurent, en général, plus vite que dans la solution de chlorure de sodium.

Le tableau renferme un nouvel exemple remarquable de l'influence de la taille; les crabes de petite dimension résistent, en moyenne, 3^h,10', tandis que ceux de taille ordinaire supportent l'action du liquide pendant 11^h,45', c'est-à-dire pendant un temps double.

§ XX.

ACTION DU SULFATE DE MAGNÉSIUM SEUL SUR LES CRUSTACÉS MARINS ¹.

N ^o d'ordre.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de sulfate de magnésium comparativement à celles		
			de L'EAU DOUCE.	de Na Cl.	de Mg Cl.
1	<i>Carcinus maenas</i> petite taille :				
	1 ^{er} individu meurt après. 3 h. 23'. 2 ^e — — — — — 4 h. 40'.	4 h. 2'.	Plus lente (du- rée double).	"	Un peu plus ra- pide.
2	<i>Carcinus maenas</i> (taille moyenne) :				
	1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après . . . 24 h. 3 ^e — — — — — 12 h. 30'.	20 h.	Beaucoup plus lente.	Plus lente. . .	Plus lente.
3	<i>Craugon vulgaris</i> :				
	1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après. . . . 1 h. 13'. 3 ^e — — — — — 4 h. 33'. 4 ^e — — — — — 2 h. 33'. 5 ^e — — — — — 3 h. 10'.	2 h. 2'.	Plus lente. . .	Plus rapide . .	Identique.

¹ La solution a la composition de celle du § XII.

N ^o d'ordre.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de sulfate de magnésium comparativement à celles		
			de L'EAU DOUCE.	de Na Cl.	de Mg Cl.
4	<i>Talitrus saltator</i> :				
	1 ^{er} individu meurt après	1 h. 20'.	} 2 h. 43'. Beaucoup plus rapide.	} Beaucoup plus rapide.	} Plus lente.
	2 ^e et 3 ^e — —	2 h. 20'.			
	4 ^e et 5 ^e — —	3 h. 20'.			
6 ^e — —	3 h. 59'.				
5	<i>Gammarus locusta</i> :				
	1 ^{er} individu meurt après.	0 h. 20'.	} 0 h. 33'. Plus rapide .	} Plus rapide .	} Un peu plus ra- pide.
	2 ^e , 3 ^e et 4 ^e — —	0 h. 30'.			
	5 ^e — —	1 h. 5'.			
	6 ^e , 7 ^e et 8 ^e — —	0 h. 28'.			
9 ^e — —	0 h. 41'.				
6	<i>Ligia oceanica</i> :				
	1 ^{er} individu meurt après	2 h. 55'.	} 4 h. 21'. Un peu plus ra- pide.	} Beaucoup plus rapide.	} Beaucoup plus rapide.
	2 ^e — —	4 h. 5'.			
3 ^e — —	6 h. 5'.				
7	<i>Idotea linearis</i> : Un individu meurt après	1 h. 30'.	»	»	»
8	<i>Slabberina agata</i> :				
	1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après.	5 h. 15'.	} 4 h. 20'. Plus rapide .	} Un peu plus ra- pide.	} Plus lente.
	3 ^e — —	5 h.			
	4 ^e — —	2 h. 10'.			
	5 ^e et 6 ^e — —	4 h. 10'.			
Deux individus de <i>Talitrus saltator</i> ont résisté, ex- ceptionnellement, 5 h. 20' et 7 h. 25'.					

Le sulfate de magnésium, comme le chlorure, n'existe dans l'eau de mer qu'en faible proportion ($\frac{2}{1000}$); le même raisonnement lui est donc applicable. Dans l'eau de mer naturelle, son influence doit être nulle; employé artificiellement, seul et en grande quantité, il devait agir comme substance nuisible pour les crustacés de petite taille. Ainsi les *Talitrus*, *Gammarus*, *Slabberina* et *Ligia* résistent moins longtemps dans le sulfate de magnésium que dans l'eau douce; les *Crangon*, *Talitrus*, *Gammarus*, *Ligia*, *Idotea* et *Slabberina* y meurent également plus vite que dans la solution de chlorure de sodium.

§ XXI.

REMARQUE SUR LES RÉSULTATS QUI PRÉCÈDENT.

Les expériences que je viens de décrire (§§ XV à XX) n'offrent pas des résultats aussi uniformes qu'on s'y serait attendu au premier abord; c'est-à-dire que chaque liquide pris isolément ne produit pas le *même effet absolu* sur toutes les espèces. Cependant, en réfléchissant aux différences remarquables qui existent entre les manières de vivre des animaux essayés, on s'aperçoit bientôt que les résultats devaient être influencés par des causes indépendantes de l'expérimentateur et qui ont, en grande partie, leur source non dans l'organisation commune à tous les crustacés, mais dans la nature intime de chaque espèce. Je citerai un exemple :

Ainsi qu'on pouvait le présumer, la plupart des crustacés ont vécu plus longtemps dans la solution de chlorure de sodium que dans l'eau douce. Le *Talitrus saltator* est une des rares espèces qui fassent exception; il vit sensiblement pendant le même temps dans les deux liquides. Or les *Talitrus* se rencontrent sous les tas de fucus dans la portion à peu près sèche et mouvante du sable de la plage, où ils sont presque aussi exposés à être arrosés par l'eau des pluies que par celle de la marée¹. L'action de l'eau douce ou de l'eau salée doit donc leur être indifférente.

Je crois, malgré les quelques divergences qu'offrent, çà et là, les résultats obtenus, que le but que je m'étais proposé a été atteint en grande partie. J'espère avoir réussi à montrer que le chlorure de sodium est non-seulement un sel nécessaire, mais le seul sel indispensable aux crustacés marins.

¹ Pendant la période de 1855 à 1862, le nombre moyen de jours de pluie, par an, a été à Bruxelles, de 185, c'est-à-dire qu'il a plu, en moyenne, un jour sur deux. En 1860, le nombre de jours de pluie a été de 226 (Quetelet, *Météorologie de la Belgique comparée à celle du globe*, p. 145. Bruxelles et Paris, 1867).

§ XXII.

EXPÉRIENCES SUR L'INFLUENCE DE LA DENSITÉ.

Les expériences que j'ai effectuées quant à l'influence de la densité de l'eau de mer sur les articulés d'eau douce m'ont amené à tenter des essais du même ordre sur les articulés marins.

M. P. Bert, dont j'ai déjà eu l'occasion de citer le travail, dit, en parlant de la mort des poissons de mer dans l'eau douce : « Ceci arrive non-seulement pour les poissons, mais pour les mollusques, les crustacés. ¹ » Je regrette beaucoup que l'auteur n'ait pas publié les observations qu'il a faites sur les crustacés; elles eussent servi de contrôle à mes propres résultats. Les poissons marins sur lesquels M. Bert a expérimenté ont vécu notablement plus longtemps dans l'eau sucrée ramenée au degré aréométrique de l'eau de mer que dans l'eau douce. J'ai voulu m'assurer s'il en serait de même pour les crustacés. Ceux-ci plongés dans l'eau sucrée ayant la densité de l'eau de mer ont résisté pendant les temps suivants :

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de sucre compa- rativement à celle de l'eau douce.
1	<i>Carcinus maenas</i> (de petite taille), meurt après 3 h. 7'.	»	Un peu plus lente.
2	— — (taille moyenne) : 1 ^{er} individu meurt après 6 h. 50'. — — — 2 ^e et 3 ^e — — 20 h. — — — 4 ^e et 5 ^e — — 12 h.	14 h. 10'.	Beaucoup plus lente (duree a peu près triple).
3	<i>Craugon vulgaris</i> : 1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après. 1 h. — — 3 ^e et 4 ^e — — 0 h. 55'. — — 5 ^e — — 1 h. 50'. — — 6 ^e — — 1 h.	1 h. 6'.	Analogue.
4	<i>Talitrus saltator</i> : 1 ^{er} individu meurt après. 0 h. 45'. — — 2 ^e , 3 ^e , 4 ^e et 5 ^e individus meurent après. 1 h. 15'. — — 6 ^e , 7 ^e et 8 ^e — — 3 h.	1 h. 50'.	Beaucoup plus ra- pide (environ qua- tre fois).

¹ *Op. cit.*, p. 7.

N ^o D'ORDRE.	ESPÈCES ESSAYÉES ET DURÉES.	DURÉES moyennes.	Action de la solution de sucre compara- tivement à celle de l'eau douce.
5	<i>Gammarus locusta</i> : 1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e individus meurent après 0 h. 20'. — — 4 ^e et 5 ^e — — 0 h. 33'. — — 6 ^e et 7 ^e — — 0 h. 55'. — — 8 ^e et 9 ^e — — 1 h. 4'.	0 h. 41'.	Plus rapide.
6	<i>Ligia oceanica</i> : 1 ^{er} individu meurt après 5 h. 33'. — — 2 ^e — — 7 h. 33'. — — 3 ^e — — 9 h. 33'.	7 h. 33'.	Analogue (très-peu plus lente).
7	<i>Idotea linearis</i> : 1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après 0 h. 33'. — — 3 ^e — — 1 h. 40'.	1 h. 3'.	Analogue.
8	<i>Slabberina agata</i> : 1 ^{er} et 2 ^e individus meurent après 3 h. — — 3 ^e et 4 ^e — — 3 h. 37'. — — 5 ^e et 6 ^e — — 6 h.	3 h. 36'.	Plus rapide.

En résumé, les résultats peuvent se grouper comme suit :

- Action plus lente que celle de l'eau douce : une espèce. *Carcinus menas*.
- Action analogue : trois espèces.
 - Crangon vulgaris*.
 - Ligia oceanica*.
 - Idotea linearis*.
- Action plus rapide : trois espèces.
 - Talitrus saltator*.
 - Gammarus locusta*.
 - Slabberina agata*.

Ils sont loin d'indiquer une tendance générale des crustacés essayés à résister plus longtemps dans l'eau sucrée que dans l'eau douce, puisque six espèces sur sept, ou bien, vivent le même temps dans les deux liquides, ou bien, meurent plus rapidement dans la solution de sucre. Je rappellerai, du reste, encore une fois, que la solution de sulfate de magnésium, bien qu'ayant une densité voisine de celle de l'eau de mer, a une influence plutôt nuisible que favorable. Je ne saurais donc attribuer l'action de l'eau douce sur les *crus-*

¹ Je ne puis assez insister sur la nécessité de s'entourer de toutes les précautions possibles dans des expériences aussi délicates. Un erabe de grande taille a vécu plus de soixante-douze heures dans l'eau sucrée parce que la quantité d'eau n'était pas assez grande et qu'en se soulevant sur ses longues pattes postérieures, il tenait le corps hors du liquide.

*tacés marins*¹ à la différence de densité existant entre cette eau et l'eau de mer; tout semble, au contraire, indiquer que son influence pernicieuse est due à l'absence de chlorure de sodium².

§ XXIII.

MODIFICATION GRADUELLE DE LA COMPOSITION DU LIQUIDE.

Les faits exposés dans les pages précédentes de ce mémoire montrent suffisamment que l'eau de mer agit comme un véritable poison sur beaucoup d'articulés d'eau douce et qu'il en est de même pour l'effet de l'eau douce sur les espèces marines. Mais, dans les expériences telles que je les ai effectuées, les insectes ou les crustacés passaient brusquement d'un milieu dans l'autre, et subissaient immédiatement l'action d'un liquide à composition nouvelle.

Il est évident que si, au lieu de procéder comme nous l'avons fait jusqu'ici, on place les animaux dans un mélange d'eau de mer et d'eau douce, l'effet produit doit être beaucoup plus lent. Je citerai, par exemple, l'expérience suivante de M. E. Duchemin sur le *Noctiluca miliaris*, Sur. Les *Noctiluca*, dit M. Duchemin, «... répandent une lueur très-brillante quand on ajoute à l'eau de mer soit un acide étendu, soit de l'alcool; mais la phosphorescence ne survit pas à l'addition de semblables liquides. L'addition d'eau pure à l'eau de mer, dans des proportions de cinquante pour cent, ne semble pas diminuer le pouvoir lumineux de ces petits êtres; mais il en est tout différemment lorsqu'on les transporte subitement dans l'eau douce; alors,

¹ Je souligne ces mots à dessein pour que le lecteur ne se méprenne pas sur ma pensée; je considère les résultats obtenus par M. Bert, pour les poissons, comme parfaitement exacts; si nous sommes arrivés, l'un et l'autre, à des conclusions absolument opposées, c'est que nous avons opéré sur des animaux trop distants dans la série zoologique.

² Je crois devoir justifier ici le silence que j'ai gardé quant aux expériences curieuses effectuées sur le *Carcinus maenas* par M. W. Carmichael Mac Intosh (*Observations and experiments on the Carcinus maenas*, Prize thesis. London, 1861). Ces recherches intéressantes portent sur l'action des gaz vénéneux et des poisons introduits dans le corps du crabe par injection; elles s'éloignent donc beaucoup du sujet de mon travail et auront leur place marquée dans des mémoires que je compte publier ultérieurement.

ni l'alcool, ni l'acide, ni l'électricité, ne peuvent faire apparaître la phosphorescence ¹. »

M. Duchemin ne nous dit pas pendant combien de temps la phosphorescence a persisté. Que serait-il arrivé si l'auteur avait agi plus lentement, s'il avait transporté les *Noctiluca* dans des mélanges contenant des quantités d'eau douce croissantes ? « Lorsque la transition, » dit M. Bert, à propos des poissons, « est lentement et progressivement opérée, on observe de remarquables résultats de tolérance. C'est ce que présentent, par exemple, dans l'état de la nature, les saumons, anguilles, lamproies, etc., et divers expérimentateurs, entre autres Beudant, ont obtenu de cette tolérance des exemples encore plus curieux ². »

Sous l'influence de doses dont la valeur augmente petit à petit, l'organisme se modifie et devient apte à supporter, sans trouble appréciable, des quantités de matière vénéneuse souvent étonnantes. Ce fait est si connu et d'une application si fréquente en médecine, que je n'ai pas à en citer de preuves ; mais je devais le rappeler afin de faire bien saisir toute la valeur de l'expérience que je vais décrire.

Cette expérience a eu pour résultat de montrer que des espèces d'eau douce sur lesquelles, dans les circonstances ordinaires, l'eau de mer a une action énergique et mortelle, peuvent, lorsqu'on procède par degrés successifs, finir par vivre dans cette eau, sinon indéfiniment, du moins fort longtemps.

L'espèce essayée est l'*Asellus aquaticus* : d'après le tableau du § V, les aselles résistent, en moyenne, dans l'eau de mer, pendant 2^h 40'. La résistance maxima a été de 5^h 15'. Voici la méthode que j'ai suivie ; j'ai cru devoir transcrire entièrement mes notes, parce qu'elles feront mieux comprendre la manière d'opérer :

JANVIER, 21. Dix *Asellus aquaticus*, presque tous femelles et chargés d'œufs, sont placés, avec des plantes aquatiques, dans un mélange contenant $\frac{19}{20}$ d'eau douce et $\frac{1}{20}$ d'eau de mer, en volume. Ils n'accusent aucun malaise. On observe le même fait pour les cyclopes, les jeunes limnées et de petits planorbes qui les accompagnent.

¹ Note sur la phosphorescence de la mer. (LES MONDES, 2^{me} sér., 7^{me} année, t. XXI; 15^{me} livr.; 9 décembre 1869), p. 650.

² *Op. cit.*, p. 7.

- JANVIER, 25. On ajoute encore *douze* aselles.
25. On remplace le liquide par un nouveau mélange contenant $\frac{18}{20}$ d'eau douce et $\frac{2}{20}$ d'eau de mer.
26. *Trois* aselles morts (on les enlève).
27. Nouveau liquide : $\frac{17}{20}$ eau douce, $\frac{3}{20}$ eau de mer ¹.
30. Nouveau liquide : $\frac{4}{20}$ d'eau de mer (tous les animaux sont bien vivants).
- FÉVRIER, 2. *Un* aselle mort (on l'enlève comme dans tous les cas suivants du même genre).
Nouveau liquide : $\frac{7}{20}$ d'eau de mer.
4. *Un* aselle mort.
Nouveau liquide : $\frac{6}{20}$ d'eau de mer et addition de quelques plantes fraîches.
6. Nouveau liquide : $\frac{7}{20}$ d'eau de mer (le nombre des cyclops a beaucoup diminué).
9. *Un* aselle mort.
Nouveau liquide : $\frac{8}{20}$ d'eau de mer.
11. Nouveau liquide : $\frac{9}{20}$ id.
15. Nouveau liquide : $\frac{10}{20}$ d'eau de mer. Les aselles vivent bien; ils sont donc, en ce moment, dans un mélange à parties égales d'eau douce et d'eau de mer (des autres animaux il ne reste plus qu'un seul cyclops en vie).
16. *Deux* aselles morts.
Nouveau liquide : $\frac{11}{20}$ d'eau de mer.
18. Nouveau liquide : $\frac{12}{20}$ id.
20. Nouveau liquide : $\frac{13}{20}$ id.
25. *Huit* aselles sont morts
Nouveau liquide : $\frac{14}{20}$ d'eau de mer.
25. *Quatre* aselles morts.
Nouveau liquide : $\frac{15}{20}$ d'eau de mer.
- MARS, 5. *Dix-huit* aselles morts. A ce moment, le nombre d'aselles morts surpasse de seize le nombre d'individus primitifs. Ces seize aselles et tous ceux qu'on voit dans le bocal sont des jeunes nés au sein du mélange.
Nouveau liquide : $\frac{16}{20}$ d'eau de mer.
5. *Un* aselle mort.
Nouveau liquide : $\frac{17}{20}$ d'eau de mer.
7. *Deux* aselles morts.
Nouveau liquide : $\frac{18}{20}$ d'eau de mer.
8. On renouvelle les plantes aquatiques (*lemna* et *callitriche*). Pour éviter qu'elles n'introduisent de l'eau douce, on les comprime préalablement dans un linge; leur volume est, du reste, très-faible par rapport à celui du liquide.
10. *Cinq* aselles morts.
Nouveau liquide : $\frac{19}{20}$ d'eau de mer.
12. *Cinq* aselles morts.
Nouveau liquide : *eau de mer pure*.

¹ Ces mélanges sont toujours entièrement nouveaux, formés d'eau de pluie et d'eau de mer fraîche, dans une longue éprouvette divisée en vingt parties d'égale capacité.

MARS, 14. Quarante-huit heures après, douze aselles vivent encore dans l'eau de mer pure; leur taille varie de 9 à 5 millimètres; ils ont les téguments couverts d'une sorte de croûte blanche ¹.

On renouvelle l'eau de mer.

15. Les aselles sont depuis quatre-vingt-quatre heures dans l'eau de mer pure, sept, dont le plus grand vit encore.

16 (soir). Les sept aselles ont résisté cent huit heures.

18. Morts.

Le résultat obtenu est, comme on le voit, extrêmement remarquable; en effet, non-seulement les aselles se sont reproduits dans un mélange contenant une forte proportion d'eau de mer, mais les jeunes, au nombre de 46, nés dans ce liquide, ont acquis la propriété, pour quelques-uns du moins, de vivre plus de cent huit heures dans l'eau de mer pure, alors que les aselles n'y résistent, au maximum, dans les conditions ordinaires, que 5 h. 15' et que, suivant mes observations, les jeunes individus y meurent, en général, plus tôt que les adultes.

Pour que l'expérience qui précède fût parfaitement concluante, il fallait essayer, à part, sur des individus frais venus directement de l'eau douce, l'action des mélanges que j'ai employés.

1. Mélange contenant $\frac{15}{20}$ d'eau de mer. Quatre aselles supportent sans effet le séjour dans ce liquide pendant 65 heures (on met fin à l'expérience).

2. Mélange contenant $\frac{15}{20}$ d'eau de mer; les aselles y meurent après les temps suivants :

1 ^{er} individu meurt après . . .	15 h. 50'.	}	MOYENNE 17 h.
2 ^e et 5 ^e — — . . .	15 h. 50'.		
4 ^e — — . . .	17 h.		
5 ^e — — . . .	25 h. 50'.		

5. Mélange contenant $\frac{17}{20}$ d'eau de mer.

1 ^{er} individu meurt après . . .	7 h. 55'.	}	MOYENNE 16 h. 28'.
2 ^e — — . . .	15 h. 45'.		
5 ^e — — . . .	19 h. 15'.		
4 ^e — — . . .	25 h.		

¹ Cette croûte, observée au microscope, est de nature végétale; elle est composée de flocons, jaunâtres par transparence, formés de filaments cellulaires déliés. Quelques infusoires nageaient entre ces filaments.

4. Mélange contenant $\frac{19}{20}$ d'eau de mer.

1 ^{er} individu meurt après	. . .	5 h.	} MOYENNE 12 h. 51'.
2 ^e — —	. . .	8 h. 5'.	
5 ^e — —	. . .	5 h. 10'.	
4 ^e — —	. . .	20 h. 5'.	
5 ^e — —	. . .	20 h. 55'.	

Il y a donc peu de différence entre les actions des mélanges contenant $\frac{15}{20}$, $\frac{17}{20}$ et $\frac{19}{20}$ d'eau de mer; cependant, dans tous les trois, la durée de la vie est très-limitée; tandis que sept des jeunes nés dans mes bœaux ont supporté, pendant longtemps, l'action de ces liquides sans effet sensible.

L'expérience que j'ai instituée a eu pour résultat, non une modification des individus primitifs, puisque ceux-ci étaient morts au 3 mars, sous l'influence du mélange à $\frac{15}{20}$, mais une modification de leurs descendants qui en a presque fait une variété nouvelle, quant à l'aptitude de vivre dans de l'eau de mer.

Je n'ose pas parler de Darwinisme pour une expérience trop rapide, puisqu'elle n'a duré que deux mois; mais on devra avouer qu'il y a eu ici, par suite d'un changement graduel des conditions d'existence, une très-légère trace de transformation. Celui qui voudrait pousser les conséquences de cette expérience plus loin que je ne désire le faire, pourrait y voir, non un cas de *sélection naturelle*, mais un cas de *survival of the fittest*, de survivance des plus aptes, suivant l'expression de M. Herbert Spencer: De nombreux individus, légèrement modifiés peut-être, naissent dans l'eau de mer qui se concentre de plus en plus; sept seulement d'entre eux sont plus aptes à vivre dans ce liquide pur et résistent les derniers.

§ XXIV.

DE L'ENDOSMOSE, DE LA DIFFUSION ET DE LA DIALYSE
DANS LES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS.

Les traités modernes de physiologie expliquent l'absorption intestinale, l'absorption cutanée, etc., par l'*endosmose*, phénomène physique, en vertu duquel des liquides miscibles tendent au mélange au travers des membranes

ou des diaphragmes poreux. Étudiée sérieusement, pour la première fois, par Dutrochet ¹, reprise, dans ses détails ou ses applications, par plusieurs physiiciens ou physiologistes, elle a acquis une grande importance.

Les travaux auxquels l'endosmose a donné lieu ont mis hors de doute le rôle qu'elle joue dans beaucoup de phénomènes d'absorption animale ou végétale; mais telle qu'elle a été considérée jusqu'à présent, elle ne saurait suffire seule dans l'interprétation des phénomènes spéciaux étudiés dans mes expériences personnelles.

Nous nous trouvons, dans ces expériences, en face du fait suivant : la surface cutanée très-mince d'un insecte ou d'un crustacé sépare deux liquides; le liquide du corps, de nature généralement albumineuse, et une solution saline extérieure. Suivant la nature du sel, celui-ci passe, plus ou moins, au travers de la peau.

Nous ne ferons jouer ici aucun rôle aux différences de densité auxquelles on a donné trop de valeur, car M. Becker, injectant dans l'intestin de lapins des dissolutions de sucre de densités variables, a vu les dissolutions concentrées passer aussi bien dans le sang que les dissolutions étendues. Mais des expériences de M. J. Béclard ² nous montrent que : « des dissolutions de sucre ou de sel se dirigent par endosmose vers une solution d'albumine, alors que ces diverses solutions marquent le même degré à l'aéromètre. Le courant prédominant s'établit encore, dans une certaine limite, des dissolutions sucrées et salines vers la dissolution albumineuse, lors même qu'elles sont plus denses que la solution d'albumine. » C'est, en vertu des faits observés par M. Béclard que, dans le cas d'animaux d'eau douce à peau mince placés dans l'eau de mer, nous voyons la dissolution saline absorbée avec une assez grande énergie.

Cependant, si l'endosmose nous explique l'absorption des sels, elle ne nous indique nullement pourquoi, dans des solutions salines au même titre de sels différents, l'absorption varie d'un sel à l'autre.

En effet, l'aéromètre de Baumé plongé successivement dans l'eau de mer, les solutions de chlorure de sodium, de chlorure de magnésium et de sulfate

¹ *Nouvelles recherches sur l'endosmose et l'exosmose.* Paris, 1828.

² *Traité de physiologie humaine*, 4^e éd., p. 179. Paris, 1862.

de magnésium, employées dans le cours de mes recherches, marquant à la température de $+17^{\circ}\text{C}$. :

dans l'eau de mer	5,5,
dans la solution de chlorure de sodium	5,0,
— — — de magnésium	2,5,
et dans celle de sulfate de magnésium	5,0,

l'endosmose, agissant seule, aurait dû nous montrer une absorption égale de chlorure de sodium et de sulfate de magnésium, puisque les solutions de ces sels ont sensiblement la même densité, et une absorption plus énergique de chlorure de magnésium. Or, c'est l'inverse qui se produit; les deux chlorures, bien que leurs solutions soient de densités différentes, sont absorbés de la même façon et produisent des effets analogues; le sulfate dont la solution est aussi dense que celle du chlorure de sodium est à peine absorbé et ne produit rien ¹.

C'est qu'il y a dans les faits d'absorption que nous cherchons à expliquer d'autres phénomènes physiques que l'endosmose seule; ces phénomènes sont la *diffusion* et la *dialyse*. Ils ont fait le sujet des remarquables travaux de Th. Graham ²; voici en quoi ils consistent et les conclusions auxquelles ils mènent :

¹ On pourrait peut-être, se basant sur les théories et les expériences récentes, qui montrent combien le calorique spécifique des corps en présence a d'influence dans les phénomènes osmotiques, chercher une explication dans les différences existant entre les chaleurs spécifiques de nos solutions salines. Mais les caloriques spécifiques des trois sels employés étant, suivant M. Regnault (*) :

pour le chlorure de sodium.	0,21401,
— de magnésium	0,19460,
pour le sulfate de magnésium.	0,22159,

c'est-à-dire très-voisins, il est probable qu'il n'y a également que des différences bien faibles entre les capacités calorifiques des solutions qui renferment toutes le même poids de matière saline (**). La diffusion et la dialyse donnent, du reste, une explication si simple et si facile à vérifier expérimentalement, que je crois superflua de la chercher plus loin.

² *Liquid diffusion applied to analysis* (PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS for 1861, part. I, pp. 185 et suiv.). — *Philosophical magazine*, vol. XXIII, 4^e série, p. 204. Janvier-juin 1862.

(*) Daguin, *Traité de physique*, t. I, p. 867. Paris, 1855.

(**) *Ibid*, p. 857.

A. Diffusion ¹.

On verse dans une éprouvette de verre 70 centimètres cubes d'eau distillée. A l'aide d'une pipette fine, qu'on enfonce avec une grande lenteur, on introduit au fond du vase 10 centimètres cubes de la solution du sel dont on veut étudier la diffusion. Les solutions employées par Graham renfermaient 10 p. % de sel, en poids.

Les deux liquides sont ainsi superposés par ordre de densités croissantes de haut en bas. Malgré l'action de la pesanteur, le sel de la couche inférieure monte lentement, par diffusion, dans l'eau distillée surjacente.

L'appareil ayant été placé dans un lieu à température constante, on enlève, au bout d'un temps déterminé et à l'aide d'un siphon étroit, le $\frac{1}{16}$ supérieur du liquide et on le met à part; puis on recueille, de même, le $\frac{1}{16}$ qui était situé immédiatement au-dessous, et ainsi de suite. En évaporant à siccité et au moyen de pesées, on trouve aisément les quantités de sels diffusées dans des sections liquides égales en volume et situées à des hauteurs différentes.

Or, dans l'endosmose des solutions salines vers un autre liquide, albumine, par exemple, le sel qui tend à traverser le diaphragme poreux passera vite et en grande quantité s'il peut se diffuser rapidement; si, au contraire, sa diffusibilité est faible et lente, il ne s'en mélangera que fort peu au liquide albumineux; le résultat indiqué par un endosmomètre sera faux, au point de vue de nos expériences, car il aura pu y avoir endosmose de beaucoup d'eau, tandis que le sel aura en quelque sorte été arrêté dans sa marche par son peu de diffusibilité.

Nous devons donc faire à peu près abstraction de l'endosmose dans les phénomènes d'absorption de sels par la peau; car, si c'est l'endosmose qui permet le passage de la *solution saline*, c'est la diffusion qui déterminera la quantité réelle de *sel seul* absorbée.

Graham a insisté sur l'importance de la diffusion en physiologie : « A particular advantage of the new methods is the means which it affords of ascertaining the absolute rate of velocity of diffusion. It becomes possible to state the distance which a salt travels per second in terms of the meter. It

¹ *Philos. magaz.*, op. cit., p. 209.

is easy to see that such a constant must enter into all the chronic phenomena of physiology, and that it holds a place in vital science, not unlike the time of the falling of heavy bodies in the physics of gravitation. »

Rappelons que, d'après nos recherches, les animaux d'eau douce du groupe des articulés, à peau mince ou à branchies, plongés dans des solutions salines, absorbent le chlorure de sodium et n'absorbent pas, ou extrêmement peu, le sulfate de magnésium; les faits observés par Graham, bien que l'auteur n'ait jamais expérimenté sur des animaux, viennent prouver que cela tient, en grande partie, à ce que la diffusion du chlorure est beaucoup plus rapide que celle du sulfate. J'extraits du travail de Graham les chiffres suivants :

1° *Temps approximatifs d'égale diffusion*, le temps employé à la diffusion de l'acide chlorhydrique étant pris pour unité.

Temps employé par le chlorure de sodium	2,55
— — le sulfate de magnésium	7,00

Ainsi la diffusion du sulfate de magnésium demande un temps triple de celui exigé par la diffusion égale du sel marin.

2° *Quantités en poids diffusées de chlorure de sodium et de sulfate de magnésium à 10 p. 0/0, en quatorze jours. Température +10°C.*

NUMÉROS DE LA COUCHE à partir du haut.	SULFATE de magnésium.	CHLORURE de sodium.
1 ^{er} seizième supérieur	0,007	0,104
2 ^e — —	0,011	0,129
3 ^e — —	0,018	0,162
4 ^e — —	0,027	0,198
5 ^e — —	0,049	0,267
6 ^e — —	0,085	0,340
7 ^e — —	0,133	0,429
8 ^e — —	0,218	0,535
9 ^e — —	0,331	0,654
10 ^e — —	0,499	0,766
11 ^e — —	0,730	0,881
12 ^e — —	1,022	0,991
13 ^e — —	1,383	1,090
14 ^e — —	1,803	1,187
15 ^e et 16 ^e — —	3,684	2,266

Ce tableau montre que, jusqu'à la 11^e couche liquide (11^e seizième), la quantité en poids de sel marin diffusée a toujours été plus grande que celle du sulfate de magnésium. Si, à partir du n^o 11, les couches de sulfate paraissent plus riches, ce n'est qu'une confirmation du même fait. La diffusion vers le haut étant plus lente, les couches inférieures de sulfate de magnésium devaient rester plus longtemps chargées de sel que celles de chlorure de sodium qui s'appauvrissent rapidement.

On fera, peut-être, l'objection suivante : lorsque les animaux sont placés dans l'eau de mer, il ne s'agit pas de sels isolés, mais d'un mélange de plusieurs sels, et les phénomènes de diffusion ne sont-ils pas troublés par ces conditions spéciales ?

Les expériences de Graham prouvent qu'il n'en est rien ; les tableaux contenant les résultats qu'il a obtenus et que je ne crois pas devoir reproduire, montrent que, lorsqu'on soumet à la diffusion un mélange de plusieurs sels, ils se séparent par ordre de diffusibilité et se diffusent chacun suivant ses propriétés individuelles.

B. *Dialyse.*

Graham a nommé dialyse (*dialysis*) l'analyse d'un liquide à l'aide de la séparation de ses principes constituants par leur diffusion inégale au travers des corps poreux.

Un tambour de bois ou de gutta-percha durcie, fermé inférieurement par un diaphragme poreux tendu sur l'orifice (papier de poste, papier parchemin, membrane animale), flotte sur de l'eau distillée. On verse dans le tambour un liquide complexe formé, par exemple, d'un mélange de silice gélatineuse et d'une solution saline, ou de gomme arabique et de sucre dissous dans l'eau. Au bout d'un temps plus ou moins long, la partie cristallisable de la solution (corps *crystalloïdes* Graham) aura passé dans l'eau distillée extérieure, tandis que la portion non cristallisable (corps *colloïdes* Graham) sera restée en totalité dans le dialyseur ¹.

Mais, si les corps crystalloïdes passent ainsi au travers des membranes ou

¹ *Philos. magaz.*, op. cit., pp. 204 à 203.

des plaques poreuses pour se diffuser ensuite dans l'eau distillée, ce passage et cette diffusion ne se feront pas avec la même énergie pour tous. La question importante pour le travail actuel était de savoir si, dans la dialyse, les solutions au même titre des trois sels de l'eau de mer que j'ai essayés passent avec des vitesses relatives dans des rapports analogues aux absorptions constatées chez les animaux vivants.

Graham ne nous ayant pas laissé de données à cet égard, j'ai effectué, moi-même, les expériences nécessaires. J'ai suivi, en partie, la méthode de dialyse préconisée par M. Ern. Guignet ¹ et qui consiste dans l'emploi, bien facile, d'un vase poreux en terre de pipe déglorifiée, tel que ceux des piles de Bunsen ². Je dis que j'ai suivi la méthode de M. Guignet en partie : en effet, cet auteur place l'eau pure dans le vase poreux et la dissolution au dehors; il en résulte, avec les vases d'un couple ordinaire de Bunsen, que le volume de l'eau est moindre que celui du liquide à dialyser; tandis que Graham a insisté sur ce point que la quantité d'eau devait l'emporter de beaucoup. J'ai donc renversé les conditions des expériences, mettant la solution saline dans le vase poreux et l'eau distillée à l'extérieur.

Voici comment j'ai opéré : ayant choisi trois vases poreux neufs de dimensions égales (10 centimètres de hauteur et 4, 5 centimètres de diamètre) et les ayant soigneusement lavés et séchés d'avance, j'ai versé, dans chacun d'eux, 60 centimètres cubes d'une des solutions à 10 p. $\frac{0}{0}$ de chlorure de sodium, de chlorure de magnésium ou de sulfate de magnésium purs que j'avais préparées d'avance.

Au moment où, pour chacun des vases poreux, la surface extérieure changeait de teinte, ce qui montrait que la solution saline avait traversé l'épaisseur de la terre de pipe, le dialyseur était plongé dans un vase de verre plus large (8 centimètres de diamètre) contenant 130 centimètres cubes d'eau distillée pure aux réactifs.

Le volume de l'eau distillée avait été choisi tel, par des essais préalables,

¹ *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, t. LV, p. 740, novembre 1862.

² Dutrochet (*op. cit.*, p. 19) avait déjà observé à l'endosmomètre l'état éminemment *actif* des argiles blanches cuites.

que les deux liquides, intérieur et extérieur, fussent au même niveau. C'est à partir de l'instant précis où la terre de pipe s'humecte à l'extérieur et où l'on plonge le vase poreux dans l'eau distillée, que se compte la durée des expériences.

Un tube de verre neuf et propre plongeait dans l'eau distillée et servait à remuer celle-ci de temps en temps et à en puiser une certaine quantité aux moments voulus. L'eau des appareils, fréquemment remuée, afin d'obtenir un mélange intime de toutes les couches, a été analysée qualitativement, pour chacun d'eux après 15 minutes, 1 heure, et 3 heures 30 minutes. Après 3 heures 30 minutes, on a retiré les vases poreux et l'on a procédé à l'analyse quantitative de l'eau distillée. A cet effet, j'ai pris dans chacun des vases de verre 80 centimètres cubes de l'eau qu'il contenait et j'en ai précipité complètement soit le chlorure par l'azotate d'argent, soit le sulfate par le chlorure de barium. Les poids exacts des précipités obtenus par les méthodes ordinaires n'ont donné aisément, par les équivalents, les quantités, en poids, des sels qui avaient passé par dialyse. J'ai réuni les résultats dans le tableau suivant :

	LES SOLUTIONS						
	DONNENT, PAR LES RÉACTIFS,			DONNENT, PAR ANALYSE, après 3 h. 50' de dialyse			
	après 15'.	après 1 h.	après 3 h. 50'.	DANS 80 CENT. CUBES DE LIQUIDE		DANS 1 CENT. CUBE DE LIQUIDE.	
				Sels avec leurs molécules d'eau de cristallisation.	Sels supposés anhydres.	Sels avec leurs molécules d'eau de cristallisation.	Sels supposés anhydres.
Solution de chlorure de sodium.	L'azotate d'argent trouble nettement.	Précipité caillé-botté.	Précipité caillé-botté.	»	0gr,2569	»	0gr,0032
Solution de chlorure de magnésium.	L'azotate d'argent trouble nettement.	Précipité caillé-botté.	Précipité caillé-botté.	0gr,1667	0,0856	0gr,0020	0,0010
Solution de sulfate de magnésium.	Les chlorures et azotates de barium troublent à peine.	Trouble faible.	Précipité très-peu abondant.	0,1289	0,0252	0,0016	0,0003

Le chlorure de sodium employé était cristallisé en cubes par évaporation spontanée à la température ordinaire et conséquemment anhydre. Le chlorure de magnésium contenait cinq molécules d'eau de cristallisation et le sulfate de magnésium sept.

De quelque manière qu'on calcule, en partant des poids des précipités, les poids des sels dialysés, soit en les considérant tous trois comme anhydres, soit en comptant l'eau de cristallisation pour ceux qui en renfermaient primitivement, on arrive à ce résultat, que le sulfate de magnésium est celui des trois sels dont la dialyse est la plus lente. Ce fait important n'est que la confirmation de ce que Graham avait déjà trouvé pour la diffusion simple.

§ XXV.

APPLICATION DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS A L'EXPLICATION PARTIELLE DES PHÉNOMÈNES.

L'endosmose nous explique pourquoi, lorsque des articulés d'eau douce munis, soit d'une peau mince, soit de surfaces branchiales étendues, sont plongés dans l'eau de mer, il y a absorption de sels.

La diffusion nous fait comprendre pourquoi il y a absorption rapide de chlorures de sodium et de magnésium et absorption lente ou nulle de sulfate de magnésium; mais il est à remarquer que les trois sels pourraient être également vénéneux sans déterminer les mêmes effets. Tout ce que nous pouvons assurer, c'est que le sulfate de magnésium n'est que faiblement absorbé, et rien ne nous dit qu'introduit dans l'organisme en quantité égale aux autres sels, il ne produirait pas des accidents identiques. Nous avons fait un pas vers la solution de la question; je doute qu'on puisse aller plus loin.

Il y a encore d'autres faits intéressants que la dialyse permet surtout d'interpréter : lorsque les articulés d'eau douce ont absorbé des sels par leur séjour dans une solution saline, ou lorsque des articulés marins, venant directement de leur élément natal, sont placés dans l'eau distillée, les uns et

les autres abandonnent à celle-ci, par excrétion, une certaine quantité des sels absorbés. Ici, évidemment, la peau mince ou la tunique cutanée des branchies est le diaphragme poreux du dialyseur séparant l'eau distillée d'un liquide complexe contenant des matières *colloïdes* (albuminoïdes) et des sels *crystalloïdes*. Les crystalloïdes passent seuls et se diffusent dans l'eau distillée.

L'animal d'eau douce se débarrasse des sels nuisibles absorbés et reprend, ainsi que je l'ai toujours constaté, toute sa vivacité primitive. Le crustacé marin, au contraire, fait une véritable perte qui peut, pour une large part, contribuer aux accidents qu'on observe. Je suis loin de prétendre que cette perte est la seule et unique cause de la mort; mais le lecteur qui aura suivi, avec attention, mes expériences successives, ne pourra se refuser à admettre que les crustacés marins ont besoin, pour se trouver dans leur état normal, d'une quantité assez notable de sels, que les sels nécessaires sont les chlorures de l'eau de mer, qu'ils perdent ces sels dans l'eau douce, enfin, que cette perte, déterminant un état anormal grave, doit hâter la mort.

§ XXVI.

CONCLUSIONS.

Il m'a paru utile de réunir, à la fin de ce travail, les conclusions principales auxquelles l'ensemble de mes expériences m'a conduit; je les ai classées en deux groupes ayant rapport, le premier, aux articulés d'eau douce, le second, aux crustacés marins.

Articulés d'eau douce.

1. L'eau de mer n'a qu'une influence très-faible ou nulle sur les coléoptères et les hémiptères aquatiques à l'état parfait; cette influence peut être un peu plus grande pour les larves.

2. L'eau de mer produit des effets nuisibles sur les articulés d'eau douce à peau mince ou à branchies, et ces effets sont, en général, d'autant plus marqués que l'étendue de la surface mince est plus considérable.

5. Les articulés aquatiques d'eau douce qui peuvent vivre impunément dans l'eau de mer, sont ceux chez lesquels il n'y a pas d'absorption de sel par la peau; ceux qui y meurent, au bout d'un temps relativement court, ont absorbé des chlorures de sodium et de magnésium.

4. Les sels nuisibles contenus dans l'eau de mer sont les chlorures de sodium et de magnésium; l'influence des sulfates peut être considérée comme nulle.

3. La différence de densité qui existe entre l'eau douce et l'eau de mer n'explique pas la mort des articulés d'eau douce dans le second de ces liquides.

6. Lorsque les articulés d'eau douce passent, par une transition très-lente, de l'eau douce dans l'eau de mer, et que, durant cette transition, il y a eu reproduction, la nouvelle génération résiste plus longtemps à l'action de l'eau de mer que les individus ordinaires de l'espèce.

Crustacés marins.

7. Les crustacés les plus communs de notre littoral meurent dans l'eau douce, après un temps variable pour chaque espèce, mais qui ne dépasse pas 9 heures.

8. Les crustacés marins plongés dans l'eau douce abandonnent à celle-ci les sels (chlorure de sodium surtout) dont étaient imprégnés leurs tissus.

9. Dans le plus grand nombre des cas, la présence du chlorure de sodium fait partie des conditions d'existence indispensables aux crustacés marins. Ce sel paraît être le seul nécessaire.

10. Les individus de petite taille et ceux qui, venant de muer, ont les téguments minces, résistent moins que les autres à l'influence des liquides à composition exceptionnelle.

11. La différence entre les densités de l'eau de mer et de l'eau douce ne peut être considérée comme la cause de la mort des crustacés marins dans l'eau douce.

12. (*Applicable aux deux groupes.*) L'endosmose permet d'expliquer l'absorption des sels par la peau mince ou les surfaces branchiales des articulés d'eau douce plongés dans l'eau de mer. La diffusion et la dialyse, s'opérant avec plus d'énergie pour les chlorures de sodium et de magnésium que pour le sulfate de magnésium, montrent en vertu de quelle cause les chlorures seuls de l'eau de mer sont absorbés. Enfin la dialyse explique comment les crustacés marins placés dans l'eau douce perdent, au sein de ce liquide, les sels dont ils sont imprégnés.