

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES

4

SUR

LES ARTICULÉS AQUATIQUES,

PAR

M. FÉLIX PLATEAU,

Professeur à l'Université de Gand, correspondant de l'Académie
royale de Belgique.

DEUXIÈME PARTIE.

RESISTANCE A L'ASPHYXIE PAR SUBMERSION. ACTION DU FROID. ACTION
DE LA CHALEUR, TEMPÉRATURE MAXIMA.



BRUXELLES.

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

1872

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

LES ARTICULÉS AQUATIQUES,

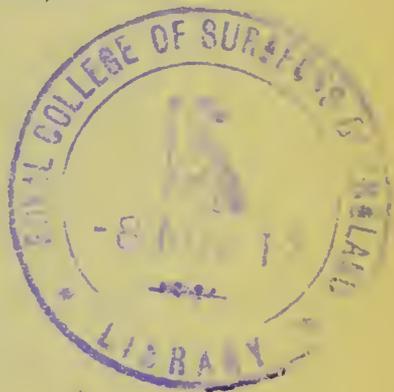
PAR

M. FÉLIX PLATEAU,

Professeur à l'Université de Gand, correspondant de l'Académie
royale de Belgique.

DEUXIÈME PARTIE.

RÉSISTANCE A L'ASPHYXIE PAR SUBMERSION, ACTION DU FROID, ACTION
DE LA CHALEUR, TEMPÉRATURE MAXIMA.



BRUXELLES,

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

1872

• Extrait des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*,
2^{me} série, t. XXXIV, nos 9 et 10; 1872.

RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

LES ARTICULÉS AQUATIQUES.

DEUXIÈME PARTIE.

RÉSISTANCE A L'ASPHYXIE PAR SUBMERSION, ACTION DU FROID,
ACTION DE LA CHALEUR, TEMPÉRATURE MAXIMA.

§ I.

Avant-propos de la deuxième partie (1).

Dans la première partie de ces recherches, j'ai étudié l'influence qu'exerce la composition saline des eaux sur les animaux articulés qui y vivent, et je crois avoir résolu les deux questions intéressantes de la cause de la mort de la plupart des articulés d'eau douce dans l'eau de mer et de celle de la mort des articulés marins dans l'eau douce.

(1) Voir, pour la première partie : *Mém. de l'Acad. (savants étrangers)*, tome XXXVI ; in-4°.

Mais les problèmes se présentent en foule lorsqu'on examine avec soin les conditions d'existence d'un groupe quelconque; bien que me limitant aux articulés aquatiques, j'ai vu le champ de mes observations s'agrandir de jour en jour et devenir trop étendu pour que je ne fusse pas obligé de fractionner le travail. Je limite donc cette deuxième partie aux trois sujets suivants :

1° Les articulés aquatiques nageurs à respiration aérienne (coléoptères hydrocanthares à l'état parfait, hémiptères) viennent fréquemment renouveler leur provision d'air à la surface. Quel sera, si on les empêche de se livrer à cette opération, le temps pendant lequel ils pourront impunément être soumis à la submersion; leur résistance à l'asphyxie est-elle plus grande que celle des insectes terrestres, seulement égale, ou inférieure?

2° Quelle est la température la plus basse que peuvent supporter les articulés aquatiques que l'on rencontre en hiver dans nos contrées; peuvent-ils rester impunément pris dans la glace pendant un certain temps; en cas de négative, quelle est la cause des accidents observés?

3° Quelle est la température la plus élevée que les articulés aquatiques peuvent supporter; cette température répond-elle à celle d'un certain nombre de sources thermales dont la composition permettrait le séjour d'animaux vivants? Comparaison, au point de vue de la température maxima, entre les articulés aquatiques et les autres animaux qui ont déjà fait le sujet d'observations ou d'expériences.

§ II.

Expériences sur le temps pendant lequel les insectes aquatiques peuvent rester sous l'eau sans venir respirer à la surface.

On sait qu'il existe un assez grand nombre d'insectes riverains qui, sans être nageurs, peuvent vivre sous l'eau pendant un temps considérable. Je citerai, parmi les Carabiques, l'*Æpus fulvescens*, l'*Æpus Robinii*, observé par M. Ch. Robin, et le *Blemus areolatus*, observé par Audouin; parmi les Elmides et les Élophorides, les *Machronychus quadrituberculatus* dont les habitudes ont été décrites par MM. Contarini et L. Dufour, les *Elmis*, *Dryops*, l'*Elophorus aquaticus*, etc.; dans le groupe des Curculionites, les *Centorhynchus* et *Bagous*; dans la tribu des Eupodes, l'*Haemonia equiseti* qui, selon M. Forel, reste sous l'eau pendant dix à douze jours sans relation aucune avec la surface (1); enfin, dans la famille des Podurides, l'*Achorutes maritimus* que Guérin a fait connaître (2).

Je puis ajouter à cette liste quelques observations que j'ai faites moi-même, en me servant d'un procédé que je décrirai plus loin : j'ai vu la *Donacia sagittariae*, maintenue sous l'eau, marcher encore au fond du liquide après

(1) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, p. 515. Lausanne, décembre 1869.

(2) *Iconographie du règne animal. Explic. Ins.*, p. 11 (d'après Gervais, *Hist. nat. ins. apt.*, t. III, p. 459).

vingt-quatre heures et reprendre toute son activité première au bout de quatre-vingt et une heures (1).

L'*Hydrometra stagnorum* qui, malgré ses habitudes aquatiques, est essentiellement un insecte de surface, supporte l'immersion pendant trente et une heures.

Tous les insectes dont nous venons de parler habitent les plages, les bords des rivières, les plantes aquatiques ou la surface de l'eau, sont exposés à être submergés momentanément et sont organisés en conséquence. Presque tous possèdent, en effet, sur certaines parties de leur corps, un revêtement de poils qui retient une provision d'air, en vertu de principes sur lesquels je me suis longuement étendu dans un travail concernant l'Argyronète aquatique (2) et que je ne crois pas devoir exposer ici.

Mais d'autres articulés dont les habitudes sont exclusivement aériennes et terrestres résistent également à une submersion prolongée : M. Gervais a conservé sous l'eau des Géophiles vivants pendant un et même deux jours (3) ; Lyonet a soumis pendant dix-huit jours à la submersion des chenilles de *Cossus ligniperda* sans parvenir à les tuer (4) ; Straus Durckheim a pu maintenir impunément, dans les mêmes conditions, des hannetons pendant quatre-vingt-quatre heures (5).

(1) Bien que cette résistance de quatre-vingt-une heures soit déjà fort longue, il ne faudrait pas en déduire que les Donacies résistent aussi longtemps à la submersion que l'*Haemonia* citée par M. Forel. Une *D. nymphaeae* était bien morte au bout de huit jours de séjour sous l'eau.

(2) *Observations sur l'Argyronète aquatique* (BULL. DE L'ACAD., 2^e sér., t. XXIII, n^o 2, 1867).

(3) Lucas, *Hist. nat. crust. arachn. myr.*, p. 515. Paris, 1840.

(4) *Traité anatomique de la chenille qui ronge le bois de saule*, p. 78. La Haye, 1762.

(5) *Considérations générales sur l'anatomie comparée des animaux articulés*, p. 509. Paris, 1828.

Laissons de côté, pour un moment, le fait observé par Lyonet ; il concerne un état transitoire de l'insecte sur lequel mes expériences actuelles n'ont pas porté.

J'avoue que j'ai regardé, à priori, les résultats de Straus comme faux et que j'ai supposé ses expériences entachées de quelque grossière cause d'erreur. Ces considérations et la nécessité où je me trouvais de devoir comparer la résistance à la submersion, chez les insectes aquatiques, à celle que présentent les insectes terrestres, m'a fait entreprendre une série d'expériences sur ces derniers. G. Newport avait fait, il est vrai, dans ses belles recherches sur la respiration des insectes, quelques essais dans ce sens ; mais ses résultats, ainsi que je le montrerai plus bas, sont inexacts et ne pouvaient m'être d'aucune utilité (1).

A. *Expériences sur les insectes terrestres.*

Un mot d'abord sur le mode d'expérimentation que j'ai mis en usage : Sylvestre, dans ses recherches sur la respiration des poissons (2), empêchait ceux-ci de monter à la surface en tendant, dans l'intérieur du vase, un diaphragme à claire-voie. W.-F. Edwards se servit du même moyen dans ses expériences sur les batraciens (3). Le procédé que j'ai employé est, à fort peu près, identique : au fond d'un bocal ouvert, d'un litre de capacité et plein d'eau de source

(1) *On the respiration of insects* (PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS, année 1856, 2^e part., p. 560).

(2) *Mémoire sur la respiration des poissons* (BULL. DE LA SOC. PHILOMATIQUE, t. I, 1791).

(3) *De l'influence des agents physiques sur la vie*, p. 56. Paris, 1824.

ordinaire et aérée, est placé un vase plus petit, de la contenance de 200 centimètres cubes environ. Un morceau de tulle de coton est tendu sur l'orifice de ce dernier de sorte qu'un insecte, placé dans ce petit vase, se trouve, en réalité, dans la masse d'eau générale, mais ne peut monter à la surface de celle-ci.

On me permettra d'insister sur une précaution très-importante à prendre dans ces expériences; lorsqu'on plonge, au fond de l'eau du grand bocal, le petit vase renfermant l'insecte en expérience, il se remplit immédiatement; mais une couche d'air très-adhérente revêt toute la surface du tulle et lui donne un éclat argenté. Le lecteur comprend qu'il est absolument indispensable d'éviter cette couche de gaz dans laquelle l'animal viendrait, pendant longtemps, puiser de nouvelles quantités d'air respirable.

On y parvient aisément en mouillant parfaitement le tulle au préalable et en remplissant complètement le petit vase, de façon que le tulle qui le ferme soit recouvert d'une couche liquide convexe sur les bords, avant d'immerger le tout dans le grand bocal.

La plupart des insectes terrestres, entraînés par leur légèreté spécifique, montent s'appliquer contre la face inférieure du tulle; les mouvements de leurs pattes cessent bientôt, ils ne semblent pas souffrir et s'engourdissent rapidement. Lorsqu'on les retire du liquide après plusieurs heures, les articulations de leurs membres sont raidies.

Pour faire sortir un insecte qui a été soumis à une immersion prolongée de son état d'engourdissement général, il faut le poser sur plusieurs doubles de papier absorbant, en prenant soin de le changer de temps en temps de place. Si la durée de l'immersion n'a pas été trop longue, le

premier signe de retour à la vie est la disparition de la raideur des articulations, puis, beaucoup plus tard, se manifestent quelques mouvements, et enfin, dans le plus grand nombre des cas, l'animal reprend entièrement son activité première sans que l'épreuve à laquelle il a été soumis laisse de traces sensibles.

Les expériences, quant à la durée limite de la submersion, ne pouvaient évidemment se faire que par tâtonnements en soumettant successivement des individus nouveaux d'une même espèce à des submersions de plus en plus longues, jusqu'au moment où une expérience trop prolongée amenait la mort complète et définitive des animaux employés.

On peut alors considérer la durée observée dans l'expérience immédiatement antérieure comme représentant sensiblement la durée limite.

Bien que les expériences qui concernent les insectes terrestres n'aient pas toujours été poussées aussi loin que possible, j'ai exposé avec assez de détails la méthode que j'ai mise en usage pour cette catégorie, parce que j'ai employé exactement les mêmes procédés pour les insectes aquatiques.

Le tableau suivant renferme les résultats de mes essais sur les Coléoptères, groupe d'insectes terrestres auquel j'ai cru pouvoir me borner, les insectes aquatiques dont je m'occuperai plus loin appartenant presque tous à cet ordre.

NOMBRE d'individus.	ESPÈCES.	DURÉE de la submersion.	L'insecte, retiré du liquide et placé sur du papier absorbant, a été retrouvé :	
			A. Vivant et ayant repris son activité première au bout de :	B. Mort.
1	<i>Carabus auratus</i>	24 h.	4 h.	
1	Id. id.	48 h.	6 h.	
1	Id. id.	71 h. 30'	17 h.	
2	<i>Anchomenus angusticollis</i> .	38 h.	3 h.	
4	Id. id.	48 h.	Mort.
1	<i>Dromius quadrimaculatus</i> .	22 h. 45'	8 h.	
1	Id. id.	36 h.	10 h.	
1	<i>Loricera pilicornis</i>	36 h.	10 h.	
1	<i>Aphodius inquinatus</i>	22 h. 45'	8 h.	
2	Id. id.	50 h. 30'	10 h. (un individu).	Mort (un indiv.)
1	<i>Aphodius fimetarius</i>	50 h. 30'	10 h.	
2	<i>Geotrupes stercorarius</i> . . .	47 h. 50'	5 h. 50'	
2	Id. id.	74 h.	4 h.	
2	Id. id.	96 h.	7 h. 45' (*)	
2	Id. id.	120 h.	Morts.
1	<i>Oryctes nasicornis</i>	64 h.	5 h.	
1	Id. id.	74 h. 45'	12 h.	
1	Id. id.	96 h.	2 h. 30'	
1	<i>Melolontha vulgaris</i>	63 h.	6 h.	
1	<i>Hylobius abietis</i>	23 h.	2 h. 30'	
1	Id. id.	47 h. 10'	3 h. 20'	
2	Id. id.	72 h.	3 h. 30'	
2	Id. id.	96 h.	5 h. 30'	
2	<i>Agelastica alni</i>	36 h.	3 h.	
3	Id. id.	48 h.	{ 4 h. (un individu). 16 h. (deux individus).	
2	Id. id.	72 h.	17 h.	
2	Id. id.	97 h. 30'	Mortes.

(*) Les *Geotrupes* ont constitué une exception; ceux qui vivaient, au lieu de reprendre toute leur activité première, restaient languissants et mouraient au bout d'un jour; phénomène qu'il faut peut être attribuer à la température qui était très-élevée pendant les essais concernant cette espèce

La seule déduction importante, mais fort curieuse, que nous ayons à tirer de ce tableau, c'est que les coléoptères terrestres supportent pendant fort longtemps la submersion complète; le *Carabus auratus*, l'*Oryctes nasicornis*, l'*Hylobius abietis*, l'*Agelastica alni* étant restés sous l'eau, sans inconvénient, pendant trois et même quatre fois vingt-quatre heures (1).

Je reviens un moment aux expériences de Newport; l'éminent observateur, voyant, lorsque les insectes terrestres étaient plongés sous l'eau, leurs mouvements cesser au bout de quelques minutes, considérait ce symptôme comme indiquant l'asphyxie à peu près complète; il les retirait aussitôt du liquide, puis les voyait nécessairement tous revenir à la vie active au bout de peu d'instant. Il me suffira de rappeler que l'insecte qu'il a laissé séjourner

(1) Ainsi que le dit M. Milne Edwards dans ses *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée*, il existe une relation constante entre l'activité physiologique, sous quelque forme qu'elle se manifeste, et l'activité respiratoire. Si l'activité physiologique se ralentit ou ne se manifeste pas encore avec toute son intensité définitive, il en est de même de l'activité respiratoire, et la résistance à l'asphyxie s'accroît d'autant. Il semble en résulter qu'on doit généralement observer une résistance de ce genre de plus en plus grande à mesure qu'on s'éloigne des animaux supérieurs ou qu'on se rapproche de l'état fœtal.

Cela est vrai pour les insectes; mais nous voyons ce principe général s'affirmer encore par les résultats bien connus des expériences de Buffon et Legallois sur les jeunes mammifères et par ceux des essais non moins curieux de Spallanzani sur la résistance à l'asphyxie, par le gaz carbonique, des marmottes plongées dans leur sommeil hivernal.

Les vertébrés à sang froid, lézards, grenouilles, d'après M. Edwards, Collard de Martigny et M. Émery, présentent, quant à l'asphyxie, une force de résistance étonnante. Les mollusques gastéropodes pulmonés placés dans une quantité d'air limitée la privent complètement de son oxygène, suivant Vauquelin et Spallanzani.

sous l'eau pendant le plus longtemps (1) n'y est resté que 2 h. 50 m., pour montrer combien Newport était loin de se douter de la résistance vraiment remarquable des insectes terrestres à la submersion.

B. *Expériences sur les coléoptères et les hémiptères
aquatiques nageurs.*

Passons actuellement aux expériences qui concernent les coléoptères et les hémiptères aquatiques nageurs; ainsi que je l'ai dit plus haut, ces expériences ont été effectuées exactement de la même manière que pour les insectes terrestres.

J'attire à dessein l'attention du lecteur sur les termes *coléoptères* et *hémiptères aquatiques nageurs*; j'entends, par là, qu'il n'est question dans les essais qui vont suivre, ni des coléoptères *Aepus*, *Elmis*, etc., dont j'ai parlé au début de ce paragraphe, ni des insectes à respiration branchiale, mais des espèces qui nagent, dans le sens propre du mot, et sont obligées de venir, de temps en temps, renouveler leur provision d'air à la surface.

Le coléoptère aquatique ou l'hémiptère, maintenu au fond de l'eau, ne pouvant opérer ce renouvellement de gaz, épuise, petit à petit, sa provision d'oxygène et finit, comme les insectes terrestres, par présenter les phénomènes consécutifs à l'asphyxie.

Il était tout naturel, en constatant que les insectes terrestres supportent l'immersion pendant longtemps, d'admettre que les insectes aquatiques auraient pu y résister pendant des temps bien plus considérables. Aussi ai-je

(1) *Odonestis potatoaria*. L. (chenille et femelle).

été, au premier abord, extrêmement surpris en observant que, non-seulement ils ne sont pas mieux doués, à cet égard, que les insectes terrestres, mais que même, dans la plupart des cas, ils périssent beaucoup plus vite.

Les expériences nombreuses dont j'ai consigné les résultats dans le tableau suivant mettent ce fait étrange hors de doute.

NOMBRE d'individus.	ESPECES.	DURÉE de la submersion.	Les insectes ayant été retirés du liquide et placés sur du papier absorbant, on obtient les résultats suivants :
1	<i>Dytiscus marginalis</i> ♀ . . .	36 h.	Manifeste des mouvements 5 h. après avoir été retiré du liquide; mais les pattes postérieures sont paralysées. Remis dans l'eau, il ne parvient pas à nager et meurt après avoir langui pendant 48 h.
1	<i>Dytiscus marginalis</i> ♀ . . .	40 h. 30'	Manifeste des mouvem ^{ts} 5 h. après avoir été retiré du liquide. Mêmes phénomènes consécutifs que chez le précédent.
1	<i>Dytiscus marginalis</i> ♀ . . .	50 h.	Manifeste des mouvements 4 h. après avoir été retiré du liquide. Mêmes phénomènes consécutifs.
1	<i>Dytiscus marginalis</i> ♂ . . .	65 h. 30'	Mort.
1	<i>Dytiscus dimidiatus</i> ♀ . . .	41 h.	Encore parfaitement vivant et actif.
1	<i>Dytiscus dimidiatus</i> ♀ . . .	48 h.	Semble mort. Quelques légers mouvements au bout d'un jour. Meurt peu de temps après.
1	<i>Dytiscus dimidiatus</i> ♀ . . .	50 h.	Mort.
1	<i>Acilius sulcatus</i> ♀	5 h.	Encore actif.
2	<i>Acilius sulcatus</i> ♂ et ♀ . . .	8 h.	L'un est encore actif, l'autre reprend son activité 6 h. après avoir été retiré du liquide.
2	<i>Acilius sulcatus</i> ♀	12 h.	Semble mort; mais on constate encore des pulsations du vaisseau dorsal.
1	<i>Acilius sulcatus</i> ♀	24 h.	Mort.

NOMBRE d'individus.	ESPECES	DUREE de la submersion.	Les insectes ayant été retirés du liquide et placés sur du papier absorbant, on obtient les résultats suivants :
1	<i>Aeilus sulcatus</i> ♀	47 h. 40'	Mort.
1	<i>Aeilus sulcatus</i> ♀	49 h. 15'	Mort.
1	<i>Hydatieus transversalis</i>	2 h.	Encore actif.
1	<i>Hydatieus transversalis</i>	3 h.	Id.
1	<i>Hydatieus transversalis</i>	8 h.	Id.
1	<i>Hydatieus transversalis</i>	20 h.	Manifeste des mouvements 7 h. après avoir été retiré du liquide. Meurt peu de temps après. La durée de 20 h. est donc la limite.
1	<i>Agabus sturnii</i>	7 h. 25'	Mort.
1	<i>Agabus</i> sp.?.	6 h.	Reprend toute sa vivacité 6 h. après avoir été retiré du liquide.
1	<i>Agabus</i> id.	11 h. 5'	Mort.
1	<i>Agabus bipustulatus</i>	4 h. 30'	Encore actif.
2	<i>Agabus bipustulatus</i>	6 h. 10'	Morts.
1	<i>Hyphydrus ovatus</i>	21 h.	Mort.
1	<i>Hydroporus palustris</i>	10 h. 33'	Mort.
2	<i>Hydroporus palustris</i>	15 h. 30'	Morts.
1	<i>Hydroporus dorsalis</i>	17 h. 30'	Mort.
1	<i>Hydroporus erythrocephalus</i>	11 h. 5'	Reprend son activité première 1 h. après avoir été retiré du liquide.
1	<i>Haliphus elevatus</i>	14 h. 5'	Mort.
1	<i>Gyrinus natator</i>	0 h. 30'	Reprend son activité première après 30'.
1	<i>Gyrinus natator</i>	1 h.	Id. id. id.
1	<i>Gyrinus natator</i>	2 h.	Id. id. id.
3	<i>Gyrinus natator</i>	3 h.	Morts.
1	<i>Hydrophilus piceus</i> ♀	10 h.	Revient très lentement à son état nor- mal après avoir été retiré du liquide.

NOMBRE d'individus.	ESPÈCES.	DURÉE de la submersion.	Les insectes ayant été retirés du liquide et placés sur du papier absorbant, on obtient les résultats suivants :
1	<i>Hydrophilus piceus</i> ♂	24 h. 30'	Revient à son état normal 2 h. 30' après avoir été retiré du liquide.
1	<i>Hydrophilus piceus</i> ♂ (*)	48 h.	Manifeste des mouvements très-faibles après avoir été retiré du liquide. Ces mouvements persistent pendant 21 h. L'animal meurt. La durée de 48 h. était donc à peu près la limite.
1	<i>Notonecta glauca</i>	1 h. 10'	Reprend sa vivacité première 20' après avoir été retirée du liquide.
1	<i>Notonecta glauca</i>	3 h.	Morte.
1	<i>Notonecta glauca</i>	3 h. 15'	Morte.
1	<i>Nepa cinerea</i>	4 h. 55'	Manifeste quelques légers mouvements après avoir été retirée du liquide.
1	<i>Nepa cinerea</i>	5 h.	Vivait encore, mais fort languissante.
1	<i>Nepa cinerea</i>	8 h.	Reprend sa vivacité première 4 h. après avoir été retirée du liquide.
1	<i>Nepa cinerea</i>	24 h.	Ne manifeste de mouvements que 12 h. après avoir été retirée du liquide.
1	<i>Nepa cinerea</i>	31 h.	Morte.

(*) Cet insecte est le même qui avait servi à l'expérience précédente; on lui avait laissé dix jours de repos entre les deux essais.

On voit, d'après ce tableau, que les coléoptères aquatiques de grande taille résistent, en général, plus longtemps que les petites espèces; mais il est impossible, surtout pour ces dernières, de formuler une loi, certaines espèces très-voisines présentant, quant à la résistance, des différences considérables.

Le fait dominant que j'énonçais déjà plus haut, c'est que les insectes aquatiques nageurs ne résistent pas plus longtemps à la submersion, et périssent même souvent beau-

coup plus vite sous l'eau, que les insectes essentiellement terrestres.

Afin de faire ressortir les grandes différences qui se manifestent, en faveur des insectes terrestres, j'ai mis en regard, dans le petit tableau qui suit, les résultats fournis par des insectes aquatiques du tableau précédent et des insectes terrestres de taille et de volume analogues.

<i>Durée de la submersion après laquelle l'insecte aquatique était mort.</i>	<i>Durée de la submersion après laquelle l'insecte terrestre revenait encore à son activité première.</i>
Dytiscus marginalis 65 h. 30'	Oryctes nasicornis 96 h.
Agabus bipustulatus 6 h. 10'	{ Silpha opaca 24 h.
Hyphidrus ovatus 21 h.	{ Coccinella septem-punctata . 12 h.
Hydroporus palustris 15 h. 30'	Agelastica alni 72 h.
Haliphus elevatus 11 h. 5'	Aphodius inquinatus 22 h. 15'
Gyrinus natator 3 h.	Dromius quadrimaculatus . 36 h.
	{ Loricera pilicornis 36 h.
	{ Aphodius fimetarius 50 h. 30'

Je crois l'étrangeté de ce fait plus apparente que réelle; car il me semble qu'on peut expliquer les phénomènes de la manière suivante: l'insecte aquatique que l'on maintient artificiellement sous l'eau, étant muni d'organes de natation se donne beaucoup de mouvement pour chercher à sortir de sa prison, il nage avec inquiétude, tantôt on le voit frapper à coups redoublés le fond du petit bocal pour s'enfoncer dans une vase imaginaire, tantôt il se laisse monter contre la face inférieure du tulle où il cherche, en vain, de l'air nouveau à échanger contre les gaz viciés qu'il porte avec lui. Puis, quittant cette position, il se remet à nager circulairement, etc., jusqu'à ce que, ses forces s'affaiblissant, les mouvements deviennent de plus en plus

lents et cessent enfin, l'animal, ainsi que je l'ai souvent observé, demeurant comme mort sur le fond (1).

N'est-il pas évident que cette activité considérable que présente l'insecte aquatique doit être accompagnée d'une activité, très-grande aussi, du côté des fonctions respiratoires? (2) Chez un *Dytiscus*, les échanges entre les gaz du sang et l'air renfermé sous les élytres sont rapides, cet air s'appauvrit vite en oxygène et se charge de gaz carbonique qui agit, bientôt, non pas seulement comme gaz impropre à la respiration, mais comme gaz nuisible par lui-même (3).

Que se passe-t-il, au contraire, pour l'insecte terrestre? L'animal, entraîné par sa légèreté spécifique, monte, ainsi que je l'ai déjà dit, s'appliquer contre la face inférieure du diaphragme à claire-voie et reste généralement, d'une manière invariable, dans cette situation; ses mouvements se réduisent à peu de chose et la plupart des individus cessent de mouvoir leurs pattes au bout de fort peu de temps. Il y a loin, comme on peut aisément s'en assurer, de ces quelques signes extérieurs de la vie à l'activité des insectes aquatiques; aussi la respiration devient-elle très-lente. Les ouvertures stigmatiques étant probablement fermées, l'insecte est réduit à l'emploi de l'air renfermé

(1) Ce fait n'est pas d'une généralité absolue; les Gyrins morts restent à la surface.

(2) « Les mouvements musculaires augmentent l'élimination de l'acide carbonique d'une manière telle que (chez l'homme), d'après Smith, elle peut être triplée. » W. Wundt (*Nouveaux éléments de physiologie humaine. Trad. française*, p. 310, Paris, 1872).

(3) On sait, en effet, que l'asphyxie arrive plus promptement dans un mélange d'oxygène et de gaz carbonique que dans un mélange, de mêmes proportions, d'oxygène et d'azote.

dans ses trachées ; mais son immobilité détermine, dans les échanges de gaz, un ralentissement tout à fait favorable à un séjour prolongé sous l'eau.

Je rappellerai, à ce sujet, que M. Milne Edwards a vu des charançons résister pendant un ou deux jours à une atmosphère très-chargée d'acide sulphydrique, parce que ces insectes, sous l'influence irritante du gaz, maintenaient leurs stigmates fermés (1). Ils se trouvaient ainsi exactement dans la même situation que nos insectes plongés dans l'eau, et leur appareil respiratoire fonctionnait lentement mais suffisamment pour l'entretien de la vie, aux dépens de la petite quantité d'air de leur système trachéen.

Il suffit d'avoir observé les mouvements désordonnés du *Gyrinus natator* emprisonné sous l'eau et l'immobilité presque absolue de l'*Aphodius fimetarius*, dans les mêmes conditions, pour comprendre pourquoi le premier meurt au bout de trois heures, tandis que le second vit encore après cinquante heures (2).

C'est pour une cause semblable que Newport a vu les insectes parfaits résister plus difficilement à l'action des gaz délétères que les larves et les nymphes ; il s'exprime ainsi : « When the Insects awake from its pupa state.... its respiration, circulation and temperature are all increased and its capability of supporting existence in noxious media is diminished » (3).

(1) Milne Edwards. *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux*, t. II, p. 195. Paris, 1857.

(2) On ne peut objecter ici que l'*Aphodius* étant un lamellicorne possède un système trachéen muni de vésicules nombreuses, tandis que celui des Gyrins n'en présente pas ; la bulle d'air, relativement volumineuse, que le Gyrin entraîne avec lui compense, et au delà, la plus grande capacité de l'appareil respiratoire de l'insecte terrestre.

(3) *On the respiration of insects* (Op. cit., p. 565).

On peut, dit M. Emery (1), ranger, au point de vue de la résistance à l'asphyxie, les animaux en deux groupes :

Les animaux de faible résistance à l'asphyxie ou de *grande activité vitale*.

Les animaux de grande résistance à l'asphyxie ou de *faible activité vitale*.

Les insectes que nous avons essayés doivent se grouper de la même manière et pour les mêmes causes, quant à la résistance à la submersion, la première section renfermant les coléoptères et les hémiptères aquatiques, la seconde les insectes essentiellement terrestres.

§ III.

Phénomènes présentés par les organes génitaux.

Je ne puis abandonner le sujet traité dans le paragraphe précédent sans consacrer quelques lignes au fait suivant : On remarque généralement que les coléoptères aquatiques qui ont été soumis pendant le plus longtemps possible à la submersion, ont l'abdomen allongé d'une manière exagérée, les anneaux étant distants les uns des autres. Un phénomène beaucoup plus curieux s'observe, en même temps, chez les Dytiscides; leurs organes d'accouplement qui, en dehors du moment du rapprochement sexuel, sont entièrement cachés dans l'abdomen, sont, à la suite d'une submersion prolongée, complètement développés au dehors; les valves cornées protectrices sont écartées et les parties molles gonflées.

(1) *Notes physiologiques* (ANN. SC. NAT., 5^e sér., t. XII, 1869, p. 505).

Les mâles, comme les femelles, offrent cette particularité, de sorte que l'on possède ainsi un excellent procédé pour étudier ces organes excitateurs dont la dissection ordinaire est assez difficile.

Quand les insectes sont retirés du liquide, l'un des premiers phénomènes décelant que la vie existe encore, est la rentrée lente et graduelle des organes copulateurs dans la cavité abdominale.

§ IV.

Influence du froid. Effets de la congélation.

De nombreuses expériences ont prouvé que les œufs des insectes résistent à des froids considérables, atteignant même — 49° C. Je n'insisterai pas sur ces résultats bien connus et qui ne peuvent nous offrir ici qu'un intérêt secondaire. Ils expliquent le fait souvent signalé de l'abondance à peu près aussi grande des insectes après un hiver très-rigoureux qu'après un hiver ordinaire (1).

On a constaté également que des larves et des nymphes peuvent être gelées impunément et reprennent leur activité première sous l'influence d'une température plus

(1) Voyez, à ce sujet, Kirby and Spence, *An introduction to entomology*, édit. de 1867, p. 527, et Audouin, *Influence du froid chez les insectes* (ANN. SOC. ENTOM. DE FRANCE, t. VII. *Bulletin*, p. 59, 1858).

J'ajouterai que M. E. Duclaux a cherché à démontrer expérimentalement que l'action d'un froid modéré sur les œufs de vers à soie, loin d'être nuisible, est nécessaire pour que la graine puisse éclore. C'est-à-dire qu'il serait indispensable que les œufs de *S. Mori* eussent traversé une période hivernale naturelle ou artificielle (*Études physiologiques sur la graine des vers à soie* (ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 4^e sér., t. XXIV, 1871).

douce (1). Audouin rapporte que des chenilles ont pu être gelées jusqu'à six fois de suite (2). Malheureusement un bien petit nombre d'auteurs nous ont laissé des indications suffisamment détaillées et exactes. Tantôt ils ne désignent pas l'espèce qui a servi à leurs expériences, tantôt ils négligent de citer la température au-dessous de zéro à laquelle l'insecte a été soumis; de telle sorte qu'il est impossible de rien déduire de général quant aux températures minima que les animaux essayés ont supportées.

Les expériences de Nicolet nous montrent que certains insectes terrestres peuvent être pris dans la glace sans périr; des *Achorutes similatus* (*Podura similata*) restèrent enfermés pendant douze heures dans un bloc de glace produit sous l'influence d'un mélange réfrigérant à -11° C. D'autres subirent la congélation pendant six jours entiers. Tous, soumis à un dégel lent, revinrent à la vie et s'échappèrent en sautant.

On sait, du reste, que les podurelles supportent, en général, des froids assez vifs, puisqu'on cite, comme se rencontrant sur la neige, les *Sminthurus ornatus*, *Sminthurus Bourleti*, *Degeria nivalis*, et que la *Desoria glacialis* vit, en abondance, sur les glaciers des Alpes, dont la surface est noircie, par places, par de nombreuses sociétés de ces insectes (3).

Des insectes appartenant à d'autres groupes se rencontrent aussi à la surface de la glace ou de la neige dans le Nord de l'Europe; tels sont un tipulaire aptère, la *Chio-*

(1) Lister, Reaumur, Bonnet, Stickney.

(2) Audouin, *Influence du froid*, etc., op. cit.

(3) Gervais, dans Walckenaer, *Hist. nat. ins. apt.*, t. III, p. 427.

nea araneoides (1), un panorpide, le *Boreus hiemalis* (2).

L'insecte recueilli le plus près du pôle, dans l'expédition du capitaine Parry, est un puceron rencontré sur la glace même par les 82° 26' 44'' de latitude nord, à environ 55 lieues de toute terre (3) et qui y avait probablement été transporté par le vent.

Récemment, M. le D^r Du Plessis a entretenu la Société vaudoise des sciences naturelles d'un fait qui n'est pas sans analogie avec le précédent : des larves de Coléoptères xylophages et des chenilles de Noctuéliens avaient été trouvées vivantes sur la neige, couvrant un assez grand espace dans un champ éloigné de toute forêt à St-Livres-sur-Aubonne. La température était de 10 à 12 degrés sous zéro (4).

Le *Colias Palaeno* et l'*Argynnis Dia* ont été observés par le capitaine Scoresby à la côte Est du Groënland (5), bien que, dans ces contrées, la température descende, en hiver, à —45° C.; enfin l'île Melleville a fourni six insectes au voyage du capitaine Parry.

Il résulte donc des faits que nous venons de rappeler brièvement que beaucoup d'*insectes terrestres* peuvent résister à de grands froids, qu'il y en a qui peuvent être gelés et même impunément pris dans la glace pendant un temps

(1) Macquart, *Hist. nat. ins. Diphères* (suites à Buffon), t. I, p. 118, pl. III, fig. 6. Paris; Roret; 1854.

(2) Blanchard, *Hist. des ins.*, t. II, p. 508. Paris, 1845.

(3) *Narrative of an attempt to reach the north Pole in boats*, p. 181 (cité par Lacordaire, *INTROD. A L'ENTOM.*, p. 605).

(4) *Bull. de la Soc. vaudoise des sciences nat.*, 2^e sér., vol. XI, n° 66, 1874, p. 176. (Suivant M. De la Harpe père, ces larves proviendraient du défoncement du sol d'une haie ou de l'arrachement d'un arbre).

(5) *Journal of a voyage to the northern Whale-Fishery*, p. 424. (Cité par Lacordaire, *OP. CIT.*, p. 605.)

considérable. Il ne faudrait cependant pas en déduire que tous les animaux de cette classe sont dans ce cas. Ainsi, pour ne citer que deux exemples, Spallanzani a constaté que les vers à soie et les chenilles de papillon d'orme (*sic*) meurent à $-8^{\circ},7\text{C.}$ ou -10°C. (1). Dans ses expériences sur les abeilles, il a montré que ces hyménoptères périssent lorsqu'ils ont été soumis *sans geler* pendant plusieurs heures à un froid qui ne dépasse pas $-2^{\circ},5$ à $-3^{\circ},7\text{C.}$

Passons actuellement aux expériences que j'ai faites sur les *articulés aquatiques*; elles ont été effectuées sur des espèces que l'on rencontre en hiver, pendant les mois de décembre et de janvier. Il eût été, en effet, peu rationnel de soumettre au froid des animaux pris en été, dont un grand nombre ne sont pas organisés, à l'état parfait, pour résister aux basses températures et qui tous, du reste, auraient ainsi passé, plus ou moins brusquement, d'un milieu à température relativement élevée dans un milieu très-froid.

Je ferai remarquer, au sujet des articulés aquatiques que l'on capture en hiver, qu'il est peu exact d'admettre que tous ces animaux se retirent, pendant la saison rigoureuse, soit dans les couches profondes, soit dans la vase des étangs. Voici quelques assertions d'auteurs et les faits contraires que j'ai observés: Kirby et Spence disent: « Les insectes aquatiques tels que les *Dytiscus* et les *Hydrophilus* s'enterrent (en hiver) dans la vase des étangs (2). » Or le 29 décembre 1871, par un beau temps accompagné d'un peu de soleil, il est vrai, mais après des froids excessifs (3)

(1) *Opuscule de physique animale et végétale* (traduction de Semmebler), t. 1, p. 85. Paris, 1787.

(2) *An introduction*, etc., op. cit., p. 520.

(3) Le thermomètre a marqué, les 7, 8 et 9 décembre 1871, $-11^{\circ},9$ et $-17^{\circ},2\text{C.}$ et, dans certaines localités, est descendu plus bas encore (A. Que-

qui s'étaient fait sentir quelque temps auparavant, après une suite de gelées et alors que l'eau que j'explorais présentait, à la surface, des aiguilles de glace, j'ai pris en une seule heure et dans le même fossé, sur un espace de 200 mètres à peine : un *Hydroporus palustris*, cinq *Hydroporus lineatus*, cinq *Agabus bipustulatus*, un *Dytiscus marginalis*, deux *Gyrinus natator*, plus une série nombreuse d'autres petits articulés aquatiques.

M. Forel, dans un article très-intéressant sur la faune profonde du lac Léman (1), après avoir énuméré les animaux articulés suivants pêchés en hiver dans le lac à 75 et à 500 mètres de profondeur :

Larves de Névroptères et de Diptères,
Hydrachna,
Gammarus,
Cyclops,
Daphnies,
Cypris,

ajoute que ce sont tous animaux de surface qui se réfugient au fond en hiver. Je suis convaincu de l'exactitude des observations de M. Forel; mais, dans nos Flandres, l'eau des mares et des fossés fourmille de tous ces animaux pendant la saison rigoureuse (les Hydrachnes exceptées). Pendant l'hiver de 1869, je me suis procuré les *Gammarus Roeselii* qui ont servi aux expériences que je poursuivais à cette époque, en cassant la glace d'un petit ruisseau des

telet, *Sur l'abaissement de température du mois de décembre 1871*, BULL. DE L'ACAD., t. XXXII, n° 12, p. 575; 1871).

(1) *Introduction à l'étude de la faune profonde du lac Léman* (BULL. DE LA SOC. VAUDOISE DES SCIENCES NAT., vol. X, n° 62, p. 217). Lausanne, déc. 1869.

environs de Bruges, et, en 1874, j'ai pris, en cassant également la glace et par un froid tel que le contact du filet mouillé donnait immédiatement une onglée douloureuse, des cyclops, des larves de cloë, etc.

Ces remarques étaient nécessaires pour expliquer comment j'ai eu à ma disposition un nombre d'espèces satisfaisant et pour montrer que ces espèces sont bien celles sur lesquelles devaient porter mes essais.

Un premier résultat de mes expériences, que les observations personnelles que je viens de rapporter permettaient de supposer, c'est que les articulés aquatiques de nos contrées résistent indéfiniment dans l'eau maintenue, à l'aide de glace fondante, à la température de zéro.

Dans les régions polaires, la température de l'eau restée liquide sous la glace ne s'abaissant pas au-dessous de zéro, on conçoit comment le *Dytiscus marginalis* peut se rencontrer au Groënland, l'*Eunectes griseus* en Laponie, des *Hydrocorises* dans les contrées arctiques; et la même explication s'applique également à l'*Agabus glacialis* trouvé au mois de juin près du sommet des montagnes de l'Abbastouman à plus de 2,000 mètres d'élévation, sous les pierres, au bord des ruisseaux découlant des amas de neige (1).

J'insiste sur ce fait, appuyé par un grand nombre d'expériences, que les articulés aquatiques indigènes vivent parfaitement dans l'eau à zéro, parce que j'aurai besoin de le rappeler dans l'exposé de la théorie qui termine ce paragraphe.

(1) Hochhuth, *Énumération des Carabiques et des Hydrocanthares recueillis pendant un voyage au Caucase*, etc. Kiew, 1846. (Cité par Chenu, ENCYCL. HIST. NAT. COLÉOPTÈRES, t. I, p. 208.)

Dès qu'on a recours à des températures inférieures à zéro, l'eau gèle et la question revient alors à constater pendant combien de temps les animaux peuvent rester pris complètement dans la glace à 0° C.

A. Procédés employés ; manière dont les expériences ont été effectuées.

L'animal sur lequel on veut opérer est placé dans un peu d'eau refroidie préalablement en y laissant fondre quelques morceaux de glace. Cette eau dont la quantité, suffisante pour que l'articulé y plonge entièrement, n'est jamais que de quelques centimètres cubes, est renfermée dans un tube de verre à parois minces. Le réservoir étroit et cylindrique d'un thermomètre centigrade à mercure plonge dans l'eau du tube.

Le tube contenant l'eau, l'articulé et le thermomètre, est entouré soit d'un mélange réfrigérant de glace pilée et de sel marin, soit d'un mélange d'eau et d'azotate d'ammonium. Les proportions des matières dans ces mélanges réfrigérants sont telles qu'on obtient assez facilement la congélation, mais qu'il faut longtemps pour que la glace formée accuse une température inférieure à zéro. Le thermomètre est, du reste, là pour indiquer ce qui se passe à cet égard.

On soulève de temps en temps le tube pour s'assurer de l'instant où la glace emprisonne complètement l'animal en expérience. On note cet instant, on attend un nombre de minutes déterminé par l'essai que l'on a en vue, puis on retire le tube et on le plonge dans l'eau tiède (à la température de l'appartement). Le petit culot de glace fond à la surface; on peut alors l'extraire du tube et le faire tomber dans l'eau tiède même, ce qui hâte le dégagement de l'animal.

B. Résultats des expériences. Temps pendant lequel les articulés aquatiques peuvent rester impunément pris dans la glace à zéro.

	DURÉE de l'emprison- nement dans la glace à zéro.	RÉSULTAT après fusion de la glace.	OBSERVATIONS.	DURÉE maxima supportée sans être suivie de mort immédiate.
INSECTES.				
—				
Coléoptères.				
<i>Agabus bipustulatus.</i>				
1 ^{er} individu.	5'	Vit	} Entre 15 et 20 minutes.
2 ^e —	7'	Vit	
3 ^e —	10'	Vit	Semble mort, mais reprend son activité après 15'	
4 ^e —	15'	Vit	Mort le lendemain	
5 ^e —	20'	Semble mort.	Manifeste quelques mouvements respiratoires au bout de 2 h.	
6 ^e —	25'	Mort	
<i>Hydroporus lineatus.</i>				
1 ^{er} individu.	5'	Vit	} Entre 25 et 30 minutes.
2 ^e —	6'	Vit	
3 ^e —	8'	Vit	
4 ^e —	10'	Vit	
5 ^e —	15'	Vit	
6 ^e —	20'	Vit	
7 ^e —	25'	Vit	
8 ^e —	30'	Mort	
<i>Gyrinus natator.</i>				
1 ^{er} individu.	5'	Vit	} Entre 10 et 15 minutes.
2 ^e —	7'	Vit	
3 ^e —	10'	Mort	Le thermom. était descendu à -3°.	
4 ^e —	10'	Vit	
5 ^e —	15'	Mort	

	DURÉE de l'emprison- nement dans la glace à zéro.	RÉSULTAT après fusion de la glace.	OBSERVATIONS.	DURÉE maxima supportée sans être suivie de mort immédiate.
Hémiptères.				
<i>Notonecta glauca.</i>				
1 ^{er} individu.	7'	Vit	} 10 minut.
2 ^e —	10'	Vit	
3 ^e —	10'	Mort.	
4 ^e —	20'	Mort.	
<i>Corixa striata</i>				
1 ^{er} et 2 ^e individ.	2'	Vivent	} 2 minut.
3 ^e individu	3'	Mort.	
4 ^e —	5'	Mort.	
Névroptères.				
<i>Phryganea rhombica</i> (larve).				
Jeune larve de 5 ^{mm}	2'	Vit	Cette larve est renfermée dans son fourreau.	} Entre 20 et 30 minutes.
2 ^e — id. —	3'	Vit	Id. id.	
3 ^e Larve de 10 ^{mm}	10'	Vit	Id. id.	
4 ^e — id. 5 ^{mm}	15'	Vit	Id. id.	
5 ^e — id. —	20'	Vit	Id. id.	
6 ^e — id. —	30'	Morte	Id. id.	
Orthoptères.				
<i>Cloë</i> (diptera?) (larve).				
1 ^{er} individu.	1'	Vit	} 2 minut.
2 ^e —	2'	Vit	
3 ^e —	3'	Mort.	
4 ^e —	3'	Mort.	
5 ^e —	5'	Mort.	
CRUSTACÉS.				
<i>Asellus aquaticus.</i>				
1 ^{er} individu.	2'	Vit	} 10 minut.
2 ^e et 3 ^e —	3'	Vivent	
4 ^e —	4'	Vit	Incomplètement entourée par la glace.	
5 ^e , 6 ^e , 7 ^e et 8 ^e ind.	5'	Vivent	
9 ^e individu	5'	Mort.	
10 ^e et 11 ^e individ.	10'	Vivent	
12 ^e , 13 ^e et 14 ^e —	10'	Morts	
15 ^e et 16 ^e —	15'	Morts	

	DURÉE de l'emprison- nement dans la glace à zéro.	RÉSULTAT après fusion de la glace.	OBSERVATIONS.	DURÉE maxima supportée sans être suivie de mort immédiate.
<i>Daphnia pulex.</i>				
1 ^{er} et 2 ^e individu . . .	1'	Morts . . .	} 4 min. 30''	
3 ^e individu . . .	1'	Vit . . .		
4 ^e — . . .	1'	Mort. . .		
5 ^e — . . .	1'	Vit . . .		
6 ^e — . . .	1'.30''	Vit . . .		
7 ^e — . . .	2'	Mort. . .		
8 ^e et 9 ^e individu . . .	3'	Morts . . .		
<i>Cyclops quadricornis.</i>				
1 ^{er} individu. . .	1'	Vit . . .	} 1 minute.	
2 ^e — . . .	2'	Mort. . .		
3 ^e , 4 ^e et 5 ^e indiv. . .	4'	Morts . . .		

C. Discussion des résultats.

En analysant ces résultats, nous voyons, en premier lieu, que le temps pendant lequel les articulés aquatiques peuvent être pris dans la glace sans périr est excessivement court. La résistance la plus longue n'a pas atteint une demi-heure. Ils sont donc bien loin de posséder la singulière propriété des podurelles dont nous avons parlé plus haut.

La durée maxima de la résistance n'est pas en relation avec la taille, car l'insecte qui a supporté l'emprisonnement dans la glace pendant le plus long temps est précisément le plus petit des coléoptères essayés, l'*Hydroporus lineatus*; mais, fait qui a bien lieu de nous surprendre, c'est que cette durée maxima semble être, jusqu'à un certain point, proportionnelle à l'épaisseur ou à la solidité des téguments ou des enveloppes protectrices. En effet,

les durées les plus considérables nous sont présentées par les larves de Phryganes, protégées par leur fourreau, et les Coléoptères, puis viennent les Notonectes et, enfin, les insectes et crustacés à téguments minces et délicats.

Ce résultat rendant la question complexe, fallait-il rechercher encore la cause de la mort dans l'action seule du froid? la glace n'exerçait-elle pas une action mécanique, une compression, peut-être, de nature à tuer les petits animaux qui y sont emprisonnés?

Les expériences suivantes nous montreront laquelle des deux hypothèses est la plus voisine de la vérité.

J'ai constaté, par des travaux antérieurs (1), que ni une solution de sulfate de magnésium contenant $\frac{1}{52}$ de ce sel, ni une solution de sucre de canne n'ont d'effet nuisible rapide sur les articulés aquatiques. Or les solutions salines ou sucrées ne se congelant qu'à des températures inférieures à zéro, on pouvait espérer soumettre, dans ces liquides, les animaux à des froids considérables.

Mais, malheureusement, il se forme déjà, vers -2° , dans ces solutions, des aiguilles de glace d'une ténuité extrême, présentant un aspect floconneux dans le liquide sucré, et formant une cristallisation arborescente dans la solution de sulfate de magnésium (2).

Il fallait donc renoncer à l'espoir de pouvoir employer

(1) *Recherches physico-chimiques, etc.* (1^e part.), MÉM. DE L'ACAD. (savants étrangers), t. XXXVI, pp. 52 et 54, 1870.

(2) C'est bien l'eau de la solution qui cristallise et non le sucre; car je me suis assuré qu'une solution assez visqueuse de gomme arabique présente le même phénomène. Vers -8° , il s'y développe des aiguilles fines formant une masse floconneuse, exactement comme dans la solution sucrée. La gomme étant une substance colloïde, c'est-à-dire incristallisable, l'expérience prouve que la cristallisation est purement aqueuse.

un liquide *inoffensif* restant *liquide* au-dessous de zéro. Néanmoins les phénomènes observés lorsqu'on se sert d'eau sucrée, par exemple, sont intéressants et ont contribué à me mettre sur la voie d'une explication plausible.

L'appareil dont j'ai fait usage est le même que celui qui m'a servi pour les expériences sur l'action de la glace; il contient une petite quantité d'eau sucrée dans laquelle nagent plusieurs *Asellus aquaticus*; dès que le thermomètre commence à descendre, les aselles se portent près de la surface du liquide. Vers — 2°, la cristallisation (congélation) apparaît au fond du tube et progresse, petit à petit, vers le haut; les animaux résistent très-bien tant qu'ils ne sont pas emprisonnés entre les cristaux; mais, dès qu'ils sont pris, même par quelques parties du corps seulement, ils meurent avec une si grande rapidité que le temps très-court employé à la fusion des cristaux lorsqu'on immerge immédiatement le tube dans l'eau tiède suffit pour qu'il m'ait été impossible de les dégager encore vivants.

Voici les résultats de quelques expériences :

A. *Trois Aselles sont plongés dans la solution de sucre.*

Le thermomètre
indique :

— 4°.	La solution est encore liquide.	Les Aselles vivent.
— 2°.	Id. id. à la partie supérie.	— vivent.
— 2°.	Les cristaux atteignent les Aselles	— meurent.

B.

— 4°.	Deux Aselles sont pris dans la solution pendant	3 minutes.	Morts.
— 2°.	Id. id. id.	2	— Morts.
— 2°.	Un Aselle est pris dans la solution pendant . . .	4 minute.	Mort.
— 2°.	Id. id. id. . . .	4	— Mort.

Pendant toute la durée de ces expériences, trois Aselles placés dans une autre portion de la même solution sucrée

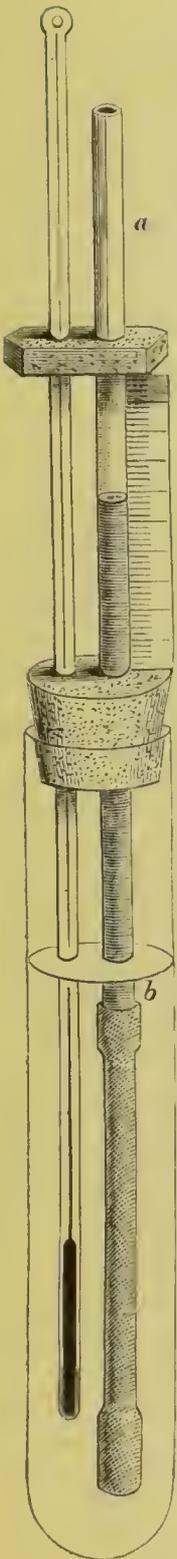
laissée à la température de l'appartement vivent très-bien ; ce qui montre que la *composition* du liquide n'influe pas.

On remarquera que dans ces essais, comme dans les précédents effectués avec de l'eau pure, la mort rapide des animaux ne peut être attribuée à la température, puisque, tandis que les articulés meurent dans la glace à 0° , ils vivent dans *l'eau liquide* à 0° , que tandis que les aselles meurent dès qu'ils sont pris entre les cristaux de la solution de sucre à -2° , ils vivent dans cette solution à -1° ou -2° tant que celle-ci reste liquide.

La présence de la glace autour de l'insecte ou du crustacé produit donc un effet spécial et considérable. Il est impossible de croire à une compression mécanique par la glace ; en effet, théoriquement, cette compression ne peut exister, et, d'un autre côté, l'expérience prouve, ainsi qu'on le verra plus bas, que cette compression n'a pas lieu.

Je dis que cette compression ne peut exister théoriquement ; considérons, pour un instant, l'espace qu'un insecte aquatique occupe dans l'eau comme une cavité ayant la forme extérieure et le volume de cet insecte. Les parois de cette cavité sont constituées par des molécules du liquide. La formation de la glace est accompagnée d'un accroissement notable de volume, accroissement qui est le résultat d'un écartement plus grand des molécules. Les molécules de la paroi de la cavité dont nous parlons s'écarteront donc comme les autres et la cavité augmentera suivant toutes ses dimensions ; l'insecte qui la remplit ne subira, par conséquent, aucun accroissement de pression.

Il restait à démontrer ce fait par une expérience ; le petit appareil que j'ai employé à cet effet est très-simple ; un tube de verre *a* cylindrique de 5^{mm} de diamètre intérieur



et de 20 centimètres de longueur est ouvert à ses deux extrémités; à l'une d'entre elles, *b*, on a ajouté un morceau de tube de caoutchouc à parois minces, de six centimètres de long, fermé à son bout libre par un petit fragment de baguette de verre. Le tout forme ainsi une espèce de tube thermométrique dont le réservoir est en caoutchouc et, par conséquent, compressible. Le tube étant vertical, le réservoir en bas, on y a versé une certaine quantité d'un mélange en parties égales d'eau et d'alcool rougi. Ce liquide s'élève dans le tube de verre jusqu'à la moitié de sa hauteur, environ. La plus légère compression du réservoir de caoutchouc est immédiatement accusée par une ascension de la colonne liquide. Une échelle divisée en millimètres est appliquée le long du tube pour faciliter l'observation.

Pour faire l'expérience, on engage le tube à réservoir compressible, ainsi qu'un thermomètre à mercure dans deux trous dont est percé un bouchon de liège qui pose sur l'orifice d'une éprouvette en verre mince partiellement remplie d'eau distillée. Le réservoir du thermomètre et le réservoir de caoutchouc plongent tous deux entièrement dans le liquide, sans toucher ni le fond ni les parois de l'éprouvette. Enfin, cette dernière est placée verticalement dans un mélange réfrigérant.

On note la hauteur de la colonne d'al-

cool rougi lorsque le thermomètre marque zéro et l'on observe cette hauteur pendant tout le temps de la formation de la glace.

Or, jamais il n'est possible de constater, même à la loupe, une différence quelconque; l'extrémité supérieure de la colonne reste invariablement au même point, bien que toute l'eau de l'éprouvette soit transformée en un bloc de glace, ce qui prouve parfaitement que le réservoir de caoutchouc n'a pas été comprimé.

D. *Exposé de la théorie.*

Dès qu'il est démontré que la glace n'exerce pas de pression sur les animaux qui y sont emprisonnés, je crois qu'il faut chercher la cause des effets marqués et incontestables de cet emprisonnement dans l'abolition absolue des mouvements. C'est ce que je vais essayer d'expliquer.

On sait aujourd'hui, depuis les belles et minutieuses recherches de M. Maurice Girard (1), que les insectes ont une température propre dépassant souvent de beaucoup celle de l'air ambiant; on l'observe chez les insectes aquatiques, comme chez les espèces terrestres. « Les insectes aquatiques placés dans l'air (*Dytiscides*, *Gyrins*, *Hydrocorises*), dit M. Girard, se comportent tout à fait, sous le rapport du dégagement de chaleur, comme les insectes terrestres de même masse, du même ordre et de mobilité analogue; ce qui s'accorde parfaitement avec l'identité du mode de respiration. On sait, de même, que les mammi-

(1) *Études sur la chaleur libre dégagée par les animaux invertébrés et spécialement les insectes* (ANN. DES SC. NAT., 46^e ann., 5^e sér., t. XI, nos 4 et 5). (Pour le passage cité, voyez n^o 5, p. 268.)

fières pisciformes, hors de l'eau, ne présentent pas une chaleur moindre que les mammifères terrestres (résultats de John Davy, Broussonet, Martine sur le Lamantin et le Marsouin). Lorsque les insectes aquatiques sont maintenus au sein de l'eau, leur température ne m'a pas paru s'élever au-dessus de celle de l'eau ambiante, phénomène conforme à celui observé par Humboldt et Provençal, puis par Dutrochet pour les poissons dans l'eau, par Berthold et Dutrochet pour les crustacés, mollusques et annélides également dans l'eau (1). »

Il est cependant fort probable que les insectes aquatiques plongés dans l'eau ont une température propre un peu supérieure à celle de ce liquide; si l'on n'a pas pu s'en assurer jusqu'à présent, c'est, ainsi que l'ajoute M. Girard, que « les aiguilles thermo-électriques fer et platine qui constituent l'appareil le plus commode à employer, dans ce cas, sinon le seul, ne sont pas assez sensibles pour ces expériences....., tandis que l'appareil bismuth-antimoine est impossible à employer dans l'eau. »

J'ai constaté en effet, à l'aide d'un insecte aquatique de grande taille, le *Dytiscus marginalis* mâle, placé dans de l'eau entourée d'un mélange réfrigérant, que la glace se formait dès longtemps autour du thermomètre avant de se former autour de l'insecte.

Je pense qu'on peut conclure de toutes mes expériences qu'un insecte aquatique ou un crustacé résiste dans l'eau liquide à 0° ou — 2°, parce que ce que ses mouvements continuels lui permettent de conserver sa chaleur propre

(1) Voyez, à ce sujet : Dutrochet, *Recherches sur la chaleur vitale des animaux à basse température* (COMPTES RENDUS ACAD. SC. DE PARIS, t. X, p. 585, 1840.)

qui, bien qu'absorbée constamment par l'eau, est constamment restituée. Tandis qu'il périt dans la glace, parce que l'abolition de tout mouvement amène une absorption complète de chaleur qui ne peut plus être produite à nouveau.

Il est, du reste, possible de vérifier plus ou moins l'exactitude de cette théorie à l'aide d'expériences convenablement conduites : on a vu, par les résultats exposés dans le § II, que, lorsqu'on empêche artificiellement les coléoptères aquatiques de venir chercher de l'air à la surface, ils sont pris d'un engourdissement général qui abolit les mouvements bien avant le moment où la submersion peut avoir des suites funestes.

J'ai observé également que les articulés aquatiques se mouvant librement résistent indéfiniment dans l'eau liquide à la température de zéro.

Ceci posé, il fallait, si la théorie était fondée, qu'un insecte engourdi et privé de mouvements à la suite d'une submersion forcée de quelques heures, mourût comme par l'effet de la glace, sous la seule influence de l'eau à zéro.

Les expériences ont été faites au mois d'avril sur l'*Acilius sulcatus*, espèce à mouvements très-vifs et, par suite, spécialement propre à la vérification dont il s'agit.

Voici, d'abord, les données préalables qu'il était indispensable d'acquérir pour effectuer des expériences nettes :

1° L'*Acilius sulcatus* maintenu sous l'eau s'engourdit au bout de quatre heures ;

2° Il résiste très-bien à une submersion de huit heures. C'est-à-dire que, placé à l'air au bout de ce temps, il reprend bientôt sa vivacité première ;

3° Dans les circonstances ordinaires, il nage et vit pen-

dant quarante-cinq minutes et au delà dans l'eau *liquide* à zéro;

4° Un séjour de quarante-cinq minutes dans la glace à zéro le tue inévitablement.

Ces faits ayant été suffisamment constatés expérimentalement, j'ai procédé comme suit :

A. Quatre *A. sulcatus* engourdis par une submersion de quatre heures sont placés dans un tube en verre mince contenant de l'eau maintenue pendant quarante-cinq minutes à une température qui oscille entre 0° et +1°. Retirés du liquide et séchés, comme dans les expériences du § II, ils se réveillent et reprennent toute leur activité au bout de quelques heures. Ce qui tient à ce que l'eau dans laquelle ils ont séjourné n'est pas restée constamment à la température de zéro.

B. Quatre *A. sulcatus* engourdis par une submersion de quatre heures sont plongés pendant cinq minutes seulement dans de l'eau à zéro. Lorsque l'expérience était terminée, deux individus étaient vivants, les deux autres *morts*.

C. Deux *A. sulcatus* engourdis par une submersion de 4^h50' sont plongés pendant dix minutes dans de l'eau à zéro. Résultat : un individu vivant, l'autre *mort*.

Ces deux dernières expériences donnaient déjà un résultat assez satisfaisant, mais incomplet; probablement parce qu'on n'avait submergé les insectes que pendant le temps minimum nécessaire pour amener l'engourdissement et, surtout, parce que le séjour dans l'eau à zéro était trop court. En prolongeant la submersion préalable et en augmentant un peu la durée du séjour dans l'eau à zéro, on arrive au résultat concluant suivant :

D. Quatre *A. sulcatus* engourdis par une submersion

de huit heures sont mis pendant quinze minutes dans de l'eau à zéro. Après ce temps, tous les quatre sont *morts*.

Je terminerai en citant une dernière expérience faite à l'aide de l'*Agabus bipustulatus*, espèce que l'on rencontre en hiver et qui, lorsqu'elle jouit de tous ses mouvements, résiste, comme les autres, indéfiniment dans l'eau à zéro.

E. Un *A. bipustulatus* engourdi par une submersion de quatre heures meurt dans l'eau à zéro au bout de quarante-cinq minutes (1).

Il semble donc bien démontré que si les articulés aquatiques meurent dans la glace, c'est à cause de la privation absolue de mouvements et, par suite, de l'absorption complète de la chaleur corporelle sans restitution possible.

§ V.

Température maxima que peuvent supporter les articulés aquatiques.

Il me semble inutile de rappeler les résultats qui ont été obtenus dans les nombreuses expériences effectuées sur les organismes inférieurs dans le but soit d'infirmier, soit de confirmer l'hypothèse de la génération spontanée; ils ne pourraient, du reste, en raison même de la nature des êtres qui ont fait l'objet de ces recherches, nous servir en rien de termes de comparaison.

Quant aux animaux occupant des rangs plus élevés dans l'échelle zoologique, je résumerai en premier lieu les quelques observations qui concernent ceux qui n'appartiennent pas au groupe des *Arthropodes*.

(1) On s'était assuré qu'il fallait au moins 45' pour tuer un individu de la même espèce dans la glace.

Suivant W. Edwards (1), des grenouilles plongées dans l'eau dont la température oscille entre 40° et 42° C. y périssent presque subitement (quelques secondes à deux minutes).

Certains poissons semblent, au premier abord, pouvoir supporter des températures égales ou supérieures à 40°; bien qu'il ne faille pas toujours ajouter une foi entière aux récits qui ont été faits à cet égard. Ainsi Sounerat aurait vu en 1774, dans l'île de Luçon, des poissons nageant dans une source thermale dont la température était de 86°, 2C. (2). Mais le D^r Abel, qui accompagnait lord Amherst dans sa mission en Chine, n'observa aucun poisson dans la source de Luçon. Marion de Procé dit que la température des eaux où l'on trouve des poissons ne dépasse pas 56° C.; enfin, M. J. Dana, l'un des naturalistes de l'U. S. Exploring Expedition qui visita aussi les sources chaudes de Luçon ne fait pas mention d'animaux (3).

M. Tripier vit des poissons dans une source thermale en Algérie. L'eau avait une température de 56° C. à la surface; mais, dans les couches profondes que les poissons ne quittaient pas, le thermomètre indiquait 40° C. (4).

Les expériences de W. Edwards peuvent, du reste, lever tous les doutes. Il résulte, en effet, des nombreux essais

(1) *De l'influence*, etc., op. cit., pp. 28, 40 et 574.

(2) *Observation d'un phénomène singulier sur des poissons qui vivent dans une eau qui a soixante-neuf degrés R. de chaleur* (JOURN. DE PHYS., t. III, p. 236; 1774).

(3) Ces derniers détails sont empruntés à un travail de M. Jeffries Wyman: *Observations and experiments on living organisms in heated water* (AMERIC. JOURN. OF SCIENCE AND ARTS, de SILLIMAN et DANA, 2^e sér., vol. XLIV, p. 152; 1867), p. 153.

(4) Même source.

de cet ingénieux physiologiste, que les poissons ne résistent pas plus de deux minutes dans l'eau à 40° et y périssent même souvent beaucoup plus tôt. Voici le résumé de ses observations (1) :

<i>Température de l'eau 40° C.</i>	<i>La mort survient au bout de :</i>
<i>Perea fluviatilis</i>	1 minute.
<i>Lota vulgaris</i>	2 minutes.
<i>Gobio fluviatilis</i>	4 minute en moyenne.
<i>Barbus fluviatilis.</i>	2 minutes.
<i>Cyprinus carpio</i>	2 —
<i>Phoxinus lœvis</i>	quelques secondes.
<i>Leusiscus jesus</i>	0',40 secondes.
<i>Leuciscus alburnus</i>	0',20 —

M. P. Bert expérimentant sur de petites seiches, venant d'éclorre, a constaté qu'elles résistaient à une immersion de deux minutes dans l'eau de mer portée à la température de 57° à 56°C. et d'une minute seulement dans l'eau à 59° ou 58°C. Après deux minutes, l'eau froide ne pouvait plus les rappeler à la vie, mais leurs muscles et leurs cellules chromatophores étaient parfaitement contractiles. Dans de l'eau à 41°,5 ou 41°C. deux minutes suffisaient pour faire disparaître toute contractilité (2).

Le major Long a observé dans les sources chaudes de

(1) *De l'influence, etc.*, op. cit., TABLEAUX XIV, p. 600 et XI, p. 601. On pourrait objecter que W. Edwards employait de l'eau chaude privée d'air; mais il est facile de voir que c'était la température seule, ou à peu près, qui déterminait la mort rapide des poissons, puisque Edwards, lui-même, nous apprend que, dans cette même eau privée d'air, mais à la température ordinaire de 10°, ces poissons résistaient facilement plusieurs heures (2 h. 19', 4 h. 27', 9 h. 45').

(2) *Notes d'anatomie et de physiologie comparée*, 2^e sér. (MÉM. DE LA SOC. DES SC. PHYS. ET NAT. DE BORDEAUX, t. V et VI, 1867-1870), *Mémoire sur la physiologie de la seiche*, p. 69.

l'Ouchita (Arkansas), dont les températures atteindraient 55°,5, 60°, 64°4 et 65°,5 C. un petit mollusque bivalve? (*a small bivalve testaceous animal*) qui adhérerait aux plantes aquatiques (1).

Passons actuellement aux observations et aux expériences qui concernent spécialement les articulés : on sait que les insectes terrestres peuvent supporter et recherchent même souvent une température relativement élevée. Beaucoup de coléoptères, des *Sphex* parmi les hyménoptères se plaisent dans les endroits sablonneux fortement échauffés par le soleil, les Termites, les Polistes, les Guêpes des régions équatoriales supportent des chaleurs torrides (2). Il serait intéressant de faire des expériences suivies sur la température la plus élevée à laquelle les articulés terrestres peuvent être soumis sans accidents graves.

Spallanzani (3) a fait, dans ce sens, quelques essais que je crois devoir citer à titre de comparaison. J'ai remplacé les indications du thermomètre Réaumur par celles du thermomètre centigrade :

Les vers à soie périssent à	+ 42°,5 C.
Les chenilles de papillon d'orme (<i>sic</i>).	42°,5
Les mouches à viande (<i>C. vomitoria</i> ?)	37°,5
Leurs nymphes	43°,7
Leurs larves	42°,5

Nicolet, dans ses recherches sur les Podurelles, a constaté que la *Podura similata* (*Anchorutes similatus*) périt

(1) *Long's expedition to the Rocky Mountains*, vol. II, p. 291. Philadelphie, 1822 (cité par M. J. Wyman).

(2) M. Girard, *Études sur la chaleur libre*, etc., op. cit., p. 141.

(3) *Opuscules de physique animale et végétale* (traduction de Semmebier), t. I, p. 56. Paris, 1787.

assez vite dans l'eau à + 25° ou + 38° C. et presque instantanément à + 35° à l'air.

M. W. T. Brigham a observé des araignées (probablement des Dolomèdes) qui circulaient, en grand nombre, à la surface d'une source thermale de la Californie dont l'eau avait, en cet endroit, la température de 80° C (1). Il est vrai que ces Arachnides n'étaient pas mouillés par l'eau chaude, mais soutenus à une certaine distance sur leurs pattes.

Quant aux articulés aquatiques, le nombre des observations est encore plus restreint; Spallanzani nous dit que

Les larves de cousins périssent à	+ 43°,7 C.
Leurs nymphes	43°,7
Les larves d' (<i>Eristalis tenax</i> ?)	41°,2,
Les Daphnies	41°,2

mais il ne nous a laissé aucun détail sur sa manière d'opérer. Ce petit nombre d'essais a lieu d'étonner, eu égard à l'importance de la question qui n'a fait que s'accroître depuis qu'on a trouvé des articulés vivants dans les eaux thermales, tels, par exemple, que l'*Hydroporus thermalis* rencontré par Hornung dans les sources chaudes des monts Euganéens (2), le *Gammarus Ermanni* M. Edw. trouvé par M. Ermann dans des eaux thermales au Kamtschatka (3) et des insectes de petite taille, sur le nom spécifique desquels nous n'avons malheureusement pas d'indication, observés par le major Long dans les sources chaudes que j'ai citées plus haut.

(1) Cité par M. J. Wyman, *Op. cit.*, p. 155.

(2) *Hydroporus thermalis*, n. sp. aus den heissen Quellen der Euganeen (BERICHT D. NATUR. W. von d. Harz, p. 12, éd. 2, 1840-1841).

(3) Milne Edwards, *Hist. nat. des Crustacés, suites à Buffon*, t. III, p. 49, Paris, 1840.

Je me suis proposé de déterminer aussi exactement que possible, pour quelques-unes des espèces communes de nos articulés aquatiques : 1° la température la plus élevée que ces animaux peuvent supporter (c'est-à-dire l'eau la plus chaude dans laquelle ils peuvent vivre); 2° s'il existe, à cet égard, des différences marquées entre les différents groupes; 3° si les températures supportées correspondent à celles d'un certain nombre de sources thermales connues.

La méthode que j'ai employée est la suivante : 500 centimètres cubes d'eau de pluie sont chauffés dans un ballon de verre blanc jusqu'au-dessus de 50°, mais non au delà de 80° pour ne pas chasser une trop grande quantité de l'air en dissolution. A ce moment on retire la lampe, on enlève la toile métallique sur laquelle posait le ballon et on laisse le liquide se refroidir lentement. Un thermomètre très-sensible plonge dans l'eau par tout son réservoir, il est destiné à indiquer la température du liquide à chaque expérience. Les animaux sont introduits successivement dans l'eau chaude et l'on observe les phénomènes qu'ils présentent.

Comme certains articulés ne peuvent être portés dans le ballon qu'à l'aide d'un tube de verre contenant nécessairement une goutte d'eau froide, on ne note la température marquée par le thermomètre que quelques secondes après.

Le tableau suivant renferme les résultats obtenus pour quatorze espèces. Comme la température limite exacte était souvent impossible à déterminer, j'ai indiqué, sous le nom de *température limite maxima*, la moyenne entre la température observée la plus haute malgré laquelle la vie se maintenait indéfiniment et la température observée la plus basse à laquelle l'articulé meurt après un temps déterminé. C'est, effectivement, entre ces deux points que se trouve la température cherchée, que j'obtiens ainsi avec une

assez grande approximation. Dans les cas plus rares où j'ai rencontré, par hasard, la température que l'animal supportait avec peine, c'est cette température que j'ai indiquée.

Nos.	Température de l'eau.	ESPÈCES.	PHÉNOMÈNES OBSERVÉS.	Température limite maxima.
INSECTES.				
1	75	<i>Culex pipiens</i> (larve) . . .	Mort instantanée.	40°
2	67	Id. id.	Id.	
3	48	Id. id.	Id.	
4	42	Id. id.	Vit 3 minutes.	
5	38	Id. id.	La vie se maintient indéfiniment	
6	38	Id. id.	Id. id.	
1	49°	<i>Cloë diptera</i> (larve) . . .	Mort instantanée.	44°,7
2	46	Id. id.	Id.	
3	45,5	Id. id.	Vit pendant 0'',5.	
4	44	Id. id.	Immobile pendant 10 minutes, puis reprend sa vitalité.	
5	43	Id. id.	Id. id.	
6	39	Id. id.	Id. id.	
1	54°	<i>Notonecta glauca</i>	Meurt après 3 secondes	44°,5
2	47	Id. id.	Meurt après 6 secondes	
3	42	Id. id.	Reste immobile pendant une minute, puis manifeste des mouvements.	
4	37,5	Id. id.	La vie se maintient indéfiniment	
1	47°	<i>Nepa cinerea</i>	Meurt après 17 secondes	44°
2	45	Id.	Meurt après 1',59''.	
3	43	Id.	La vie se maintient.	
4	42	Id.	Id.	
1	40°	<i>Agabus bipustulatus</i> . . .	Meurt après 25 secondes	38°
2	36	Id. id.	La vie se maintient.	
1	45°	<i>Hydroporus dorsalis</i> . . .	Meurt après 4 secondes	42°
2	39	Id. id.	La vie se maintient.	
3	36,5	Id. id.	Id.	
1	45°	<i>Hydaticus transversalis</i> . .	Meurt après 25 secondes	39°
2	40	Id. id.	Meurt après 8 minutes.	
3	38	Id. id.	La vie se maintient.	
1	50°	<i>Hydrous caraboides</i> . . .	Meurt après 20 minutes	41°,7
2	45,5	Id. id.	Meurt après 3 minutes	
3	38	Id. id.	La vie se maintient.	

Nos.	Température de l'eau.	ESPECES.	PHÉNOMÈNES OBSERVÉS.	Température limite maxima.
ARACHNIDES.				
1	45°	Argyroneta aquatica . . .	Meurt au bout de 5 secondes . . .	38°,5 (*)
2	43	Id. id.	Les mouvements cessent au bout de 20''; puis 13' après, quand l'eau est refroidie, ils réapparaissent	
3	40	Id. id.	Id. après 18'', reste immobile 10'.	
4	37	Id. id.	La vie se maintient.	
5	35	Id. id.	Id.	
6	32	Id. id.	Id.	
1	51°	Hydraelma eruenta. . . .	Meurt après 3 secondes	46°,2
2	48	Id. id.	La vie se maintient quelque temps avec souffrance.	
3	44,5	Id. id.	La vie se maint ^{nt} . Natation rapide.	
CRUSTACÉS.				
1	62°	Asellus aquatius	Mort instantanée	43°,5
2	50	Id. id.	Id.	
3	45	Id. id.	Id.	
4	45	Id. id.	Id.	
5	42	Id. id.	Souffre, mais la vie se maintient.	
6	38	Id. id.	La vie se maintient.	
7	38	Id. id.	Id.	
1	50°,5	Gammarus Roeselii.	Meurt après 2 secondes	Vers 36°
2	43	Id. id.	— 3 secondes	
3	40	Id. id.	— 2 minutes.	
4	39,5	Id. id.	— 2 secondes	
5	37,5	Id. id.	— 5 minut. 30 secondes.	
6	36	Id. id.	La vie se maint ^{nt} ; l'animal souffre.	
7	33	Id. id.	La vie se maintient.	
1	50°	Daphnia sima	Mort instantanée.	33°,5
2	45	Id. id.	Id.	
3	41	Id. id.	Id.	
4	37	Id. id.	Meurt après 6 secondes	
5	34,5	Id. id.	— 2 secondes	
6	32,5	Id. id.	La vie se maintient.	
7	31	Id. id.	Id.	

(*) Il est évident que, si la température de 40° s'était maintenue constante, l'animal, dont les mouvements ont cessé après 18 secondes, serait mort; il fallait donc prendre la moyenne entre 40° et 37°.

N ^{os} .	Température de l'eau.	ESPECES.	PHÉNOMÈNES OBSERVÉS.	Température limite maxima.
1	49 ^o	Cypris fuscata	Mort instantanée.	36 ^o
2	46	Id. id.	Id.	
3	44	Id. id.	Id.	
4	43	Id. id.	Id.	
5	42	Id. id.	Id.	
6	40	Id. id.	Id.	
7	39	Id. id.	Id.	
8	38	Id. id.	Id.	
9	37	Id. id.	Quelques mouvem ^{ts} trop peu accu- sés pour en apprécier la durée.	
10	35	Id. id.	La vie se maintient, nage.	
11	34	Id. id.	Id.	
1	45 ^o	Cyclops quadricornis	Mort instantanée.	36 ^o
2	44	Id. id.	Id.	
3	44	Id. id.	Meurt après $\frac{1}{3}$ de seconde (*).	
4	43	Id. id.	Id. id.	
5	42	Id. id.	Meurt après $\frac{1}{2}$ seconde	
6	42	Id. id.	Mort instantanée.	
7	41	Id. id.	Meurt après $\frac{1}{3}$ de seconde	
8	40	Id. id.	— $\frac{1}{3}$ de seconde	
9	39	Id. id.	— $\frac{1}{2}$ seconde	
10	38	Id. id.	Id.	
11	37	Id. id.	Id.	
12	35	Id. id.	La vie se maintient.	
13	35	Id. id.	Id.	

(*) Ces fractions de seconde sont évaluées approximativement.

En analysant les résultats qui précèdent, nous voyons : 1^o qu'aucune des espèces essayées ne résiste à une température égale ou supérieure à 48^o; 2^o que les températures limites les plus élevées sont souvent plus basses pour les crustacés que pour les insectes, mais que la différence est peu prononcée (1); 3^o que les températures les plus élevées

(1) Il est impossible de rien déduire de général quant aux Arachnides ; en effet, parmi les Araignées, il n'y a que l'Argyronète qui soit réellement aquatique et il existe, d'un autre côté, entre celle-ci et les Acarides des différences d'organisation considérables.

supportées sans accidents graves variant entre 33°,5 et 46°,2 sont, en réalité, assez voisines les unes des autres; 4° enfin, que ces températures correspondent à celles d'un certain nombre de sources thermales connues dans les eaux desquelles on pourra rencontrer des animaux toutes les fois que les sels ou les gaz en dissolution n'auront pas d'action nuisible.

Pour faire ressortir plus complètement le bien-fondé des trois dernières conclusions, j'ai résumé, dans le tableau suivant, les faits sur lesquels elles sont basées :

ESPECES.	Températures limites.	SOURCES THERMALES à températures analogues (*).
Culex pipiens (larve) . .	40°	Eau de Nérès, 40° (au minimum); Luxeuil (Bain des Capucins), 39°.
Cloë diptera (larve) . .	44,7	Luxeuil (Bain gradué), 45°.
Notonecta glauca . . .	44,5	Vichy, entre 19° et 45°.
Nepa cinerea	44	Id. id.
Agabus bipustulatus . .	38	Ems (Nebenquelle), 38° (**).
Hydroporus dorsalis . .	42	Loèche-les-Bains (Valais), 42° (au minimum).
Hydaticus transversalis .	39	Luxeuil (Bain des Capucins), 39°; Ems (Augusta- quelle), 39°,2.
Hydrous caraboides . .	41,7	Eau de Nérès, 40° (au minimum).
Argyroneta aquatica . .	38,5	Ems (Nebenquelle), 38°.
Hydrachna eruenta . . .	46,2	Luxeuil (eau des Cuvettes), 46°.
Asellus aquaticus	43,5	Loèche-les-Bains, 42°,5.
Gammarus Roeselii . . .	36	Eau de Courmayeur (Piémont), 34°,4; Gastein (Warmbrunn), 36°.
Daphnia sima	33,5	Luxeuil (eau ferrugineuse), 25°.
Cypris fuscata	36	Eau de Courmayeur, 34°,4; Gastein (Warmbrunn), 36°.
Cyclops quadricornis . .	36	Id. id. id.

(*) Le nombre des sources thermales dont la température est inférieure à 50° est beaucoup moindre que celui des sources à température supérieure.

(**) Les eaux d'Ems contiennent de l'acide carbonique, dont il faut tenir compte et qui doit avoir de l'influence.

Nous ne pouvons pas comparer les nombres de ce dernier tableau avec ceux donnés par Spallanzani. Ce physiologiste cherchait, en effet, la température la moins élevée qui détermine encore la mort, tandis que je me suis efforcé de trouver les températures les plus hautes que les animaux en question peuvent supporter sans périr.

Parmi les articulés que j'ai essayés se trouvent les larves de cousin et les Daphnies qui ont fait aussi l'objet des recherches de Spallanzani. En nous plaçant au point de vue de ce savant, on trouve un accord très-satisfaisant entre ses résultats et les miens, comme on peut le voir dans le parallèle suivant :

<i>Observations de Spallanzani.</i>	<i>Mes observations.</i>
Culex pipiens (larves) périssent à 43°,7	{ 48° mort instantanée. 42° vivent 3 minutes.
Daphnies périssent à 41°,2	{ 41° mort instantanée. 37° vivent 6 secondes.

Je ferai remarquer, en terminant, que les températures les moins élevées qui amènent la mort des articulés aquatiques sont à peu près les mêmes que celles qui ont été indiquées par W. Edwards pour les batraciens et les poissons et par M. P. Bert pour les mollusques céphalopodes.

Il semble donc résulter et des faits empruntés à des observations antérieures suffisamment exactes et de mes propres expériences, que la température la plus élevée que les animaux aquatiques, vertébrés, articulés et mollusques peuvent supporter sans périr instantanément, ne dépasse probablement jamais de beaucoup 46° C. (1).

(1) Il est très-intéressant de constater qu'une température voisine de 40°, pour les êtres plongés dans l'eau, semble être la limite extrême, non-

§ VI.

CONCLUSIONS.

En résumé, les expériences et les observations consignées dans cette seconde partie me permettent de formuler les conclusions suivantes :

Résistance à l'asphyxie par submersion. (INSECTES.)

1° Les coléoptères terrestres résistent à la submersion complète pendant fort longtemps (trois et quatre fois vingt-quatre heures).

2° Les coléoptères et hémiptères aquatiques nageurs, loin de présenter une résistance plus grande à l'asphyxie par submersion, ne sont pas mieux doués à cet égard que les insectes terrestres et périssent même, dans la plupart des cas, plus vite. La cause de cette infériorité semble rési-

seulement chez les animaux aquatiques, mais dans l'ensemble du règne animal (les organismes tout à fait inférieurs exceptés).

Ainsi W. Edwards cite une observation faite sur l'homme; Lemonnier, étant à Baréges, se plongea dans la source la plus chaude qui était à 45° C. Il ne put y rester que 8 minutes, une agitation violente et des étourdissements l'obligèrent à en sortir (*).

W. Edwards constata également que le Lézard gris (*L. muralis* ?) ne résiste que 6 minutes dans l'eau à 40° (**).

Des expériences de ce genre mériteraient d'être refaites sur une série un peu nombreuse de vertébrés et d'invertébrés *terrestres*.

(*) *Influence*, etc., op. cit., p. 574.

(**) *Ibid.*, p. 151, TABLEAUX XXX.

der dans leur activité plus grande (au sein de l'eau) et, par suite, dans la dépense plus rapide d'oxygène effectuée par les insectes aquatiques.

Action du froid. (INSECTES, CRUSTACÉS.)

5° Les articulés aquatiques de nos contrées résistent indéfiniment dans l'eau à la température de zéro.

4° Le temps pendant lequel les articulés aquatiques peuvent être pris dans la glace à 0°, sans périr, est excessivement court.

5° La cause première de la mort rapide dans ces circonstances paraît être la privation absolue de mouvement, et, par suite, l'absorption complète de la chaleur corporelle sans restitution possible.

Action de la chaleur. Température maxima. (INSECTES, ARACHNIDES, CRUSTACÉS.)

6° Les températures les plus élevées supportées sans accidents graves oscillent entre 55°,5 et 46°,2, par conséquent entre des limites très-restreintes.

7° Ces températures correspondent à celles d'un certain nombre de sources thermales connues dans les eaux desquelles on pourra rencontrer des animaux articulés toutes les fois que les sels ou les gaz en dissolution n'auront pas d'action nuisible.

8° Si l'on compare les résultats qui m'ont été fournis par les articulés aquatiques, avec ceux qui ont été obtenus à l'aide d'animaux appartenant à d'autres groupes, on trouve que la température la plus élevée que les animaux aquatiques, vertébrés, articulés et mollusques peuvent supporter, ne dépasse pas 46° C.

