

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 3 (1929-1930)
Heft: 1

Artikel: Recherches sur les phénomènes respiratoires chez Nebalia Geoffroyi
Autor: Baudin, Louis
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-249676>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Recherches sur les phénomènes respiratoires chez Nebalia Geoffroyi

PAR

Louis BAUDIN

(Présenté à la séance du 7 novembre 1928.)

Pendant les vacances d'été 1928, j'ai fait un séjour au laboratoire maritime du Collège de France à Concarneau. Grâce au bienveillant appui du Département vaudois de l'Instruction publique et du Directeur du Gymnase cantonal, ma tâche a été bien facilitée. Mes vacances ont été notamment prolongées de deux semaines et cette circonstance m'a permis de la mener à chef.

J'ai trouvé à Concarneau un laboratoire admirablement équipé en vue des recherches océanographiques et physiologiques. Conformément à la noble tradition du Collège de France, ses portes sont largement ouvertes; il laisse toute liberté intérieure à ses travailleurs et leur offre toutes les ressources de la technique actuelle. Il y a là de grands laboratoires de chimie et de physiologie; des cabinets de travail, les uns en vue de la zoologie et de l'histologie, les autres, de la physiologie; deux bibliothèques avec salle de lecture; un sous-sol avec aquariums. Partout, la circulation de l'eau douce et de l'eau de mer, le gaz et l'électricité.

Mais ce qu'il y a de plus précieux dans ce laboratoire, c'est la personnalité de son directeur, M. René Legendre. Grâce à ses connaissances très étendues en physico-chimie, en physiologie et en zoologie, il domine admirablement les problèmes de la biologie. Sa prédilection pour les problèmes fondamentaux de la vie, la respiration et la photosynthèse, les nombreuses expériences qu'il suggère avec un matériel sim-

ple, peu coûteux et peu encombrant, en font un bon guide pour ceux qui s'adonnent à la recherche sans les ressources d'un grand laboratoire.

Je tiens tout particulièrement à remercier ici M. Legendre pour sa bienveillance envers moi, pour ses conseils, pour le sujet intéressant qu'il m'a proposé. Il est au nombre de ces professeurs peu nombreux, mais combien utiles, qui mettent en évidence moins les résultats de la science que ses méthodes, moins les problèmes résolus que ceux qui restent en suspens, qui suggèrent partout des expériences. Son livre sur « La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer » est un modèle dans ce genre. Ce n'est pas un exposé doctrinaire, mais une invite à la recherche.

* * *

Les manuels de zoologie présentent *Nebalia Geoffroyi* comme un crustacé rare, aux caractères si particuliers que certains en font un Entomostracé et d'autres un Malacostacé. Claus en donne une bonne description que je ne reprendrai pas. Disons simplement que l'animal est un peu transparent, d'une longueur de 1 cm. en moyenne, d'un poids de 5 mg. Le céphalothorax est recouvert d'une sorte de repli à deux valves, d'un manteau, qui protège les pattes respiratoires et locomotrices, au nombre de huit paires. Sur l'animal mort, ces deux replis s'écartent à la façon des ailes d'un monoplan. Les yeux sont rouges ou noirs. Un rostre allongé les surmonte.

La Nébalié se rencontre près des côtes. C'est un bon nageur qui avance par bonds successifs, en contractant rythmiquement son abdomen et ses pattes natatoires, qui repose au fond de l'eau soit sur le flanc, soit sur le dos. Cette dernière position, bien curieuse, paraît faciliter la respiration en offrant aux pattes branchiales en mouvement une eau plus pure et plus mobile.

L'animal se nourrit de la chair de crabes en putréfaction. Legendre a remarqué qu'il affectionne tout spécialement le tourteau et l'araignée de mer, et ne va pas sur le homard ou la langouste.

Il suffit, pour en obtenir, de placer dans un casier ordinaire à homards quelques tourteaux morts. Le lendemain, on le retire et on cherche les Nébaliés. Elles se trouvent plu-

tôt sur les pattes abdominales et dans les branchies. Elles se gavent dans les viscères en putréfaction, y restent un temps probablement assez court et se réfugient ensuite dans les branchies et sous l'abdomen, où l'eau est moins polluée. Il est fort probable aussi qu'elles quittent leur pâture pour retrouver l'eau pure.

Dans tous les cas, à Concarneau, l'animal n'est pas rare. J'en ai trouvé jusqu'à cinquante sur le même crabe. J'ai observé pourtant un rythme de marée très sensible. C'est en période de morte-eau qu'il est le plus abondant. J'en ai compté un jour 300 sur une dizaine de crabes. En période de vive-eau, il n'y en a presque pas. Plusieurs jours de suite, je n'en ai ramassé au total qu'une douzaine.

Il y avait là une circonstance assez défavorable pour la suite de mes expériences. Heureusement que cet animal est très résistant en laboratoire, qu'il vit une bonne semaine dans un cristalliseur, sous quelques centimètres d'eau de mer, à condition qu'on la renouvelle chaque jour. De plus, il est possible de l'alimenter. J'ai disposé ainsi d'un matériel suffisant.

* * *

Les phénomènes respiratoires chez *Nebalia* présentent de bien curieuses propriétés. Voilà un animal qui est doté de quatre paires de pattes branchiales très grandes et presque en perpétuel mouvement. Cela paraît impliquer un grand besoin d'oxygène. Du reste, il est agile, nage activement. Sa cuticule imperméable est bien impropre aux échanges gazeux.

Fait contradictoire, il séjourne pour s'alimenter dans un milieu qui est privé presque absolument d'oxygène. Comment concilier ces conditions opposées?

En me proposant ce sujet, M. Legendre a émis l'hypothèse ingénieuse que l'animal dissociait en quelque sorte les deux fonctions de l'alimentation et de la respiration. Or, à première vue, si cette dissociation existe, elle ne peut être que relative. J'entends par là que la respiration ne sera que très diminuée pendant la durée de l'alimentation pour reprendre plus intensément tôt après. Qu'en est-il en réalité?

* * *

Afin de me familiariser avec l'éthologie de la Nébalié, je monte les deux dispositifs suivants:

1^o Deux cylindres de verre de 2 litres chacun communiquent à leur base par un trou de 2 cm. de diamètre. Je les remplis d'eau de mer. Le premier reçoit 15 individus avec un fragment de crabe; le second, des ulves. L'exposition de ce second cylindre à la lumière directe y entretient une eau riche en oxygène. J'entoure au contraire le second de papier pour le tenir à l'ombre, car l'animal est nettement lucifuge. J'espère me rendre compte ainsi de ses habitudes, de la durée de ses séjours dans l'eau polluée et dans l'eau normale.

2^o Un cylindre de 3 litres est divisé en deux étages par un treillis. La partie inférieure reçoit 15 Nébaliés avec nourriture; la partie supérieure, des ulves. Les individus peuvent monter et descendre à leur gré. La partie supérieure seule est exposée directement au soleil; l'inférieure est à l'ombre.

Dans un premier essai avec animaux à jeun, le 19 juillet, je constate qu'ils s'empressent tous dans la nourriture. Une heure plus tard, quelques-uns en sortent et, se comportant de la même façon dans l'un ou l'autre des dispositifs, se rendent dans les ulves.

Malgré leur phototropisme négatif, ils paraissent préférer maintenant un milieu plus oxygéné bien qu'éclairé.

L'expérience a débuté à 8 h. A 14 h., plusieurs Nébaliés s'agitent dans les ulves. Je ne distingue plus les autres dans la nourriture. L'eau a troublé dans le premier bocal du dispositif n^o 1 ou dans la partie inférieure du n^o 2.

Je dose le PH et la teneur en oxygène de ces divers milieux ¹:

¹ La détermination du PH a été faite au moyen des indicateurs de Sørensen et Palitzsch, qui conviennent tout spécialement pour l'eau de mer. En effet, cette dernière a un PH voisin de 8 et ces indicateurs ont une gamme de virage comprise entre 7,1 et 9,2.

Pour les PH inférieurs, j'ai utilisé les couleurs de Clark et Lubs. On trouvera toutes les indications nécessaires à l'emploi de ces substances dans le traité de Legendre déjà cité.

Le dosage d'oxygène dissous dans l'eau de mer a été fait par la méthode de Lévy et Marboutin, modification de la méthode au permanganate de potassium. L'eau de mer est alcalinisée par la potasse. On ajoute une quantité déterminée d'une solution titrée de sulfate de fer ammoniacal. Il y a formation de sulfate de potassium et le fer s'oxyde partiellement par l'oxygène dissous. Le fer en excès est titré en milieu acide par une solution titrée de bichromate de potassium. Pour la description complète de la méthode, voir Legendre, 1909, « Recherches sur les variations de température, de densité et de teneur en oxygène de l'eau de la côte à Arcachon » (*Bull. Stat. biol., Arcachon*, t. XII, p. 95 à 123).

	Eau de mer normale	Milieu avec nourriture	Milieu avec ulves
PH	8,1	7,6	8,1
Oxygène	8,92 mg.	1,7 mg.	8,96 mg.

Ce dosage a été fait dans le dispositif n° 1 à deux cylindres jumelés, où le mélange des eaux est plus difficile. Constatons essentiellement la diminution considérable de l'oxygène dans le milieu en putréfaction, ce qui explique la fuite des Nébalies. Le lendemain, 20 juillet, à 15 h., je vide les appareils pour me rendre compte de leur état.

Dispositif n° 1. — Le milieu avec nourriture sent très mauvais. Je n'y trouve qu'une Nébalie morte, pas de vivante. Le milieu avec ulves en renferme 7 mortes dans le fond et 7 vivantes dans les algues. On peut croire que les 7 premières ont eu tout juste assez de force pour passer d'un cylindre dans l'autre, mais n'ont pas pu s'élever ensuite dans le milieu plus oxygéné qui les eût sauvées.

Dispositif n° 2. — Partie inférieure: 6 morts, pas de vivants. Partie supérieure: 8 vivants (un disparu).

En résumé, les deux appareils se sont comportés sensiblement de la même façon. La matière en putréfaction est particulièrement nuisible à ces organismes. S'ils y cherchent leur nourriture, il faut croire qu'ils n'y restent pas longtemps.

Du reste, l'observation minutieuse des crabes où je les recueille, m'enseigne que ceux qui se trouvent dans la masse viscérale ont des mouvements très atténués, comme si leur vitalité était atteinte. Ils sont véritablement en milieu asphyxique. Ceux qui rampent sur l'abdomen ou sur les branchies sont plus vigoureux, plus agiles.

Si la mortalité est moindre lorsqu'ils prennent librement leur nourriture, c'est que l'eau s'échange mieux.

J'ai remonté plusieurs fois ces aquariums. L'allure des résultats est restée constamment la même. A signaler pourtant une différence suivant que je place au début de l'expérience des animaux à jeun ou gavés. Les premiers pénètrent immédiatement dans les fragments de crabes pour s'alimenter et par la suite leur mortalité est celle que j'ai indiquée. Les seconds les fuient au contraire et leur mortalité est pourtant plus considérable. Seraient-ils devenus moins résistants, soit parce qu'ils sont gavés, soit parce qu'ils ont vécu quelque temps en milieu asphyxique?

En serrant la question de plus près, j'observe qu'ils ne meurent pas s'ils atteignent le milieu bien oxygéné. Ils sont donc bien plus sensibles à l'asphyxie que ceux qui sont à jeun.

Nous allons nous en rendre compte par l'expérience suivante: Le 14 août, je place deux lots de 70 Nébalies chacun dans deux flacons de 125 cm³.

Le premier lot provient de Nébalies à jeun depuis trois jours. A 8 h., je les sors d'un cristalliseur où elles ont passé la nuit. Le PH = 7,6; la teneur en oxygène est 6,9 mg. par litre. Je les place 30 minutes en eau normale de PH 8 et d'oxygène 9,4 mg. par litre.

Le deuxième lot a été recueilli à 18 h. 30 la veille, a passé la nuit avec des débris de crabes. Quelques Nébalies sont mortes ce matin. L'eau qui les contient est souillée. Son PH = 7,2 et elle ne renferme plus que 2,1 mg. d'oxygène par litre.

Je choisis 70 individus vigoureux que je place pendant 30 minutes comme ci-dessus en eau normale. J'espère ainsi que les animaux de ces deux lots ne différeront plus que par leur état de nutrition; les premiers sont à jeun, les seconds, gavés. Mais je constate que les premiers sont vifs, très lucifuges, les seconds, au contraire, beaucoup moins.

J'introduis alors les deux lots en flacons bouchés de 125 cm³ avec de l'eau normale, pour mesurer leur consommation d'oxygène et la variation du PH. L'expérience prend fin quand la moitié environ des individus ne manifestent plus de mouvements, morts ou simplement asphyxiés.

Lot	Début	PH	Oxygène	Fin	PH	Oxygène	Durée	Consommation d'oxygène
N° 1	8 h. 40	8	9,4 mg.	21 h. 20	7,8	1,3 mg.	12 h. 40	8,1 mg.
N° 2	8 h. 50	8	9,4 mg.	15 h. —	7,6	1,4 mg.	6 h. 10	8,0 mg.

La température a oscillé entre 22°-23° C.

Eu égard à la consommation d'oxygène, les premiers se comportent comme les seconds. L'hypothèse que j'ai faite au début de cette expérience ne s'est pas vérifiée, à savoir que les individus gavés étaient plus sensibles à l'asphyxie, puisqu'ils ont consommé 8 mg. comme les autres. Mais ils diffèrent essentiellement des premiers en ce sens qu'ils ont mis juste la moitié du temps pour consommer la même quantité, soit 6 h. au lieu de 12 h.

Ce résultat intéressant m'a suggéré l'idée de répéter l'expérience, et j'ai retrouvé la même conclusion: les Nébalies gavées n'ont pas une vitalité moindre que les autres; au contraire, leur respiration est d'intensité double de celles qui sont à jeun. Il faut donc admettre, d'une manière globale, que la digestion, l'absorption et l'assimilation exigent ici une quantité d'oxygène égale à celle des autres fonctions réunies. Et si l'on veut bien se souvenir que les animaux gavés ont des mouvements moins vifs que les autres, cette proportion deviendrait plus grande encore.

Calculons, par simple curiosité, l'importance de cette respiration, comparée à celle d'un homme de 60 kg.:

Les consommations ci-dessus sont rapportées au litre.

70 Nébalies ont donc consommé $\frac{125}{1000}$ de 8 mg., soit 1 mg.

1 Nébalie gavée consomme en 6 h. $\frac{1}{70}$ mg.

Or se rappelant que chacune pèse 5 mg., cela représenterait pour 60 kg. de Nébalies et par 24 h.: 685 g. d'oxygène.

Cette quantité est énorme pour un animal à sang froid. Elle égale en intensité la respiration humaine.

Cet essai, si intéressant qu'il soit, présente un gros défaut. Il est dangereux de le conduire jusqu'au moment où la moitié des animaux sont morts, car la consommation d'oxygène se poursuit vers la fin alors qu'une partie seulement y participent. De plus, je ne peux me rendre compte si cette consommation est proportionnelle au temps. Tout me fait prévoir qu'au contraire elle ira diminuant à chaque heure, puisque l'espace est limité.

Recommençons les deux séries d'expériences et de dosages sur animaux à jeun et gavés, en les limitant à une, deux, trois heures, etc., jusqu'à leur résistance extrême.

La température du laboratoire, voisine de 21° C., sera commune aux deux séries et à la durée de chaque essai. Nous ne perdrons pas de vue la question du PH. Dans les expériences qui précèdent, il a passé de 8 à 7,8 chez les Nébalies à jeun et de 8 à 7,6 chez les Nébalies gavées. Cela indique un enrichissement de l'eau en CO² et en acides organiques de déchet. Y a-t-il là aussi une cause de mortalité? Il faudra étudier cette question de plus près.

Consommation d'oxygène des animaux à jeun.

Dates	N° de l'essai	Oxygène initial en mg. par litr.	PH Initial	Durée de l'essai en heures	Oxygène restant en mg. par lit.	Oxygène consommé en mg. pr l.	Consomm. par h.	PH final.
16 août	1	8,6	8,2	1	6,7	1,9	1,9	8,2
»	2	8,6	»	2	6,5	2,1	0,2	8,2
»	3	8,6	»	3	5,7	2,9	0,8	8,0
»	4	8,6	»	4	5,0	3,6	0,7	8,0
»	5	8,6	»	5	4,1	4,5	0,9	8,0
»	6	8,6	»	6	3,2	5,4	0,9	7,8
17 août	7	8,9	»	7	2,9	6,0	0,6	7,7
»	8	8,9	»	8	2,3	6,6	0,6	7,7
»	9	8,9	»	9	2,0	6,9	0,3	7,7
»	10	8,9	»	10	1,6	7,3	0,4	7,7
»	11	—	»	11	—	—	—	—
17-18	12	8,9	»	12	1,2	7,7	0,2	7,7
»	13	8,9	»	13	0,9	8,0	0,3	7,6
»	14	8,9	»	14	0,9	8,0	0,0	7,6

Les 50 individus de l'essai n° 1 sont donc demeurés 1 h. dans le flacon; ceux de l'essai n° 2, 2 h. et ainsi de suite jusqu'au dernier où la consommation d'oxygène a été poussée pendant 14 h.

Au début de l'essai n° 1, j'ai dosé l'oxygène et le PH de l'eau normale. A la fin de l'heure, je fais passer suffisamment d'eau du flacon dans lequel les Nébaliés ont respiré dans la pipette à dosage de l'oxygène afin de la remplir. Le solde sert à la détermination du PH.

Je constate que la teneur en oxygène a passé de 8,6 mg. par litre à 6,7. 50 Nébaliés ont donc consommé en 1 h. la différence, soit 1,9 mg. par litre. Puisque le flacon ne renferme que 125 cm³, les chiffres ci-dessus doivent être divisés par 8 pour indiquer la quantité exacte d'oxygène qu'elles ont consommée. Je les calcule pourtant rapportés au litre, pour la simple commodité des comparaisons avec d'autres recherches analogues.

Un accident m'a obligé à supprimer l'essai n° 11.

L'essai n° 1 indique, relativement aux autres, une consommation exagérée. A plusieurs reprises, j'ai trouvé un résultat semblable. S'agit-il d'une erreur systématique ou d'un fait physiologique? Malheureusement, je n'ai pas fait les vérifi-

cations du reste faciles qui m'auraient permis de dissiper ce doute.

Mais par la suite, en faisant une part suffisante aux erreurs de dosage, on peut constater que la consommation d'oxygène est en gros proportionnelle au temps. Ainsi :

En 2 h., la consommation est 2,1 mg. et en 4 h., 3,6 mg.

En 3 h., la consommation est 2,9 mg. et en 6 h., 5,4 mg.

En 4 h., la consommation est 3,6 mg. et en 8 h., 6,6 mg.

Soit approximativement le double.

Mais, à partir de 10 h., cette proportionnalité n'existe plus :

En 5 h., la consommation est 4,5 mg. et en 10 h., 7,3 mg.

En 6 h., la consommation est 5,4 mg. et en 12 h., 7,7 mg.

En 7 h., la consommation est 6,0 mg. et en 14 h., 8,0 mg.

A partir de 10 h., en flacon de 125 cm³, 50 Nébalies consomment moins, parce que l'oxygène commence à manquer. Elles sont désormais en milieu progressivement asphyxique.

L'observation corrobore ces chiffres. Au bout de 12 h., les individus sont ralentis. Je compte 7 morts. Une dizaine se tiennent collés sous le bouchon de verre rodé. Est-ce donc qu'un peu d'oxygène leur parvient cependant ?

Après 13 h., 9 individus sont morts, 15 sont collés au bouchon. Après 14 h., 7 sont morts, 25 sous le bouchon. Replacés en eau normale, les 43 sont vigoureux et nettement lucifuges. Ils n'ont donc pas atteint la limite de leur résistance.

Deux remarques encore : Les Nébalies paraissent incapables d'absorber le solde d'oxygène.

Enfin, si l'on compare la résistance à l'asphyxie de l'essai n° 14 avec celui de la page 6, on est frappé de constater ceci :

Après 12 h., page 6, 35 Nébalies sont mortes sur 70.

Après 14 h., page 9, 7 Nébalies sont mortes sur 50.

Est-ce que la mortalité plus grande, dans le premier cas, provient du plus grand nombre des individus ? C'est bien probable, pour une certaine part. Je rappelle en outre que la température a changé. De 23° C. le 14 août, elle a passé à 21° le 18. Y a-t-il là une cause de variation ? Il faudra revoir cela.

Consommation d'oxygène des animaux gavés.

Dates	N° de l'essai	Oxygène initial en mg, par litr,	PH initial	Durée de l'essai en heures	Oxygène restant en mg, par lit.	Oxygène consommé en mg. pr l.	Consomm. par h.	PH final
17 août	1	9,5	8,0	1 h.	7,3	2,2	2,2	8,0
18 »	2	8,9	8,0	2 h.	4,8	4,1	1,9	8,0
19 »	3	8,9	8,0	3 h.	3,9	5,0	0,9	7,8
20 »	4	8,9	8,0	4 h.	3,0	5,9	0,9	7,8
21 »	5	9,3	8,1	5 h.	2,5	6,8	0,9	7,8
23 »	6	8,9	8,0	6 h.	1,6	7,3	0,5	7,8
23 »	7	8,9	8,0	7 h.	1,4	7,5	0,2	7,8
22 »	8	8,9	8,0	8 h.	0,9	8,0	0,5	7,8

La disposition de ce tableau est la même que celle de la page 9. La seule différence provient de ce que les individus en expérience sont recueillis sur la pâture sitôt avant. C'est la raison pour laquelle ces essais se sont répartis sur plusieurs jours, au fur et à mesure que je disposais d'un nombre suffisant d'individus.

Ils ont du reste confirmé mes déductions de la page 6. La consommation d'oxygène est beaucoup plus forte pendant le même temps que chez les Nébalies à jeun, soit environ le double.

Pendant les deux premières heures, la consommation est proportionnelle au temps. Elle diminue déjà pendant la troisième heure, et tombe rapidement par la suite. Au bout de 5 h., on peut estimer que l'asphyxie commence. Et ce début correspond à la moitié du temps nécessaire pour arriver au même résultat chez les animaux à jeun. Nouvelle vérification des temps de la page 6.

Enfin, au bout de 8 h., aucun individu n'est mort: quelques-uns sont collés au bouchon. Ici encore intervient la dernière remarque de la page 9: Est-ce que la meilleure résistance des individus de cet essai, comparativement à celui de la page 6, provient du nombre moins grand des individus? Dépend-elle aussi de la température qui, du 17 au 22 août, est constamment restée voisine de 21° C.?

Relation entre la consommation d'oxygène et la température.

A plusieurs reprises, j'ai remarqué qu'en eau plutôt fraîche relativement, entre 18 et 20°, les Nébalies étaient plus alertes que lorsque la température montait vers 25° C. Un jour, un cristallisoir avec quelques individus, oublié par mégarde en plein soleil, vit la température monter à 35° C. Une heure à peine s'était écoulée que tous les individus étaient morts. C'était le 21 juillet.

Par simple curiosité, par besoin aussi de connaître les températures limites, je fis les trois essais comparatifs suivants avec chacun 5 individus, dans 50 cm³ d'eau de mer à la température de 20°. Début à 10 h. :

1° Cristallisoir à la lumière et à la chaleur directe du soleil. A 11 h. 10, les cinq Nébalies sont mortes. Le thermomètre marque 34,4° C.

2° Cristallisoir entouré de papier noir, mais exposé à l'action directe de la chaleur solaire. Je voulais éviter à mes bêtes la fatigue de la vive lumière, connaissant leur phototropisme négatif.

A 11 h. 10, les cinq Nébalies étaient mortes. Le thermomètre marquait 32,6° C.

3° Cristallisoir en lumière diffuse, au bain-marie, pour éviter un réchauffement trop rapide.

A 11 h. 10, les cinq étaient vivantes, le thermomètre marquant 22° C.

A n'en pas douter, 32,6° C. dépassaient la température compatible avec leur existence. L'expérience n'indiquait pas plus la limite inférieure que l'action de la lumière directe.

Quelques essais préliminaires au bain-marie m'enseignent que les individus résistent assez bien et assez longtemps aux températures extrêmes de 12 à 13° C. et 30 à 31° C., mais qu'il serait probablement inutile de doser leur consommation d'oxygène à des températures inférieures à 12° ou supérieures à 31° C.

Consommation d'oxygène à 12-13° C.50 Nébalies à jeun en flacon de 125 cm³.

Dates	N° de l'essai	Oxygène initial en mg. par litre	Durée de l'essai en heures	Oxygène restant en mg. par litre	Oxygène consommé en mg. pr l.
24 août	1	8,2	1 h.	8,0	0,2
»	2	8,2	2 h.	7,7	0,5
»	3	8,2	4 h.	5,7	2,5
»	4	8,2	6 h.	5,0	3,2
»	5	8,2	8 h.	4,0	4,2
»	6	8,2	10 h.	2,9	5,3

Comparons avec les essais à 21° de la page 8.

La consommation d'oxygène pendant les deux premières heures est nettement déficitaire. Les individus n'ont plus du reste que des mouvements très atténués, mais, par la suite, leur respiration s'améliore, sans atteindre pourtant le niveau type.

Il semble que, passant subitement d'un milieu à 21° (température de l'eau avant l'expérience), dans celui à 12° (celle du bain-marie à glace), ils ont été surpris et ne s'en remettent que peu à peu au cours des deux premières heures. J'aurais pu peut-être les maintenir un temps suffisant à 12° pour qu'ils s'acclimatent et ne commencer l'essai qu'alors. Je peux aussi retrancher les deux premières heures et leur consommation d'oxygène.

N° 3, consomm. pendant les 2 dernières h. : $2,5 - 0,5 = 2,0$ mg.

N° 4 » » 4 » $3,2 - 0,5 = 2,7$ mg.

N° 5 » » 6 » $4,2 - 0,5 = 3,7$ mg.

N° 6 » » 8 » $5,3 - 0,5 = 4,8$ mg.

Comparons ces résultats avec ceux des durées correspondantes de la page 8 :

	21°		12°
En 2 h.	2,1 mg.	1,5	2 mg. { 0,7
» 4 h.	3,6 mg.	1,8	2,7 mg. { 1,0
» 6 h.	5,4 mg.	1,2	3,7 mg. { 1,1
» 8 h.	6,6 mg.		4,8 mg. {

Les deux échelles de consommation sont comparables maintenant. A 12°, la consommation augmente très régulièrement.

C'est donc, peut-on dire, que les Nébalies s'accommodent désormais fort bien de cette température inférieure.

Je n'ai malheureusement pas poussé l'essai jusque dans la période asphyxique, où j'aurais fait peut-être des constatations intéressantes.

En résumé, abstraction faite des deux premières heures de surprise, le comportement est normal quoique avec respiration un peu moins intense. Or c'est une règle assez générale qu'à basse température, les invertébrés respirent moins activement. Les Nébalies rentrent donc dans le cas général.

Entre 12° et 21°, la différence est 9°. J'ai bien eu l'idée de choisir la température inférieure de 11° pour voir dans quelle mesure une différence de 10° confirmerait la loi de Van't Hoff, à savoir que la consommation d'oxygène double par une élévation de 10° C., mais le comportement de mes animaux n'a pas paru me le permettre.

Or la comparaison des deux tableaux est pourtant instructive à cet égard, pour une différence de température de 8 à 9° C.

Laissons de nouveau à part les deux premières heures :

	12°	21°	Coefficient.
En 2 h.	2,0 mg.	2,1	$\frac{2,1}{2} = 1,05$
En 4 h.	2,7 mg.	3,6	1,4
En 6 h.	3,7 mg.	5,4	1,5
En 8 h.	4,8 mg.	6,6	1,4

Le coefficient ne monte donc pas au-dessus de 1,5. Atteindrait-il 2 pour un écart de température de 10° C? Peut-être, si je choisissais des températures convenables.

Après bien des tâtonnements à toutes les températures comprises entre 12° et 30° et qui tous donneraient lieu à des constatations intéressantes, mais que je laisse de côté pour ne pas allonger trop ce travail, je m'arrête à deux séries d'essais à 16° et 26°. Leur mérite réside uniquement dans l'absence d'anomalies principalement à leur début.

Comme précédemment, je dispose 50 Nébalies en flacons de 125 cm³, bouchés à l'émeri. Sauf avis contraire, je ne mets en expérience que des individus à jeun.

Consommation d'oxygène à 16° et 26° C.

Dates	N° de l'essai	Oxygène initial en mg. par lit.	Durées en heures	Températures	Oxygène restant en mg. pr l.	Oxygène consommé en mg. pr l.	Coefficient
25 août	I	7,3	1 h.	16°	6,6	0,7	4,3
22 »	I*	8,9	1 h.	26°	5,9	3,0	—
25 août	II	7,3	2 h.	16°	5,7	1,6	2,4
22 »	II*	8,9	2 h.	26°	5,0	3,9	—
25 août	III	7,3	3 h.	16°	5,0	2,3	2,3
22 »	III*	8,9	3 h.	26°	3,6	5,3	—
25 août	IV	7,3	4 h.	16°	4,1	3,2	2,0
22 »	IV*	8,9	4 h.	26°	2,5	6,4	—
25 août	V	7,3	5 h.	16°	3,2	4,1	1,9
23 »	V*	8,9	5 h.	26°	1,2	7,7	—
25 août	VI	7,3	7 h.	16°	2,7	4,6	1,7
22 »	VI*	8,9	7 h.	26°	0,9	8,0	—
22 août	VII*	8,9	8 h.	26°	0,9	8,0	—

Les essais comparatifs pendant une durée de 6 h. ont été supprimés à cause d'un accident de manipulation. Je ne les ai poursuivis que pendant 7 h. à 16° et pendant 8 h. à 26°. Il y a là une erreur de tactique. Les essais à 16° devaient être prolongés jusqu'à consommation de tout l'oxygène. Néanmoins ce tableau suggère toutes sortes de constatations intéressantes.

A 26° C., la consommation d'oxygène est rapide, considérable. Elle confirme la règle générale: chez les invertébrés, la respiration est plus intense aux températures élevées. Mais la réserve est tôt épuisée en milieu confiné. Et au bout de 7 h., commence l'asphyxie. En effet, nous avons déjà rencontré cette situation précédemment. Pendant la huitième heure, la consommation est nulle. Observons qu'au début, elle est très forte. L'animal, surpris, en passant de l'eau à 21° dans celle à 26°, paraît réagir par une accélération respiratoire. Puis une certaine proportionnalité se maintient ensuite jusqu'à 5 h.

Il est en outre intéressant de rapprocher la consommation des Nébalies à jeun et à 26° de celle des Nébalies gavées, mais à 21° (page 10).

			Nébalies gavées	Nébalies à jeun
			21°	26°
Consommation	pendant	1 h.	2,2 mg.	3,0 mg.
»	»	2 h.	4,1 mg.	3,9 mg.
»	»	3 h.	5,0 mg.	5,3 mg.
»	»	4 h.	5,9 mg.	6,4 mg.
»	»	5 h.	6,8 mg.	7,7 mg.
»	»	6 h.	7,3 mg.	—
»	»	7 h.	7,5 mg.	8,0 mg.
»	»	8 h.	8,0 mg.	8,0 mg.

Les deux séries sont sensiblement équivalentes. Dans les conditions données, les besoins de la digestion exigent un excès d'oxygène équivalent à celui que produit une élévation de température de 5° C.

Inversément, à la température de 16° C., les consommations sont plus faibles. Elles sont nettement proportionnelles aux temps pendant cinq heures :

Durées :	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.
Consommation moyenne probable :	0,8 mg.	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6
Consommation observée :	0,7 mg.	1,6	2,3	3,2	4,1	—	4,6

Au bout de sept heures, le déficit est sensible. Il ne reste plus à consommer que 7,3 mg. — 4,6 = 2,7 mg. Les Nébalies sont déjà gênées par la carence respiratoire.

Qu'en est-il du coefficient de Van't Hoff? Théoriquement, une différence de 10° devait doubler à tripler la consommation d'oxygène.

En réalité, nous ne trouvons le rapport 2 que pour une durée de 4 h. Dans la série, il est nettement dégressif et passe de 4,3 à 1,7 pour les essais considérés. Vu la remarquable proportionnalité des consommations à 16°, l'anomalie ne peut provenir que des consommations exagérées de la série à 26° et surtout de la réaction anormale pendant la première heure.

Il est clair que dans la forme choisie de mes essais, le rapport doit descendre et tendre vers l'unité dès que la série à 26° se trouve en milieu asphyxique, ici, à partir de 5 h. Mais pour les durées inférieures, toute l'anomalie dans les résultats provient de l'excès de la première heure, de l'effet de surprise déjà mentionné.

J'imagine que la loi de Van't Hoff ne s'applique vraiment que lorsque l'écart de 10° C entre les essais n'apporte aucun désordre dans l'économie générale. Elle ne serait donc valable que chez les organismes très eurythermes.

Consommation d'oxygène à 30°.

Un seul essai, le 23 août, n'a duré du reste que 50 minutes, parce que je me suis rendu compte à ce moment du mauvais état des Nébalies et il m'a paru inutile de les sacrifier.

Cette température élevée ne leur convient plus.

Oxygène initial	8,9 mg.
Oxygène final	5,4 mg.
Consommation	3,5 mg.

Cette respiration exagérée m'étonne, car on sait qu'aux limites supérieures de température, la respiration est inférieure à la normale. Il y a dans tous les cas ici une erreur dont je n'ai pas mesuré l'importance: la diminution de l'oxygène dissous avec l'élévation de température. Si 8,9 mg. est trop élevé, il en est de même de 3,5.

Tableau des consommations d'oxygène à température variable chez les Nébalies à jeun.

Nombre d'heures	12°	16°	21°	26°	30°
1	0,2	0,7	1,9	3,0	3,5
2	0,5	1,6	2,1	3,9	
3	—	2,3	2,9	5,3	
4	2,5	3,2	3,6	6,4	
5	—	4,1	4,5	7,7	
6	3,2	—	5,4	7,7	
7		4,6	6,0	8,0	
8	4,2		6,6	8,0	
9			6,9		
10	5,3		7,3		
11			—		
12			7,7		
13			8,0		
14			8,0		

Résistance à l'asphyxie.

Les essais qui précèdent laissent en suspens une question intéressante. Il serait utile de connaître combien de temps les Nébalies, privées d'oxygène, peuvent résister à l'asphyxie. Je puis m'en rendre compte partiellement dans les deux séries à 21°.

Nous avons vu que, chez les animaux à jeun, cette asphyxie commence vers la dixième heure en milieu confiné et vers la cinquième chez les animaux gavés. Nous constatons en outre que 4 h. après, chez les premiers, on en trouve 7 de morts. Nous sommes donc à peu près à la limite. Pourtant, pendant ces 4 h., ils ont encore consommé 0,7 mg.

Chez les animaux gavés, les essais n'ont pas été poussés assez loin pour constater, par la mort de quelques-uns, la limite de leur résistance.

Il serait intéressant de les placer immédiatement en milieu anaérobie, privé d'oxygène absolument ou relativement, et d'apprécier leur résistance. Cela nous donnerait alors, d'une manière assez précise, la réponse à la question qui nous a été posée: est-ce que la Nébalie peut dissocier les deux temps de son alimentation et de sa respiration, rester sans respirer sur sa pâture pendant le premier, et retourner en milieu aérobie pendant le second?

Je peux tenter plusieurs expériences:

1° Placer des Nébalies dans une eau de mer très riche en bactéries, celle que j'obtiens par exemple en laissant macérer des débris de crabe jusqu'à ce que la teneur en oxygène soit très faible ou nulle, et les y laisser jusqu'à l'extrême limite de leur vitalité. Je me rapprocherais ainsi de leurs conditions d'existence même.

2° Les placer dans une eau de mer pure, mais privée d'oxygène. Plusieurs moyens me sont offerts:

- a) porter l'eau à ébullition pendant un temps à déterminer;
- b) faire barboter de l'hydrogène ou de l'acide carbonique pendant un temps à déterminer également¹.

Essayons ces expériences dans l'ordre indiqué:

Elimination de l'oxygène par des bactéries. — Le 8 août, à 10 h., je prends un litre d'eau de mer de PH 8 et conte-

¹ Legendre. Concentration en ions hydrogènes, page 239.

nant 8,9 mg. d'oxygène. J'ajoute un demi-crabe en putréfaction. A 14 h., l'eau est trouble, sent mauvais. Le PH est 7,8. La teneur en oxygène n'est plus que 3,6 mg. J'y place alors 70 Nébalies à jeun. Elles vont se placer sous les débris, à l'ombre, mais ne pénètrent pas à l'intérieur. Peu de temps après, 30 minutes environ, elles sont toutes dispersées dans le cristalliseur, aussi loin que possible des débris, sans phototropisme. Au contraire, c'est dans les parties éclairées du bac qu'elles sont le plus nombreuses, parce que plus loin du milieu asphyxique.

A 17 h., le dénombrement indique 15 morts, 55 vivants. Il a donc suffi de 3 h. en milieu même peu asphyxique au début pour les amener à ce mauvais état. Le PH = 7,4; la quantité d'oxygène dissous est nulle. Or nous avons vu que les Nébalies étaient incapables de l'absorber en totalité. C'est donc les bactéries qui ont consommé ce résidu.

Le lendemain, je profite d'une pêche abondante pour laisser dans un cristalliseur avec 1 l. d'eau de mer normale et fraîche un crabe rempli de Nébalies. L'essai débute à 11 h. A 15 h. 40, elles sont montées en grand nombre sur le crabe et affleurent la surface de l'eau. Cette attitude curieuse me suggère qu'elles fuient l'asphyxie. Le PH = 7,2. La quantité d'oxygène a passé de 8,9 mg. à 1,8 mg.

L'inspection minutieuse à l'intérieur du crabe me montre que presque tous les individus en sont sortis. Ce fait confirme mon idée première que les Nébalies ne doivent pas rester longtemps dans la pâture. Il m'a fourni aussi un moyen pratique de récolter rapidement de nombreux individus. Au lieu de les chercher un à un dans les crabes, je laisserai désormais ces derniers quelque temps dans l'eau et les Nébalies viendront spontanément à la surface.

Dans un autre essai où les Nébalies se tiennent sur le crabe à la surface de l'eau polluée, je remplace cette eau sans oxygène par de l'eau de mer normale. Immédiatement les Nébalies nagent activement dans le liquide, redeviennent lucifuges et vont se cacher dans le crabe. Une heure après, elles sont de nouveau à la surface.

En résumé, les Nébalies ne restent que peu de temps en milieu asphyxique, y perdent très tôt leur phototropisme et meurent au bout de 3 h. Elles offrent donc une résistance assez forte à l'asphyxie.

Mais ces essais ne sont pas très concluants. Le trouble de l'eau, la présence des bactéries, la difficulté des dosages, introduisent de nombreuses causes d'erreurs. Voyons autre chose.

Elimination de l'oxygène par barbotage d'hydrogène. — Un appareil de Kipp, monté pour le dégagement d'hydrogène, un flacon laveur destiné à retenir les projections d'acide, un cylindre rempli d'eau de mer dans lequel le gaz vient barboter : à cela se limite le matériel nécessaire. Le cylindre a une contenance de 1 l. environ avec orifice par le bas pour prises d'eau.

Quelques essais préliminaires m'indiquent le temps nécessaire pour éliminer des quantités variables d'oxygène. Il est clair que ces temps varient suivant la vitesse du dégagement gazeux.

Le 28 août, j'ai fait les essais ci-dessous : Dans des flacons de 125 cm³ renfermant une eau de mer à teneur en oxygène exactement dosée, j'introduis 50 Nébaliés à jeun, et mesure au bout de 2 h. l'oxygène consommé. Température 20°.

Numéro de l'essai	Durée du barbotage	Oxygène normal en mg. par litre	Oxygène début de l'essai en mg. par litre	Oxygène fin de l'essai en mg. par litre	Consommation en 2 heures en mg. par litre
1	5 min.	7,1	5,3	4,1	1,2
2	10 min.	7,1	2,5	1,8	0,7
3	30 min.	7,1	2,1	1,4	0,7
4	2 h.	7,1	0,7	0,7	0,0

Constatons d'abord que la teneur en oxygène de l'eau de mer normale est plus faible que dans les essais précédents. Le temps couvert a probablement réduit la photosynthèse.

Remarquons aussi que la quantité d'oxygène diminue d'abord très rapidement pour une durée faible du barbotage, mais que je n'arrive pas à enlever les dernières parcelles de ce gaz.

Nous voyons ensuite que les Nébaliés consomment normalement tant que l'oxygène est en suffisance (comparer avec p. 8, essais 4 à 8).

Enfin, dès que la quantité tombe à 0,7 mg., elles ne consomment plus rien. C'est exactement le même résultat qu'à la série de la page 8.

Enfin, ce dernier essai à consommation nulle va me permettre de mesurer approximativement la résistance à l'as-

phyxie. Au bout de deux heures, tous les individus sont encore alertes. Re commençons cette expérience et prolongeons sa durée jusqu'à épuisement des individus. J'en place 5 dans un tube bouché de 22 cm³ et parallèlement 50 dans un flacon de 125 cm³, afin que l'espace varie dont chaque individu dispose. Je remplis avec de l'eau ayant barboté 2 h. L'essai commence à 15 h. 20. Il prend fin à 20 h. 30. Plusieurs *Nébalies* sont collées au bouchon. Un tiers sont mortes. Il a fallu *cinq heures* pour les conduire à ce résultat.

Je recommence le lendemain avec 30 individus dans un tube à essais de 22 cm³. Ils y sont donc en grand nombre en milieu anaérobie très restreint. Or, ils résistent *cinq heures* aussi en moyenne. C'est-à-dire qu'un tiers seulement des individus sont morts au bout de ce temps. Donc seule l'absence d'oxygène joue. Dans les limites de l'expérience, ni la quantité variable de l'eau, ni son altération par les déchets, n'ont paru modifier le comportement des organismes.

Elimination de l'oxygène par ébullition de l'eau de mer.

-- Plusieurs essais préliminaires m'ont renseigné sur la vitesse d'expulsion de l'oxygène.

L'eau de mer normale en renferme le 16 août	8,7 mg.
Portée à ébullition et refroidie, elle en renferme encore	3,6 mg.
Après 15 min. d'ébullition	» » 2,6 mg.
Après 30 min. d'ébullition	» » 2,0 mg.

Je ne peux guère aller plus loin, car les carbonates précipitent et le PH monte subitement à 9. Des essais divers m'ont prouvé l'extraordinaire résistance de *Nébalia* en milieu trop alcalin. Mais je recherche la limite de résistance en eau privée d'oxygène; il y aurait quelque ambiguïté dans mes conclusions, si je modifiais profondément la composition de l'eau.

Dans deux tubes de 22 cm³, je mets de l'eau ayant bouilli 30 min. Le premier reçoit en outre 5 *Nébalies* gavées; le second, 5 *Nébalies* à jeun.

Cinq heures après, la situation est la suivante: le premier renferme 2 vivants et 3 morts, le second 4 vivants et 1 mort.

Cette expérience autorise les conclusions suivantes: 1° En eau privée d'oxygène par ébullition, les *Nébalies* résistent à l'asphyxie aussi longtemps qu'en eau privée d'oxygène par barbotage d'hydrogène. — 2° Les individus gavés sont moins ré-

sistants que ceux qui sont à jeun. Cela confirme du reste les conclusions tirées de leur consommation exagérée d'oxygène (p. 6 et 10).

Je répète l'expérience avec la variante suivante :

Dans le becher plein d'eau de mer normale, je fixe verticalement un tube de verre, large de 12 mm., à 1 cm. du fond et dépassant la surface de 1 cm.

Après 30 min. d'ébullition, je verse un peu d'huile de vaseline à la surface pour éviter la pénétration ultérieure de l'oxygène, tandis que le tube de verre me permet de prélever de l'eau pour dosage ou d'introduire des Nébalies sans contact avec l'huile. Cette variante ne modifie pas mes conclusions :

Dans 50 cm³ d'eau, 10 Nébalies gavées résistent 4 h. (6 vivants, 4 morts).

Dans 50 cm³ d'eau, 10 Nébalies à jeun résistent 6 h. (8 vivants, 2 morts).

Si ces dernières résistent plus longtemps que dans l'essai par barbotage d'hydrogène, cela provient sans doute du fait que l'eau renferme encore au début 2 mg. d'oxygène, au lieu de 0,7 mg.

Rapprochons ces résultats de ceux que nous a offert l'eau de mer avec matières en putréfaction, page 17. Nous avons vu que la résistance des Nébalies n'y dépassait pas 3 h., soit 2 h. de moins qu'ici. Or, dans l'eau souillée, le PH descend jusqu'à 7.2, tandis qu'avec l'hydrogène ou l'ébullition, il monte plutôt au-dessus de 8.

Est-ce la plus grande acidité qui diminue la résistance, est-ce l'infection ? La question est intéressante. Elle justifie les essais qui vont suivre.

Elimination de l'oxygène par l'acide carbonique. — Reprenons l'appareil de Kipp avec marbre et acide chlorhydrique. Avant de barboter dans l'eau de mer, le gaz est lavé dans un flacon renfermant une solution de bicarbonate de soude pour éviter le passage de l'acide fort.

Or, l'eau de mer est très altérée par cet excès d'acide carbonique. Je dois faire tout un ensemble de recherches préliminaires qui me renseignent sur la modification du PH en fonction du temps, sur le comportement de *Nebalia* dans ce

nouveau milieu, recherches qu'il est inutile de rapporter ici. Il suffira que j'indique les trois faits de base suivants:

1^o Par barbotage de CO_2 , les carbonates dissous sont transformés en bicarbonates. Le PH descend rapidement d'abord en fonction du temps jusqu'à 5,5 et tend lentement ensuite vers 5, sans descendre plus bas.

2^o Dans une eau de mer qui passe du PH 8 au PH 5, la quantité d'oxygène dissous diminue lentement. Elle est 7,1 mg. dans l'eau normale de PH 8 comme l'indique un de mes essais. et atteint encore le quart de cette valeur, soit 1,8 mg. après 6 h. de barbotage.

3^o Dans l'eau de mer de PH 5, à la température de 23° C., les Nébalies meurent rapidement. Elles s'agitent d'abord dans une sorte de danse convulsive très rapide, puis s'immobilisent au bout de 30 secondes environ. Les mouvements respiratoires, rapides d'abord, deviennent plus lents, puis cessent. La mort intervient au bout de 15 min. environ. On peut du reste observer de légers mouvements d'antennes à une époque plus tardive; mais si on replace l'individu en eau normale, il n'en revient tout de même pas. Le meilleur signe de l'altération profonde de l'organisme est une opacité progressive qui affecte d'abord les pattes branchiales et gagne tout le corps.

Deux méthodes permettent de trouver un milieu compatible avec la vie de mes organismes: 1^o mélanger en proportions convenables de l'eau de mer normale avec de l'eau de mer au PH 5. — 2^o Limiter le barbotage à des durées convenables.

Les expériences du premier type sont poursuivies le 23 juillet à la température du laboratoire, 23° C. Je prends 50 cm³ d'eau mélangée et y place quelques Nébalies. Le lendemain matin 24 juillet, les individus à PH compris la veille entre 5 et 5,3 sont morts. Ceux à PH compris entre 5,5 et 6,4, limite supérieure des essais, sont vivants. Mais, pendant la nuit, l'acide carbonique s'est échappé dans une large proportion. L'eau de PH 5 indique maintenant 7,8. Tous les autres cristallisoirs sont au-dessus de ce dernier chiffre.

Recommençons sur d'autres bases. Faisons d'abord le mélange convenable; par exemple:

30 cm ³	eau à PH 5	+	20 cm ³	eau normale	=	50 cm ³	à PH 5,6
20	»	»	+	30	»	=	50 » PH 5,7
10	»	»	+	40	»	=	50 » PH 5,8
5	»	»	+	45	»	=	50 » PH 6,0

Je remplis des tubes de 22 cm³, j'ajoute 2 Nébalies et je bouche. Le PH ne pourra plus varier.

Le lendemain, après 13 h. de séjour, tous les individus à PH compris entre 5 et 5,8 sont morts. Ceux à PH 6 et au-dessus sont vivants. Dans l'ordre de ces expériences, le PH 6 est donc la limite inférieure compatible avec la vie. A remarquer le changement radical qui se produit entre 5,8 et 6.

Mais les objections se présentent immédiatement: 1° Les durées de séjour des individus ne sont pas les mêmes. Ils sont restés 19 h. au PH 5,6, 18 h. 40 au PH 5,7, 18 h. 25 au PH 5,8, 18 h. 10 au PH 6.

2° Bien que le nombre de deux Nébalies par flacon exclue une grande consommation d'oxygène, la durée des expériences ajoute à la variable du PH celle de l'épuisement d'oxygène.

Reprenons nos essais antérieurs de dosage d'oxygène. Nous placerons 50 Nébalies à jeun dans un flacon de 125 cm³, contenant une eau de mer à PH déterminé. Les essais précédents nous ont appris qu'il est inutile d'opérer au-dessous de PH 6. La température est 20° C. Ils ont lieu le 27 août et chacun dure 2 h.

Consommation d'oxygène à PH variable par CO²

	Eau de mer normale		Durée du barbotage	Dosage initial		Dosage final		Oxygène consommé mg.
	PH	Oxygène mg.		PH	Oxygène mg.	PH	Oxygène mg.	
1	8,1	7,1	15 sec.	6,7	6,6	6,5	5,0	1,6
2	»	»	30 sec.	6,5	6,2	6,4	5,2	1,0
3	»	»	1 min.	6,4	6,2	6,2	5,2	1,0
4	»	»	2 min.	6,1	5,9	6,0	5,5	0,4

Ce tableau appelle les conclusions suivantes:

1° L'abaissement du PH et de la teneur en oxygène par le barbotage de CO² ne sont pas proportionnels au temps.

2° Pendant les 2 h. de l'essai, le PH baisse généralement. On peut attribuer ce fait aux déchets respiratoires et autres des organismes.

3° La consommation d'oxygène au PH 6,1 est bien inférieure à la normale, le quart environ. C'est donc que l'acidité de l'eau leur est défavorable.

4° Elle est encore déficitaire aux PH 6,4 et 6,5.

5° Elle est normale au PH 6,7.

En définitive, on peut conclure que le PH 6,5, mieux que le PH 6 déjà indiqué, est la limite inférieure compatible avec la vie des *Nébalies*.

Cette dernière conclusion suggère les deux remarques suivantes :

Dans le milieu pollué par les bactéries, le PH = 7,2 était signalé par une mortalité considérable au bout de 3 h. Or, nous venons de voir que les *Nébalies* supportent le PH 6 pendant 18 h. C'est donc que les bactéries constituent une circonstance nettement aggravante.

Enfin, on peut se demander si CO² intervient par le fait seul de son acidité mesurée par le PH, ou s'il a une toxicité spécifique. La question est d'importance et je ne peux pas la résoudre dans les limites de ce travail. Mais je peux planter quelques jalons intéressants.

Est-ce que l'acide carbonique exerce une action sur la Nébalie par son acidité seulement ou a-t-il une toxicité spécifique?

Il m'est loisible d'acidifier l'eau de mer, par des acides minéraux et organiques divers, à des PH déterminés, et d'observer le comportement de *Nebalia* dans chacun de ces milieux.

Après de nombreux tâtonnements et essais de toute nature, je m'arrête à la méthode suivante :

Je prépare des solutions d'acide chlorhydrique et sulfurique à 1 ‰, d'acide acétique, lactique et formique à 5 ‰ dans l'eau de mer. J'abandonne l'acide oxalique qui donne un précipité d'oxalate de chaux.

Chacune de ces solutions est mélangée en proportions variables à déterminer avec de l'eau de mer normale, pour obtenir un certain PH.

Je réalise ainsi avec chacun de ces acides une série de solutions à PH croissants.

Chaque solution donne lieu à deux essais de comportement de *Nebalia*, l'un en cristalliseur découvert, l'autre en tube

de 22 cm³ bouché. Le premier, en contact avec l'air, a lieu en milieu d'oxygénation constante, mais de PH qui a tendance à monter par volatilisation de l'acide. Le second, en milieu confiné, est à PH constant, mais à oxygène dégressif par suite de la respiration des animaux enfermés. La méthode est la même que pour l'étude de CO². Si les résultats sont équivalents, c'est-à-dire si, à même PH, les Nébalies se comportent de la même façon, il n'y aura pas d'action spécifique de CO², pas plus que de l'un ou de l'autre des ions constitutifs des divers acides employés. Si au contraire les résultats diffèrent, on pourra conclure à une action spécifique des ions acides.

Les essais définitifs, avec deux Nébalies seulement par essai, conduisent aux constatations suivantes :

1° Les deux acides minéraux et les trois acides organiques exercent la même action sur les organismes.

2° En cristallisoir, la résistance est meilleure qu'en tube fermé. Par exemple, après 13 h., les essais à l'acide chlorhydrique indiquent : En cristallisoirs, tous les individus sont morts aux PH égaux et inférieurs à 4,4; ils sont vivants au-dessus. En tubes fermés, tous les individus sont morts aux PH égaux et inférieurs à 4,8; ils sont vivants au-dessus.

3° Après 13 h. de séjour en tubes fermés de 22 cm³, à la température moyenne de 20 à 23° C., tous les individus sont vivants dans des solutions de PH 5 et au-dessus, quel que soit l'un des cinq acides employés.

4° Nous en déduisons donc qu'ils n'agissent que par leur fonction acide. Leurs ions n'ont pas d'action spécifique.

Mais si nous nous rappelons la question qui nous préoccupait au début de ce dernier groupe de recherches, à savoir si l'acide carbonique exerçait une action toxique sur les Nébalies, nous aboutissons au résultat suivant pour des durées égales de 13 h. et pour des températures comprises entre 21-23° :

La limite inférieure de l'acidité compatible avec la vie des Nébalies est marquée par PH 6 dans l'acide carbonique, et par PH 5 dans chacun des cinq autres acides.

L'acide carbonique exerce donc une action spécifique indépendante de son acidité, action qu'on pourra provisoirement identifier avec une certaine toxicité.

Est-ce que cette dernière conclusion se vérifie en mesurant la consommation d'oxygène à ces PH limite? Nous avons fait ces essais pour CO_2 (page 23). Qu'en est-il par exemple en solution chlorhydrique? Voici les essais du 30 août, poursuivis chacun pendant 2 h., à la température de 20° avec 50 Nébaliés :

Eau de mer normale		Dosage initial de la solution		Durée	Dosage final		Consommation
PH	Oxygène	PH	Oxygène		PH	Oxygène	
8,1	7,1 mg.	5,8	7,1 mg.	2 h.	5,9	6,4 mg.	0,7 mg.
8,1	7,1 mg.	5,4	7,1 mg.	2 h.	5,6	6,8 mg.	0,3 mg.
8,1	7,1 mg.	5,0	7,1 mg.	2 h.	5,4	6,8 mg.	0,3 mg.
8,1	7,1 mg.	4,6	7,1 mg.	2 h.	5,2	7,1 mg.	0,0 mg.

Nous remarquons ici :

1° La teneur en oxygène ne varie pas en même temps que l'acidité dans les limites de ces essais; autrement dit, le PH passant de 8,1 à 4,6, l'oxygène dissous est demeuré constant.

2° Au dosage final, le PH est remonté. C'est là une erreur systématique de manipulation, très probablement.

3° La consommation est au-dessous de la normale au PH 5,4, nulle au PH 4,6.

4° L'essai, insuffisamment étendu, parce que mon temps était écoulé, confirme pourtant, mais en l'atténuant, la distinction que j'ai faite ci-dessus entre CO_2 et les autres acides, mais cette étude est à reprendre.

RÉSUMÉ

Nebalia Geoffroyi s'alimente aux dépens de crabes en putréfaction et souffre alors, dans ce milieu pauvre ou privé d'oxygène, d'une certaine carence respiratoire. Mais ses pattes branchiales, très développées, sa consommation considérable d'oxygène en milieu aérobie, indiquent au contraire une respiration très active.

La consommation d'oxygène varie du simple au double, à température de 21°, suivant qu'on s'adresse à des Nébaliés à jeun ou gavées de nourriture. Chez ces dernières, elle atteint

le taux considérable de 11 g. par kg. et par 24 h. Il en résulte qu'en même milieu confiné, les premières résistent un temps double des secondes.

Elle varie avec la température. Entre les limites de 10° et 30° compatibles avec la vie, et en ne considérant que les animaux à jeun, c'est à la température de 16° qu'elle est la plus régulière, c'est-à-dire la plus proportionnelle au temps. Elle augmente avec la température. Le rapport de Van't Hoff varie entre 4,3 et 1,7 quand la température passe de 16° à 26°.

En milieu anaérobie, la résistance à l'asphyxie est de 3 h. environ dans l'eau riche en bactéries, de 5 h. dans l'eau de mer pure. Cette durée limite est donc suffisante pour permettre à l'animal de s'alimenter; il passe ensuite en milieu plus oxygéné.

En milieu acide, la résistance de *Nebalia* varie suivant que l'acidité est due à CO² ou aux acides chlorhydrique, sulfurique, acétique, lactique ou formique. L'animal respire normalement au PH 6,4 avec CO², au PH 5,8 avec HCl. L'acide carbonique exerce donc, en plus de sa fonction acide, une certaine action spécifique.

BIBLIOGRAPHIE

On pourra constater, en le déplorant, l'absence d'un index bibliographique. Cela tient à deux causes: le manque de recherches antérieures sur les phénomènes respiratoires de *Nebalia*, mes occupations nombreuses qui m'empêchent de comparer mes résultats à ceux qui ont été publiés en grand nombre sur la fonction respiratoire.

Les renseignements nécessaires m'ont été fournis par le Laboratoire de Concarneau et les publications de son directeur.

Le traité de Legendre: *La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer*, renferme en outre une bibliographie très étendue.
