

ADAPTATION DE QUELQUES COPÉPODES PÉLAGIQUES MÉDITERRANÉENS A DIFFÉRENTS MILIEUX DE SURVIE EN AQUARIUM

par Michelle BERNARD

Si la biologie expérimentale de *Calanus finmarchicus* n'a presque plus de secrets grâce aux travaux de MARSCHALL et ORR et quelques autres, il n'en est pas de même de celle des autres Copépodes pélagiques. On a bien conservé en aquarium certaines espèces telles que *Acartia*, mais à peu près uniquement les espèces atlantiques *A. clausi* et *A. tonsa* (CONOVER 1956).

Par contre, les conditions de vie des espèces communes en Méditerranée ne sont connues que par des études d'écologie en mer, et encore de façon très partielle. Aucun élevage et bien peu de survie en aquarium n'ont été obtenus avec ces animaux. Évidemment, leur fragilité, beaucoup plus grande que celle de *C. finmarchicus*, a fait échouer les essais préliminaires et découragé les expérimentateurs. Une autre difficulté majeure a aussi causé bien des échecs : leur peu de goût pour les Diatomées de culture, provende habituelle des Copépodes atlantiques. En effet, ces espèces de taille réduite à 1 ou 2 mm se nourrissent surtout de petits Flagellés et de Coccolithophorides. Il fallait donc trouver un aliment approprié; ce problème n'a d'ailleurs pas été résolu de façon absolument satisfaisante.

Si nous présentons ici des observations préliminaires et non quantitatives, c'est qu'il semble qu'elles puissent quand même éviter des tâtonnements fastidieux et encourager les biologistes à travailler sur ce matériel délicat mais pas obstinément rebelle.

LES CONDITIONS

Nos tentatives ont d'abord eu pour but de déterminer les conditions de milieu les plus propices. Des incidents de réfrigération nous ont fourni des expériences involontaires concernant l'influence de la température; nous avons étudié en plus le rythme de renouvellement de l'eau et l'action de trois antibiotiques. L'emploi d'un aliment artificiel a enfin permis d'observer d'intéressantes adaptations du comportement de certaines espèces.

1^o) Le milieu.

Trois sortes d'eau de mer ont été employées : eau du large, prélevée en surface à 2 km de la côte; eau des canalisations du laboratoire, pompée dans le port et utilisée telle quelle; eau filtrée sur verre fritté.

Nous avons utilisé l'eau du large sans traitement préalable au début de nos expériences. Sa teneur en microorganismes comptés au microscope inversé est donnée par le tableau I.

Comme on pouvait s'y attendre, l'eau du port filtrée sur entonnoir en verre fritté donna de bien meilleurs résultats, puisqu'avec adjonction d'antibiotiques elle permit de garder vivants 38 jours des *Eucalanus attenuatus*. De plus, un ballon de trois litres servant de réserve à la température de 22-24° resta clair et propre sans antibiotique pendant toute la durée de l'expérience. Sa composition après trois semaines était la suivante (au microscope inversé, prélèvement au fond) : pour 1 cc : 40 petits Flagellés nus, 1 *Exuviella*, 1 *Syracosphaera*, 5 petits Coccolithophorides non identifiés, 1 Cilié libre. Aucun voile bactérien visible.

L'aération de l'eau fut réalisée par un petit pulseur « Belbul », mais, même réduite au minimum par l'intermédiaire d'une pierre poreuse, elle ne convint pas aux animaux. Les cristallisoirs ainsi aérés présentèrent tous une très forte mortalité en un ou deux jours, alors que les témoins subsistaient plusieurs jours. Ce mode d'aération doit provoquer une agitation trop intense dans des récipients dont le volume varie de 1 000 à 2 000 cc seulement. Mais peut-être n'est-ce pas là un facteur essentiel, car dans des expériences ultérieures avec antibiotiques, l'eau fut renouvelée seulement une fois par semaine environ, sans que le comportement des animaux paraisse troublé, et ceci pendant 25 à 38 jours.

Eaux du	16.II	23.II	26.II
Palmellas fraîches	12	18	11
Gymnodiniens	51	11	50
<i>Nostoc</i>	580	120	
<i>Exuviella</i>	22		32
Coccolithophorides	223	223	187
Diatomées	15	8	0
Bactéries	30	0	0
Petits Flagellés nus	410	430	270

TABLEAU I. — Teneur en microorganismes par cm³

Lorsqu'on opère sans antibiotique, il faut naturellement changer l'eau beaucoup plus souvent : tous les deux jours est un minimum, et avoir soin de remplacer périodiquement le cristallisoir.

2^o) Les Bactéries.

On sait que l'accumulation sur le fond de débris et déjections produit rapidement une infection par des bactéries (et le pullulement des Ciliés coprophages) à laquelle les Copépodes sont très sensibles. Néanmoins, j'ai pu constater que, pour des raisons inconnues, une grande quantité de Copépodes et d'autres organismes du plancton pouvaient parfois subsister plusieurs jours dans l'eau sans qu'apparaisse une corruption manifeste ou un trouble bactérien. Par exemple, la moitié environ des *Acartia latisetosa* qui vécurent 25 jours provenaient d'un bac oublié pendant cinq jours sur l'évier du laboratoire et qui contenait toute la prise de plancton, soit environ 10 à 15 cc d'organismes dans 2,5 litres d'eau. La température ambiante était de 19°. Mais cette prise était très homogène, assez pauvre et composée de toutes petites formes. La quasi totalité des Copépodes était des *Acartia latisetosa*, accompagnés de quelques rares *Oithona nana* et *Oncaea media*.

De même, le plancton du 25.v, abandonné après triage dans un cristallisoir contenant 1,8 litre, se conserva jusqu'au 15.vi. Des 400 Copépodes environ présents au départ, 3 *Oncaea media* et 7 *Euterpina acutifrons* vivaient encore le 15.vi dans une eau assez claire, malgré une température de 23°. J'en avais renouvelé à peu près la moitié en deux fois pendant cette période et nettoyé un peu le fond, sans pourtant enlever plus de la moitié des cadavres et débris. Cette dernière observation conduit à supposer que la présence d'une substance antibiotique inconnue inhibait le développement bactérien dans les couches supérieures de l'eau, car le fond, bien que ne présentant pas de filaments, était infesté d'Infusoires. STEEMANN-NIELSEN (1955), a montré que certaines Diatomées produisaient des corps antibactériens, mais ici ce n'est pas le cas, car il n'y avait que très peu de Diatomées dans l'eau considérée.

A part ces deux cas étonnants, l'infection bactérienne, si néfaste aux cultures, se produit plus ou moins rapidement, généralement en 48 heures lorsqu'on opère entre 14° et 18°. Elle commence sur le fond du bac, en petits amas ou en filaments, puis des voiles gagnent progressivement tout le contenu du récipient. On voit souvent aussi des filaments ressemblant à des lichens envahir les antennes et les autres appendices des animaux, les paralysant par effet mécanique. Il faut, à ce moment-là, traiter énergiquement aux antibiotiques, et je suis ainsi parvenue une fois à guérir les individus malades en 48 heures.

3°) La salinité.

Nous n'avons observé qu'une seule fois l'influence de la salinité dans un aquarium contenant des *Acartia latisetosa* dont nous voulions vérifier l'euryhalinité bien connue. Un bac contenant environ 200 *Acartia* dans 1,5 litre d'eau à 36,50 fut rempli en ajoutant 500 cc d'eau douce, ce qui ramena la salinité à environ 27,40 gr/l, et conservé à une température de 19°5. Les animaux survécurent cinq jours à cette variation brutale et ce délai représente une capacité d'adaptation à la dessalure vraiment remarquable et qui doit être encore supérieure dans la nature. N'ayant plus cette population pure d'*Acartia latisetosa* à notre disposition dans le plancton, nous n'avons pas recommencé cette expérience.

4°) La température.

Ce fut la source des plus grosses difficultés. En effet, nous ne pouvions disposer que d'une armoire frigorifique d'une capacité de 380 litres. Cette trop faible inertie thermique, jointe à un rhéostat commercial peu sensible, entraîna des variations de 8° à 10° en l'espace de quelques heures; la simple mise en route du moteur a fait parfois descendre la température de 13° à 5°. Or, il est nécessaire d'obtenir la stabilité de ce facteur en le maintenant entre 16° et 18° pour les espèces de surface, réglage impossible à réaliser sur cet appareil, et 14° à 16° pour les bathypélagiques. Pour cela, et pour les manipuler sans réchauffement ni excès de lumière, une chambre froide de bonnes dimensions est indispensable.

Il était intéressant, cependant, d'étudier les capacités d'adaptation de quelques espèces à ces à-coups thermiques. Le tableau II résume ces observations.

La plus extraordinaire fut celle de ce jeune stade, pourtant long de 3 mm, d'une espèce que je ne parvins pas à identifier. Il fut sorti du frigorifique à 6° où il se trouvait depuis 24 heures, porté à 29°8 pendant les 10 minutes que dura sa photographie avec des lampes survoltées, puis ramené à 19° en 3 minutes et enfin remis à 11° au bout de deux heures. Il absorba de la nourriture artificielle un quart d'heure après son retour à 19°, et vécut ensuite 8 jours dans le frigorifique sans cesser de s'alimenter. A la température de 29°, la forte lumière provoqua une photopathie tellement irrésistible que cet animal en bondissait hors de l'eau, ce qui rendit la photographie impossible.

Un jeune *Haloptillus acutifrons* et 6 *Oncaea media* supportèrent aussi des températures allant de 5° à 13°, mais l'absence totale d'antibiotiques permit aux bactéries d'envahir leurs appendices le 18^e jour et l'on jeta le récipient. L'expérience fut donc arrêtée accidentellement et sans doute prématurément.

L'idéal serait de pouvoir conserver les animaux à la même température que celle de l'eau où ils furent pêchés, à condition qu'elle n'ait pas elle-même subi d'accident thermique (coup de mistral, par exemple) juste avant. Certains délais de vie obtenus ici sont probablement dus à une sorte d'hibernation des individus placés dans un milieu beaucoup plus froid que celui qu'ils recherchent dans la nature. Ce doit être le cas des *Eucalanus attenuatus* et de *Haloptilus acutifrons*. Par contre, le cas des *Oncaea media* est remarquable : de 5° à 23°, la durée de vie ne varie que de 7 jours.

Pour *Pontella mediterranea*, le phénomène inverse est très net : à 13°, il leur faut au moins 5 minutes d'exposition à la lumière et un réchauffement de 1-2° pour que les animaux reprennent leur comportement habituel, qui est une nage ininterrompue, et s'approchent pour consommer la nourriture artificielle. Ils mangent quand même dans le froid et l'obscurité de l'armoire frigorifique, puisque l'aliment artificiel diminue et que leur tube digestif est vu presque toujours plein, mais pas de manière aussi active. Leur durée de vie est très abrégée par ces conditions.

TABLEAU II

Espèces	Durée de conservation (en jours)	Température
<i>Megacalanus princeps</i>	7	11° -13°
<i>Calanus robustior</i>	12	14° -16°5
<i>Eucalanus attenuatus</i>	38	9° -12°
» »	28	6° -15°
<i>Rhincalanus nasutus</i>	10	11° -13°
<i>Aetideus armatus</i>	15	6° -11°
<i>Haloptilus acutifrons</i>	18	5° -13°
» »	12	23°
<i>Phaenna spinifera</i>	12	11° -13°
Cop. sp. juv.	10	6° -11°
<i>Pontella mediterranea</i>	7	12° -13°
<i>Scolecithricella dentata</i>	10	11° -13°
<i>Microsetella</i>	9	11° -13°
<i>Acartia latisetosa</i>	25	14°5 -16°5
<i>Euterpina acutifrons</i>	40	15°5 -18°
» »	20	22° -23°
<i>Oncaea media</i>	25	15°5 -18°
»	20	22° -23°
»	18	5° -13°
<i>Corycaeus (Agetus) sp.</i>	14	14°5 -16°5
Ostracodes	18	6° -12°
<i>Sagitta</i> 7 mm	7	6° -23°

On peut dire, en résumé, que des variations de 2° ou 3° sont assez bien supportées par plusieurs espèces étudiées à condition de ne pas descendre en-dessous de 12° et ne pas dépasser 20° à 22°, c'est-à-dire respecter les limites naturelles. Certaines espèces sont très eurythermes : *O. media* et *Euterpina acutifrons*, d'autres, pourtant bathypélagiques, ne s'accommodent pas d'un milieu inférieur à 13° : *Pontella mediterranea*, *Scolecithricella dentata*, *Rhincalanus nasutus*, *Aetideus armatus*, *Phaenna spinifera*, qu'elles n'ont évidemment guère de chances de rencontrer en Méditerranée.

5°) Les antibiotiques.

Nous n'en avons essayé que trois : la pénicilline G, la streptomycine, seules et associées, et la sulfaméthopyrazine.

La pénicilline chimiquement pure ne fut pas employée, mais sa forme G « Spécia » (benzyl-pénicillinate de Na) se révéla nettement nocive envers les animaux, à la dose de 1 000 000 U.I./

litre, la population entière (24 *Acartia latisetosa*) creva en 48 heures. Pour une concentration de 200 000 U.I./litre, la mortalité de cette même espèce atteignit 66 % en 6 jours et diminua jusqu'à 30 % ensuite. Par la suite, on abandonna la pénicilline G seule pour ne l'utiliser dans quelques essais qu'associée avec la streptomycine. Cette dernière fut employée seule à la concentration de 1 g/l, avec des *Eucalanus attenuatus*, *Haloptilus acutifrons*, *Aetideus armatus*. Mais le sixième jour, le réfrigérateur tomba à 6°, ce qui fit périr 3 des 8 occupants du cristalliseur, et le deuxième jour apparut un trouble bactérien dans l'eau, qui n'avait pas été changée depuis le début. L'infection devait rapidement gagner les individus eux-mêmes, et tout était mort le 12.vi. Compte tenu de ces accidents, il semble que les animaux l'aient mieux supportée que la pénicilline G. D'ailleurs, l'unique survivant devait vivre dans ce milieu seize jours de plus.

Quant à l'association streptomycine — pénicilline G, elle est aussi toxique que la pénicilline G seule. Même à la concentration de 250 000 U.I./litre de pénicilline et 0,50 g/litre de streptomycine, elle tua en 5 minutes un *Candacia armata* plein de vigueur et en 3 jours 4 jeunes *Pontella mediterranea*.

L'emploi de la sulfaméthopyrazine (ou sultirène « Specia ») se révéla beaucoup plus encourageant. Un bac contenant 0,16 g/l fut comparé à un bac à streptomycine, un à pénicilline et un dernier sans antibiotique. L'eau ne fut pas changée pendant toute la durée de l'expérience, 20 jours, mais le fond nettoyé une fois. Ce fond commença à s'infecter visiblement vers le 15^e jour et les 2 derniers animaux moururent le 19^e.

Cependant, dès le 10^e jour il n'y a plus, hors quelques *Oncaea* résistants, qu'un seul *Eucalanus* dans le bac sans antibiotique et autant dans celui à pénicilline, déjà assez infestés de bactéries. Il reste encore deux *Eucalanus* à peine vivants dans le bac à streptomycine après 16 jours. La mortalité dans le récipient à sulfaméthopyrazine est donc nettement inférieure à celle du bac contenant la pénicilline et plus faible que celle du bac à streptomycine.

Une deuxième expérience fut essayée avec 3 bacs de caractéristiques suivantes :

A : pas de Sultirène	19 <i>Eucalanus</i>	Nourriture artificielle
B : 0,020 g/l Sultirène	11 <i>Eucalanus</i>	Nourriture artificielle
C : 0,023 g/l Sultirène	17 <i>Eucalanus</i>	Pas de nourriture artificielle

laissés dans le frigorifique à 12°5 (mais avec une chute de 5° le 14^e jour).

48 heures après, l'eau de A est déjà trouble. Les animaux allant à une mort rapide, on essaya d'enrayer l'infection en introduisant 0,032 g de sultirène, mais 10 avaient quand même crevé après 2 jours.

Le sixième jour, un excès d'aliment artificiel entraîna l'infection massive de B, qui, jusque là, était en parfait état. Tous les animaux moururent en 24 heures. Ce même jour, les habitants de A sont tous vivants, mais l'eau étant encore trouble, on ajoute de nouveau 0,050 g de sultirène. Le dixième jour, l'eau est redevenue claire, mais les *Eucalanus* ont les appendices couverts de filaments bactériens et 2 d'entre eux sont morts. On traite alors avec une concentration de 2,20 g/l de streptomycine, qui éclaircit l'eau de mer en trois jours mais ne guérit pas les Copépodes. Il n'en reste que 4, moribonds et complètement envahis de filaments bactériens.

Cependant, C n'avait aucune mortalité jusqu'au 10^e jour. L'absence d'aliment artificiel favorisait évidemment la conservation du milieu. Mais le onzième jour, l'infection des appendices devient visible et il y a un mort. On filtra alors toute l'eau du bac, qui fut nettoyé, et la concentration en sultirène fut portée à 0,069 g/l. Le quatorzième jour, le réfrigérateur descend à 5°, ce qui est sans doute la cause de la mort de 6 animaux. Au dix-huitième jour, il y a encore deux morts, mais les appendices sont presque entièrement nettoyés. L'eau est claire. Les 8 restants vivront plus ou moins bien jusqu'au vingtième jour, où 2 meurent, puis 3 furent fixés pour examen du tube digestif. Les 3 individus encore vivants subissent le vingt-sixième jour une nouvelle infection des appendices, dont 2 d'entre eux sont guéris en 3 jours par l'addition de

0,033 g de sultirène. La concentration est alors de 0,102 g/l. Enfin, le dernier animal vivra et se nourrira encore jusqu'au trente-huitième jour, fin de l'expérience.

On peut donc atteindre de relativement fortes doses de sultirène sans que cela paraisse gêner les animaux. D'autre part, les infusoires qui grouillent nombreux autour des amas de nourriture artificielle ou d'excrément sont beaucoup plus rares avec ce produit qu'avec les autres antibiotiques.

6°) L'alimentation.

Dans le but de nous libérer des traditionnelles cultures de Diatomées, nous avons essayé de nourrir nos Copépodes avec un aliment artificiel destiné aux jeunes alevins et qu'on trouve dans le commerce sous le nom d'infusyl. Ce sont des comprimés formés d'une culture desséchée de microorganismes non identifiables au microscope, mais que le fabricant assure être voisins des infusoires, sans plus de précision. Elle est en outre enrichie de carotène. Elle se délite en petits amas dans l'eau et ne se maintient pas en suspension. Donc les animaux sont obligés, d'aller le chercher au fond du bac, ce qui provoque les modifications de comportement décrites plus loin. Sa belle couleur orange permet de contrôler sa fraîcheur (elle devient blanche en 3-4 jours dans l'eau) et son passage dans le tube digestif des animaux. En outre, le carotène se fixe dans quelques points privilégiés du corps de certaines espèces, ce qui permettrait (mais n'a pas été fait ici) de mesurer la rapidité d'assimilation de cette substance. La plupart des espèces étudiées ici paraissent en être friandes, sauf les *Eucalanus*.

On a aussi cherché à étudier l'alimentation naturelle des Copépodes dans l'eau de mer simple et l'eau de mer filtrée, mais ces expériences ont été troublées par la multiplication non contrôlée des microorganismes, comme on le verra ci-dessous. Les comptages après sédimentation du nanoplancton d'un volume d'eau déterminé n'ont donc pas donné la consommation des animaux, mais une idée du développement des protistes dans certains milieux plus ou moins favorables. D'autre part, on ne peut étudier les excréments chez toutes les espèces, et encore moins en présence d'Infusyl qui empêche de les distinguer et de les prélever. Ce n'est donc qu'à la dernière expérience faite avec des *Eucalanus* en eau filtrée que nous avons pu examiner des crottes.

Rappelons d'abord que les *Eucalanus*, grands animaux très transparents, semblent toujours ne rien contenir dans leur tube digestif. Il faut regarder avec soin au plus fort grossissement de la loupe pour apercevoir quelques tout petits débris alimentaires dans les méandres intestinaux. Les aliments doivent transiter très rapidement, et les réserves sont immédiatement stockées en une goutte huileuse plus ou moins grosse et plus ou moins colorée par les caroténoïdes située en arrière du cœur. Bref, jusqu'au vingtième jour environ, les crottes étaient minuscules, noirâtres, anguleuses et de contenu inidentifiable.

Mais après cette date, le fond du bac commence à se couvrir de vermicules blancs de 1 à 2 mm de long, très opaques et entourés, semble-t-il, d'une fine membrane ou d'un mucus qui leur donne un aspect lisse. Elles sont bourrées de coccolithes. Pendant ce temps, le tube digestif des *Eucalanus* paraît toujours aussi vide; mais trois individus disséqués et grattés permettent quand même de déceler dans l'intestin de rares débris non identifiables d'algues brunes avec des grains d'amidon, des *Coccolithus* et d'autres Flagellés calcaires trop digérés pour être identifiés. Quelques granules paraissaient provenir d'*Exuviella* et de Flagellés nus.

Si l'on en juge d'après l'abondance des excréments par rapport aux sept individus survivant à cette date, on est amené à croire qu'ils se sont trouvés à ce moment-là dans un milieu convenant très bien à leur alimentation malgré la pauvreté relative de l'eau.

Le tableau III donne l'évolution, pendant cette période de la composition du nanoplancton pour 1 cm³ d'eau.

On constate que l'apparition de nombreuses crottes contenant des débris de Flagellés calcaires coïncide avec un accroissement sensible de ces organismes. Cependant, la teneur de l'eau reste basse : 12 à 15 000 Coccolithophorides par litre constituent une mer quasi-désertique (cf. F. BERNARD, 1960).

Or, les Copépodes qui s'en nourrissent sont ici 7 par litre, ce qui dépasse de loin les densités de population habituelles en Méditerranée. Cette observation tend donc à confirmer l'hypothèse d'après laquelle la pâture des Copépodes en Méditerranée serait presque toujours largement suffisante pour la quantité d'animaux présents (M. BERNARD 1958). Il faut cependant se rappeler le comportement alimentaire très capricieux de ces Crustacés et que la ration de phytoplancton absorbée varie énormément selon les conditions expérimentales.

TABLEAU III

Organismes/cc	10 ^{me} jour	22 ^{me} jour	32 ^{me} jour
Coccolithophorides isolés sp.	—	—	20
Palmellas de Coccolithophorides	—	1	7
Spores de Coccolithophorides	5	10	14
<i>Coccolithus</i> sporulés	—	5	—
<i>Exuviella</i>	—	2	4
Petits Flagellés nus (Chrysomonadines)	3 380	1 040	350
<i>Nostoc</i>	—	—	600
Spores de Myxophycées en germination	—	1 190	—
Bactéries	++	++	+

Néanmoins, ici, en eau filtrée, ils ne sont pas morts de faim. On n'a retrouvé ni dans les déjections, ni dans les tubes digestifs de résidus des spores en germination de Myxophycées qui furent prédominantes dans l'eau du vingt-deuxième jour. D'ailleurs, ce type de crotte continua d'être émis même après leur disparition, entre le trente-deuxième et le trente-huitième jour. Si ces spores ne semblent pas avoir été très utilisées, par contre les résidus intestinaux rapportés aux Flagellés nus, correspondant à la rapide diminution de ceux-ci, paraissent indiquer une consommation active de ces organismes, qui sont en majeure partie des Chrysomonadines diverses.

7^o) Le nannoplancton.

Dans ces premières expériences, le développement du nannoplancton nous échappa complètement. Nous pensions que les Flagellés calcaires en particulier ne se développeraient pas en milieu de culture, or, les 3 fois où nous avons analysé l'eau régulièrement pendant plusieurs jours, nous avons constaté une augmentation de ces organismes (tabl. III et IV). Les *Exuviella*, petits Flagellés nus, Diatomées et *Nostoc* présentent parfois de brusques invasions qui ne subsistent pas longtemps. Les Gymnodiniens sont stables et diminuent lentement sauf dans un cas (eau n^o 7).

La quantité de petits Flagellés nus paraît être en rapport avec la plus ou moins grande propreté du récipient, et les antibiotiques ne semblent pas les gêner, sauf peut-être le sultrène à haute dose. Une teneur en bactéries allant de 500 à 1 200 germes/cm³ ne leur nuit pas non plus, et même les Coccolithaceae et Syracosphaeraceae les supportent parfois, comme dans

TABLEAU IV

N°	Date de prélèvement	Caractéristiques de l'eau	Palm.	Cocco.	Syr.	Exu.	Gymn.	Flagellés nus	Nostoc	Bactéries	Concentration en antibiotiques	Divers
1	18.XI	Eau du 16.XI pure, en ballon	14	233	—	22	51	410	380	+	néant	
2	18.XI	du 16.XI avec 220 Copépodes crevés	24	129	—	15	54	480	120	+++	néant	Diatomées : 135
4	19.XI	Eau de départ	33	218	4	25	57	340	60	?		Diatomées : 10
6	22.XI		10	228	9	36		1280		—	après prélèvement de 6, 220 000 U.I. Spécilline	Ciliés 10, beaucoup de détritrus
8	24.XI	Nettoyage ; changement de cristalliseur	24	111	5	43	120	5660	420	+	toujours la même dose du 22.XI	40 petits Ciliés
10	26.XI		3	311	24	21	51	4720	140	++	»	Pas d'infusoires
12	28.XI		9	353	104	22	43	860	50	++	»	
11	26.XI	Eau de départ, en réserve	11	150	37	32	53	4720	—	—		
13	28.XI	N° E	1 + amas 96	45	13	2300	1	80	—	—	du 26.XI, 1,40 g Strepto. 700 000 U.I. Pénicilline G	
14	28.XI	N° C	15	370	102	71	31	580	282	+	du 26.XI, 250 000 U.I./1 Spécilline	
15	2.XII	N° E. Prélevée au fond seulement	2 + amas 96	338	98	1038	13	1010	60	+	»	
16	24.XII	N° E	3	78	32	347	22	2680	80	++	»	
17	24.XII	N° F	2	111	25	1309	10	190	—	?	du 26.XI, 1,40 g Strepto 700 000 U.I. Pénicilline G	302 Diatomées
19	27.VI	Départ le 17.VI Eau non prélevée	—	5	?	—	—	3380	—	++	0,023 g/1 Sultirène depuis le 17.VI	
20	9.VII		1	15	?	1	—	1040	—	++	0,070 g/1 Sultirène depuis le 28.VI	1800 spores Myxophycées
21	19.VII		7	29	?	4	—	350	600	++	0,102 g/1 Sultirène depuis le 13.VII	

les eaux 2, 10 et 12. Ces derniers supportent en tout cas beaucoup mieux que les Copépodes l'adjonction des trois antibiotiques utilisés ici. Même s'il se produit une diminution, peut-être due d'ailleurs à la concurrence d'autres Protistes, elle est temporaire et la population dépasse rapidement le niveau antérieur. C'est le cas des eaux 6 à 12 et 11, 13, 15.

LE COMPORTEMENT EN AQUARIUM

Nous distinguerons deux types de manifestations : le comportement habituel en cristalliseur; la recherche de nourriture.

1^o) Le comportement habituel en cristalliseur.

Lorsqu'on retire le cristalliseur de l'obscurité où il était maintenu, on constate que les Copépodes étudiés peuvent se répartir en deux groupes : les uns sont immobiles, ou peu actifs, les autres perpétuellement en mouvement. Bien entendu, l'excitation due à la lumière intervient sûrement, mais ces observations étant toutes faites devant une fenêtre sans soleil, on peut les tenir pour comparables.

Les Copépodes tranquilles sont les plus nombreux. Ici, c'est le cas de tous les Calanides. Les Calanides lourds, tels *Megacalanus princeps*, *Calanus robustior*, *Neocalanus minor*, tombent lentement, puis donnent quelques coups d'appendices qui les remontent près de la surface et se laissent de nouveau descendre sans bouger, appendices en extension. De nombreux auteurs ont déjà décrit cette conduite comme procédé de filtrage de l'eau pour retenir les particules nutritives.

Par contre, les Eucalanides légers et transparents restent absolument immobiles. Ils ne coulent pas car leur densité doit être presque égale à celle de l'eau, et se tiennent généralement dans le tiers supérieur du bac. De temps à autre, ou lorsqu'on les excite avec une aiguille, ils font un bond rapide qui peut atteindre 15 cm. Avec de telles possibilités musculaires, on se demande comment les filets à plancton peuvent en capturer. Ils doivent être sans doute extrêmement nombreux en profondeur.

Parmi les Copépodes « agités », on trouve d'abord *Haloptilus acutifrons* qui remue continuellement ses appendices mais en restant sur place. Il ne coule pas, comme les Eucalanides dont il a la transparence.

Les *Pontella mediterranea* nagent sans arrêt, assez lentement malgré la rapidité des battements d'appendices, et suivent de préférence les parois du bac. Sortis du réfrigérateur à 12°, il leur faut environ 3 minutes à la lumière avant de commencer à remuer. Cette température les engourdit visiblement. *Aetideus armatus*, dont je n'ai eu que deux exemplaires, a présenté un comportement bizarre qui paraît lié à l'alimentation : il effectuait très fréquemment, au fond du bac, une série de « loopings » sur place, et fouillait le reste du temps dans les tas d'Infusyl (fig. 1). *Phaenna spinifera*, bien qu'authentiquement pélagique, a à peu près la même conduite que les *Oncaea* : elle nage par saccades et se tient de préférence près ou sur le fond du récipient.

Au contraire, *Acartia latisetosa* fréquente plutôt la surface lorsqu'il est en bonne santé. Lui aussi nage sans cesse, préférant se maintenir à un niveau choisi que se laisser tomber pour remonter ensuite. Car il coule dès qu'il arrête, contrairement aux Eucalanides et à *Haloptilus* qui continuent à flotter entre deux eaux même après leur mort, pendant 24 à 48 h.

Les *Euterpina acutifrons* sont très mobiles, mais je les ai toujours vues nageant sur le dos, même fraîches. Cette position dorsale caractérise le début de l'agonie chez *Acartia latisetosa*, *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus arcuicornis* et *Temora stylifera*.

On n'a pas observé en détail le phototropisme d'*Acartia latisetosa*, car il a toutes les chances d'être semblable à celui des autres espèces du genre, déjà bien connues à cet égard.

Une source ponctuelle de lumière les attire vivement bien qu'une certaine fraction de la population reste fixée à la paroi opposée. L'activité est très augmentée par l'exposition lumineuse, les animaux allant jusqu'à bondir hors de l'eau. Ils se disposent en une ou deux minutes dans le rayon lumineux lorsqu'il traverse une cuve obscure, etc...

Par contre, les *Temora stylifera* donnent une réponse négative et s'éloignent le plus possible de la source. Ces réactions sont précieuses pour la sélection des animaux. On peut ainsi obtenir des populations absolument pures d'*Acartia*. Les autres espèces n'ont pas encore été étudiées de ce point de vue.

2^o) Recherche de la nourriture.

L'emploi d'un aliment inaccoutumé se présentant de façon très différente des conditions naturelles devait amener certaines espèces à prouver leur capacité d'adaptation en modifiant radicalement leur mode de prélèvement des particules.

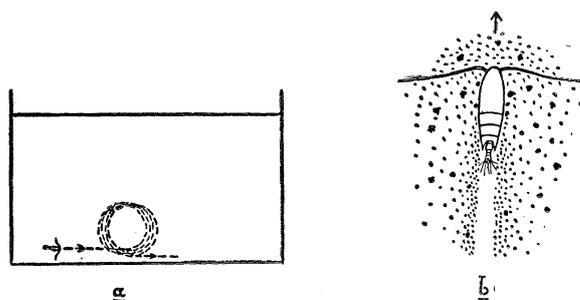


FIG. 1. — Comportement en aquarium de *Aetideus armatus*. *a* : phase « looping »; *b* : phase « chasse-neige ». Les points noirs figurent les petits amas de nourriture artificielle infusyl.

Parmi les Calanides, *M. princeps* nage sur le fond et fouit avec ses appendices dans les tas d'Infusyl. Il paraît préférer les tas assez gros, de 2 à 3 mm de diamètre. Les Eucalanides ne se nourrissent pas souvent. J'en ai vu quelquefois piquer comme une mouette sur un tas d'aliment puis remonter aussitôt près de la surface. Mais comme ces animaux vivent très bien dans de l'eau filtrée, il est possible que l'Infusyl ne soit pour eux qu'une curiosité alimentaire et non une nécessité.

M. princeps, *A. armatus*, *P. spinifera*, *Pontella mediterranea*, *S. dentata* et *O. media* en sont au contraire très friands; leurs tubes digestifs sont toujours bien pleins et vivement colorés en rouge. Lorsqu'on renouvelle l'aliment épuisé ou vieilli, les animaux s'approchent et commencent à consommer le frais en une dizaine de minutes. C'est particulièrement net pour les *Pontella*.

Scol. dentata, *P. spinifera* et *O. media* ont un comportement à peu près identique, qui semble commandé par leur morphologie; vivant toujours sur ou tout près du fond, ils fouissent et grattent les tas d'aliment en changeant fréquemment de place. Les particules sont arrachées au tas par les A 2 et les maxillipèdes, tandis que les pattes natatoires rejettent par derrière celles qui ne sont pas absorbées. Les deux premières espèces, pourtant qualifiées de pélagiques, retrouvent tout naturellement un comportement benthique, ce qui permettrait de supposer que leur habitat normal est en réalité le fond, entre 100 et 300 m. On ne les pêcherait en pleine eau que grâce à leurs migrations verticales. C'est le cas, d'ailleurs, pour deux genres voisins de *Phaenna* : *Pseudophaenna* et *Xanthocalanus*. Il en serait de même de *Oncaea media* qui, lui, est un authentique Harpactoïde possédant antennules et maxillipèdes parfaitement adaptés à ce type de prélèvement, et qu'on trouve cependant en abondance dans l'épiplancton néritique.

Cette hypothèse conduit à penser que certains genres, appartenant aux Phaennidae et Scolecithricidae, doivent représenter une transition entre les Copépodes primitifs du type benthique et les familles pélagiques plus évoluées se nourrissant exclusivement par filtration d'eau. Ces genres intermédiaires effectueraient des séjours plus ou moins prolongés dans les couches supérieures, et il faudrait vérifier s'ils sont aussi capables de s'alimenter par filtration pendant ces migrations.

Les *Pontella mediterranea* semblent plutôt brouter que fouir ou gratter ; elles s'approchent d'un tas et y restent assez longtemps, arrachant les particules et les dévorant au fur et à mesure. On ne voit pas de rejet vers l'arrière.

Mais la conduite la plus curieuse est celle des *Aetideus*. Immobiles près du fond quand on sort le cristalliseur du réfrigérateur, ils se mettent bientôt à alterner les « loopings » décrits plus haut avec un véritable ratissage du fond. Ils se propulsent rapidement, antennes bien écartées, rejetant de chaque côté les particules alimentaires à la manière d'un chasse-neige, et laissent ainsi derrière eux un sillon dégagé un peu plus large que leur corps. Ils évitent les gros amas et circulent ainsi dans les zones où l'aliment est dispersé en couche mince et homogène. Ils parcourent d'un trait des distances allant jusqu'à 12 mm (l'animal a environ 2 mm de long) et l'on peut observer des parcours enchevêtrés de plusieurs centimètres effectués en 48 heures au frigorifique et à l'obscurité. La figure 1 illustre cette conduite extraordinaire qui ne peut se rapprocher de rien d'autre sinon, de loin, des « color dances » de BAYLOR et SMITH (1953).

On peut conclure, après ces diverses manifestations, que les espèces étudiées s'adaptent fort bien (généralement en 48 heures ou moins) à une situation extraordinaire, ce qui est d'autant plus remarquable que l'intérêt de l'aliment est souvent secondaire puisque l'eau renferme encore tout son annoplanton. On peut aussi utiliser ce comportement pour connaître l'habitat le plus probable et le plus usuel des espèces dont la répartition verticale est mal connue.

Au terme de ce travail, très incomplet, on ne peut prétendre qu'à montrer comment une étude purement zoologique des conditions de survie permet de faire d'amusantes observations psycho-physiologiques, et que le domaine encore intimidant de la vie pélagique peut être exploré au laboratoire sans difficultés insurmontables.

Remerciements

Je dois toutes les données numériques et identifications du phytoplancton à la bienveillante patience de M. le Professeur F. BERNARD et de M^{me} G. BUCALOSI. L'examen des intestins et des excréments a été surveillé et vérifié par M^{me} J. LECAL, chef de travaux. Enfin, les prélèvements ont été faits par MM. AFFIDI et DE SAN PEDRO et les antibiotiques aimablement donnés par les Sociétés : Spécia, Clin-Comar et Théraplix. Je les remercie tous de leur gracieuse collaboration, sans laquelle ce travail n'aurait pu être réalisé.

RÉSUMÉ

Cette note résume des essais préliminaires faits en vue de déterminer les milieux propices à l'élevage des Copépodes communs en Méditerranée. J'ai pu conserver en vie un temps plus ou moins long les 15 espèces ci-dessous : *Calanus robustior*, *Megacalanus princeps*, *Eucalanus attenuatus*, *Rhincalanus nasutus*, *Aetideus armatus*, *Haloptilus acutifrons*, *Phaenna spinifera*, *Pontella mediterranea*, *Scolecithricella dentata*, *Microsetella* sp., *Acartia latisetosa*, *Euterpina acutifrons*, *Oncaea media*, *Corycaeus (Agetus)* sp.

Je n'ai pas réussi à dépasser 6 jours pour *Temora stylifera* et 4 jours seulement pour *Clausocalanus arcuicornis*.

Les milieux étudiés sont : l'eau de mer prise au large en surface, l'eau de mer prise à 2 m de profondeur dans le port, l'eau de mer filtrée sur verre fritté.

On a observé l'influence de : l'adjonction d'eau douce, très bien supportée par *Acartia latisetosa*, espèce euryhaline bien connue; des variations de température assez bien tolérées dans l'ensemble; de l'aération continue de l'eau, néfaste.

Des essais d'alimentation artificielle mais probablement non exclusive au moyen de comprimés d'infusoires séchés ont été effectués avec succès pour certaines espèces. Ces

comprimés, colorés par des caroténoïdes, se délitent en petits blocs qui restent au fond du cristalliseur. Les différentes espèces adoptent des comportements variés de fouissage, de ratissage, broutent ou piquent pour se nourrir de cette substance. Des Copépodes typiquement pélagiques, tels que *Aetideus armatus*, *Pontella mediterranea*, ou *Phaenna spinifera* s'adaptent aussi bien que des Harpacticides plus près de la morphologie benthique tels que *Oncaea media* et *Euterpina acutifrons*.

Pour prévenir la pollution bactérienne du milieu, trois antibiotiques ont été utilisés : streptomycine, pénicilline G et sulfaméthopyrazine (sultirène).

Enfin, le nannoplancton du milieu d'élevage a été plusieurs fois examiné au cours de certaines expériences, montrant la prolifération de différents éléments, tels que Flagellés nus et Coccolithophorides dans deux cas.

ABSTRACT

This paper is an account of preliminary attempt to keep alive in aquarium the most common pelagic Copepods of Mediterranean. The 14 species listed above were kept from one to six weeks in various conditions.

Failures of frigorific apparatus forbade us to obtain reproduction and moults, and copepodites V and adults were only tested.

Several experiments were made with filtered and unfiltered water, at various temperatures and with addition of three antibiotics, namely Penicilline G, Streptomycine and Sulfaméthopyrazine. One of them gave excellent results and is well tolerated by animals.

Assay of artificial feeding was made with a paste made of deshydrated Infusorian and carotinoids. This paste lays in little blocks on the bottom of the glass, so animals have to carry an entirely new pattern of feeding. Several types of behaviour are described and support the hypothesis that certain species commonly known as pelagic should probably have a benthic dwelling and swim up during short or long vertical migrations.

The phytoplankton was also counted in order to study its importance as food. Some components such as Coccolithophorids shown a significant increase, and foecal pellets of *Eucalanus attenuatus* were sometimes cramed by coccoliths.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD (F.), 1960. — Problème de fertilité élémentaire en Méditerranée occidentale et orientale, de 0 à 3 000 m de profondeur. — *A. Inst. océanogr.*, s. « *Calypto* », s.p., 96 p., 27 fig.
- BERNARD (M.), 1958. — La production hivernale et printanière de zooplancton à Alger. Premières observations. — *Rapp. et P. V. Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, vol. 15 (2), p. 157-165.
- CONOVER (R.J.), 1956. — Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. — *Bull. Bingham Ocean. Coll.* XV, p. 156-233.
- LOWNDES (A.G.), 1935. — The swimming and feeding of certain Calanoid Copepods. — *Proc. Zool. Soc. London*, 3, p. 687-715.
- MARSHALL (S.M.) and ORR (A.P.), 1958. — Some uses of antibiotics in physiological experiments in sea water. — *J. mar. Res.*, 17, p. 341-346.
- SMITH and BAYLOR, 1953. — Ecology.
- STEEMANN-NIELSEN (E.), 1955. — An effect of antibiotics produced by Plankton Algae. — *Nature*, 176 (4481), p. 553.