

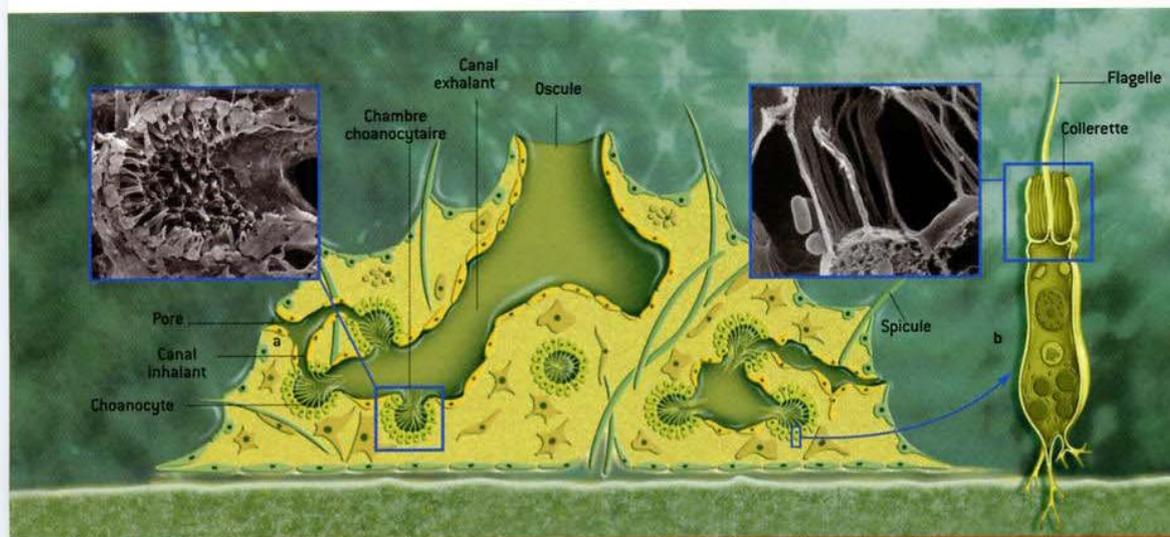
Le filtre des mers : les Éponges

Auteur : Jean VACELET

Directeur de recherches CNRS émérite,
Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale,
Station marine d'Endoume, Marseille

Les éponges de toilette ou de ménage, naturelles, dont l'usage se restreint de plus en plus de nos jours à la décoration dans les salles de bains, restent bien connues de tous. Cet ustensile utilisé par l'homme depuis la plus haute antiquité est en fait le squelette souple de quelques espèces d'un grand groupe zoologique, les Spongiaires (ou Porifera), dont on a longtemps discuté la nature animale ou végétale. Les Spongiaires sont maintenant classés sans conteste dans les animaux, mais avec de passionnantes particularités. En effet, il semble que dans l'histoire de la vie sur Terre, les Éponges représentent les plus anciens animaux pluricellulaires, apparus par formation d'une colonie d'organismes unicellulaires qui se seraient ensuite différenciés et spécialisés dans les différentes tâches nécessaires dans la colonie. Ces unicellulaires d'origine auraient été organisés pour la filtration de l'eau et seraient proches des Choanoflagellés actuels. L'organisation très simple qui en serait résultée, à la fin du Précambrien il y a quelques centaines de millions d'années, aurait été conservée jusqu'à nos jours. Il semble bien que d'autres essais de coopération d'êtres unicellulaires en colonies aient été tentés, même bien avant l'apparition des Spongiaires dans les archives fossiles, ainsi que présenté par la fiche de El Albani sur l'émergence de la vie multicellulaire [6], mais ces essais n'ont pas survécu alors que les éponges sont toujours là et apparemment pas fondamentalement différentes de ce qu'elles étaient il y a 500 millions d'années. Rien n'est jamais bien certain pour une évolution si lointaine et qui a laissé très peu de traces fossiles. Mais les ressemblances entre les choanoflagellés et les cellules choanocytes responsables de l'activité de filtration des éponges, qui avaient frappé les zoologistes du XIX^e siècle, trouvent quelques renforts dans les techniques modernes, y compris dans les récentes phylogénies moléculaires.

L'organisation des éponges est simple. Ce sont des organismes filtreurs, comme bien d'autres animaux aquatiques. Mais contrairement aux autres animaux filtreurs, comme les moules ou les ascidies, qui filtrent grâce à des organes spécialisés, ici, c'est tout le corps qui est organisé pour faire circuler et filtrer de grandes quantités d'eau. Il n'a pas d'organe, de branchie, de tube digestif, de cœur, de système nerveux, etc. L'eau est aspirée par de nombreux petits orifices, les ostioles ou pores inhalant à la surface, puis circule dans des canaux qui se divisent en un réseau appelé réseau inhalant. Les plus fines ramifications de ce réseau de distribution aboutissent dans des cavités de forme et de dimensions variables selon les espèces, le plus souvent sphériques et d'une cinquantaine de micromètres de diamètre, les « chambres choanocytaires ». Ces chambres sont tapissées par les cellules fondamentales des Spongiaires, les choanocytes qui, comme les Choanoflagellés, sont pourvus d'un flagelle entouré d'un entonnoir de très fines villosités. Dans chaque chambre, l'eau mise en mouvement par le flagelle est filtrée par la collerette. Les chambres choanocytaires jouent ainsi le rôle de micro-pompes et de filtres, et retiennent l'oxygène, mais surtout les petites particules dont se nourrit l'éponge. L'eau filtrée est ensuite évacuée par un autre réseau, collecteur, fait de canaux exhalants de diamètre croissant, qui aboutit à un orifice souvent de grand diamètre, l'oscule.



L'organisation des éponges est une merveille d'adaptation à la filtration tout en étant très simple.

(a) L'eau entre par des orifices superficiels et circule dans un réseau de canaux dits inhalants, puis atteint les chambres choanocytaires [encart à gauche], où elle est filtrée. Elle est ensuite collectée par des canaux dits exhalants qui se rejoignent en un orifice plus large, l'oscule, par où l'eau est expulsée. L'ensemble de l'éponge est soutenu par un squelette, constitué de spongine ou de spicules en calcaire ou en silice.

(b) Les chambres choanocytaires sont tapissées de cellules filtrantes, les choanocytes. Ces cellules sont munies d'une collerette de microvillosités au centre de laquelle un flagelle [encart droit] met l'eau en mouvement. La collerette joue le rôle de filtre et retient les bactéries et les colloïdes dont se nourrit l'animal.

© L'éponge... une république cellulaire, M. Manuel, N. Boury-Esnault, J. Vacelet, Pour la Science, n° 310, août 2003.

Figure 1. L'organisation des éponges [2]. Dessin de Delphine Bailly.

Ce système, qui concerne tout le corps et non pas seulement un organe plus ou moins développé, est très performant par rapport à celui des autres filtreurs aquatiques, tant en volume filtré qu'en efficacité de rétention des particules, micro-organismes et colloïdes. On a estimé qu'une éponge massive filtre l'équivalent de son propre volume en 10 à 20 secondes, en retenant toutes les particules de la taille des bactéries (1 à 3 μm), et une grande partie des plus petites particules, non retenues par les autres filtreurs microphages. Il est certain que quand les éponges sont nombreuses, comme dans certaines zones de l'Antarctique ou dans les récifs coralliens de la zone Caraïbe, elles ont une action de premier plan dans la qualité de l'eau – et sa clarté – ! D'une façon générale, le rôle écologique des éponges est très important dans divers milieux. Leur contribution dans la beauté de certains paysages sous-marins, par exemple les fonds coralligènes en Méditerranée ou les récifs coralliens des Caraïbes, est bien connue des plongeurs.



Photo 1. Paysage sous-marin riche en éponges de la Martinique (photo Thierry Pérez).

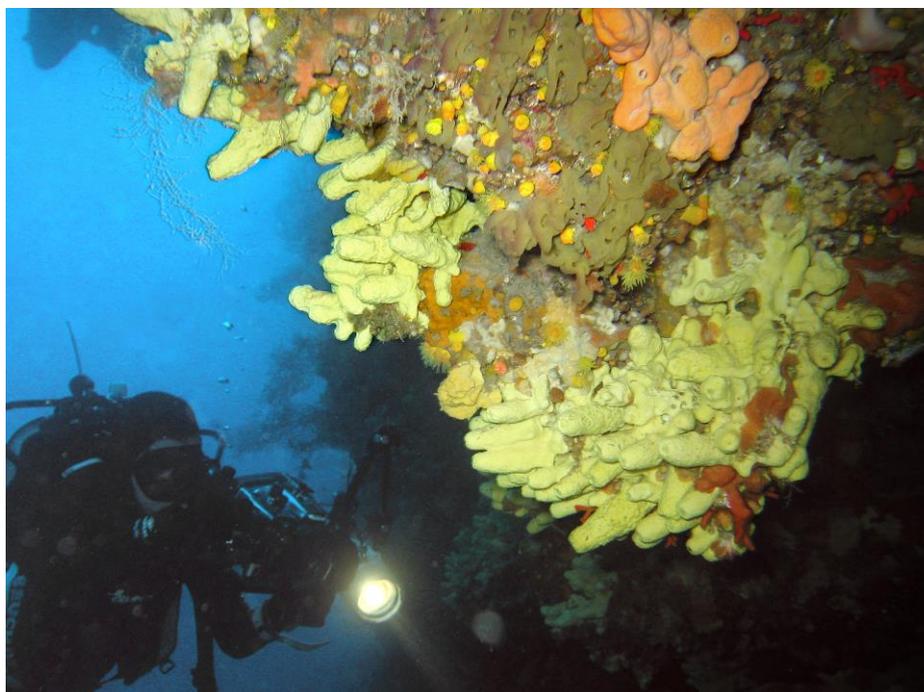


Photo 2. Paroi rocheuse avec peuplement d'éponges en Méditerranée (photo Jean-Georges Harmelin).

Naturellement ce plan d'organisation très simple doit être complété par des tissus entourant ce système aquifère et par un squelette. Tout est fait par des cellules très peu liées entre elles, sans constitution de véritables tissus. Les cellules forment ainsi un « mésohyle » autour des chambres et des canaux, avec des cellules aplaties formant un revêtement de surface (pinacoderme). L'ensemble est soutenu par un



squelette, de composition très varié et qui constitue encore la principale base de la classification zoologique des quelque 8 700 espèces actuellement répertoriées. Le plus souvent, ce squelette est constitué de corpuscules minéraux fabriqués par l'éponge, les « spicules », composés de silice ou de calcaire, de forme et de dimension très variées. Les spicules calcaires, en calcite, ne se trouvent que dans la classe des Calcarea (720 espèces) et sont en forme de baguette ou en étoile à trois ou quatre branches. Les spicules en silice, dans les classes des Demospongiae (7 284 espèces), Homoscleromorpha (104 espèces) et Hexactinellida (618 espèces), généralement liés par du collagène, sont très diversifiés en forme et en dimensions, depuis des baguettes de 20 µm de long sur 0,1 µm de diamètre, jusqu'à plus de 2 mètres chez des hexactinellides bathyales. Ce sont souvent de simples baguettes, mais certains, surtout parmi les petits spicules (microsclères), sont des merveilles esthétiques. Chez un petit nombre de Demospongiae et d'Homoscleromorpha, les spicules ont disparu et sont remplacés par un squelette de fibrilles ou de fibres souples de collagène. C'est le cas chez les éponges commerciales où le squelette est constitué uniquement d'un réseau très dense de fibres d'un collagène appelé spongine.



Photo 3. Spicule strobiloplumicome de l'éponge hexactinellide *Sympagella nux*, une réussite esthétique de la nature. (J. Vacelet).

La reproduction des éponges est généralement sexuée, mais peut être parfois asexuée. Un fragment détaché du corps peut donner une nouvelle éponge dans des conditions favorables, mais aussi certaines éponges, en particulier les éponges d'eau douce, forment des corps de reproduction asexuée très résistants, les gemmules, qui assurent la survie dans des conditions difficiles, assèchement ou période hivernale. La reproduction sexuée se fait par des larves ciliées, qui nagent quelques heures ou quelques jours avant de se fixer à demeure et de se métamorphoser en une nouvelle éponge. Chez les éponges dites ovipares ces larves se forment, par union des gamètes mâles et femelles émis dans l'eau, tandis que chez les éponges vivipares, plus nombreuses, la fécondation et le développement embryonnaire ont lieu dans les tissus de l'éponge mère. La fécondation se fait par un processus très original : le spermatozoïde pénètre par le courant inhalant et est capturé par un choanocyte, comme une bactérie alimentaire. Au lieu d'être digéré, il s'enkyste dans cette cellule, qui devient une « cellule charriante » qui va le transporter jusqu'à un ovocyte.

On distingue actuellement quatre grands groupes de Spongiaires. La classification, qui était essentiellement basée sur les caractères du squelette, fait de plus en plus appel aux caractères moléculaires modernes. La classe des Calcarea a un squelette de spicules calcaires et est surtout abondante dans les zones peu

profondes. Au contraire, la classe Hexactinellida a des spicules siliceux et vit surtout dans les profondeurs bathyales, et même abyssales. Les classes Demospongiae et Homoscleromorpha ont des spicules siliceux, mais certaines sont dépourvues de spicules, comme les éponges commerciales, et parfois même de tout squelette. Les Demospongiae sont les plus diverses et les plus nombreuses. Seules à avoir colonisé les eaux douces (il y existe près de 200 espèces), on les trouve en mer depuis le littoral jusqu'aux plus grands fonds. Elles sont très variées en forme et couleur.

Fixées à demeure, les éponges sont facilement accessibles aux prédateurs potentiels. Elles se défendent surtout par la chimie, en fabriquant une exceptionnelle variété de molécules plus ou moins toxiques : des métabolites secondaires. Ces molécules ont suscité un très grand intérêt en raison de leur intérêt potentiel en pharmacologie. Un petit nombre ont réellement été développées en tant que médicaments, mais le réservoir potentiel est énorme.

L'organisation si simple et si particulière de ces animaux filtreurs, où les fonctions sont dévolues au rôle individuel des cellules, s'est révélée, selon une découverte récente il y a quelques années, capable d'une évolution surprenante. Certaines démosponges, de la famille Cladorhizidae qui est généralement localisée dans les abysses (c'est un membre des Cladorhizidae qui détient le record de profondeur des éponges, à 8 860 m !), se sont affranchies de l'activité de filtration et sont devenues carnivores. C'est peut-être une bonne idée : dans les abysses, les bactéries et autres petites particules nutritives sont peu abondantes, et il faut une grande dépense énergétique pour filtrer les grandes quantités d'eau nécessaire. La stratégie de l'araignée, fabriquer un piège puis attendre sans dépense d'énergie la survenue d'une proie, peut être plus rentable. Encore faut-il pouvoir appliquer cette stratégie, en l'absence de tube ou de cavité digestive, de système nerveux et de tout autre organe. Ces éponges s'en sont montrées capables : abandonnant le système aquifère, elles ont développé une morphologie particulière, en général avec de longs filaments recouverts de petits spicules en forme de crochet, formant un revêtement un peu semblable à du velcro, capable de capturer les soies ou les appendices de petits crustacés ou autre invertébré poilu qui passeront par là un jour ou l'autre. Une fois la proie piégée, les cellules de l'éponge vont migrer vers elle et en phagocyter des fragments. On connaissait une centaine de ces Cladorhizidae profondes, sans se douter de leurs mœurs. La découverte a été faite dans une grotte méditerranéenne qui du fait du piégeage de l'eau froide hivernale, à 13 °C, offrait des conditions assez semblables à celles des fonds bathyaux. Une éponge bathyale s'était établie dans cette grotte, où son étude, évidemment beaucoup plus facile, a montré son véritable comportement. Il est apparu ensuite que la carnivorie était la règle chez toutes les Cladorhizidae profondes, dont on connaît actuellement 150 espèces. On pouvait quand même se demander s'il s'agissait réellement d'éponges. La réponse est oui : les spicules sont typiques d'éponges, et permettent même de déterminer de quel groupe dérivent les éponges carnivores, relations qui sont confirmées par des données moléculaires récentes. De plus, on retrouve chez ces féroces carnivores le mode de fonctionnement fondamental chez les éponges : l'action individuelle des cellules sans organe différencié.

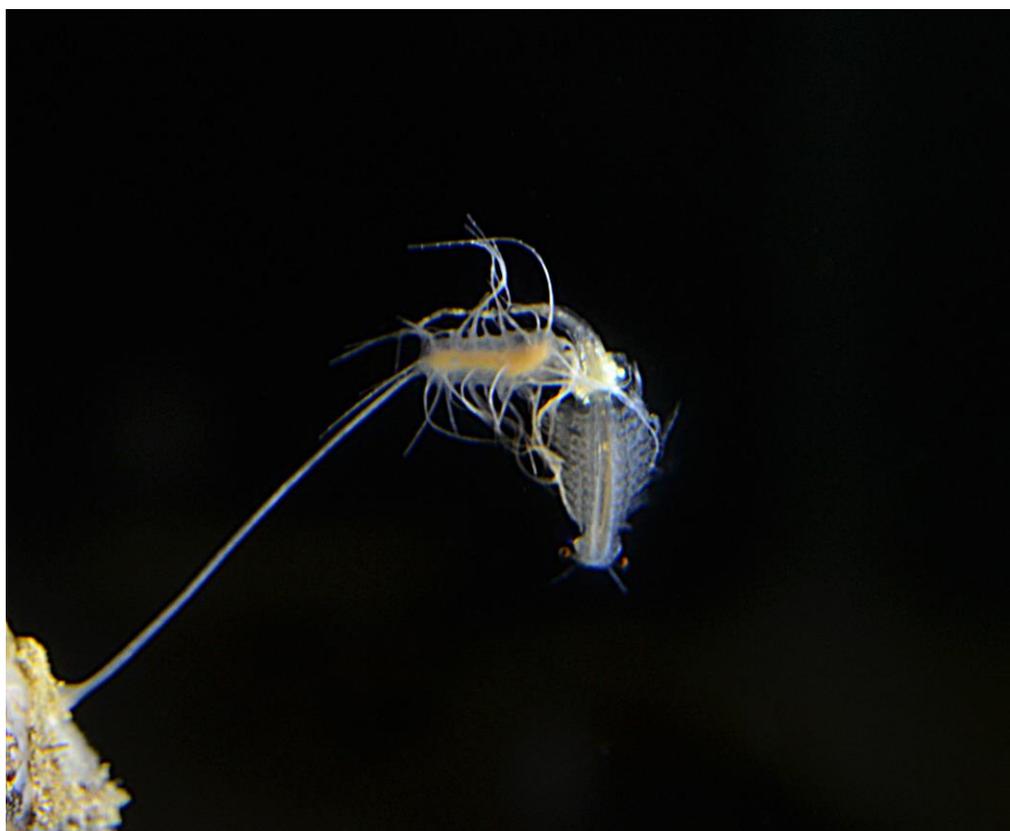


Photo 4. Capture d'un crustacé (*Artemia*) par l'éponge carnivore de Méditerranée *Lycopodina hypogea* (Photo J. Vacelet).

Ainsi les éponges bien que d'origine très ancienne et d'une apparente grande simplicité par rapport aux autres animaux pluricellulaires ont encore bien des raisons de nous étonner.

Pour en savoir plus :

- [1] De Vos L., Rützler K., Boury-Esnault N., Donadey C. & Vacelet J., 1991. *Atlas de morphologie des Éponges – Atlas of sponge morphology*. Smithsonian Institution Press, Washington, 117 p.
- [2] Manuel M., Boury-Esnault N. & Vacelet J., 2003. L'éponge... une république cellulaire. *Pour la Science*, 310 : 69-75.
- [3] Pérez T. & Vacelet J., 2014. Effect of climatic and anthropogenic disturbances on sponge fisheries. *In: The Mediterranean Sea: Its History and Present Challenge* (Eds: Goffredo S. & Dubinsky Z.). Springer, Netherlands, 577-587.
- [4] Vacelet J., 2007. *Les Éponges carnivores*. Futura-Sciences, Carte Blanche.
http://www.futura-sciences.com/fr/comprendre/dossiers/doc/t/zoologie-1/d/les-eponges-carnivores_745/c3/221/p1/>>
- [5] The World Porifera Database : <http://www.marinespecies.org/porifera/>

Fiche de l'Institut océanographique :

- [6] Abderrazak El Albani, février 2015 : *Émergence de la vie multicellulaire : né dans les océans, un nouveau chapitre de l'histoire de la vie, vieux de 2,1 milliards d'années*
<http://www.institut-ocean.org/images/articles/documents/1423825447.pdf>



Institut
océanographique
Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco

Pour en savoir plus sur les Choanoflagellés :

[7] Karpov, SA, 2016 - Flagellar apparatus structure of choanoflagellates. *Cilia*, 5 : 11.

<https://ciliajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13630-016-0033-5>

[8] Maldonado, M (2004): Choanoflagellates, choanocytes, and animal multicellularity. *Invertebrate Biology*, 123(1), 1-22. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7410.2004.tb00138.x/abstract>

[9] Wikipédia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Choanomonada>