FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

RECUEIL DES TRAVAUX DE LA

STATION MARINE D'ENDOUME



Fascicule: 56 - Bulletin nº 40 - Année: 1966

ANATOMIE ET ÉCOLOGIE DE PHORONIS PSAMMOPHILA Cori Golfe de Marseille et Environs; Etang de Berre

par Christian C. EMIG(*)

(•) Mémoire présenté à la Faculté des Sciences de l'Université d'Aix-Marseille en vue de l'obtention du Doctorat d'Océanographie (3ème cycle) le 1er mars 1965.

Rec. Trav. Sta. mar. Endoume. Bull, 40. Fasc. 56. 1966.

Ce travail, commencé au cours du mois de Juin 1963, a porté d'abord sur la biologie d'un Phoronidien à l'origine indéterminée, du Golfe de Marseille, qui s'est révélé être Phoronis psammophil a Cori.

Les études, portant sur l'anatomie et l'histologie des Phoronidiens, ont été entreprises principalement à la fin du XIX° siècle et continuées au début du XX° siècle ; aussi m'a-t-il paru intéressant de compléter ces travaux.

Quant à l'écologie, aucun travail ne lui avait encore été consacré ; dans cet ordre d'idées, toutes les investigations ont été effectuées en plongée avec le scaphandre autonome.

La découverte au mois de Décembre 1963, au cours d'une plongée dans l'Etang de Berre, d'une Phoronis que je déterminai comme étant Phoronis sabatieri Roule, dirigea mes prospections vers l'étude de la répartition des Phoronidiens dans cet Etang ; dès lors les connaissances acquises dans le Golfe de Marseille furent reprises dans l'Etang de Berre, et les travaux furent, ensuite, poursuivis simultanément dans les deux régions.

Il est évident que les données apportées par cette étude ne prétendent pas épuiser un sujet que nous avons du volontairement limiter, mais dont les possibilités de développement demeurent encore vastes.

HISTORIQUE

En 1845, au cours d'une pêche en surface à Helgoland, Joh. MÜLLER découvrit un animal, qu'il crut adulte et nomma Actinotrocha branchiata, le rapportant aux Turbellariés. Au cours des années suivantes, WAGENER (1847), GEGENBAUR (1854), KROHN (1858), LEUCKART (1859) décrivirent l'actinotroque comme une larve, se transformant en un animal tubicole ou vermiforme. Et c'est en 1861 que SCHNEIDER découvrit la métamorphose complète de l'actinotroque et supposa l'adulte être un Sipunculus.

Entre temps, Str. WRIGHT (1856) donna la description de deux nouveaux animaux tubicoles : Phoronis hippocrepia et Ph. ovalis. D'autres recherches furent poursuivies par Van BENEDEN (1858) qui décrivit Ph. gracilis, et DYSTER (1858) qui approfondit l'étude de Ph. hippocrepia.

Enfin, au cours de l'année 1867, KOWALEVSKY démontra que l'actinotroque se métamorphose en une Phoronis et il vérifia que la larve de Phoronis est bien une larve actinotroque. Mc INTOSH en 1888 entreprit l'étude de Phoronis buskii, BENHAM (1889) celle de Ph. australis, et, en 1890, CORI complèta toutes les données histologiques de l'époque en travaillant sur Phoronis psammophila Cori. MASTERMANN (1896) publia un mémoire de la structure complète de l'actinotroque, et, ROULE en 1900, établit l'ontogénèse de Phoronis sabatieri Roule, tandis que Phoronis architecta, actinotroque et adulte, fut décrite, en 1905, par BROOKS et COWLES.

C'est en 1907, que fut présenté, par SELYS-LONGCHAMPS, un travail des plus importants sur les Phoronidiens, traitant principalement de l'anatomie et de l'ontogenèse de Phonoris psammophila et Ph. sabatieri.

Au cours des années suivantés, il faut citer les publications de GILCHRIST (1907) au sujet des Phoronopsis, de STEUER (1933) sur les Phoronis des environs de Rovigno.

En 1939, CORI résuma les principales connaissances acquises au sujet des Phoronidiens et fit un essai de systématique. Puis, de 1952 à 1955, SILEN publia une série de travaux, parmi lesquels il faut indiquer la description d'une nouvelle espèce, Phoronis pallida, et une étude approfondie de l'anatomie du système nerveux des Phoronis.

Au cours des dernières années, on peut mentionner les travaux de HYMAN (1957 et 1958), notamment au sujet de la chitine, de FORNERIS (1959) sur des Phoronis et des Actinotroques du

Brésil, de MARSDEN (1959) sur des Phoronidiens d'Amérique du Nord, et de MAMKAEV (1962) sur des Phoronidiens d'Extrême-Orient.

Les relations phylétiques des *Phoronidea* ont suscité de nombreux travaux, amenant les différents auteurs à faire des hypothèses.

Dès 1857, ALLMAN considère *Phoronis hippocrepia* comme "annelidan homomorph of the hippocrepian *Polyzoa*".

En 1882, METSCHNIKOFF fut contredit, au sujet de l'origine du mésoderme, par CALD-WELL, qui rapprocha les *Phoronis* des Bryozoaires et des Brachiopodes. Et, en 1888, HATSCHEK établit le groupe des *Tentaculata*, comprenant les Bryozoaires, les Brachiopodes et les Phoronidiens.

MASTERMANN, en 1900, rapprocha les Phoronidiens des Ptérobranches, en démontrant leur trimérie, mais trop de difficultés s'opposèrent aux vérifications de cette hypothèse.

Pourtant, de nombreux auteurs, tels CALDWELL, CORI, SELYS-LONGCHAMPS, ont établi une comparaison entre les Phoronidiens et les Bryozoaires, les Phoronidiens étant souvent considérés comme des Bryozoaires aberrants, et, parfois entre les *Phoronis* et les Brachiopodes.

Ainsi, au cours des années, s'est dégagée peu à peu la conception d'une classification, déjà, préconisée par HATSCHEK. La classification, actuellement adoptée dans les traités récents de HYMAN (1958) et GRASSE (1961) est la suivante : Embranchement des LOPHOPHORIENS : Classe des Phoronidiens, Classe des Ectoproctes (Bryozoaires s.s.), Classe des Brachiopodes.

MOYENS ET METHODES DE RECHERCHES

Tous les prélèvements, prospections et recherches ont été faits en <u>plongée avec scaphandre</u> <u>autonome</u>; il est à noter que, sur le sable et la vase, pour l'observation des *Phoronis*, l'utilisation du détendeur "Mistral" et "Royal Mistral" est pratiquement indispensable, du fait de l'échappement des bulles qui se fait dans le dos du plongeur et ne gêne pas son travail, tandis que, avec les détendeurs à deux étages, du type "Cristal", les bulles montent le long du masque, créant ainsi un léger courant suffisant pour provoquer, dans de très nombreux cas, le retrait des *Phoronis*.

A - RECOLTE

Le moyen le plus utilisé et aussi le plus pratique est le <u>sachet en plastique de format</u> <u>40 \times 29 cm</u>. Le prélèvement est fait à la suite d'une observation des *Phoronis* dans le sédiment. La main est utilisée comme une pelle, qui prélève le sédiment sur une épaisseur de 5 cm environ. Ce sédiment est ensuite déposé dans un sachet en plastique. L'opération est répétée deux fois par sachet, puis, ce dernier est fermé par un élastique et remonté à bord du bateau, où il est déposé dans un bac.

Ce prélèvement sert en même temps à recueillir des *Phoronis* et à obtenir des échantillons de sédiment pour des mesures en laboratoire.

En vue de récolte d'un plus grand nombre d'exemplaires, certains prélèvements ont été faits au moyen d'un carré de 10×10 cm de toile pour filet à plancton, de 0,20 mm de maille environ. Dans un endroit riche en *Phoronis*, le sédiment est déposé au centre du carré, qui est refermé et maintenu par les quatre coins. Le sédiment est ainsi tamisé et le refus est mis dans un pilulier. Ce prélèvement réalisé en plongée permet de fixer de nombreux animaux pour l'histologie principalement.

Dans les sables assez grossiers de la station 57 (près des rochers des Trois Frères, dans l'Etang de Berre), il suffit de retourner le sable <u>à la main</u> pour ramasser les *Phoronis* et leurs tubes, mais ce cas est particulier.

L'utilisation de la drague, comme moyen de prélèvement a été rejetée, son travail étant aveugle, et surtout, ne donnant aucune idée de la répartition des animaux sur le fond. En plus, le sédiment remonté est trop important. Son emploi ne correspond pas au travail effectué, et, la plongée reste le moyen le plus précis et le plus pratique ainsi que le plus rapide, pour les prélèvements et pour l'étude de la répartition des *Phoronis*.

B - DENOMBREMENT (des Phoronis)

En utilisant comme méthode de dénombrement un carré de 20 cm de côté (surface : 400 cm²), en fil de fer, il est déjà fort possible d'apprécier l'importance des animaux sur le fond. Ces dénombrements doivent être renouvellés plusieurs fois dans un périmètre restreint. Il est possible ainsi d'évaluer le nombre de *Phoronis* au m², mais les résultats, dans ce travail, seront donnés pour une surface de 400 cm².

Cette méthode est très empirique et présente des défauts importants :

- elle ne permet pas d'apprécier le nombre exact de *Phoronis*, car, en posant le carré sur le fond, on provoque toujours le retrait de quelques lophophores, qui par la suite ne réapparaissent pas et n'entreront donc pas en compte dans le résultat.

- le dénombrement peut être faussé par un courant provoqué par le plongeur et occasionnant le retrait de quelques animaux.

- l'emplacement du carré, sur le sédiment, est malgré tout plus ou moins subjectivement choisi par le plongeur.

Néanmoins, une longue pratique permet de réduire les erreurs par le dénombrement des ouvertures, laissées par les *Phoronis* au cours du retrait brutal. Cette méthode permet une évaluation numérique par unité de surface, ce qui est impossible par dragage, mais les résultats obtenus ne doivent être extrapolés qu'avec restriction, les erreurs devenant rapidement énormes, sauf pour une surface assez limitée.

C - HISTOLOGIE

- <u>Fixation</u>, seul le fixateur Bouin-Hollande a été utilisé, en formule acétique ou non acétique, les résultats étant les mêmes.

- <u>Colorations</u>, après quelques colorations au carmin-hématoxyline, au glychémalun de Mayeréosine, à l'hématoxyline de Regaud, au trichrome Masson-Goldner et au Mallory, la <u>coloration à l'Azan</u> (d'après Heidenhain) est celle qui a été la plus utilisée. J'en indique le mode opératoire et les temps nécessaires :

1. Colorer 1h. à l'étude à 56° dans la solution Azan A.

2. Laver à l'eau distillée.

3. Mordacer 1h. dans une solution d'acide phosphotungstique à 5 %.

4. Laver rapidement à l'eau distillée.

5. Colorer durant 20-25' dans une solution Azan B, diluée une fois.

6. Bien rincer dans l'eau distillée.

7. Différencier dans l'alcool 95°, rapidement.

8. Passer très rapidement dans l'alcool absolu.

9. Faire le montage (toluène, baume du Canada).

La coloration de Mallory donne des résultats approchants ceux à l'Azan, mais la différenciation est moins bonne.

La coloration vitale au bleu de méthylène, a été employée pour le système nerveux. L'animal, est plongé vivant dans une solution isotonique de bleu de méthylène (1 cm³ de sol. à 0,8 % dans l'eau bidistillée pour 3 cc. eau de mer). La durée de coloration demande quelques essais : elle est de l'ordre de 1-2 jours. On remarque souvent que ce traitement provoque l'autotomie du lophophore.

D - CARBONE ORGANIQUE

Les observations, faites en plongée, m'ont conduit à procéder à des mesures de carbone organique dans les sables fins. Le sédiment a été prélevé dans les sacs en plastique (comme en A). La teneur en carbone organique du sédiment a été déterminée par la méthode de ANNE. Les tamisages du sable, préalablement desséché à 100° durant 48 heures, sont effectués sur des tamis de maille nº 160. Ce choix n'est pas arbitraire, mais correspond au passage de la plus grande fraction sableuse.

La méthode de ANNE a été utilisée de façon à pouvoir comparer les résultats obtenus par M. MINAS (1964) dans l'Etang de Berre avec ceux que j'ai obtenus dans le Golfe de Marseille.

E - GRANULOMETRIE

Le sable est prélevé dans le même sac en plastique que pour les mesures de carbone ; il est traité dans une étuve à 60° avec de l'eau oxygénée à 110 volumes, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dégagement de bulles. Il est ensuite desséché et 100 grammes de ce sable sont passés sur une colonne de tamis, dont les mailles mesurent successivement : (du haut en bas, en mm) 1,00 ; 0,75; 0,60 ; 0,50 ; 0,43 ; 0,30 ; 0,25 ; 0,20 ; 0,15 ; 0,12 ; 0,10 ; 0,075 ; 0,060 ; 0,040.

F - EXPLOSIMETRE

Le sédiment est prélevé, en plongée, dans des bocaux de 1 litre. Le bocal est poussé devant le plongeur, il "drague" le sédiment sur une profondeur de 5 cm environ, et, une fois rempli, il est retourné, après avoir été fermé, pour éviter une perte de gaz possible. Le prélèvement doit être analysé le plus rapidement possible pour empêcher toute perte dans la teneur des gaz. Les mesures sont faites avec l'EXPLOSIMETRE ICARE P 210, qui permet de détecter principalement le méthane et ses homologues supérieurs (figure ci-dessous).



Cet appareil a fait l'objet d'une présentation dans le recueil de la Station Marine d'Endoume, à la suite d'un travail réalisé par C.C. EMIG (sous presse).

G - ELEVAGES

Les expériences au laboratoire ont été faites dans des aquariums en verre ou en matière plastique (dimensions $18 \times 12 \times 18$ cm).

Après plusieurs essais en aquarium, les expériences se sont déroulées dans les conditions suivantes : la hauteur de l'eau au-dessus du sédiment est de 10 cm environ (jamais inférieure à 5 cm) ; la hauteur du sédiment est de 5 cm environ (dans un des aquariums les *Phoronis* vivent depuis quelques mois sans sédiment); à 1 cm au dessus du sédiment, un diffuseur d'air débite une forte proportion d'air (de 50-100 litres/minute) ; la température de l'eau est constante et de l'ordre de 19-22°, aucune nourriture n'est introduite, l'eau est renouvelée tous les 2-3 mois. Les *Phoronis* peuvent facilement vivre dans de pareilles conditions durant des mois, mais il faut toujours surveiller et le débit d'air et le niveau de l'eau.

Quand le sac en plastique, contenant le prélèvement est ramené au laboratoire, il est ouvert et retourné lentement dans l'aquarium. Après quelques heures, quand l'eau a repris sa transparence, les *Phoronis* sont à la surface, lophophore étalé, mais on constate qu'une certaine proportion des exemplaires a perdu le lophophore.

PREMIÈRE PARTIE

MORPHOLOGIE ET ANATOMIE DE PHORONIS PSAMMOPHILA Cori

En 1907, SELYS-LONGCHAMPS, après avoir fait une étude anatomique approfondie de Phoron & psammophila Cori et de Phoronis sabatieri Roule, proposa déjà de les réunir en une seule espèce. Je n'ai pas pu trouver de travaux faits simultanément sur ces deux espèces depuis cette date. On a toujours séparé ces espèces dans les travaux entrepris.

Après de nombreuses comparaisons anatomiques et histologiques, il ne m'a pas été possible, de différencier ces deux espèces. Il faut pourtant signaler que Phoronis sabatieri est en général d'une taille supérieure à Ph. psammophila, et que le nombre de bandes musculaires longitudinales est légèrement inférieur chez la plupart des exemplaires de Ph. sabatieri. Mais, ces petites différences me semblent insuffisantes pour justifier le maintien des deux espèces. Je groupe donc Phoronis psammophila Cori (1889) et Phoronis sabatieri Roule (1889) sous le nom unique de PHORONIS PSAMMOPHILA Cori qui bénéficie de l'antériorité.

Cependant, on trouve Ph. psammophila Cori en mer libre, tandis que Ph. sabatieri Roule a toujours été décrite dans des milieux à salinité diminuée (Etang de Thau, Etang de Berre), ce qui pourrait expliquer les différences observées pour l'anatomie. Je propose, donc, à priori les noms de Phoronis psammophila psammophila pour Ph. psammophila Cori, et Phoronis psammophila sabatieri pour Ph. sabatieri Roule.

Les conclusions définitives, concernant ces deux sous-espèces, seront tirées après l'étude de la deuxième partie, concernant l'écologie.

1 - MORPHOLOGIE EXTERNE

1. Le tube

Phoronis psammophila vit, non fixée, dans un tube, est enfoncée verticalement dans le sédiment sableux ou vaseux, sans aucune liaison avec les autres tubes.

Ce tube est constitué d'une substance agglutinante, en chitine (HYMAN, 1958), fixant les grains de sable ou de vase. La sécrétion de la substance se fait sur l'ensemble du corps ; mis dans une coupelle, l'animal se débarrasse de son tube. Si, après cinq minutes environ, on jette, au dessus de la Phoronis, du sable, celui-ci se colle instantanément à l'ensemble du corps. Cela semble prouver que la sécrétion se produit sur tout le corps.

Des expériences en aquarium permettent de montrer que Phoronis psammophila peut former son tube de manières diverses :

- une Phoronis posée sur le sédiment d'un aquarium, par exemple, formera son tube en s'enfonçant verticalement par l'ampoule dans le sédiment. Dans ce cas la formation du tube, débute par l'extrémité postérieure.

- une Phoronis posée au fond d'une "cage", faite avec deux lames de verre collées ensemble et laissant un espace de 1 mm environ entre elles (voir figure 1). Cette cage est mise dans un aquarium. On dépose en position 1 une Phoronis débarrassée de son tube ; on remplit entièrement de sable la cage. L'animal monte verticalement vers la surface en 15-20 minutes avec le lophophore en allant jusqu'en position 2 qui est habituelle. En séparant après 4 jours, les deux lames de verre, on découvre un tube très fragile, qui durcira avec le temps. Dans ce deuxième cas, l'animala formé son tube par l'extrémité antérieure du corps, car, si la formation avait débuté par l'ampoule, la Phoronis aurait du sortir du sédiment entièrement pour s'enfoncer par l'ampoule ; or, ceci n'a jamais été observé.

La dimension des grains, fixés sur les tubes, varie en général de 300-600 microns pour Phoronis psammophila sabatieri de la station 57, de 100-200 microns pour le tube de Ph. psammophila psammophila, de 1-5 microns pour Ph. psammophila sabatieri sur fond vaseux. On y trouve très rarement des débris organiques. Les tubes sont libres entre eux, je n'ai trouvé que deux tubes de P. psammophila sabatieri avant dans un des cas un point de fixation sur une coguille et dans l'autre cas un caillou. La dimension des tubes varie peu : en général d'une longueur de 5-10 cm et d'un diamètre de 0,5-1 mm. Les tubes affleurent le sédiment, sans jamais le dépasser (figure 3)...



la Phoronis est mise en position 1, et recouverte par du sable ; après un certain temps, la Phoronis apparait en position 2.





Figure 1 - Cette figure représente la "cage" de verre, réalisée pour l'expérience de la formation du tube :

2. Caractères externes

Ph. psammophila psammophila mesure de 0,5-1,5 cm, selon les exemplaires et leur état de contraction, et, leur diamètre varie de 0,03-0,05 cm Ph. psammophila sabatieri a des dimensions plus importantes : de 1,2 à 2 cm pour la longueur et de 0,06-0,08 cm pour le diamètre. Ces nombres représentent les seules différences extérieures que j'ai pu noter entre Ph. p. psammophila et Ph. p. sabatieri.

Au sujet des différentes mesures du corps, je n'ai pas pu mettre en évidence de relations, ni entre la longueur du corps et la longueur des tentacules, ni entre la longueur du corps et le diamètre du corps.

L'observation sommaire d'une Phoronis permet de délimiter deux grandes parties : la couronne tentaculaire ou lophophore, antérieure et située en haut, si l'on considère la position verticale de l'animal comme normale, et le tronc, dont la partie postérieure, placée en bas, est formée d'un renflement du corps, et, nommée l'ampoule. En fait le corps se subdivise en 3 régions bien distinctes : prosome, mésosome, métasome. Pour une question de commodité de l'exposé, la description du prosome fera suite à celle du mésosome.

a - Mésosome :

Il est formé principalement par la couronne tentaculaire ou lophophore. Sa forme générale est en fer à cheval (figures 4 et 5). Sa couleur est, à la base des tentacules, brun rouge avec une faible concentration de pigments blancs en dessous et au-dessus. La pigmentation blanche est discontinue dans les tentacules, avec une légère concentration dans les parties distales (voir figures 4 et 53). Les pigments blancs ont un aspect granuleux (figure 21). Les tentacules sont d'une transparence légèrement atténuée.

En plongée, j'ai souvent remarqué des Phoronis, ayant des lophophores, dont la couleur est ocre, rose, orange, et même parfois brun-verdâtre. On les trouve généralement groupées en 2-4 exemplaires. Après la mise en aquarium de ces Phoronis, on observe, après quelques jours, que cette coloration commence à pâlir, puis à disparaitre à partir de la région distale des tentacules. Au bout d'une semaine, il est impossible de les distinguer des autres exemplaires. Cette coloration n'est, donc, pour les Phoronis, que secondaire.

Le lophophore mesure, en général, de 1-1,3 mm de long (jusqu'à 2,5 mm pour Phoronis psammophila sabatieri). La couronne tentaculaire est formée de deux rangées de tentacules : l'une externe, en continuité avec l'autre, interne (figure 5). Entre ces deux rangées, s'ouvre la bouche, couverte par l'épistome (figure 6).

Le lophophore a la faculté de s'autotomiser et de régénérer. L'étude de la régénération a été faite par SILEN (1955) et MARSDEN (1957) pour Phoronis ovalis et Ph. vancouverensis. L'autotomie peut se produire guand les conditions du milieu deviennent défavorables (mise en aquarium par exemple) ou à la suite de mauvais traitements des exemplaires. Au cours de leur vie en aquarium, cette autotomie se manifeste de temps en temps (tous les deux mois environ) selon les exemplaires ; elle ne se fait pas en même temps pour toutes les Phoronis. Le traitement en bleu de méthylène provoque aussi la chute de la couronne tentaculaire.

Le nombre de tentacules varie de 76 à 128, avec une moyenne de 100 environ. Dans la partie centrale de la rangée interne de tentacules (figure 6), ces derniers ont une taille plus petite, laissant supposer une zone d'accroissement du nombre de tentacules. En dehors de cette zone, les tentacules ont tous la même longueur.

Le lophophore est entièrement cilié : sur les faces internes, les cils atteignent 20 microns ; la ciliation est très réduite et parfois absente sur les faces internes. Les cils sont constamment en mouvement, créant ainsi des courants qui assurent la collecte des particules alimentaires, et le renouvellement d'eau nécessaire pour l'oxygénation.

Les tentacules ne sont soudées qu'à la base (figures 4 et 7). On distingue, dans un tentacule, plusieurs couches distinctes et successives (figures 7 et 8) :

- une cuticule externe protégeant l'épiderme.

- l'épiderme, formé par une seule couche de cellules épidermiques à noyaux ovales ; son épaisseur est plus importante du côté interne (figures 5 et 7).

- une couche nerveuse épithéliale, visible du côté interne des tentacules (voir paragraphe : système nerveux).

- la membrane basale (ou couche squelettique), présente dans tout le lophophore, mais disparait dans la partie distale des tentacules (figure 8).

- la couche musculaire comprend des fibres circulaires, qui n'ont pas pu être mises en évidence, mais sont probablement présentes, contrairement à l'opinion de HYMAN (1958) ; la présence de constrictions est en faveur de l'existence de telles fibres. Les fibres longitudinales, bien visibles, sont disposées sur les faces externes et internes des tentacules.

- le péritoine, interne et syncytial.

Un fin vaisseau sanguin (capillaire) est fixé sur la face interne du tentacule et est recouvert par le péritoine. Sur les figures 7 et 8, les capillaires sont contractées, au cours du passage des globules sanguins, ils se dilatent et occupent une grande partie du coelome des tentacules.

Les organes lophophoriens n'ont pu être mis en évidence sur aucune Phoronis, examinée, exception faite de 3 à 4 exemplaires de Phoronis psammophila sabatieri, observées en plongée au cours du mois de Juin.

b - Prosome :

Il comprend uniquement l'épistome (figures 6 et 10), repli de la paroi du corps, s'insérant à la base des tentacules internes, dans la concavité du lophophore (figure 6). Son rôle est obscur, et il m'est difficile de lui attribuer celui de "couvercle" de la bouche, celle-ci ayant la possibilité, grâce à ses muscles, de se fermer entièrement. Je lui attribue plutôt un rôle de filtrage ou de choix de la nourriture, ceci à cause de sa position et de sa ciliation, qui est très développée.

c - Métasome :

La séparation entre mésosome et métasome est marquée par un sillon peu profond ; elle est plus visible sur les coupes, où elle est marquée par le diaphragme. Le métasome est formé par une région cylindrique qui se termine en position distale par l'ampoule. Il s'ouvre, dans la partie antérieure, par deux orifices : - la bouche est située généralement au sommet d'une papille, en forme de fente semi-circulaire, - l'anus s'ouvre au sommet de la papille anale, bien développée et proéminente ; son ouverture est une fente peu allongée.

L'épiderme du métasome est creusé de rides circulaires, plus ou moins distinctes, selon l'état de contraction de l'animal (figure 24). Il est entièrement couvert de cils de 5-10 microns de long, et dont le battement est ininterrompu. Le rôle de ces cils est sans doute de garder propre la surface de l'épiderme.

L'ampoule, partie terminale, est un renflement de la partie postérieure du tronc. SELYS-LONGCHAMPS y distingue deux régions, une ciliée avec des rides circulaires, et l'autre lisse et non ciliée, (figure 13, planche 8, 1907). Je n'ai pas retrouvé ces deux régions, par contre la ciliature recouvre entièrement l'ampoule, ainsi que les rides. Pourtant l'ampoule possède la particularité de pouvoir rétracter, à l'intérieur du corps, sa moitié postérieure.

Le métasome est de couleur chair, le tube digestif est brunâtre et les vaisseaux sanguins sont rouges. L'ampoule est plus ou moins pourpre, coloration donnée par le sinus péristomacal et l'estomac.

Le seul caractère extérieur qui permet de distinguer Ph. p. psammophila de Ph.p. sabatieri est la taille qui est nettement plus grande pour la seconde ; la distinction se fait très bien en plongée, le lophophore étant plus grand et plus visible.

2 - ANATOMIE ET HISTOLOGIE

1. Paroi du corps

Elle comprend, chez Phoronis psammophila, une succession de couches :

- l'épiderme est externe ; son étude a été fort bien analysée par CORI et SELYS-LONGCHAMPS. Je distingue trois couches :

. la cuticule, externe et de 1 micron environ d'épaisseur.

. la couche de cellules épidermiques, elle contient des cellules glandulaires.

principalement dans la partie antérieure du métasome et à la base du lophophore. Néanmoins, on les trouve sur toute la surface du métasome, et rarement dans les tentacules (SILEN).



Figure 4 - Lophophore de Phoronis psammophila.

Figure 5 - Coupe du lophophore au-dessus de l'épistome. 300×.

Figure 6 - Coupe du lophophore au niveau de l'épistome. 100×.



Figure 7 - Tentacules, en coupe transversale à la base du lophophore. 400×.

Figure 8 - Coupe de la partie distale des tentacules. 700×.

.

Figure 9 - Schéma d'une coupe de la région moyenne du métasome (mésentères).



. la couche nerveuse épithéliale, dont l'étude sera entreprise avec celle du système

nerveux.

- la membrane basale est une couche de soutien, dont l'épaisseur subit des variations assez importantes, notamment du côté externe de la membrane basale qui suit les rides de l'épiderme, créant ainsi des épaisseurs fort variables d'une ride à l'autre ; ceci est bien visible sur les coupes sagittales.

- deux couches musculaires, l'une circulaire, mince et externe, l'autre longitudinale en faisceaux.

- le péritoine est une couche cellulaire, tapissant toutes les régions internes des Phoronis.

2. Cavités coelomiques

De nombreuses études sur les cavités coelomiques et la formation des mésentères ont été faites par CALDWELL, CORI, SELYS-LONGCHAMPS. Je me bornerai à n'en donner qu'une description succinte, mais indispensable pour cette étude anatomique.

On distingue une cavité coelomique par segment (figures 9 et 10) :

- le coelome de l'épistome est une petite cavité communiquant avec celle du mésosome.

- le coelome mésosomique ou cavité lophophorale est clos, envoyant un diverticule dans chaque tentacule.

- le coelome métasomique est séparé du coelome mésosomique par le diaphragme. L'insertion du diaphragme suit le nerf circulaire, l'insertion pariétale se fait plus bas que l'insertion viscérale, contrairement à la description de SELYS-LONGCHAMPS (1907). Le diaphragme est composé par deux feuillets, l'un supérieur provient du coelome mésosomique, l'autre inférieur et métasomique ; entre ces deux feuillets, on distingue une membrane basale. L'oesophage et les vaisseaux sanguins traversent le diaphragme, tandis que intestin et néphridies restent en arrière.

Le coelome métasomique, le plus important, forme la cavité du tronc. Il communique avec l'extérieur par les néphridies. Il est divisé en deux parties par le mésentère principal, médian, dorso-ventral, déterminant ainsi une partie droite et une gauche. La branche ascendante et descendante du tube digestif sont reliées par le mésentère médian. Les deux parties précédentes sont encore divisées en deux chambres par des mésentères latéraux, un gauche et un droit. Tous les mésentères relient le tube digestif à la paroi du tronc. Le métasome est ainsi divisé en deux cavités dorso-latérales et deux cavités ventro-latérales (figures 9, 10).

Dans l'ampoule, les mésentères principaux médians subsistent, tandis que disparaissent successivement le mésentère latéral gauche, puis le mésentère latéral droit.

Des mésentères latéraux secondaires relient à la paroi du tronc la branche descendante du tube digestif.

Les mésentères sont formés par deux feuillets péritonéaux accolés.

La disposition des coelomes et mésentères est identique dans les deux formes de Phoronis psammophila.

3. Néphridies

Phoronis psammophila possède deux néphridies, situées dans la partie supérieure du corps, d'abord dans la papille anale, puis dans la paroi du corps entre l'épiderme et le péritoine. Elles correspondent à l'insertion des mésentères latéraux.

Les néphridies sont du type à un seul entonnoir coelomique : leur forme générale est un tube en U, dont les branches sont très proches, accolées l'une contre l'autre, et assymétriques. La branche descendante est la plus courte et débute par le pavillon ouvert dans la cavité coelomique ; elle se poursuit par la branche ascendante, qui est la plus longue et qui s'ouvre à l'extérieur par le pore urinaire (figures 10, 23).

La description anatomique et histologique des néphridies a été faite en étudiant des séries de coupes transversales et sagittales :

- les deux pores urinaires (un par néphridie) sont situés de part et d'autre de l'anus, en retrait vers l'intérieur et nettement en dessous de cet orifice (figures 15, 36). Les pores sont logés à l'intérieur de la papille anale, entre le péritoine et l'épiderme, sur une proéminence plus ou moins marquée de cette pupille. L'éphithélium des pores est formé de cellules peu nombreuses à noyaux petits, ovales et peu chromophiles, ressemblant à ceux de l'épiderme, tandis que la lumière du pore est pratiquement inexistante.

- la branche ascendante, faisant suite au pore, augmente rapidement de calibre, par augmentation de la lumière du tube, en même temps qu'elle se déprime parallèlement à l'épiderme. Son épithélium est composé d'une couche unique de cellules, dont les novaux sont arrondis ou légèrement ovales, plus grands et plus chromophiles que ceux des pores. L'épithélium est mince du côté intestin, et, plus important du côté opposé ; la ciliature est faible (figure 13).

Au fur et à mesure que le calibre du tube augmente, il se déprime (figure 13) centralement. L'épithelium devient mince par diminution du cytoplasme, dont l'aspect est fibreux et les noyaux sont rejetés contre la paroi du tube, très proches les uns des autres. Dans le cytoplasme il y a apparition de granulations. L'épithélium reste pourtant plus important dans la partie opposée à l'intestin. L'aplatissement devient maximum, la branche ascendante se poursuit par la branche descendante, tandis que l'épithélium s'étend encore plus bas (figures 23, 37), les noyaux restent à la périphérie et les granulations occupent presque tout le cytoplasme.

- la branche descendante, accolée à la branche ascendante, et d'un calibre nettement inférieur, est arrondie avec une lumière assez faible. L'épithélium est plus épais, formé de cellules, dont les noyaux sont chromophiles, plus allongés et ne sont pas rejetés à la périphérie. Cette branche s'ouvre par le pavillon urinaire dans la cavité coelomique ; il est formé d'un épithélium différent, composé de cellules étroites et allongées, dont les noyaux sont fortement chromophiles, très allongés et serrés les uns contre les autres (figure 38).

Le pavillon urinaire se poursuit par un épithélium urinaire, proche de celui de la branche descentante, au dessus de l'ouverture du mésentère latéral, et, se continue vers l'oesophage et le diaphragme par un tissu éptihélial et péritonéal ; il ne m'a pas été possible de retrouver, ce tissu au dessus du diaphragme.

Au sujet du rapport entre les néphridies et le système circulatoire, je ne crois pas qu'il puisse y avoir de liaison, étant donné que les deux branches ne passent pas le diaphragme au niveau du pavillon urinaire, ceci dans les coupes que j'ai étudiées. Le pavillon urinaire s'ouvre largement en dessous du diaphragme comme le démontre la figure 23, tandis que CORI, puis, SELYS-LONG-CHAMPS ont décrit l'ouverture du pavillon urinaire comme s'appliquant contre le diaphragme.

De même que CORI, j'ai retrouvé, dans l'épithélium des néphridies, des granulations, apparaissant dans le cytoplasme vers le haut ou milieu de la branche ascendante. Dans les coupes colorées à l'Azan, elles apparaissent jaune ocre, prenant le carmin et très réfringeantes. Il semblerait que leur disposition dans les cellules soit de préférence autour des noyaux qu'elles ont tendance à entourer. Ces granulations sont très nombreuses dans la partie inférieure des néphridies, où la branche descendante rejoint la branche ascendante ; elles sont en nombre très faible dans la branche ascendante. Elles représentent probablement les produits d'excrétion.

La disposition des néphridies est identique chez les deux sous-espèces étudiées.

4. Appareil digestif

La forme générale du tractus digestif est pour l'ensemble des Phoronidiens, celle d'un tube en U, partant de la bouche, située en position sub-terminale ventrale : la branche descendante se poursuit dans tout le métasome jusqu'à l'ampoule, où elle se recourbe vers le haut et la branche ascendante s'ouvre dans l'anus en position dorsale, en arrière de la bouche, dans la cavité du lophophore.

La paroi du tube digestif est composée, en général, de trois couches distinctes :

- l'épithélium, limitant la lumière du tube et formé par une seule couche de cellules.
- une couche musculaire,

- une couche péritonéale, à l'extérieur, représentée par la splanchnopleure.

On distingue dans le tractus digestif, cinq divisions, que CORI fut le premier à mettre en évidence sur Phoronis psammophila,

- Oesophage :

Il fait suite à la bouche. La paroi oesophagienne est composée d'un épithélium cylindrique très épais, en continuité avec l'épithélium entourant la bouche ; cette paroi, délimitant une lumière étroite du tube, est formée de cellules étroites, ciliées, à noyaux allongés ; elle repose sur une membrane basale, elle-même recouverte par une couche musculaire, bien visible, composée de quelques faisceaux de muscles longitudinaux vers l'intérieur et principalement des muscles circulaires vers l'extérieur (figure 11).

Figure 10 - Coupe sagittale de la partie antérieure de Phoronis psammophila. 160×.

Figure 11 - Couche musculaire de la paroi de l'oesophage. 700×.

Figure 12 - Coupe sagittale du pylore (passage estomac-intestin). 350×.

Figure 13 - Coupe transversale du métasome au niveau des néphridies. 160×.



Figures 14 et 15 - Coupe de la papille anale : au niveau de l'anus (figure 14) et du début de l'intestin (figure 15). 700×.

Figure 16 - Contact sinus péristomacal - estomac. 350×.

Figure 17 - Détail de la figure 16 : on observe que ce contact est direct, et, que le sinus est clos (on distingue très nettement la paroi du sinus). 700×.



- Pré-estomac (ou pro-ventricule)

Il constitue la majeure partie de la branche descendante du tube digestif. Le passage oesophagepré-estomac se fait très rapidement, en l'espace de 10-20 microns (figure 10). Le pré-estomac est marqué par un élargissement du tube, tandis que l'épithélium devient mince (figure 10). Cet épithélium est formé de cellules à noyaux ovalaires, peu allongés et occupant une grande partie de la cellule. L'épithélium est faiblement cilié ; sauf dans la partie en contact avec le vaisseau sanguin médian, le pré-estomac est marqué (figure 31) par un sillon fortement cilié avec épaississement de l'épithélium. La musculature se réduit fortement, ne subsistant plus que par une très faible couche de muscles circulaires.

- Estomac

Il occupe pratiquement l'ampoule, ses dimensions sont réduites par rapport aux autres parties du tractus digestif. Il se distingue du pré-estomac par un épaississement de l'épithélium, ainsi que du tube. L'épithélium est cilié et composé de cellules cylindriques allongées et ciliées, les noyaux ovalaires sont rejetés vers la périphérie du tube (figures 16, 17). La couche musculaire disparait progressivement et fait place aux vaisseaux sanguins qui entourent finalement tout l'estomac, et, qui forment à ce niveau le sinus péristomacal (figure 16). Les globules sanguins entrent en contact direct avec les cellules stomacales (figure 17). L'importance du contact entre l'estomac et le sang est considérable pour les échanges nutritionnels. Cet endroit est le seul où ce contact se réalise, toutefois exception faite en ce qui concerne quelques attaches entre le vaisseau médian et le préestomac.

- Intestin

Il est séparé de l'estomac par un sphincter ou pylore, qui se distingue fort bien sur la figure 12. Il forme la partie ascendante du tube digestif. Au dessus du pylore, l'intestin est encore un tube élargi qui se réduit durant son ascension vers la région antérieure du tronc, la diminution du diamètre du tube est d'ailleurs rapide. L'épithélium intestinal est plus épais et plus cilié que celui du pré-estomac (figure 31). Les cellules sont composées d'un cytoplasme granuleux et de noyaux ovalaires proches de ceux du pré-estomac. La couche musculaire réapparait, mais étroite, longitudinale, accolée à la splanchnopleure, très étroite également. La section du tube est souvent rectangulaire.

- Anus

De sa position centro-dorsale, l'intestin s'infléchit et passe en position nettement dorsale (figure 13). L'anus est en forme de fente peu allongée ; il est formé de grosses cellules, dont les noyaux sont rejetés vers l'extérieur, elles se prolongent légèrement vers l'intestin (figure 14). La figure, 15, représentant une coupe faite quelques microns plus bas dans le corps de la figure 14, montre l'épithélium normal de l'intestin.

Les mêmes observations ont été faites sur les deux formes de *Phoronis psammophila*, sans que de différences aient pu être mise en évidence.

5. Système circulatoire et circulation sanguine

Mes observations de l'appareil circulatoire de *Phoronis psammophila psammophila et Ph. psammophila sabatieri* coïncident avec les descriptions faites par CORI et SELYS-LONGCHAMPS. Aussi je me bornerai à n'en donner qu'une très rapide étude.

L'appareil circulatoire est entièrement clos, formé par deux vaisseaux longitudinaux, qui suivent le tube digestif auquel ils se rattachent par des mésentères ; ils occupent avec le tube digestif la majeure partie de la cavité coelomique du corps (figure 30).

Le <u>vaisseau latéral</u> efférent et descendant, parcourt la branche ascendante du tube digestif, (intestin), dans la cavité coelomique ventro-latérale gauche. Son calibre est plus large en général que celui du vaisseau médian ; il porte sur son trajet des capillaires en coecum. Sur certaines coupes, j'ai vu ces capillaires se prolonger dans la cavité coelomique ventro-latérale droite ; je n'ai pas observé ces capillaires chez tous les exemplaires que j'ai étudiés et ils semblent manquer totalement chez certains. Ces capillaires ont la possibilité de traverser les mésentères, et ainsi de passer dans les cavités coelomiques adjacentes, ce qui n'avait pas encore été observé. Le vaisseau latéral se jette dans le <u>sinus péristomacal</u> que forme dans l'ampoule et au contact de l'estomac le vaisseau médian ; ce sinus, qui remplit pratiquement toute l'ampoule, est bordé par le péritoine à l'extérieur (figure 16). Le rôle du sinus péristomacal est double : il permet le passage des produits de la digestion de l'estomac dans le système circulatoire, et permet également le "stockage" des globules sanguins en attendant leur rapide distribution dans le corps.

Le sinus péristomacal se poursuit par le vaisseau médian dorsal, afférent et ascendant, qui court le long de la branche descendante du tube digestif dans la cavité coelomique dorso-latérale droite. Il traverse le diaphragme, bifurque en T et forme l'arc afférent du complexe lophophoral circulatoire. Ce complexe est composé par des arcs, l'un, externe et légèrement situé en dessous de l'autre, que je nomme l'arc lophophoral efférent, le deuxième est l'arc lophophoral afférent interne. Ces deux arcs placés l'un contre l'autre forment ensemble le vaisseau lophophoral. Il est en fer à cheval et suit la base des tentacules. Les deux arcs sont distincts sur tout leur parcours. Le vaisseau lophophoral envoie un capillaire en cul-de-sac dans chaque tentacule. les globules sanguins sont envoyés un à un dans ce capillaire par l'arc efférent, puis reviennent et se jettent dans l'arc efférent. Le sang n'est en contact avec l'épiderme que dans les tentacules ; la paroi des capillaires étant très mince, l'oxygénation se fait donc à cet endroit, ce qui montre le rôle capital de la couronne tentaculaire dans la respiration. Néanmoins, en cas d'autotomie du lophophore, relativement fréquente, la respiration et l'oxygénation se font par l'épiderme, pouvant ainsi faire intervenir, dans ce rôle, les capillaires en coecum. La respiration cutanée peut également expliquer le battement continuel des cils du métasome, qui maintient la surface de l'épiderme libre de tout débris, et assure au contact de celui-ci un courant d'eau sans cesse renouvelé.

L'arc efférent se prolonge vers le bas par deux branches qui se réunissent sous le diaphragme pour former le vaisseau latéral.

Circulation sanguine dans les tentacules

Le diamètre des globules sanguins, contenant de l'hémoglobine, varie entre 5-10 microns (figure 21). Je n'ai pas pu constater de différence entre les globules sanguins de Fh. p. psammophila et Ph. p. sabatieri.

La description de la circulation sanguine dans le métasome a été faite antérieurement par de nombreux auteurs. La circulation dans le lophophore reste encore obscure. Les observations que j'ai pu faire, ont été faites sur les Phoronis vivantes, ce qui présente le grand avantage de pouvoir suivre directement la circulation sanguine. Elle est bien visible dans le vaisseau lophophoral : le sang est poussé depuis le vaisseau médian dans l'arc lophophoral afférent, d'où les globules sanguins sont distribués dans les tentacules. Au cours de la montée dans le capillaire tentaculaire, les globules subissent une très forte accélération, du fait de la poussée exercée par les pulsations dans l'arc lophophoral afférent. Cette montée se fait en "chapelet" de globules ; un chapelet est toujours précédé par un globule isolé à une distance de 21-30 microns ; il ne monte jamais jusqu'à l'extrémité supérieure des tentacules. Le chapelet s'immobilise à la fin de la poussée, durant 2-5 secondes. Après ce laps de temps, le capillaire est soumis à une contraction sans doute longitudinale, débutant à l'extrémité supérieure du capillaire et se prolongeant jusqu'au vaisseau lophophoral. Son effet est de vider le capillaire du chapelet en globules, qui parcourent ainsi le chemin inverse et passe dans l'arc lophophoral efférent, placé sous l'arc afférent. A la base du capillaire les globules poussent une valvule, qui se referme après leur passage empêchant leur descente dans l'arc afférent, mais les guidant dans l'arc efférent ; cette valvule, une fois fermée, brise la poussée que subissent les globules.

Au cours de la rapide montée et descente dans les capillaires tentaculaires, les globules sanguins subissent des déformations, dûes à l'accélération et aux frottements. Une étude similaire a été faite par M. GUEST, T.P. BOND, R.G. COOPER et J.R. DERRICK (Université de Galveston) sur les capillaires sanguins de l'estomac de chien, au cours de l'année 1964 ; pour eux, la déformation est obtenue au contact d'un passage étroit et d'une modification du débit.

Sur les figures 20, 21 et 22, on se rend bien compte que le diamètre des capillaires est sensiblement égal à celui des globules ; ceci entraine, au cours de l'accélération, une déformation des globules en forme de cloches ou d'obus (figures 20, 21, 22). En effet, les frottements des globules sur la paroi des capillaires provoquent un ralentissement de la vitesse extérieure du globule, tandis que la partie centrale du globule non soumise à ce frottement, a une vitesse supérieure (figure 18).

Le noyau du globule a tendance a être rejeté vers l'arrière. L'élasticité de la membrane des globules permet ces déformations sans provoquer d'altérations irréversibles.

Figure 19 - Globule sanguin. 1000×.

Figures 20, 21, 22 - Déformations des globules sanguins dans les capillaires des tentacules. Ces photos ont été prises à $1/25^{\circ}$ et $1/50^{\circ}$ de seconde. $1000 \times$, figure 23 ; 700 ×, figures 22 et 24.

Figure 23 - Coupe sagittale d'une néphridie. 400×.





Ces observations, faites chez *Phoronis psammophila* pourront sans doute être étendues à toutes les espèces de *Phoronis*.

6. Système musculaire

La description du système musculaire de *Phoronis psammophila* a été entreprise au début du siècle par CORI, puis par SELYS-LONGCHAMPS. Aussi je ne reprendrai que très rapidement cette description, afin de pouvoir approfondir quelques points précis.

Pour le métasome, la musculature est présente dans différentes parties. Dans la paroi du corps, les muscles sont situés en dedans de la membrane basale et recouverte par le péritoine. On distingue la couche de muscles circulaires, externes et accolés à la membrane basale ; elle est composée de fibres musculaires cylindriques, disposées parallèlement et ayant de 1,3-2 microns. La couche de muscles longitudinaux est interne. Ces deux couches existent dans tout le métasome (figure 26). Dans l'ampoule, de même que CORI, il ne m'a pas été possible d'observer l'inversion de ces couches musculaires (figure 28), comme l'ont décrite différents auteurs, dont SELYS-LONG-CHAMPS. Dans les vaisseaux sanguins, les couches musculaires sont disposées de la même façon. Mais, tandis que les muscles circulaires sont nombreux, le nombre de muscles longitudinaux est faible. Les capillaires en coecum ont des contractions longitudinales rapides, ce qui ne permet pas de supposer la présence de muscles longitudinaux, sans pourtant avoir pu les mettre en évidence. N'ayant pas pu observer de contractions circulaires, force m'est de conclure à l'absence de muscles circulaires. Dans le tube digestif, nous ne retrouvons une disposition identique à celle de la paroi du corps, que dans l'oesophage. Dans le pré-estomac, l'estomac et l'intestin, la couche de muscles circulaires disparait, et ne subsiste que la couche longitudinale, elle-même est inexistante dans la majeure partie de l'estomac. Alors que l'anus semble être entouré par un faible nombre de fibres musculaires, la bouche est doublée d'une couche de muscles circulaires et de muscles obliques allant se fixer sur la paroi du corps.

Dans le <u>lophophore</u>, la musculature est bien visible ; elle permet à ce dernier diverses positions. L'épistome est une région fortement musclée uniquement par des muscles obliques, et, se fixant, et, se croisant de part et d'autre de la paroi de l'épistome. Dans les <u>tentacules</u> (figure 8), nous retrouvons la disposition classique. La présence de muscles circulaires n'a pas pu être mise en évidence, mais elle est fort probable ; car, j'ai pu observer des constrictions dans la moitié distale des tentacules. La position de cette couche circulaire serait logiquement externe. La couche de muscles longitudinaux, peu nombreux, située principalement du côté externe et interne des tentacules, provoque les mouvements de ces tentacules.

Muscles longitudinaux dans le métasome

Leur rôle est primordial dans la vie et la survie des *Phoronis*. Aussi méritent-ils une étude plus approfondie. Ces muscles (dans la paroi du corps) apparaissent à la base du lophophore sous forme de faisceaux juxtaposés (figure 25a), placés sur les muscles circulaires ; ils sont, peu nombreux et recouverts par un péritoine très développé. En passant vers le milieu du corps, les faisceaux se développent et se disposent sur un demi cercle (figures 25b, 27). Au milieu du corps, (figure 25c) les muscles sont plus allongés et deviennent penniformes (figures 28, 31, 29) tandis que le nombre de faisceaux a fortement augmenté. Le maximum du développement est atteint dans la région du métasome, située au dessus de l'ampoule (figures 25d, 30). Les muscles occupent ainsi, la majeure partie de la cavité coelomique. Ils ont même tendance à rejeter vers la droite le tube digestif (figure 30). Leur nombre est plus important du côté ventral que du côté dorsal, et ils sont plus développés du côté gauche que du droit.



nnu rappo méser diffé es tre pa les non) nx m es | ion dev arbitraires (t la positio on de ces o uteurs ar Idiquent 1 position la l entent les naux. Elles leins), et pointillé). présent tudinau ts plei par po courbes scles lo rté en (marqu D'après CORI, il existerait une symétrie secondaire, marquée par la ligne passant par le muscle longitudinal le plus grand et le muscle longitudinal le plus petit. Cette ligne est décalée dans le sens des aiguilles d'une montre de la largeur de trois faisceaux musculaires par rapport à la symétrie normale. Malgré de nombreux exemplaires examinés et mesurés, il ne m'a été possible de mettre la symétrie secondaire en évidence. Quelques mesures, portées sur un graphique (figure 24) montre bien que, si le muscle le plus grand est pratiquement toujours situé vers le milieu de la chambre coelomique ventrale gauche, le muscle le plus petit a une position très variable. De plus le nombre de muscles placés de part et d'autre de la ligne reliant les muscles extrêmes n'est jamais identique, sauf dans un des cas étudiés. Ces mesures mettent la réalité de cette symétrie en contestation.

Le nombre des muscles longitudinaux varie dans une espèce selon des proportions très faibles. Le tableau ci-dessous indique les formules musculaires les plus courantes (1) chez *Ph. p. psammophila* et *Ph. p. sabatieri*. la formule générale moyenne (2) avec entre parenthèses les nombres extrêmes, au dessous les limites de variations du nombre total de muscles longitudinaux (3) :

Ph.	psam. psammophila	Ph. psam. sabatieri					
1	$\frac{10 11}{6 5} = 32$	$\frac{10 10}{5 5} = 30$					
	$\frac{11 10}{6 6} = 33$	$\frac{11}{5} \frac{9}{5} = 30$					
	$\frac{12 10}{6 6} = 34$	$\frac{11}{6} \frac{9}{7} = 33$					
(12-10)	11 10 (11-8)	(11-9) <u>10 10-9</u> (10-9)					
(6)	6 6-5 (6-5)	(6-5) 5 5 (7-4)					
	32 - 34	28 - 33					

Le nombre de muscles longitudinaux de *Phoronis sabatieri* est, d'après de SELYS-LONGCHAMPS, de 27-29 en moyenne et de 36 pour *Phoronis psammophila*. Mes observations donnent, pour *Ph. p. psammophila* 32-33 et pour *Ph. p. sabatieri* 30 en moyenne. Cette faible différence entre ces deux formes est la seule que j'ai pu mettre en évidence, au cours de l'étude anatomique. Les formules générales, données par SELYS-LONGCHAMPS, sont également différentes, mais on peut noter que, pour cet auteur, *Phoronis sabatieri* de l'Etang de Thau a une formule pratiquement identique à celle de *Ph. psammophila sabatieri* de l'Etang de Berre :

$$\frac{10}{5}$$
 $\frac{9}{5}$ = 29

Le nombre de muscles longitudinaux, contrairement aux observations de CORI et de SELYS-LONGCHAMPS, ne varie pas durant tout leur parcours dans le métasome. Cette affirmation est basée sur de nombreuses observations qui ne m'ont pas permis de noter de variations du nombre de muscles chez un même individu. Mais le nombre de faisceaux composant un muscle longitudinal augmente vers la partie inférieure du métasome (figure 25).

Du point de vue anatomie et histologie, un muscle longitudinal est formé de :

- <u>muscles centraux</u>, ils sont composés de faisceaux musculaires fusiformes juxtaposés comme le décrit CORI, par leurs extrémités effilées (figure 28). La taille de ces faisceaux devient plus grande vers l'ampoule (figure 25) avec un maximum dans la région surmontant l'ampoule. Puis ils diminuent et disparaissent dans l'ampoule sans que j'ai pu noter une inversion avec les muscles circulaires.

- <u>muşcles marginaux</u> (figures 27, 28). Ce sont des faisceaux dont la taille ne varie pas et dont le nombre est variable selon les exemplaires. Il est possible que dans la région où les muscles centraux sont les plus développés, les muscles marginaux tendent à quitter leur position marginale pour occuper une position plus centrale (figures 25, 30). Leur section est ovalaire ou rectangulaire, tandis que celle des muscles centraux est allongée. Dans la partie antérieure, on ne peut faire la différence entre muscles centraux et marginaux (figure 25a).

Les faisceaux de muscles longitudinaux ne renferment pas de noyaux, mais reposent sur un syncytium basal, comprenant des noyaux de 1,5-3 microns, en position centro-basale. Chaque faisceau (central ou marginal) est en rapport continu avec le syncytium. Les deux couches musculaires sont recouvertes par le péritoine, dont les noyaux sont disposés sur une crête entre les muscles longitudinaux (figure 28). Ces noyaux de 5-8 microns sont allongés, ovalaires, placés perpendiculairement à l'épiderme. L'extrémité effilée des noyaux est externe et ils contiennent des granulations.

Le rôle des muscles longitudinaux est, d'après SILEN, double : d'une part, le retrait rapide de l'animal est obtenu par les muscles centraux, d'autre part, le retrait lent par les muscles marginaux.

Le dénombrement des muscles longitudinaux dans la paroi du métasome permet de noter une faible différence entre *Ph.p. psammophila* dont le nombre de muscles longitudinaux est plus élevé, de l'ordre de 1-6 muscles, et *Ph. p. sabatieri*. Néanmoins je pense que cette différence est trop faible pour être utilisé comme critère de discrimination à l'échelon spécifique.

7. Système nerveux

En 1867, KOWALEVSKY, le premier, soupçonna l'existence d'un centre nerveux. Pour CALD-WELL (1882), le système nerveux des *Phoronis* est épidermique. Il mit en évidence un anneau "postoral". CORI, en 1889 précisa l'histologie du "Ringnerv", nerf circulaire péri-oesophagien, décrit par CALDWELL ; il montra la présence d'un ganglion dans la cavité lophophorale et en étudia l'histologie. Ses travaux furent repris et précisés par SELYS-LONGCHAMPS (1907). En 1954, SILEN donna enfin une étude très approfondie et complète du système nerveux des *Phoronis*.

A - Système nerveux central

Il est antérieur, situé sous l'appareil lophophorien. Il est basi-épithélial, placé entre la membrane basale, sur laquelle il s'appuie, et l'épiderme. Sa forme est en anneau oblique par rapport à l'axe du corps. Cet anneau est composé de deux croissants (figure 36), l'un dorsal, contient le ganglion cérébroïde et la concavité est occupée par l'anus, l'autre en position oblique et ventral, forme le nerf circulaire, dont la concavité entoure la bouche.

a) le ganglion cérébroïde :

Dans la région située entre la papille anale et la bouche (figure 33), on peut délimiter un champ nerveux en forme de croissant qui est le ganglion cérébroïde. Ses limites sont du côté dorsal et postérieur la papille anale, du côté ventral et antérieur la couronne tentaculaire ; l'épaisseur du ganglion est de 15 microns environ. A ce niveau la membrane basale, interne, est très mince et quelquefois difficile à distinguer, son épaisseur est de 1-2 microns. L'épiderme externe, également peu épais, est formé uniquement de cellules épithéliales ordinaires ; on n'y trouve pratiquement ni cellules sensorielles, ni cellules glandulaires.

Du point de vue histologique, il n'y a pas de séparation nette entre le ganglion cérébroïde, et le nerf circulaire. Le ganglion est uniquement formé de fibres nerveuses horizontales et très rarement obliques. Personnellement, je donne comme limites du ganglion cérébroïde le début de l'apparition de fibres perpendiculaires, en même temps que débute le nerf circulaire.

On distingue plusieurs types de cellules ganglionnaires :

- les unes, <u>unipolaires</u>, situées à la limite de l'épiderme et du ganglion, ont un noyau ovoîde, contenant de grosses granulations, entouré d'un cytoplasme abondant mesurant de 3-4 microns, se terminant par une pointe, parfois, vers le ganglion. Elles envoient un axone dans le ganglion, d'abord perpendiculaire, puis se courbant et disparaissant dans les fibres nerveuses ganglionnaires.

- les autres <u>bipolaires</u>, situées en général près de la membrane basale, ou noyées dans le tissu nerveux, de forme allongée, difficiles à distinguer, envoyent deux fibres en direction opposée.

- Il y a également un troisième type de cellules près de l'épiderme, noyées dans la masse nerveuse ; ce sont également des cellules unipolaires.

Figure 25 - Coupes transversales dans un muscle longitudinal à différents niveaux du métasome. 700×. a et b : région antérieure du métasome ;
 c : région moyenne ;
 d : région musculaire (surmontant l'ampoule) ; le muscle à la taille maxima.

-

Figure 26 - Couche musculaire de la paroi du métasome (coupe sagittale). 160×.

Figure 27 - Muscle longitudinal (coupe transversale dans la partie antérieure du métasome). 700×.



Figure 28 - Muscle longitudinal de la région moyenne du métasome (coupe transversale). 1700×. Figure 29 - Coupe transversale de la région moyenne du métasome. 300×. Ph. p. psammophila.





Figure 30 - Coupe transversale dans la région musculaire (surmontant l'ampoule) de Ph. p. sabatieri. 300x. Figure 31 - Coupe transversale de la région moyenne du métasome. 300×. Ph. p. sabatieri.

.

L'épiderme est, au niveau du ganglion, dépourvu de cellules sensorielles et est composé de cellules épidermiques simples. On note l'absence de cellules glandulaires.

b) le nerf circulaire (figures 13, 14, 15, 36).

Il fait suite au ganglion cérébroïde, dont il se distingue par le fait qu'il est composé de fibres nerveuses perpendiculaires et obliques par rapport aux fibres nerveuses horizontales existant dans l'ensemble du système nerveux. Les fibres perpendiculaires et obliques, quand elles sont larges, sont issues de cellules épithéliales et vont se fixer sur la membrane basale, par contre, quand elles sont minces, elles proviennent de cellules nerveuses (sensorielles et unipolaires).

La structure du nerf circulaire est la même que celle du plexus général, étudié plus loin. La section du nerf est allongée dans le sens du corps : 10 microns sur 20-30 microns. La membrane basale s'épaissit très rapidement pour atteindre l'épaisseur qu'elle a dans le métasome ; elle est très épaisse dans les cornes des croissants.

Il ne m'a pas été possible de vérifier les innervations, telles qu'elles sont décrites par SILEN (1954), des muscles, des néphridies, du tube digestif et du lophophore. Pour l'innervation des tentacules, il est probable qu'il y ait un léger développement de fibres nerveuses entre la couche de cellules épidermiques et la membrane basale, au niveau de la fixation du capillaire sanguin (figure 8).

B - Plexus nerveux général

Il fait suite immédiatement au nerf circulaire dans le métasome. Il est basi-épithélial (figures 25, 31, 39) ; en général, il est peu visible.

La coloration au bleu de méthylène permet de mettre en évidence, sur l'animal vivant une trame nerveuse sous-épidermique, composée de noyaux, dont la concentration est différente selon l'état de contraction de l'animal. Ces noyaux ont la plupart des dimensions variant de 1,4-3 microns, tandis que les plus grands ont de 3-5 microns. Le fond de la trame est bleuté avec de petites granulations peu distinctes.

Le plexus est principalement composé de fibres horizontales et perpendiculaires, l'aspect étant le même que celui du nerf circulaire. Les fibres perpendiculaires sont de deux sortes : - les fibres "épaisses" s'attachent sur la membrane basale en plusieurs branches, elles sont la continuation de cellules épidermiques, - le deuxième type de fibres est nerveux, ces fibres sont fines et se rattachent à une cellule placée dans l'épiderme, elles se terminent en position horizontale dans la couche nerveuse épithéliale. Les fibres horizontales sont toutes nerveuses et proviennent des différentes cellules nerveuses.

SILEN (1954) décrit, dans l'épiderme de Phoronis mulleri, Ph. pallida, Ph. ovalis, Ph.hippocrepia, Ph. australis, Ph. harmeri, quatre types de noyaux caractéristiques chacuns d'un type de neurone. Il m'a été possible de retrouver ces différents types chez Phoronis psammophila. Ils sont répartis dans guatre régions différentes de l'épiderme :

- les <u>cellules sensorielles</u>, dans la partie centrale et supérieure de l'épiderme; placées entre les cellules épidermiques, elles envoient une fibre vers la surface et une fibre centripète dans la couche nerveuse épithéliale. Les noyaux sont ronds ou ovoîdes, de 3 microns de diamètre environ. Le rôle de ces cellules est sans doute de renseigner sur ces excitations extérieures.

- les <u>cellules unipolaires</u> sont situées à la base des cellules épidermiques, dont elles se différencient par leur forme arrondie. Le noyau est ovalaire de 2-5 microns avec un cytoplasme abondant disposé autour. Son axone est court et perpendiculaire d'abord, puis disparait horizontalement dans la couche nerveuse épithéliale.

- les <u>cellules bipolaires</u> se trouvent dans la couche de fibres nerveuses plus ou moins près de la membrane basale. Les noyaux mesurent de 3-4 microns. Les cellules sont disposées horizontalement ou obliquement suivant leur plus grand axe, elles émettent deux axones diamètralement opposés, pouvant être horizontaux ou obliques.

Ces neurones, bipolaires et unipolaires, sont probablement des neurones d'association.

- les <u>cellules motrices</u> sont peu différentes des bipolaires, mais sont placées sur la membrane basale. Le noyau mesure environ 3 microns. L'axone est perpendiculaire ou oblique, mais unique, et, se dirige vers les muscles à travers la membrane basale. Ces motoneurones sont bien marqués par la coloration au bleu de méthylène ; ils sont peu nombreux et disséminés sur les bandes de muscles longitudinaux. Ils jouent un rôle dans le retrait de la *Phoronis* consécutive à une excitation.

C - Fibre géante nerveuse (ou nerf latéral)

CALDWELL (1882) découvrit le premier le "nerf latéral", et les données furent précisées par BENHAM (1889), CORI (1890), SELYS-LONGCHAMPS (1907). Puis, en 1954, SILEN publia une étude complète du système nerveux des *Phoronis*, et surtout, il démontra que le nerf latéral est, en réalité, une fibre géante nerveuse.

Les Phoronidiens se divisent en deux groupes ; selon qu'ils possèdent une ou deux fibres géantes. *Phoronis psammophila* se classe dans le groupe à une seule fibre.

a) Origine et parcours de la fibre géante (figures 32, 33, 34 et 35)

Elle a son origine dans le ganglion cérébroïde et plus précisément dans la partie centrale droite de ce ganglion. SILEN montra que des cellules nerveuses forment le départ de la fibre géante. La mise en évidence de ces cellules nerveuses initiales est difficile par coloration, de par leur faible nombre et leur faible différenciation dans le ganglion cérébroïde. Les cellules initiales, au nombre de 4-6 environ, sont en forme d'étoile allongée (figure 34) ; le noyau est central et ovoïde. Les axones de ces cellules se rejoignent et donnent naissance à la fibre géante qui prend très rapidement de l'importance. Au départ, cette fibre n'est pas unique, mais on distingue très nettement des bifurcations qui se rejoignent ensuite. Ces "boucles" sont visibles sur les figures 32 et 35, et, ne se produisent que dans le ganglion cérébroïde. SILEN (1954) décrit et représente (figure 29, page 24) de nombreuses "boucles" de la fibre géante au cours de son cheminement dans le métasome. Ces "boucles" ne sont pas présentes chez *Phoronis psammophila*; la fibre géante reste unique dans le métasome.

Vers le milieu du ganglion cérébroîde, la fibre géante est formée ; son parcours oblique la fait passer à la base de celui-ci. Puis, elle circule horizontalement près du diaphragme et perpendiculairement à l'intestin au niveau de la papille anale (figure 33). Ensuite, la fibre géante s'incurve et descend le long de la branche ascendante de la néphridie gauche. Elle est encore entourée de tissu nerveux du nerf circulaire et de la membrane basale. En descendant elle passe entre la branche ascendante et descendante (figure 38) de la néphridie gauche ; vers le bas de la néphridie, (figure 37) la fibre géante s'amincit, traverse la membrane basale et passe dans l'épiderme.

La fibre géante parcourt tout le métasome, jusqu'à l'ampoule, près de l'insertion du mésentère latéral gauche, et un peu ventralement par rapport au mésentère (figures 30, 31, 39). En coupe longitudinale, elle a un aspect plus ou moins méandrique selon l'état de contraction de l'animal au cours de la fixation (figure 40).

La section de la fibre géante est pratiquement circulaire (figure 39) ; elle est entourée sur tout son parcours par une gaine unique, à une seule couche de cellules, dont les noyaux en nombre important sont aplatis et incurvés. Ces noyaux ont de 1,5 microns de diamètre et de 3-7 microns de long. L'épaisseur de cette gaine est environ de 1/5 du diamètre de la fibre géante.

L'aspect de la fibre est celui d'une masse fibrillaire coagulée ou d'une masse gélatineuse selon la coloration utilisée et selon les coupes. Il ne semble y avoir ni septa, ni noyaux comme le décrit FORNERIS (1959).

La fibre géante passe dans la couche nerveuse épithéliale, mais elle ne semble pas avoir de relation avec cette couche, exception faite pour les branches latérales, déjà décrites par SILEN ; ces branches semblent plus nombreuses dans la région musculaire au dessus de l'ampoule.

Dans la partie postérieure de l'ampoule (figure 41) la membrane basale s'amincit et disparait au passage de la fibre géante, qui se divise en deux branches. Une des branches s'étale en prenant l'aspect de la couche nerveuse épithéliale (figure 42), puis disparait dans l'épiderme ; l'autre branche s'incurve et entre dans la cavité coelomique où elle se perd.

b) Diamètre de la fibre géante

En mesurant le diamètre de la fibre géante chez plusieurs exemplaires de *Phoronis psammophila*, j'ai pu dresser le tableau ci-dessous :

(le premier chiffre donne la moyenne des mesures, entre parenthèses les résultats extrêmes obtenus dans chaque région).



Figures 32 et 35 - Départ de la fibre nerveuse géante, dans le ganglion cérébroïde (coupe transversale). 1700×. Figure 33 - Coupe sagittale du ganglion cérébroïde et de la papille anale. 700×.

Figure 34 - Cellule initiale de la fibre nerveuse géante, en coupe transversale. 1700×.





Figure 36 - Coupe transversale de la papille anale et du nerf circulaire, 160x.

Figure 37 - Passage de la fibre géante dans l'épiderme à la base de la néphridie gauche. 700×. Figure 38 - Coupe transversale de la néphridie gauche. 700x.

Figure 39 - Section de la fibre géante dans le métasome. 700x.

Figure 40 - Coupe sagittale de l'épiderme du métasome, avec la fibre géante. 400×.

Figure 41 - Coupe dans l'ampoule de la fibre géante. 400×.

.

Figure 42 - Coupe transversale de la partie distale de l'ampoule ; disparition de la fibre géante. 1700x.



Ganglion cérébroiïde	5 mici	rons (1-7)
Néphridies	12 6	(8-16)
Milieu du métasome	11	(4-15)
Muscles (au-dessus de l'ampoule)	15	(7-27)
Ampoule	4	

On voit donc que, si l'on fait abstraction des deux extrémités de la fibre nerveuse géante, le diamètre varie dans les limites faibles, suivant les différentes parties du corps. Ces résultats sont bien différents de ceux obtenus par SILEN sur d'autres espèces de Phoronis, où les variations sont bien plus importantes.

SELYS-LONGCHAMPS donne de 10 à 20 microns comme diamètre maximum chez Phoronis psammophila psammophila et Ph. psammophila sabatieri pour les plus grands exemplaires tandis qu'il m'a été possible de mesurer couramment des diamètres de 23 à 27 microns chez des exemplaires de taille moyenne. - Le diamètre marque un rétrécissement sensible au cours du passage de la fibre depuis la base de la néphridies vers l'épiderme, on passe très rapidement d'un diamètre de 10 microns à 5, puis, après une ou deux coupes, le diamètre repasse à 7-10 microns, - La mesure des extrémités de la fibre est très délicate et difficile ; dans le ganglion cérébroïde, on passe très rapidement de 1-3 microns pour atteindre 6-7 microns à la sortie du ganglion. Dans l'ampoule, la décroissance de la fibre est forte, le diamètre passe de 20 microns à 17, 12, 9, puis brutalement à 4 microns tandis qu'elle se perd dans l'extrémité distale de l'ampoule. - La fibre a son diamètre maximum au niveau des muscles, c'est-à-dire quand les muscles sont de taille maximum, dans le troisième quart du métasome, légèrement au dessus de l'ampoule.

Les observations faites sur Phoronis psammophila psammophila ont été confirmées grâce à l'étude de Ph. psammophila sabatieri. Le système nerveux des deux formes est identique ; et, malgré la taille plus grande de Ph, p. sabatieri, les mesures du diamètre de la fibre géante nerveuse coïncident avec celles de Ph. p. psammophila.

Conclusion

L'étude anatomique et histologique, qui a été entreprise, ne permet de faire aucune importante différence entre les espèces Phoronis psammophila Cori et Phoronis sabatieri Roule. Les seuls critères sont deux faibles différences de la taille et du nombre de muscles longitudinaux ; ils me semblent insuffisants pour maintenir deux espèces. Les deux prétendues espèces doivent donc être réunies, sous le nom de Phoronis psammophila, mais en gardant deux formes, Ph. p. psammophila et Ph. p. sabatieri pour les études écologiques.

ABREVIATIONS

br. asc.	= branche ascendante de la néphridie.
br. desc.	= branche descendante de la néphridie.
c. sq.	= couche squelettique.
cap.	= capillaires sanguins du tentacule.
cap. coe.	= capillaires coecaux.
c. ép. nerv.	= couche nerveuse épithéliale.
cell. in. nerv.	= cellule intiale nerveuse.
coel. m.	= coelome mésosomique.
coel. M.	= coelome métasomique
coel. p.	= coelome prosomique.

coel. tent.	= coelome du tentacule (coel. m.).
cut.	= cuticule.
D	= droite.
Dors.	= dorsale.
diaph.	= diaphragme.
ép.	= épiderme.
ép. anal.	= épithélium anal.
ép. néph.	= épithéliam néphridien.
ép. stom.	= épithélium stomacal.
épist.	= épistome.
est.	= estomac.
f.g.	= fibre nerveuse géante.
f.m.l.c.	= faisceau de muscle longitudinal centr
f. nerv.	= fibres nerveuses des tentacules.
G	= gauche.
g.f.	= gaine de la fibre géante.
gl. sg.	= globules sanguins.
i.	= intestin.
m.b.	= membrane basale.
m.c.	= muscles circulaires.
m.1.	= muscles longitudinaux.
m.l.c.	= muscle longitudinal central.
m.1.m.	= muscle longitudinal marginal.
mes. 1. d.	= mésentère latéral droit.
mes. 1. g.	= mésentère latéral gauche.
mes. 1. sec.	= mésentère latéral secondaire.
mes. m.	= mésentère médian.
mes. princ. dors.	= mésentère principal dorsal.
mes. princ. vent.	= mésentère principal ventral.
n.c.	= nerf circulaire.
néph.	= néphridie.
n. sg.	= noyau du globule sanguin.
n. n.	= noyau de la cellule initiale nerveuse.
oes.	= oesophage.
p. bl.	= pigments blancs.
pap. anale	= papille anale.
pav. ur.	= pavillon urinaire.
pér.	= péritoine.
p. est.	= pré-estomac.
p. ur.	= pore urinaire.
s. cil.	= sillon cilié.
s.p.stom.	= sinus peristomacal.

entral.

DEUXIÈME PARTIE

ÉCOLOGIE DE PHORONIS PSAMMOPHILA Cori

sph.	= sphincler ou pylore.
sy. musc.	= syncytium musculaire.
tent. ext.	= rangée externe de tentacules.
tent. int.	= rangée interne de tentacules.
unip.	= cellules unipolaires.
v.1.	= vaisseau latéral.
v.m.	= vaisseau médian.
Z. acc.	= zone d'accroissement des tentacules.
Vent.	= ventral.

1 an prilono

1. GOLFE DE MARSEILLE ET ENVIRONS

Le choix et l'étude des stations dans la partie orientale du Golfe de Marseille (figure 43), de l'Anse des Catalans jusqu'au Cap Croisette, m'ont permis de dresser la carte des fonds meubles de sables fins, situés entre le littoral et la Biocoenose de l'Herbier à Posidonies, étendant ainsi, celle dressée par MASSE (1962) pour la partie orientale du Golfe de Marseille. Les sables fins couvrent plusieurs kilomètres carré, principalement pour les stations 8 à 18 ; par endroit, ces sables sont interrompus par l'herbier (figures 44 et 45).

Les résultats obtenus dans le Golfe de Marseille m'ont conduit à prospecter d'abord l'Etang de Berre, puis les baies de Cassis et de Bandol, ainsi que le Golfe de Fos, et, en dernier lieu, une station entre Toulon et Saint-Tropez (figures 46 et 47).

1. Stations et répartitions

8 13 16

21

A. Numéros et Nomenclature des Stations

Golfe de Marseille (figures 43, 44, 45) :

	1	Anse des Catalans
	2	Anse des Catalans
	3	Malmousque
	4	Pointe Cadière
	5	Station Marine d'Endoume
	6	Marégraphe
	7	Pointe du Roucas Blanc
	7'	Plage du Prophète
à	12	Plage du Prado
à	15	Pointe Rouge
à	19	Montredon
	20	Mont Rose
à	22	Cap Croisette
	Enviro	ns de Marseille (figures 46 et 47) :
	23	Calanque de Monastériou (ile de Riou)
	24	Calanque de Sormiou
	25	Baie de Cassis

- Baie des Lecques 26
- 27 Baie de la Moutte
- Ouest de Bandol 28
- 29 Baie de Bandol
- 30
 - Sanary
- Le Canadel (près de Cavallaire) 31

Golfe de Fos (ces stations ont fait l'objet d'une publication dans le Bul-32 à 35 letin de la Station Marine d'Endoume).

B. Analyse des stations :

Dans l'énumération ci-après, pour chaque station, la première ligne donnera le numéro de la station, puis, entre parenthèses, la profondeur en mètres, et, le dénombrement des Phoronis pour une surface de 400 cm², le résultat est donné sous forme de moyenne (entre parenthèses, sont indiquées les valeurs extrêmes).

Les stations sont divisées en trois groupes, selon leur nombre de Phoronis :

- a. Plus de 30 Phoronis
- b. P/rares, (P < 1)

c. P/absentes.











(il faut remarquer que le nombre de *Phoronis* est très rarement compris entre 30 et 1, ce qui explique les groupes ci-dessus. D'autre part, ils permettent de faire la comparaison avec les groupes de stations de l'Etang de Berre).

a. Plus de 30 Phoronis :

station 1 (3-6 m) P/70 (35-120)

Le fond est plat, de sable fin blanchâtre, avec des éléments grossiers et des débris coquilliers,

Les *Phoronis* sont très nombreuses, de 35 à 120, avec une tendance à être en plus grand nombre dans certains endroits à recouvrement de petites algues vertes, et, dans des endroits à faibles concentrations de coquilles. Avec la station 14, celle-ci est la plus riche en *Phoronis*. Ces *Phoronis* sont parfois associées à *Polydora sp*. A part quelques Polychètes, le reste de la faune observée en plongée, est pratiquement nul.

Au delà de 6 m de profondeur, on passe sur un fond de vase, marquée par des restes d'herbier de Posidonies ; les *Phoronis* sont absentes. Au dessus de 3 m, les *Phoronis* disparaissent progressivement.

L'hydrodynamisme de cette station est relativement faible : la côte l'abrite du vent d'Est, la digue des Catalans la protège partiellement du mistral et de la houle. Cette diminution de l'hydrodynamisme explique la remontée vers des niveaux élevés des *Phoronis* qui se trouvent jusqu'à 2,5 - 2 m.

station 10 (1-8 m) P/29 (0-60)

Le sable est fin et son évolution est poussée au maximum ; elle est soumise au déferlement en volute avec divergence des orthogonales. Vents et houle provoquent très souvent une agitation au niveau du sable, avec création de ripple-marks. L'eau est fortement chargée de particules en suspension, dont la densité peut être telle que l'utilisation d'une lampe de plongée est parfois nécessaire pour faire les observations.

Les Phoronis sont pratiquement les seuls organismes observés en plongée, les Polychètes sont moyennement représentées et les Pélécypodes sont rares. En passant la main sur le fond pour chasser la couche superficielle de sable, on remarque la très forte densité des tubes, qui sont très souvent vides, comme l'ont montré quelques analyses de dragages effectués sur cette station. On remarque la présence de *Phoronis* ayant des panaches roses, rouges et bruns.

La répartition bathymétrique des *Phonoris* montre : de 0 à 4 m, une absence totale de *Phoronis*, l'hydrodynamisme étant très violent et très souvent générateur de ripple-marks. On observe, avec l'augmentation de la profondeur, l'apparition, d'abord isolément, puis en population dense, des *Phonoris*, depuis 4 m jusqu'à 7 m, où le sable cède la place à l'Herbier à Posidonies, lequel surplombe le sable par un talus de 0,50 à 1,5 m. A proximité de l'herbier, le sable se charge de débris coquilliers, en même temps que le sédiment plus grossier avec diminution du nombre des *Phonoris*. Le maximum du nombre de *Phonoris* se situe vers 5-6 m.

Remarques :

Au cours de la plongée du 10.1.64 sur la station 10, j'ai trouvé le sable recouvert par une couche de 1 cm d'épaisseur, ayant un aspect brun noirâtre, et, composée de débris en putréfaction. L'eau, surmontant cette couche, était très trouble. Les *Phoronis*, peu nombreuses, étaient visibles. Le sable sousjacent conservait un aspect normal.

Après un très fort mistral, le 5.2.64, avec une mer agitée, la couche de débris en putréfaction a été enlevée; le nombre de *Phoronis* encore présentes était de 5 à 7. Au cours du comptage, entrepris le 19.5.64, j'ai pu dénombrer de 30 à 50 *Phoronis*. Cette couche a, donc, conduit à une diminution des *Phoronis* qui se sont ensuite réinstallées.

station 11 (5 m)	<u>P/57 (40-80)</u>	
station 12 (4 m)	P/40 (30-50)	
station 13 (4 m)	P/30 (20-40)	voir stat
stations 14 et 15 (3-8 m) P/70 (25-120)	

Le sable a un aspect granuleux en surface, sur une épaisseur de 1-2 mm. L'hydrodynamisme, moins important que celui de la station 10, provient de la réfraction et de la convergence des orthogonales. L'eau est moins chargée de particules en suspension, et, l'agitation au niveau du fond est moins fréquente.

La faune est principalement composée de nombreuses *Phoronis*, (25 à 120) et de Polychètes. La répartition des *Phoronis* est homogène et dense pour toute l'étendue de la station, et cela quelque soit leur nombre. Leur lophophore peut être transparent ou de couleur brun-verdâtre, rose ou rouge.

Jusqu'à une profondeur de 3 à 4 m, il n'y a pas de *Phoronis*, comme c'était le cas pour la station 10; de 4 à 8 m, leur nombre varie de 25 à 120. Puis, vers 7 à 8 m, on passe à l'Herbier à Posidonies.

tions 14-15

station 20 (12-14 m) P/30-60

La côte rocheuse se prolonge, sous l'eau, par un tombant, jusqu'à une profondeur de 5 m. De 5 à 12 m on retrouve un sable identique à celui des stations 2 et 3, sans *Phoronis* visibles. De 12 à 14 m, on passe dans un sable vaseux, avec de nombreux cailloux. Ce sable a un classement médiocre, son faciès est linéaire, et son évolution est moyenne. On note une certaine influence de la Biocoenose du Détritique Envasé. La faune est riche et les *Phoronis* sont bien représentées (de 30 à 60). Au delà de 14 m, on note l'apparition de sables grossiers et de vase, on passe progressivement vers les Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) + Détritique Envasé (DE).

Cette station a des conditions très différentes des autres et demande encore des études approfondies.

b. P/rares : (P < 1)

stations 2, 3, 4 (5 m) P/rares

Le sable, bien classé et provenant de la décharge des matériaux a un aspect propre ; il est de couleur rousse, est très pauvre en faune.

Les Phoronis sont rares et très isolées. Vers 4 m, on atteint le tombant rocheux de la côte, qui se prolonge sous l'eau tandis que vers 7 - 8 m commence l'Herbier à Posidonies.

station 6 (5-10 m) P/rares

Le sable est fin, avec quelques débris de coquilles. On passe, en partant de la côte, par deux bandes de sables fins. La première (5-7 m) ne contient pas de *Phoronis* principalement à cause d'un hydrodynamisme particulièrement violent, malgré une profondeur assez importante. La deuxième bande (8-12 m) est séparée de la première par de l'herbier à Posidonies ; les *Phoronisy* sont rares ou peu nombreuses ; l'hydrodynamisme est encore violent, mais plus atténué du fait de la plus grande profondeur.

station 7' (6 m) P/rares

Les conditions ressemblent à celles de la station 10, mais les sables fins sont répartis en taches, entourés de sables d'intermattes et de sables à *Amphioxus*. La faune est pauvre ; les *Phoronis* sont très rares et isolées. A cette station, l'hydrodynamsime est également très fort. Le passage des sables fins aux sables d'intermattes et aux sables à *Amphioxus* est très rapide (sur une longueur de 10 à 15 cm) et est marqué par des différences dans l'amplitude des ripple-marks.

station 8 (5,5 m) P/rares

La seule particularité observée dans cette station, très analogue à la station 10, est la présence d'un dépôt brunâtre, formé de Diatomées ; on remarque une très nette diminution des *Phoronis*.

station 16 (4-5 m) P/rares

Cette station est formée par du sable fin, réparti en taches dans de l'horbier à Posidonies, et, se mêlant souvent avec du sable d'intermattes. La faune est pauvre, et les *Phoronis* sont rares et isolées.

station 21 (10-18 m) P/rares

Entre 10 à 18 m, dans l'herbier à Posidonies, se succèdent une série de taches sableuses, atteignant 20 m à la station 22.

Ces taches sont formées de sables fins qui recouvrent un sable plus grossier d'intermattes vers 15 à 20 cm de la surface du sédiment. Les sables fins proviennent uniquement du remaniement du sédiment de l'herbier, sans qu'il y ait apport de sédiment. Le fond est plat, relativement bien abrité des vents et de la houle, l'hydrodynamisme, bien qu'assez fort est nettement moins puissant que dans les autres sections.

La faune est pauvre, les Phoronis sont très isolées ; on remarque la présence d'Astropecten.

station 26 (4-5 m) P/rares

Le sable fin, blanc, contient des débris de coquilles provenant de l'herbier à Posidonies ; l'évolution de ce sable est favorisée par le matériel, issu de la côte. La Baie des Lecques est soumise aux mêmes conditions que la station 10.

La prospection E-W et N-S de la baie, entre les profondeurs de 3 et 10 m, a permis de montrer que les *Phoronis* se trouvent dans la partie est de la baie, dans l'axe de l'embouchure du ruisseau dit le "Dégodtant", qui ne fonctionne que rarement et uniquement lors des fortes averses. Le reste de la faune, observée en plongée, est formée surtout par des *Astropecten*, des *Ophiura* et des Polychètes.

station 29 (4-6 m). P/rares

Le sable est fin, blanc, avec des Cymodocées clairsemées et de rares *Phoronis* très isolées. Les conditions hydrodynamiques sont identiques à celles de la station 26 et 10. La prospection systématique de

la baie montre la présence de *Phoronis* dans l'axe de l'estuaire d'une rivière, comme c'était le cas pour la station 26.

c. P/absentes

station 5 (8-10 m) P/absentes

Le sable est fin comme celui de la station 6 ; je n'ai pas pu mettre de *Phoronis* en évidence. Le même résultat a été obtenu par PICARD, en 1965, au cours des dragages effectués sur cette station.

station 7 et 9 (5 m) P/absentes

Ces deux stations ont un sable identique à celui de la station 10 ; la seule particularité observée dans cette station est la présence d'un dépôt brunâtre, recouvrant le sable et formé de Diatomées.

station 17(6 m)P/absentesstation 18(7 m)P/absentes

station 19 (6 m) P/absentes

Ces stations sans *Phoronis* sont une succession de taches sableuses, dans l'herbier à Posidonies. Les sables d'intermattes se mêlent souvent au sable de cette station.

station 22 (22 m) P/absentes

Cette station a été effectuée à la suite de la succession de taches qui constituent la station 21. Le sédiment est un mélange de DE + VTC (Vase Terrigène Cotière) + SFBC.

station 23 (3-7 m) P/absentes

Sable est blanc, très calcaire, assez grossier.

station 24 (3-5 m) P/absentes

Le fond de la calanque montre du sable fin.

station 25 (8 m) P/absentes

Sable est grossier, couleur rousse et couvert de Cymodocées.

station 27 et 28 (10 m) P/absentes

Le fond est formé par des sables d'intermattes et par des sables à Amphioxus.

station 30 (5 m) P/absentes

Taches de sables d'intermattes.

station 31 (5 m) P/absentes

Le sable est blanc, micacé ; la faune est pauvre ; par endroits, on note la présence de Cymodocées.

C. Conclusion

Phoronis psammophila vit dans l'Etage Infralittoral, et plus précisément dans la Biocoenose des Sables Fins Bien Calibrés (SFBC, J.M. PERES et J. PICARD 1964). Elle est une des caractéristiques de cette biocoenose et, d'après les observations en plongée, elle est l'espèce dominante en nombre et, ceci durant toute l'année. Pour mémoire, il suffit de donner le nombre de *Phoronis* au mètre carré pour la station 14 : 1750 en moyenne.

MASSE (1962) et PICARD (1965) indiquent la liste des espèces les plus couramment trouvées dans ce milieu.

Au sujet des Pélécypodes, je n'ai pu constater qu'une présence faible et très clairsemée dans le sédiment.

La Biocoenose des SFBC est, en général, située entre 3 - 4 m de profondeur et la limite supérieure de la Biocoenose de l'Herbier à Posidonies, les SFBC sont parfois en taches dans cet Herbier (station 21, par exemple).

De 3-4 m jusqu'à la plage, se trouve la Biocoenose des Sables Fins de Hauts Niveaux (SFHN), avec un changement radical du peuplement et du faciès. Le passage SFBC à SFHN se remarque très facilement en plongée par un changement d'aspect du sable, et, par la décroissance et d'espacement des *Phoronis*, qui disparaissent totalement dans la Biocoenose SFHN. Par sa répartition d'une part, et par son nombre d'individus d'autre part, Phoronis psammophila peut constituer, dans les SFBC, un faciès de cette Biocoenose (st. 1, 10 à 15).

Remarques :

Pour la station 20, la Biocoenose des SFBC se continue en profondeur par un mélange de deux biocoenoses. SFBC + DE, avec disparition des *Phoronis*.

Aux taches de SFBC de la station 21 font suite, vers 20 m, des peuplements mélangés de DE + VTC + SFBC, où les *Phoronis* ne sont plus représentées.

Dans le cas des stations 26 et 29, la présence de Cymodocées indique une évolution, soit dans le sens SFBC vers la pelouse à Cymodocées, soit le contraire. Cette pelouse n'est qu'un faciès en surimposition des SFBC ; on y observe une forte diminution des *Phoronis* et parfois la disparition complète.

Conditions climatiques : figure 48

Datas	Vents	mla	Température		Etat	Fond		Prélèvements			Observations
Dates	direction	111/5	air	mer	mer	sed.	eau	st.	prof.	Ph.	Obser various
22.06.63	WNW-NNW calme- faible	1-3	25	20	В-рА	-	-	10 10	3m 10m		
8.07.63	W faible	2-5	27	23	В	-	-	10 10	3m 2,5m	Р -	A partir de 3 m on remarque la disparition des <i>Phoronis</i> .
13.07.63	NNW faible à modéré	2-3	30	23	в	-	-	10	3-7m	PP	De 3 à 5 m, le nombre de Phoro- nis augmente.
23.07.63	W calme à faible	2-3	30	23	в	-	-	10	4-6m	PP	
25.07.63	faible	1	28	23	в	-	-	14 20	6m 15m	PP rP	
2,08,63	E-ESE faible à modéré	5-7	28	24	B-pA	-	-	10 14	5m 5m	PP PP	
12.08.63	faible	1-3	25	18,5	в	R	C	7'	6m	P	
13.08.63	Е	3	26	19	B-pA houle	-	lgtA	23	5m	-	
30.09.63	W-NW	3-5	19	20	в	R R	A A	10 14	6m 6m	₽ ₽	Eau trouble et chargée d'imp.
9.10.63	W-NW calme	1-3	21	16	в	R P R	A C A	14 21 6	6m 8m 10m	₽ rP rP	
16,10,63	W faible	0-2	20	20,5	с	P R R	C 1A C	20 14 10	10m 6m 8m	rP P P	Plongée de nuit.
19.10.63	E-NE	3	20	20,5	в	P P	C C	16 14	5m 5m	р РР	Eau très trouble
23,10,63	calme	0-3	19	19,5	С	P	С	21	15m	rP	Eau trouble

Température Etat Fond Vents Dates m/s de la direction sed. air mer mer 28.10.63 E fort P 19.5 В --R 8.11.63 E-ESE 1-3 11 18 pA R R P 22.11.63 N faible C 2 13 16,5 R bombé E-ENE 10,01.64 1-2 в R 8 14 faible R bombé R 17.01.64 E faible 14 В 3-7 10 P R R ENE в P 24.01.64 2 - 19 14 faible noule R R P 1R 10 12.5 5.02.64 faible 1-3 В 1R 1R W-NNW fai-R 3-6 13 13 В 18.03.64 ble à modéré RR В 24.03.64 W faible 0-5 16 14 R houle 1R R 16 13 В R 10.04.64 E faible 2-4 P В R 16.04.64 E modéré ---P 17.04.64 E modéré В ---Ρ E-NE 28.04.64 puis W-3-4 16 17.5 C P P W faible P E-S 19.05.64 2-5 21 19 В P W-SM faible P

d	Pr	élèveme	nts	
eau	st.	prof.	P/	Observations
1A	26	10m 5m 4m	- - rP	
A A	10 14	5m 4m	₽ ₽	Forte tempête les jours précédents
1A C A	24 21 14	3m 18m 5m	rP PP	
C C 1A	21 14 10	15m 4m 5m	rP PP P	Le sable de la sta- tion 10 est recou- vert par une pelli- cule de débris en putréfaction. On note une diminution des <i>Phoronis</i> .
CCCC	21 14 10 7'	18m 5m 6m 5m	rP PP P	
A A A A	14 10 7' 6	5m 5m 7m 5m	₽ ₽ rP	
C 1A 1A 1A	21 10 10 6	18m 5m 5m 10m	PP P P	Disparition de la pellicule sur le sa- ble de la station 10.
1A	14	5m	₽₽	
A 1A 1A	14 14 6	5m 7m 10m	P PP P	
1A 1A C	14 10 1	5m 5m 5m	₽ rP PP	
С	31	5m	-	
С	30	5m	-	
C 1A C	14 10 1	5m 5m 3-4m	PP rP PP	eau trouble.
1A A 1A	14 10 1	5m 5m 4-5m	PP P PP	

	Vents		Temp	pérature	Etat	Fo	ond	Pre	élèveme	ents	0
Dates	direction	m/s	air	mer	de la mer	sed.	eau	st.	prof.	P/	Observations
22.05.64	E-SE	(10-15)	-	17,5	в	P P	C C	29 29	5m 7m	rP -	
23.05.64	S-E	(10-20)	-	-	в	R R	1A 1A	26 25	6m 4-8m	rP -	
2.06.64	SW	-	-	-	В	R	AA	26	4-5m	rP	1
12.06.64	W-WNW	3-4	25	20,5	houle B	P R P	C 1A C	14 10 1	5,5m 6m 5m	PP P PP	
17.06.64	W-WNW	3-4	25	19	B houle	R R	AA A	14 1	7m 5m	P₽ PP	Ī
18.06.64	nul-faible	0	-	-	C houle	P P P	C C C	29 28 27	7m 10m 2-10m	rP -	
22.06.64	NW-NNW assez fort		-	-	pA	P P	C C	35 34	5m 6-8m	P -	
29.08.64	faible	0	28	19	С	P P	C C	8 10-15 9 et 7	5m 5m 5m	Р Р -	
11.09.64	E-S et SSW faible	3-4	25	22,8	в	R1 R R R	1A 1A 1A 1A	1 14 2,3,6 4,5,7	5m 5m 6m 5m	P PP rP	
25.09.64	W faible	0-2	24,7	16,5	в	Р	С	(id c	i-dessu	is)	
29.09.64	E-ENE fai- ble	1-2	23,7	21	в	IR	С	15-10 9 8	5-7m 5m 5m	P - rP	
6.10.64	W faible	0-4	22,5	20,5	В	P P P	C C C	22 21 20	20m 12m 12m	- rP PP	
21.10.64	faible	0-2	14	14	в	1R 1R 1R	C C C	16 17-19 20	4m 6m 12m	rP - PP	

- Abréviations :

E = Est

- N = Nord
- S = Sud
- W = Ouest
- C = Mer calme B = " belle
- pA = " peu agitée
- P = fond plat
- R = fond avec des ripple-marks.

- 1R = fond légèrement marqué par des
- ripple-marks RR = très marqué
- 1A = fond légèrement agité
- A = fond agité
- AA = fond très agité
- P = Phoronis nombreuses
- rP = Phoronis rares
- PP = Phoronis très nombreuses
- ₱ = Phoronis non visibles mais présentes.
- () = vitesse du vent en noeuds.

2. Facteurs de la répartition de PHORONIS psammophila:

A. Vents :

Les vents, faisant sentir leur influence dans le Golfe de Marseille, sont principalement de deux sortes. Le "mistral" souffle du NW au WNW, tandis que l'autre vent dominant souffle de E à SE. Les moyennes journalières de ces vents ont été portées sur la figure 49 ; elles sont nettement plus faibles que celles de l'Etang de Berre ; dans le golfe, rares sont les jours sans vent, comme le montre la figure 49. L'action de ces vents est important pour l'hydrodynamisme au voisinage du fond.

Les vents jouent un grand rôle dans les variations de température (voir chapitre température).

B. Hydrodynamisme : (voir tableau 48)

a. Facteurs et agents

L'état de la mer et l'agitation qui en résulte au niveau du fond sont directement commandés par l'action des vents. L'hydrodynamisme résultant se fait de deux façons différentes, ce qui est valable pour les stations 10 et 14, qui ont été les mieux étudiées. Pour la station 10, on observe la divergence des orthogonales et le déferlement en volute, et l'agitation est presque constante au niveau du fond. Pour la station 14, on a réfraction et convergence des orthogonales, et l'agitation est nettement moins fréquente.

En consultant le tableau 48, on constate que, pour le Golfe de Marseille, la vitesse des vents de 3 à 5 m/s est très souvent atteinte ; ceci ressort également de la figure 49. Si cette vitesse se maintient, elle provoque une agitation au niveau du fond (l'état de la mer est alors belle à peu agitée) avec formation de ripple-marks.

La houle, qui accompagne en général le vent, occasionne les mêmes faits.

b. Son rôle et son action :

Le rôle principal de cette agitation et des courants ainsi créés est le brassage des eaux assurant ainsi une bonne oxygénation du milieu.

Phoronis psammophila subit et demande cette agitation. Lors de sa vie en aquarium, il lui faut un courant continuel et une bonne oxygénation. Dans de pareilles conditions, la survie est assurée durant plus d'une année ; ces conditions sont obtenues par l'utilisation d'un diffuseur d'air, débitant de 50 à 100 litres d'air/minute.

. dans le milieu marin

Grâce à l'emploi du scaphandre autonome, l'observation du comportement des *Phoronis* a pu être faite dans le milieu marin. Au cours d'une agitation assez forte, les lophophores sont remués dans un lent mouvement de va-et-vient, le nombre de *Phoronis* visibles est inférieur au nombre de *Phoronis* réellement présentes.

En créant, à la main, un courant identique, on peut observer que :

- lorsque le courant ainsi créé augmente lentement d'intensité, il est possible, sans provoquer le retrait des lophophores des 2/3 des *Phoronis*, d'occasionner des influences allant depuis le léger balancement jusqu'à l'applatissement de la couronne tentaculaire sur le sable. Lorsque le courant atteint une certaine intensité, les tentacules étalés ont tendance à se refermer et à former un panache vertical en forme de poire, ce courant peut alors être fort. Si le courant force encore, on aboutit au retrait de l'animal dans son tube.

Que l'agitation soit artificielle ou réelle, le résultat observé est le même.

- lorsque le courant créé avec la main augmente trop rapidement en intensité, ou brutalement, on observe le retrait immédiat du lophophore dans le tube, mais le lophophore reste encore visible. Si le courant force encore, le lophophore disparait totalement dans le tube.

Le passage, sur la couronne tentaculaire, de particules diverses entrainées par l'agitation, ne provoque pas le retrait, mais une excitation anormale produit cette réaction. En faisant passer avec la main une fibre de Posidonies sur les tentacules, on obtient le retrait immédiat du lophophore dans le tube ; si cette même fibre est entrainée par le mouvement dû à l'agitation et si elle passe sur le lophophore, on n'observe pas le retrait de ce dernier.

On peut, donc, conclure que les Phoronis sont capables de supporter un courant d'une forte intensité, à condition que l'intensité n'augmente que relativement lentement, ce qui se produit normalement dans le milieu marin. L'augmentation rapide de l'intensité, pouvant correspondre au passage d'un prédateur par exemple, provoque le retrait immédiat, marquant ainsi la réaction de défense de l'animal. De plus, les Phoronis semblent pouvoir distinguer entre les excitations normales dues aux conditions du milieu et les excitations "anormales", pouvant mettre en danger leur vie.

L'hydrodynamisme intervient probablement d'une façon fort importante dans les problèmes de nutrition de Phoronis psammophila, par mise en suspension de nombreuses particules et de nombreux organismes. Nous reviendrons sur cette question à la fin de la 2ème partie de ce travail.

. en aquarium

La création de courants artificiels dans un aquarium peut permettre de comprendre le rôle d'un hydrodynamisme modéré. Nous étudierons dans ce paragraphe la disposition du lophophore sous l'effet d'un courant continu, sans changement de direction. Ces observations rencontrent, dans le milieu marin, de telles difficultés que leur réalisation demanderait des moyens énormes ; en effet, il faudrait supprimer les courants créés par l'observateur (plongeur), donner à cet observateur une autonomie de quelques heures au fond de l'eau, etc...

Les expériences, poursuivies en aquarium au laboratoire, sont nombreuses, et nous n'en analyserons que quelques-unes. Le courant utilisé est provoqué par un diffuseur d'air qui débite de 50 à 100 litres d'air/minute. Le circuit du courant dans l'aquarium est représenté sur la figure 52. On note, à intervalles réguliers, la position du lophophore, en relevant la bissectrice de l'angle formé par les deux pointes du "fer à cheval", constitué par le lophophore, et la bouche. Le relevé est porté dans un cercle, conformément au schéma ci-dessous :



En multipliant les relevés, on reconnait qu'il y a des positions préférentielles, représentées en noir sur les schémas ; le chiffre indique le nombre correspondant de relevés.

Expérience 1 : Les relevés sont faits toutes les demi-heures durant trois jours, les conditions de milieu dans l'aquarium étant toujours les mêmes (figure 50).

Les positions préférentielles du lophophore sont en général groupées dans une direction définie. Ces positions sont pour une même Phoronis au nombre de 1, 2 ou 3. Leur direction change d'un exemplaire à l'autre. Les positions intermédiaires sont peu nombreuses, et uniquement représentées par un trait. On remarque que les Phoronis ont la faculté de tourner librement dans leur tube et d'exécuter des rotations de 180° à 360°.

Expérience 2 : Dans le cas de la figure 51, les positions sont relevées tous les 1/4 heure environ ; ont met en évidence l'influence du courant circulant dans l'aquarium.

L'expérience 1 a permis de montrer que les positions préférentielles étaient généralement disposées dans une direction donnée, et l'expérience 2 permet de conclure que l'orientation du lophophore est fonction du courant ; la Phoronis oriente son lophophore de façon que les positions préférentielles soient dirigées vers le diffuseur d'air, donc la concavité de la couronne tentaculaire et la bouche se trouvent "au courant" et l'anus est "sous le courant".

Expérience 3 : une série d'expériences avait pour but de vérifier le changement de position du lophophore en fonction du déplacement du diffuseur d'air dans l'aquarium. Les relevés des positions ont été faits toutes les 10 minutes environ. Les figures 52 rendent bien compte des nouvelles positions préférentielles obtenues en plaçant le diffuseur dans les positions 1, 2, 3 et 4. A chaque



Figure 49 - Courbes des vents et de la température dans le Golfe de Marseille. (la température de l'eau de mer est prise en surface au Marégraphe de Marseille. Les vitesses des vents

sont mesurées à l'Observatoire de Marseille).







déplacement du diffuseur correspondent de nouvelles positions préférentielles, qui sont au nombre de 1 ou 2 par animal ; elles sont prises immédiatement après le changement de place du diffuseur. Les positions intermédiaires sont rares.

Ces expériences permettent de conclure que les *Phoronis* placent leur lophophore de préférence pour que la bouche soit contre le courant et que l'anus soit dans le courant. Pourtant, l'orientation de tous les lophophores n'est pas identique, malgré la tendance générale d'une même direction, car la situation de chaque exemplaire est telle que le courant n'a pas la même direction pour chaque *Phoronis* (cette direction ne variant que faiblement, d'où la disposition dans des directions très proches). Ces observations permettent de bien mettre en évidence le rôle de l'agitation dans la nutrition de *Phoronis psammophila*, et par là sa répartition dans des milieux à agitation fréquente.

c. Répartition et disposition sur le fond

La répartition et la disposition, observée en plongée dans le Golfe de Marseille et dans l'Etang de Berre, ont été représentées sur les figures 54 et 55. La disposition des *Phoronis* est homogène ; les lophophores, malgré l'aspect anarchique des positions, ont une direction générale donnée ; pour la figure 54, la position préférentielle est vers le bas et la gauche de la figure, tandis qu'elle est vers le haut à gauche pour la figure 55. Les positions préférentielles sont liées à la configuration du fond, qui influence la direction du courant.

Les comptages de *Phoronis*, effectués pour chaque station, montrent que, lorsque les conditions hydrodynamiques sont, soit trop violentes, soit trop faibles, le nombre de *Phoronis* est réduit, par exemple dans les stations 6, 7', 2I.

C. Température :

La température de l'eau de mer est soumise principalement à la température de l'air et à l'action des vents (figure 49). La température n'intervient pas dans la répartition des *Phoronis*, celles-ci étant largement eurythermes, comme le montre les expériences en aquarium (voir paragraphe température de l'Etang de Berre); les variations annuelles sont faibles, de 25° en été à 12° en hiver, la température ne descend pratiquement pas en dessous de cette dernière valeur.

D. Salinité :

La salinité dans le Golfe de Marseille est de l'ordre de 37,6 à 37,9 °/ $_{oo}$, le brassage fréquent des eaux assure un mélange continuel, ce qui ne donne que des variations faibles. La salinité intrasédimentaire est identique à la salinité de l'eau surmontant le fond. L'importance de son action est faible et sera étudiée de façon plus approfondie dans le paragraphe relatif à la salinité de l'Etang de Berre.

E. Granulométrie : (figure 56)

L'étude granulométrique a été faite pour les stations suivantes : 2, 4, 6, 10, 14, 19, 26, 29, 57. Les courbes de ces stations, exception faite pour la station 20, sont toutes de la même famille : ce sont des courbes hyperboliques, avec une évolution très poussée du matériel. Tous les faciès sont dans des lieux soit à déferlement soit en volute avec divergence des orthogonales (stations 10, 29), soit à réfraction et convergence des orthogonales (stations 6, 14, 21). Ceci confirme la tendance des *Phoronis* à vivre dans des faciès à hydrodynamisme fort. Toutes les courbes sont identiques par translation des Médianes (Q2), l'évolution se faisant vers le type de plus en plus fin (figure 56).

Remarques :

Pour les stations 26, 57, et, peut être 29, le grès crétacé supérieur joue, par son voisinage un rôle très important quant à l'apport de matériel.

La station 20 s'apparente au faciès logarithmique avec une évolution moyenne par charriage sur le fond, avec hydrodynamisme et lévigation.

Le tableau ci-dessous donne quelques précisions sur l'aspect des courbes : l'indice de Trask montre un classement excellent pour un sédiment marin, surtout pour les stations 26 et 2I ; l'assymétrie donne des valeurs faibles, les écarts sont difficiles à interpréter et demandent des examens au microscope de chaque fraction granulométrique ; la dispersion met en évidence les variations possibles entre les stations pour des courbes identiques.



Core	DG	600
2		
) (54)	BB	9 9

Figure 54 - Répartition de *Phoronis psammophila* et disposition des lophophores (Relevé fait en plongée au cours d'un dénombrement de 40 exemplaires/400 cm² à la station 14, le 12.6.63). Ce relevé donne une image assez précise de la répartition et permet de faire une extrapolation pour l'immense étendue de SFBC de la plage du Prado à la Pointe Rouge.

.

Con	2	CO B)
C C	D	S	\bigcirc
	30 6		S
\Box		200 1	$\wedge \wedge$
	$\sim C$		25
(55)		L ¹ cm	—

Figure 55 - Répartition de *Phoronis psammophila* (Etang de Berre) et disposition des lophophores (relevé fait en plongée au cours d'un dénombrement de 50 exemplaires/400 cm² sur la station 58, juin 1964).

stations	indice de Trask	Assymétrie	σ	Prof. en m	Phoronis
2	1,23	0,94	0,049	5	rares
4	1,20	1,08	0,047	5	rares
6	1,31	0,85	0,035	10	rares
0	1,30	0,88	0.,046	10	rares
10	1,22	1,14	0,023	5	29
14	1,20	1,10	0,029	5	70
19	1,17	1,20	0,032	6	nulles
20	1,95	1,00	0,026	12	30-60
21	1,10	0,98	0,017	15	rares
26	1,23	0,86	0,026	4	rares
20	1,16	0,94	0,026	5	rares
	1,23	1,08	0,024	5	rares
29	1,23	1,13	0,026	5	
	1,23	1,05	0,026	7	11
57	1,14	0,94	0,059	5	60

indice de Trask = $\sqrt{\frac{Q3}{Q1}}$

asymétrie =
$$\frac{Q1 \times Q3}{(Q2)^2}$$

 σ = dispersion = $\frac{P \ 84 \ -P \ 16}{2}$ $P = \%$

F. Carbone organique : (en mg C par g de sédiment sec.)

Les moyennes, obtenues grâce aux mesures faites sur diverses stations, ont été portées sur le tableau ci-dessous :

stations	mg C par g. de sédiment sec	profondeur en mètres	Phoronis
1	2,4	3-5	70
6	1,7	10	rares
10	1,8	5	29
14	2,9	5-7	70
17	6,5	6	nulles
20	13,1	13	30-60
21	12,9	17	rares
26	1,2	6	rares
29	0,8	5	rares

D'après le tableau ci-dessus, la teneur en carbone organique ne semble jouer qu'un rôle secondaire dans la répartition de *Phoronis psammophila*. Les stations ayant une concentration forte et moyenne ont des teneurs variant de 2,9 à 1,8 mg C/g (stations 1, 10, 14) ; pour une même station, les variations sont faibles. Pour un faible nombre de *Phoronis*, les teneurs sont de 1,7 à 0,8 mg C/g (stations 6, 26, 29) ou bien de 6,5 à 13,1 (stations 17,21) ; les variations pour une station, sont souvent importantes.

D'après ces résultats, on peut conclure que les *Phoronis* demandent une certaine teneur optimale en carbone organique, teneur qui, quand elle est atteinte correspond à une grande densité de *Phoronis*. Dans le Golfe de Marseille, cette teneur serait de l'ordre de 2,5 à 3 mg C/g.

II. ETANG DE BERRE

Les prospections et les prélèvements, effectués dans l'Etang de Berre, ont été très fructueux pour la connaissance de l'écologie des *Phoronis*.

Les stations ont été numérotées de 36 à 97. Et, pour plus de facilité, je distingue arbitrairement : Etang de Berre Sud pour les stations 36 à 73, Etang de Berre Nord pour les stations 74 à 97 (figure 57).

L'Etang de Berre est situé à une trentaine de kilomètres au NW de Marseille ; sa superficie est de 15000 ha environ. Il est relié à la mer par le canal de Caronte, qui est la liaison la plus importante, et le canal de la Nerthe.

L'Etang de Vaine, séparé de l'Etang de Berre, par un haut fond, dont la profondeur est au maximum de 2 mètres, n'a pas été prospecté.

1. Stations et répartition :

Dans ce chapitre, nous verrons rapidement les observations, faites en plongée avec le scaphandre autonome, sur les fonds correspondant à 62 stations (figure 57) effectuées dans l'Etang de Berre.

Une partie des stations a été choisie pour un travail de bionomie benthique par J. FEBVRE, qui, grâce à l'analyse de quelques dragages (le volume de sédiment analysé par dragage est de 50 litres), m'a permis de préciser les observations de certaines stations. Les autres stations ont été effectuées pour complèter les observations et les préciser.

La répartition de *Phoronis psammophila* a été faite par la méthode de dénombrement sur une surface de 400 cm², dénombrement plusieurs fois répété par station. Les autres espèces n'ont pas été comptées, mais uniquement estimées, ce qui n'a donné lieu qu'à des observations très sommaires.

A. Analyse des stations

Pour chaque station, sur la première ligne, on lira d'abord le numéro de la station, puis entre parenthèses sa profondeur en mètres, et le nombre de *Phoronis* pour une surface de 400 cm². Pour le sédiment, les deux chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage de la fraction sableuse contenue dans le sédiment (d'après ROUX, 1964).

Par la méthode de dénombrement, j'ai pu dresser la carte de répartition de *Phoronis psammophila* dans l'Etang de Berre (figure 58), cette répartition permet de diviser en quatre groupes les *Phoronis*, selon leur nombre pour 400 cm²:

- a. Plus de 30 Phoronis,
- b. de 30 à 10,
- c. de 10 à rares,

d. nulles (ou très rares, car, si le nombre de *Phoronis* est très faible, environ 1 à 3 exemplaires au m², il y a fort peu de chance de les détecter, bien qu'on ne puisse exclure leur présence.

Le groupe b. de l'Etang de Berre est absent dans le Golfe de Marseille, en effet, il faut remarquer que dans ce golfe les *Phoronis* sont soit plus de 30, soit inférieures à 10 exemplaires pour 400 cm².

L'analyse des stations est calquée sur la carte de répartition (figure 58) :



Figure 57 - Carte des stations dans l'Etang de Berre.



Figure 58 - Carte de répartition de Phoronis psannophila dans l'Etang de Berre.



Figure 58 - (Rigure 57 op Carten delle stations dans al/Etanglales Berreng de Berre.

a. Plus de 30 Phoronis :

station 57 (5m) P/50

Le sédiment est un sable roux, peu détritique, contenant des cailloux (en densité faible) et des coquilles peu nombreuses. La courbe semi-logarithmique, obtenue en faisant la granulométrie du sédiment, est comparable avec le sédiment des stations du Golfe de Marseille (figure 56), elle indique un hydrodynamisme violent avec une évolution poussée du sable. Celui-ci contient de 1,1 à 0,95 mg C/g de carbone organique.

Les Phoronis sont très nombreuses (environ 50) ; leur dénombrement est difficile par suite de la transparence de leur panache qui se distingue mal sur ce fond de couleur rousse. Les Moules vivent en quelques ilôts, les Tapes, nombreux, sont dispersés dans le sable, ainsi que quelques Cardium glaucum; les Cyclonassa neriteasont nombreuses à la surface du sable.

Certaines Phoronis sont parfois fixées par leurs tubes sur des coquilles ou des cailloux, situés dans le sédiment et jamais en surface.

Ce sable remonte jusqu'à une profondeur de 2 m où il fait suite au substrat rocheux dur. Les Phoronis sont isolées et rares de 3 à 4 m, et absentes au dessus de cette profondeur.

station 58 (7,5 m) P/30-50

Le fond est une vase sableuse (25-50 %) de couleur brun-ocre et grisâtre. A la surface du sédiment, cette vase est pure sur 0,5 à 1 cm ; en dessous de cette profondeur, des débris coquilliers s'y mêlent.

La faune n'est pratiquement composée que de Phoronis très nombreuses (30-50). Les Phoronis se dressent et leurs lophophores dépassent les algues vertes filamenteuses non fixées présentes sur le fond.

station 67 (4,5 m) P/90-100

La vase sableuse (25-50 %) est réduite à partir de 1 à 3 cm de la surface du sédiment ; elle est surmontée par endroits de quelques touffes de Zostères.

Les Phoronis sont très nombreuses (90 à 100). En descendant vers 6 m de profondeur, le nombre de Phoronis diminue en même temps que le nombre des Pélécypodes augmente.

L'analyse d'un dragage (de 50 dm³) de cette station permet de donner une idée plus précise au sujet de l'importance de la faune présente :

0	-	1 1		
20	1370	ho	to c	
	1 Y L	110	1000	

			170
×	(owenia	fusifornis)	(115)

Lophophoriens × Phoronis psammophila 107 (tubes)

Mollusques	Bittium reticulatum	3 4 3 2
	× Nassa pygmaea	68
	Cyclonassa neritea	1 0 3 5
	Cardium glaucum	2115
	Tapes aureus	452
	Tapes decussatus	62
	Corbula gibba	3 2 2 7
	× Venus gallina	7
	× Spisula subtruncata	33
	75 - P	

Les espèces marquées par une x se retrouvent dans les Sables Fins Bien Calibrés.

station 52 (9 m) P/40-60

Le fond est couvert d'une vase molle (3-6 %), peu coquillière. On remarque l'absence totale de Moules ; les Phoronissont nombreuses (40-60), avec quelques Tapes, Corbula et Polychètes.

P/60-80 station 51 (9,5 m)

Comme pour la station 52, la vase (3-6 %) est molle, contenant très peu de débris coquilliers, réduite à partir d'une profondeur de 2 cm. Elle est recouverte par un dépôt brunâtre, formé de Diatomées. Corbula gibba, Polydora sp. et les Phoronis composent la faune de cette station.

station 60 (9,5 m) P/30-35

La vase (6-14 %) contient de nombreux débris coquilliers. Les Phoronis constituent l'essentiel de la faune, avec quelques Cérianthes.

station 61 (7,5 m) P/30-40

Les nombreux débris des coquilles et la vase (3-6 %) forment le sédiment. Le fond comprend une riche faune de Moules, sur lesquelles sont fixées des *Serpulidae*, des Balanes et des Pélécypodes. De place en place, il y a des espaces de vase où la faune énumérée ci-dessus fait défaut, et occupée par des *Phoronis*, dont la densité (30-40) est plus forte que sur le fond des Moules.

station 90 (6 m) P/70-90

La vase (0-3 %) est molle, avec peu de coquilles, marquée de place en place par quelques touffes de Zostères et d'Algues rouges. La teneur en carbone organique de cette vase est de 24,0 mg C/g.

On observe d'assez grands ilôts de Moules et de Balanes, la vase contient surtout de très nombreuses Phoronis (70 à 90), des Cardium et quelques jeunes Tapes.

station 91 (6 m) P/30-50

Alors que le sédiment est semblable à celui de la station 90, la faune est formée de *Phoronis* (30-50), de *Tapes*, et de très nombreuses *Corbula gibba*. Les ilôts de Moules avec des Algues rouges sont toujours, présents et ont la même importance.

b. de 30 à 10 :

stations 37, 38, 42, 43, 47, 48, 49, 50 (6-9 m) P/10-15

Ces stations présentent toutes une même répartition des Phoronis et une faune identique.

Les stations 37, 38, 43 ont une faune composée principalement de Tapes et de Phoronis. La vase est molle, avec peu de débris coquilliers ; la proportion de fraction sableuse varie selon la station : 14-25 % pour les stations 37 et 43, 6-14 % pour la station 38 ; la vase de cette dernière station a une épaisseur de 60 cm, et en dessous se trouvent en grande abondance des débris de coquilles.

Les stations 42, 47, 48, 49, 50 correspondent à des fonds de vase contenant des débris coquilliers, que l'on atteint vers 5 à 10 cm en dessous de la surface de la vase pour les stations 42 et 47, et, que l'on rencontre à partir de la surface pour les stations 48 et 50. On enregistre une différence dans la fraction sableuse : 0-3 % pour les stations 48 et 50, 3-6 % pour la station 42, 6-14 % pour la station 47. La faune est composée de *Phoronis psammophila*, de *Corbula gibba*, de *Polydora sp.*, ainsi que des Cérianthes.

Une plongée de nuit effectuée sur la station 49 a donné une concentration de 15 à 20 Phoronis ; d'autre part aucune différence n'a été relevée dans le comportement des *Phoronis* au cours de la nuit.

station 59 (8,5 m) P/15-28

Le sédiment de cette station est formé par une vase (6-14 %) compacte et recouverte en partie par des Algues rouges ; il comprend de nombreux débris coquilliers.

Sur le fond, on aperçoit surtout des Phoronis, des Cérianthes, des Polydora sp., et des tubes de Polychètes.

station 63 (8 m) P/25-35

La vase est sableuse (14-25 %) et molle. La surface de la vase n'est pas plane, comme pour les autres stations, mais faiblement ondulée. Les parties élevées de quelques centimètres sont couvertes par des *Phoronis* très nombreuses, les régions basses sont principalement marquées par les tubes de *Polydora sp.* et un nombre plus faible de *Phoronis*. Cette observation est la seule qui soit en faveur de la formation de "pelouses" de *Phoronis*, dépassant le sédiment voisin et décrites par différents auteurs. L'abondance des *Phoronis* aurait alors eu comme conséquence d'accumuler le sédiment ou bien d'empêcher son entrainement. Ce cas étant unique, l'existence de telles pelouses n'est pas fondée.

station 69 et 70 (7-7,5 m) P/20-30

La vase sableuse (25-50 %) est formée par deux faciès, marqués surtout par la faune :

- La vase est molle avec des débris de coquilles, on remarque la présence de Cardium, de Phoronis, (5 à 10), et surtout des ilôts de Moules, des Balanes et des Algues rouges.

- La vase est consistante, il y a peu de coquilles en surface, et les *Phoronis* sont plus nombreuses (25-30). Le reste de la faune est composé de quelques Moules isolées, de *Cardium*, de *Tapes*. Ce dernier faciès a plus d'étendue et plus d'importance que le premier.

Des Rissoa et des Ascidies sont présentes dans les deux faciès.

station 39 (6 m) P/ 5-25

A cette station, le fond est formé de sable (50-75 %) et de très nombreuses coquilles ; il est presque uniquement coquillier (coquilles de moules), le sable étant disposé dans les interstices, laissées par les coquilles. Les *Phoronis* sont peu nombreuses (20-30) sur ce fond dépourvu de Moules, avec des Algues rouges peu nombreuses. Par endroit, les ilôts de Moules, dépassent le sédiment de quelques centimètres ; avec des Balanes, des Serpules et des Ascidies. On note alors une très forte diminution des *Phoronis* (jusqu'à 5).

station 40 (9,5 m) P/10-30

La vase (3-6 %) est très coquillière. La faune est semblable à celle de la station 39. Les *Phoronis* sont nombreuses, environ 30, ainsi que *Polydora sp.*, mais, quand il y a apparition des Moules, Serpules et Ascidies, le nombre des *Phoronis* diminue et passe à 10 environ.

station 53 (8 m) P/20-30

La vase (0-3 %) contient peu de débris de coquilles. *Phoronis* et *Corbula* sont nombreuses, tandis que les Moules sont rares.

station 54 (7 m) P/15-20

Les débris de coquilles se trouvent dès la surface de la vase (0-3 %).

station 62 et 72 (7 m) P/25-35

La vase est peu coquillière (6-14 %). Les *Phoronis* sont nombreuses, ainsi que les *Cardium*. Les Moules restent rares et isolées.

station 73 (6 m) P/25-35

La vase (6-14 %) est pure sur 10 à 15 cm d'épaisseur ; en dessous elle est fortement coquillière. Les *Phoronis* vivent avec des Moules, *Rissoa*, *Cardium*, *Balanes* et quelques Algues rouges non fixées.

station 78 (8 m) P/15-30

La vase (0-3 %) ne contient que de rares coquilles. Les *Phoronis* vivent avec quelques Pélécypodes (*Cardium*, rares *Tapes*) et des *Polydora sp.*. On rencontre des ilôts de Moules épars sur le fond.

station 81 (8,5 m) P/10-20

Les débris coquilliers sont nombreux dans la vase (0-3 %). La faune est formée de Phoronis, Tapes, Corbula, de Polydora sp.. On remarque l'absence de Moules.

station 83 (8 m) P/15-20

La vase (0-3 %) est coquillière, les Moules sont peu nombreuses et isolées ; on note une faune de *Phoronis*, d'Ascidies, de *Tapes*, et de quelques *Corbula*.

station 89 (6 m) P/10-29

La vase (3-6 %) est peu coquillière. On rencontre quelques touffes de Zostères et des Algues rouges. Les Phoronis sont peu nombreuses (10 à 20), tandis que les Rissoa, Tapes et Cardium sont fortement re-

Les *Phoronis* sont peu nombreuses (10 à 20), tandis que présentés.

La vase est peu coquillière, surtout en surface ; on note la présence de quelques Algues rouges et Zostères.

Les Moules sont rares et isolées ; la concentration des *Phoronis* est moyenne (plus forte pour la station 92), tandis que *Cardium, Tapes, Corbula* et *Rissoa* sont nombreux. A la station 93, j'ai prélevé une jeune *Mactra*, vivante (les Mactra sont rares dans l'Etang de Berre, sauf à la plage du Jaï à proximité des stations 66 à 68).

c. de 10 à rares (P < 1)

stations 64 et 65 (9 m) P/5-10

La vase est sableuse (25-50 %). La faune est rare et constituée par quelques *Phoronis* (5-10) et Pélécypodes, recouverts par des Algues rouges non fixées.

station 41 (8 m) P/5

La vase (3-6 %) est peu coquillière. La faune est pauvre : Corbula gibba, nombreuses Polydora sp. et quelques Phoronis psammophila.

P/1-5 station 55 et 56 (6m et 9m)

La vase (6-14 %) est pure sur une profondeur de 10 à 15 cm en dessous de la surface du sédiment ; ensuite, elle est très fortement coquillière.

Les Phoronis sont isolées et rares, il en est de même pour les Corbula, tandis que les Polydora sont nombreuses.

station 71 (7 m) P/0.5

La vase est sableuse (14-25 %) et coquillière. A la surface sont disposées des Algues vertes non fixées.

L'analyse d'un dragage de 50 dm3 montre, pour cette station, une faune ne comprenant guère que des Mollusques (Cardium glaucum : 14 ; Tapes aureus : 13 ; Abra alba : 11 ; Corbula gibba: 41). Les Phoronis, très rares, n'ont pas été mises en évidence par le dragage.

station 74 (8 m) P/2-3

Cette station est semblable à la station 96. On remarque de nombreuses Algues rouges, recouvrant pratiquement toute la vase.

station 80 (8,5 m) P/5-10

La vase (0-3 %) est peu coquillière, avec de rares touffes de Zostères. La faune est très dense, principalement constituée de Moules, Balanes, Serpules, Ascidies, Cardium, Corbula, et de nombreuses Rissoa. Le nombre de Phoronis est faible (5-10).

station 84 (8 m) P/5-10

La vase (0-3 %) est peu coquillière. La faune est riche : Tapes, Corbula, Rissoa, Cérianthes, mais peu de Phoronis.

stations 85 et 88 (8 m) P/2-8

La vase (3-6 %) est peu coquillière, avec quelques touffes de Zostères et des Algues rouges libres.

Les Phoronis sont rares (2 à 8), mais Tapes, Cardium, Rissoa, ainsi que les ilôts de Moules avec Serpules. Balanes et Ascidies sont très importants.

P/5-10 (st. 96) stations 95 et 96 (5-6 m) P < 1 (st. 95)

La vase (3-6 %) est coquillière, surtout à partir de 5 à 10 cm sous la surface du sédiment. La faune est très riche : Moules, Serpules, Balanes, Cardium, Rissoa et Corbula couvrent tout le sédiment. Les Phoronis sont très rares, sauf pour la station 96.

station 82 (9 m) P/9-10

La vase (3-6 %) est très peu coquillière, sauf quelques coquilles en surface. Les tubes de Polychètes et de Polydora sp. sont très nombreux, mais il y a peu de Pélécypodes (quelques Tapes) et peu de Phoronis psammophila.

d. P/Absentes

P/Absentes station 36 (5 m)

La vase est sableuse (25-50 %) et très coquillière. Il y a quelques Zostères en touffes. La faune est composée de Moules, Rissoa et Tapes.

P/Absentes station 44 (7,5 m)

La vase sableuse (14-25 %) est gluante au toucher, non coquillière.

10

L'analyse d'un dragage (de 50 dm³) de cette station donne :

Polychètes

	(Owenia fusiformis	4
Mollusques	Loripes lacteus	20
	Cardium glaucum	2
	Tapes aureus	42
	Spisula subtruncata	22
	. Abra alba	75
	Corbula gibba	87

L'observation en plongée permet de noter la présence de Cérianthes dans cette station.

stations 45 et 46 (5 m) P/Absentes

Le fond correspondant à cette station est un substrat rocheux, et recouvert de moules (pratiquement à 100 %).

station 66 (7 m) P/Absentes

La vase est sableuse (25-50 %). Elle est couverte entièrement par des Moules, Tapes, Algues rouges et Ulves.

station 68 (7 m) P/Absentes

La vase est sableuse (25-50 %). Cette station est formée de deux faciès : vers l'Ouest, la vase est peu coquillière, avec des Pélécypodes très nombreux ; vers l'Est, la vase est très coquillière avec Moules, Ulves et Algues rouges.

station 75 (7 m) P/Absentes

La vase est sableuse (14-25 %) et très coquillière, les Ulves recouvrant la vase, les Moules, et les Cardium.

station 76 (5 m) P/Absentes

La vase sableuse (14-25 %) est couverte d'Algues rouges et d'Ulves. Sous cette couverture végétale, le fond est riche en Pélécypodes filtreurs.

station 77 (6 m) P/Absentes

La vase (6-14 %) a une tendance à être sableuse et très coquillière. Elle est entièrement recouverte par des Algues rouges fines et par quelques touffes de Zostères. Sous ces Algues, il y a une faune de Moules, Serpules, Balanes, et de très nombreuses Rissoa.

station 79 (4,5 m) P/Absentes

Le fond est du même type que celui de la station 77, avec des Algues blanchies fines se mélant aux Algues rouges. La vase est moins sableuse (3-6 %).

stations 86 et 87 (6,5 m) P/Absentes

L'herbier de Zostères a une hauteur de 50 cm environ, il est dense avec des Algues rouges pour la station 87. La vase (3-6 %) contient des Moules et des Pélécypodes.

station 97 (6,5 m) P/Absentes

La vase (3-6 %) contient une très forte proportion de débris coquilliers, ainsi que des Pélécypodes filtreurs vivants en très grand nombre. La vase est couverte par des Algues rouges libres.

station 94 (5 m) P/Absentes

La vase est fortement sableuse (25-50 %), peu coquillière, avec quelques rares Zostères, et une faune de Rissoa, Tapes, Cardium et Moules.

B. Conclusion :

Il est difficile, en partant uniquement des observations en plongée, de se faire une bonne représentation de la faune, aussi les conclusions ne seront-elles que partielles, en attendant que soient étudiés les dragages effectués en même temps que les plongées.

Phoronis psammophila, dans l'Etang de Berre, est souvent associée à Corbula gibba et Polydora sp. ainsi qu'aux Cérianthes. Aussi, la répartition en groupes unispécifiques très denses, décrite par GLEMAREC (1964), ne me semble pas valable, et est sans doute due aux moyens utilisés pour la prospection.

Si la répartition des Phoronis est indépendante de la granulométrie et sans lien apparent avec elle, elle semble dépendre de la faune associée ; ce n'est que très rarement que l'on observe des Phoronis dans les ilôts de Moules, Balanes et Serpules. La proportion de Phoronis peut passer de 20 à 30 autour des ilôts à 5 à 10 en dedans, comme, par exemple, aux stations 39, 69, 70. En présence des Pélécypodes, le nombre des Phoronis, en général, diminue quand celui des Pélécypodes augmente. On peut arriver jusqu'à la disparition des Phoronis, quand les Pélécypodes occupent la presque totalité du sédiment.

Dans la zone de l'herbier à Zostères, même si celui-ci n'est pas trop dense, il ne m'a pas été possible de déceler des *Phoronis*. Il est de même lorsque le sédiment est entièrement recouvert par des Algues : cette dernière observation pourrait être partiellement en faveur d'une nourriture à base de Seston, de particules en suspension et de Plancton, qui seraient arrêtés par ces Algues et ne pourraient fournir qu'une quantité trop faible de nourriture aux *Phoronis*.

Il est possible de déterminer trois zones dans l'Etang de Berre : une zone côtière allant jusqu'à une profondeur de 3 m environ (et qui semble correspondre à la Biocoenose des SFHN), une zone correspondant à l'herbier de Zostères, et principalement limitée dans le nord de l'Etang (figure 59) ; ces deux régions sont marquées par l'absence totale de *Phoronis psammophila*. La troisième zone occupe pratiquement la majeure partie de l'Etang, elle est riche en *Phoronis*, son appartenance biocoenotique reste encore à déterminer.

2. Facteurs de la répartition de PHORONIS psammophila : (Etang de Berre)

A. Vents (figure 60)

En comparant les courbes des vents, agissant sur l'Etang de Berre et sur le golfe de Marseille, on remarque rapidement que, si les régimes de vents sont identiques pour ces deux régions, l'Etang de Berre subit ces vents nettement plus longtemps et plus fortement.

Le vent dominant est le "mistral" qui souffle de NW-WNW ; son action est maximale au sud de l'étang. Le deuxième régime de vent se manifeste en provenance de l'E-SE, et alterne avec le mistral. Bien que sa force soit plus faible, en général, ses conséquences sont semblables : son maximum d'influence est sur le nord de l'Etang.

B. Hydrodynamisme :

L'action du vent sur l'Etang de Berre, dont la profondeur maximale est de 9,5 m est pratiquement limitée à la surface ; en effet, par sa superficie, sa profondeur peu importante, son isolement de la mer, l'Etang de Berre n'est pas soumis à l'action de la houle ; l'influence des vagues se fait jusqu'à une profondeur de 4 m environ, au-delà le fond ne subit qu'une agitation moyenne qui est très nettement inférieure à celle du Golfe de Marseille, par exemple. Pourtant, ce brassage des eaux sous l'effet du vent crée une oxygénation continuellement renouvelée du milieu. Il est fort probable que, grâce à ces conditions hydrodynamiques, sans doute optimales pour elles, les *Phoronis* forment des peuplements particulièrement importants.

C. Température :

(Les mesures de température qui ont permis d'établir les courbes de la figure 60, ont été effectuées au niveau du fond à une profondeur de 4,5 m, à 11 heures, dans la partie sud de l'Etang de Berre).

Au cours d'une année, la température subit des variations plus fortes et plus régulières que celles du Golfe de Marseille. Aux mois de Janvier et Février, on enregistre les températures les plus basses (jusqu'à 0°), du mois de Mars au mois de Juillet, la température croit lentement, elle atteint 20° vers la fin Mai. Fin Juillet à début Août, la température passe par un maximum de 25-28°. Ensuite la diminution de la température dure jusqu'en Décembre, elle passe en dessous de 20° en Septembre.

Par rapport à la mer, les maxima et minima sont respectivement plus grands et plus petits, et si le réchauffement est plus rapide, le refroidissement l'est également en fin d'année.

L'action du vent sur la température est moins nette que dans le Golfe de Marseille ; les variations s'étalent sur plusieurs jours, elles ne suivent que faiblement les variations du vent ; elles sont de l'ordre de 1-3°.

En fonction de la profondeur, la température varie peu, en général de l'ordre de 1° environ

La température ne semble pas intervenir dans la répartition de *Phoronis psammophila* si l'on se réfère aux expériences "in vitro" sur les changements de température (voir paragraphe : Salinité de l'Etang de Berre) supportés par ces organismes.

Remarque :

Dans l'Etang de Berre, *Phoronis psammophila* subit durant trois mois environ une température inférieure à 10°, tandis que, dans le Golfe de Marseille, la température n'atteint que très rarement





Figure 60



Figure 60 - Courbes des mesures journalières moyennes du Vent (Aéroport de Marseille-Marignanne) et courbes de la température de l'Etang de Berre (Légende voir figure 49).

cette valeur. Mais l'observation hivernale en plongée présente des difficultés dans des eaux dont la température est de 0-10°.

D. Salinité :

La salinité, et plus directement la chlorinité, ont été étudiées au cours des années précédentes (P. MARS, 1961 ; H.J. MINAS, 1961 ; M. MINAS, 1964). Les mesures, faites en 1961 par M. MINAS, donnèrent une salinité de 28 à 31 °/∞, en 1962, des mesures effectuées au densimètre révèlèrent une salinité de 32 à 35 °/∞, et en 1963, par la même méthode, on a obtenu 30, à 33 °/∞, valeurs que nous retrouvons en 1964. Les variations dans l'Etang de Berre de la salinité sont importantes d'une année à l'autre, et même au cours d'une année.

Les variations de la salinité, en fonction de la profondeur, sont de l'ordre de 1 à 2 °/ $_{\infty}$, la salinité en surface étant plus faible que celle avoisinant le fond. La différence devient nulle après le brassage des eaux à la suite de vent.

L'influence du canal de Caronte, qui est soumis à des courants d'entrée et de sortie des eaux, amenant des eaux de la mer et dont la salinité est plus forte, est perçue jusqu'aux rochers des "Trois Frères" (station 57).

Les *Phoronis* sont, en général, soumises à des variations de la salinité, dont l'importance n'est que secondaire, comme le montrent les expériences en aquarium :

<u>Expériences</u> : Le montage en aquarium est représenté sur la figure 2, le rôle du diffuseur est de provoquer le brassage des eaux, de façon à obtenir une salinité identique en tous points de l'aquarium. La burette laisse tomber goutte à goutte de l'eau douce sur le diffuseur d'air, elle permet de connaître le volume d'eau douce ajouté.

Expérience 1 : les mêmes expériences ont été réalisées avec *Phoronis psammophila* du Golfe de Marseille (voir ci-dessous) et de l'Etang de Berre (dans ce dernier cas, la salinité initiale est de $33 \circ/_{\infty}$ et la salinité finale de $22 \circ/_{\infty}$).

Phoronis psammophila (Golfe de Marseille). La salinité initiale est de 38 °/00 environ dans l'aquarium ; après deux heures, elle est tombée à 33 °/00, sans paraître perturber la vie des Phoronis; trois heures après elle est de 28 °/00. Elle est tombée à 25 °/00 trois heures trente minutes après le début de l'expérience. Les Phoronis ont vécu dans une salinité de 25 °/00, environ durant deux mois. Il ne m'a pas été possible de noter de différence de comportement, ni de perturbations, de même qu'aucune autotomie du lophophore n'a été constatée chez ces Phoronis.

Expérience 2 : la diminution de salinité de 38 °/... à 28 °/... a été faite en cinquante minutes. Les Phoronis ont vécu durant deux mois dans ces conditions, sans aucune différence dans leur comportement.

On peut donc facilement conclure, de ces deux expériences, que les Phoronis supportent des variations importantes et brutales de la salinité, sans être affectées.

Expérience 3 : Pour Phoronis psammophila de l'Etang de Berre se posait le problème de la sursalure par rapport à son milieu normal. A cet effet, l'aquarium a été vidé et l'eau a été remplacée par une eau de mer à 38 °/... Le changement très brutal (quelques minutes) de la salinité n'a pas incommodé les Phoronis qui ont vécu durant deux mois dans ces conditions.

Remarque :

Des aquariums témoins ont été utilisés pour chaque expérience, dans ces aquariums, les conditions étaient normales et habituelles par rapport au milieu naturel, durant toute la durée de l'expérience.

La conclusion qui se dégage de ces expériences est que Phoronis psammophila vit normalement sans être incommodé dans des conditions de salinité variant de 22 à 38 °/..., les variations du milieu naturel, dans les limites ci-dessus, ne devraient donc avoir aucune influence sur la vie et la répartition des Phoronis, tout au moins en ce qui concerne leur développement benthique, (il n'est pas prouvé que leurs larves pélagiques soient aussi tolérantes).



COURBES DE DIMINUTION DE LA TEMPERATURE

Figure 61

Expérience 4 : une série d'expériences a mis en jeu deux facteurs, la température et la salinité, simultanément. La diminution de la température a été obtenue par introduction de glaçons dans l'aquarium. La diminution de la salinité se fait par ces mêmes glaçons à base d'eau douce, elle se fait en 20 minutes environ, jusqu'à 28 °/00. La baisse simultanée de la température et de la salinité est enregistrée sur les courbes de la figure 61.

Pour cette expérience, deux aquariums ont été utilisés : les variations de la température sont portées sur la courbe 1 pour l'aquarium 1, et sur la courbe 2 pour l'aquarium 2. La diminution de température est environ trois fois plus rapide dans l'aquarium 2. On note, dans les deux cas, le retrait de la majorité des Phoronis vers 8°. Dans l'aguarium 1, la remontée de la température s'effectue vers 6°; en 2, la baisse se poursuit jusqu'à 0° (à partir de 3° et jusqu'à 0°, la courbe est marquée par de légères remontées de la température, dues principalement à la fonte irrégulière des glacons). Vers 0°, les Phoronis, qui ne se sont pas rétractées, restent visibles durant toute l'expérience, mais il faut remarquer leurs mauvaises réactions aux excitations artificielles : leur temps de réaction est lent, et il faut une excitation de plusieurs secondes avant de provoquer leur retrait, excitation qui à une température plus élevée aurait provoqué le retrait immédiat de la Phoronis. La réapparition des Phoronis. dans les aquariums 1 et 2, se fait vers 10°.

Les basses températures diminuent les réactions des Phoronis, les conditions ci-dessus ne peuvent être que partiellement valables pour l'Etang de Berre. Néanmoins, les Phoronis survivent très facilement à ces mauvaises conditions, et je n'ai pas remarqué d'autotomie du lophophore.

On peut, donc, conclure de ces séries d'expériences que les Phoronis psammophila sont largement eurythermes et euryhalines.

E. Granulométrie : (voir paragraphe conclusion de stations et répartition).

F. Carbone organique : (en mg C/g de sédiment sec).

En superposant la carte de répartition des Phoronis psammophila de l'Etang de Berre et la carte des stations, tirée du travail de M. MINAS (1964), il est possible de montrer les variations moyennes du carbone organique.

Nous considérons successivement les moyennes des quatre groupes de la carte de répartition (figure 58) :

a.	plus de 30 Phoronis	;	19,5 mg C/g
b.	de 30-10	:	23,1
c.	de 10 à rares	:	23,9
d.	nulles		(voir dans le texte ci-dessous).

D'après les résultats obtenus ci-dessus, on peut émettre l'hypothèse que, lorsqu'on note une diminution du Carbone organique, le nombre de Phoronis tend à augmenter. Néanmoins la présence de Pélécypodes, en nombre important, notamment pour les stations 36, 44, 45, 46 (sauf, pour les zones couvertes de Moules) coîncident avec l'absence ou la rareté des Phoronis, et élimine de ce fait le facteur Carbone organique. Dans les zones marquées par l'absence de Phoronis (ou du moins par une répartition si faible qu'elle n'est pas décelable en plongée), les teneurs en Carbone organique sont, au Nord, de 24,8 mg C/g pour la région de St-Chamas et de 17,3 pour la région des embouchures, au Sud les moyennes sont de l'ordre de 2,5 mg C/g.

En conclusion, il semble donc également y avoir une teneur optimale en carbone organique, comme dans le Golfe de Marseille.

Il faut également remarquer que M. MINAS (1964) montre l'importance de la présence des organismes unicellulaires, tels que Diatomées, Dinoflagellés et Bactéries. Ces organismes interviennent dans les teneurs de carbone organique, ainsi que dans la nutrition des Phoronis psammophila.

III. REMARQUES

Au sujet des "colonies" de Phoronis psammophila :

De nombreux auteurs ont décrit Phoronis psammophila comme vivant en colonies ; cette dénomination est erronée même pour une faible superficie. Et elle devient absurde quand on applique le terme de "colonie" a une répartition de Phoronis psammophila, comme elle est représentée sur les figures 54 et 55 (ainsi que 50, en aquarium) et que cette répartition couvre des hectares, et il serait plus approprié de parler de faciès à l'intérieur des SFBC.

La répartition des Phoronis est habituellement homogène et régulière ; quand elles sont peu nombreuses, la répartition se présente en "ilôts" ou en "colonies" des auteurs, mais les exemplaires restent isolés. Dans le cas de Phoronis psammophila, le terme de "colonie" est donc à rejeter.

Au sujet de la nourriture de Phoronis psammophila :

Leur éthologie alimentaire n'a pas été étudiée dans ce travail, il est pourtant fort intéressant d'indiquer ici quelques observations qui ont pu être faites soit en aquarium, soit en plongée.

Leur nutrition "in vitro" ne pose pas de problème quant à leur survie ; en effet, il n'est pas nécessaire de leur fournir de la nourriture, comme le décrit CORI (1939), le milieu d'un aquarium est suffisant, et ceci durant des mois. Des Phoronis psammophila sont actuellement en survie depuis 5 mois dans un aquarium entièrement dépourvu de sédiment (sauf celui des tubes), ceci peut être en faveur d'une nourriture partiellement indépendante du milieu (c'est-à-dire du sédiment).

En plongée, j'ai pu constater que, dès que les Phoronissont recouvertes par des Algues, par exemple, elles épanouissent toujours le lophophore à l'extérieur et au dessus des amas d'Algues ; si la couverture d'Algues est trop importante ou trop haute, les Phoronis sont absentes.

L'examen au microscope d'une fraction de sédiment montre un grand nombre de Protozoaires et d'Algues unicellulaires.

Il est bien difficile de donner des conclusions valables à partir de ces observations ; néanmoins, les hypothèses qu'il est possible de formuler me conduisent à penser que Phoronis psammophila utilise son lophophore étalé et constituant un piège, l'attente des proies étant passive, malgré les mouvements ciliaires. L'eau filtrée sert en même temps à la respiration. Il est fort probable que les proies (Diatomées, Protozoaires...) ne sont pas prises sur les Algues ou sur le sédiment, mais proviennent de l'eau filtrée ; dans ce cas, l'agitation de l'eau, qui met en suspension de de nombreuses proies, joue un rôle important dans la vie des Phoronis.

Au sujet des dépôts de Diatomées :

L'apparition, sur le sédiment des stations et des aquariums, d'un dépôt brun dû à des Diatomées provoque la disparition rapide (en quelques jours) des Phoronis. Cette constatation n'a pas encore été étudiée, et les hypothèses peuvent être nombreuses, intoxication due à l'élimination de substances nocives, ingestion démesurée de Diatomées... et l'étude du problème reste à faire.

IV. TENEUR EN GAZ D'HYDROCARBURES

L'explosimètre P 210 "Icare" a été utilisé pour la première fois dans ce travail, principalement pour essayer de mettre en évidence une tendance des Phoronis psammophila à de répartir en fonction de la proportion de gaz présents dans les sédiments.

Cet appareil donne pour une première lecture, la proportion approximative de méthane, présents en % dans le sédiment, pour deuxième lecture, l'abondance approximative des homologues supérieurs du méthane et de "gaz lourds" peu combustibles.

Les résultats de l'appareil sont fournis avec une erreur de 2 % pour chaque mesure.

Dans le cas où seul le méthane est présent, la deuxième lecture indique une valeur égale de moitié de la première lecture, car le circuit est shunté (la résistivité de l'appareil est diminuée de moitié). Lorsque cette deuxième lecture est nettement inférieure à la moitié de la première lecture, on note la présence de "gaz lourds" peu combustibles dont il reste encore à déterminer la nature. Si la valeur de la deuxième lecture est plus importante que la moitié de la première lecture, on est en présence d'homologues supérieurs du méthane.

Les conclusions que nous pouvons tirer du tableau ci-contre n'ont que valeur d'hypothèse, qui reste à vérifier. Si la teneur en méthane est très analogue pour les stations 1 à 11 ; on remarque une diminution depuis la station 12, souvent accompagnée par la présence de "gaz lourds" peu combustibles. Dans le cas de l'Etang de Berre, les résultats sont souvent inférieurs à ceux trouvés dans le Golfe de Marseille.

Les teneurs en gaz du sédiment n'ont aucune influence directe ou indirecte sur la répartition des Phoronis psammophila.

Pour l'Etang de Berre, alors que la vase ou la vase sableuse devrait avoir des teneurs plus fortes en gaz, or on obtient l'inverse en consultant le tableau. On peut émettre l'hypothèse que le sable et son eau interstitielle (plus importante que dans la vase) formant un meilleur magasin pour la rétention des gaz. D'autre part, il est reconnu qu'une eau salée dissout peu de gaz ; d'où une dissolution sans doute plus importante dans l'Etang de Berre, du fait de sa salinité plus basse. Cette hypothèse est appuyée sur les faits observés au sondage de Thèse nº 1, Basses Alpes, de la COPEFA, à 1200 m, dans les marnes gonflantes (réf. C. PAYET), où il est sorti une nappe de gaz avec de l'eau salée à 55 g/l de sel.

Différents facteurs interviennent dans la teneur en gaz du sédiment :

- à 30 %, la texture du sédiment,

- à 40 %, la nature de l'eau faisant couverture,

Stations	Méthane	Homologues supérieurs	Gaz lourds	Profondeur en mètres	Phoronis
1	0,30 0,20	2,70		4 6,50	70
2	0,20		-	- 5	rares
3	0,18	-	-	4	rares
4	0,19	-	-	6	rares
5	0,20	-	-	8	absentes
6	0,20	-	-	10	rares
8	0,21	-	ų.	5	rares
9	0,21	-	-	5	absentes
10	0,21	-	-	3-7	29
11	0,20	-	-	5	57
12	0,18	-	0,84	5	40
14	0,19	-	-	3-7	70
15	0,19	-	-	8 - 3	70
16	0,19	-	traces	4	rares
17	0,17	-	0,84	6	nulles
18	0,15	-	0,56	7	nulles
19	0,18	-	0,70	6	nulles
20	0,18 0,11	-	- 0,42	8 12	nulles 30-60
21	0,16	-	0,70	12	rares
24	0,19	-	-	3	rares
26	0,15	-	0-0,70	4-5	rares
57	0,17	-	-	5	50
59	0,16	traces	traces	8,5	15-28
53	0,19	-	-	8	20-30
76	0,17	-		5	nulles
79	0,16	-	0,56	5	nulles
89	0,15	-	0,70	6	10-20

Remarques : Il faut remarquer que très souvent la présence de "Gaz lourds" peu combustibles est liée à la proximité d'un herbier. Ce cas est bien visible sur le tableau pour les stations 16 à 21, exception faite de la station 20, dont la particularité a déjà été signalée précédemment.

- à 30 %, les autres phénomènes (exemples : Bactéries, putréfaction, oligo-éléments).

CONCLUSIONS

L'étude anatomique et histologique n'a pas apporté suffisamment de critères pour maintenir deux expèces différentes, les seuls critères étant une différence de la taille des exemplaires (0,5 à 1,5 cm pour *Ph. psammophila* et 1,2 à 2 cm pour *Ph. sabatieri*) et du nombre de muscles longitudinaux (32 à 34 chez *Ph. psammophila* et 28 à 33 chez *Ph. sabatieri*). Cette étude met également l'accent sur les difficultés de détermination dans la classe des Phoronidiens, détermination qui repose principalement, sur des données histologiques et anatomiques ; les conditions écologiques, n'ayant pas encore été étudiées pour les différentes espèces de cette classe, ne peuvent pas être utilisées, et, dans ce travail, l'écologie permet de mettre en évidence des facteurs pouvant intervenir comme critères de détermination des espèces de *Phoronis*.

L'étude écologique, par contre, met en relief les différences entre des facteurs identiques qui agissent sur le Golfe de Marseille et sur l'Etang de Berre. Néanmoins, bons nombres de facteurs n'ont que des rôles secondaires, ou bien, malgré des différences, agissent dans le même sens. Alors que le Golfe de Marseille possède un régime hydrologique relativement stable, celui de l'Etang de Berre est instable par suite des variations des facteurs physico-chimiques. La <u>température</u>, malgré des variations mensuelles plus faibles dans l'Etang de Berre, est marquée par une forte variation annuelle (de 0° à 27°). Les basses températures de 0° à 8° sont importantes , par leur action sur les réactions des *Phoronis*, comme l'ont montré les expériences "in vitro", dont les vérifications sont encore impossibles en plongée. Pourtant, malgré cette action, le rôle de la température sur la répartition des *Phoronis psammophila* est probablement secondaire, sinon nul, du moins dans le Golfe de Marseille.

Les variations du facteur <u>salinité</u> sont très fortes (30 à 33 °/° en moyenne) dans l'Etang de Berre en comparaison de celles dans le Golfe de Marseille, qui n'atteignent pas 0,5 °/°. Mais le rôle de ce facteur devient négligeable après les expérimentations en aquarium, démontrant la possibilité pour *Ph. psammophila* de vivre durant des mois dans des eaux ayant une salinité de 25 à 38 °/°.

L'étude des facteurs température et salinité démontre l'eurythermie et l'euryhalinité de Ph. psammophila.

La granulométrie met en évidence de très fortes différences entre les stations prospectées. La répartition des *Phoronis* est indépendante de ce facteur, autant pour le Golfe de Marseille que pour l'Etang de Berre. Néanmoins, des essais de "transplantations" de *Phoronis* depuis des sables fins du Golfe de Marseille dans la vase de l'Etang de Berre, et inversement, ont tous échoués. Ceci semble démontrer l'incapacité des *Phoronis* de subir des changements de sédiment ; pour les *Phoronis* de l'Etang de Berre, des essais de transferts "in vitro" du sable de la station 57 dans la vase, et inversement, n'ont donné aucun résultat. Ainsi, malgré le rôle encore obscur de ce facteur sédiment, il apparait que la dimension des grains n'est pas déterminante pour la répartition des *Phoronis*.

Le carbone organique est marqué par une grande différence selon que l'on étudie le Golfe de Marseille ou l'Etang de Berre. Ci-dessous un tableau comparatif de la teneur en carbone organique (mg C/g de sédiment sec) selon les groupes de répartition des *Phonoris* :

Groupes de	Golfe de Marseille	Etang de Berre
a	2,9 - 1,8	19,5
b		23,1
c	1,7 - 0,8	23,9
		24,5
d	6,5 - 13,1	17,3 2,5

L'intervention de la texture du sédiment dans la teneur en carbone organique peut être à l'origine de cette différence dans les deux régions considérées. En consultant ce tableau, on constate

que, pour une teneur de 1,8 à 3 mg C/g dans le Golfe de Marseille et de 18 à 23 mg C/g environ dans l'Etang de Berre, le nombre de *Phoronis* présentes est maximum (groupe a). La diminution des *Phoronis* est enregistrée pour une baisse de la teneur en carbone organique dans le Golfe de Marseille (groupe c) et pour une augmentation dans l'Etang de Berre (groupes b et c). L'absence de *Phoronis* est remarquée pour des teneurs supérieures à 3 (6,5 à 13,1) dans le Golfe de Marseille, et des teneurs supérieures à 24 ou inférieures à 18 (groupe d) dans l'Etang de Berre.

Le facteur gaz (méthane) ne permet pas actuellement d'apporter une différence entre les deux formes de *Ph. psammophila*, mais il est intéressant de noter la présence de "gaz lourds" peu combustibles à proximité de l'herbier.

L'hydrodynamisme, provenant principalement de l'action du vent, et de la houle, dans le cas du Golfe de Marseille, est un facteur déterminant pour la répartition numérique de *Phoronis psammophila*, mais n'est pas un critère de différenciation entre les deux formes. Ce facteur joue un grand rôle dans la nutrition et la respiration, par le brassage et l'oxygénation des eaux. L'agitation au niveau du fond créé par ce facteur est indispensable comme le montrent les expériences en aquarium, pour la survie des *Phoronis*. Les *Phoronis* supportent une agitation forte, leurs lophophores s'orientent de façon que la couche soit dirigée contre le courant et l'anus dans le courant. L'importance de l'hydrodynamisme est plus faible dans l'Etang de Berre, et la présence d'un facteur de compensation (comme une nourriture plus abondante, demandant une agitation plus faible,...) n'est pas à exclure.

La <u>position biocoenotique</u> de *Phoronis psammophila* de l'Etang de Berre n'étant pas encore déterminée, il n'est pas encore possible de donner des conclusions valables. L'influence de la faune sur la répartition des *Phoronis* n'a pas pu être mise en évidence malgré de nombreuses tentatives. Dans le Golfe de Marseille, *Phoronis psammophila* est considérée comme étant caractéristique de la Biocoenose des Sables Fins Bien Calibrés.

Dans l'attente de recherches plus approfondies de l'écologie et de l'anatomie de Phoronis psammophila, je propose de réunir les deux prétendues espèces Ph. psammophila Cori et Ph. sabațieri Roule en une espèce unique : Phoronis psammophila Cori, que je divise en deux sous-espèces : Ph. psammophila psammophila et Ph. psammophila sabatieri.

Dans de futurs travaux, de nombreuses données seront vérifiées et approfondies par l'emploi du microscope électronique. L'étude de la reproduction est encore à entreprendre, ainsi que l'observation des larves et leur développement, en essayant de vérifier la position de *Phoronis psammophila* dans le Golfe de Marseille et dans l'Etang de Berre. La continuation des travaux entrepris ici est à souhaiter, et les problèmes soulevés laissent entrevoir des possibilités de recherches ultérieures dans une classe trop méconnue de l'embranchement des Lophophoriens.

Qu'il me soit permis de souligner, grâce à ce travail, l'utilité de l'emploi du scaphandre autonome pour les prospections et les études scientifiques.

SUMMARY

The study on Phoronis psammophila Cori 1889 and Phoronis sabatieri Roule 1889 permits the author to join together these two species into only one species : Phoronis psammophila Cori 1889 (However, acknoledge two under-species : Phoronis psammophila psammophila and Phoronis psammophila sabatieri because due to ecological studies).

This work on *Phoronis psammophila* was done in two parts. The first is a detailled study of the anatomy and histology, principally the external characters, the body wall (principally the layer of circular muscles, the layer of longitudinal muscles, and peritoneum), mesenteries and coelom, digestive system, circulatory system (with a study about the tentacular circulatory system and the deformation of the red corpuscules), nervous system (this consists of the central nervous system, the general nervous system and the giant fiber).

In the second part which considers the ecology of this *Phoronis*, we have studied two regions : the Gulf of Marseille and environs and the Etang de Berre. In the first region, we consider different ecological factors. The winds have a secondary role ; the hydrodynamism plays a preponderant role in the distribution of *Phoronis psammophila*. This factor is studied in the natural environment and in aquaria. Finally, we consider the effects of these various factors : temperature, salinity, granulometry, and organic carbon. *Phoronis psammophila psammophila* is a caracteristic representative of the Biocoenose des Sables Fins Bien Calibrés (SFBC). In the second region, the same factors are studied ; the effects of the temperature and salinity are evaluated in the aquaria.

We must make three observations : first, about the colonies of Phoronis psammophila, second on the nutrition ; and thirdly on the influence of Diatoma when they are on the bottom.

In the last chapter, we are studying the hydrocarbon gas contained in the marine sediments. We ascertain that the hydrocarbon gas has no effect on the distribution of Phoronia psammophila.

BIBLIOGRAPHIE : PHORONIDIENS

- ANDREWS E.A. (1900). On a new American species of the remarquable animal Phoronis. Ann. mag. nat. hist. 5; pp. 445-449.
- BETHE A. (1927). Eigentümliche Formen und Mittel der Blutbewegung (Phoronis. Tomopteris, Sauilla). Zeits./. vergl. Physiol., vol. 5, pp. 555-576.
- BROOKS W. K. et COWLES R. P. (1905). Phoronis architecta. Nem. Nat. Sci. Washigton. 10, pp. 69-111.
- CORI C.J. (1890). Untersuchung über die Anatomie und Histologie der Gattung Phoronis. Zeitsch . Wiss. Zool.; Band 51, pp. 480-568, Tafel XXII-XXVII.
- CORI C.J. (1939), Phoronidea. Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreiches, Band 4, Abt. IV, Buch 1, Teil II.
- FORNERIS L. (1959). Phoronidea from Brasil. Bol. Inst. Oceanog. Sao Paulo, tome X, fasc. 2, pp. 1-105.
- FRANZEN A. (1956). On spermiogenesis, morphology of the spermatozoon and biology of fertililization among Invertebrates. Zool. Bidrag. Uppsala, Band 31, pp. 439-441.
- GILCHRIST J.F.D. (1907). New formes of the Hemichordata from south Africa. Trans. S. African Phil. Soc. vol. XVII.
- GRASSE P.P. (1959). Traité de Zoologie. Phoronidiens, tome V, fasc. 1.
- GRASSE P.P., POISSON P.A. et TUZET O. (1961). Invertébrés : Lophophoriens. Zoologie 1.
- HEDGPETH (1954). Phoronidea. Gulf of Mexico. Fishery Bull. Fish. & Wildlife Serv., vol. 55, bull 89, p. 367.
- HYMAN H. (1957). The Invertebrates. Smaller Coelonates Groups : Phoronidea, vol. V, pp. 228-274.
- HYMAN H. (1958). The occurrence of chitin in the Lophophoratephylla. Biol. Bull. Woole Hole. 114, pp. 106-112.
- MAMKAEV (1962). Sur les Phoronidiens d'Extrême-Orient. Issledov. Dalnevostoch. Mor. CCCP, 8, 219-37, carte, fig. bibl. (en russe).
- MARSDEN J.R. (1957). Regeneration in Phoronis vancouverensis. Jour. Morphol. U.S.A., tome 101, 2, pp. 307-323.
- MARSDEN J.R. (1959). Phoronidea from the coast of North America. Can. Jour. 'Zool., vol. 37, pp. 87-111.
- MASTERMANN A.T. (1901). Professor Roule upon the Phoronidea. Zool. Anz., Band XXIV, nº 642, pp. 228-233.
- ROULE L. (1889). Sur une nouvelle espèce méditerranéenne du genre Phoronis. C.R. Acad. Sc. Paris, tome 109, pp. 195.
- SELYS-LONGCHAMPS M. de (1904). über Phoronis und Actinotrocha bei Helgoland. Wiss. Meerunt., Band 6, Abth. Helgoland, Heft 1.
- SELYS-LONGCHAMPS M. de (1907). Phoronis. Fauna u. Flora, Neapel, nº 30.
- SILEN L. (1952). Researches on Phoronis of the Gullmar Fiord area (West coast of Sweden). Ark. Zool., Band 4, nº 4.

SILEN L. - (1954). On the nervous system of Phoronis. Ark. Zogl., Band 6, pp. 1-40.

- SILEN L. (1954). Developmental biology of Phoronidea of the Gullmar Fiord area (West coast of Sweden). Acta Zool., 35, pp. 215-257.
- SILEN L. (1955). Automized tentacle crowns as propagative bodies in Phoronis. Acta Zool. 36, pp. 157-165.
- VEILLET A. (1941). Description et mécanisme de la métamorphose de la larve Actinotroque de Phoronis sabatieri. Bull . Inst. Ocean. Monaco, nº 810.
- Revue "Sciences et Avenir" (Août 1964) : Quand les globules rouges changent de formes. (D'après une documentation de l'Université de Galveston, Departement of Physiology and surgery, M. GUEST).

BIBLIOGRAPHIE : Techniques et Ecologie

- ments et des eaux qui leur sont associées. Act. Sci. et Industr., 952.
- ANNE P. (1955). Sur le dosage du Carbone organique des sols. Ann. agron., XV, pp. 161-172. BLANC J.J. - (1955). Sédimentologie et Bionomie. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 9, fasc. 15. BRAJNIKOV B., FRANCIS-BOEUF C. et ROMANOVSKY Y. - (1943). Techniques d'étude des sédi-
- EMIG C.C. (1964). Contribution à la répartition des Phoronidiens et à la cartographie benthique du Golfe de Fos. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 36, fasc. 52.
- EMIG C.C. (1965). Essais d'étude de la teneur en gaz d'hydrocarbures dans le milieu marin. Rec. Trav. St. Mar. End., (sous presse).
- EUZET L. et POUJOL M. (1963). La faune associée à Mercierella enigmatica Fauvel (Annelide Serpulidea) dans quelques stations des environs de Sète. CIESM. vol. XVII, fasc. 3, pp. 833-842.
- FEBVRE J. (1965). Apercu sur les peuplements benthiques de l'Etang de Berre. Rec. Trav. St. Mar. End. (sous presse).
- GLEMAREC M. (1964). Bionomie benthique de la partie orientale du Golfe du Morbihan. Cahiers Biol. Mar., tome V, cahier 1, pp. 33-96.
- GAUTIER Y.V. (1957). Recherches sur les biocoenoses benthiques des côtes de Camargue et du Golfe de Fos. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 13, fasc. 22.
- GAUTIER Y. (1957). Observations préliminaires sur les peuplements benthiques marins devant le delta du Rhône, C.R. Acad. Paris, tome 242 pp. 826-827.
- Mc INTYRE A.D. (1958). The ecology of the Scottish inshore fishing grounds. The bottom fauna of the east coast grounds. Scott. Home Dept. Mar. Res., GB, 1, pp. 24.
- LANGERON L. (1949). Précis de Microscopie. Coll. de Précis Médicaux.
- MARS P. (1961). Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques. Thèse Univ. Paris.
- MASSE H. (1962). Cartographie Bionomique de quelques fonds meubles de la partie sud-orientale du Golfe de Marseille. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 27, fasc. 42, pp. 221-259.
- MASSE H. (1963). Quelques données sur l'économie alimentaire d'une Biocoenoes Infralittorale. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 31, fasc. 47, pp. 153-166.
- MINAS H.J. (1961). Quelques données hydrologiques sur l'Etang de Berre. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 23, fasc. 37.
- MINAS M. (1964). Etude de la répartition de quelques facteurs géochimiques dans les sédiments de l'Etang de Berre. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 32, fasc. 48.
- PERES J. M. (1961). Océanographie biologique et Biologie marine. Tome 1, Presse Universitaire de France.
- PERES J.M. et PICARD J. (1957). Note préliminaire sur une communauté benthique récemment mise en évidence : la Biocoenose à Dentalium rubescens et Lucina borealis. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 12, fasc. 21.

- PERES J.M. et PICARD J. (1964). Nouveau manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 31, fasc. 47.
- PETIT G. (1962). Quelques considérations sur la biologie des eaux saumâtres méditerranéennes. Pubbl. Staz. Zool. Napoli, 32, suppl. 205-218.
- PICARD J. (1965). Recherches qualitatives sur les Biocoenoses marines des substrats meubles dragagables de la région marseillaise. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 36, fasc. 52.
- ROUX M. (1964). Les sédiments de l'Etang de Berre. Rec. Trav. St. Mar. End., bull. 35, fasc. 51.
- STEUER A. (1933). Zur Fauna des Canal di Leme bei Rovigno. Thallassia, vol. 1, nº 4, pp. 27-37.
- VOGT W. (1925). Gestaltungsanalyse am Amphibienkeim mit örtlicher Vitalfärbung (mit Agar als Farbenträger). Arch. Entw. Mech., Band 106, pp. 542-610.