

## Chapitre Les spongiaires

les spongiaires sont des organismes aquatique pouvant être encroûtant ils peuvent être dulcicoles ou marins (98% marines). se sont des organismes benthiques et on en retrouve à toutes les profondeurs et températures. il en existe 10000 espèces présente dans tous les écosystèmes. les eumétazoaires ont un système nerveux et des muscles. les éponges n'en ont pas, ce sont des métazoaires.

le génome des éponges renferme les gènes codant pour les 3/4 des protéines nécessaires pour former une synapse mais elle n'en possède pas.

on peut en déduire qu'il y a eu une modification de protéine existante afin d'obtenir des synapses et un système nerveux lors de l'évolution des eumétazoaires.

les éponges contiennent des cellules souches

elles font de nombreuses associations avec des bactéries et d'autres organismes présents dans le mésenchyme (gelée de l'éponge)

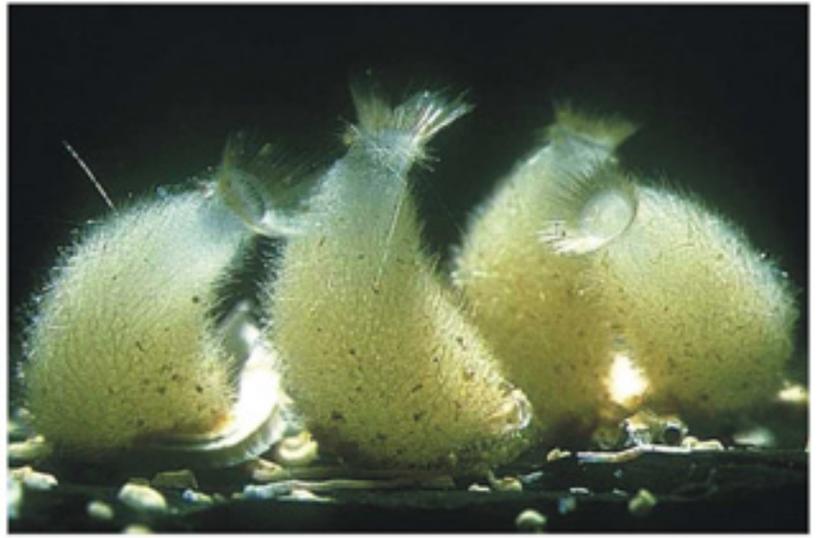
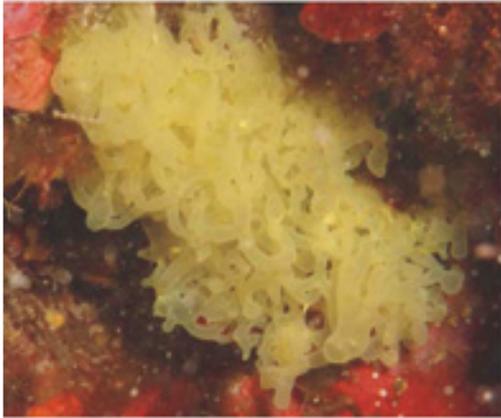
l'interaction entre les éponges et les bactéries est intéressante pour la recherche de molécules pharmaceutiques. de plus les éponges synthétisent des métabolites secondaires pour se défendre car elles sont fixes. cela leur permet de lutter pour avoir une surface d'attache et pour que d'autres ne se fixent pas sur elle.

l'ara-C et l'halichondrine B servent d'anti-leucémique et de traitement pour le cancer du sein.

les éponges sont les seuls à manipuler de la silice amorphe (verre)

la silice est un activateur de la formation d'os et de dents.

des expériences de précipitation de silice de cillies avec des protéines d'éponges ont été effectuées





***Amphimedon queenslandica***

fossile datant de -550 millions d'années au niveau de la faune d'ediacara, mais on a aussi retrouver des fossiles datant de 2,1 milliards d'années.

les spongiaires n'avaient pas de parties solide donc on en retrouvais que la forme general de l'organisme dans le sédiment.

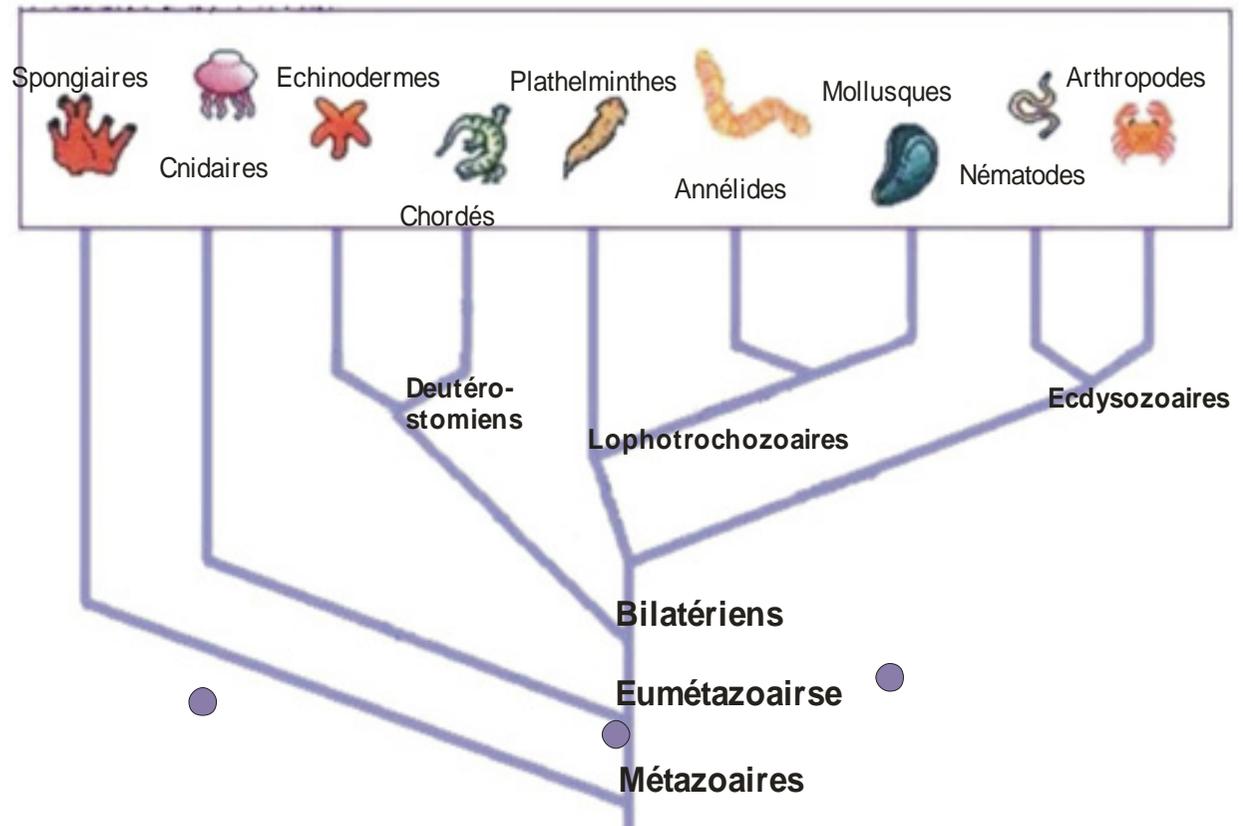
les spongiaire ou porifera sont des organismes fixés, aquatique et pouvant etre encroutant.

il peuvent vivre en eau douce tout comme en eau salée.(98% sont marins)

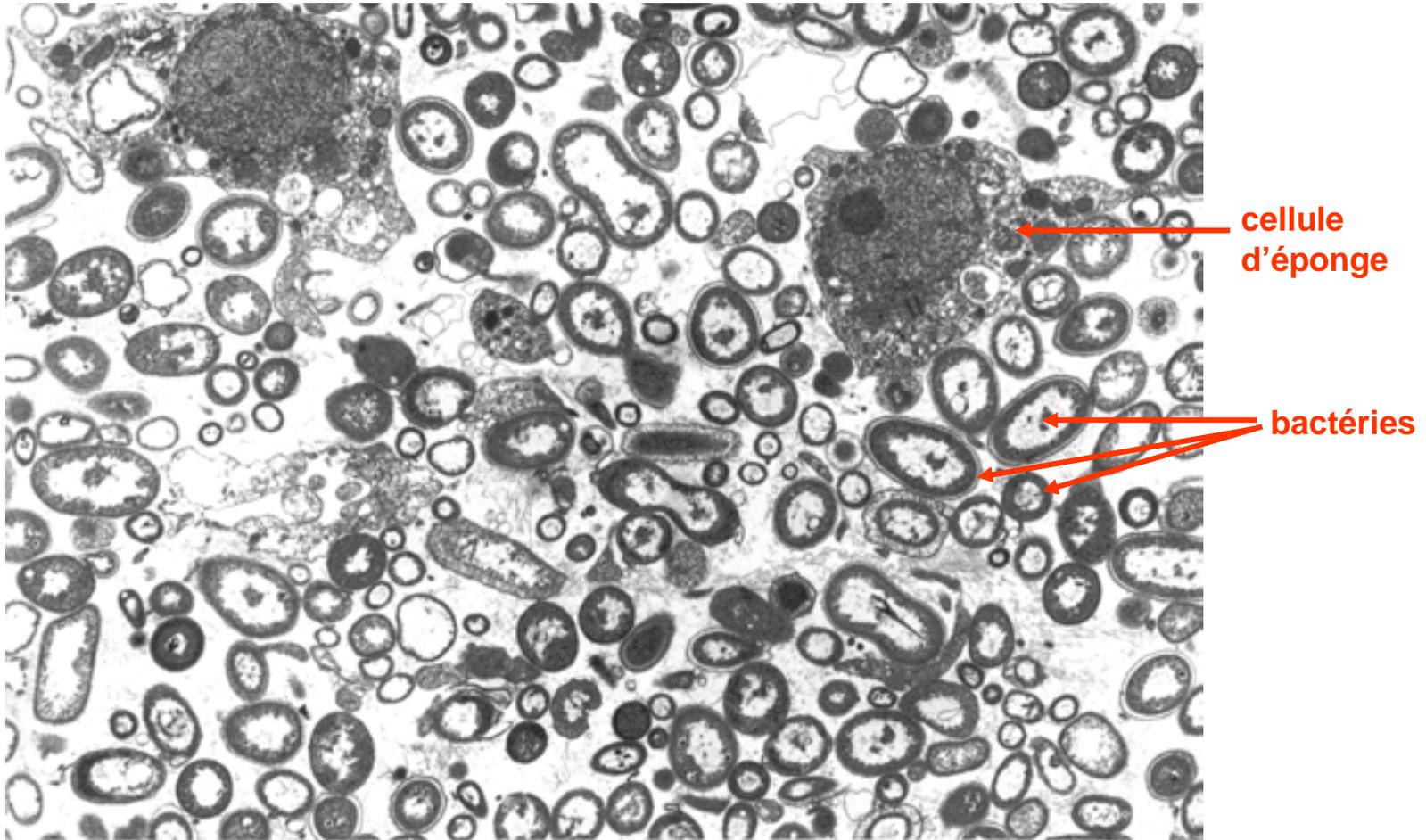
se sont des organismes benthiques, on en retrouve à toute les profondeurs et a toutes les temperatures.

il en existe 10 000 espèces qui sont presente dans tout les ecosystemes.

les eponges

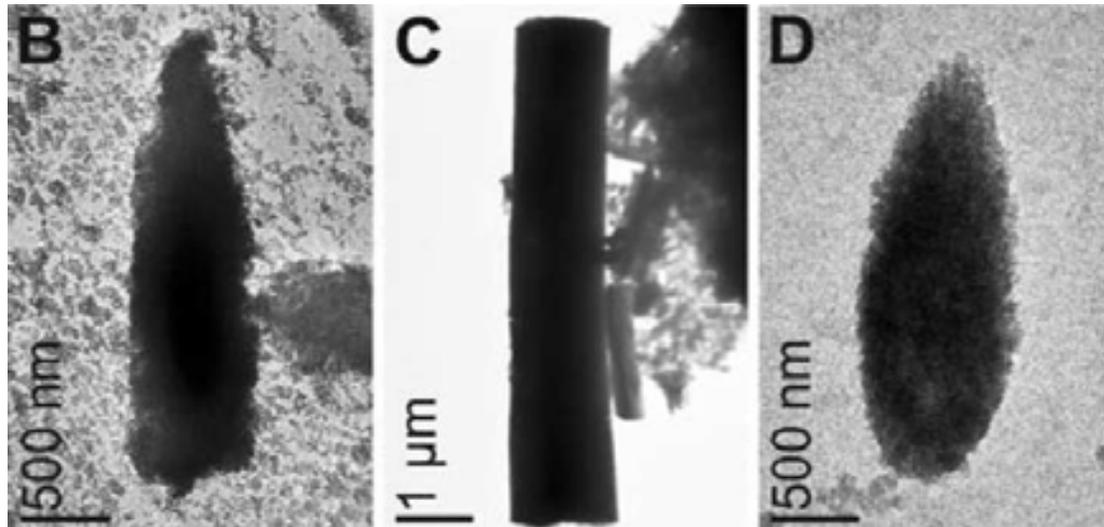


**Fig. 1 : Arbre simplifié des métazoaires.** Relations phylogénétiques entre les embranchements majeurs d'animaux d'après les phylogénies moléculaires récentes.

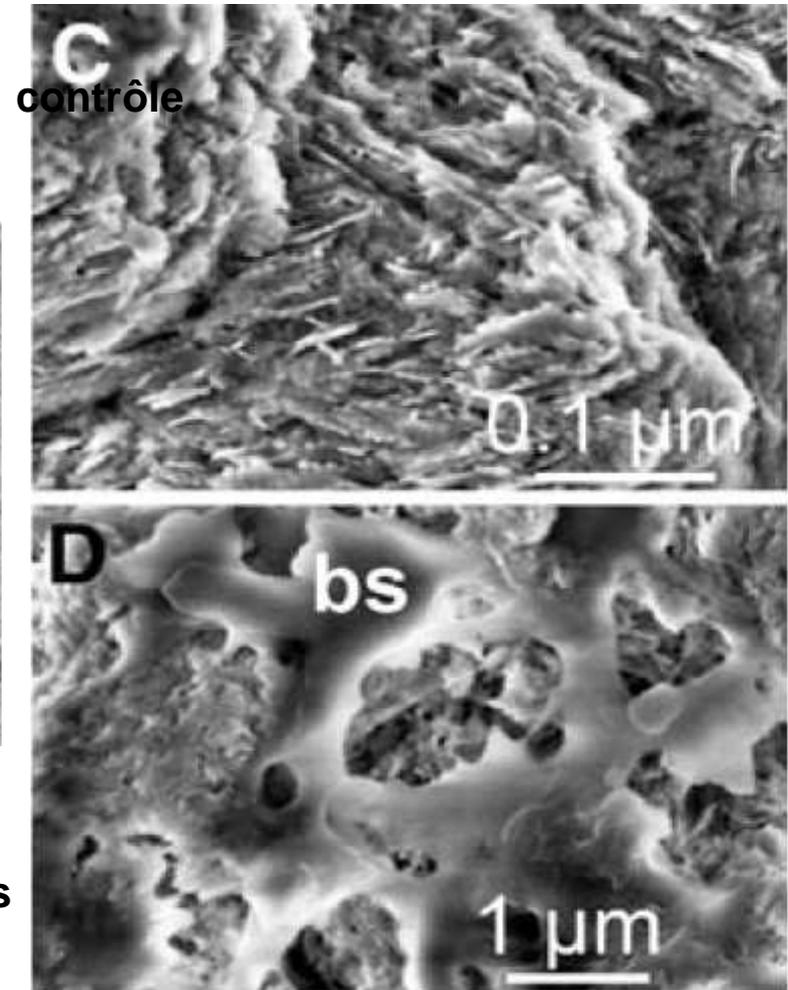


**Abondance de bactéries symbiotiques dans les tissus d'une éponge du genre *Aplysina*.**

De Vos et al. 1991. Atlas of sponge morphology. Smithsonian Institution Press, Washington & London.



**Structures obtenues in vitro en incubant de la silice en solution, avec deux protéines recombinantes d'éponges (dont l'enzyme silicatéine)**



**Production in vitro d'un film de silice à la surface d'une dent de porc, grâce à la silicatéine recombinante.**

# *Ephydatia* sp.

## Morphologie externe



Fig. 2 : Morphologie externe d'*Ephydatia fluviatilis*.  
Barre d'échelle : 1 cm.



*Ephydatia fluviatilis* est une demosponge, vit dans les lacs et les rivières à court lent.

elle peut vivre en symbiose avec des algues (xanthelles) et possède des spicules et un système aquifère.

L'eau rentre par les ostioles et sort par l'oscule.

Les choanocytes battent continuellement et le mouvement de l'eau est le résultat de l'intégration de ces battements. *Ephydatia* filtre l'eau en circulation.

En 3 secondes une éponge filtre son volume en eau. Une éponge de la taille d'un poing filtre 9 m<sup>3</sup> par jour.

Les spicules ont un rôle de structure et de défense. Les pinacodermes sont des cellules aplaties qui recouvrent l'extérieur et l'intérieur de l'éponge. Le mésenchyme remplit le volume de l'éponge et contient de nombreuses cellules différentes.

Il y a des cellules souches (archéocytes) et des collencytes sécrétant la substance remplissant le mésenchyme et des améboocytes qui distribuent les nutriments dans l'organisme.

Les spicules sont reliés par de la spongine (sorte de collagène)

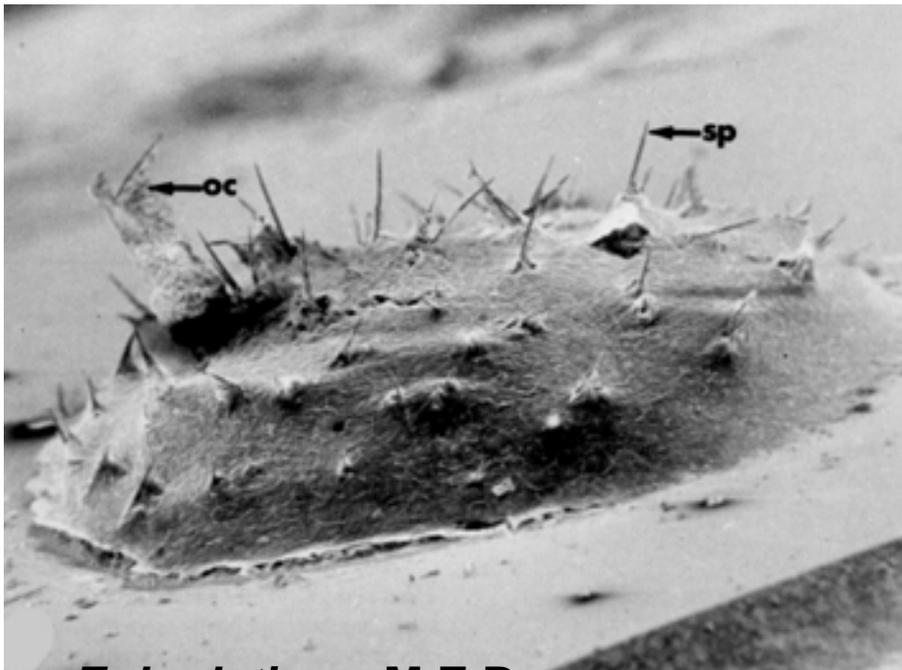
Les choanocytes ont un choane (colonne de microvillosité) au centre il y a un flagelle. Les microvillosités sont reliées et forment un maillage. Ce maillage étant des villosités sur les particules, bactéries et autres et les amène dans une chambre de digestion.

Les particules prises sont de petites tailles, de l'ordre du micron. Les éponges sont microphages suspensivores.

Il n'y a pas d'appareil respiratoire, ni excréteur, ni nerf, ni muscle.

apres digestion les amebocyte vont alimenter les autres.

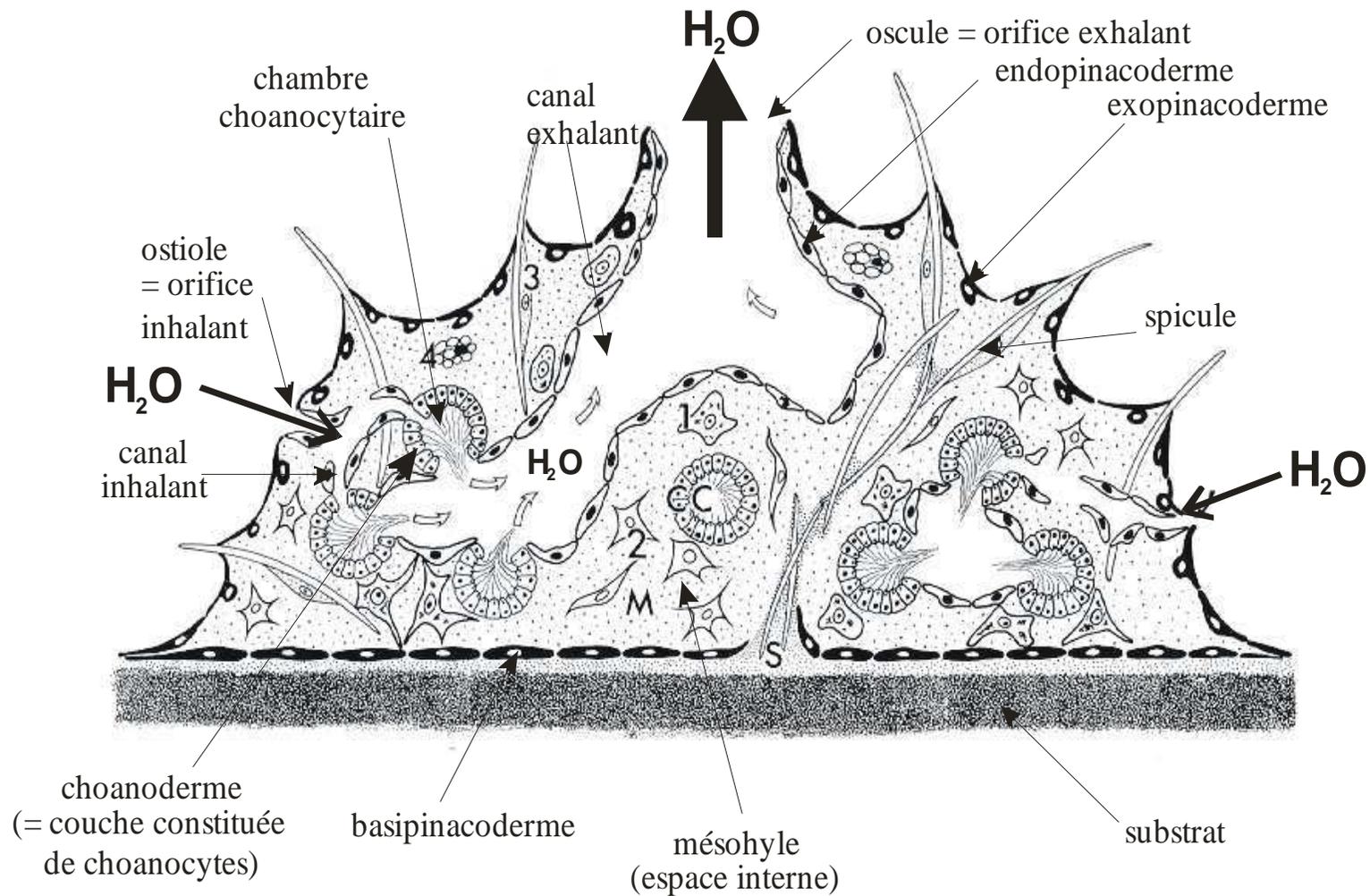
***Ephydatia* sp.**



**Jeune *Ephydatia* au M.E.B.**

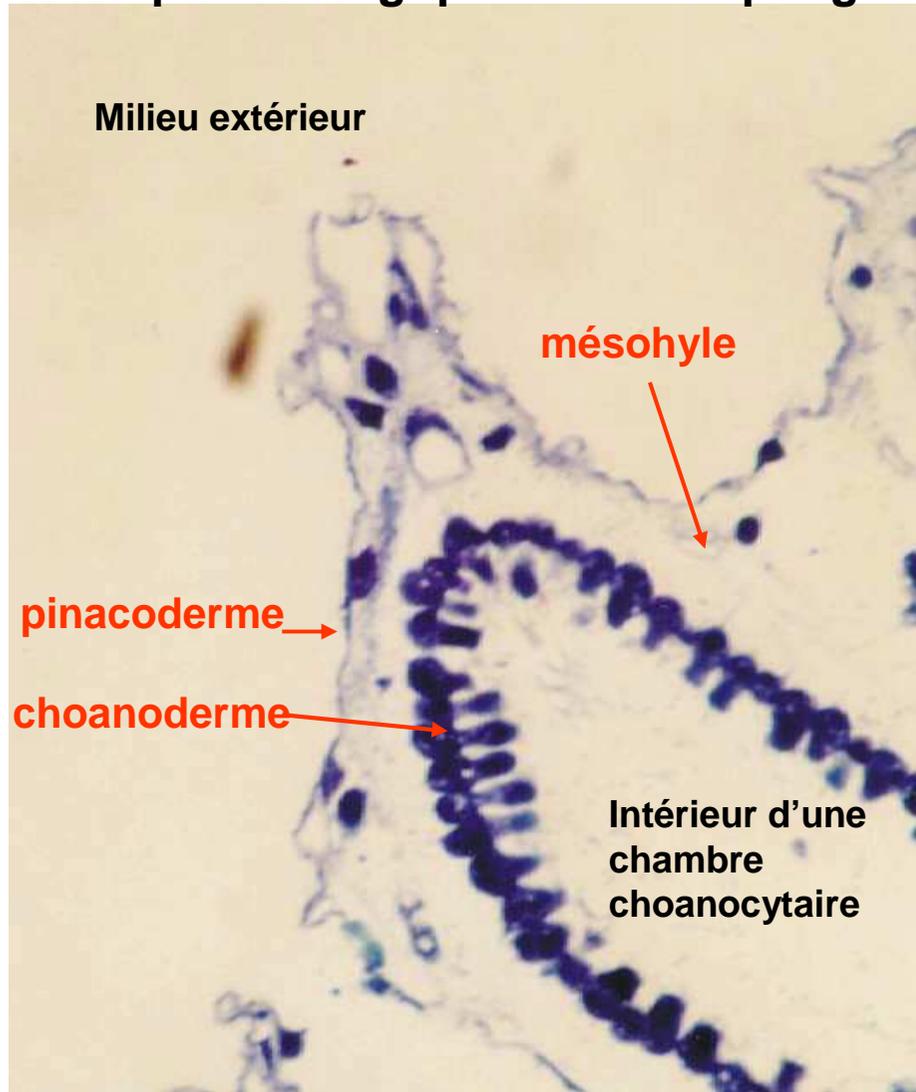


**Spécimen coupé**

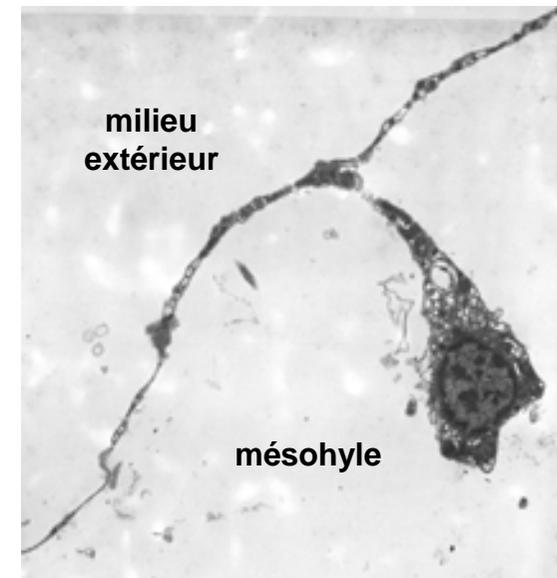
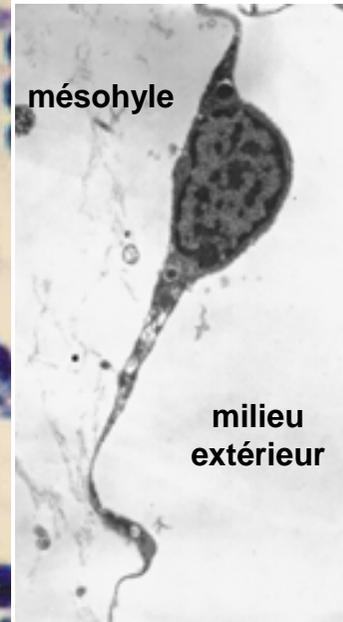


**Fig. 3 : Anatomie d'une jeune éponge du genre *Ephydatia*** Les flèches épaisses et évidées indiquent le sens du courant d'eau dans le système aquifère. Parmi les cellules du mésohyle, on trouve des sclérocytes (sécrètent les spicules), des amœbocytes (transmettent la nourriture depuis les choanocytes aux autres cellules), et phagocytes (cellules âgées et déchets métaboliques), des collencytes (sécrètent la matrice collagénique, notamment la spongine), et d'autres types cellulaires (en particulier, cellules souches ou archaeocytes, et cellules germinales femelles). D'après Manuel et al. (2003).

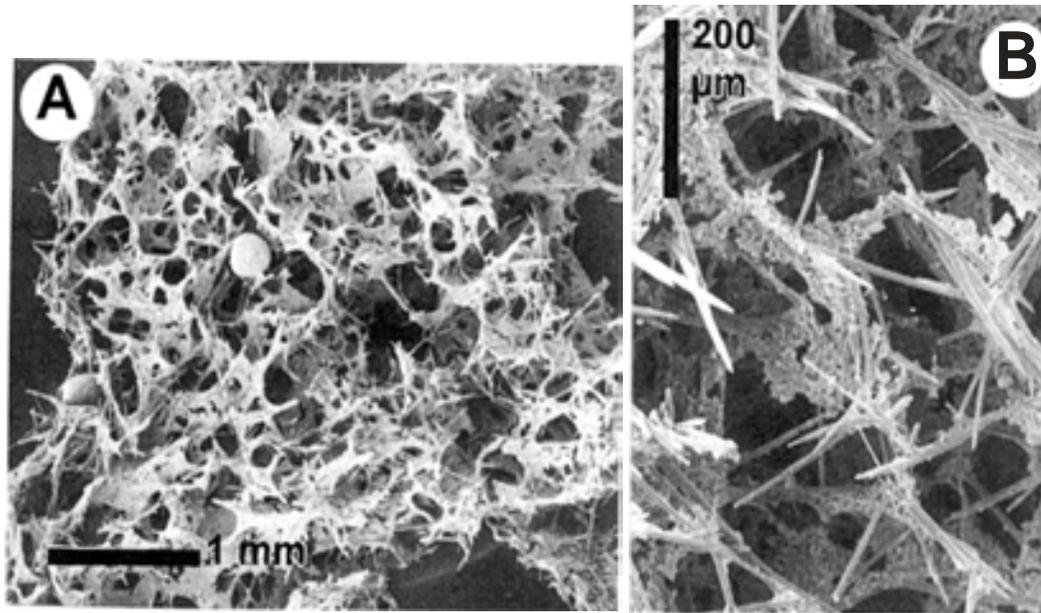
## Coupe histologique dans un spongiaire



## Aspect des pinacocytes en microscopie électronique



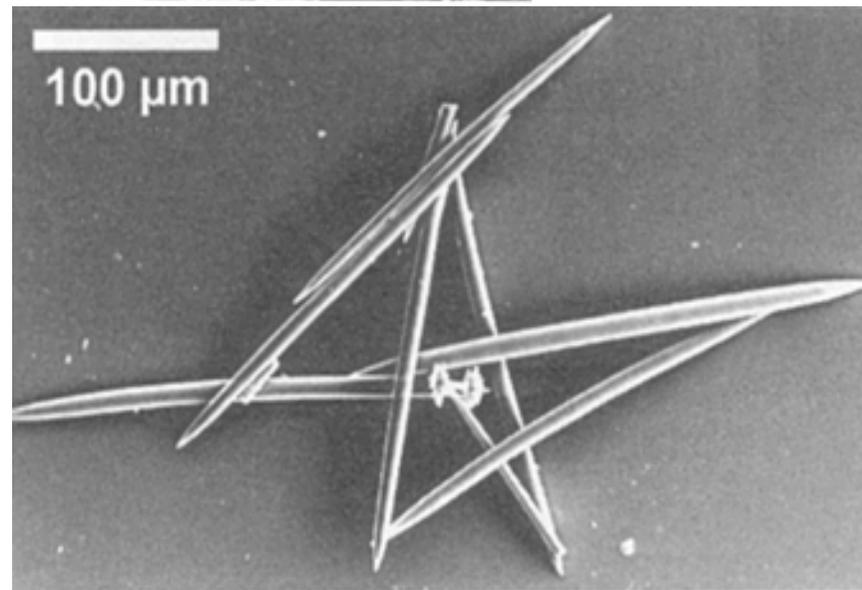
(images portant sur *Sycon raphanus*)



**Fig. 4 : Le squelette de l'éponge *Ephydatia*, vu à deux grossissements différents.**

Sur l'image A, on distingue la structure en réseau du squelette. Sur l'image B, le squelette apparaît constitué de baguettes siliceuses (spicules) englobées dans une matrice protéique (fibres de spongine).

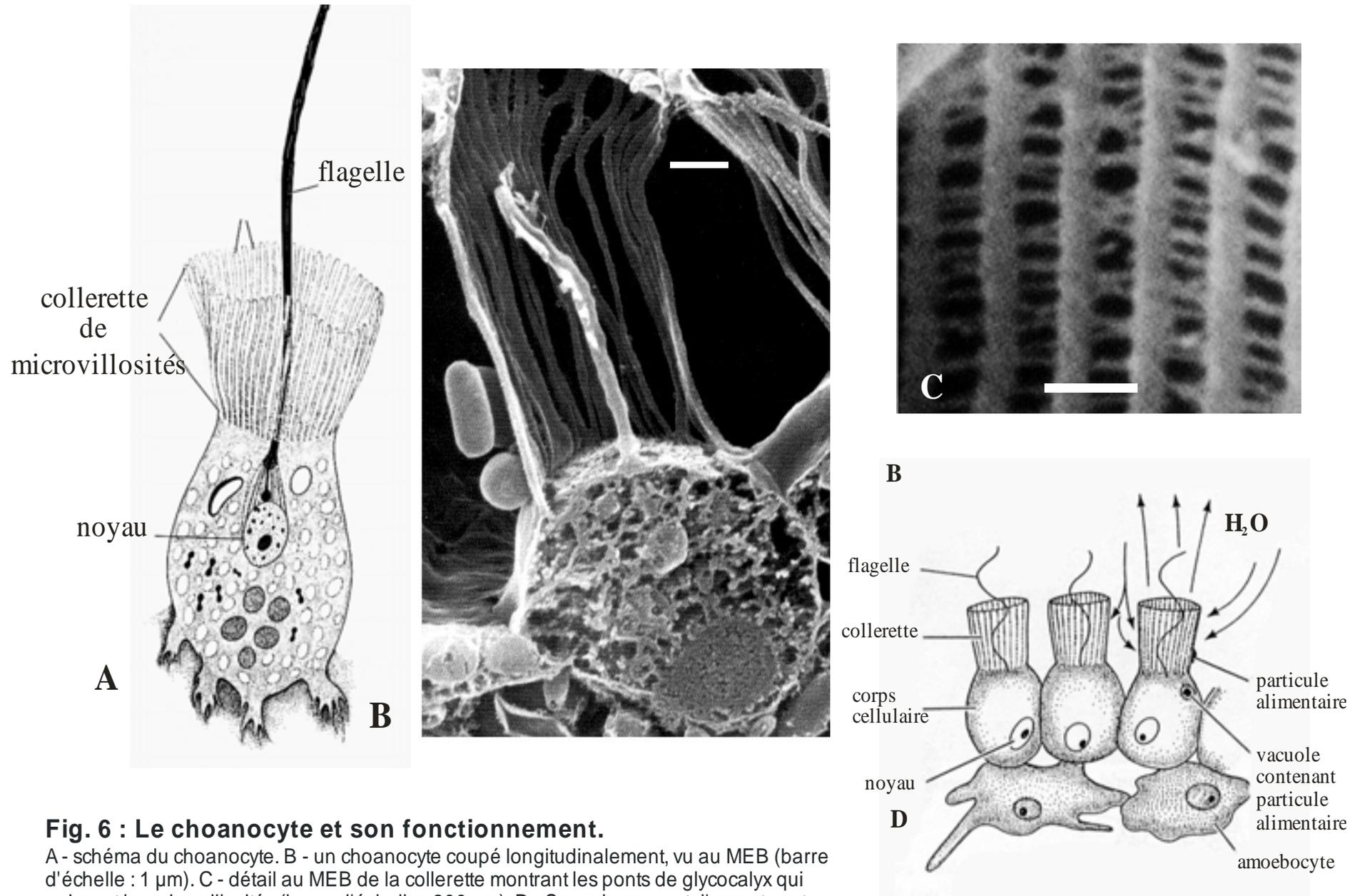
Images prises au microscope électronique à balayage.  
D'après Hooper & Van Soest (2002).



**Fig. 5 : Spicules isolés d'*Ephydatia*.**

Microscope électronique à balayage (MEB).

D'après Hooper & Van Soest (2002)



**Fig. 6 : Le choanocyte et son fonctionnement.**

A - schéma du choanocyte. B - un choanocyte coupé longitudinalement, vu au MEB (barre d'échelle : 1  $\mu$ m). C - détail au MEB de la collerette montrant les ponts de glycoalkal qui unissent les microvillosités (barre d'échelle : 200 nm). D - Sens du courant d'eau et capture des particules alimentaires. A et D d'après Brusca & Brusca (2003) ; B et C d'après De Vos et al. (1991).

Les éponges sont classées comme des animaux grâce à leur mode de reproduction.

elles ont des gamètes à flagelle opistoconte, un noyau, un acrosome et une hélice de mitochondrie autour du flagelle à sa base



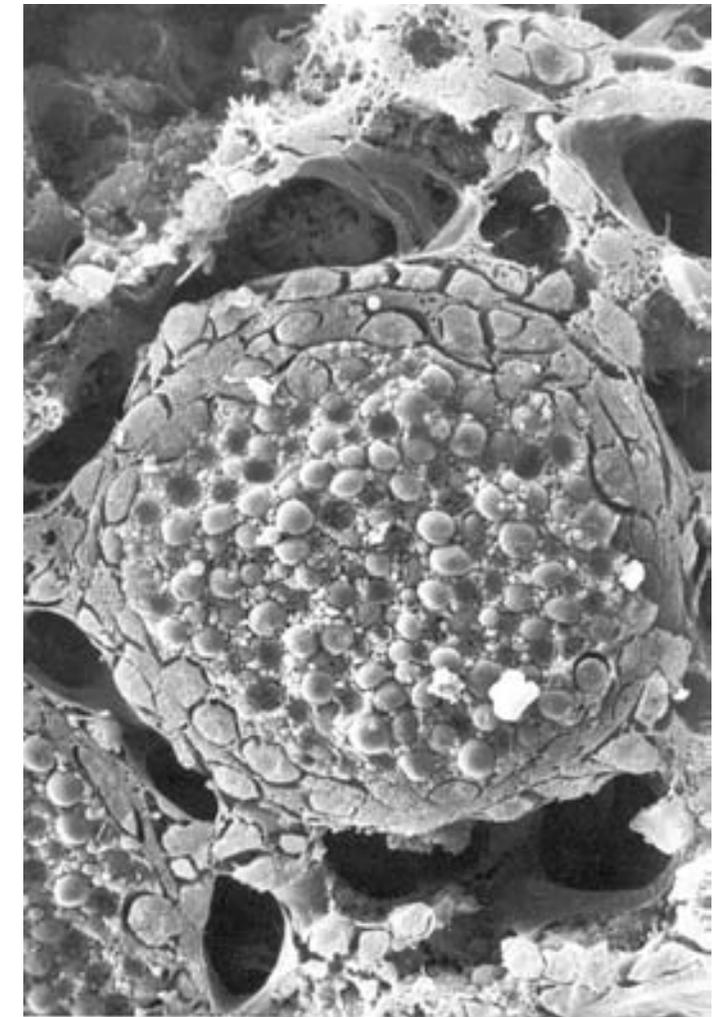
chambre  
choanocytaire

cyste  
spermatique

### Spermatozoïdes chez *Callyspongia vaginalis*

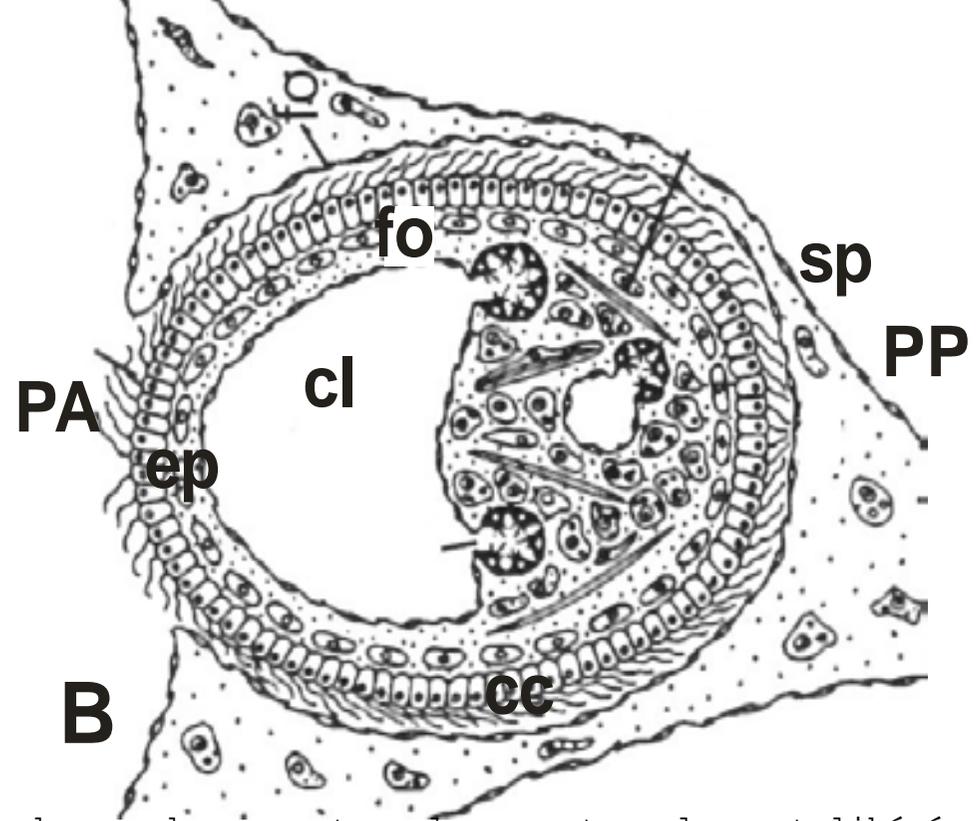
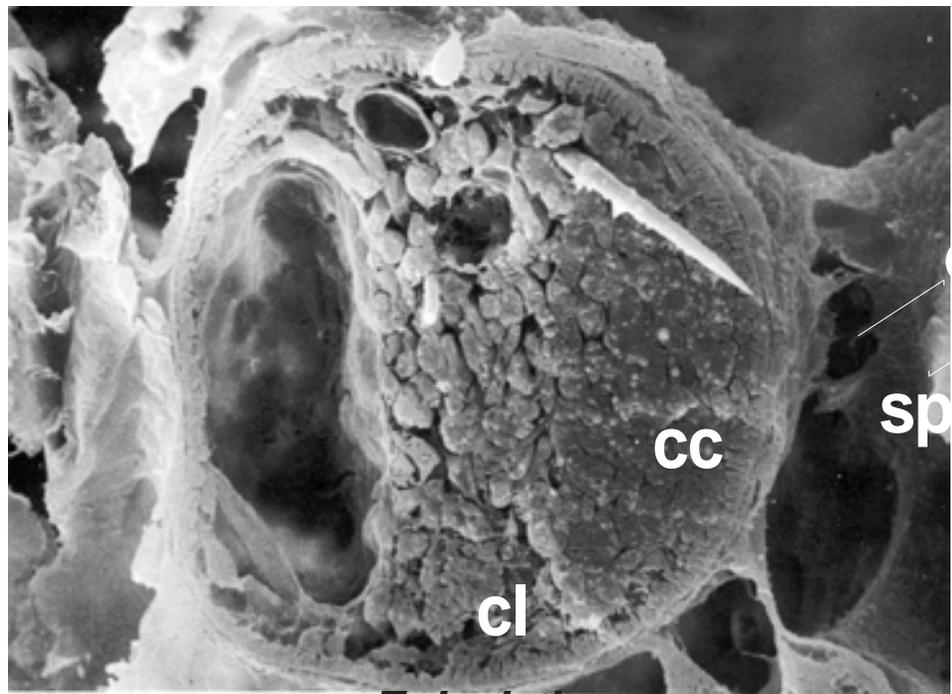
De Vos et al. 1991. Atlas of sponge morphology. Smithsonian Institution Press, Washington & London.

la plupart des éponges sont hermaphrodites mais il existe des éponges avec des sexes séparés. Les gamètes mâles proviennent des choanocytes qui se différencient puis se différencient en spermatozoïde. Cela se forme au niveau des chambres choanocytaires.



### Ovocyte d'*Ephydatia fluviatilis*

Le cytoplasme est bourré de granules de vitellus.



**Fig. 7 : La larve d' *Ephydatia***

Vue au MEB (A) et dessin (B) de la larve encore dans le mésohyle de l'éponge mère, entourée d'un follicule (fo). cc : chambre choanocytaire, cl : cavité larvaire, ep : épithélium cilié de la larve, sp : spicule larvaire, PA : pôle antérieur, PP : pôle postérieur. A d'après De Vos et al. (1991), B d'après Ereskovsky (2010).

les archéocytes donnent des ovocytes. Les gamètes mâles sont libérés mais les gamètes femelles ne le sont pas sauf si l'éponge meurt. Le développement larvaire se fait dans l'éponge. Les ovocytes sont de grande taille et riches en vitellus. La larve *Ephydatia* a un épithélium cilié lui permettant de nager jusqu'au substrat puis une fois fixée elle le perd. Il y a deux pôles et tous les organes sont déjà présents.

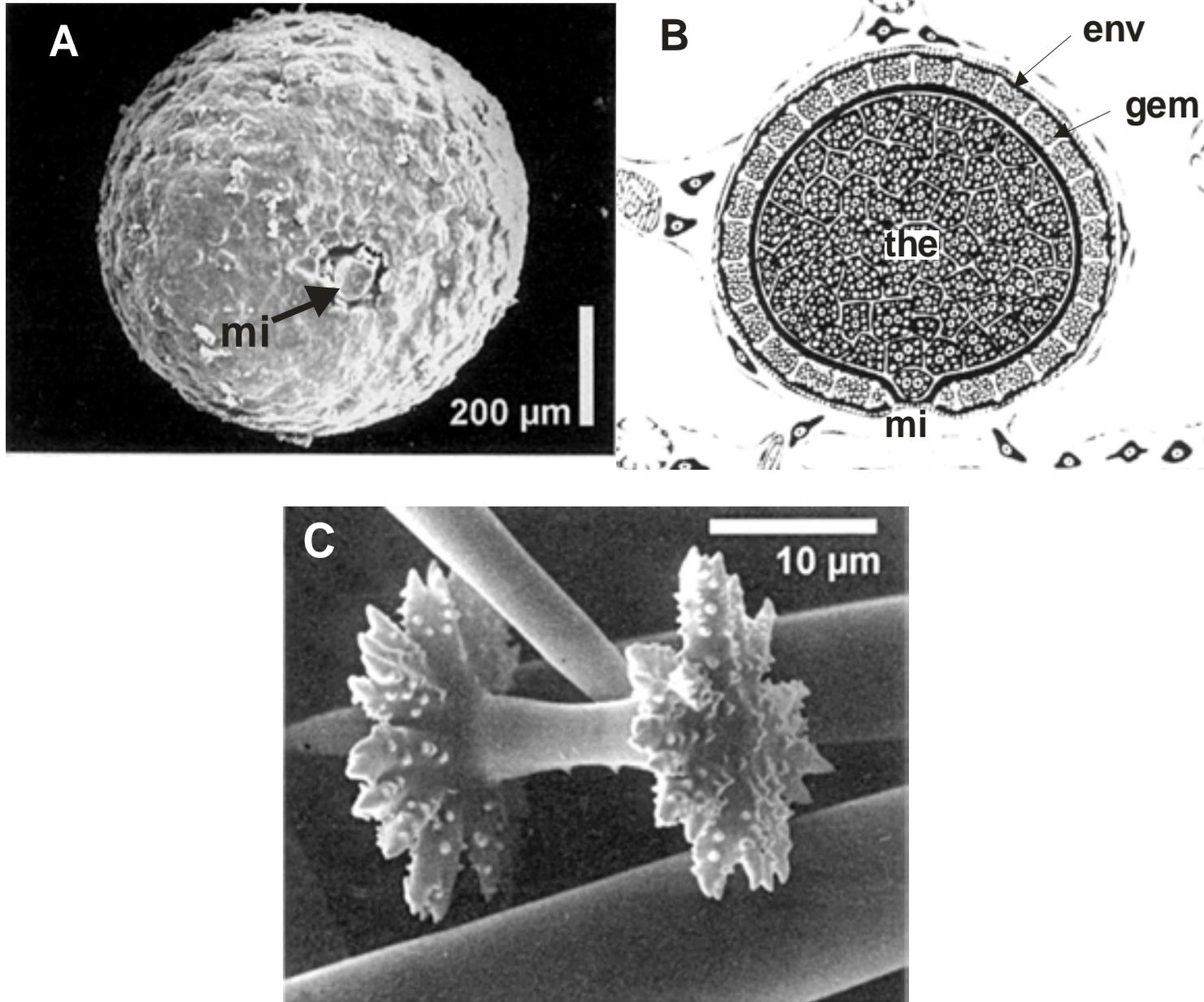
Avant la mort de l'animal, il y a formation de gemmules (multiplication végétative). L'enveloppe est présente partout sauf au micropyle. L'enveloppe a des spicules en altères. La gemmule peut résister à  $-100^{\circ}\text{C}$  et à la dessiccation. Les cellules à l'intérieur sont des archéocytes et sortent par le micropyle lors de la germination. Généralement la formation de gemmule n'entraîne pas la mort de l'espèce. Les synapomorphies sont la spécialisation de revêtement épithélial, présence de choanocyte et de pinacocyte ainsi qu'un système aquifère. Il y a aussi la présence de cellules souches dans le mésohyle : les archéocytes.



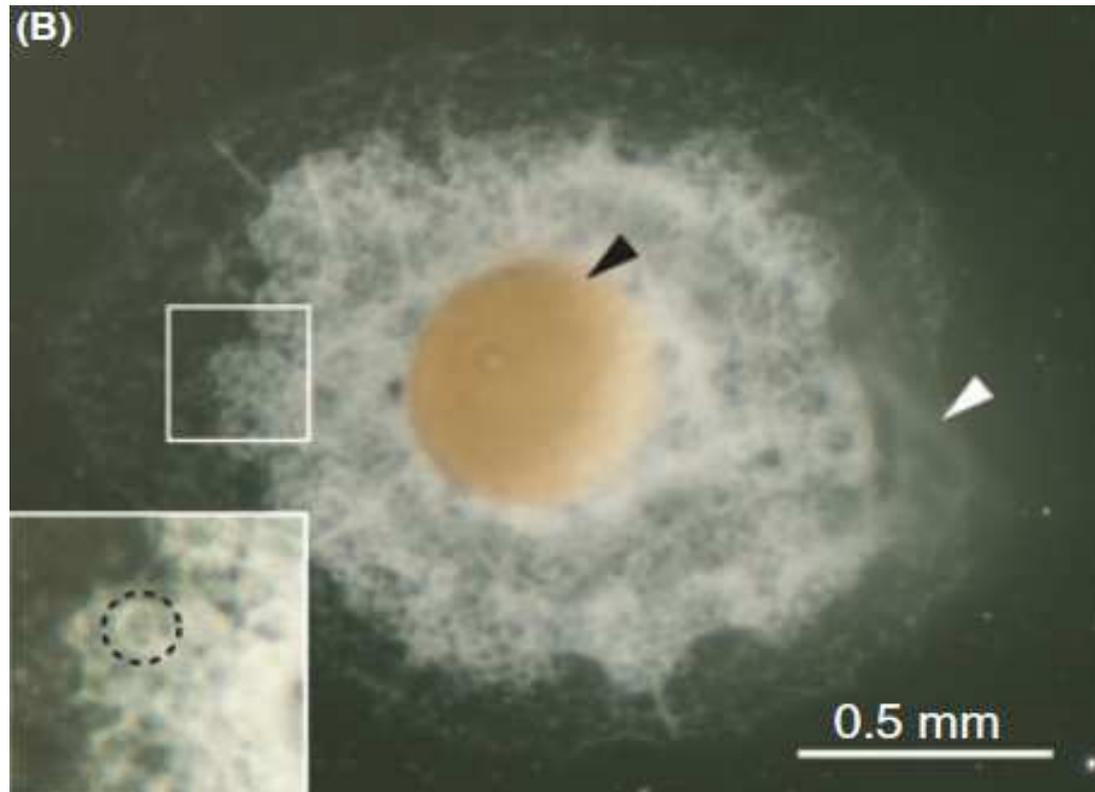
**Spécimen adulte d'*Ephydatia*, sur une pierre, avec gemmules visibles par transparence**



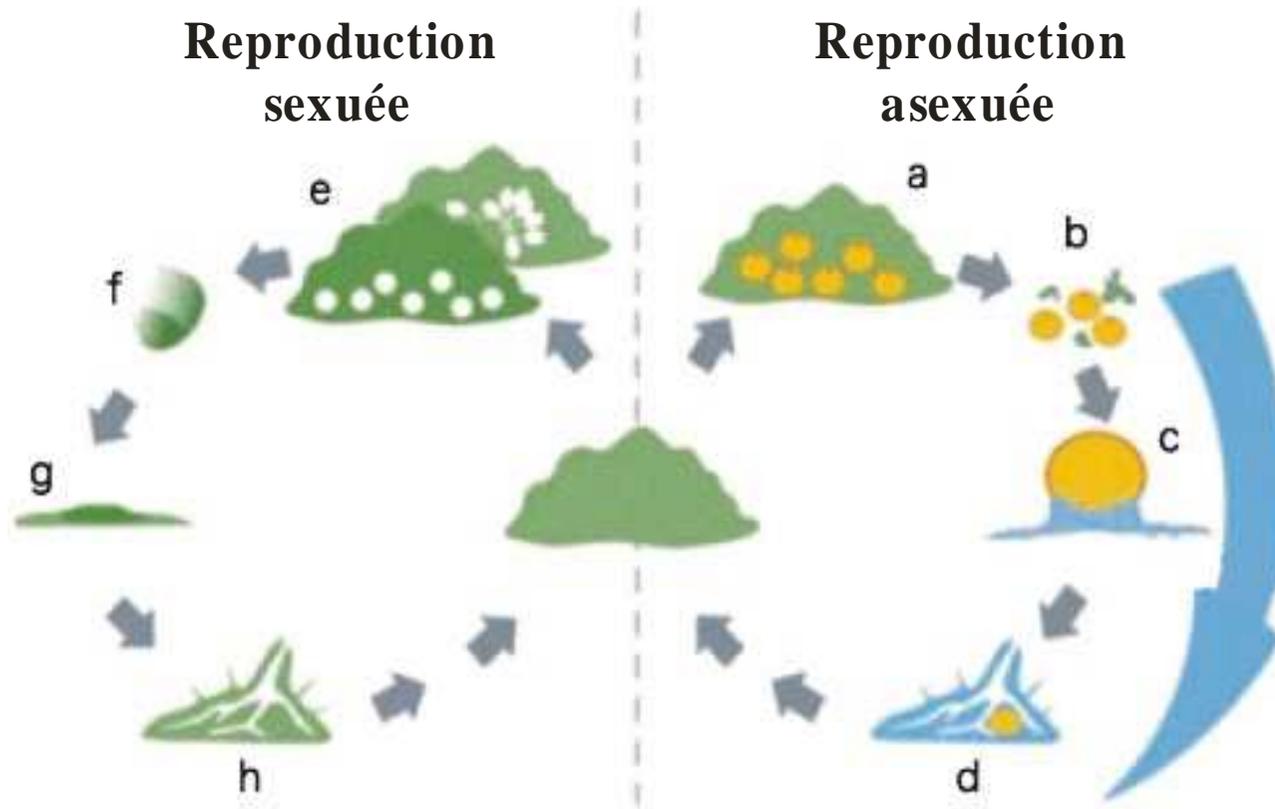
**Gemmules dans ce qui reste d'une éponge-mère morte**



**Fig. 8 : La gemmule d'*Ephydatia*.** A : gemmule vue au MEB. B : organisation d'une gemmule (env : enveloppe, gem : gemmosclère, mi : micropyle, the : thésocytes. C : photo d'un gemmosclère d'*Ephydatia fluviatilis* au MEB. A et C d'après Hooper & Van Soest (2002), B d'après Ereskovsky (2010).



**Jeune éponge juste après la gemmulation**



**Fig. 9 : Le cycle de vie d'*Ephydatia*.**

a: formation des gemmules, b: libération des gemmules, c: germination; d: jeune éponge issue de la reproduction asexuée, e: éponge adulte en reproduction sexuée (points blancs = ovocytes), f: larve, g: métamorphose de la larve, h: jeune éponge issue de la reproduction sexuée.

D'après Funayama (2010).

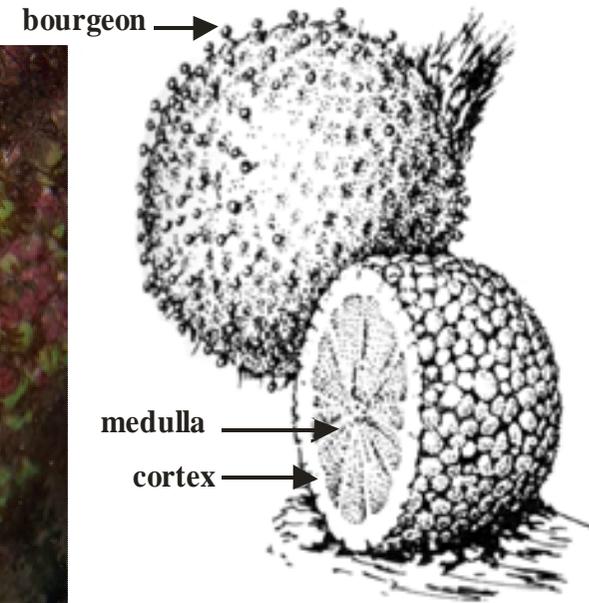
## Exemples de démosponges (*Demospongiae*)



**Eponge de toilette, *Spongia officinalis***  
(ici éponge morte, ne reste que le squelette de spongine)



***Spongia officinalis* vivante**



**Orange de mer,  
*Tethya aurantium***

## Exemples de démosponges (*Demospongiae*)



*Amphimedon queenslandica*



Eponge tonneau,  
*Xestospongia muta*



## Les démosponges carnivores

Découverte de la  
carnivorie chez les éponges

(par une équipe de Marseille, en 1995)



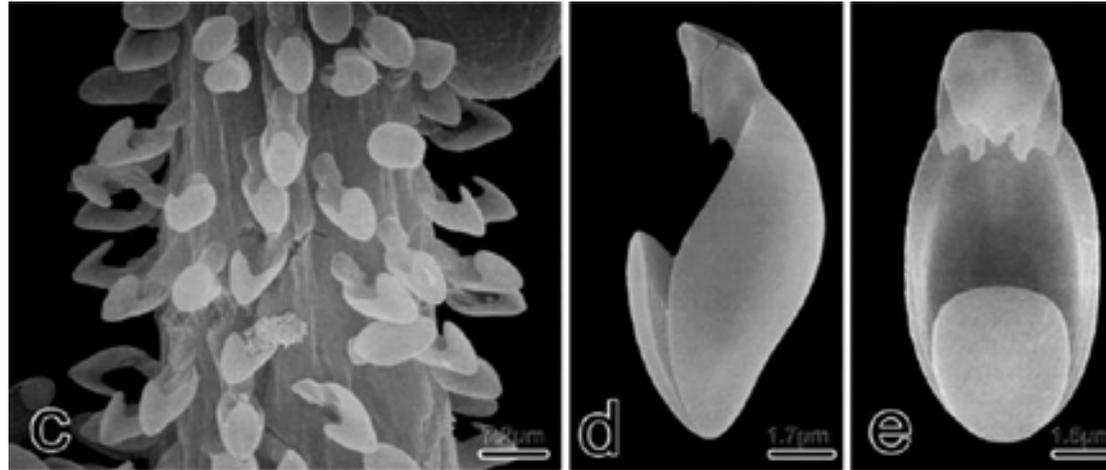
# Les démosponges carnivores

## Eponges carnivores sur une paroi de grotte



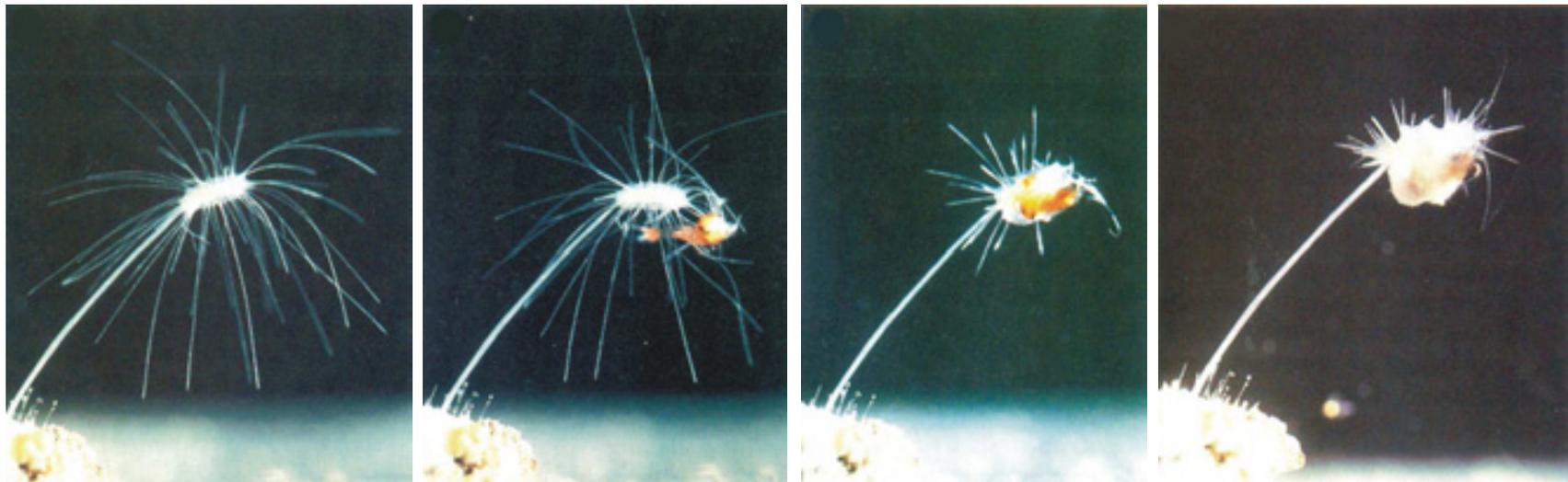
les eponges carnivore capture, entoure de ces cellules et digère la paroi. elle ont ete decouverte dans des eaux pauvre en élément nutritif en suspension.

## Les démosponges carnivores



**Morphologie des spicules qui recouvrent les filaments de l'éponge carnivore**

Vacelet & Duport 2004. Zoomorphology 123: 179-190.



**Eponge carnivore, *Asbestopluma hypogea*.** Les trois images de droite montrent trois phases successives de la capture et de l'engloutissement d'un crustacé.

Brusca & Brusca 2003. Invertebrates. Sunderland, MA.

## Exemples d'hexactinellides (*Hexactinellida*)



*Heterochone calyx*



Spicule à six axes (hexactine),  
caractéristique des hexactinellides

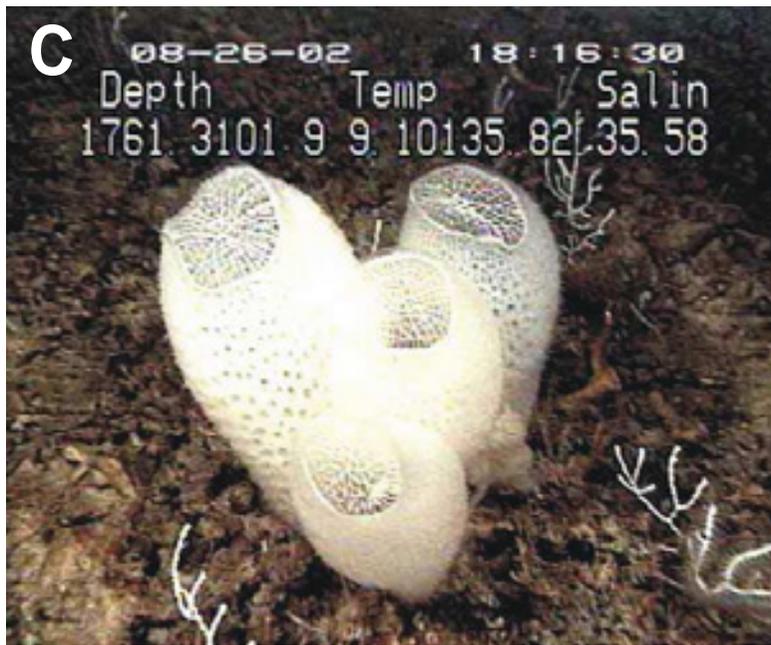
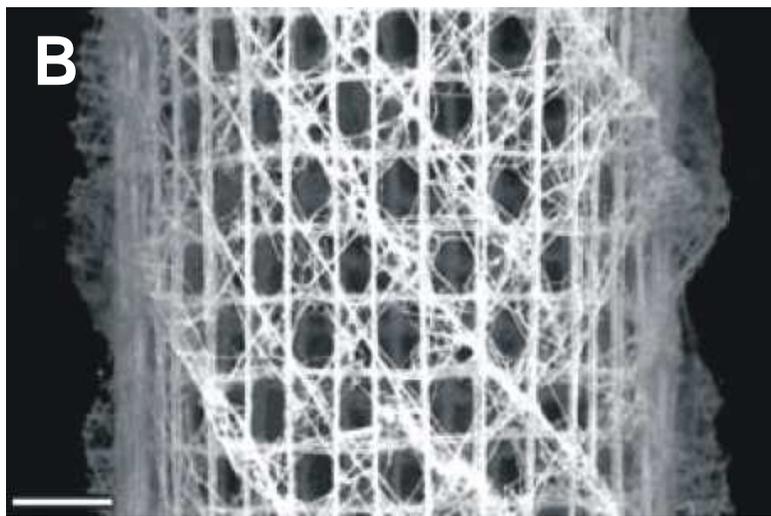
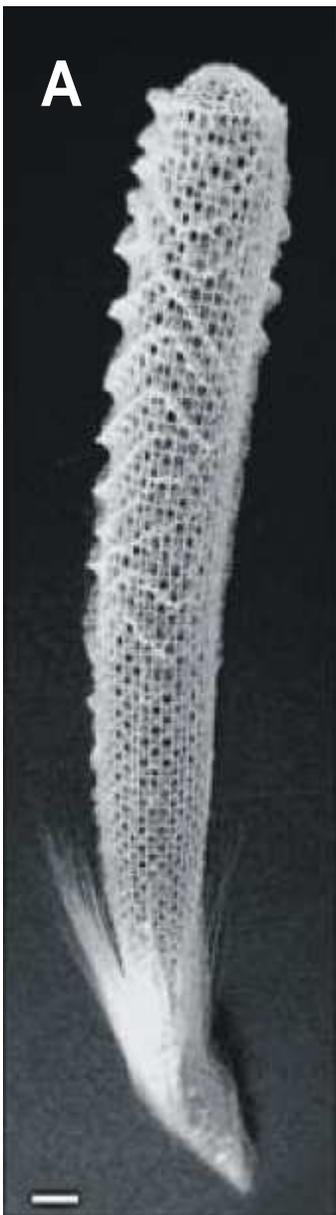


*Staurocalyptus* sp.



← spicule  
géant  
(peut  
atteindre  
3 mètres!)

*Monoraphis chuni*



**Fig. 11 : Exemple d'une hexactinellide, *Euplectella* sp.**

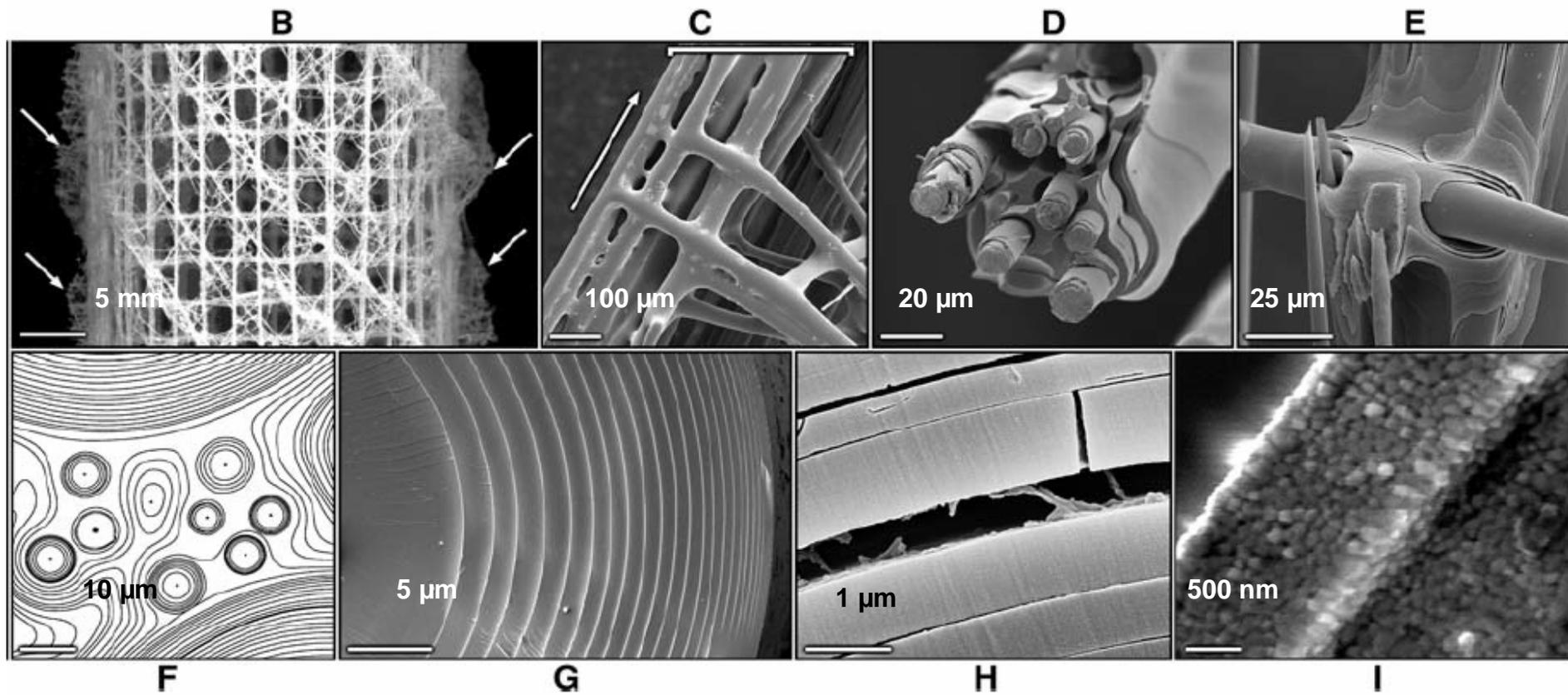
A : Squelette de l'éponge (morte) en vue générale. Noter les faisceaux de longs spicules en bâtonnets à la base, qui servent à l'ancrage dans le sédiment.  
 B : Vue de détail de la partie moyenne du squelette.  
 C : Euplectelles vivantes photographiées par 1761 mètres de fond.  
 Barres d'échelle : en A, 1 cm ; en B, 5 mm.  
 A et B d'après Aizenberg et al. (2005).



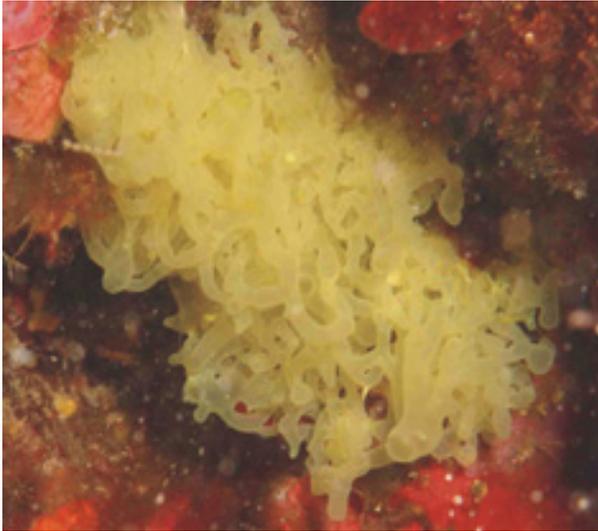
**Crevette qui vit (en couple) dans la cavité atriale de l'euplectelle**

euplectella vie avec un couple de crevette en elle. quand les crevette grossissent, elles se retrouvent prisonnières et il est de tradition de l'offrir à un mariage au japon.  
 de plus les spicules sont très fragiles seuls mais l'édifice construit est très solide.

## Complexité de l'architecture du squelette de l'euplectelle, à différentes échelles



## Exemples de calcisponges (*Calcispongia*)



*Clathrina clathrus*



*Sycon* sp.

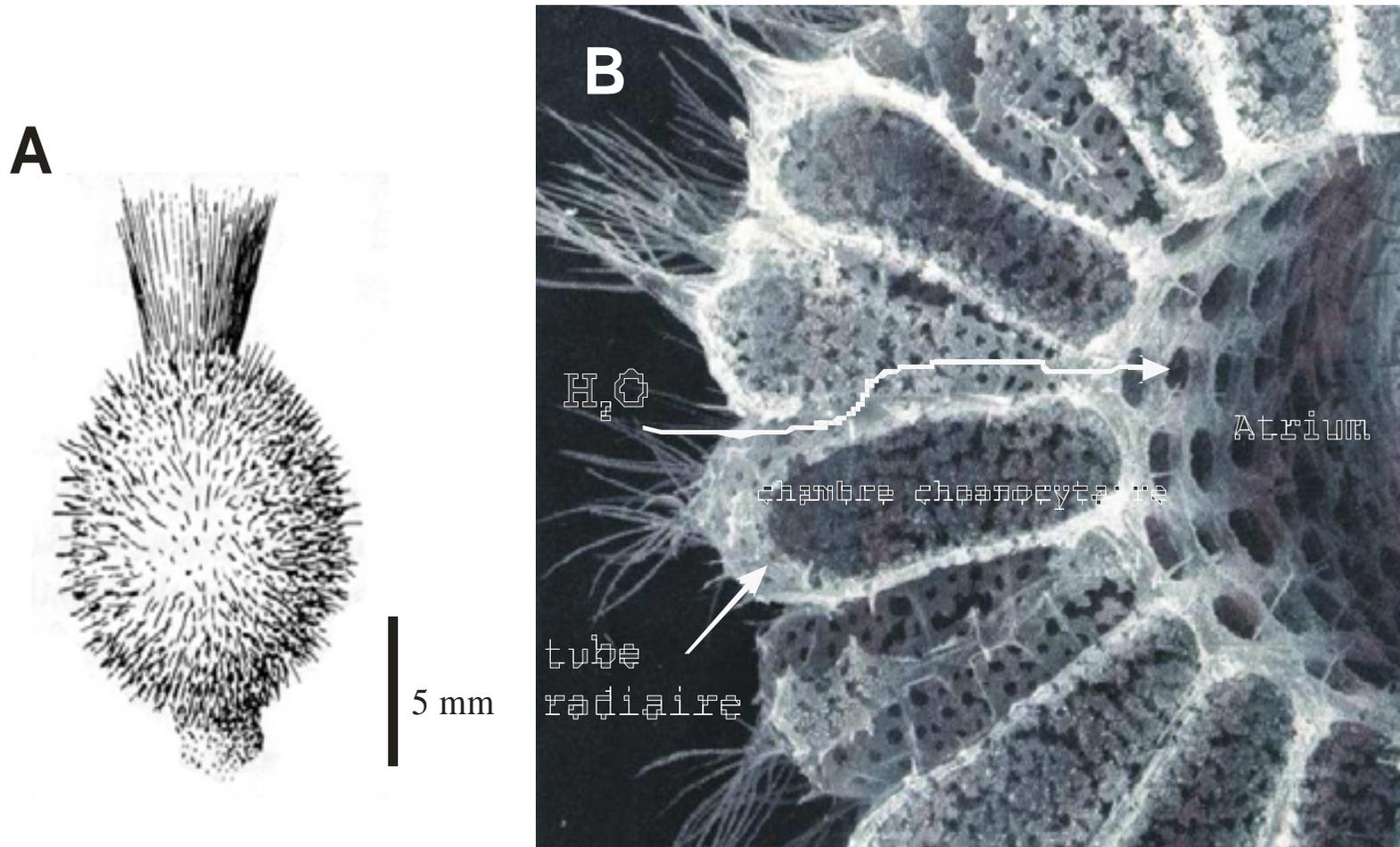


*Grantia compressa*



*Leuconia nivea*

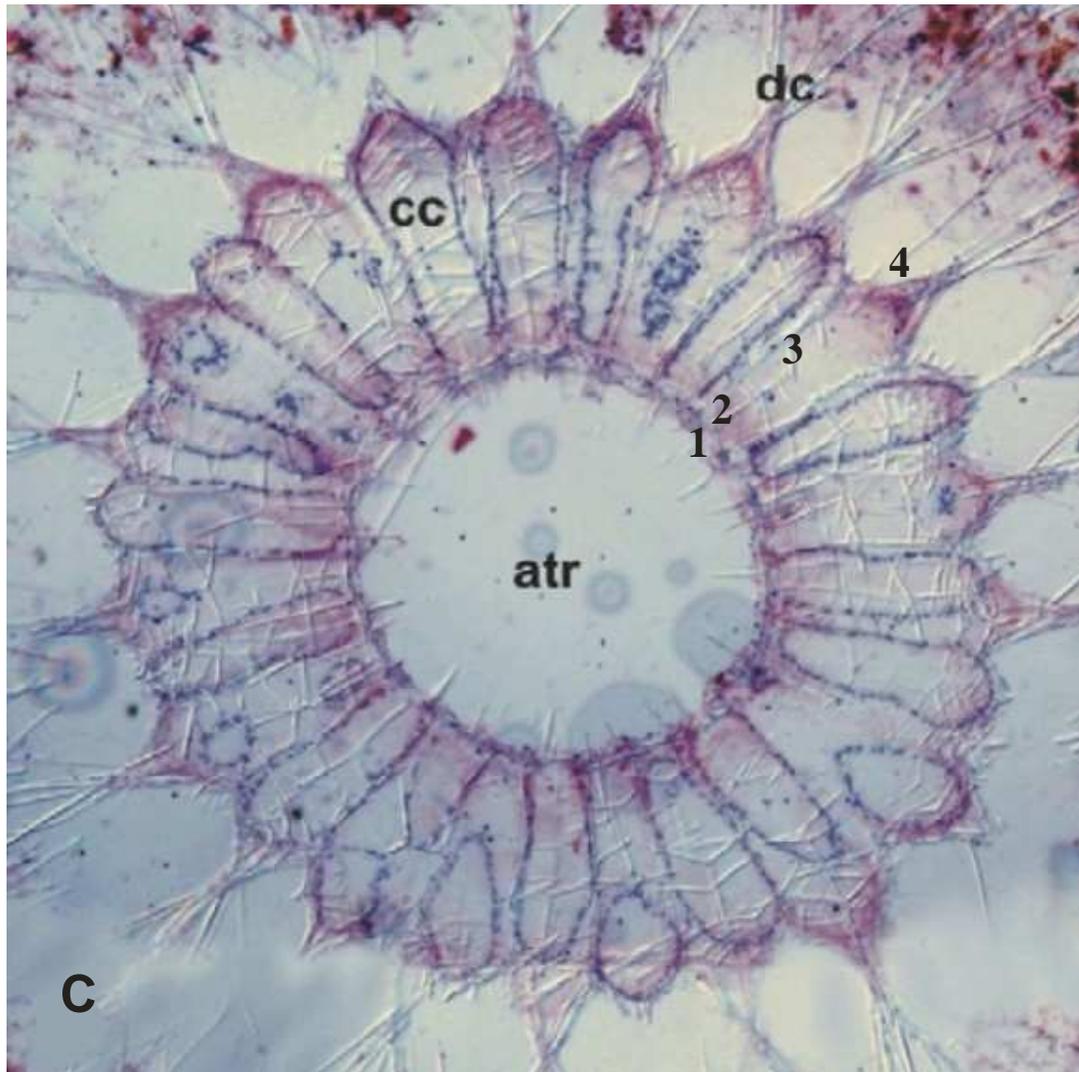
## Organisation d'une calcisponge, *Sycon* sp.



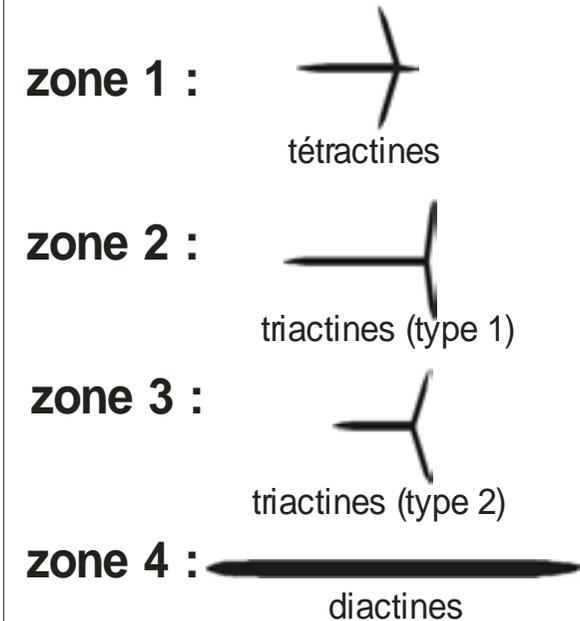
**Fig. 12 : Exemple d'une calcisponge, *Sycon* sp.**

A : Morphologie externe. Au sommet on distingue la couronne de spicules en bâtonnets (diactines) entourant l'oscule unique. B : Coupe transversale au MEB. C : Coupe transversale histologique. atr : cavité atriale, cc : chambre choanocytaire, dc : cône distal. B d'après De Vos et al. (1991), C d'après Manuel (2009).

## Organisation d'une calcisponge, *Sycon* sp.



Répartition des types  
de spicules sur la coupe  
ci-dessus :



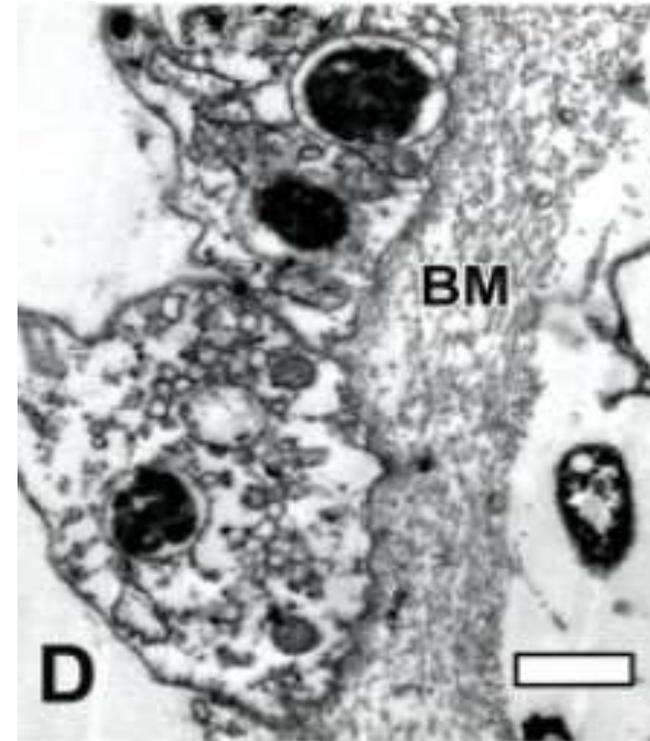
**Fig. 12 : Exemple d'une calcisponge, *Sycon* sp.**

A : Morphologie externe. Au sommet on distingue la couronne de spicules en bâtonnets (diactines) entourant l'oscul unique. B : Coupe transversale au MEB.  
C : Coupe transversale histologique. atr : cavité atriale, cc : chambre choanocytaire, dc : cône distal. B d'après De Vos et al. (1991), C d'après Manuel (2009).

## Exemple d'une homoscléromorphe (*Homoscleromorpha*)



*Oscarella* sp.



Lame basale (BM) sous le choanoderme d'*Oscarella lobularis*. M.E.T.

Ereskovsky et al. 2009. *BioEssays*, 31: 89-97.

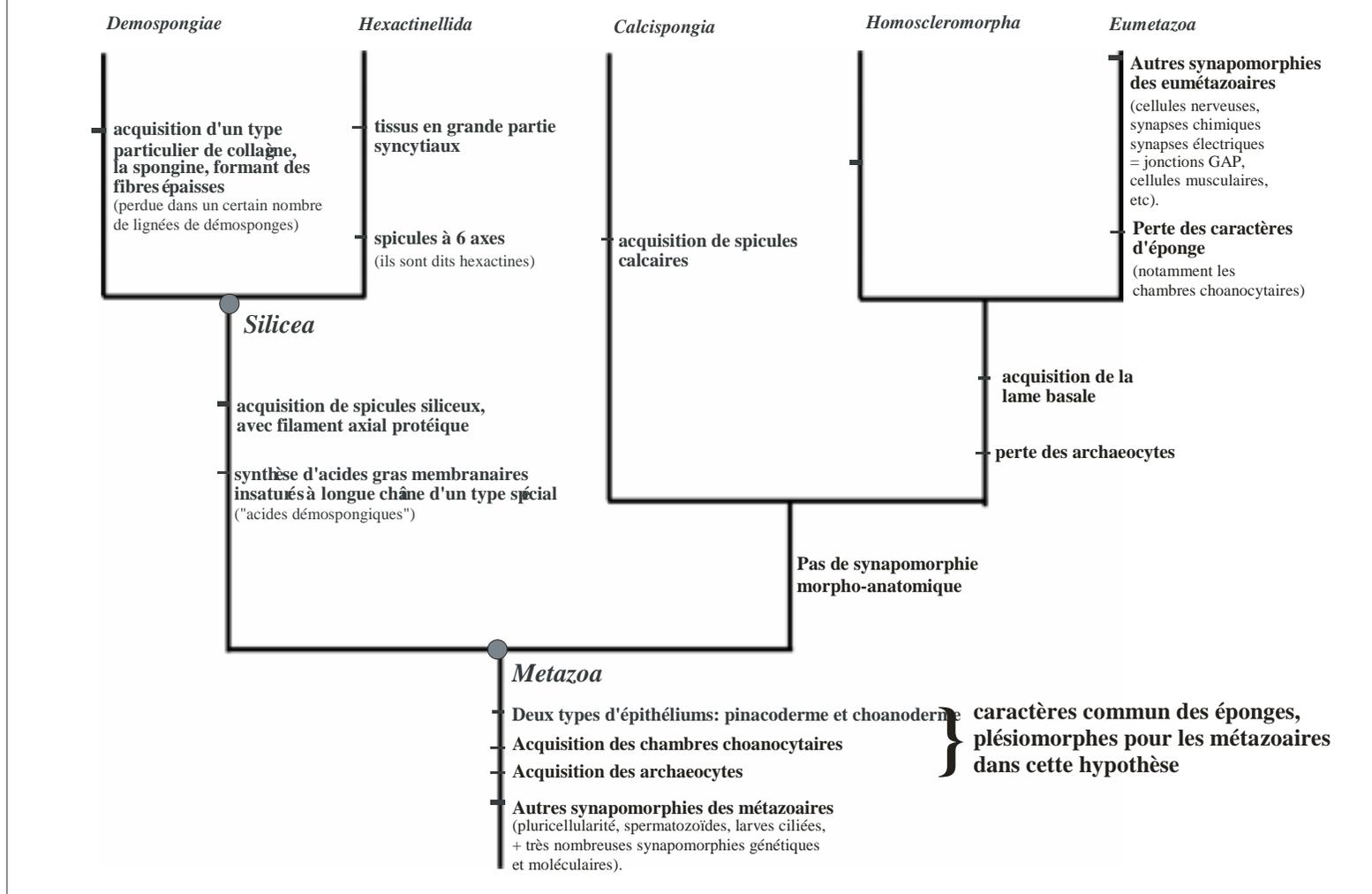


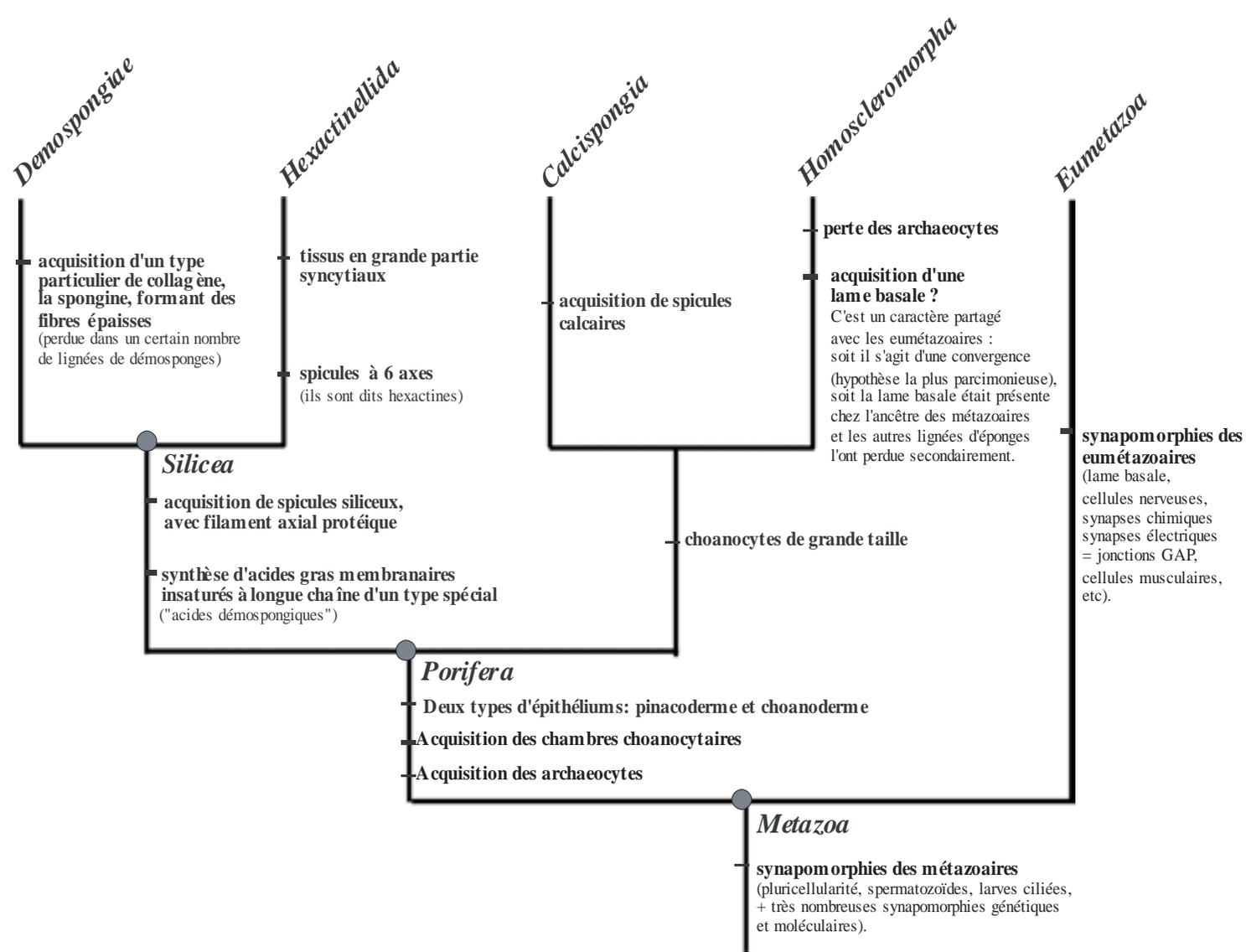
Fig. 13 : Arbre phylogénétique selon l'hypothèse de paraphylie des spongiaires.

les éponges sont réparties en 4 classes.

-les démosponges représentent 80% des éponges. elles sont hexactinélides : spicules siliceuses à 6 branches.

-les calcisponges (éponges calcaires) ont une architecture particulière. les spicules sont réparties en zones.

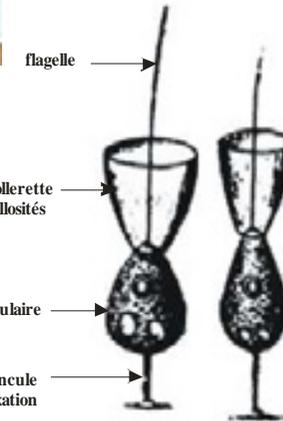
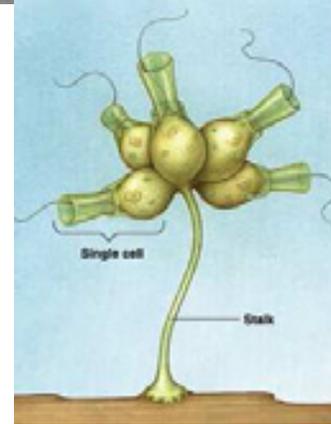
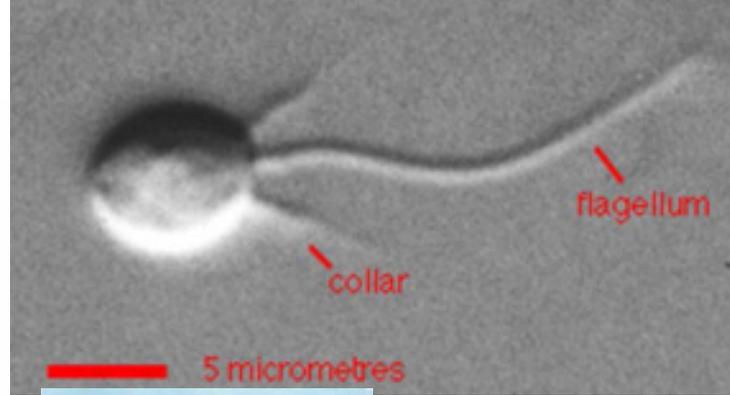
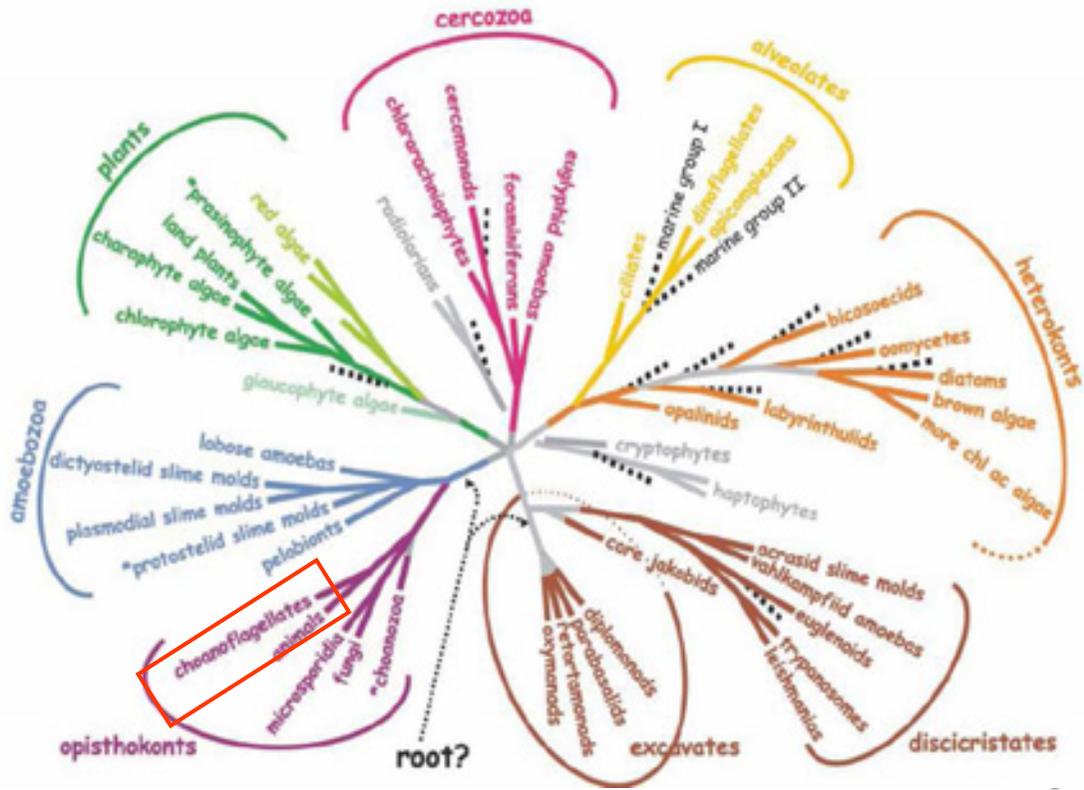
-les homoscléromorphes possèdent une lame basale et ont perdu les archéocytes. de plus leurs spicules sont siliceux et non amorphes.



**Fig. 14 : Arbre phylogénétique selon l'hypothèse de monophylie des spongiaires.**

les deux phylogénies vues sont contradictoires? seul la parenté des démosponges et des hexactinélidés est sûre.

# Les choanoflagellés



## Arbre phylogénétique des eucaryotes

Baldauf 2003. *Science*, 300: 1703-1706.

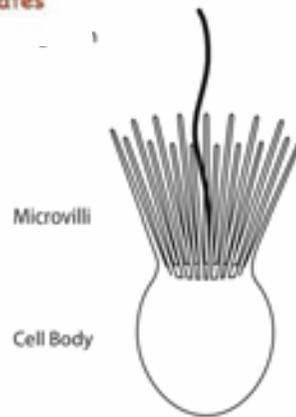
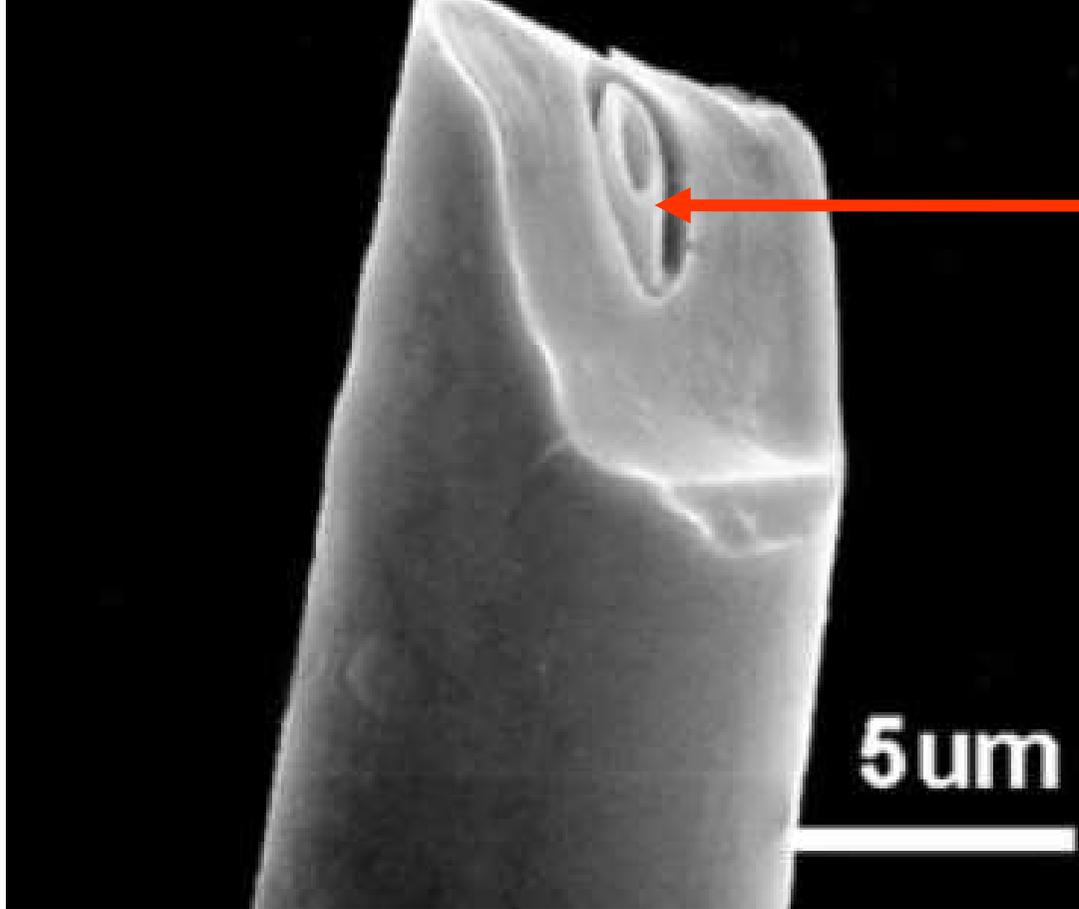


Fig. 15 : Un exemple de choanoflagellé (*Monosiga*). Le dessin représente deux cellules (donc deux individus) côte à côte.

les choanoflagellés forme un groupe frère des métazoaires.  
l'hypothèse est que les choanoflagellés ont formé des colonies puis des éponges mais elle est abandonnée.



**Filament axial  
(protéique)**

### **Spicule de démosponge cassé, vu au M.E.B.**

Uriz 2006. *Can. J. Zool.* 84: 322-356.

il n'y a pas d'homologie des spicules siliceuse et calcaire.

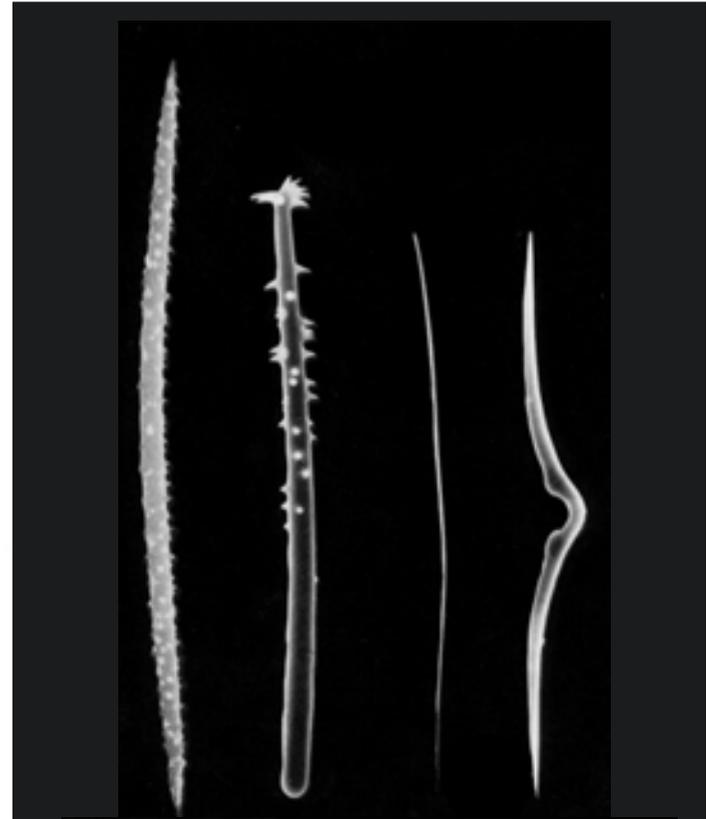
les spicules siliceuse sont fait de silice amorphe qui précipite autour d'un filament protéique

les spicules sont faite de calcaire cristallisé

de plus les spicules siliceuse sont faite en intra cellulaire alors que les spicules calcaire sont une secretion extra cellulaire



A

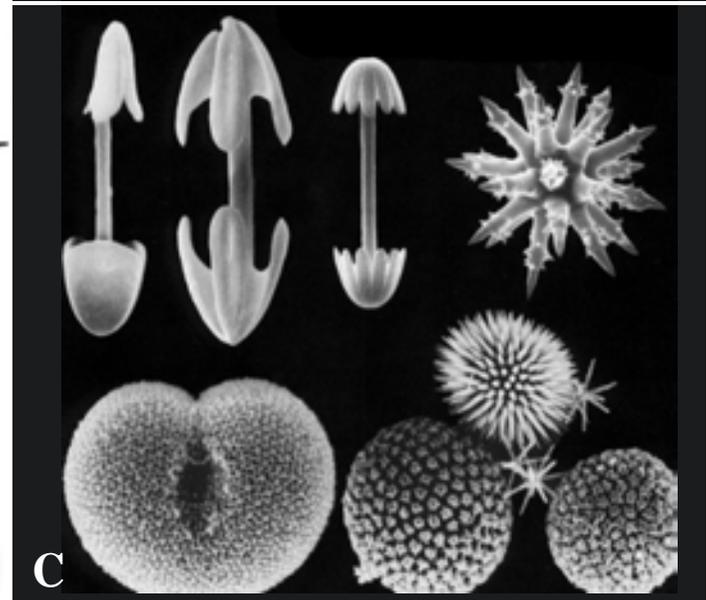


**Fig. 16 : Diversité des spicules d'éponges.**

A - spicule triactine (calcaire) d'une calcisponge entouré des cellules qui le sécrètent, B - spicule hexactine (siliceux) d'une hexactinellide, C - spicules (siliceux) de démosponges (en haut : mégasclères, c'est-à-dire grands spicules, en bas : microsclères, c'est-à-dire petits spicules ; attention les photos ne sont pas à l'échelle : en réalité les microsclères sont beaucoup plus petits que les mégasclères...). C d'après De Vos et al. (1991).

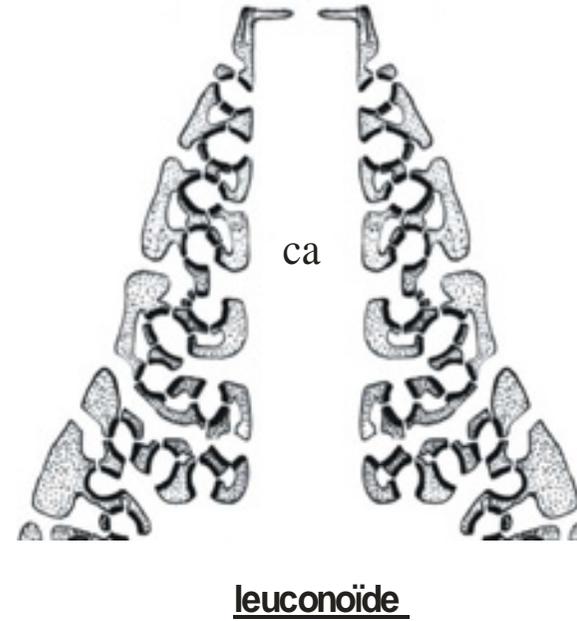
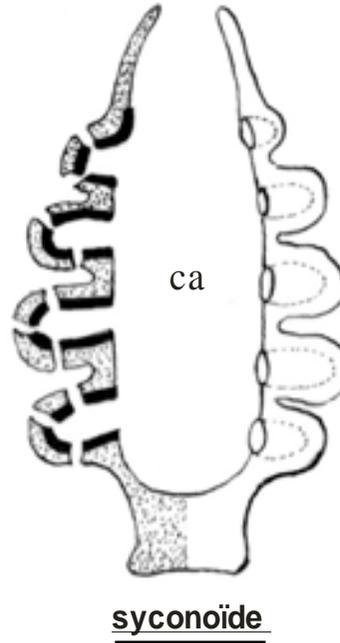
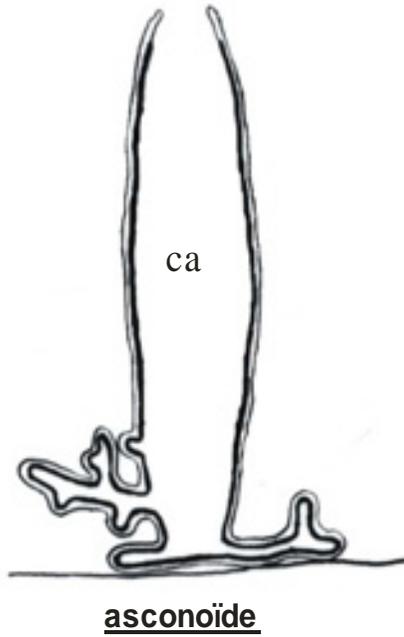
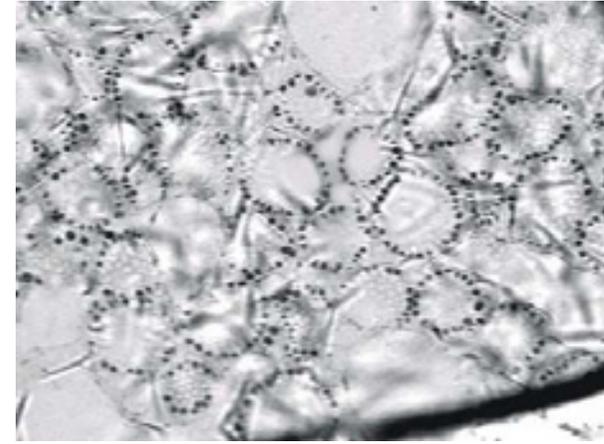
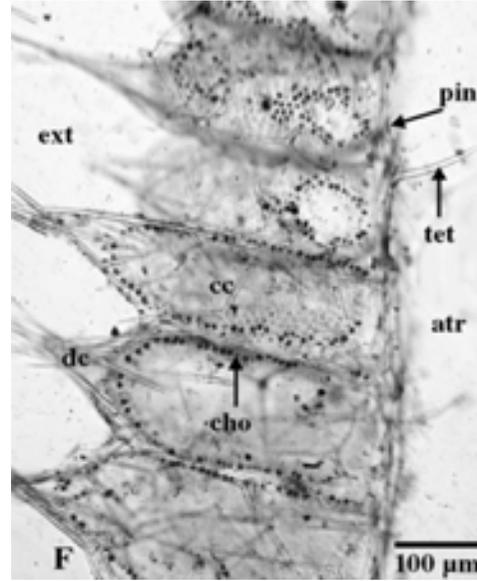
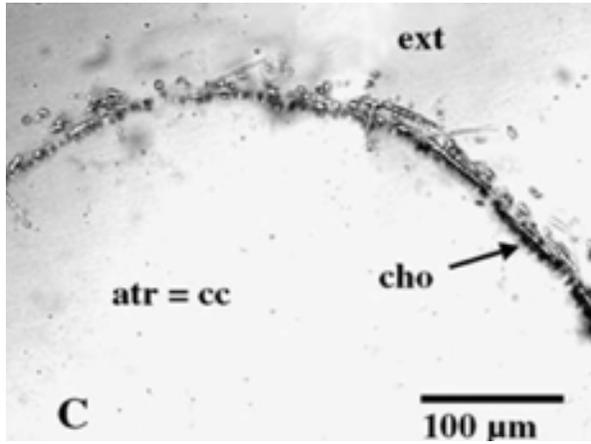


B



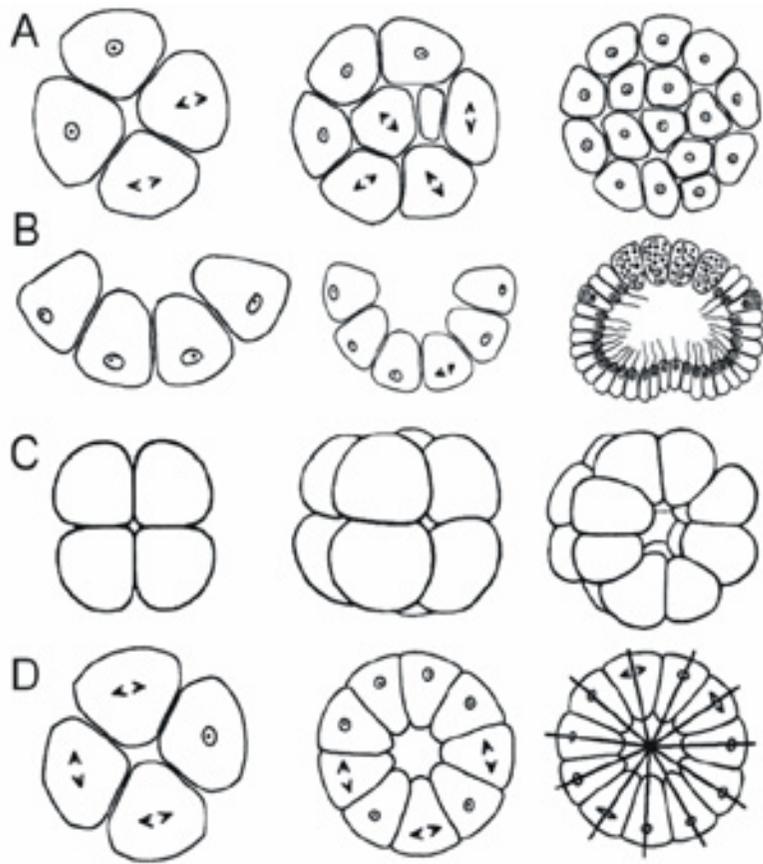
C

**Fig. 17 : Les trois principaux types d'organisation du système aquifère.**  
 Trait épais = choanoderme, Trait fin = pinacoderme. ca = cavité atriale.



Photos: Manuel 2006. *Can. J. Zool.* 84: 225-241.  
 Dessins: Charles Bocquet.

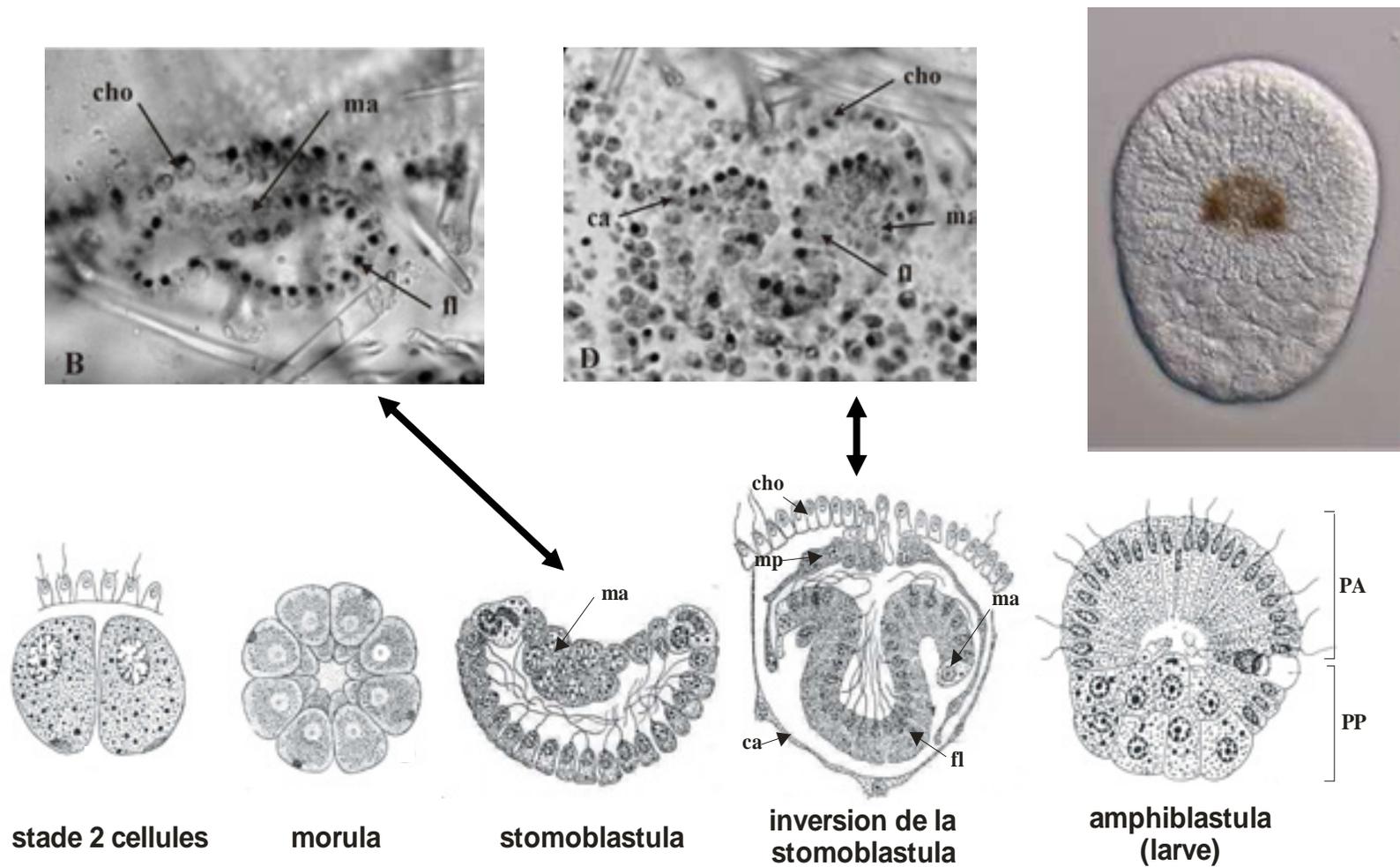
le type sycon presente une organisation en étage rayonné autour de l'atrium.



chez les éponges il n'y a pas de gastrulation et il n'y a pas de forme de développement propre de l'éponge non plus. mais il y a 4 cas différents.

**Fig. 18 : Exemples de modes différents de clivage de l'embryon décrits chez les spongiaires.**

Chaque ligne représente trois stades de développement successifs.  
 A - clivage chaotique, B - clivage en coupe, C - clivage radiaire,  
 D - clivage polyaxial. D'après Leys & Ereskovsky (2006).



**Fig. 19 : Principales étapes du développement embryonnaire de *Sycon* sp. (calcisponge).**

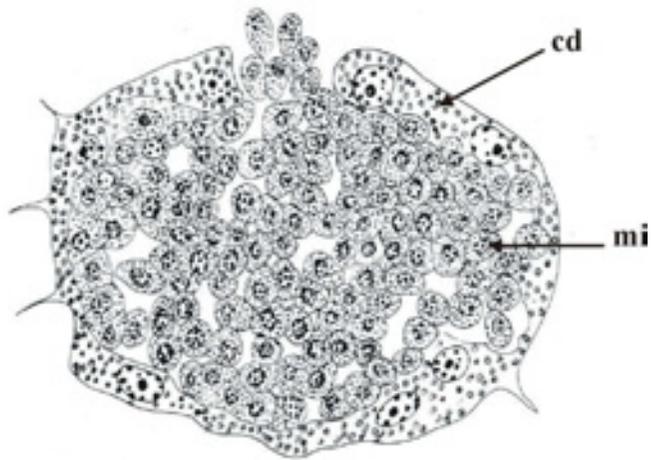
Annotations : ca : capsule (cellules du mésenchyme de l'éponge mère entourant l'embryon), cho : choanocytes (bordure d'une chambre choanocytaire), fl : cellules flagellées, ma : cellules macrogranulaires (= cellules du futur pôle postérieur de la larve), mp : membrane placentaire (cellules du mésenchyme de l'éponge mère nourrissant l'embryon), PA : pôle antérieur, PP : pôle postérieur. D'après Tuzet (1973).

Photos: histologie, M. Manuel ; larve: S. Leys.

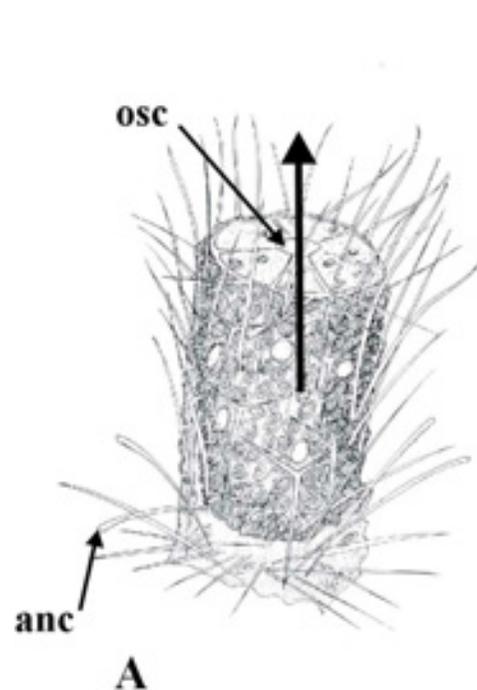
dans le dernier stade de développement, la larve se retourne et ce qui est à l'intérieur passe à l'extérieur et vice versa.

les larves d'éponges ont des pigments photorécepteurs leur permettant de s'orienter. une expérience a montré que les larves fuient la lumière. les flagelles se déploient uniquement du côté éclairé.

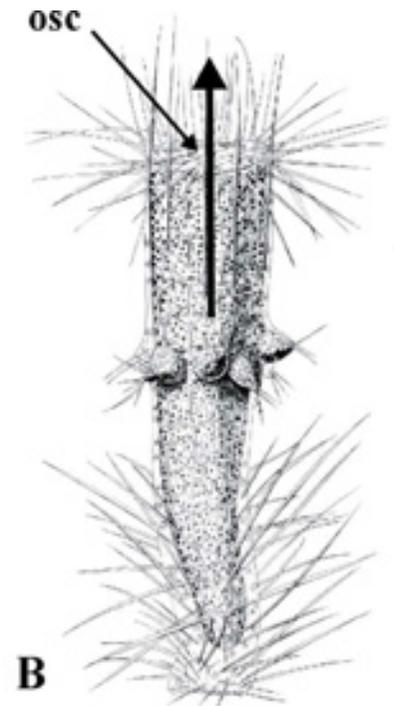
## Métamorphose de la larve en jeune éponge adulte chez *Sycon*



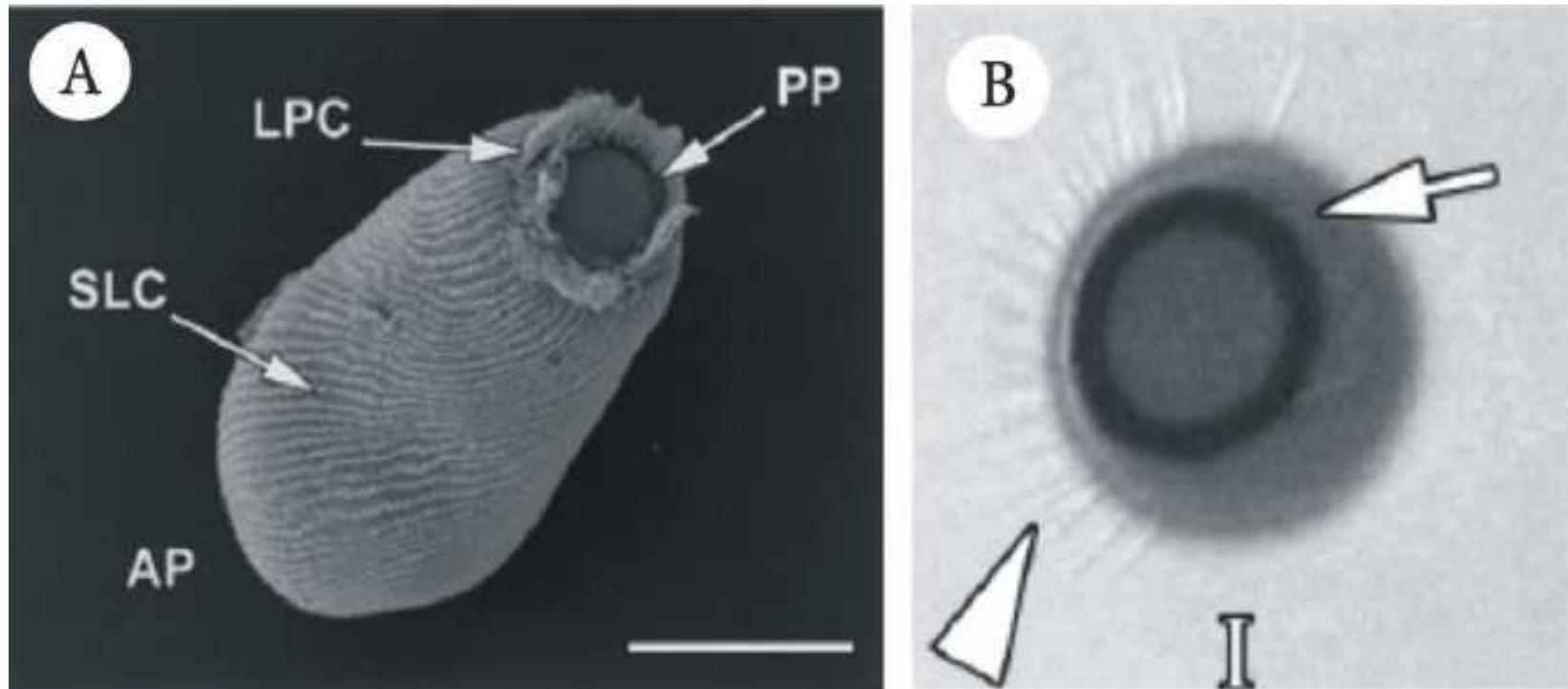
« Pupa », stade suivant la fixation de la larve  
(cd: pinacocytes en différenciation,  
mi: masse cellulaire interne)



« Olynthus », jeune éponge à système aquifère asconoïde



Bourgeonnement des tubes radiaires à la surface de l'olynthus



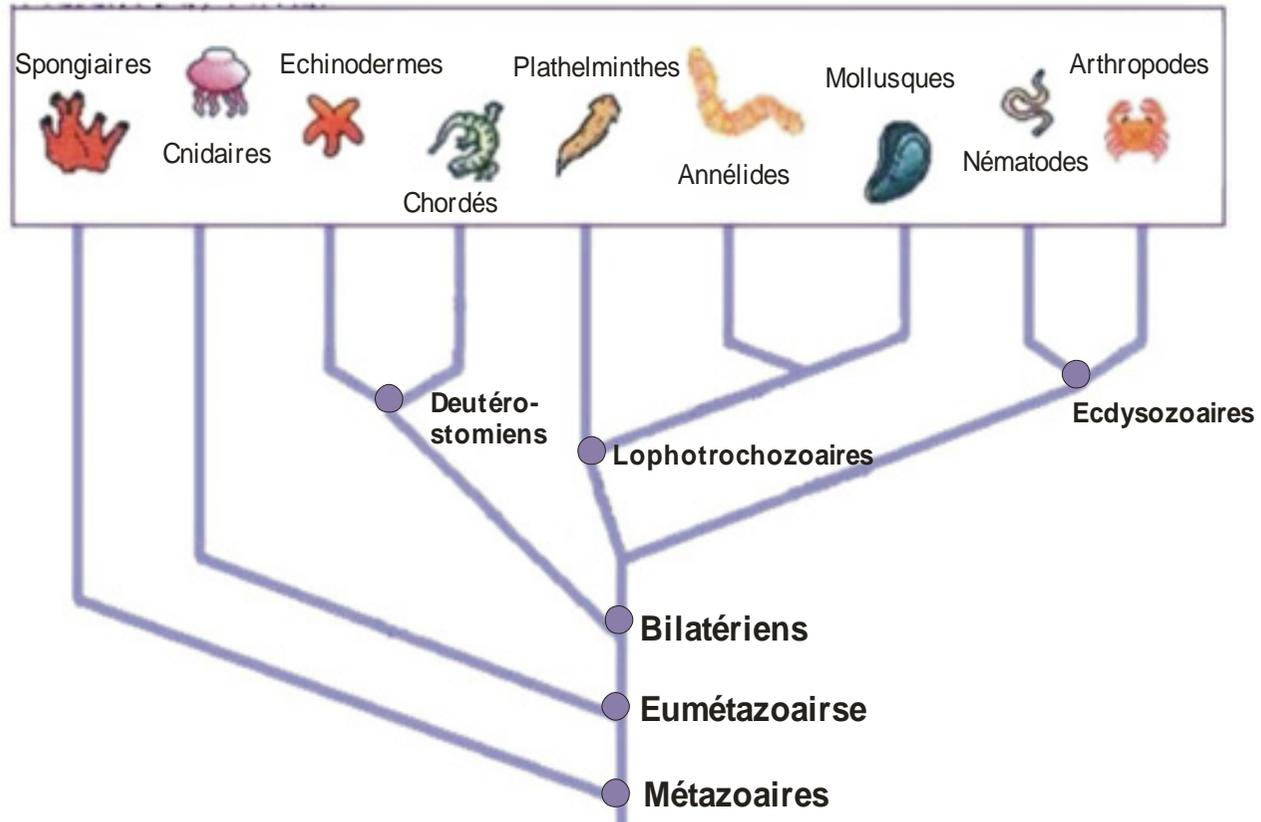
**Fig. 20 : Larve parenchymella de la démosponge *Amphimedon queenslandica*.**

A - Vue au MEB de la larve. AP : pôle antérieur, PP : pôle postérieur, LPC : anneau de cellules pigmentées photosensibles et à longs cils, SLC : cellules du reste de l'épithélium de larve, à cils courts. B - Photo d'une larve vivante éclairée par la gauche, vue du pôle postérieur. On distingue bien l'anneau de cellules pigmentées (flèche). Les cils des cellules de l'anneau situées du côté éclairé sont étendus (tête de flèche), alors que du côté non éclairé les cils sont réfléchis (et donc non visibles ici). D'après Leys & Degnan (2001).

- Adultes sessiles, filtreurs ; asymétriques, ou à symétrie axiale ou radiaire, suivant les groupes.
- Capacités de dédifférenciations-redifférenciations cellulaires ; cellules souches totipotentes appelées *archaeocytes* ; forte plasticité tissulaire (notamment dans le cadre de la régénération).
- Possèdent un ensemble de canaux et de chambres, le *système aquifère*, dans lequel l'eau circule grâce à l'action de cellules flagellées particulières, les **choanocytes** ; ces derniers captent des particules alimentaires grâce à leur collerette
- Deux types de tissus épithéliaux : *pinacoderme* (externe + interne tapissant les canaux) et *choanoderme* (fait de choanocytes, tapissant les chambres). Ces épithéliums sont dépourvus de lame basale, sauf chez les homoscléromorphes. Ils délimitent un milieu intérieur appelé **mésohyle**, qui contient du matériel matriciel (notamment collagène), divers types de cellules mobiles, et souvent des éléments squelettiques organiques (fibres) et/ou minéraux (spicules : siliceux ou calcaires suivant les taxons).
- Pas de structures spécialisées dans la respiration ou l'excrétion ; pas de système neuro-sensoriel ; pas de muscles.
- Développement embryonnaire très variable ; larves ciliées mobiles de différents types suivant les groupes.

**Fig. 21 : Résumé des principales caractéristiques de l'organisation des spongiaires.**

Les synapomorphies sont indiquées en italiques.



**Fig. 1 : Arbre simplifié des métazoaires.** Relations phylogénétiques entre les embranchements majeurs d'animaux d'après les phylogénies moléculaires récentes.