

# L'approche des groupes zoologiques marginaux dans le cursus de formation de la CNEBS

Mémoire (module 4) en vue de l'obtention du titre de  
Formateur en Biologie Subaquatique 3<sup>ème</sup> degré



© David BORG

**L'approche des groupes zoologiques marginaux  
dans le cursus de formation de la CNEBS**

## **Sommaire**

Introduction.....	4
I. Les Hexactinellides.....	10
II. Les Siphonophores et les Hydraires pélagiques.....	15
III. Les Lucernaires.....	21
IV. Les Némertes.....	25
V. Les Siphoncles, les Échiuriens et les Priapulien.....	29
VI. Les Pycnogonides et les Limules.....	34
VII. Les Brachiopodes.....	39
VIII. Les Phoronidiens.....	44
IX. Les Chaetognathes.....	49
X. Les Entéropeustes et les Ptérobranches.....	53
XI. Les Thaliacés et les Appendiculaires.....	58
XII. Les Céphalocordés.....	64
XIII. Sources, bibliographie et liens internet.....	68
XIV. Une pensée affectueuse.....	69

*À Doris, mon inspiration et ma force...*

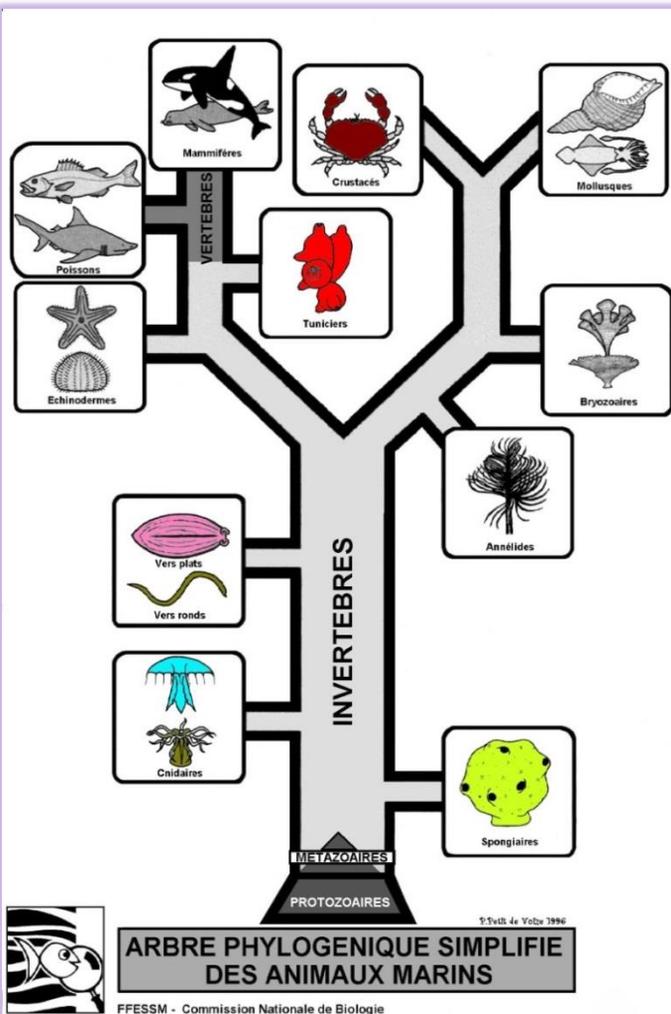
# Introduction

## Le règne animal en plongée loisir

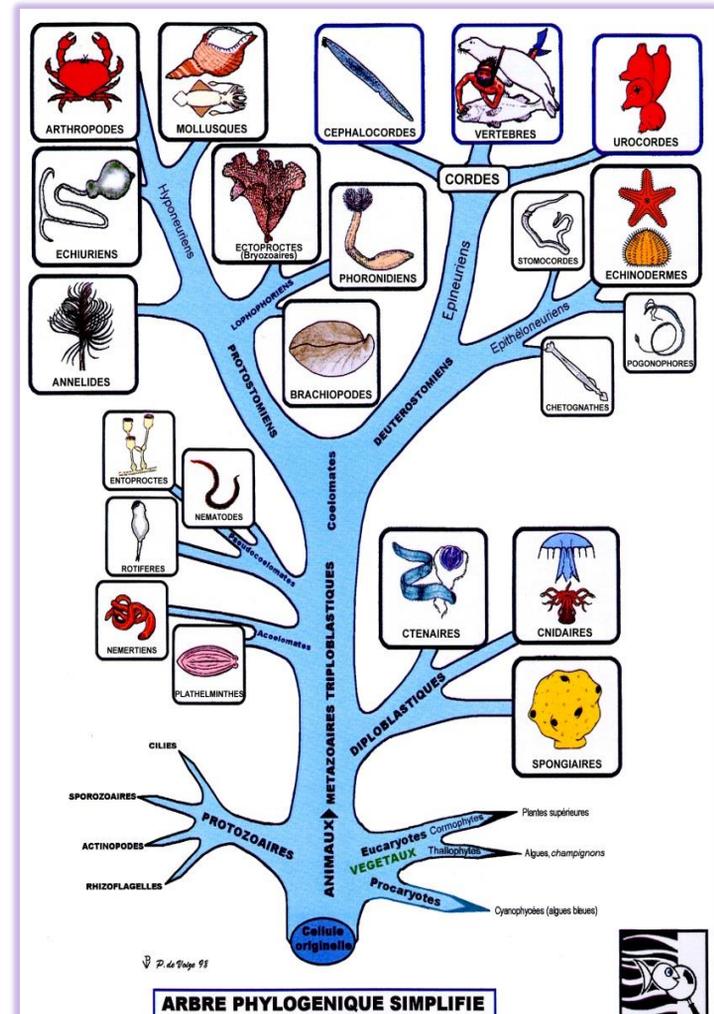
Les fonds marins regorgent de vie. Très vite dès l'antiquité, et devant un tel foisonnement, les premiers scientifiques ont été amenés à répertorier, classer, puis à hiérarchiser le monde du vivant. Mais selon quels critères aborder ce travail fastidieux ? Toute une série de classifications a vu le jour depuis cette époque, avec plus ou moins de rigueur, où l'on regroupait les organismes selon qu'ils bougeaient ou non, selon qu'ils étaient mous ou durs, selon qu'ils étaient comestibles ou non, selon leur forme, leurs symétries...

Puis il est apparu que des organismes semblaient plus simples que d'autres, plus « primitifs » ou plus « évolués ». Avec le temps et l'avancée des connaissances les scientifiques ont imaginé des arbres où était représentée une gradation du vivant, du « plus simple » vers « le plus évolué ». C'était toujours les bactéries, les microbes, les « invisibles » qui étaient à la base, et c'était toujours le groupe des Mammifères et surtout l'Homme qui étaient représentés au sommet. Jusqu'à il y a quelques années, ce type de classification était la règle, profondément ancré depuis quelques siècles.

La commission biologie de la FFESSM n'a pas dérogé à la règle, et voici deux des arbres traditionnellement exposés dans le hors-série de SUBAQUA (et dans les fournitures fédérales en général) aux plongeurs désireux d'appréhender l'apparente complexité du monde vivant en plongée :



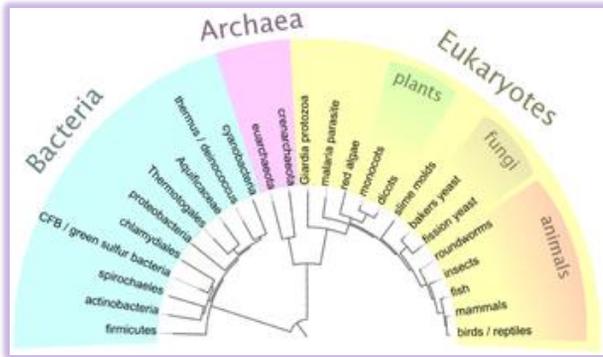
**1996**



**1998**

Ces arbres sont simplifiés, et à juste titre ! La vie marine est riche, complexe, d'une diversité infinie, exubérante ! Comment faire tenir en un schéma toute cette richesse, toute cette variété ? Ou on construit un arbre qui montre tout (mais est-ce possible ?) et l'on dissuade les plongeurs même les plus motivés, ou on ne montre que les principaux groupes, c'est-à-dire les plus communément observés en plongée, mais au détriment de certains groupes peu observés, et qui en conséquence seront le plus souvent occultés dans le cursus de formation. C'est cette deuxième option qui a été retenue, et heureusement !

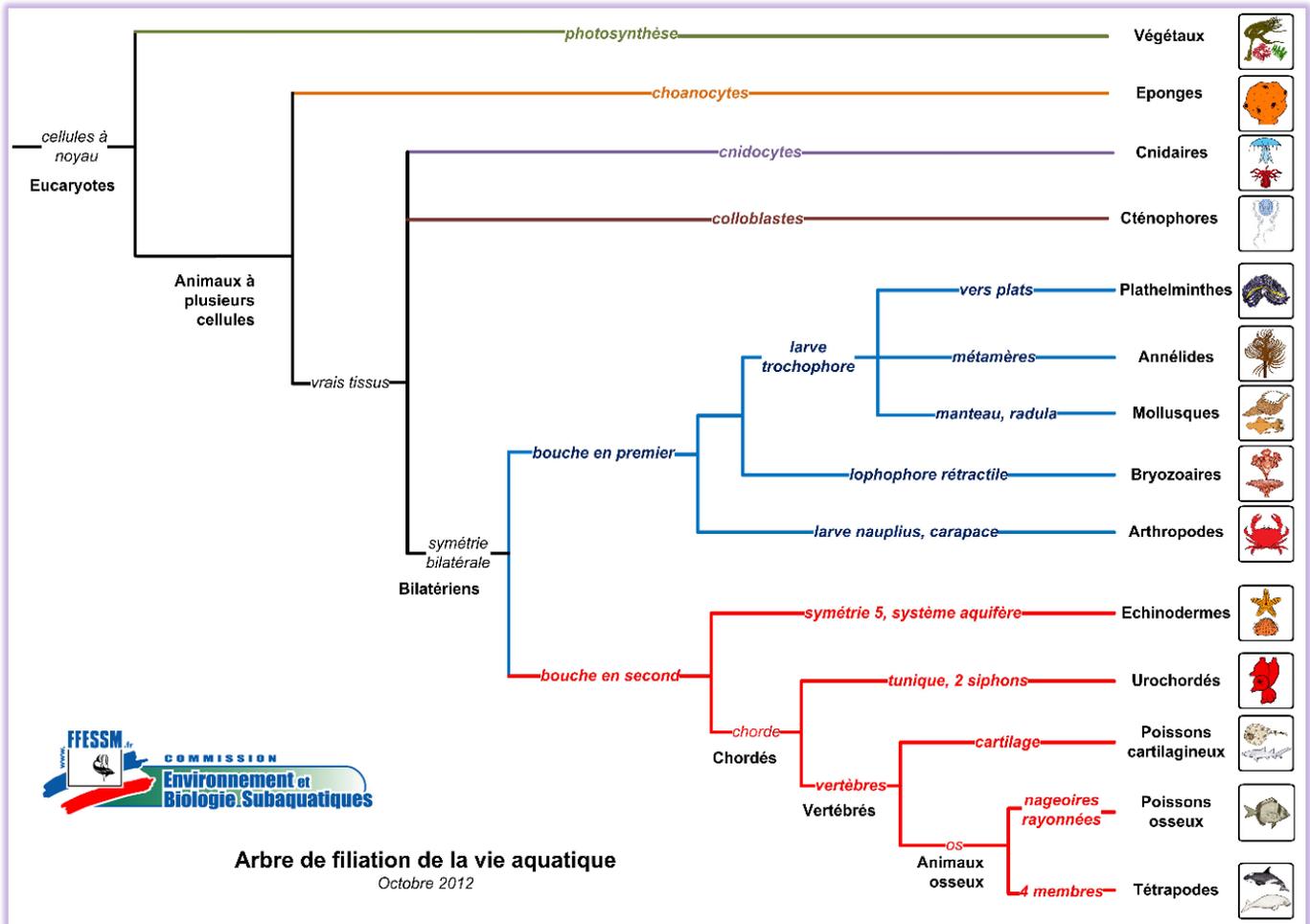
Aujourd'hui, et depuis quelques années seulement, cette classification « arborescente » a été complètement supprimée. Adieu les groupes primitifs, adieu les groupes évolués, adieu les organismes plus simples et les organismes plus complexes ! Bonjour la classification phylogénétique, qui maintient les liens évolutifs entre les différentes lignées certes, mais qui, et c'est nouveau, met sur un « pied d'égalité » l'ensemble des groupes vivants. La manière idéale de représenter cette classification est de mettre tous les groupes vivants sur un cercle. Ci-dessous une classification actualisée des grands clades du monde vivant.



Voici ci-dessous le nouvel arbre de filiation de la vie aquatique de la CNEBS, bâti selon le même principe, mais déroulé sur une colonne.

C'est ce type de classification que vous devez dorénavant utiliser auprès de vos stagiaires au cours de vos formations bio. Cet arbre est d'ailleurs disponible en téléchargement sur le site de la CNEBS, à la rubrique « Documents officiels ». Il devrait en principe être inclus dans la prochaine édition du Hors-série de SUBAQUA, « À la découverte de la vie sous-marine ».

[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplified\\_tree.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplified_tree.png)



Arbre de filiation de la vie aquatique  
Octobre 2012

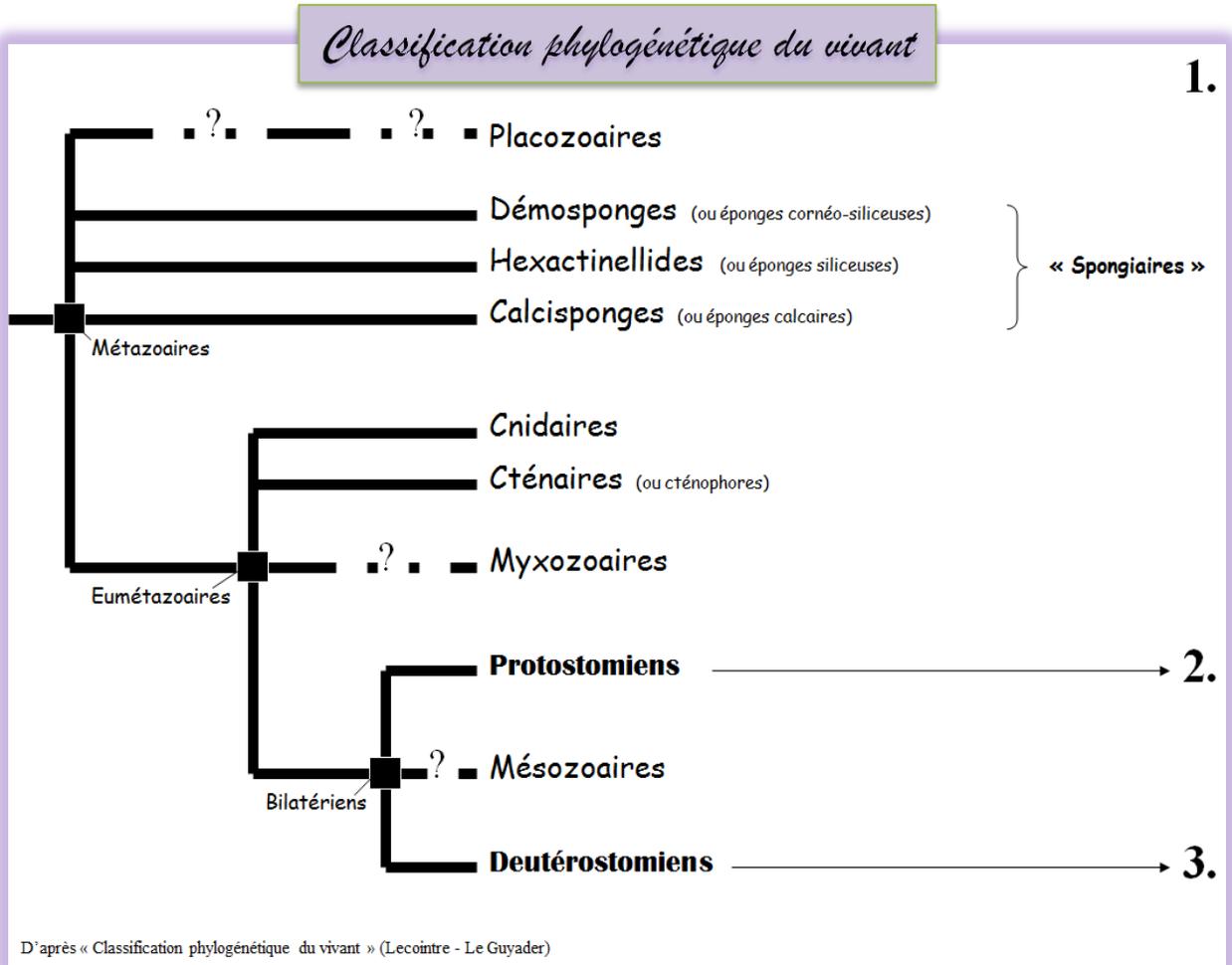


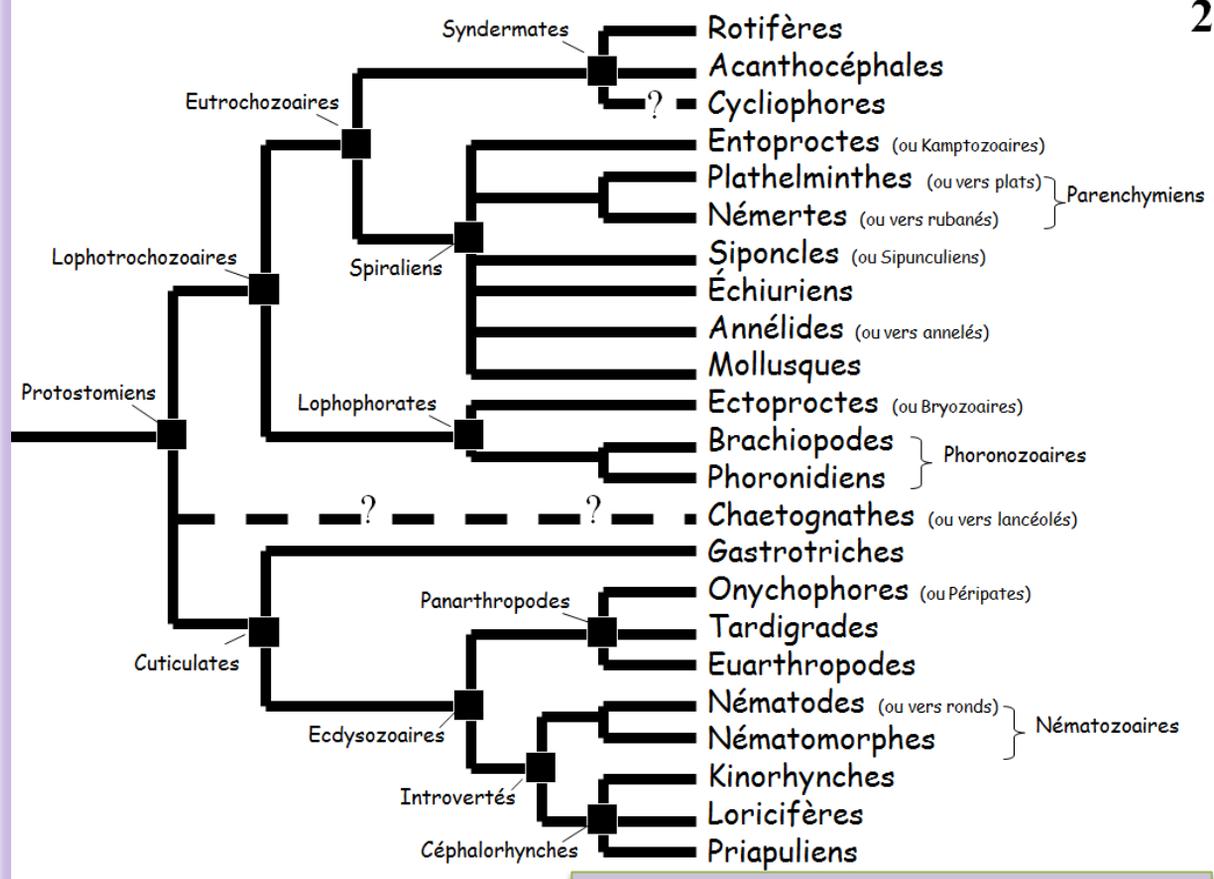
L'arbre de la CNEBS page précédente reprend les principaux groupes vivants observés en plongée, pour plus de clarté, dans un but pédagogique.

Je vous propose ci-dessous la Classification Phylogénétique du Vivant, de Lecointre & Le Guyader (pour le règne animal). [Voir référence bibliographique citée à l'avant-dernière page].

L'arbre de filiation de la CNEBS est tiré de cette classification, et en constitue une version simplifiée.

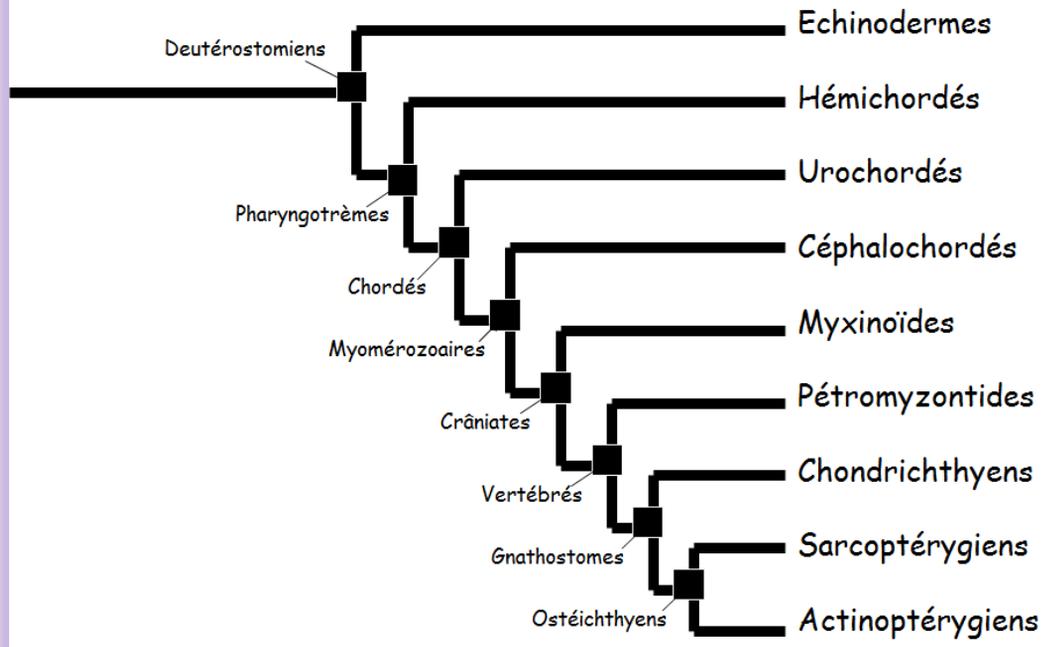
Il est utile d'exposer ici en préambule de ce mémoire l'intégralité des embranchements animaux recensés, afin d'en faire découler l'objet.





D'après « Classification phylogénétique du vivant » (Lecointre - Le Guyader)

*Classification phylogénétique du vivant*



D'après « Classification phylogénétique du vivant » (Lecointre - Le Guyader)

Afin d'en arriver au thème de ce mémoire, je vous propose de supprimer de l'ensemble de ces taxons :

-les groupes d'organismes traditionnellement enseignés dans les formations de la CNEBS : les **Démospouges**, les **Calcispouges**, Les **Cnidaires**, Les **Cténaires**, les **Plathelminthes**, les **Annélides**, les **Mollusques**, les **Bryozoaires**, les **Crustacés** au sens large (inclus dans les Arthropodes), les **Echinodermes**, Les **Urochordés** (les Ascidies essentiellement), ainsi que le groupe des **Crâniates**, qui comprend les Vertébrés, bien connus des plongeurs. Même si les lamproies et les myxines forment un véritable groupe d'organismes marginaux, ils ne rentreront pas dans le cadre de ce mémoire, qui se limitera aux animaux sans vertèbres ;

-les groupes d'organismes terrestres, ou parasites internes, et donc non rencontrés en plongée : les **Myxozoaires** (organismes minuscules, parasites se reproduisant à l'aide de spores), les **Mésozoaires** (parasites d'invertébrés marins), les **Rotifères** (quasi essentiellement dulcicoles, minuscules), les **Acanthocéphales** (parasites internes d'Arthropodes à l'état juvénile et d'intestins de Vertébrés à l'état adulte, essentiellement terrestres), et les **Onychophores** (seul embranchement animal exclusivement terrestre) ;

-les groupes d'organismes minuscules, (quasi) invisibles à l'œil nu en plongée, et les organismes interstitiels de très petite taille et/ou toujours enfouis dans le sédiment : les **Placozoaires** (organismes très simples, aplatis en un minuscule disque mou, et rampant sur le substrat), les **Cycliophores** (microscopiques, qui ne vivent que sur les pièces buccales de la langoustine), les **Entoproctes** (ou Kamptozoaires, minuscules colonies évoquant des Bryozoaires), les **Gastrotriches**, les **Kinorhynches** et les **Loricifères** (organismes interstitiels intertidaux ou dulcicoles), les **Tardigrades** (essentiellement terrestres, quelques espèces marines, mais de très petite taille), les **Nématodes** et les **Nématomorphes** (parasites internes, ou libres et minuscules dans le sédiment).

Une fois ce « dégrossissement » opéré, on peut s'apercevoir qu'il reste un certain nombre de taxons... Ceux-ci peuvent tous être observés en plongée, avec plus ou moins de chance. Ils sont soit plus ou moins survolés (pour certains seulement), soit en général complètement ignorés des formations bio de la CNEBS. A cela plusieurs raisons possibles, plus ou moins « valables », qui seront détaillées dans chaque chapitre.

J'ai eu l'occasion de constater personnellement, au cours de différents stages bio, et même auprès d'un public de moniteurs expérimentés, que ces groupes étaient la plupart du temps complètement passés à la trappe. Quelle satisfaction alors, et quel plaisir aussi, de voir des yeux s'écarquiller à la projection des photographies de ces mystérieuses bestioles !

Ils pensaient tout connaître, et se rendent compte soudain qu'il existe encore des organismes fantastiques à découvrir, qui, pour peu qu'on s'intéresse à leur biotope, à leur mode de vie, peuvent être observés assez facilement pour la plupart. Comme pour tous les autres animaux, si on sait où chercher, alors on peut trouver... Une fois la théorie apprise, il reste à plonger, à chercher, à trouver et à montrer à l'autre... Alors les yeux s'écarquillent encore plus fort (même si derrière le masque cette impression est amplifiée), et le débriefing est un pur moment de bonheur, pour les plongeurs que j'emmène comme pour moi...

J'ai toujours en mémoire une plongée que j'ai faite avec Yann Querrec sur la côte de granite rose, dans les Côtes d'Armor (région de Ploumanac'h), il y a quelques années. Au moment du briefing, je lui annonce que je vais lui montrer des Brachiopodes. Je lui explique qu'il s'agit d'organismes qui pullulaient jadis au fond des océans, et qu'il ne persiste aujourd'hui qu'à peine 1% des espèces fossiles. Yann était débutant à l'époque, sa curiosité était sans limite. On ne le dit peut-être pas assez, mais la curiosité est l'ingrédient principal pour progresser en biologie marine. En quelques mots simples et bien choisis, j'avais ferré mon poisson ! Sa joie était grisante. J'ai eu l'occasion d'assister par la suite à des exposés que Yann a projetés auprès de candidats PB1 et PB2. Il est devenu incollable sur la faune de Bretagne, est devenu photographe, possède son site internet... Il attire lui aussi la curiosité du public, il emmène ses stagiaires lui-même sous l'eau et leur montre à son tour les Brachiopodes avec autant de passion que j'en avais eue avec lui.

Plus récemment, lors d'un stage bio sur l'île du Levant, j'ai eu l'occasion de projeter un exposé à un auditoire plutôt « aguerri ». Il s'intitulait « Les organismes bizarres en plongée », exposé qui était en quelques sortes un embryon du présent mémoire, avec un titre qui ne me satisfaisait pas et que je savais provisoire.

A ma grande surprise, j'ai constaté que très peu des organismes dont j'ai parlé étaient connus des stagiaires. Ce qui n'a pas empêché cet auditoire d'être captivé et très motivé pour essayer de les dénicher. A l'issue de ce stage, Ginette Allard est allée plonger en Asie, comme à son habitude, là où elle a plongé un nombre incalculable de fois. Elle n'avait jamais remarqué que sous les tentacules des cérianthes qu'elle photographiait, on pouvait trouver facilement un de ces « organismes bizarres ». Elle m'a envoyé dès son retour des photographies de jolis Phoronidiens noirs (puisque c'est d'eux dont il s'agit), elle était ravie de sa trouvaille et m'a chaleureusement remercié ! Je crois que ça se passe de tout commentaire, je dirai juste que ma joie était profonde...

Je vous souhaite à tous de vivre ces moments, en tant que formateur bio, ils sont pour moi inoubliables.

Et tout simplement en tant qu'homme, cette satisfaction qu'on peut avoir à transmettre est une sensation qui ne s'explique pas !

J'ai toujours été fasciné et attiré par les organismes particuliers, ceux qui sont rares, ceux dont on ne parle pas...

Un jour, Vincent Maran a écrit cette phrase à mon propos, sur ma fiche participant du site DORIS :

« ...tout ce qui est un peu original ou singulier l'intéresse, surtout si c'est dépourvu de vertèbres... »

Il avait trouvé les mots justes pour me décrire. Ça c'est exactement moi...

J'ai conçu ce mémoire dans une double optique : celle d'attiser la curiosité du public, afin de lui montrer qu'il existe des autres formes de vie très originales, qui méritent d'être connues et qui méritent qu'on parle d'elles, et celle de montrer qu'il est tout à fait possible de les enseigner à son tour en tant que Formateur en Biologie Subaquatique en des termes simples et pas forcément savants.

Pour ce faire, je suis parti d'une question double : pourquoi ne parle-t-on pas de ces organismes ? Et pourquoi ne le voit-on pas en plongée ? (ou parfois plutôt : pourquoi peut-on ne pas les voir ?)

Dans chacun des chapitres qui suit, qui reprend à la fois des *phyla* complets d'organismes méconnus, et parfois aussi des groupes originaux et délaissés inclus dans des groupes emblématiques (comme les Thaliacés, les Lucernaires, les Pycnogonides...), j'ai voulu apporter des réponses, et palier au manque d'informations. J'ai pour ce faire détaillé les points importants dont il faudra parler durant vos exposés afin de bien cerner et de bien expliquer les organismes en question.

A chaque fois j'ai voulu situer ces groupes dans la phylogénie actuelle, en précisant leurs affinités évolutives, c'est-à-dire de quel(s) autre(s) groupe(s) ces organismes originaux étaient proches, et aussi indiquer où les trouver sur le site DORIS, en réemployant les icônes qui représentent ces groupes.

Je vous donne souvent quelques billes, quand elles existent, afin de marquer l'auditoire, au moyen d'anecdotes facilement mémorisables, que vos stagiaires n'oublieront pas, et qui feront « avaler la pilule » facilement. Ce sont des « trucs » que j'ai testés et qui marchent toujours ! Souvent une bonne anecdote vaut mieux qu'un long discours ...

Afin de trouver et de montrer ces animaux originaux, il faut savoir où chercher. Pour chaque groupe seront précisés le ou les différents biotopes à privilégier en plongée. Des photographies d'espèces métropolitaines ou ultramarines, le plus souvent extraites du site DORIS, ainsi que des schémas, illustreront enfin chaque chapitre.

Ce mémoire s'adresse en priorité aux cadres Formateurs en Biologie Subaquatique, mais aussi pourquoi pas aux PB1 et PB2 précoces, curieux et passionnés (comme je l'étais à l'époque), et désireux d'en savoir davantage que les groupes zoologiques traditionnellement enseignés dans le cursus de formation de la CNEBS.

J'espère avoir accompli cette double mission d'éveiller la curiosité de certains, et de donner l'envie à d'autres de parler de ces drôles de créatures pendant leurs programmes de formation.

J'ignore dans quelles mains finira ce mémoire, mais si il peut permettre à une seule personne d'observer et de comprendre ne serait-ce qu'un seul de ces groupes, et lui donner l'envie d'aller plus loin, voire qui sait de faire naître une vocation, alors oui j'aurai parfaitement réussi mon rôle de Formateur en Biologie Subaquatique 3<sup>ème</sup> degré...



## I- Les Hexactinellides...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Hexactinellides ?

...parce que **leur observation en plongée**, qui n'est plus de la plongée loisir au sens de la CNEBS, sera **rarissime et réservée aux plongeurs chevronnés très expérimentés**

...parce qu'on ne pourra observer qu'**une seule espèce en métropole**, dans des conditions très particulières

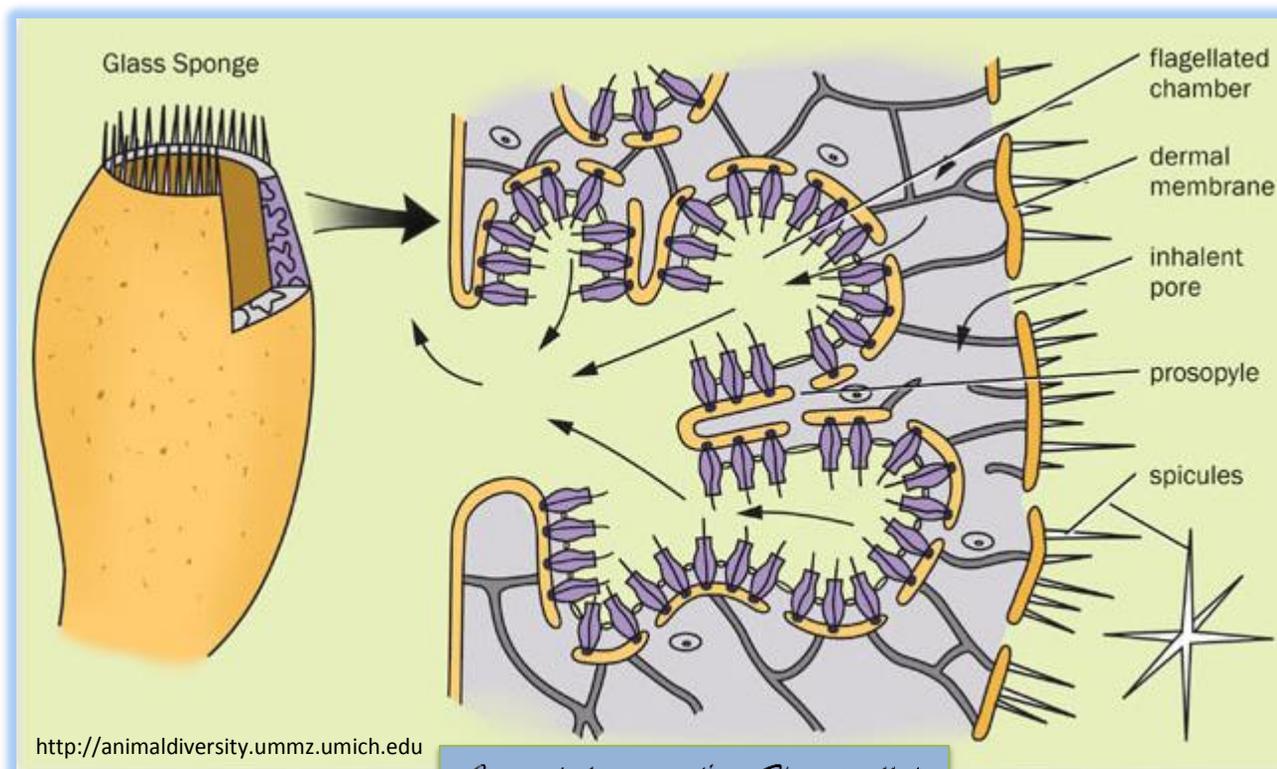
## Pourquoi ne voit-on pas les Hexactinellides ?

...parce qu'on ignore qu'il existe 3 types d'éponges très différentes

...parce que ces éponges ne tolèrent que des **eaux très froides**, soit **au sein de quelques grottes** à faible profondeur en Méditerranée, soit dans les **eaux glacées des pôles** entre 30 et 60 mètres, en ce qui concerne les potentialités d'observation en plongée. Pour le reste, ces éponges sont bathyales et abyssales

...parce que ces organismes « ne payent pas de mine » et que les éponges en général ne sont pas les organismes qui attirent le plus l'attention des plongeurs

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Les Hexactinellides forment un groupe d'éponges tout à fait particulier, unique en son genre, comparé aux autres éponges (Démospouges et Calcisponges) mieux connues des plongeurs car observées dans 100% des cas !

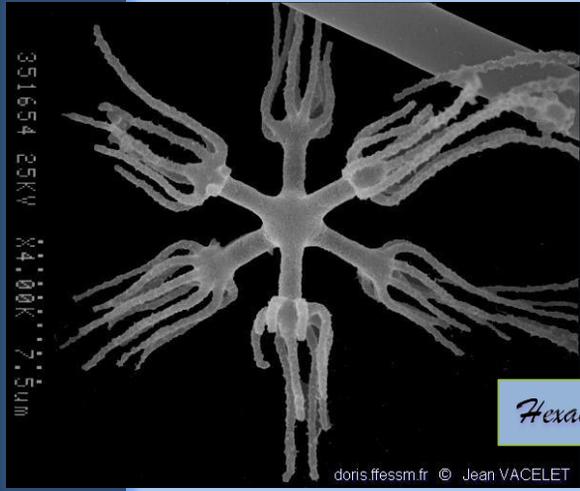
# I- Les Hexactinellides...



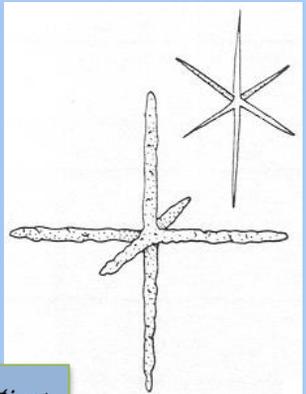
<http://complexitys.com>

Les spicules (et donc le squelette) de ces éponges sont composés de silice : **ces éponges sont qualifiées de siliceuses**. Les spicules des Démosponges sont également siliceux, mais ils sont associés à une matrice protéique ; chez les Hexactinellides, jamais.

Ces éponges tirent leur nom de leurs spicules, qui présentent **6 pointes** ([hex- = 6], [actin- = pointe], voir ci-dessous), et donc 3 axes : les Hexactinellides sont également appelées **Triaxonides**. Cette caractéristique est une constante chez ces éponges.



doris.ffesm.fr © Jean VACELET



<http://kord.kober.us/hexactinellida/>

Ces spicules appelés hexactines s'agencent voire fusionnent en un réseau fort complexe, solide, mais néanmoins léger, très délicat : les Hexactinellides sont également appelées « **éponges de verre** » (glass sponges) à cause de la fragilité de l'architecture du squelette de nombreuses espèces, comme l'Euplectelle (*Euplectella aspergillum*) ci-contre, peut-être l'espèce la plus connue.

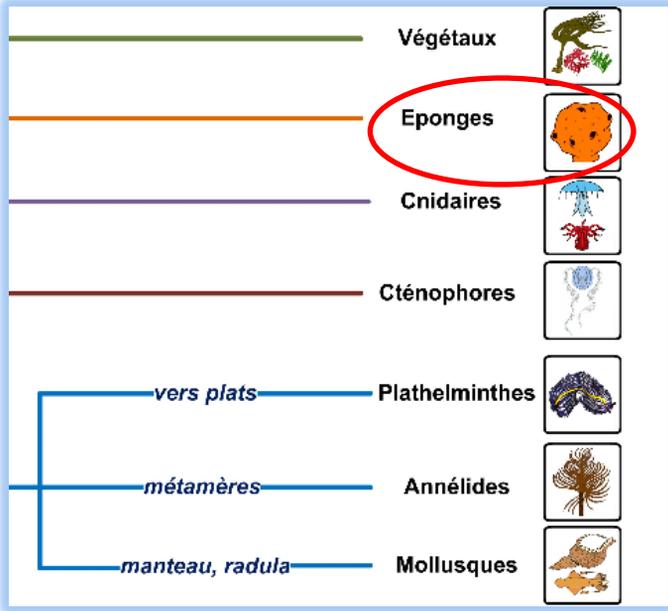
**Ces éponges ne possèdent pas de pinacocytes**, cellules formant le pinacoderme (couche externe) chez les autres éponges.

Le « tissu » interne des Hexactinellides (terme impropre pour des éponges, mais néanmoins pratique), c'est-à-dire sa partie vivante, n'est pas composé de cellules proprement dites, mais d'un syncytium, c'est à dire d'une seule cellule géante plurinucléée (avec plusieurs noyaux) résultant de la fusion de différentes cellules au cours du développement de l'organisme. **Au sein des chambres vibratiles, point de véritables choanocytes non plus, mais des structures flagellées semblables, bourgeonnées à partir du syncytium, et dépourvues de noyau.**

Ces éponges sont accrochées ou fichées dans les substrats meubles par un treillis de longues fibres siliceuses.

On en dénombre **1000 espèces** aujourd'hui. Leur forme est presque toujours évasée, leur hauteur ne dépasse pas les 30 centimètres. La coloration est toujours pâle, blanchâtre ou jaunâtre.

## Position des Hexactinellides dans la classification



Dans l'arbre de la CNEBS, les éponges, ou Spongiaires, se situaient « à la base » du règne animal. Elles semblent former un groupe unique.

En réalité, **on dénombre aujourd'hui quatre grand types d'éponges** (et peut-être même davantage) plus ou moins éloignés les uns des autres. Les trois anciennes classes sont maintenant élevées au rang de *phylum*, tant leurs différences sont importantes (voir la classification de Leconte & Le Guyader en introduction).

**Les Hexactinellides forment un groupe bien à part, le plus isolé des quatre pour toutes les raisons évoquées précédemment.** Le nouveau *phylum* se nomme **Symplasma**.



## Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...

**La pureté des fibres de silice synthétisées par les Hexactinellides est remarquable.** Elles peuvent atteindre une taille de un mètre ! Elles intéressent les scientifiques au plus haut point dans le domaine des fibres optiques, leur diamètre ne dépassant pas celui d'un cheveu !

Parallèlement de nombreuses molécules issues de ces éponges sont à l'étude, notamment dans le domaine pharmaceutique.

**Au Japon, traditionnellement, l'éponge *Euplectella aspergillum* (page précédente) est offerte en cadeau de mariage.** Fréquemment, un couple de crevettes y élit domicile. Au cours de la croissance de l'éponge, le sommet se referme, et le couple y reste emprisonné à vie.

Le cadeau de mariage contient souvent ce couple de crevettes, séchées (photo ci-contre) : cette éponge est aussi appelée éponge à crevettes ou éponge-panier. Elle promet aux jeunes couples une bonne fertilité !

*La forme de l'éponge est également assez suggestive pour des jeunes mariés...*

**On a estimé que certaines espèces récoltées en Antarctique étaient vieilles de plusieurs centaines d'années !** Il est même probable que certaines d'entre elles aient un âge de plusieurs milliers d'années. Une éponge de l'espèce *Scolymastra joubini* aurait 23000 ans ! Le secret de leur longévité est à l'étude.



<http://www.nagoyaqua.jp>

Les Hexactinellides possèdent la faculté de répondre à des stimuli, grâce à une **conductivité électrique extrêmement rapide !** Lors d'une perturbation d'origine externe (agression mécanique, excès de sédimentation...) les éponges de verre sont capables d'arrêter leur filtration. La transmission du message nécessaire dans ce but entre la périphérie et l'intérieur de l'éponge se fait grâce à un signal électrique (du même type que celui qui parcourt la membrane de nos fibres nerveuses) qui se propage très rapidement dans l'organisme parce que celui-ci est formé d'une seule cellule géante (syncytium) !

Certaines espèces sont vivipares !



## Où chercher en plongée ?

Ces organismes appartiennent à une classe d'éponges d'ordinaire bathyales et abyssales, exclusivement marines, qui se développent normalement au delà de 200 mètres de profondeur, là où la température est suffisamment basse et stable pour que le métabolisme de la silice soit optimisé. C'est pour cette raison que **les Hexactinellides ne seront observées en plongée qu'en eau froide**, notamment dans les hautes latitudes, où elles peuvent être abondantes entre 30 et 60 mètres de profondeur.

**En plongée en scaphandre autonome, on ne pourra observer qu'une seule espèce en explorant des grottes à profil descendant, qui piègent l'eau froide hivernale.** Cette espèce, *Opsacas minuta*, a été trouvée uniquement dans une grotte, en face de La Ciotat, ainsi que dans quelques grottes de la côte croate. **La température stable qui y règne, qui ne dépasse pas les 15 °C, l'obscurité et l'absence de courant rendent propice le développement de cette éponge**, qui se fixe sur les murs et les surplombs rocheux de la grotte.



doris.ffessm.fr © Jean VACELET

Photos prises à La Ciotat (13)

Pour avoir la chance d'observer cette éponge unique, il sera nécessaire de s'enfoncer sur une longueur d'environ 80 mètres au sein de la grotte. La pente est très faible, car à cette distance, la profondeur est d'à peine 20 mètres.

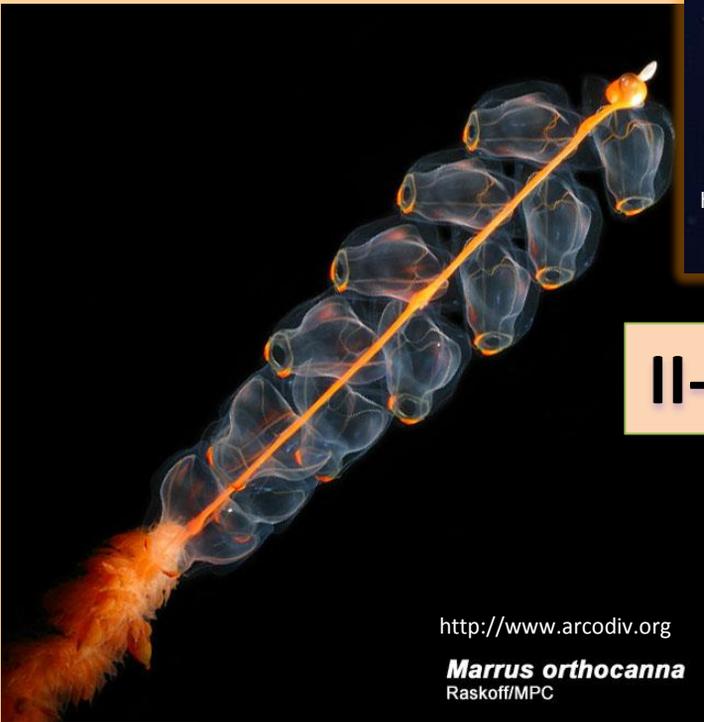
doris.ffessm.fr © Jean-Georges HARMELIN



**Attention : l'observation de cette éponge est réservée à des plongeurs très expérimentés. Ne vous aventurez jamais au sein de grottes inconnues en plongée.**

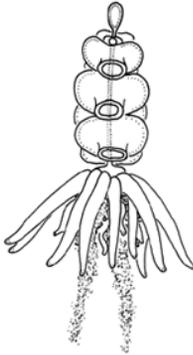


## II- Les Siphonophores...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Siphonophores ?

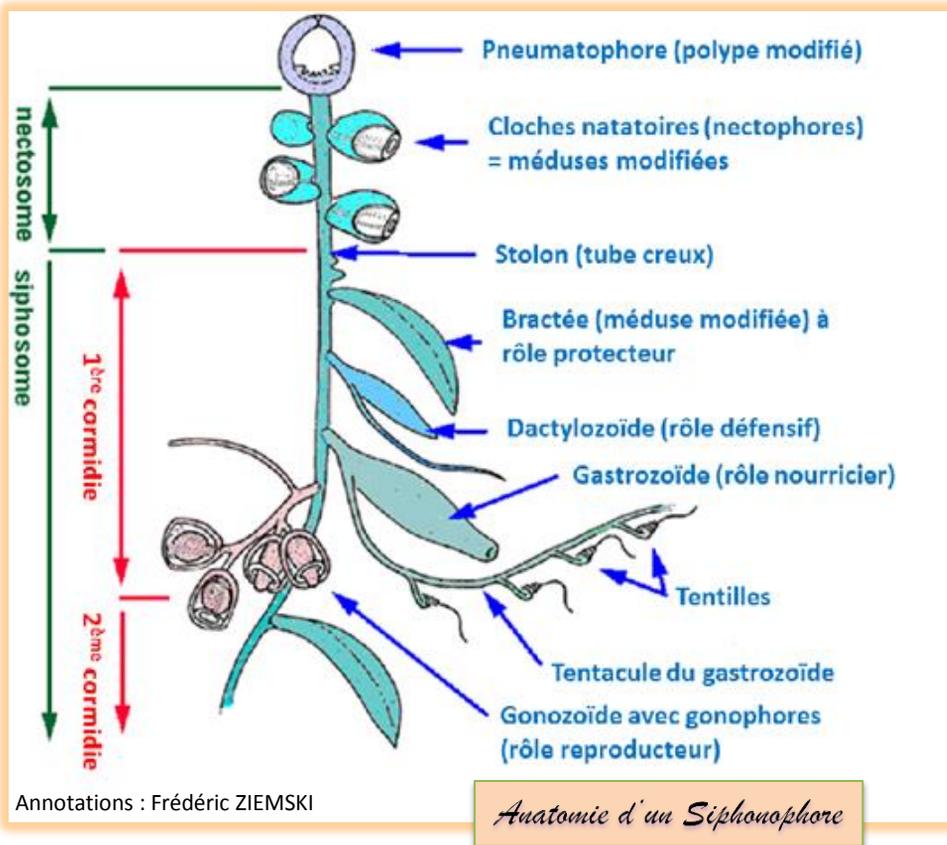
- ...parce que la morphologie et le cycle de développement de ces organismes sont fort complexes
- ...parce qu'ils sont assez peu communs



## Pourquoi ne voit-on pas les Siphonophores ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce que ces organismes sont gélatineux, transparents, en pleine eau, ils peuvent passer inaperçus
- ...parce qu'ils ressemblent à des méduses ou à des Thaliacés (voir chapitre 11) et qu'ils sont facilement confondus
- ...parce qu'on craint leurs piqûres et qu'on s'en éloigne, sans prendre le temps de les observer

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Les Siphonophores sont des organismes mystérieux, étranges... Ils fascinent à plus d'un titre. Ils évoquent des créatures de science-fiction sorties de l'imagination d'un savant fou !

Et pourtant, quand on connaît leur anatomie, ces animaux sont plus aisément appréhendables.

Les Siphonophores possèdent des cellules urticantes : **ce sont des Cnidaires.**

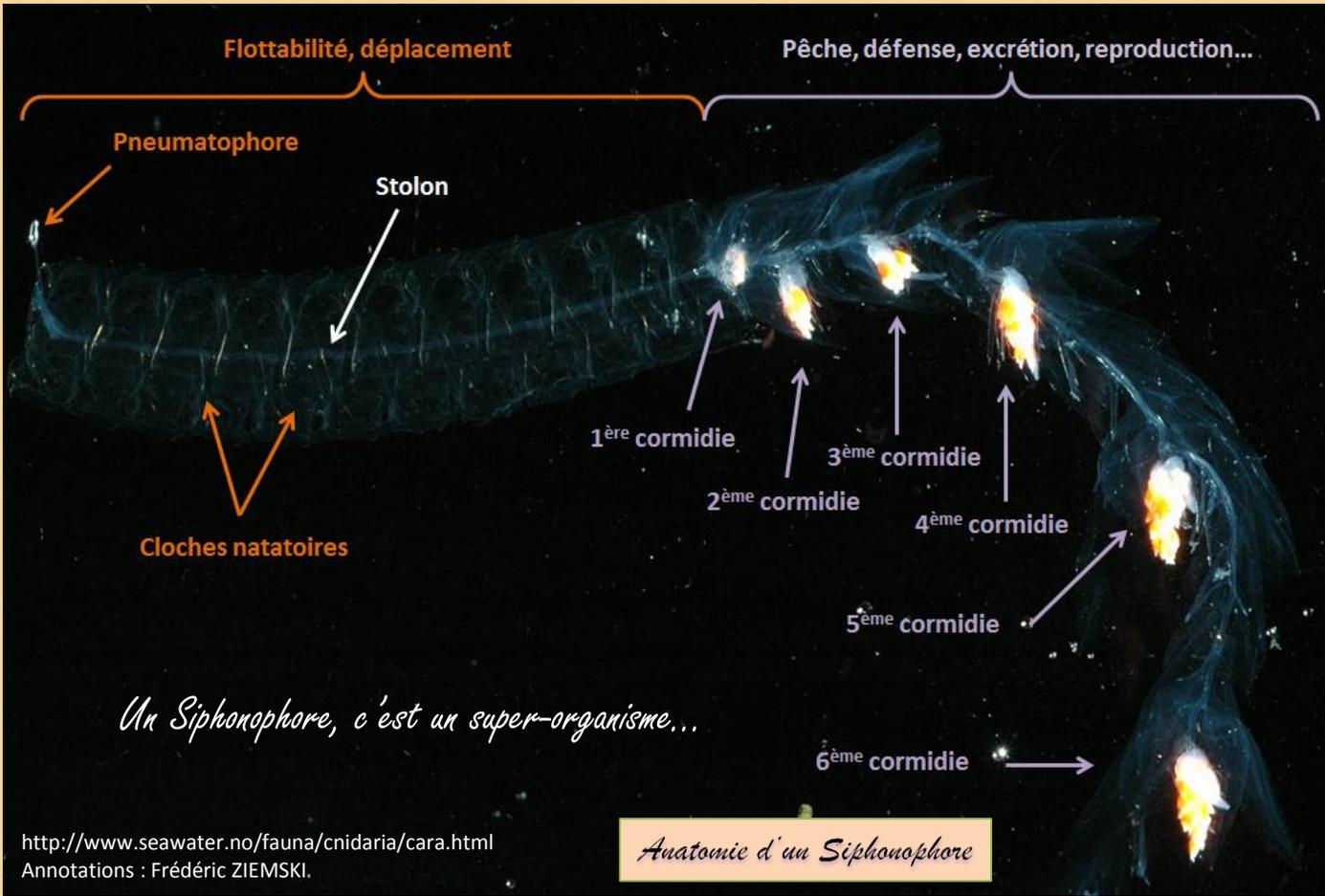
Leur cycle de vie fait intervenir à la fois une phase polype et une phase méduse, la première étant dominante, ou bien les deux phases coexistent : **les Siphonophores sont des Hydrozoaires.**

Ce sont donc des cousins très proches des Hydraires que l'on a l'habitude d'observer en plongée !

Malgré les apparences, les points communs sont nombreux.

**Un Siphonophore est toujours colonial**, comme un Hydraire. Comme ce dernier, il présente différentes sortes de polypes spécialisés dans l'accomplissement d'une tâche, au profit de la colonie toute entière.

Il se compose tout d'abord d'un **long tube creux**, appelé stolon, d'où ces organismes tirent leur nom : [siphon] = tube, [phor-] = porter.



*Un Siphonophore, c'est un super-organisme...*

Anatomie d'un Siphonophore

<http://www.seawater.no/fauna/cnidaria/cara.html>  
Annotations : Frédéric ZIEMSKI.

Ce stolon est accroché à une **petite vésicule gazeuse appelée pneumatophore**, qui est un polype modifié. Il permet la **flottabilité** de la colonie et le **maintien de sa profondeur d'immersion**. Ces animaux avaient inventé bien avant nous le gilet stabilisateur !

En arrière du pneumatophore, le stolon bourgeonne **des cloches natatoires (ou nectophores), souvent très nombreuses**. Ce sont en fait des méduses modifiées, qui restent accrochées au stolon. Leurs contractions permettent le **déplacement de la colonie**. L'ensemble des cloches s'appelle le nectosome.

En arrière du nectosome, le stolon produit une succession d'unités fonctionnelles répétitives (jusqu'à plusieurs centaines), appelées **cormidies**. Chaque cormidie est composée de **polypes protecteurs** (les bractées), de **polypes défensifs** (les dactylozoïdes), de **polypes nourriciers** (les gastrozoïdes), de **polypes excréteurs**, de **polypes reproducteurs** (les gonozoïdes), etc... L'ensemble des cormidies de la colonie s'appelle le siphosome.

Il existe trois grands groupes de Siphonophores, au sein desquels ces différentes parties peuvent manquer plus ou moins. Certaines espèces n'ont pas de pneumatophore, d'autres pas de nectosome, certaines enfin ont un siphosome extrêmement réduit. De même au sein des cormidies, certains types de polypes peuvent manquer.

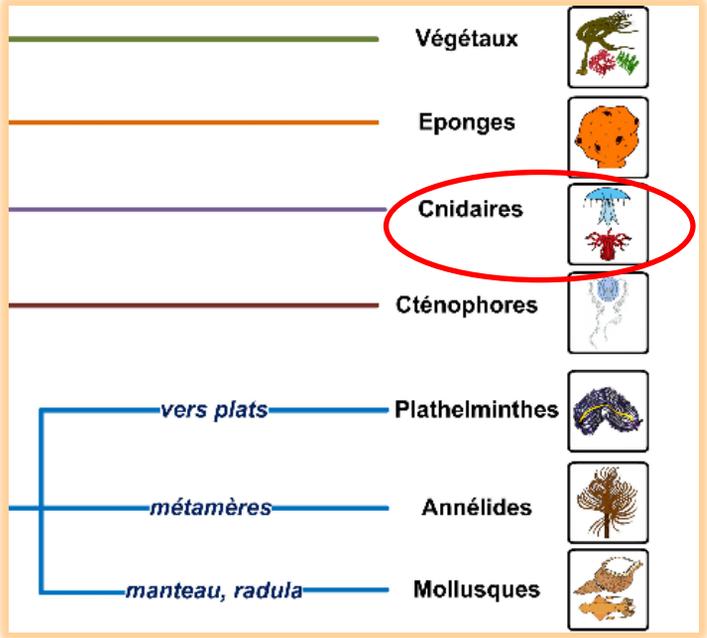
Dans la zone de plongée, c'est-à-dire dans les 60 premiers mètres, la taille des colonies varie **de quelques millimètres à quelques mètres**.

En plongée ces organismes sont **toujours plus ou moins transparents, souvent teintés de bleu ou de rose**.



**Attention** : certaines espèces sont extrêmement urticantes. Leur contact peut chez les personnes les plus sensibles provoquer de graves lésions, des malaises, des syncopes, et donc la noyade voire la mort. En plongée, il est plus prudent de se maintenir à bonne distance pour observer ces colonies, surtout dans les eaux chaudes où les espèces sont souvent inconnues.

Position des Siphonophores dans la classification



Les Siphonophores sont des Cnidaires. Comme dit précédemment, ils font partie des Hydrozoaires, à proximité des Hydraires et des Hydroméduses au sens large.



Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...

Dans les abysses, certaines colonies mesurent **plusieurs dizaines de mètres de long !**  
**Les Siphonophores sont véritablement les colonies animales les plus longues du monde...**

Les dactylozoïdes (les polypes défensifs) et les gastrozoïdes (les polypes nourriciers) sont équipés de tentilles, des filaments secondaires bourrés de cellules urticantes. Tels des tortillons au repos, **ces filaments sont étendus en pleine eau en période de chasse le long du stolon, sur des longueurs pouvant atteindre plusieurs mètres** : une colonie de Siphonophore s'étire dans les 3 dimensions, souvent en spirale, afin de « **ratissier large** ». Une seule colonie peut agglutiner la quasi-totalité du plancton contenu dans un énorme volume d'eau ! Un petit organisme qui se retrouve dans ce volume d'eau n'a aucune chance de s'en sortir... (cf. la photo du bas sur la page de présentation)  
Les Siphonophores pratiquaient donc **la pêche au filet** bien avant nous !

**Dans les abysses, les Siphonophores sont orange rouge**, afin de passer inaperçus. De plus, **de nombreuses espèces sont bioluminescentes**, ce qui leur permet d'attirer leurs proies (crustacés, poissons...) et de les piéger avec encore plus d'efficacité. Ils produisent de la lumière bleue, verte, et même rouge (genre *Erenna*), ce qui est très rare.

L'espèce *Praya dubia* serait en fait un « super-super organisme ». Des chercheurs ont montré qu'elle était constituée des plusieurs siphonophores soudés les uns aux autres !

*Un siphonophore, c'est en quelque sorte une colonie d'Hydraires emportée en pleine eau, et trainée par des méduses !*

### Où chercher en plongée ?



Les Siphonophores sont des organismes exclusivement marins. On les observera quasi toujours en pleine eau, depuis la surface jusqu'à des profondeurs abyssales, des pôles à l'équateur, mais surtout dans les eaux tempérées et chaudes. Profitez donc de vos descentes, de vos remontées et de vos paliers pour ouvrir l'œil !



doris.ffessm.fr © Jérôme SMEETS

### *Apolemia uvaria*

- Colonie spiralée, jusqu'à 30 mètres de long !
- Des milliers de cormidies
- Couleur blanchâtre

Crête, 10 m

### *Forskalia edwardsi*

- Jusqu'à 10 mètres de long !
- Des centaines de cormidies
- Couleur rose, saumon

Villefranche-sur-Mer (06), 1 m



doris.ffessm.fr © Alain-Pierre SITTLER



doris.ffessm.fr © Gilles CAVIGNAUX

### *Physophora hydrostatica*

- Jusqu'à 15 cm de long
- Cormidies regroupées en un plateau sous le nectosome
- Couleur rose orangé

Antibes (06), 1 m

## La physalie

Il existe des siphonophores qui ne vivent pas en pleine eau. C'est le cas de la physalie (*Physalia physalis*) aussi appelée galère portugaise ou espagnole. Cette espèce est commune sur l'ensemble de nos rivages. **Son flotteur est très développé, si bien que la colonie vit exclusivement en surface.** Elle ne possède pas de nectosome, et les cormidies ne s'égrainent pas le long d'un stolon, mais sont regroupées à la base du flotteur.

Ce flotteur peut mesurer jusqu'à 20 centimètres. **Les filaments pêcheurs, eux, peuvent atteindre en pleine extension un longueur de 50 mètres !** Plus ils sont étirés, en période de pêche, plus ils sont fins et invisibles, surtout à leur extrémité. La colonie présente une coloration rose-bleu-mauve.

**Attention à cette espèce, extrêmement vénimeuse. Sa piqûre est redoutable. Restez à bonne distance, et ne touchez pas aux colonies même échouées !**



<http://www.sudouest.fr/>



<http://ianimal.ru/topics/portugalskijj-korablik>

## Les véelles et les porpites

Il existe sur nos rivages deux autres types d'organismes coloniaux, flottants, et de couleur bleue. Eux aussi sont souvent confondus avec des méduses. Il s'agit bien de Cnidaires, d'Hydrozoaires même, mais il ne s'agit pas de Siphonophores, même si ils en ont longtemps fait partie. **Ces étranges colonies sont en fait des Hydraires flottants, les deux seules espèces au monde.**

**Les véelles (*Veella veella*, en haut)** se présentent sous la forme d'un **flotteur ovale surmonté d'une voile triangulaire**, qui permet à la colonie d'être poussée par le vent, telle une petite barque. Son originalité provoque toujours le questionnement de ceux qui la trouvent. Souvent, les échouages sont massifs.

**Les porpites (*Porpita porpita*, en bas)** sont des colonies circulaires, qui évoquent de **petites parapluies posés sur l'eau**. Elles sont plus rares.

Ces organismes étendent leurs petits polypes sous l'eau et attrapent les petites proies du zooplancton. Ils ne mesurent pas plus de 5 ou 6 centimètres. Contrairement aux Siphonophores, ils ne sont absolument pas dangereux, et même totalement inoffensifs pour l'homme.



[doris.iffesm.fr](http://doris.iffesm.fr/) © Cyrille BOLLARD



[doris.iffesm.fr](http://doris.iffesm.fr/) © Christelle LEVEL



### III- Les Lucernaires...

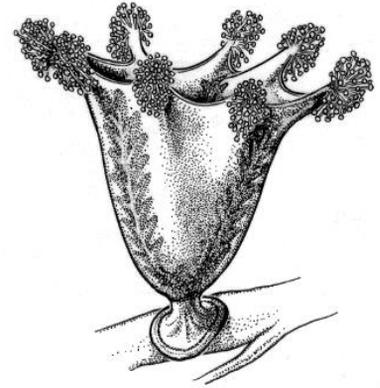


## Pourquoi ne parle-t-on pas des Lucernaires ?

- ...parce qu'ils ne sont pas fréquemment rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible (il se compte sur les doigts des deux mains !)

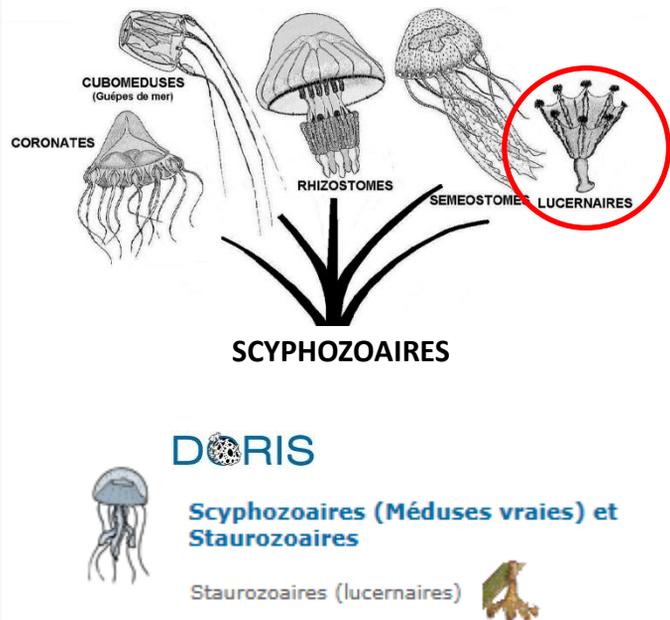
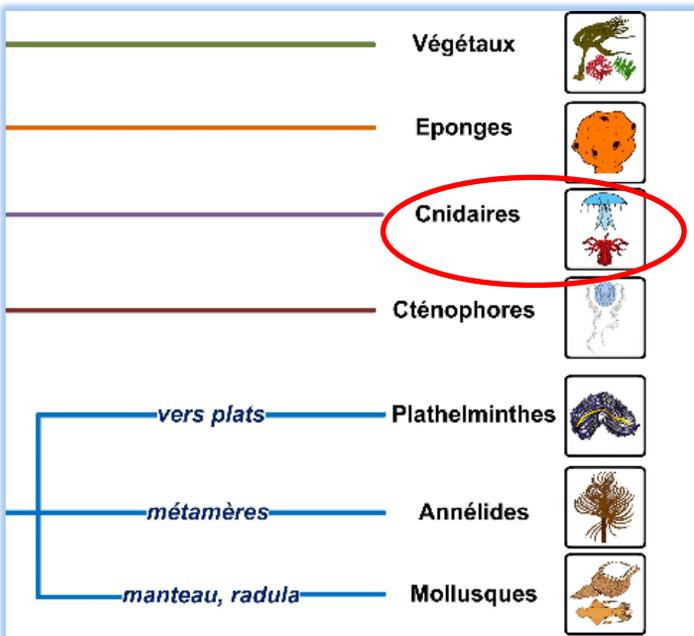
## Pourquoi ne voit-on pas les Lucernaires ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'on peut facilement les confondre avec des anémones
- ...parce qu'elles sont très souvent mimétiques avec leur support

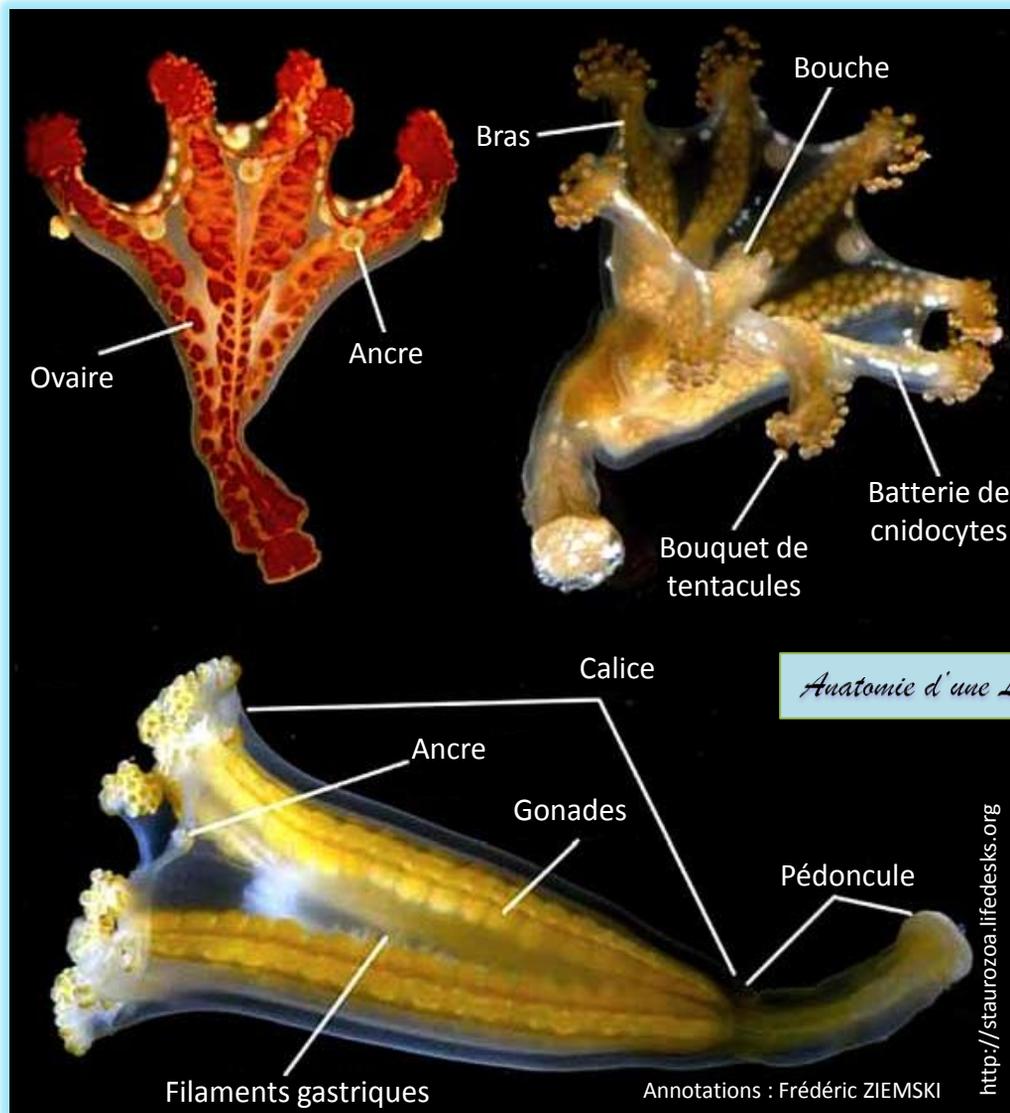


## Position des Lucernaires dans la classification

Les Lucernaires possèdent des cellules urticantes : **Ce sont des Cnidaires**. Elles sont **très proches des grandes méduses** que l'on a l'habitude de voir en plongée, si bien qu'elles étaient d'ailleurs incluses avec elles dans les Scyphozoaires (ci-dessous, arbre des Scyphozoaires, P. Petit de Voize, 2000). Aujourd'hui elle sont élevées au rang de classe, celle des Staurozoaires.



## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Les Lucernaires tirent leur nom de leur ressemblance avec une **petite lampe** ([en latin *lucerna*] = lampe). Elles se présentent sous la forme d'**un calice, porté par un pédoncule** qui adhère au support par une petite ventouse (an anglais *stalked jellyfish* = méduse pédonculée). Ce calice est plus ou moins évasé selon les espèces. Il porte 8 bras, chacun étant sous-tendu par une gonade allongée. Chacun d'eux possède à son extrémité **un bouquet de nombreux petits tentacules capités**. Au centre du calice s'ouvre la bouche qui donne sur la cavité gastrique. Selon l'espèce, on peut observer, à l'aisselle des bras, des petits boutons adhésifs appelés ancras.

**Une lucernaire est tout simplement une méduse à l'envers**, qui a développé un pédoncule au sommet de son ombrelle ! Cette méduse ne nage plus, elle s'est fixée. Chez certaines espèces comme *Lucernaria quadricornis* ou *Lucernaria cruxmelitensis*, les bras sont réunis deux à deux, et l'animal vu du dessus évoque une croix, d'où leur autre nom de **stauroméduses** ([*stauro*] = croix).

Il s'agit d'un petit groupe d'à peine **48 espèces** recensées à ce jour. Leur taille ne dépasse pas les **quelques centimètres**. **Leur coloration est souvent très vive** (rouge, orange, jaune, brun, vert), et elle est souvent bariolée.. *Ce sont de petits joyaux qui méritent d'être dénichés ! Du moins je vous le souhaite...*

Les lucernaires sont fixées mais, comme les comatules, elles sont **capables de se détacher de leur substrat pour aller se fixer plus loin**. L'ombrelle est alors animée de contractions, comme toute méduse digne de ce nom... Elles sont aussi capables de ramper dans un mouvement pendulaire de culbute, au moyen de leurs tentacules et de leur pédoncule !

## Où chercher en plongée ?



Les Lucernaires sont **exclusivement marines**, on les trouvera à toutes les profondeurs : lorsqu'elles sont peu profondes, elles seront **exclusivement fixées aux algues ou aux phanérogames**, avec lesquelles elles se confondent souvent. En profondeur, elles sont fixées à la roche, ou sur d'autres organismes comme des coraux ou des gorgones. On les observe des pôles à l'équateur. Chez nous elles seront **observables sur la façade Mer du Nord-Manche-Atlantique. En Méditerranée elles sont rarissimes.**

### *Haliclystus auricula*

- De 2 à 4 centimètres
- Pédoncule allongé
- Couleur verte à brun-roux
- Un bouton adhésif à l'aisselle des bras

Ouessant (29), 5 m



doris.ffesm.fr © Vincent MARAN



doris.ffesm.fr © David BORG

### *Lucernariopsis campanulata*

- De 3 à 5 centimètres
- Pédoncule allongé
- Couleur vert vif ou rouge vif
- Pas de bouton adhésif à l'aisselle des bras

Ploumanac'h (22), 8 m



doris.ffesm.fr © Frédéric ZIEMSKI

### *Craterolophus convolvulus*

- De 2 à 3 cm
- Pédoncule très court
- Couleur variable
- Espèce très rare

Trégastel (22), sur l'estran



## IV- Les Némertes...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Némertes ?

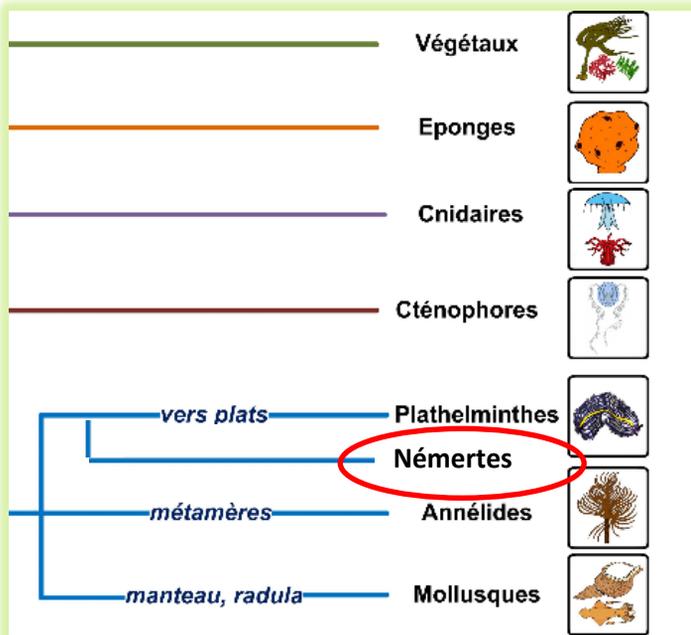
- ...parce qu'ils ne sont pas fréquemment rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares

## Pourquoi ne voit-on pas les Némertes ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'on peut facilement les confondre avec des vers plats voire des Annélides
- ...parce que ces vers sont très souvent cachés ou enfouis
- ...parce que ces vers ont des mœurs d'ordinaire nocturnes



## Position des Némertes dans la classification



Les Némertes, aussi appelés Némertiens, ont de nombreux points communs avec les vers plats (voir plus loin).

Dans l'arbre de la filiation de la vie marine de la CNEBS, ils se situent juste à proximité de ce groupe.



Autres « vers » subaquatiques

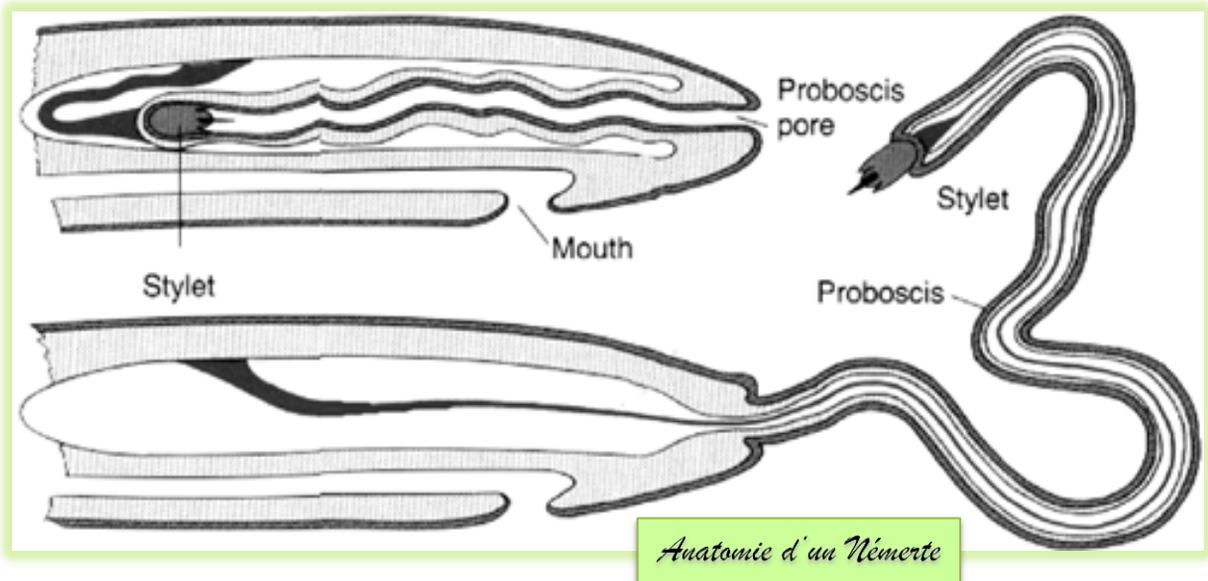
Capture d'une crevette par un Némerte...



Icône utilisée dans l'ancien arbre de la CNEBS

<http://www.flickr.com/photos/wildsingapore>

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Les Némertes ne possèdent ni segmentation, ni parapodes, ni soies, ni appendices céphaliques (antennes, palpes, tentacules...) ni branchies : **ce ne sont pas des Annélides**.

En revanche, ils possèdent un tube digestif complet à deux orifices, un système circulatoire, une trompe dévaginable qui n'est pas en rapport avec le tube digestif : **ils ne sont pas non plus des Plathelminthes (vers plats)**.

**Cette trompe, ou proboscis, est la caractéristique de l'embranchement.** Au repos elle est contenue dans une poche située dorsalement par rapport au tube digestif. Sauf chez quelques espèces, ces deux structures sont totalement indépendantes. La trompe est très musculeuse, elle est parfois plus longue que le ver lui-même ! Les Némertes sont tous de **redoutables prédateurs**, qui se servent de cette trompe pour saisir et harponner leurs proies, au moyen d'un stylet situé à son extrémité. Souvent un venin est injecté. Pour ce faire la trompe est projetée en un éclair sur la proie, grâce à la contraction de la cavité qui la contient (voir photo précédente).

Les Némertes sont d'ordinaire **aplatis**, comme les vers plats, et peuvent atteindre **des longueurs exceptionnelles** ! *Lineus longissimus*, une espèce qui vit sur nos côtes, atteint couramment une trentaine de mètres. On a même mesuré un individu dont la longueur atteignait 55 mètres, l'animal le plus long du monde, bien plus que les baleines ou les dinosaures ! Cette double caractéristique leur a valu le nom de **vers rubanés**. Leur **corps est très déformable et très extensible**, et souvent l'animal se recroqueville sur lui-même en une pelote inextricable. Il est alors très difficile de trouver la tête et la « queue » ! *Personnellement j'utilise dans mes exposés le terme de « ver chewing-gum » qui passe très bien.*

Autres caractéristiques essentielles des Némertes, qu'ils partagent avec leurs cousins Plathelminthes, **ils possèdent presque toujours des couleurs extrêmement vives, souvent avec des motifs longitudinaux et transversaux, du plus bel effet.** De plus leur **corps est très fragile et se brise en plusieurs morceaux à la moindre manipulation.** *J'ai eu personnellement l'occasion de le vérifier lorsque je travaillais à l'Aquarium de Trégastel. Une personne y avait amené un étrange ver blanc nacré et marron (un *Cerebratulus marginatus*) qui devait mesurer un ou deux mètres, sur 4 ou 5 centimètres de large, longueur difficile à évaluer tant l'animal s'étire et se contracte. J'ai pris le ver dans une épuisette pour le transférer dans un bac d'eau de mer, et il s'est « émietté » en une bonne dizaine de fragments, malgré la délicatesse de la manipulation. De plus chaque « morceau » était animé de mouvements !*

Un Némerte est donc pratiquement insaisissable, et doué d'une grande faculté d'autotomie et de régénération, ce qui est très pratique contre les prédateurs !

Leur tête porte de très **nombreux petits yeux**. Leur nombre et leur distribution sont des caractères utilisés dans la taxonomie du groupe.



## Où chercher en plongée ?

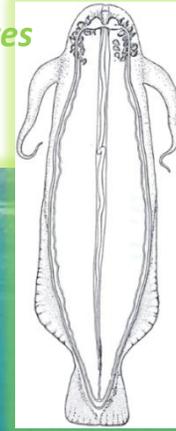
Les Némertes sont marins, dulcicoles (et même terrestres), à toutes les latitudes, de la plage aux abysses.

### Sur le sédiment

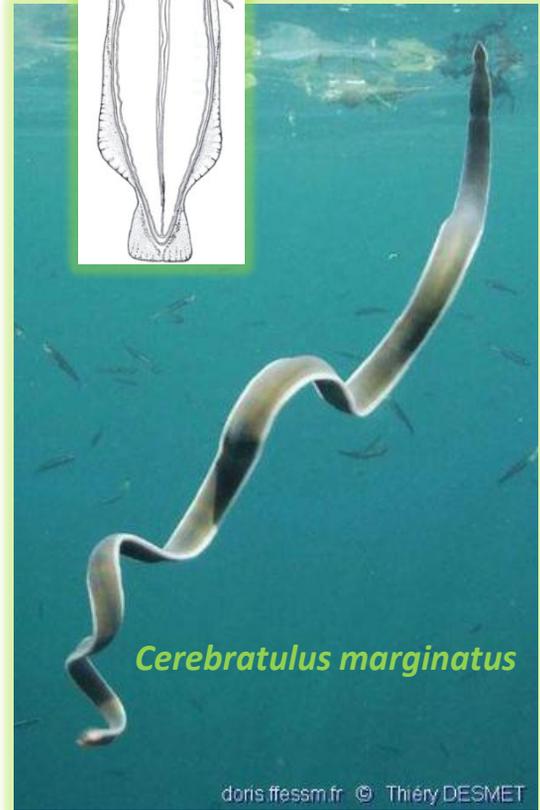


Antibes (06), 8 m

### *Nectonemertes mirabilis*



### En pleine eau



La Ciotat (13, 1 m)

### Sur la roche



Antibes (06), 10 m

**Les Némertes colonisent tous les milieux :** certaines espèces affectionnent le **milieu meuble** où elles peuvent s'enfouir, d'autres affectionnent le **milieu rocheux**, dans les anfractuosités ou sous les blocs, d'autres enfin, plus rares, sont capables de nager et seront observées **en pleine eau**, de façon épisodique (comme *Cerebratulus marginatus*) ou permanente (*Nectonemertes mirabilis*). Une **ciliature ventrale** (énième point commun avec les vers plats) leur permet de glisser rapidement sur n'importe quel support.

Ces animaux sont le plus souvent **photophobes (ils craignent la lumière) et chassent la nuit**. C'est donc en plongée de nuit que vous aurez le plus de chances d'observer des Némertes. Sur l'estran, on peut en observer facilement en soulevant délicatement les blocs.



## V- Les Siponcles...



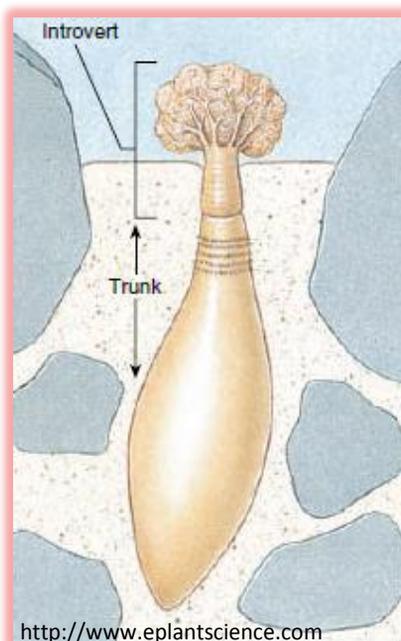
## Pourquoi ne parle-t-on pas des Siphoncles ?

- ...parce qu'ils ne sont pas fréquemment rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible (il se compte sur les doigts d'une main !)

## Pourquoi ne voit-on pas les Siphoncles ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'ils peuvent être **confondus avec des Annélides**
- ...parce qu'ils vivent **presque toujours enfouis** et qu'ils sont peu rencontrés en plongée loisir
- ...parce que les « vers » en général n'attirent pas les plongeurs

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Les Siphoncles appartiennent à l'embranchement des **Siphunculides** ou **Siphonculiens**.

Ce sont des organismes vermiformes, dont **la taille varie de quelques millimètres à 70 centimètres**.

A la différence des Annélides, et même si parfois on peut en avoir l'impression, ces vers ne présentent **aucune segmentation**.

Leur corps est divisé en deux parties distinctes : **un tronc allongé**, recouvert d'un tégument coriace, tantôt lisse tantôt quadrillé ou tuberculé, et une **trompe antérieure, appelé introvert**, parfois de grande taille, plus ou moins rétractable dans le tronc selon les espèces. Cet introvert porte des papilles, des petites dents ou des épines dans sa partie supérieure. À son extrémité s'ouvre la bouche, entourée de tentacules ciliés plus ou moins ramifiés et collants, et de lobes charnus plissés utilisés dans la collecte de la nourriture. La pression hydrostatique exercée à l'intérieur de cet introvert permet à l'animal de fouir le sédiment et de s'y déplacer.

**La couleur des siphoncles est en général terne**, blanchâtre à brunâtre, parfois rose-rouge ou violacé.

© Frédéric ZIEMSKI



*Introvert d'un Siphoncle*

Dérangé, le siphoncle est à même de contracter son tronc au maximum. Il a alors l'aspect d'une cacahuète ! Cette caractéristique a valu aux siphoncles leur nom vernaculaire anglo-saxon : **peanut worms**... En France le terme de « ver cacahuète » est passé dans le langage courant pour les désigner.

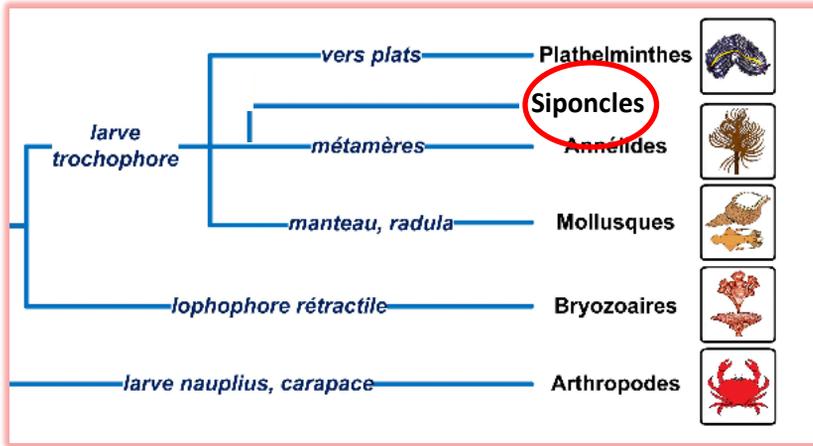
*Une cacahuète ?*



<http://www.aphotomarine.com>

## Position des Siponcles dans la classification

Les Siponcles forment un petit groupe homogène d'animaux vermiformes, d'environ 320 espèces, que l'on situe près des Annélides et des Echiuriens dans l'arbre de la CNEBS. Ils partagent avec eux des caractères embryonnaires communs.



## Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...



<http://www.streetfood.com>

Il existe une espèce de Siponcle qui peut mesurer **jusqu'à 70 centimètres** de long !



En Asie (sud de la Chine), comme les concombres de mer (trévang), les Siponcles sont pêchés et vendus pour la consommation humaine ! Vidés de leurs entrailles, ils sont cuisinés de différentes façons, mais peuvent aussi être vendus séchés.



<http://en.wikipedia.org>

*Bon appétit !*

A cause de sa grande taille et de sa consistance musculieuse et charnue, les siponcles sont fort appréciés des poissons carnassiers (bars, lieus, daurades, sars, ombrines...) et donc **fortement prisés des pêcheurs**. Ils sont pêchés sur l'estran, ou vendus sous le nom de bibi, ou ver bibi.





## Où chercher en plongée ?

Les siponcles sont exclusivement marins. Ils affectionnent surtout les sédiments meubles. Certaines espèces colonisent les anfractuosités rocheuses, d'autres encore les coquilles vides de Mollusques. On pourra les observer depuis l'estran jusqu'à de très grandes profondeurs.



© Frédéric ZIEMSKI

La Rochelle (85)

*Sipunculus nudus* est la plus grande espèce métropolitaine (jusqu'à 15 cm). Elle creuse des galeries dans la vase. Son tégument est quadrillé.



© Frédéric ZIEMSKI



© Frédéric ZIEMSKI

Les espèces du genre *Golfingia* (*G. elongata* à gauche, *G. vulgaris* à droite) préfèrent elles les sédiments plus grossiers (coquilles, graviers...) Leur tégument est parfaitement lisse. Roscoff (29)



© Frédéric ZIEMSKI

© Frédéric ZIEMSKI

Les phascalions (*Phascalion strombus*) squattent les coquilles vides de nombreux gastéropodes et de dentales. Ils vivent dans une galerie creusée dans le sédiment fin qui remplit la coquille.

Prélevez une poignée de coquilles sur un fond sédimentaire en plongée, mettez les dans une cuvette d'eau de mer et patientez : vous verrez les siponcles sortir de leur coquille et explorer leur nouvel environnement !

Photos : Golfe Normand-Breton



© Frédéric ZIEMSKI



© Frédéric ZIEMSKI



© Frédéric ZIEMSKI

## Les Échiuriens...



Les Échiuriens ou Échiurides forment un groupe de vers marins originaux. Ils sont aussi appelés « **vers-cuillers** » (spoon worms).

Leur corps se compose de deux parties : **un tronc mou**, lisse ou recouvert de papilles ou de verrues, et **un proboscis** antérieur, enroulé en une sorte de gouttière ciliée, parfois très allongée (plusieurs fois la taille du tronc).

Certaines espèces fouissent les sédiments meubles, d'autres, comme la célèbre bonellie (*Bonellia viridis*, photo ci-contre) affectionnent les anfractuosités rocheuses ou la face inférieure des blocs.

**Le tronc mesure jusqu'à 40 cm, mais le proboscis peut lui mesurer jusqu'à deux mètres !**

On en dénombre 230 espèces. Leur coloration est variable, souvent très vive.

Traditionnellement les Échiuriens forment un groupe proche des Annélides, tout comme le montre l'ancien arbre de la CNEBS. Aujourd'hui il est admis que ces vers, malgré l'absence totale de segmentation et de parapodes, font partie des Annélides (caractères embryonnaires communs et présence de quelques soies antérieures)...

qdris.fressm.fr © Grégoire DALLAVALLE

## Les Priapulien...

Les Priapulien ou Priapulides tirent leur nom de leur **ressemblance avec un pénis** (du grec *Priapos* puis du latin *Priape*, Dieu de la fécondité, représenté avec un pénis énorme).

Le corps de ces étranges vers marins se compose de deux parties : **une trompe armée de rangées d'épines** longitudinales servant à creuser, et **un abdomen annelé**. Chez certaines espèces, comme *Priapulus caudatus* (photo ci-contre), l'espèce la plus commune dans nos eaux, on observe un **panache caudal** en grappe ramifiée.

Ces vers fouissent les sédiments meubles et leur observation en plongée est rarissime. Ils vivent depuis les premiers mètres jusqu'à 500 mètres de profondeur. Ils sont carnivores et se nourrissent d'autres vers.

Ils mesurent **jusqu'à 20 centimètres**, leur coloration est variable. On ne compte que 16 espèces de Priapulien dans le monde aujourd'hui.

Jadis classés avec les Échiuriens et les Siponcles près des Annélides, ils sont aujourd'hui considérés comme proches d'autres organismes comme les Nématodes et les Arthropodes. Ils ont notamment en commun une cuticule chitineuse.



Marine Animal Encyclopedia



## VI- Les Pycnogonides...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Pycnogonides ?

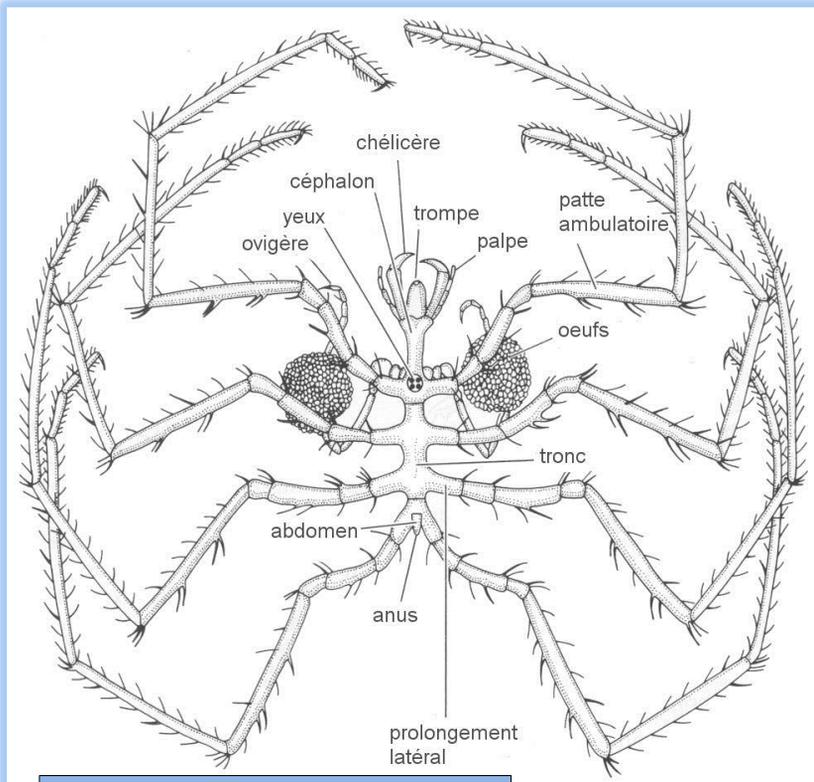
- ...parce qu'ils ne sont pas fréquemment rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible (il se compte sur les doigts des deux mains !)

## Pourquoi ne voit-on pas les Pycnogonides ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
  - ...parce qu'ils sont très facilement **confondus avec des Crustacés**
  - ...parce qu'ils sont de **petite taille**, ou parce que **leurs membres sont très grêles**,
  - ...parce qu'ils affectionnent surtout les Hydraires, un groupe en général délaissé par les plongeurs,
  - ...parce qu'ils sont **très peu mobiles et très peu réactifs**
- Ils passent totalement inaperçus !**

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations

Les Pycnogonides forment un groupe d'organismes très originaux. À première vue, leur allure évoque **une araignée marine**, et à juste titre ! Leur corps ne semble composé que de pattes : **Les Pycnogonides sont également appelés Pantopodes** [*pan*] = tout, [*pod*] = pied, patte, membre. Chacune de ces pattes possède plusieurs articulations, chacun des segments faisant un angle avec le précédent : [*pycno-*] = noueux, épais, [*gon-*] = genou, coin, côté.



Anatomie d'un Pycnogonide

La tête (ou céphalon) porte **une trompe** plus ou moins allongée, **une paire de chélicères** (en forme de pinces), à rôle préhensile et nourricier, ainsi qu'**une paire de palpes** à rôle sensoriel. Certaines espèces possèdent ces deux paires d'appendices, d'autres l'une ou l'autre, d'autres enfin n'en possèdent aucun ! La systématique du groupe est basée sur la présence/absence de ces appendices. La tête est surmontée, en arrière, par **des yeux situés sur un pédoncule** plus ou moins élevé.

À la tête fait suite le **tronc**, plus ou moins fin et plus ou moins allongé, sur lequel s'enracinent **quatre paires de membres à 9 articles**, à rôle locomoteur.

Ces derniers sont **très allongés, très grêles**, et confèrent à l'animal son allure de faucheux. Le dernier article de chaque membre a une forme de crochet et permet au Pycnogonide de s'accrocher à son substrat.

Enfin, en arrière du tronc, on observe **un abdomen minuscule**, parfois absent, où débouche l'anus.

## VI- Les Pycnogonides...



*Pycnogonum litorale*

doris.frassm.fr © Frédéric ZIEMSKI

Les Pycnogonides ont un **tronc extrêmement fin**, tellement fin qu'il ne peut à lui seul contenir les organes, et l'abdomen est résiduel : **les organes se prolongent souvent jusque dans les pattes !**

On en dénombre aujourd'hui environ 500 espèces . Il s'agit d'un petit phylum, dont les plus anciens fossiles datent du Cambrien (550 millions d'années), et étaient peu différents des espèces actuelles. Les Pycnogonides ont peu évolué.

La **coloration** de ces animaux est **fort variable**, et ils revêtent souvent des **teintes très vives** et parfois bariolées.

*Pycnogonum litorale*, que j'ai photographié ici au Croisic (44) sur l'estran, est une espèce trapue, qui ne possède ni palpes ni chélicères !

## Les Limules...



© Wikipedia

Les Limules appartiennent à une autre classe de Chélicérates : les **Mérostomes**, aussi appelés **Xyphosures** [*xyphos*] = épée, [*oura*] = queue.

La tête et le thorax sont réunis en un céphalothorax, recouvert dorsalement par une **carapace solide en forme de fer à cheval** qui a valu à ces animaux leur nom de « crabes fer à cheval » ou « horseshoe crabs ». Mais attention, ce ne sont pas des crabes... Sur le céphalothorax s'articulent une paire de chélicères, une paire de pédipalpes et 6 paires de pattes marcheuses. L'abdomen est lui aussi recouvert par une carapace, articulée avec la partie antérieure, et terminée par un **long aiguillon**, qui a valu son nom au groupe (Xyphosures). Il porte des branchies lamellaires.

Ces étranges animaux mesurent **jusqu'à 60 centimètres**. Ils affectionnent les eaux peu profondes d'Amérique du Nord, de la Nouvelle-Ecosse au Yucatan, et du Pacifique de l'Inde aux Philippines.

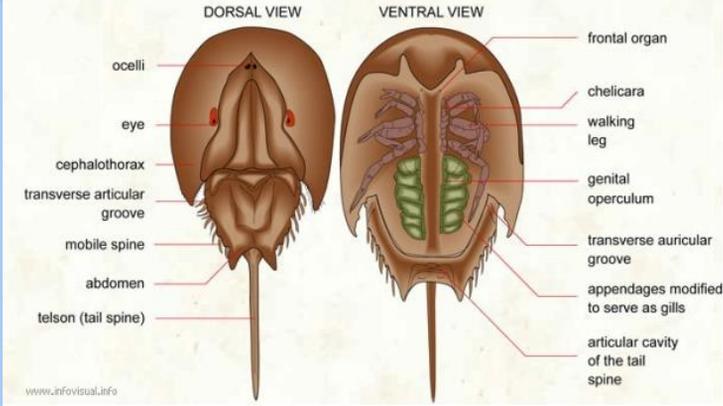
Ils se nourrissent de petits animaux qu'ils détectent dans le sable et qu'ils déterrent au moyen de leurs membres.

Seules 4 espèces vivent encore aujourd'hui. Comme les Pycnogonides, ces animaux étranges ont très peu évolué depuis le début de l'ère primaire, et les fossiles sont quasiment identiques aux espèces actuelles.

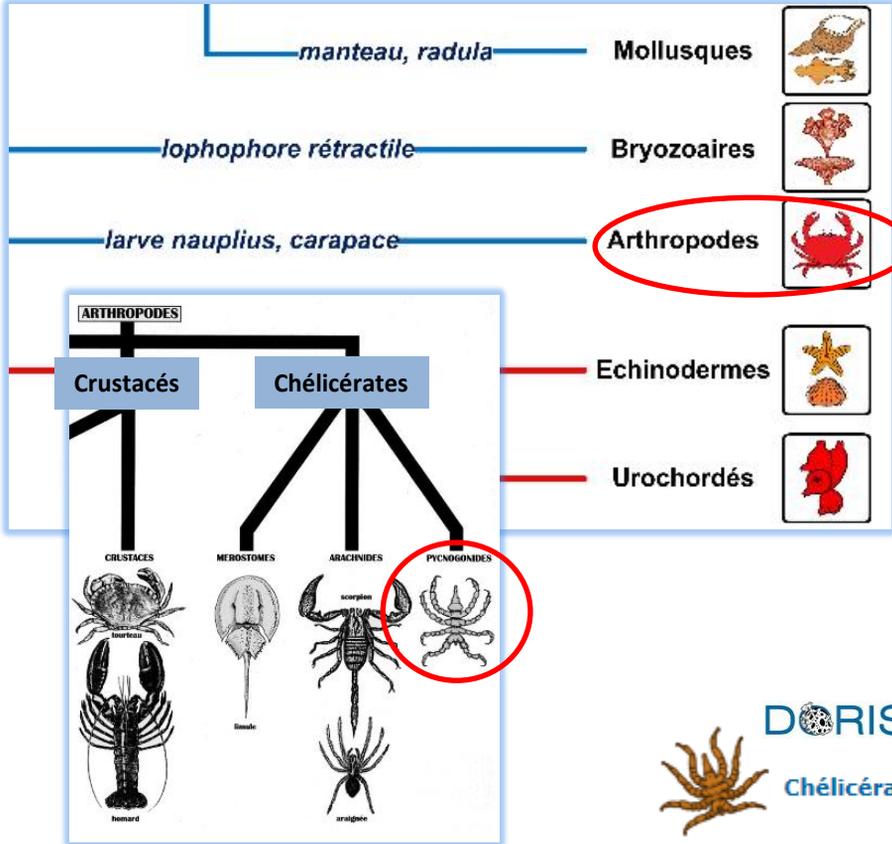
A la fin du printemps, les limules viennent pondre par milliers sur les plages, et on assiste à d'importants échouages.

**Les Limules sont aujourd'hui protégées. Leur sang bleu caractéristique est très étudié, il possède d'importantes propriétés anticancéreuses.**

www.infovisual.info



Position des Pycnogonides dans la classification



Les Pycnogonides possèdent des membres articulés : **ce sont des Arthropodes**.  
 Ils ne possèdent jamais d'antennes : **ce ne sont pas des Crustacés !**  
 Ils n'ont pas de mandibules pour déchiqueter leurs proies mais des chélicères (des appendices qui ne sont pas homologues des mandibules, embryologiquement) : **les Pycnogonides sont des Chélicérates**.  
 Ils sont plus proches des Arachnides (araignées, faucheux, scorpions, opilions, acariens...) et des Limules que des Crustacés (voir à gauche un extrait de la classification des Arthropodes de Patrice Petit de Voize).

Dans l'arbre de la CNEBS, ils sont inclus dans le groupe des Arthropodes, symbolisé ici par un crabe.



Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...

Les Pycnogonides sont appelés « sea spiders » chez les anglo-saxons, et à juste titre !  
 Ce que nous appelons nous des « araignées de mer » sont des crabes, de vrais Crustacés !  
 Attention à ne pas faire la confusion !

Chez ces organismes, **c'est le mâle qui porte les œufs**, déposés par la femelle sur deux appendices articulés qui s'enracinent sous le thorax, **les ovigères** : il prend soins des œufs, les ventile, les nettoie, jusqu'à l'éclosion des juvéniles.  
 Il est fréquent d'observer des Pycnogonides avec des sortes de « gants de boxe » (photo ci-contre), ce sont des paquets d'œufs fixés sur les ovigères !



Nymphon mâle portant les œufs

**Dans les abysses**, il existe des espèces qui possèdent une envergure de **50 à 90 centimètres !** Toutes appartiennent au genre *Colossendeis*.

Il est fréquent d'observer, au printemps, à faible profondeur, dans des milieux dominés par les algues, des Pycnogonides en pleine eau ! Certaines espèces sont **capables de nager**, avec des mouvements très délicats qui rappellent ceux des comatules !

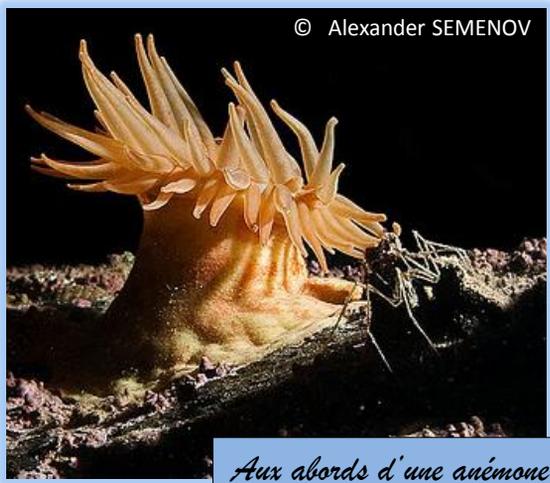
La larve ressemble à un insecte : elle n'a que **3 paires de pattes !**

Où chercher en plongée ?



© Alexander SEMENOV

Parmi les Hydraires



© Alexander SEMENOV

Aux abords d'une anémone

Les Pycnogonides sont **exclusivement marins**, et **cosmopolites** : on les trouvera à toutes les latitudes, de la zone de balancement des marées aux abysses, où ils sont nombreux.

Ils n'affectionnent pas de biotope particulier, mais ont une **prédilection pour les Hydraires, les anémones et les éponges**, dont ils aspirent les liquides corporels au moyen de leur trompe.

On les observera en plongée aussi parmi les Bryozoaires, les algues, les phanérogames, avec lesquels ils adoptent un **mimétisme** parfait ! Il est souvent très difficile de les observer in situ.

Si possible, prélevez une touffe d'algues ou quelques rameaux d'Hydraires ou de Bryozoaires arborescents pendant vos stages, et laissez les baigner dans l'eau de mer en laboratoire. Patientez un peu, et vous les observerez à coup sûr !



doris.ffessm.fr © Grégory DALLAVALLE

Achelua sp. sur une éponge



http://www.mergullo.net

Parmi les algues



Nymphon sp. sur une posidonie

doris.ffessm.fr © Grégory DALLAVALLE



## VII- Les Brachiopodes...



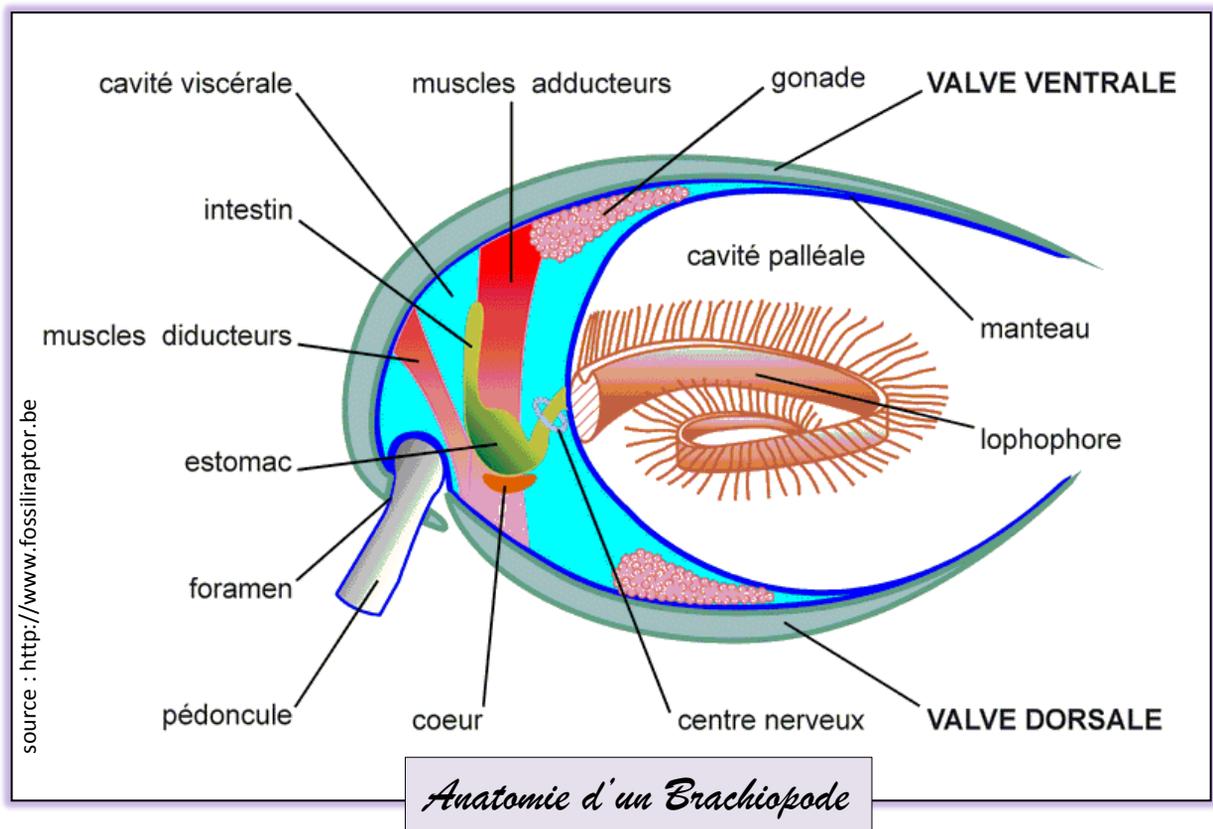
## Pourquoi ne parle-t-on pas des Brachiopodes ?

- ...parce qu'ils ne sont pas fréquemment rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible (il se compte sur les doigts des deux mains !)

## Pourquoi ne voit-on pas les Brachiopodes ?

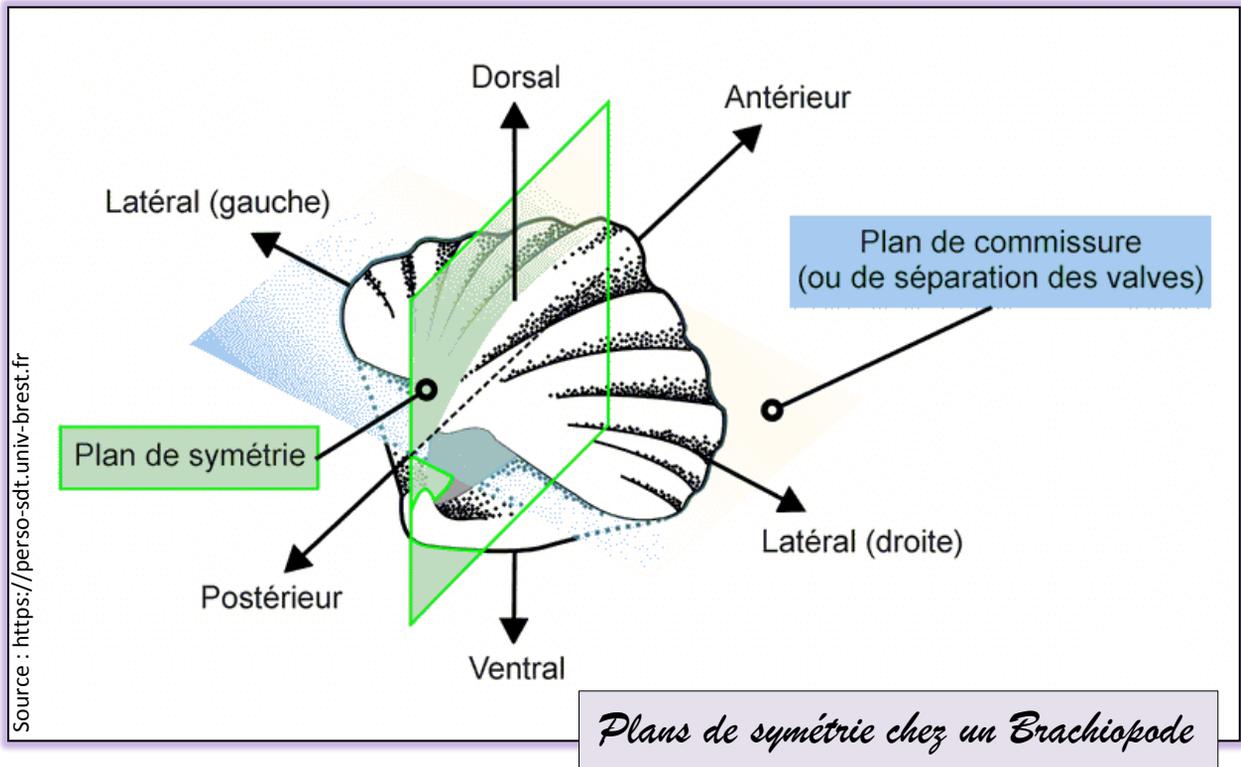
- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'ils sont très facilement **confondus avec des Mollusques Bivalves**
- ...parce qu'en général ces organismes affectionnent les conditions stables de l'étage circalittoral, à des profondeurs pas toujours accessibles, et lorsqu'elles les sont, il faut avoir les prérogatives de plongeur
- ...parce qu'ils préfèrent les eaux froides, une grande différence avec les plongeurs !
- ...parce qu'ils sont de **petite taille**, collés à la roche ou fixés au fond des anfractuosités, et/ou parce que leurs valves sont parfois colonisées par d'autres organismes : **ils passent totalement inaperçus !**

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Ce schéma (et celui qui suit) est très pratique pour expliquer l'anatomie d'un Brachiopode. La ressemblance avec les Mollusques Bivalves est frappante, à première vue, et à juste titre : il possède une coquille bivalve, des muscles adducteurs, un estomac, un cœur, un manteau, une cavité palléale. .. Mais la ressemblance s'arrête là.

En effet, chez les Brachiopodes, **les deux valves** sont systématiquement différentes, **toujours asymétriques** (sauf chez quelques espèces libres du sédiment). Alors que chez les Bivalves les valves sont en positions gauche et droite par rapport à la masse viscérale, celles-ci sont chez les Brachiopodes **en positions ventrale et dorsale**, c'est-à-dire que le plan de symétrie du corps est perpendiculaire au plan de l'ouverture des valves.



De plus on observe immédiatement sur le schéma qu'un Brachiopode possède **un pédoncule** qui lui permet d'être fixé à la roche. Ce pédoncule traverse toujours la valve ventrale, appelée aussi par conséquent **valve pédonculaire**, par une ouverture appelée foramen. La valve dorsale, elle, porte le brachidium, structure squelettique rigide qui porte le lophophore (voir ci-dessous), elle est aussi appelée **valve brachiale**.

Remarque : Chez les Brachiopodes, les valves ventrale et dorsale ne sont pas forcément en position respectivement inférieure et supérieure (voir d'ailleurs le schéma page précédente).

Autre différence majeure, la présence entre les valves d'un **organe particulier**, composé de **deux bras symétriques spiralés ou ondulés, et toujours ciliés, le lophophore**. Ce mot ne vous est pas étranger ! Les Brachiopodes ne sont pas très éloignés des Bryozoaires que vous connaissez déjà. Ce lophophore permet à l'animal de respirer et d'agglutiner la matière organique en suspension dans l'eau environnante. Afin d'optimiser cette collecte alimentaire, les Brachiopodes sont à même d'orienter la position des valves et du lophophore, en pivotant sur leur pédoncule !

De nombreuses espèces de Bivalves possèdent des petits yeux brillants sur le bord de leur manteau, les Brachiopodes jamais.

Enfin la structure de la coquille est très différente de celle des Mollusques.

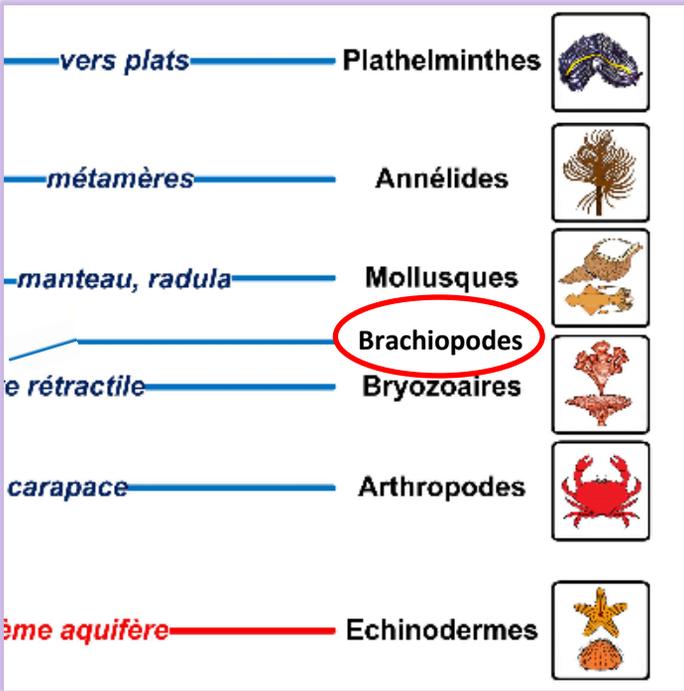
Leur taille varie en général de **quelques millimètres à 2 cm**, elle ne dépasse pas les 6 centimètres.

**La forme des valves est fort variable**, surtout chez les espèces fossiles. **Les couleurs sont elles aussi variables**. Plutôt ternes dans nos eaux, certaines espèces tropicales (mais pas seulement) présentent des valves aux couleurs vives (rouge, orange, jaune, vert et même bleu !)



<http://www.deviantart.com>

Position des Brachiopodes dans la classification



La position phylogénétique des Brachiopodes a longtemps posé problème, à cause de caractères morphologiques, physiologiques et embryonnaires qui les placent à la fois au sein de la branche des Protostomiens (le blastopore embryonnaire devient la bouche), et aussi dans celle des Deutérostomiens (le blastopore devient l’anus).

Ce problème se pose aussi pour les deux groupes auxquels on a l’habitude de rattacher les Brachiopodes, les Bryozoaires et les Phoronidiens (chapitre suivant). Ces trois groupes partagent en effet un organe commun, le lophophore, et sont classiquement réunis en **Lophophorates**.

Aujourd’hui, les zoologistes s’accordent pour dire que **les Brachiopodes sont des Protostomiens**.



Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...

Dans les pays anglo-saxons, les Brachiopodes sont appelés « **lamp shells** », à cause de leur ressemblance avec les lampes à huile de l’époque romaine.

Il est amusant de noter que ces organismes ont longtemps été classés parmi les Mollusques à cause, bien évidemment, de leur coquille et de leur ressemblance avec les Bivalves. On a longtemps pensé que leur lophophore (organe formé de deux "bras" et portés par le brachidium, structure squelettique fixée à la valve dorsale) était un homologue du pied des Bivalves.

**A l’instar des Gastéropodes, Scaphopodes et autres Céphalopodes, on leur a attribué le nom de Brachiopodes !**

On ne dénombre que 350 espèces de Brachiopodes. Embranchement aujourd’hui mineur, il constituait pourtant jadis un des groupes d’organismes marins les plus prolifiques. Avec au moins 4000 genres et 35 000 espèces fossiles répertoriés, ils ont connu au cours des temps géologiques un succès évolutif majeur. Le calcul est simple : **à peine 1% des espèces sur l’ensemble des espèces recensées vit encore aujourd’hui**. Les cataclysmes de la fin des ères primaire et secondaire en ont éteint de nombreuses lignées. *Tomber sur un Brachiopode en plongée procure le sentiment de se trouver face à un « fossile vivant », un moment toujours mémorable...*



http://www.geolor-thionville.fr

*Un brachiopode, c’est en quelque sorte un gros polype de bryozoaire enfermé dans une coquille bivalve !*

Où chercher en plongée ?



Les Brachiopodes sont exclusivement marins. Ils vivent à toutes les latitudes, de puis la zone intertidale jusqu'aux abysses, mais préfèrent les mers froides et la profondeur ; la majorité des espèces sont sciaphiles. Recherchez-les donc plutôt dans l'étage circalittoral, là où les conditions environnementales sont très stables (lumière, courant, température...), donc en profondeur, toujours sur la roche ou le coralligène, les tombants, les parois des grottes et le fond des anfractuosités, parfois sur d'autres organismes (coraux...)



*Megerlia truncata*

- 1 cm
- Valves jaune rose rouge
- Failles rocheuses en plongée
- En profondeur
- Espèce grégaire

Ploumanac'h (22), 25 m

*Megathiris detruncata*

- 4 à 5 mm
- 12 à 15 côtes rayonnantes
- Parois de grottes
- 15 mètres de profondeur

Galéria (Corse), 15 m



*Novocrania anomala*

- Jusqu'à 15 mm
- Allure de patelle aplatie
- Fixée par la valve dorsale
- Couleur des valves brune

Cerbère (66), 20 m



## VIII- Les Phoronidiens...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Phoronidiens ?

- ...parce qu'ils ne sont pas fréquemment rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible (il se compte sur les doigts d'une seule main !) : à peine 2 genres et 10 espèces dans le monde...

## Pourquoi ne voit-on pas les Phoronidiens ?

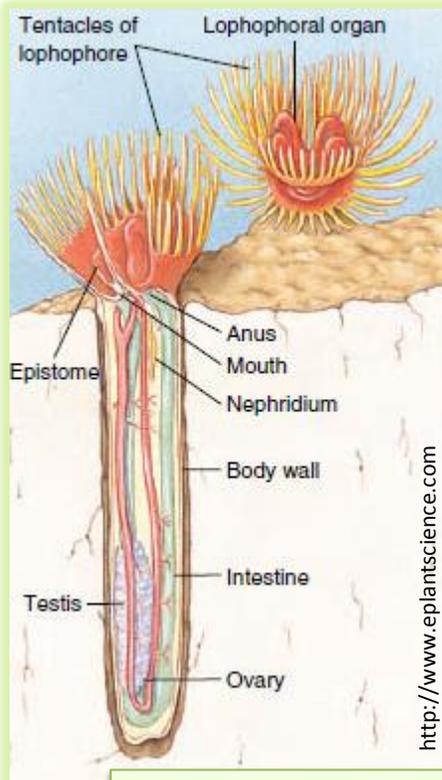
- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'ils sont très facilement **confondus avec des Polychètes tubicoles, voire avec des polypes de Cnidaires**
- ...parce que certaines espèces colonisent les sédiments meubles, en général délaissés par les plongeurs
- ...parce qu'ils sont pour la plupart **blancs ou transparents**
- ...parce qu'ils sont en métropole de **petite taille**, et très discrets : **ils passent totalement inaperçus**

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations

Les Phoronidiens sont des organismes **vermiformes**, qui se constituent un **tube membraneux ou chitineux**, parfois recouvert de petits grains de sable, à l'intérieur duquel ils vivent librement, mais sans jamais le quitter. Il n'est pas rare, cependant, d'observer l'animal sortir plus ou moins de son tube, mais jamais complètement (photo ci-dessous).

Tout comme les Bryozoaires et les Brachiopodes, ils possèdent un panache de **tentacules fins portés par une couronne de forme ondulée, souvent en fer à cheval, parfois en double spirale : c'est le lophophore**. Ce dernier est rétractable à l'intérieur du tube à la moindre alerte. Il permet d'agglutiner et de sélectionner la matière organique en suspension. C'est de cette structure que ces animaux tirent leur nom de « Horseshoe worms » (les vers fer-à-cheval), étymologiquement [*phoron*] = panache.

Ils possèdent un tube digestif complet en U, la bouche s'ouvrant au centre du lophophore, l'anus débouchant à l'extérieur de ce dernier (tout comme chez les Bryozoaires).



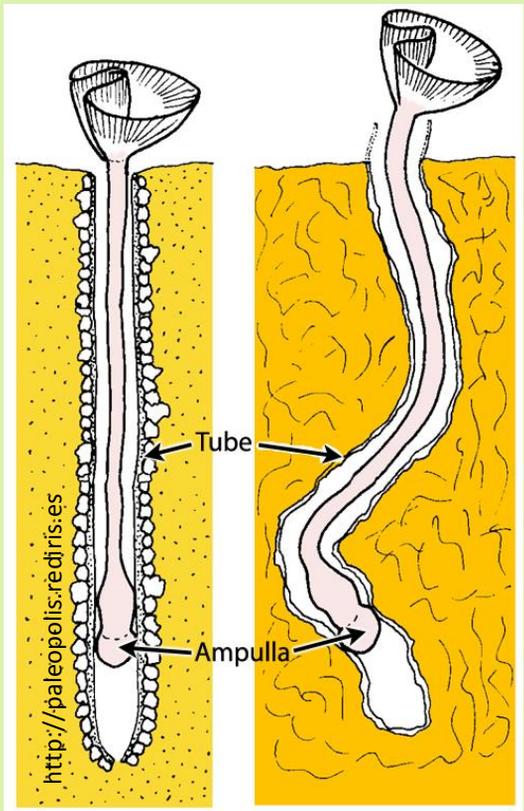
Anatomie d'un Phoronidien



*Phoronis muelleri*

EOL © Peter GROBE

# VIII- Les Phoronidiens...



Ces organismes possèdent un rôle écologique non négligeable. Grâce à l'extrémité de leur corps, appelée *ampulla* (de forme un peu renflée), et vraisemblablement grâce à la sécrétion de substances chimiques, ils forent des galeries dans différents substrats : **roche, coralligène, coquilles...** et y logent leur tube. Tout comme les coraux, ils génèrent ainsi des micro-niches écologiques, colonisées par d'autres organismes après leur mort, et permettent le maintien de la biodiversité.

Les Phoronidiens sont parfois solitaires, mais le plus souvent ils forment des **populations de très nombreux individus**. On peut parler de colonies, même si les différents individus ne sont pas reliés entre eux (sauf chez une espèce).

Ils mesurent **de quelques millimètres à parfois 50 centimètres**.



*Les 2 types de lophophores chez les Phoronidiens*

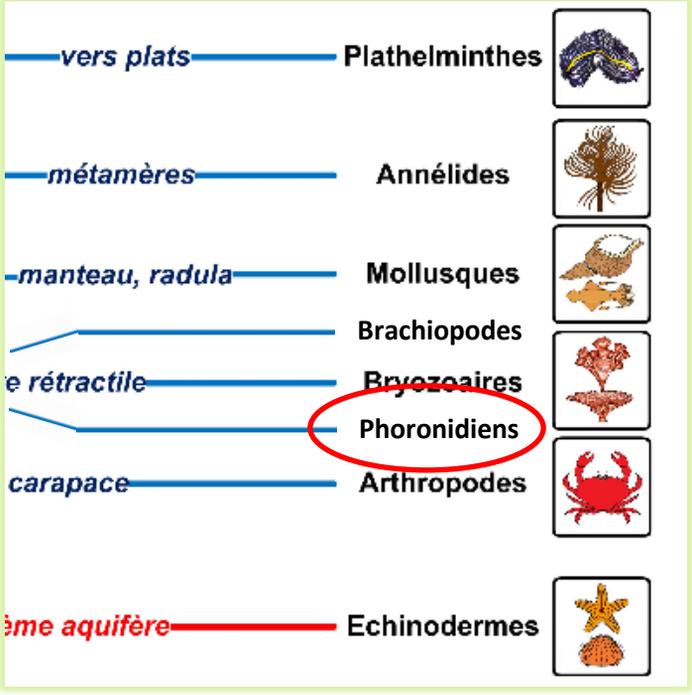
Leur couleur est, dans les eaux chaudes, très vive : le panache est alors **jaune, orange, rose, brun, verdâtre, blanc ou noir** !



*Feu d'artifice...*

<http://www.diverkevin.com>

Position des Phoronidiens dans la classification



Les Phoronidiens forment le groupe frère des Brachiopodes. Ils partagent outre le lophophore et leur embryogénèse de nombreux caractères communs. Ces deux groupes sont beaucoup plus proches entre eux qu'ils ne le sont des Bryozoaires. Ils sont même réunis en Phoronozoaires (voir la Classification Phylogénétique de Lecointre & Le Guyader en introduction).

Aujourd'hui, les zoologistes s'accordent pour dire que **les Phoronidiens sont des Protostomiens**, mais ça n'a pas toujours été le cas.



Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...

Le sang des Phoronidiens contient **des cellules énucléées qui possèdent de l'hémoglobine** ! Tout comme nous...

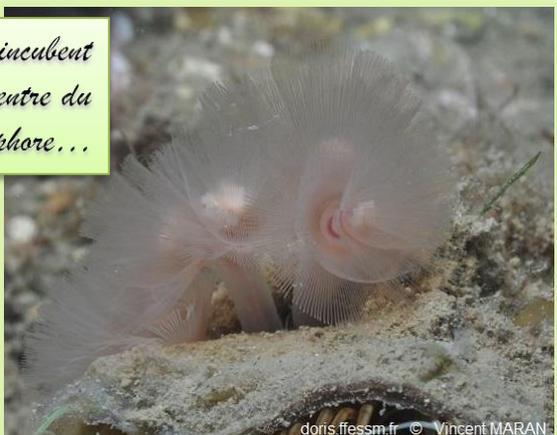
La larve nageuse ciliée planctonique (dite **actinotroque**) est très différente de l'adulte. Elle n'est pas rare dans le plancton, comparée à l'adulte qui lui forme des populations plus clairsemées. Tant et si bien qu'une larve était connue bien avant l'adulte, elle était identifiée comme espèce à part entière : *Actinotrocha hippocrepi* !! Plus tard, lorsqu'on a fait le rapprochement entre ces deux stades de vie du même organisme, on a nommé l'espèce *Phoronis hippocrepi* !!

*Un Phoronidien, c'est en quelque sorte un gros polype de bryozoaire libre qui vit dans un tube !*



*La larve actinotroque caractérise les Phoronidiens.*

*Quelques espèces incubent leurs œufs au centre du lophophore...*



doris.ffesm.fr © Vincent MARAN

## Où chercher en plongée ?



Les Phoronidiens sont exclusivement marins. Ils vivent dans les **eaux tempérées à chaudes**, et sont totalement absents des eaux polaires. On pourra les observer depuis le bas de l'étage infralittoral jusqu'à des profondeurs ne dépassant jamais les 70 mètres. Même si ils préfèrent les **eaux peu profondes**, ils ont tendance à fuir la lumière (ils sont dits sciaphiles) et à se développer dans les endroits ombragés.



Certaines espèces affectionnent les substrats durs rocheux ou coralligènes, telle *Phoronis hippocrepia*, l'espèce la plus communément observée dans les eaux métropolitaines.

### *Phoronis hippocrepia*

- Couleur blanche, brillante
- 1 à 4 cm de long
- Lophophore en fer à cheval
- Espèce grégaire
- Parmi les éponges, les bryozoaires, les algues...

Trébeurden (22), 15 m

D'autres, comme *Phoronis muelleri* ou *Phoronis psammophila* (métropole) ou comme ce *Phoronopsis californica* (Martinique) vivent à la surface des substrats meubles, leur tube plus ou moins profondément enfoncé dans le sédiment.

### *Phoronopsis californica*

- Couleur vive très variable
- Panache en double spirale
- Jusqu'à 45 cm de long !

Martinique, 20 m



D'autres enfin sont systématiquement associés aux cérianthes du genre *Cerianthus*. L'association est plus poussée qu'il n'y paraît. Des études ont montré que des connexions de type nerveux existaient entre les deux organismes. Quand le cérianthe se rétracte en cas de danger, le Phoronidien se rétracte aussitôt !

### *Phoronis australis*

- Couleur variable
- Panache en double spirale
- Jusqu'à 20 cm de long

Cerbère (66)



<http://commons.wikimedia.org>

## IX- Les Chaetognathes...



<http://commons.wikimedia.org>



<http://www.museosdetenerife.org>

## Pourquoi ne parle-t-on pas des Chaetognathes ?

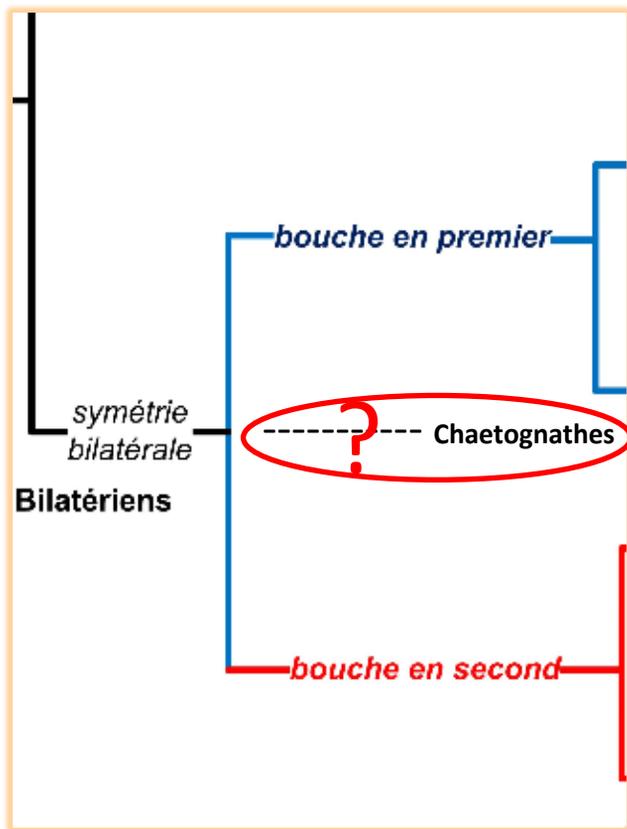
- ...parce qu'ils ne sont que très peu observés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible (il se compte sur les doigts des deux mains !) : à peine 150 espèces dans le monde...

## Pourquoi ne voit-on pas les Chaetognathes ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce que l'immense majorité des espèces sont **pélagiques, en pleine eau**, milieu en général délaissé par les plongeurs
- ...parce qu'ils sont tous **transparents**
- ...parce qu'ils sont en métropole de très **petite taille, ils passent totalement inaperçus**
- ...parce qu'ils sont **rapides et furtifs**, leur observation est à juste titre difficile



## Position des Chaetognathes dans la classification



La position phylogénétique des Chaetognathes est, encore aujourd'hui, très problématique.

L'hypothèse qui a longtemps prévalu était qu'ils étaient des Deutérostomiens, plusieurs éléments de leur embryogénèse allant en ce sens.

**L'ancien arbre de la CNEBS d'ailleurs, plaçait les Chaetognathes près des Echinodermes. Il s'agit d'une erreur.**

De nouvelles études moléculaires ont montré qu'il s'agit de Protostomiens qui ont un développement très particulier. Mais cette théorie ne fait toujours pas l'unanimité.

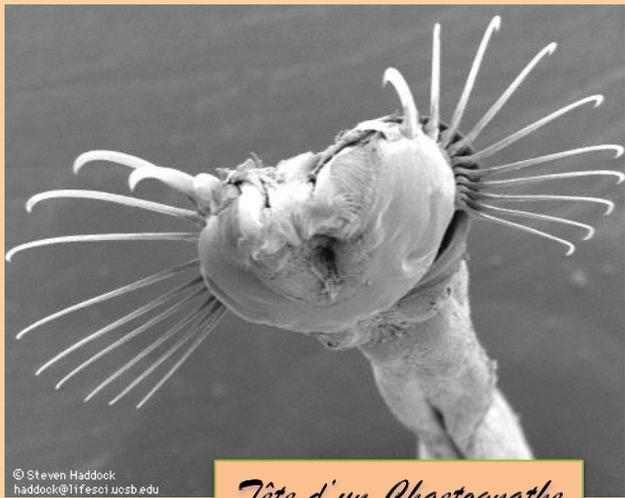
Ils se situent donc quelque-part au niveau de la fourchette Protostomiens (bouche en premier)-Deutérostomiens (bouche en second).

On peut dire aujourd'hui que les Chaetognathes forment le groupe le plus isolé au sein du règne animal !

Cette position énigmatique et très incertaine faisait déjà dire à Charles Darwin, à l'époque : « *Les Chaetognathes sont remarquables par l'obscurité de leurs affinités.* » Tout est dit !

Même sur le site DORIS, nous avons intégré les Chaetognathes dans un groupe symbolisé par une icône révélatrice...

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Tête d'un Chaetognathe

Les Chaetognathes forment un groupe d'organismes très originaux.

Leur corps est divisé en **3 parties bien distinctes** : la tête, le tronc, et la queue.

La tête présente, sur ses flancs, **deux groupes de soies dures et chitineuses** qui constituent ce que l'on a coutume d'appeler les mâchoires de l'animal. Ce sont elles qui ont valu leur nom à ces organismes : [*chaet-*] = soies, [*gnath-*] = mâchoire. En fait il s'agit d'un dispositif parfaitement adapté à la capture des proies, à leur dilacération voire, chez certaines espèces, à l'injection d'un venin ! De vraies dents situées dans la bouche permettront d'achever leur ingestion.

Ces soies sont, au repos, protégées et rétractées dans un **capuchon céphalique**, qui est un repli cutané du cou.

**Le tronc représente 80 à 90% de la longueur de l'animal.** Il contient les organes internes, et est flanqué d'**une ou de deux paires de nageoires latérales et symétriques** : les nageoires antérieure et postérieure, qui sont parfois secondairement fusionnées.

La queue, terminale, en forme de pagaie, présente une nageoire caudale.

L'ensemble du corps adopte un **profil hydrodynamique** et est **parfaitement profilé pour la nage rapide**. Il évoque une flèche. Les Chaetognathes sont aussi appelés vers sagittés, vers sagittaires, *arrow worms* chez les anglo-saxons (vers-flèches).

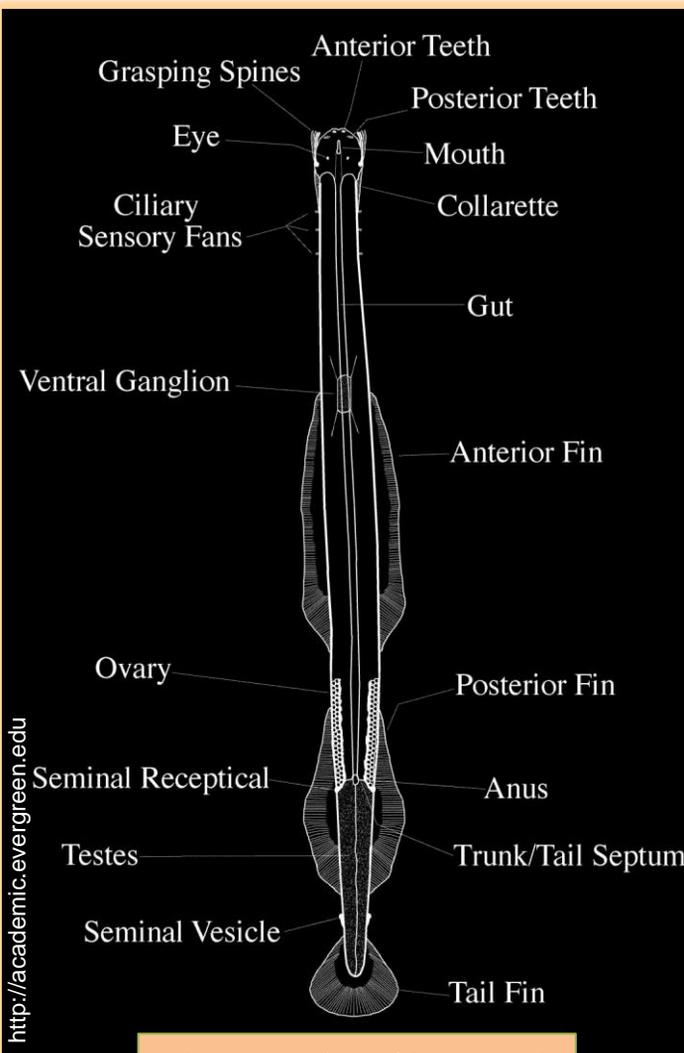
Le genre principal est le genre *Sagitta*.

Ils mesurent en général **quelques millimètres à 1 ou 2 cm**. La plus grande espèce mesure 12 cm.

Ils sont tous **totallement transparents**.

Bien que passant totalement inaperçus, et malgré un faible nombre d'espèces, les Chaetognathes forment un maillon essentiel du réseau trophique marin ; ils constituent au moins **10% de la biomasse zooplanctonique** !

Prédateurs voraces, ils sont la terreur des Copépodes, qui constituent quasi-exclusivement leur alimentation, et dont ils détectent les vibrations. Il leur arrive aussi de s'attaquer à des petits poissons.



Anatomie d'un Chaetognathe

## Où chercher en plongée ?



Les Chaetognathes sont des organismes marins, quasi-exclusivement planctoniques. On les observera depuis la surface jusqu'à 200 mètres de profondeur. On les trouve à toutes les latitudes, là où le plancton est abondant, toujours en zone côtière.

C'est donc en pleine eau, à la descente et surtout à la remontée et pendant vos paliers de décompression que vous aurez le plus de chances d'observer ces étranges organismes.

Cependant il existe quelques espèces benthiques, qui affectionnent les sédiments meubles, toutes appartiennent au genre *Spadella*. Elles sont posées sur le fond, ou plus ou moins enfouies.

Pour optimiser vos chances d'observer des Chaetognathes, lors de vos stages bio, faites trainer un filet à plancton au moment du retour du bateau vers le port !

Grégory DALLAVALLE



En plongée

Au laboratoire



[www.dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca)

<http://www.marinespecies.org>



Au laboratoire



Au filet à plancton



## X- Les Entéropneustes...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Entéropeustes ?

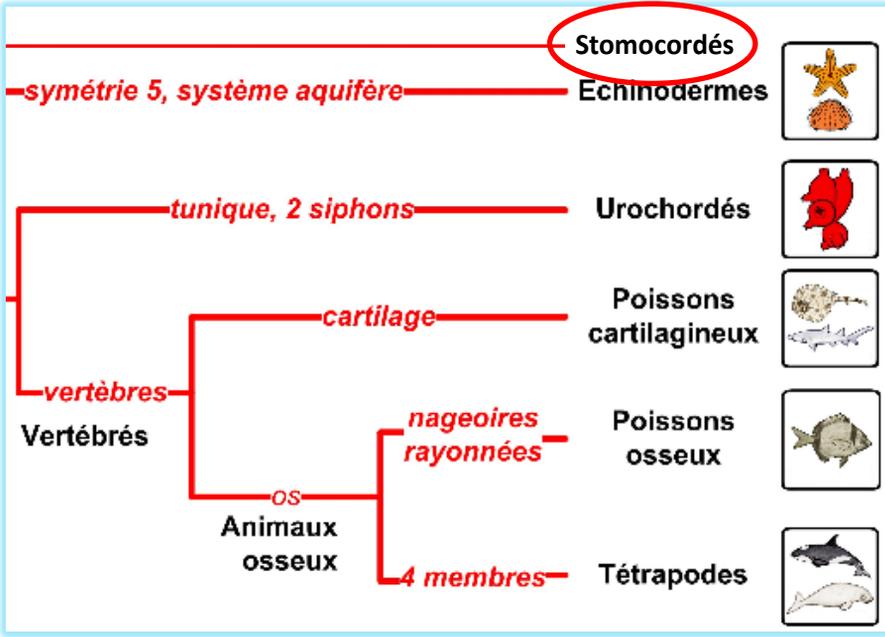
- ...parce qu'ils ne sont qu'exceptionnellement rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares (-issimes !)
- ...parce que le nombre d'espèces dans nos eaux observables en plongée loisir est très faible

## Pourquoi ne voit-on pas les Entéropeustes ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'ils peuvent être **confondus avec des Annélides**
- ...parce qu'ils vivent **presque toujours enfouis** dans les sédiments meubles
- ...parce que ces biotopes monotones sont le plus souvent délaissés par les plongeurs
- ...parce que les « vers » en général n'attirent pas les plongeurs



## Position des Entéropeustes dans la classification



Les Entéropeustes sont des **Deutérostomiens**, c'est-à-dire que le blastopore embryonnaire (l'orifice de l'embryon précoce) donne l'anus. C'est un caractère que nous partageons avec eux et avec l'ensemble des Vertébrés. Nous avons donc avec ces drôles de vers un ancêtre commun, pas tellement éloigné.

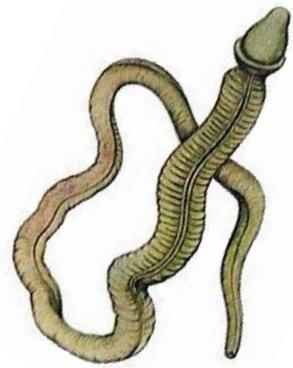
Dans l'arbre de la CNEBS, l'embranchement des Stomocordés (dont les Entéropeustes font partie, voir page suivante) sera donc placé près des Echinodermes. Les larves qui caractérisent ces deux embranchements sont d'ailleurs très proches.

icône utilisée dans l'ancien arbre de la CNEBS

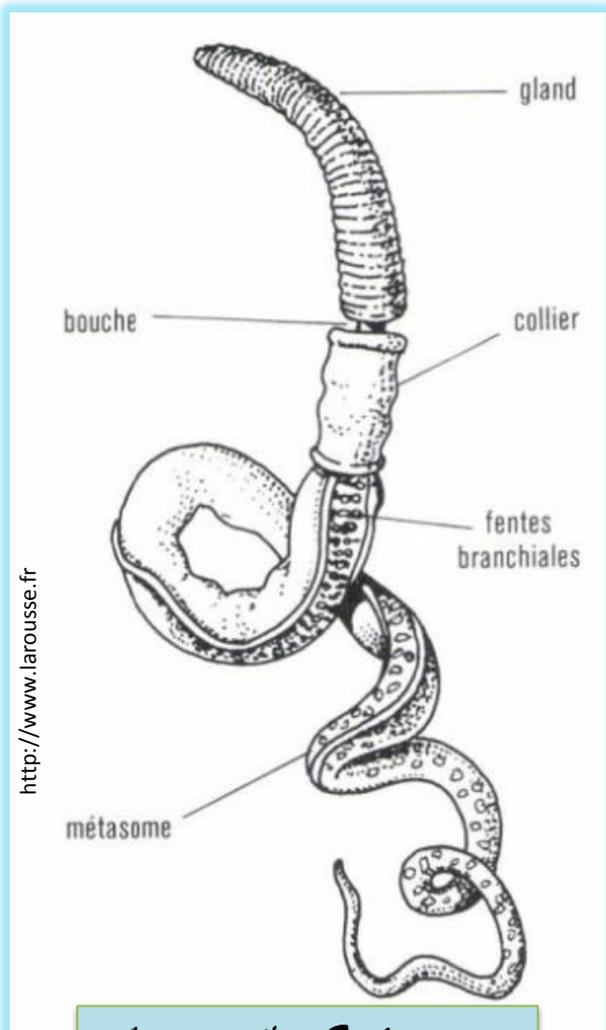


DORIS

Autres « vers » subaquatiques



## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Anatomie d'un Entéropeuste

Les Entéropeustes sont des organismes **vermiformes**, facilement reconnaissables à leur **corps divisé en 3 parties**. De l'avant vers l'arrière, on observe **le gland ou proboscis** (ou encore protosome), **le col ou collier**, très court (ou encore mésosome), et **le tronc**, très allongé (ou métasome) qui constitue l'essentiel de l'animal.

L'originalité de ce groupe réside dans leur anatomie. Ils possèdent des **structures respiratoires proches de celles des Chordés**. En effet des **fentes branchiales** latérales percent la paroi du pharynx : les Entéropeustes sont des Pharyngotrèmes, tout comme nous ! (voir la Classification Phylogénétique de Lecointre & le Guyader en introduction)

Ils possèdent une **petite baguette rigide logée dans le col, peut-être analogue à la chorde des Chordés**, et qui a valu son nom au phylum des **Hémichordés** (ou encore **Stomocordés**) dont les Entéropeustes font partie, car cette pseudo-chorde n'est présente qu'au niveau du collier, où s'ouvre aussi la bouche.

Le gland confère à ces étranges vers un **aspect phallique**. Il a valu au groupe son nom vernaculaire anglais de « **acorn worms** », les « vers-glands » ! On les appelle aussi les **balanoglosses** (genres *Balanoglossus* et *Glossobalanus*), du grec [*balano*] = gland, et [*gloss-*] langue. En effet ce gland permet à l'animal de fouir les sédiments meubles, de s'y déplacer, de collecter les fragments organiques et de les acheminer vers la bouche.

Les Entéropeustes forment un **petit groupe d'à peine 109 espèces**, qui mesurent d'ordinaire jusqu'à 45 cm de long. Une espèce sud-américaine mesure **jusqu'à 2,5 mètres** ! **Leur coloration est fort variable**, blanc nacré, couleur chair, rose-rouge, jaune-brun, orange, mais aussi bleu-vert.

Tube en U d'un Entéropeuste



Tortillon d'Entéropeuste



Ce sont des vers fousseurs, dont **le mode de vie rappelle celui des arénicoles** : ils vivent dans des galeries creusées dans les sédiments meubles, et rejettent des tortillons de sable en guise d'excréments.

## Où chercher en plongée ?



## X- Les Entéropeustes...

Les Entéropeustes seront observables exclusivement en **milieu marin** et sur **fonds meubles**. Il faudra chercher sur des étendues sableuses constellées de gros tortillons.

Leur rencontre reste exceptionnelle, il vous faudra aussi et surtout un peu de chance !

En effet leur tube en U peut faire 50 centimètres de profondeur ! Cependant, à marée haute en plongée, on peut apercevoir la partie arrière du ver rejeter les tortillons de sable.

Ils vivent à toutes les profondeurs, **de la plage aux abysses** où l'on a découvert récemment des espèces très curieuses.

Ils affectionnent davantage les **mers chaudes**.



doris.ffesm.fr © Philippe BOURJON



doris.ffesm.fr © Philippe BOURJON



doris.ffesm.fr © Philippe BOURJON

Philippe Bourjon (site DORIS) a réussi à observer deux espèces d'Entéropeustes sur les fonds sableux de la Réunion !



© Frédéric ZIEMSKI

Un individu du genre *Saccoglossus* remonté après dragage (Baie de Saint-Brieuc). Au gauche, le gland, puis le collier, puis le tronc (incomplet) où l'on devine les fentes branchiales latérales.

## Les Planctosphéroïdes



<http://www.wowcollector.net>

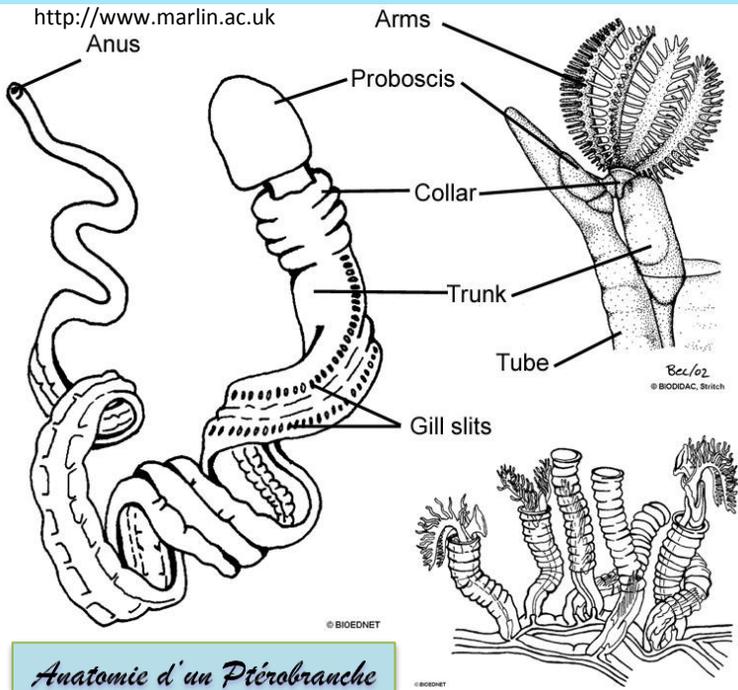


Cette créature énigmatique a d'abord été nommée en fonction de sa forme et son milieu de vie. On s'est ensuite aperçu qu'il s'agissait d'une larve particulière, qui ressemble très fortement à la larve *tornaria* des Entéropeustes (ci-contre).

Elle vit à l'intérieur d'un cocon muqueux. Deux hypothèses s'affrontent : il s'agit soit d'une larve néoténique qui vit à la manière d'un Appendiculaire (voir page 62), soit de la larve d'une espèce d'Entéropeuste abyssale. A suivre...

*Planctosphaera pelagica*

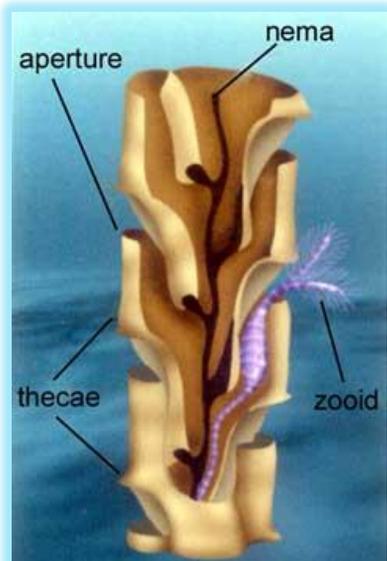
## Les Ptérobranches et les Graptolites



*Anatomie d'un Ptérobranche*



*Cephalodiscus sp.*



*Anatomie d'un Graptolite*

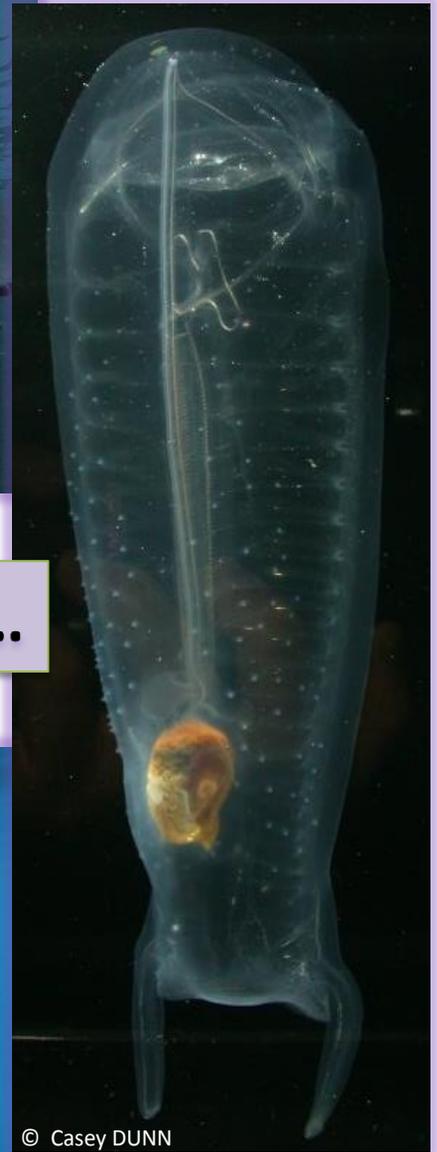
Il existe une deuxième classe d'Hémichordés, celle des **Ptérobranches**. D'abord rangés près des Bryozoaires, on s'est aperçu par la suite que leur corps se compose des trois parties d'un Entéropeuste (**proboscis, col et tronc** – cf ci-dessus). Il s'agit d'organismes coloniaux, de très petite taille, et qui ne seront en principe pas observés en plongée car d'ordinaire profonds. Sur leur col s'insère un panache branchial qui rappelle celui des Annélides. Ils vivent de plus dans des petits tubes qui bourgeonnent à partir d'un stolon rampant sur le substrat.

Des études très récentes ont ressuscité les Graptolites, fossiles énigmatiques de la première moitié de l'ère primaire. Ce sont comme les Ptérobranches des Hémichordés qui vivaient dans des loges à la disposition particulière et qui évoquent celles des Bryozoaires. **Aujourd'hui, la classe des Ptérobranches n'existe plus. On parle dorénavant de Graptolithoidea (cf WoRMS) !**

<http://www.twmuseums.org.uk>



## XI- Les Tuniciers pélagiques...



## Pourquoi ne parle-t-on pas des Tuniciers pélagiques ?

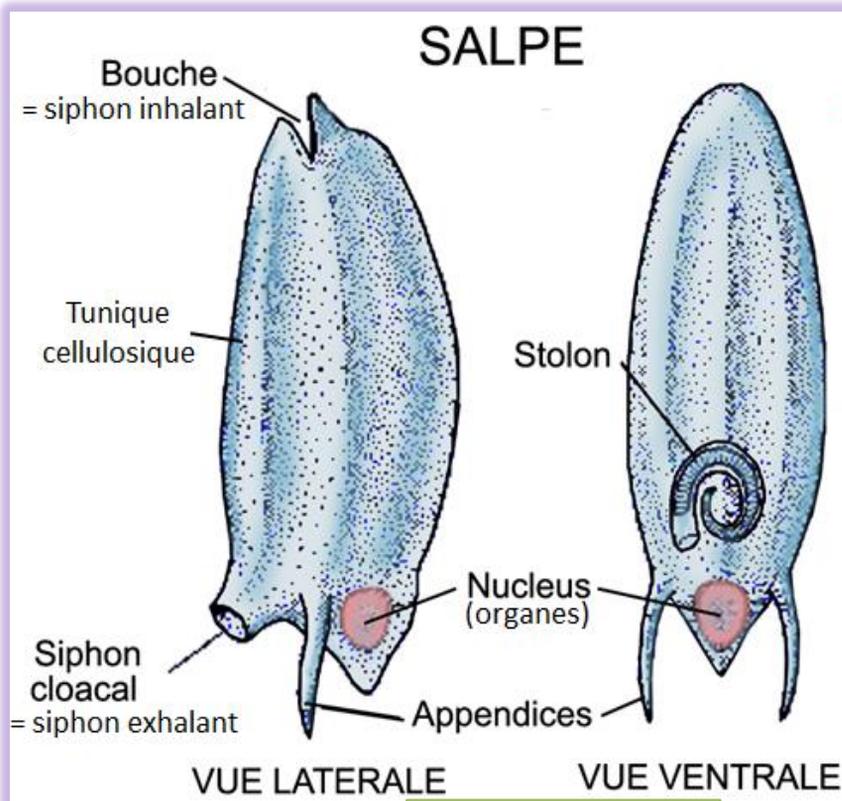
- ...parce que la morphologie et le cycle de développement de ces organismes paraissent fort complexes
- ...parce qu'ils sont assez peu communs

## Pourquoi ne voit-on pas les Tuniciers pélagiques ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce que ces organismes sont gélatineux, transparents, en pleine eau, ils peuvent passer inaperçus
- ...parce qu'ils évoquent des méduses, des Siphonophores ou des Cténaïres et qu'ils sont fréquemment confondus

## Points essentiels à intégrer dans vos présentations

Les Tuniciers pélagiques sont représentés principalement par trois groupes : les Salpes, les Dolioles, et les Pyrosomes. Ils sont réunis dans la Classe des Thaliacés.



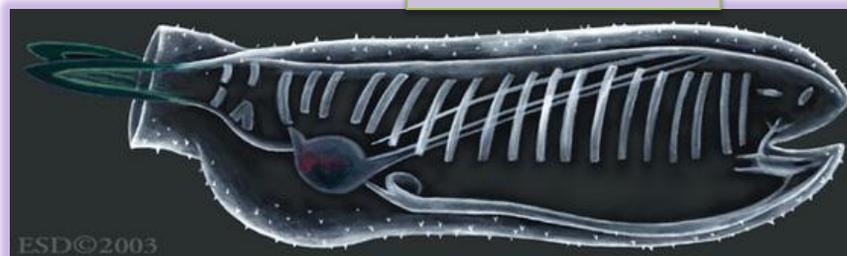
Anatomie d'une Salpe

Les Salpes sont des **organismes pélagiques, transparents**, souvent bleutés ou rosés. Elles sont **soit solitaires** et mesurent de 1 à 30 cm de long, **soit coloniales**, et se présentent alors sous la forme d'une longue guirlande d'individus accrochés les uns aux autres, la chaîne pouvant mesurer plusieurs dizaines de mètres de long (voir photos page précédente).

Comme les Ascidies, **le corps est enveloppé dans une tunique**, ouverte sur l'extérieur par **deux siphons opposés** : **la bouche, ou siphon inhalant**, qui permet l'aspiration de l'eau, et **le siphon exhalant ou cloacal**, qui permet son expulsion. En plus de sa nutrition et de sa respiration, les deux siphons permettent le déplacement de l'animal par propulsion. Pour ce faire, l'animal possède sous sa tunique une série de **bandes musculaires**, qui chez les Salpes sont **incomplètes** (cf schéma du bas) : les Salpes sont aussi appelées Desmomyaires.

Une « **boule** » **colorée** est immédiatement visible ventralement et à l'arrière de l'animal (couleur orangée ou brune), il s'agit du **nucléus**, qui contient les viscères de la Salpe.

Elles ont un régime filtrant très actif et se nourrissent de phytoplancton, de détritus et de bactéries contenus dans l'eau. On dénombre aujourd'hui un millier d'espèces.



## XI- Les Tuniciers pélagiques...



*Reproduction asexuée d'une Salpe*

doris.ffesm.fr © Grégory DALLAVALLE

Les Salpes ont un cycle de reproduction complexe, qui fait intervenir **une phase sexuée et une phase asexuée**. Cette dernière est visible, de par la formation d'une chaîne de petites salpes au sein de la tunique d'une salpe mère (cercle rouge sur la photo ci-contre). Cette chaîne se développe à partir d'un stolon ventral (cf schéma précédent), et finit par être libérée en pleine eau. Une fois cette chaîne libérée, la salpe mère devient sexuée.

Antibes (06), 1m



doris.ffesm.fr © Grégory DALLAVALLE

### *Thetys vagina*

*Chez nous*

- Grande salpe, jusqu'à 30 cm de long
- Observez le nucléus, les siphons, les bandes musculaires
- Observez en plongée les mouvements des siphons

Antibes (06), 1 m

### *Pegea confoederata*

- Jusqu'à 12 cm de long
- Salpes disposées en double chaîne, souvent enroulée

Groix (56), 15 m



doris.ffesm.fr © Véronique LAMARE

### *Cyclosalpa spp*

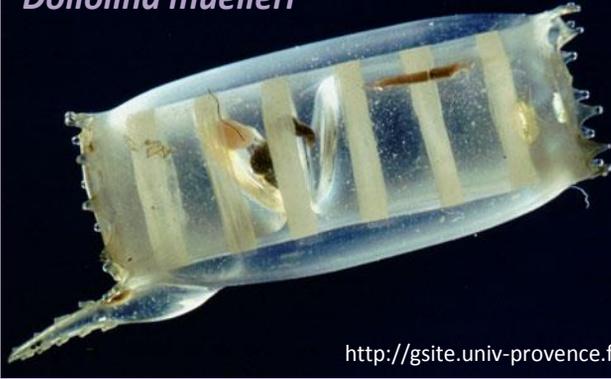
- Environ 10 cm de long
- Guirlande « circulaire », « en boule »

Egypte, 5 m

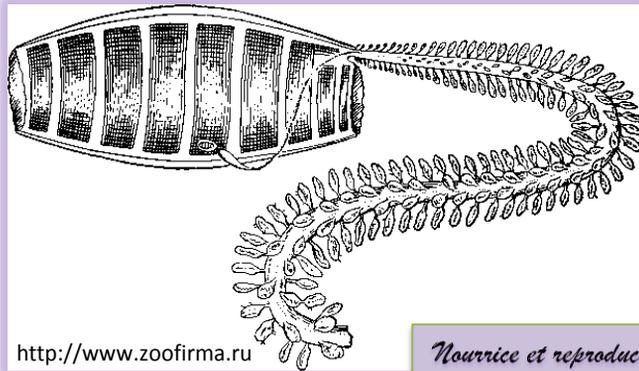


doris.ffesm.fr © Adrien WECKEL

## Doliolina muelleri



<http://gsite.univ-provence.fr>



Nourrice et reproduction asexuée

<http://www.zoofirma.ru>

## Les Doliolles

Les Doliolles ressemblent aux Salpes, mais elles ne mesurent tout au plus qu'un centimètre.

A la différence des Salpes, les deux siphons sont largement ouverts aux deux extrémités.

De plus les bandes musculaires qui sous-tendent la tunique sont ici complètes (cf photo de *Doliolina muelleri*) : Elles sont aussi appelés Cyclomyaires, les bandes musculaires faisant le tour de l'animal.

Comme chez les Salpes, une Dolioline-mère appelée **nourrice** produit un stolon le long duquel vont bourgeonner de très nombreuses Dolioline-filles que la nourrice traîne dans son sillage et qui finira par se détacher.

La ressemblance s'arrête là, le cycle de reproduction est fort complexe et voit se succéder quatre générations différentes, stériles puis sexuées, certaines Doliolles n'ayant qu'une fonction alimentaire, d'autres qu'une fonction de reproduction.

Elles forment un tout petit groupe d'à peine une vingtaine d'espèces. Elles affectionnent les eaux chaudes à tempérées.

*Je vous conseille vivement un filet à plancton pour les observer en laboratoire.*

## Les Pyrosomes

Un Pyrosome se présente sous la forme d'un **manchon creux ouvert à une extrémité**. Il s'agit d'un organisme colonial, constitué de très nombreuses petites ascidies appelées zoïdes, noyées dans une **tunique commune**, cartilagineuse et d'aspect velu. Tous les zoïdes sont orientés de la même manière, **siphons inhalants vers l'extérieur et siphons exhalants vers l'intérieur**. L'eau traverse la paroi du Pyrosome et est expulsée par l'unique ouverture. Comme chez les Salpes, ce mouvement de l'eau permet la nutrition, la respiration et le déplacement de la colonie.

Ces étranges organismes, dont on dénombre à peine 8 espèces dans le monde, mesurent de quelques centimètres à plusieurs mètres. Ils ont une préférence pour les eaux chaudes. Leur coloration varie du rose au bleu et au mauve. Souvent solitaires, ils peuvent pulluler en bancs de très nombreuses colonies.

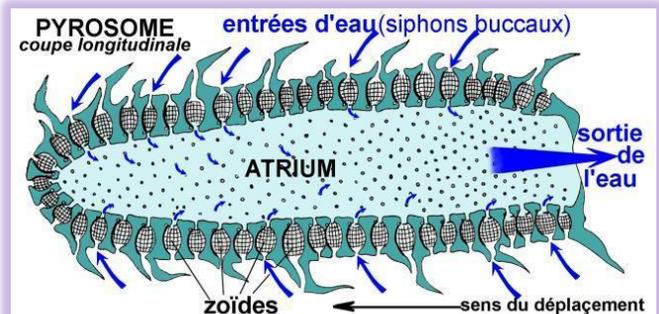
Les Pyrosomes réagissent au contact et à la stimulation en émettant des flashes lumineux qui se propagent d'avant en arrière. Cette caractéristique, due à la présence de bactéries symbiotiques, leur a valu leur nom ([pyro] et [soma] = corps de feu). Face à un obstacle, la colonie change de direction !

Photo : Cagnes-sur-Mer (06), 2 m

## Pyrosoma atlanticum



[doris.ffesm.fr](http://doris.ffesm.fr) © Gilles CAVIGNAUX



Anatomie d'un Pyrosome

[doris.ffesm.fr](http://doris.ffesm.fr) © Patrice PETIT DE VOIZE

*Oikopleura dioica*



<http://oldmissingcluster.wordpress.com>

## Les Appendiculaires

Rappel : Les Tuniciers sont des Urochordés (« chorde dans la queue »), **leur larve têtard étant munie d'une queue contenant une notochorde**, qui préfigure la colonne vertébrale des Vertébrés.

Chez les Ascidies cette queue est larvaire et elle régresse. Toutefois, chez un petit nombre de Tuniciers pélagiques, appelés Appendiculaires, **la queue est pérenne** : ces animaux sont aussi appelés Pérennichordés. La larve ne se développe pas en un adulte et l'animal reste une larve toute sa vie : les Appendiculaires sont aussi appelés Larvacés. Cette larve a de plus la faculté de se reproduire : elle est dite néoténique.

L'animal est logé dans une **gangue muqueuse** (appelée aussi logette, nasse, ou encore maison) qu'il secrète lui-même, et qui agglutine la matière organique en suspension (bactéries, micro algues...) dont il se nourrit.

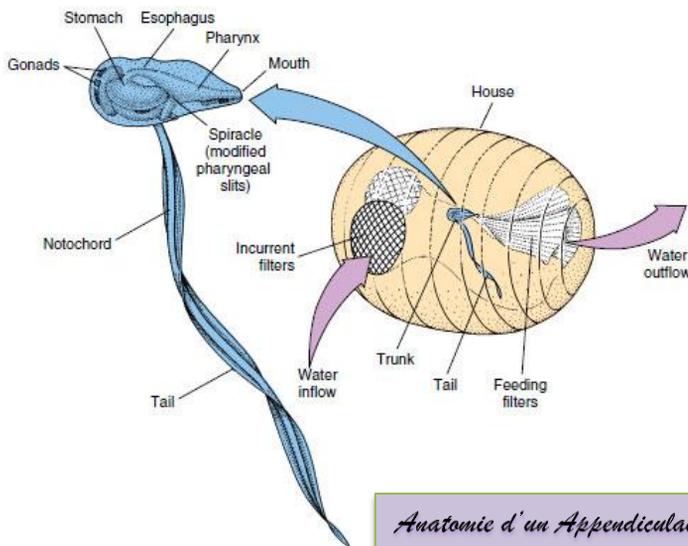
La logette a parfois de surprenantes formes géométriques et artistiques !  
(cf *Kowalevskia tenuis* ci-dessous)

Les mouvements de sa queue génèrent un courant d'eau qui traverse la gangue et qui dirige la nourriture vers un filtre secrété par la bouche.

Dérangé, ou si la logette est colmatée, l'Appendiculaire l'abandonne, et en reconstitue une en une demi-heure !  
**Les logettes abandonnées sont un des constituants majeurs de la neige marine.**

La classe des Appendiculaires comprend de nombreuses espèces, qui mesurent de 1 mm à une cinquantaine de centimètres dans les grands fonds.

Le genre *Oikopleura* est de loin de plus fréquent dans les eaux mondiales.



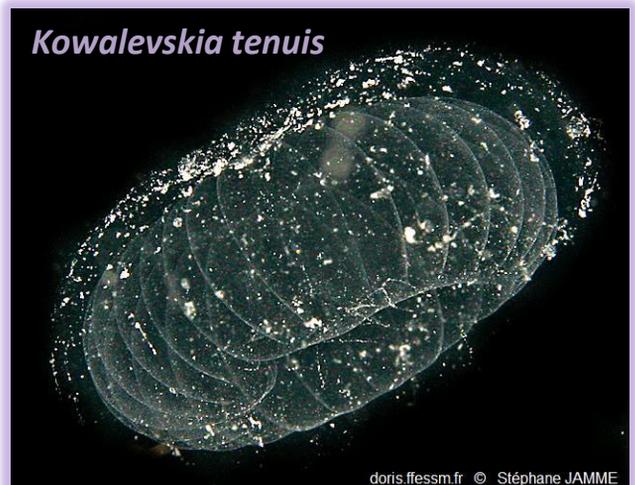
*Anatomie d'un Appendiculaire*

*Oikopleura labradoriensis*



© Christian POIRIER

*Kowalevskia tenuis*

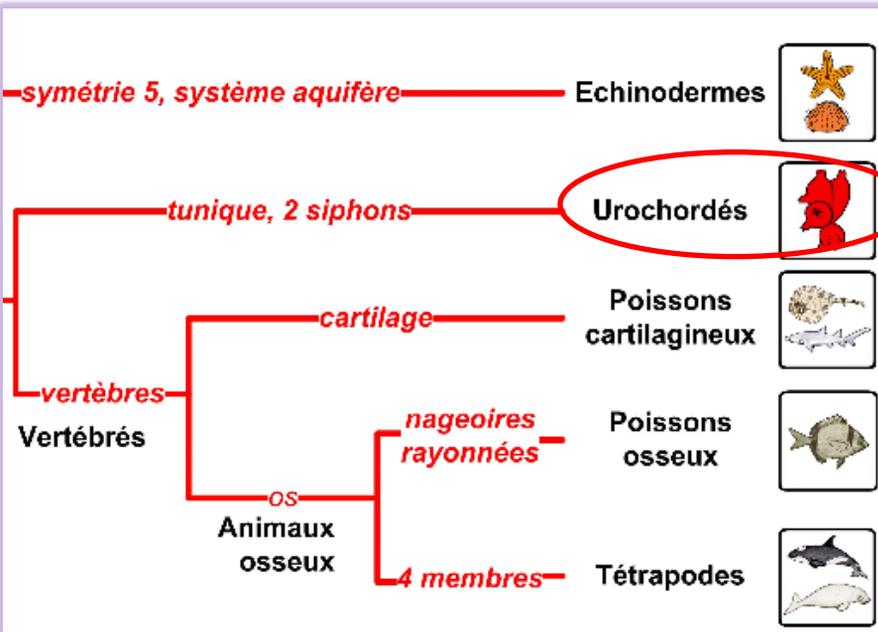


doris.fressm.fr © Stéphane JAMME

Les Escoumins, Québec

Cagnes-sur-Mer (06), 6m

## Position des Tuniciers pélagiques dans la classification



Les Thaliacés et les Appendiculaires appartiennent tous, comme les Ascidies, à l'embranchement des Urochordés (chorde dans la queue) ou encore Tuniciers (corps enveloppé dans une tunique externe composée de cellulose et de tunicine). Ils sont, comme les Vertébrés et les Echinodermes (et les Hémichordés vus juste avant) des Deutérostomiens.



### Où chercher en plongée ?

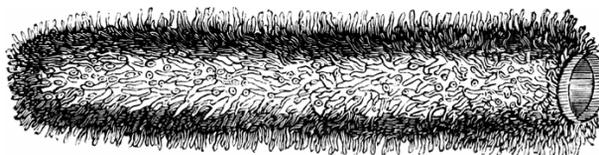
Les Thaliacés et les Appendiculaires sont tous **pélagiques**. Ils vivent depuis la surface jusqu'à de très grandes profondeurs. Profitez donc de vos descentes, de vos remontées et de vos paliers pour ouvrir l'œil. Au printemps et en été, le plancton en regorge. On pourra les observer en plein jour, mais c'est en plongée de nuit au moyen d'un phare que l'observation sera la plus aisée et la plus intéressante.

### Quelques « trucs » et anecdotes faciles à mémoriser...

Une salpe ou une doliolle, c'est une ascidie simple qui nage et dont les siphons deviennent opposés.

Un pyrosome, c'est une synascidie (ou ascidie coloniale) pélagique. J'emploie aussi parfois l'expression « préservatif qui nage »... Cette expression vaut ce qu'elle vaut, mais elle a au moins le mérite de marquer les mémoires.

Un Appendiculaire, c'est une larve têtard d'ascidie qui n'évolue pas et qui reste à l'état larvaire en pleine eau toute sa vie.





<http://www.kau.edu.sa>

<http://www.theguardian.com>

## XII- Les Céphalocordés...



<http://www.asturnatura.com>

## Pourquoi ne parle-t-on pas des Céphalocordés ?

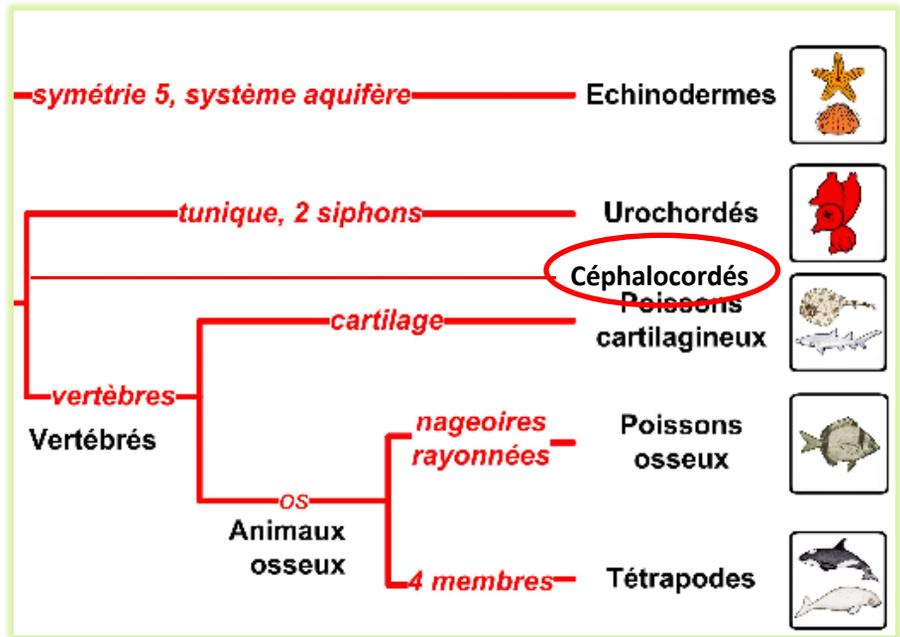
- ...parce qu'ils ne sont que très peu rencontrés
- ...parce qu'ils sont considérés comme rares
- ...parce qu'il n'existe qu'une unique espèce dans nos eaux observable en plongée loisir

## Pourquoi ne voit-on pas les Céphalocordés ?

- ...parce qu'on ignore l'existence de ce groupe
- ...parce qu'ils peuvent être **confondus avec des petits poissons**
- ...parce qu'ils vivent **toujours enfouis presque complètement** dans les sédiments meubles
- ...parce que ces biotopes monotones sont le plus souvent délaissés par les plongeurs



## Position des Céphalocordés dans la classification



Les Céphalocordés possèdent une corde mésodermique pérenne, qui préfigure la colonne vertébrale des Vertébrés.  
 Ce sont donc des Chordés, comme les Tuniciers et les Vertébrés.  
 Nous partageons avec eux un ancêtre commun très proche.  
 Dans l'arbre de la CNEBS, ils se situent à proximité de ces groupes.

icône utilisée dans l'ancien arbre de la CNEBS



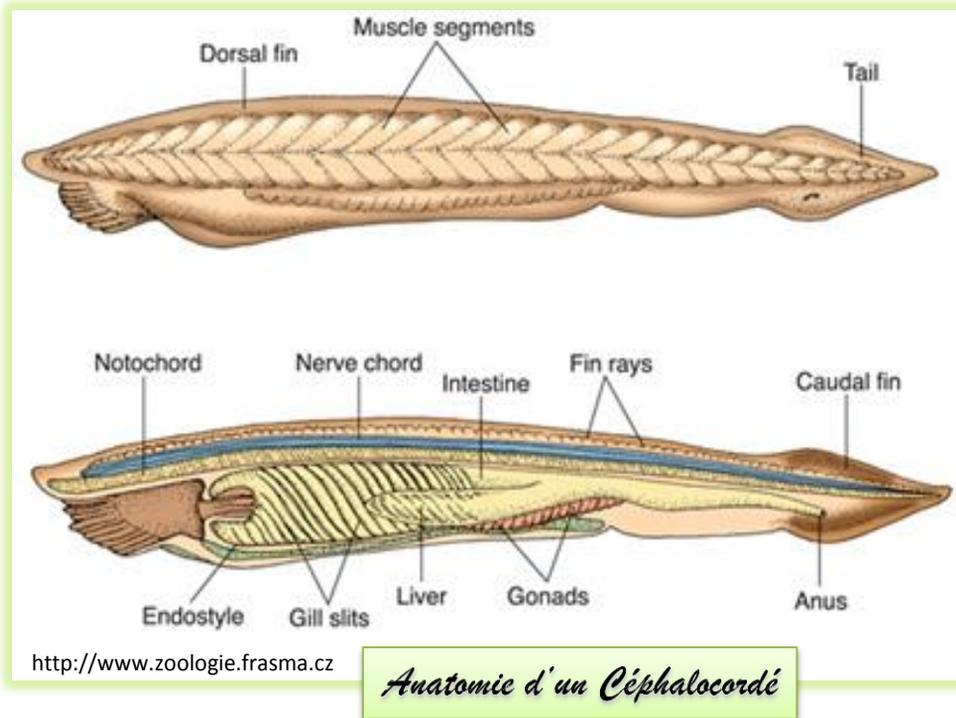
DORIS

Tuniciers et Céphalocordés (Ascidies...)

Céphalocordés



## Points essentiels à intégrer dans vos présentations



Les Céphalocordés (ou Céphalochordés) forment un groupe d'organismes tout à fait originaux. Ils **ressemblent à de petits poissons** si ce n'est qu'ils ne **possèdent ni squelette, ni tête, ni cerveau, ni yeux, ni nageoires**, à l'exception d'un épaissement cutané terminal qui fait office de nageoire caudale.

Ils possèdent une **notochorde**, c'est-à-dire une **baguette mésodermique dorsale** qui est à l'origine de la colonne vertébrale des Vertébrés, ainsi qu'une chaîne nerveuse dorsale.

Les Céphalocordés constituent en ce sens un **groupe d'intérêt évolutif majeur** !

Cette corde est présente sur toute la longueur de l'animal jusqu'à son extrémité antérieure, c'est-à-dire jusqu'à l'emplacement de la tête : **ces animaux sont des Céphalocordés (« corde dans la tête »)**. Les représentants de ce groupe sont aussi appelés **lancelets**, à cause de leur forme élancée, ou encore **amphioxus**, ce qui signifie qu'ils sont « pointus des deux côtés », c'est-à-dire aux deux extrémités ([*amphi*] = de chaque côté, [*ox-*] = pointe). Enfin ils ne possèdent pas de véritable cœur, mais des vaisseaux contractiles : ils sont aussi appelés **Leptocardes** (« cœur mince »).

Autres points communs avec les Vertébrés, une musculature latérale segmentée, **les myomères**, ainsi qu'une bouche ouverte sur un **pharynx percé de nombreuses fentes branchiales**. Le genre principal de Céphalocordés se nomme *Branchiostoma*, « branchies dans la bouche ».

On ne dénombre aujourd'hui qu'**une trentaine d'espèces** de Céphalocordés dans le monde, réparties dans 4 genres. Leur taille oscille **entre 4 et 8 centimètres**, jamais plus. **Leur coloration est toujours très pâle**, souvent blanc nacré.

Ces étranges animaux vivent parfois couchés sur un flanc, mais le plus souvent ils sont **fichés obliquement dans le sédiment queue la première**, laissant juste dépasser leur tête. Ainsi ils filtrent l'eau environnante, ce qui leur permet de respirer, et de se nourrir de plancton et de matière organique en suspension.

Les premiers représentants de ce groupe animal sont fort anciens ! *Pikaia* vivait il y a 600 millions d'années, au Cambrien, et est une des espèces emblématiques de la faune de Burgess (Colombie Britannique).

Le génome complet de *Branchiostoma lanceolatum*, la seule espèce européenne, a été complètement séquencé. Ce séquençage confirme entre autres que les Céphalocordés sont le groupe frère des Vertébrés.

## XII- Les Céphalocordés...



© Ricardo Roberto Fdez

Une superbe vue rapprochée de la « tête », en fait de l'extrémité antérieure de l'amphioxus.

La corde se prolonge jusqu'en avant de la bouche. Elle est bien visible ici par transparence.

Cette bouche est entourée de fines papilles appelées cirres qui permettent à l'animal de sélectionner et de filtrer sa nourriture.

Des chevrons latéraux très fins sont également visibles ici (pointes dirigées vers l'avant), et mettent en évidence la musculature latérale segmentée en myomères.



### Où chercher en plongée ?

Les Céphalocordés ont exclusivement marins. Ils affectionnent les sédiments meubles, des sables fins jusqu'aux sables grossiers coquilliers, des milieux en général boudés en plongée... Ils ne vivent qu'en eaux superficielles, dans la tranche des 50 premiers mètres, dans les mers et océans chauds et tempérés. Ce sont des organismes très communs, malgré les apparences !



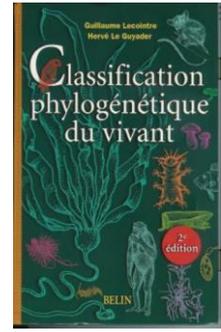
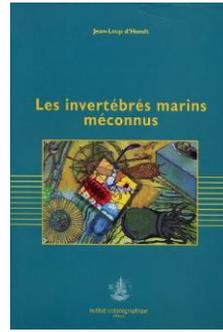
© Frédéric ZIEMSKI

Trois amphioxus remontés après dragage sur fond meuble (Baie de Saint-Brieuc).

## Sources, sites internet et bibliographie

Je ne peux que conseiller à ceux qui souhaiteraient satisfaire leur curiosité ou approfondir leurs connaissances sur ces organismes « marginaux » de se procurer ces deux excellents ouvrages :

Lecointre G., Le Guyader H., 2001, **CLASSIFICATION PHYLOGENETIQUE DU VIVANT**, ed. Belin, 543p.  
d'Hondt J.-L., 1999, **LES INVERTEBRES MARINS MECONNUS**, Institut océanographique, coll. « Synthèses », 444p.



Et puis, bien entendu, vous trouverez sur le site DORIS de nombreuses fiches rédigées d'espèces citées dans ce mémoire, presque toutes de ma main !



<http://doris.ffessm.fr/>

Et puis l'essentiel de mes sources sur internet, et bien d'autres informations :

[Hexactinellides](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Hexactinellida/) : <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Hexactinellida/>  
<http://eol.org/pages/6793/overview>

[Siphonophores](http://www.siphonophores.org/) : <http://www.siphonophores.org/>  
<http://svtcolin.blogspot.fr/2011/02/les-siphonophores-sont-les-plus-forts.html>

[Lucernaires](http://faculty.washington.edu/cemills/Staurolist.html) : <http://faculty.washington.edu/cemills/Staurolist.html>

[Némertes](http://en.wikipedia.org/wiki/Nemertea) : <http://en.wikipedia.org/wiki/Nemertea>  
<http://www.ucmp.berkeley.edu/nemertini/nemertini.html>

[Siponcles](http://en.wikipedia.org/wiki/Sipuncula) : <http://en.wikipedia.org/wiki/Sipuncula>  
<http://www.ucmp.berkeley.edu/sipuncula/sipuncula.html>

[Pycnogonides](http://en.wikipedia.org/wiki/Sea_spider) : [http://en.wikipedia.org/wiki/Sea\\_spider](http://en.wikipedia.org/wiki/Sea_spider)  
<http://www.marinespecies.org/pycnobase/>

[Brachiopodes](http://www.marinespecies.org/brachiopoda/) : <http://www.marinespecies.org/brachiopoda/>  
<http://www.earthlife.net/inverts/brachiopoda.html>

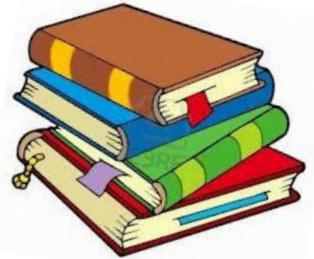
[Phoronidiens](http://paleopolis.rediris.es/Phoronida/) : <http://paleopolis.rediris.es/Phoronida/>  
<http://www.marinespecies.org/phoronida/>

[Chaetognathes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaetognatha) : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaetognatha>  
<http://www.universalis.fr/encyclopedie/chaetognathes/>

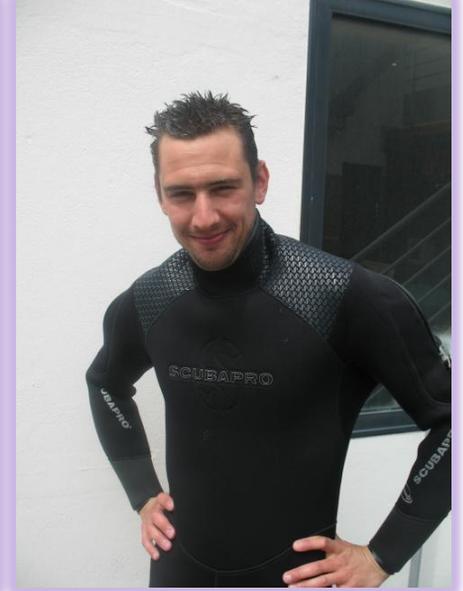
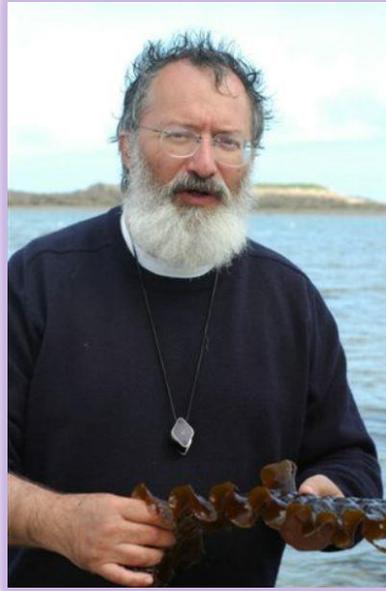
[Hémichordés](http://www.earthlife.net/inverts/hemichordata.html) : <http://www.earthlife.net/inverts/hemichordata.html>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Hemichordate>

[Thaliacés et Appendiculaires](http://jellieszone.com/tunicates.htm) : <http://jellieszone.com/tunicates.htm>

[Céphalocordés](http://en.wikipedia.org/wiki/Lancelet) : <http://en.wikipedia.org/wiki/Lancelet>



## Une pensée affectueuse...



Me voilà arrivé au terme de ma formation. Il m'est impossible de ne pas citer ici les personnes qui m'ont permis d'y arriver et grâce à qui j'entretiens constamment ma passion dévorante.

Je me rappelle un jour d'hiver, début 2004, il y a 10 ans presque jour pour jour, où j'ai rencontré **Vincent Maran** et **Yves Müller** au cours d'une réunion des plongeurs bio de la commission biologie Nord-Pas de Calais. Je venais d'avoir mon niveau 2 technique, les portes de la commission bio venaient de s'ouvrir devant moi, et avec elle une nouvelle vie, de nouvelles rencontres, les stages, les plongées, les voyages, le site DORIS, l'observation de plus en plus d'organismes marins qui ne cessent encore aujourd'hui d'aiguiser ma curiosité et dont j'essaie d'étancher ma soif jour après jour. Ils ont été un tremplin pour moi, des mentors, et je leur dois beaucoup. Je veux leur témoigner ici ma plus grande admiration, ma plus profonde affection et mon indéfectible amitié.

Un grand merci également à **Philippe Le Granché** pour sa gentillesse et sa disponibilité, et qui m'a fait l'honneur de faire partie du jury lors du passage de mes deux premiers modules du FB3.

J'ai eu la chance d'être parvenu à faire de ma passion mon métier. J'aimerais remercier ici du fond du cœur ceux qui ont cru en moi et qui ont permis que ce rêve devienne réalité : **Stéphane Pascal**, conservateur de l'Aquarium Marin de Trégastel, et **Johann Prodhomme**, à l'époque directeur du bureau d'études Hémisphère Sub.

Ils sont tous deux près de moi à chaque instant.

Une pensée amicale pour **Florence Gully**, « mon double en femme », une passionnée de nature et d'estran, que j'ai toujours grand plaisir à retrouver au bord de la mer, aux quatre coins des Côtes d'Armor, et avec qui j'aime fouiner et dénicher les organismes les plus insolites sous les pierres ou dans le sable, et qui est à l'origine d'un site absolument remarquable que je vous recommande vivement, estran22 : <http://www.nature22.com/estran22/estran.html>

Et puis j'ai une pensée très chaleureuse pour mon ami **David Borg**, mon petit frère, mon compagnon de route avec qui j'ai toujours le joie immense de plonger et de partager mes observations et ma passion. On a eu cette chance inouïe d'être collègues pendant deux ans, deux années gravées en moi. Malgré la séparation géographique, j'essaie de le voir régulièrement, j'espère pour de nombreuses années encore. A lui aussi je veux témoigner de mon admiration et de mon affectueuse amitié.

Et à **Doris** enfin, mon amour, au prénom prédestiné, qui est près de moi à chaque instant et qui supporte sans rien dire les trop nombreuses heures que je passe à vivre ma passion et mon métier...

Merci à eux, du fond du cœur !  
À tous, je dédie ce mémoire...