



**HAL**  
open science

# SUR L'ADAPTATION DES INVERTÉBRÉS MARINS A L'EAU DE MER DILUÉE

Carl Schlieper

► **To cite this version:**

Carl Schlieper. SUR L'ADAPTATION DES INVERTÉBRÉS MARINS A L'EAU DE MER DILUÉE. Vie et Milieu , 1958, pp.139-152. hal-02880256

**HAL Id: hal-02880256**

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02880256v1>

Submitted on 24 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# SUR L'ADAPTATION DES INVERTÉBRÉS MARINS A L'EAU DE MER DILUÉE (1)

par Carl SCHLIEPER

*de l'Institut océanographique à l'Université de Kiel*

## INTRODUCTION

Mon but est, dans l'exposé qui suit, de contribuer à la discussion de l'adaptation des invertébrés marins à l'eau de mer diluée, c'est-à-dire à l'eau saumâtre. En faisant cela j'étudierai surtout les qualités physiologiques et morphologiques qui sont liées à un *séjour prolongé dans l'eau saumâtre* ou par lesquelles la vie y est rendue possible. Je ne me rapporterai pas seulement aux recherches faites dans mon propre laboratoire, mais aussi aux publications de BEADLE (1957), de ROBERTSON (1957) et de leurs collaborateurs.

Je pars du fait bien connu qu'il n'y a parmi les invertébrés marins qu'un nombre d'espèces relativement restreint qui soient capables d'immigrer dans l'eau saumâtre et d'y subsister longtemps. En outre, j'ai l'intention de ne tenir aucun compte dans mes considérations des espèces qui peuvent vivre individuellement dans l'eau saumâtre, mais qui sont incapables de s'y reproduire.

Chez les différentes espèces euryhalines les *limites inférieures de salinité* sont plus ou moins constantes. Elles peuvent être vérifiées dans l'eau saumâtre des embouchures et des habitats les plus divers. De semblables limites de résistance à la salinité se laissent démontrer aussi par des expériences au laboratoire, à condition, cependant, que de telles expériences s'étendent sur un temps suffisamment long et que le changement de salinité se fasse très lentement. Néanmoins il y a chez quelques espèces des différences entre la résistance mesurée au laboratoire

---

(1) Exposé fait au Laboratoire Arago de l'Université de Paris, Banyuls-sur-Mer, le 21 septembre 1957.

et celle dans la nature libre. Les causes de ce changement dans les limites de salinités spécifiques aux espèces pourraient être cherchées dans des facteurs biologiques, comme par exemple la compétition et le manque de nourriture. Mais, si nous laissons de côté de telles exceptions, il est facile de retrouver les résultats des expériences de laboratoire dans les observations faites dans la nature libre. *Ce n'est que grâce aux analyses au laboratoire que le comportement des invertébrés marins dans l'eau saumâtre naturelle nous devient explicable.*

Les années passées, à Kiel, nous avons expérimenté notamment avec trois invertébrés marins qui sont très fréquents dans les eaux saumâtres de la mer Baltique, c'est-à-dire avec l'Astérie *Asterias rubens*, la Moule *Mytilus edulis* et le Crabe *Carcinus maenas*. Permettez-moi de me servir de ces trois exemples euryhaliens à différents degrés, pour éclaircir l'adaptation spéciale qu'exige la vie dans l'eau saumâtre.

### ASTERIAS RUBENS L.

L'Astérie, *Asterias rubens*, vit dans la région boréo-lusitanienne, dans les eaux du littoral européen de l'océan Atlantique, dans la mer du Nord et dans la région occidentale de la mer Baltique. Il fait partie des invertébrés marins poïkilosmotiques chez lesquels il y a toujours isotonie entre le milieu intérieur et le milieu extérieur. Le point de congélation du liquide cœlomique et des tissus est en équilibre avec l'eau de mer environnante. Individuellement l'*Asterias* est très sensible aux changements de salinité dans le milieu extérieur. Quand la salinité du milieu extérieur est subitement baissée l'*Asterias* se gonfle d'eau par absorption osmotique; en même temps des sels passent par diffusion de l'intérieur à l'extérieur, à travers ses *surfaces extraordinairement perméables*, et en peu de temps une égalisation des salinités est produite. Par contre, l'élimination de l'eau absorbée osmotiquement se fait plus lentement. Il semble que l'*Asterias*, après un passage dans l'eau de mer fortement diluée, n'arrive plus jamais à une normalisation complète de sa teneur en eau. La quantité du liquide cœlomique et de la teneur en eau dans les tissus reste légèrement accrue. Par ce comportement l'*Asterias* est, en effet, caractérisé comme « un jouet » des conditions osmotiques extérieures, pour employer cette expression de BOTTAZZI (1907). Très probablement, à côté des transports osmotiques de l'eau proprement dits, un certain rôle est joué par des gonflements dans les tissus (imbibition du protoplasme par l'eau).

Dans la Baltique, mer saumâtre dont la salinité baisse de l'ouest à l'est, l'*Asterias rubens* existe jusqu'à une concentration saline de 8 ‰. Dans la baie de Kiel les exemplaires, qui y grandissent dans une concentration moyenne de 15 ‰, n'atteignent plus la taille des exemplaires grandis dans l'eau de mer normale. Certains auteurs n'hésitent pas, en parlant de l'*Asterias rubens* de la région Baltique, à employer le terme

de « Kümmerformen » (formes rabougries). Mais les Astéries de l'eau saumâtre de Kiel ne sont pas seulement plus petites, elles se distinguent encore par leur teneur en eau accrue. Par contre, la teneur en cendres se trouve réduite (KOWALSKI 1955).

On est tenté de croire que la *taille inférieure* de l'*Asterias* dans l'eau saumâtre va de pair avec une croissance plus lente. De même l'intensité des métabolismes d'animaux entiers et aussi des tissus est réduite. En plus *l'activité des mouvements a baissé*. KOWALSKI en mesurant les périodes latentes a pu démontrer que probablement la vitesse de la transmission nerveuse est également diminuée. Tout cela est en faveur de l'hypothèse que l'*Asterias* dans l'eau saumâtre d'une salinité de 15 ‰ se trouve en quelque sorte « lésé ». Les causes en pourraient être cherchées dans la salinité réduite du milieu intérieur, aussi dans la teneur en eau accrue et le gonflement renforcé des tissus. Néanmoins, il s'impose d'examiner également la concentration ionique dans les liquides du corps et des cellules.

*La composition ionique du liquide cœlomique périsvical de l'Asterias* dans l'eau de mer normale a déjà été analysée par SMITH (1927) et COLE (1940). Selon SMITH la concentration des ions est presque en équilibre entre les milieux extérieur et intérieur, à l'exception du potassium. Seule la teneur en potassium se trouve, selon cet auteur, à 5 % au-dessus de celle du milieu extérieur. COLE, par contre, trouve dans le milieu intérieur une teneur en potassium inférieure de 3 %. Comme la teneur en potassium que ROBERTSON (1949) a trouvée dans le milieu intérieur du *Marthasterias glacialis* est également plus forte (de 11 %), je suppose qu'après tout la teneur de potassium dans le milieu intérieur de l'*Asterias* de l'eau de mer est généralement supérieure à celle du milieu extérieur.

TABLEAU I

*Asterias rubens* de l'eau de mer et de l'eau saumâtre  
Teneur en ions dans le liquide cœlomique périsvical  
Concentrations intérieures en % des concentrations extérieures

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>
Dans 31 ‰ S selon SMITH	99	105	99	101	101	99
Dans 16 ‰ S selon SECK	100	109	101	101	101	100

L'analyse du liquide de l'*Asterias* vivant dans l'eau saumâtre de la baie de Kiel faite par SECK (1957) aboutit également à un équilibre entre les valeurs trouvées pour les différents ions et celles du milieu

extérieur, à l'exception du potassium (tabl. I). La teneur en potassium du milieu intérieur dépassait en moyenne celui du milieu extérieur de 9 %. Les animaux dans l'eau saumâtre montrent donc dans leur milieu intérieur une tendance vers une *régulation accrue du potassium*. Néanmoins la teneur en potassium dans le liquide coelomique des Astéries que nous avons examinés dans l'eau saumâtre ne dépasse pas 58 % de la valeur trouvée pour les exemplaires en eau de mer normale.

A mon avis la conclusion suivante peut en être tirée comme hypothèse de travail : Dans l'eau saumâtre la régulation du potassium se montre insuffisante et la teneur en potassium du milieu intérieur tombe en dessous de la valeur nécessaire pour garantir une activité normale.

L'examen de la Moule *Mytilus edulis* dans l'eau saumâtre nous conduira à des considérations tout analogues.

### MYTILUS EDULIS L.

La Moule *Mytilus edulis* est, comme on sait, une espèce cosmopolite. Elle existe dans l'eau saumâtre jusqu'à une salinité de 6 à 4 ‰. Des changements de concentration même rapides ne lui sont guère nuisibles parce qu'elle peut retarder l'égalisation osmotique en fermant

#### *Activité des cils branchiaux de Mytilus edulis*

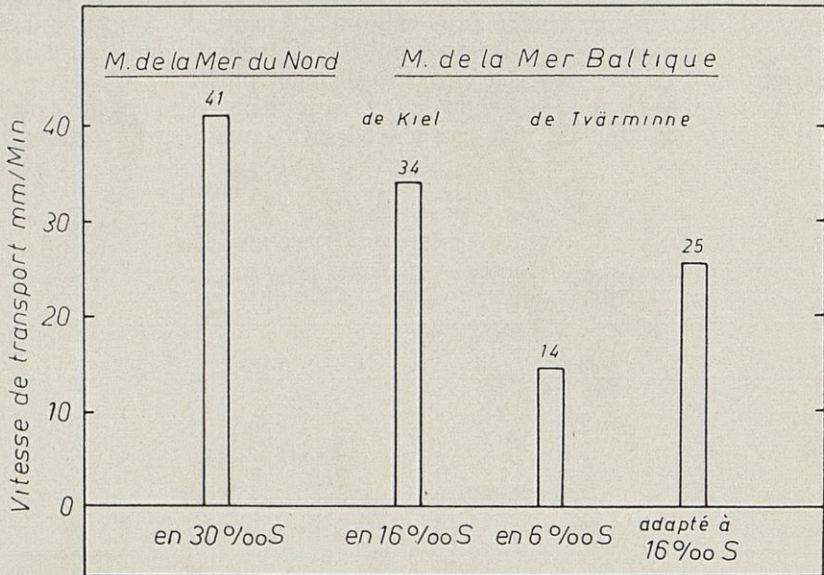


Fig. 1. — Activité des cils branchiaux de *Mytilus edulis* dans l'eau de mer et dans l'eau saumâtre de 20° C (selon SCHLIEPER et KOWALSKI (1957)).

ses valves. Du reste, les membranes extérieures du *Mytilus* sont, comme celles de l'*Asterias*, extrêmement perméables à l'eau et aux sels. Ainsi le *Mytilus* est également poikilosmotique. Seules les moules qui vivent dans une eau de très faible salinité, comme par exemple les moules du golfe de Finlande, ont un milieu intérieur légèrement hypertonique en comparaison avec le milieu extérieur (BELIAEV 1951).

Dans l'eau saumâtre la viabilité et la croissance du *Mytilus* se trouvent réduites. Plus la salinité du milieu extérieur est faible, plus les valves sont petites et légères. Est réduite dans l'eau saumâtre également toute l'activité mesurable à la fréquence cardiaque et à la vitesse des mouvements ciliaires des branchies. En faisant passer des animaux d'une concentration dans l'autre on peut démontrer que l'activité de leurs organes dépend directement de la salinité du milieu extérieur. Quand par exemple chez les moules finlandaises, qui ont grandi dans l'eau saumâtre d'une salinité de 6 à 5 ‰, on augmente la concentration du milieu extérieur, la fréquence cardiaque et les mouvements ciliaires des branchies accélèrent sensiblement (SCHLIEPER et KOWALSKI 1957).

Comment le mécanisme de la « lésion » chez le *Mytilus* dans l'eau saumâtre est-il fait ? Certains renseignements nous sont donnés par la mesure des échanges respiratoires. Cependant il est difficile d'arriver à des conclusions nettes en mesurant la consommation d'oxygène chez les animaux entiers, parce qu'il paraît que, dans l'eau saumâtre, la moule ouvre moins ses valves que dans l'eau de mer normale, et qu'elle les y ferme plus souvent. Selon BELIAEV et TSCHUGONOVA (1952) la consommation d'oxygène chez les moules de la mer Barent et qui vivent dans une eau de mer d'une salinité de 35 ‰ atteint son maximum dans cette concentration même. Une dilution du milieu extérieur en dessous de 20 ‰ est suivie de leur côté par une forte réduction de l'activité respiratoire. Au contraire, les moules dans l'eau saumâtre du golfe de Finlande atteignent le maximum de leur consommation d'oxygène à la faible salinité de leur habitat, c'est-à-dire à environ 5 à 6 ‰. Quand on augmente la salinité du milieu extérieur, l'intensité respiratoire baisse, et cela en mesure de l'accroissement de la salinité extérieure. Malheureusement il n'existe pas encore de recherches sur la respiration de moules dont on a coupé les muscles adducteurs et dans des salinités variées.

Par contre, nous avons mesuré la consommation d'oxygène de nombreux morceaux de branchies découpés par nous de moules vivant dans l'eau de mer et dans l'eau saumâtre. Quand on fait passer des moules de l'eau de mer dans l'eau saumâtre d'une concentration de 15 ‰, la consommation d'oxygène des branchies découpées monte de 20 % dans les premières heures pour atteindre dans les semaines qui suivent une hauteur qui est à 170 % de la valeur initiale (SCHLIEPER 1955). Il s'impose de voir dans ce métabolisme plus intense dans les tissus des moules de l'eau saumâtre une conséquence de l'hydratation accrue

des colloïdes cellulaires et de la lente adaptation protoplasmatique. Mais il est également possible d'en chercher les causes dans une régulation ionique renforcée des tissus.

TABLEAU II

*Mytilus edulis* de l'eau de mer et de l'eau saumâtre (selon SECK)

a) Teneur en ions dans le liquide du corps.

Concentrations intérieures en % des concentrations extérieures.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>
Dans 32 ‰ S	101	131	101	101	101	101
Dans 16 ‰ S	99	148	101	101	100	100

b) Teneur en ions des muscles adducteurs en m mol/kg H<sub>2</sub>O

	Na	K	Ca	Mg	Cl	H <sub>2</sub> O %
Dans 32 ‰ S	209	137	6	32	233	71.3
Dans 16 ‰ S	110	82	4	19	118	76.7

Bien que la moule dans l'eau saumâtre moyenne soit poïkilosmotique, la composition de son milieu intérieur suggère l'existence d'une certaine régulation ionique (tabl. II a). Selon ROBERTSON (1953) la teneur en sodium, calcium et magnésium est chez la moule *Mytilus* en équilibre entre les milieux extérieur et intérieur. De même, SECK (1957), examinant des moules de la baie de Kiel dans l'eau de mer et dans l'eau saumâtre (d'une concentration de 32 et de 16 ‰) n'a pas trouvé non plus de différences importantes pour le sodium, le calcium et le magnésium. Par contre, dans tous les cas, la teneur en potassium était accrue, chez les moules de l'eau de mer de 31 % (SECK) et de 35 % (ROBERTSON), et chez les moules d'eau saumâtre de 48 % (SECK). A mon avis, cela apporte la preuve que chez les moules de l'eau saumâtre la régulation du potassium est plus intense.

On pourrait faire l'objection que l'ouverture forcée des valves pour tirer du sang de la moule peut avoir causé chez celle-ci une contraction très forte des muscles irrités suivie d'une sortie de potassium. Par là la teneur en potassium du liquide tiré du corps a pu être augmentée,

Teneur en ions du tissu musculaire en mMol/kg H<sub>2</sub>O

□ Individus provenant d'eau de mer (32‰ S)  
■ Individus provenant d'eau saumâtre (16‰ S)

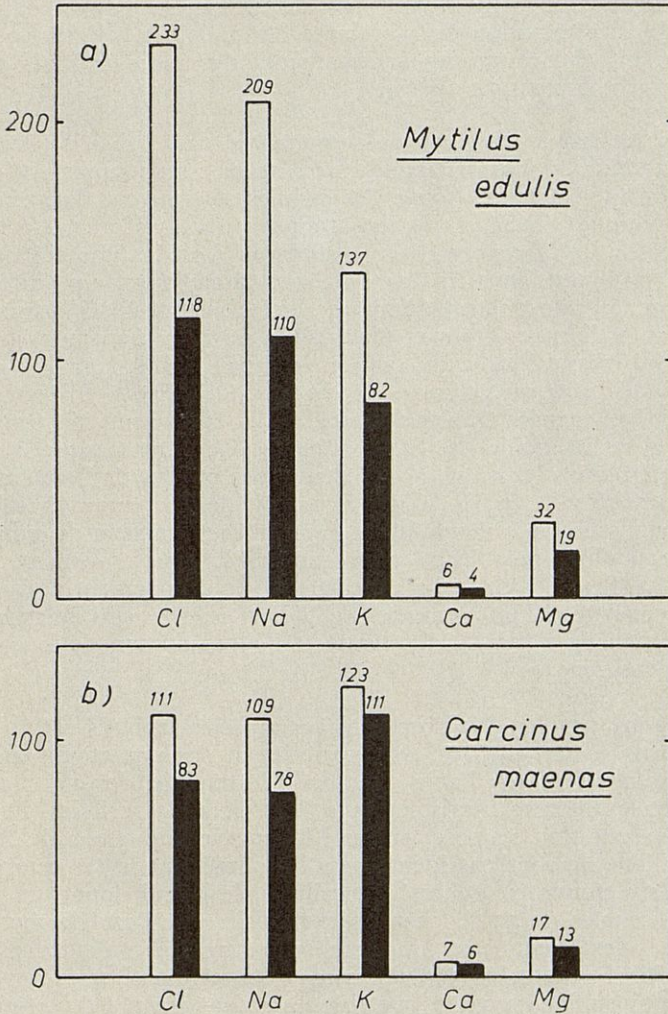


Fig. 2. — Teneur en ions dans le tissu musculaire de *Mytilus edulis* et de *Carcinus maenas* provenant d'eau de mer et d'eau saumâtre (selon SECK, 1957).



offrant ainsi dans le sang le phénomène d'une régulation de potassium positive. Néanmoins je suis en faveur de l'hypothèse qu'il s'agit ici d'une régulation véritable du potassium.

*Le muscle adducteur* chez le *Mytilus* de l'eau de mer a une teneur en eau de 71 %, chez celui de l'eau saumâtre de 77 %. Cette teneur en eau accrue dans les tissus des moules de l'eau saumâtre a pour conséquence une diminution de la stabilité des colloïdes cellulaires, qui se laisse démontrer dans une résistance affaiblie des tissus contre la chaleur (SCHLIEPER et KOWALSKI 1956).

Chez les moules de l'eau de mer comme chez celles de l'eau saumâtre la teneur en ions des muscles adducteurs est nettement inférieure à celles du sang. Comme toutes les cellules se trouvent dans un équilibre osmotique avec le sang environnant, la conséquence s'impose qu'une partie de la concentration osmotique dans les liquides des cellules est produite par des combinaisons organiques non diffusibles (acides aminés, phosphates organiques, etc.). La teneur des tissus musculaires en sodium, calcium et magnésium ne représente que la moitié ou les deux tiers de celle du sang environnant (tabl. IIb). Par contre, la teneur des tissus en potassium est dix fois plus grande. Elle est à 137 mmol/kg H<sub>2</sub>O chez les moules de l'eau de mer et n'atteint que 82 mmol/kg H<sub>2</sub>O chez les moules de l'eau saumâtre. Cela signifie que la teneur en potassium dans les muscles adducteurs des moules de l'eau saumâtre est tombée jusqu'à 60 % de la valeur initiale. La question se pose, si dans les tissus de la moule de l'eau saumâtre le niveau du potassium est encore suffisamment élevé pour garantir le fonctionnement normal des cellules. Peut-être faut-il s'imaginer que ce changement de la teneur en ions constaté à l'intérieur des cellules n'est pas sans relation avec la diminution de l'activité des tissus et l'augmentation de la consommation d'oxygène.

Un autre problème se pose dans ces muscles analysés par la teneur relativement haute que l'on y a trouvée en sodium et en chlorure. Quelques auteurs sont d'avis que, dans le muscle des vertébrés, le sodium et le chlorure n'existent qu'à l'extérieur des cellules. Par conséquent la question se pose, si dans le muscle adducteur de *Mytilus* les conditions ne sont pas identiques. En admettant le cas que tout le chlorure s'y trouve en dehors des cellules, le calcul donne un espace entre les cellules de 33 % chez les exemplaires de l'eau de mer et de 36 % chez les exemplaires de l'eau saumâtre. Ces valeurs sont très élevées. Ainsi KROGH (1939), après avoir expérimenté avec des injections de thiosulfate, suppose que l'espace extra-cellulaire du *Mytilus* ne dépasse pas environ 12 %. Il est donc probable, à mon avis, qu'une partie importante du sodium et du chlorure démontrée dans les muscles du *Mytilus* par SECK (1957) est localisée dans les cellules mêmes.

### CARCINUS MAENAS L.

Le crabe *Carcinus maenas* L. est également fortement euryhalin. Les exemplaires de la baie de Kiel et qui vivent dans une eau saumâtre d'une salinité moyenne de 15 ‰ ont une taille légèrement inférieure à celle des exemplaires de l'eau de mer. Pour le reste, cependant, ils ne semblent point « lésés ». Il paraît que pour l'agilité et la vitesse de leurs réactions ils ne sont pas inférieurs aux individus de l'eau de mer normale. Contrairement à l'*Asterias* et au *Mytilus*, le *Carcinus* de l'eau saumâtre est homoïsmotique, c'est-à-dire le milieu intérieur est hyperotonique au milieu extérieur. La concentration osmotique chez les crabes de l'eau saumâtre d'une salinité de 15 ‰ correspond à peu près à celle de l'eau de mer d'une salinité de 27 à 28 ‰. C'est probablement par cette faible décroissance de la concentration osmotique du sang que, chez les exemplaires de l'eau saumâtre, s'explique en large mesure l'activité inaltérée. Néanmoins le *Carcinus* de l'eau saumâtre n'est pas sans subir des influences profondes. Cela se voit entre autre dans l'intensité respiratoire accrue de 25 % et qui ne se laisse pas expliquer par une agitation plus forte. La consommation d'oxygène accrue chez le *Carcinus* de l'eau saumâtre (comme chez le *Mytilus*) se montre également dans les tissus branchiaux isolés.

Chez le *Carcinus* également les surfaces extérieures (des branchies) sont perméables aux sels et à l'eau. Néanmoins des procédés de diffusion chez le *Carcinus* de l'eau saumâtre sont d'une importance plus faible, parce que, en comparaison avec d'autres crabes Brachyures sténohalins (*Maja*, *Hyas*), ses surfaces sont moins perméables. La perméabilité relativement faible des membranes extérieures du *Carcinus* se laisse démontrer par la simple expérience suivante : Prenez un exemplaire du *Carcinus maenas* et un autre de la *Maja verrucosa* et faites les passer dans une solution de chlorure de sodium isotonique à l'eau de mer. Les deux crabes meurent au bout de quelque temps, parce que les autres cations de leur sang, notamment le potassium, passent par diffusion à l'extérieur. Le *Carcinus*, cependant, à cause de sa perméabilité plus faible, s'adapte plus lentement au milieu extérieur non équilibré, et, par conséquent, survit plus longtemps. En outre, dans l'eau saumâtre hypotonique, les organes rénaux du *Carcinus* exercent une influence régulatrice sur le volume, en éliminant l'eau à mesure qu'il en entre par osmose.

Dans l'eau de mer aussi bien que dans l'eau saumâtre la comparaison des concentrations ioniques dans le sang du *Carcinus* montre des différences avec le milieu extérieur (tabl. IIIa). Chez les exemplaires de l'eau de mer on est surtout frappé par la faible teneur du sang en magnésium, qui ne dépasse pas 40 % environ du milieu extérieur. Chez les exemplaires de l'eau saumâtre tous les ions importants du sang sont accrus en comparaison avec le milieu extérieur, à l'exception du

TABLEAU III

*Carcinus maenas* de l'eau de mer et de l'eau saumâtre (selon SECK)

a) Teneur en ions du sang.

Concentrations intérieures en % des concentrations extérieures.

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>
Dans 32 ‰ S	115	101	126	40	104	68
Dans 16 ‰ S						
en été	166	203	174	59	152	62
en hiver	165	174	170	55	150	66

b) Teneur en ions dans les muscles des pinces en m mol/kg H<sub>2</sub>O

	Na	K	Ca	Mg	Cl	H <sub>2</sub> O %
Dans 32 ‰ S	109	123	7	17	111	73.6
Dans 16 ‰ S	78	111	6	13	83	77.4

magnésium. Ce qui est remarquable aussi, c'est la très forte teneur en potassium chez les animaux d'été, qui fait à peu près le double de celle de l'eau saumâtre environnante. Les différences dans les relations ioniques entre le sang du *Carcinus* et le milieu extérieur viennent en partie d'une influence régulatrice des organes excréteurs. Ceux-ci, semblables à l'*Eriocheir sinensis* de l'eau de mer (SCHOLLES 1933), produisent une urine isotonique au sang et qui se distingue par une teneur en magnésium fortement accrue (WEBB 1940). Le siège des mécanismes osmo-régulateurs doit être cherché dans les cellules branchiales (NAGEL 1934).

Les muscles des pinces chez le *Carcinus* de l'eau saumâtre ont une teneur en eau accrue d'environ 4 %.

Quant à la *concentration ionique du tissu musculaire*, elle ne diffère pas beaucoup chez les individus de l'eau de mer et ceux de l'eau saumâtre (tabl. IIIb). En les discutant je m'en rapporte seulement aux observations faites par SECK (1957) chez les crabes dans l'eau saumâtre de la baie de Kiel. Je ne m'occuperai pas des recherches de SHAW (1955), qui ont été faites en partie chez des crabes adaptés pendant peu de temps à l'eau de mer diluée, et qui portent sur des muscles lavés avant l'analyse dans une solution de glucose.

La teneur du tissu musculaire en sodium et en chlorure est plus faible chez le *Carcinus* que chez le *Mytilus*. Si l'on admet que la totalité du chlorure trouvée est extra-cellulaire, le calcul donne une *espace de chlorure* de 17 à 18 % pour les crabes de l'eau de mer comme pour ceux de l'eau saumâtre. Mais, comme pour le muscle de *Mytilus*, je suis d'avis qu'une partie du chlorure trouvée est probablement intracellulaire. En faveur de cette hypothèse je peux citer aussi une observation faite par ROBERTSON (1957), qui, grâce à une expérience avec de l'inuline, a trouvé dans le tissu musculaire du *Nephrops* une espace intracellulaire de 11,5 %.

Il est frappant que chez les crabes de l'eau de mer et de l'eau saumâtre la *teneur en potassium des muscles* des pinces est approximativement du même ordre. Tandis que le muscle des exemplaires de l'eau de mer contient 127 mmol/kg H<sub>2</sub>O, la valeur respective chez les crabes de la baie de Kiel est à une moyenne de 111 mmol/kg H<sub>2</sub>O. La teneur en potassium dans le muscle du *Carcinus* de l'eau saumâtre dépasse donc de loin la teneur en potassium dans le muscle du *Mytilus*. Comme le *Carcinus* montre à peu près la même agilité dans l'eau saumâtre que dans l'eau de mer normale, et que celle du *Mytilus* se trouve nettement réduite, j'en tire la conclusion que pour la viabilité et l'activité des invertébrés marins dans l'eau saumâtre l'importance absolue de la teneur en potassium du tissu est considérable.

## CONCLUSION

Je voudrais donc proposer comme *hypothèse de travail* que les effets physiologiques de l'eau saumâtre sur les invertébrés marins ne viennent pas seulement d'une concentration osmotique au total plus faible dans leur milieu intérieur (sang et liquide des tissus), d'une teneur en eau plus forte de leurs tissus et de la régulation ionique intra-cellulaire. Un facteur important me semble être aussi la valeur absolue de la concentration intra-cellulaire en potassium. Je me permets de rappeler dans ce contexte que, selon SCHOLLES (1933), le crabe *Eriocheir sinensis*, qui peut exister dans l'eau de mer aussi bien que dans l'eau douce, maintient dans sa musculature pour les deux milieux exactement la même teneur en potassium (106 et 105 mmol/kg H<sub>2</sub>O). *Si la concentration en potassium intra-cellulaire tombe en dessous d'un minimum dont la valeur varie avec les espèces, la limite de la viabilité dans l'eau saumâtre est dépassée ou la vie n'y est plus possible qu'en tant que « formes rabougries ».*

Pour éclaircir l'hypothèse de travail que nous venons de proposer, nous avons mesuré récemment et à plusieurs reprises l'activité du *Mytilus* dans l'eau de mer d'une teneur en cations variable. Nous avons, M<sup>lle</sup> KOWALSKI et moi, suspendu par exemple les branchies isolées du *Mytilus* dans l'eau de mer d'une teneur en potassium réduite à la moitié. Au bout de quelques minutes déjà les cils branchiaux montraient un

Activité des cils branchiaux de *Mytilus edulis*

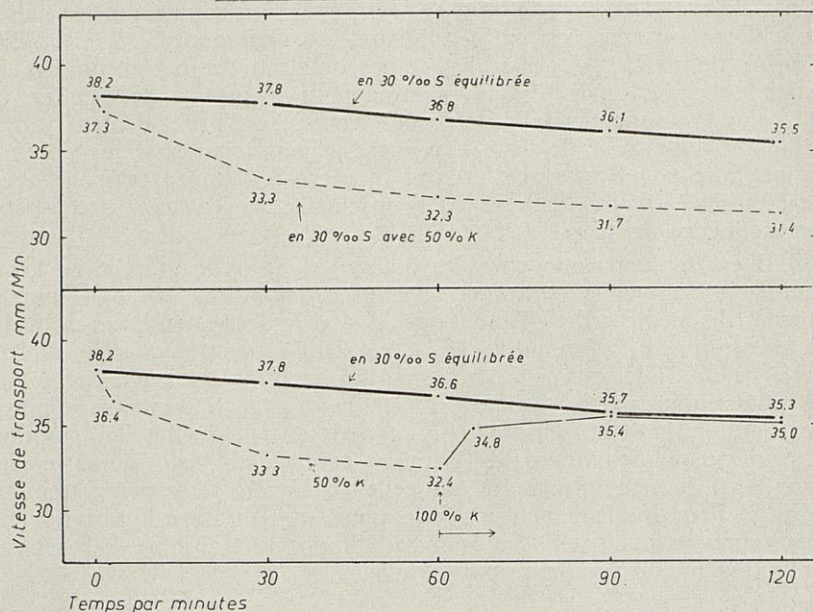


Fig. 3. — Activité des cils branchiaux de *Mytilus edulis* dans l'eau de mer normale (30 ‰ S, équilibrée) et dans l'eau de mer avec seulement 50 % de potassium (t = 20° C).

affaiblissement de l'activité qui correspondait à peu près à celui mesuré par nous chez des moules dans une eau de mer de 50 % (eau de mer à moitié diluée). Il est donc possible de provoquer d'importants effets physiologiques propres à l'eau saumâtre sans modifier beaucoup dans l'eau de mer la concentration osmotique totale. Dans notre cas, il suffisait tout à fait de réduire à moitié la teneur en potassium ou mieux encore, la teneur en potassium, calcium et magnésium, pour arriver aux mêmes effets physiologiques que dans l'eau de mer à moitié diluée (voir fig. 1).

Nous sommes en train de faire des expériences de longue durée en mettant des invertébrés marins dans de telles solutions artificielles isotoniques à l'eau de mer. Nous espérons que cela nous apportera quelques renseignements nouveaux sur les mécanismes des effets dans l'eau saumâtre. A mon avis, les recherches physiologiques portant sur l'eau saumâtre sont entrées maintenant dans une phase où un progrès décisif ne peut être espéré que du côté de l'étude des événements à l'intérieur des cellules et des tissus.

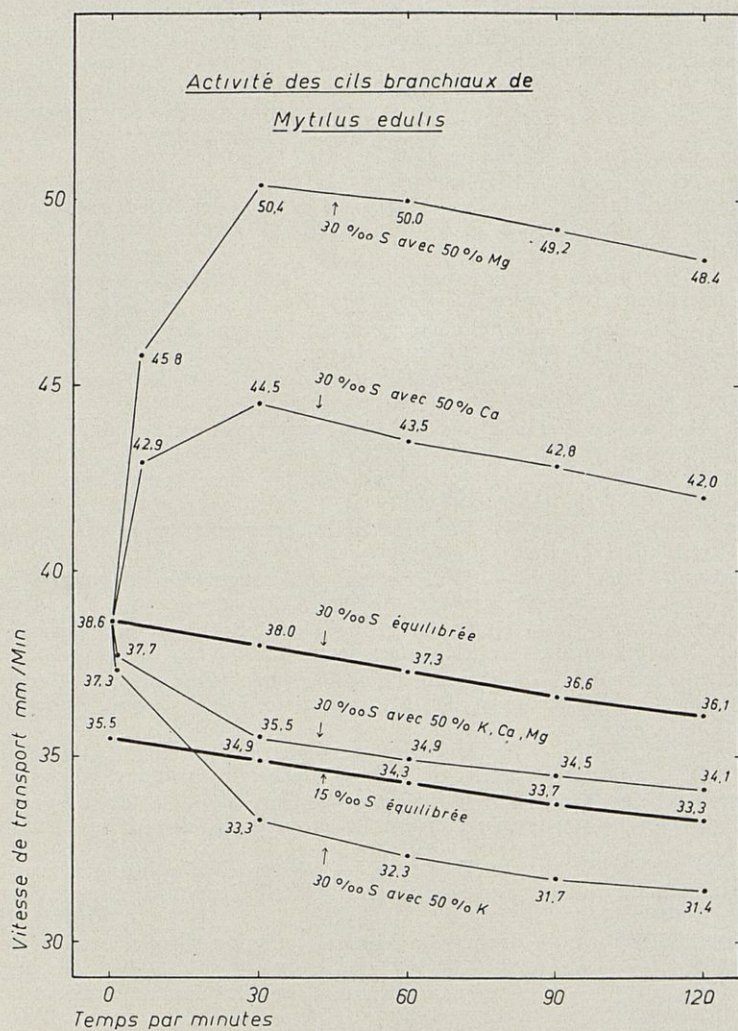


Fig. 4. — Activité des cils branchiaux de *Mytilus edulis* dans l'eau de mer normale (30 ‰ S, équilibrée) et dans l'eau de mer avec seulement 50 % de magnésium ou 50 % de calcium ou 50 % de potassium ou 50 % de potassium et calcium et magnésium (t = 20° C).

BIBLIOGRAPHIE

- BEADLE (C.-L.), 1957. — Comparative Physiology : Osmotic and ionic regulation in aquatic animals. *Ann. Rev. of Physiology*, 19, 329-358.
- BOTTAZZI (F.), 1907. — Die Regulation des osmotischen Druckes im tierischen Organismus. *Physikal.-Chem. u. Medizin*, 1, 475-481, Leipzig.
- BELIAEV (G.-M.), 1951. — Die osmotische Konzentration des Innenmediums der wasserlebenden Wirbellosen in Medien von verschiedenem Salzgehalt. *Akad. d. Wiss. d. UDSSR, Arb. d. hydrobiol. Ges., Oekologie u. Physiologie der wasserlebenden Organismen*, 3, 92-139. (Russ.).
- BELIAEV (G.-M.) et TSCHUGUNOVA (M.-N.), 1952. — Die physiologischen Unterschiede zwischen den Mytili (*Mytilus*) der Barentssee und der Ostsee. *Votr. d. Akad. d. Wiss. d. UDSSR, Oekologie*, 85, Nr. 1, 233-236 (Russ.).
- COLE (W.-H.), 1940. — The composition of fluids and sera of some marine animals and of sea water in which they live. *J. gen. Physiol.*, 23, 575-584.
- KOWALSKI (R.), 1955. — Untersuchungen zur Biologie des Seesternes *Asterias rubens* L. in Brackwasser. *Kieler Meeresf.*, 11, 201-213.
- KROGH (A.), 1939. — Osmotic regulation in aquatic animals. Cambridge University Press.
- NAGEL (H.), 1934. — Die Aufgaben der Exkretionsorgane und der Kiemen bei der Osmoregulation von *Carcinus maenas*. *Z. vergl. Physiol.*, 21, 468-491.
- ROBERTSON (J.-D.), 1949. — Ionic regulation in some marine invertebrates. *J. exp. Biol.*, 26, 182-200, 1949.
- ROBERTSON (J.-D.), 1953. — Further studies on regulation in marine invertebrates. *J. exp. Biol.*, 30, 277-296, 1953.
- ROBERTSON (J.-D.), 1957. — Osmotic and ionic regulation in aquatic invertebrates. *Rec. Adv. in Invertebrate Physiol.* (Oregon), 229-246.
- SCHLIEPER (C.), 1935. — Neuere Ergebnisse und Probleme aus dem Gebiet der Osmoregulation wasserlebender Tiere. *Biol. Rev.*, 10, 334-360.
- SCHLIEPER (C.), 1955. — Ueber die physiologischen Wirkungen des Brackwassers (Nach Versuchen an der Miesmuschel *Mytilus edulis*). *Kieler Meeresf.*, 11, 22-33.
- SCHLIEPER (C.), 1958. — « Brackwasserphysiologie » in REMANE (A.) und SCHLIEPER (C.), « Brackwasserbiologie ». Schweizerbarth, Stuttgart.
- SCHLIEPER (C.) et KOWALSKI (R.), 1956. — Quantitative Beobachtungen über physiologische Ionenwirkungen im Brackwasser. *Kieler Meeresf.*, 12, 154-165.
- SCHLIEPER (C.) et KOWALSKI (R.), 1957. — Weitere Beobachtungen zur ökologischen Physiologie der Miesmuschel *Mytilus edulis* L. *Kieler Meeresf.*, 13, 3-10.
- SCHOLLES (W.), 1933. — Ueber die Mineralregulation wasserlebender Evertibraten. *Z. vergl. Physiol.*, 19, 522-554.
- SECK (Ch.), 1957. — Untersuchungen zur Frage der Ionenregulation bei in Brackwasser lebenden Evertibraten (*Asterias*, *Mytilus*, *Carcinus*). *Dissertation, Philosoph. Fakultät, Universität, Kiel*.
- SHAW (J.), 1955. — Ionic regulation in the muscle fibres of *Carcinus maenas*. — I. The electrolyte composition of single fibres. *J. exp. Biol.*, 32, 383-396. — II. The effect of reduced blood concentration. *J. exp. Biol.*, 32, 664-680.
- SMITH (1927). — Zitiert nach Cole (1940).
- WEBB (D.-A.), 1940. — Ionic regulation in *Carcinus maenas*. *Proc. Roy. Soc.*, London, 129, 107-136.