



Phoronidien doré
(*Phoronopsis californica*)

Taille : 2 à 6 cm
(partie émergée)
Jusqu'à 45 cm
(partie enfouie)

Cette douce couronne
hélicoïdale de quelque
2 000 tentacules – nommée
« lophophore » – entoure
la bouche de l'animal.
Orientée vers le courant,
elle capte les particules
alimentaires en suspension
grâce à des cils qui les
acheminent jusqu'à l'orifice.

EN CHIFFRES 1 MILLION

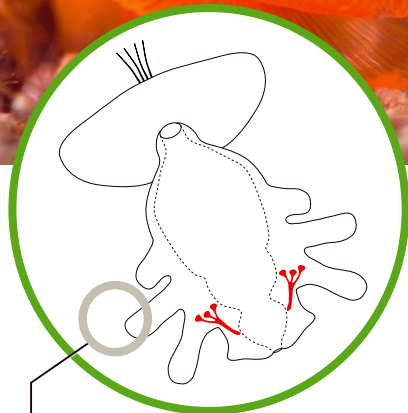
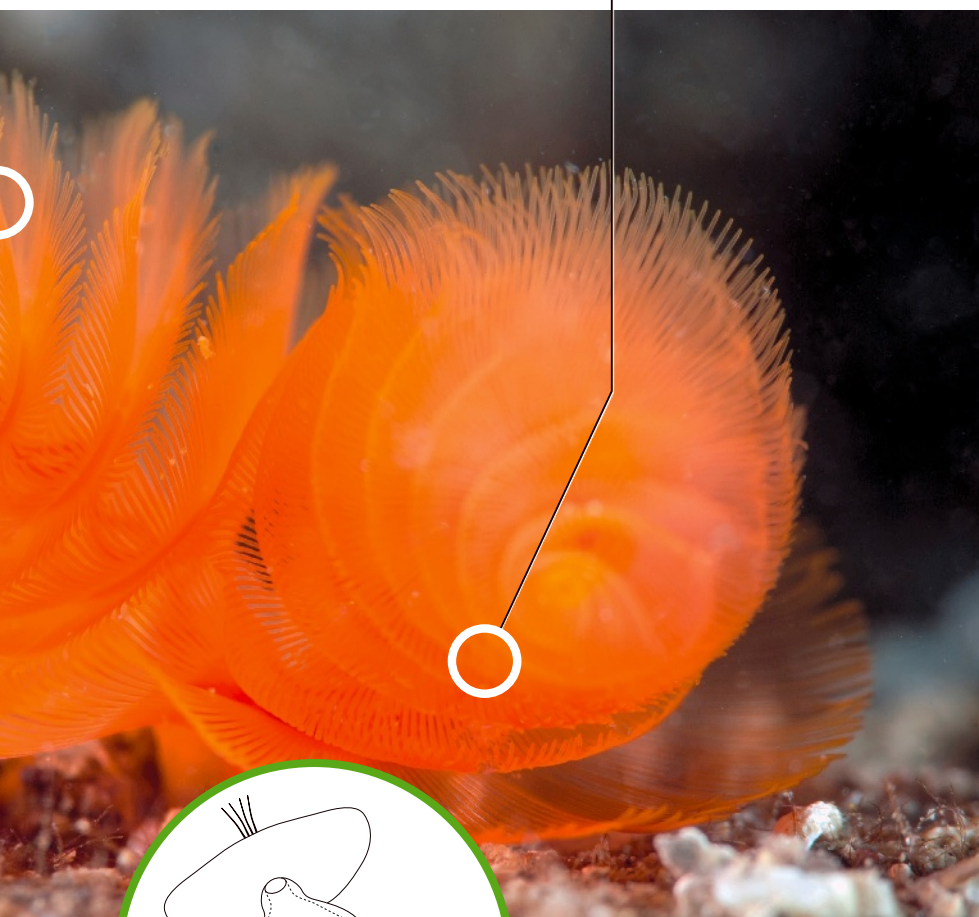
Un rein humain compte
environ 1 million de néphrons,
ses unités de base.

120

Chaque néphron présente
une surface de contact
importante avec des capillaires
sanguins et filtre les différentes
substances contenues dans
le sang. Le débit de filtration
de l'ensemble des néphrons
est de 120 millilitres par minute.

180

Chez l'humain, la filtration rénale
produit environ 180 litres
d'urine primaire par jour
(pour 1,5 litre d'urine définitive).



Les larves transparentes
des phoronidiens présentent tout d'abord
des protonéphridies, puis, à la dernière
métamorphose (ici celle de *Phoronopsis*
harmeri), des métanéphridies (en rouge).
La différence de pression entre
le fluide dans lequel baigne la néphridie
et son intérieur assure la circulation
du liquide et sa filtration à travers la paroi.

Dans la seconde moitié du xx^e siècle,
des physiologistes ont étudié ces diffé-
rents organes à la recherche de similarité.
Ils ont ainsi découvert deux types de
fonctionnement fort différents. Certains,
comme les tubes de Malpighi et les cel-
lules de Rénette, sont sécréteurs. Chez les
insectes, l'urine primaire est produite par
un transport actif du fluide corporel à tra-
vers les cellules de l'organe, suivi d'une
réabsorption d'eau dans le tube digestif.
D'autres, comme les reins des vertébrés
ou les néphridies des phoronidiens, fonc-
tionnent suivant le principe d'une ultra-
filtration, suivie de sécrétions (des
déchets comme l'urée) et de réabsorp-
tions (de « bonnes » molécules comme le

glucose ou les acides aminés). Dans ce
cas, le fluide corporel (le sang chez les
vertébrés, par exemple) traverse un filtre,
dont il ressort une urine primaire. Ce
filtre est lui aussi formé de cellules, mais
cette fois, le liquide passe entre elles et
non à travers.

Or les physiologistes se sont aperçus
que ces filtres partageaient certaines
caractéristiques – l'ultrastructure des cel-
lules, par exemple –, ce qui suggérait une
origine évolutive commune de l'ultrafil-
tration. Ils ont émis deux hypothèses
principales : soit tous les organes excré-
teurs ultrafiltrants étaient homologues,
et les différences anatomiques dépen-
daient seulement de la taille de l'orga-
nisme ; soit la néphridie la plus simple
(appelée « protonéphridie ») représentait
l'organe ancestral et avait été remplacée
plusieurs fois de façon indépendante par
une métanéphridie, plus complexe.
Impossible, cependant, d'aller plus loin.
Certes, les néphrons, les unités de base
des reins, ressemblaient à des néphridies,
mais leur seule étude anatomique ne suf-
fisait pas à statuer sur une éventuelle ori-
gine commune.

En pareil cas, l'accès aux données
moléculaires débloquent souvent la situa-
tion. Cependant, on connaissait peu de
choses sur le développement de ces
organes excréteurs, à l'exception de celui

du rein des vertébrés, exploré il y a une quinzaine d'années. C'est ainsi qu'en 2011, Peter Reddien, de l'institut de technologie du Massachusetts, aux États-Unis, et ses collègues se sont intéressés à un système simple, celui de la régénération des protonéphridies chez une planaire, un ver plat (plathelminthe) classé dans les protostomiens, avec l'idée suivante. Puisque des gènes semblables sont utilisés chez nombre d'animaux pour le développement d'organes similaires comme les yeux, les muscles, le cœur, pourquoi n'en serait-il pas de même pour les organes excréteurs ?

De fait, l'équipe découvre que certains gènes régulateurs de la transcription (la première étape de l'expression des gènes) intervenant dans le développement du rein de vertébré (*eya*, *six1/2*, *pou3*, *sall*, *osr*...) sont également exprimés pendant la régénération des protonéphridies de la planaire. Ainsi, des gènes homologues, c'est-à-dire descendant d'un ancêtre commun, paraissent gouverner le développement d'organes excréteurs chez des animaux très éloignés sur le plan évolutif.

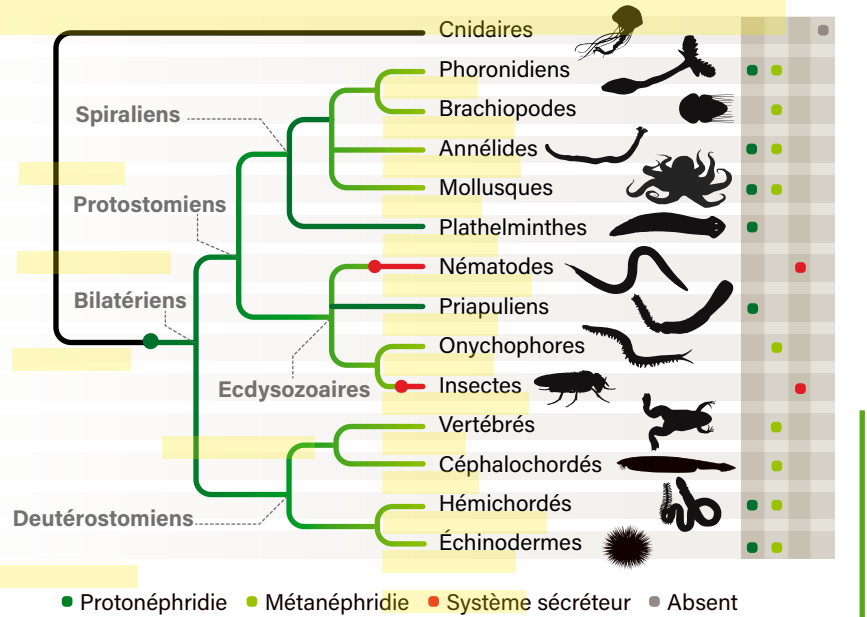
Peut-on généraliser un tel résultat ? Pour le savoir, Andreas Hejnal, de l'université de Bergen, en Norvège, a récemment réuni une équipe internationale afin d'explorer ces homologies moléculaires chez l'ensemble des animaux bilatériens. Pour limiter le travail, il s'est focalisé sur l'expression des gènes régulateurs de transcription *eya*, *six1/2*, *pou3*, *sall*, *hb* et *osr* mis en évidence lors de l'étude du rein des vertébrés. Il a prioritairement pioché les organismes dans les deux grands taxons des protostomiens, les spiraliens et les ecdysozoaires (les animaux à mue), puis il a complété l'étude en se tournant vers les deutérostomiens non vertébrés (voir l'encadré ci-dessus).

UN ARSENAL MOLÉCULAIRE COMMUN

Résultat : tous les gènes étudiés s'expriment chez les animaux choisis, hormis quelques exceptions qui s'expliquent facilement par des pertes secondaires. Ainsi, tout comme pour l'œil, le cœur, les muscles, une même boîte à outils moléculaires préside au développement des organes excréteurs ultrafiltrants. Pour enfoncer le clou, Andreas Hejnal a également recherché l'expression de quelques gènes (*nephrin*, *kirrel*, *zot1*) codant des protéines de structure des parties filtrantes des reins. De même, ces gènes s'expriment chez tous les animaux étudiés, avec

L'ULTRAFILTRATION A LA COTE CHEZ LES ANIMAUX

Hormis certaines branches comme les insectes et les nématodes, munis d'un système sécréteur, les animaux bilatériens présentent des organes excréteurs fondés sur le principe de l'ultrafiltration, qu'il s'agisse de formes simples (protonéphridies) ou complexes (métanéphridies). En 2021, l'équipe d'Andreas Hejnal a recherché si des gènes clés du développement des reins des vertébrés intervenaient dans les autres branches des animaux bilatériens. En menant l'enquête sur des larves des membres de grands taxons des protostomiens (un phoronidien, un brachiopode et un annélide pour les spiraliens, un priapulien et un onychophore pour les ecdysozoaires), et sur un hémichordé pour les deutérostomiens, elle a montré que c'était bien le cas.



quelques exceptions qui, elles aussi, s'expliquent par des pertes secondaires. Tout cela conforte les diverses homologies proposées par les anatomistes et les physiologistes. En d'autres termes, protonéphridies et métanéphridies semblent bien avoir une origine commune : l'ancêtre commun de tous les bilatériens – protostomiens et deutérostomiens – présentait très probablement déjà un organe excréteur, dont les protonéphridies et métanéphridies actuelles sont des variations. Il est difficile, en revanche, de trancher entre les deux hypothèses des physiologistes. Néanmoins, les pertes secondaires plaident plutôt pour des origines indépendantes des métanéphridies.

Et qu'en est-il des insectes ? Les phylogénies sont d'une grande clarté : l'ancêtre commun des arthropodes, dont ils font partie, était pourvu de néphridies. Il y a donc eu remplacement de celles-ci par les tubes de Malpighi, et il en est de même pour les nématodes avec les cellules de Rénette. Des adaptations au milieu terrestre ? ■

BIBLIOGRAPHIE

L. Gąsiorowski et al., **Molecular evidence for a single origin of ultrafiltration-based excretory organs**, *Curr. Biol.*, 2021.

M. L. Scimone et al., **A regulatory program for excretory system regeneration in the planarians**, *Development*, 2011.

G. R. Dressler, **Advances in early kidney specification, development and patterning**, *Development*, 2009.

E. E. Ruppert et P. R. Smith, **The functional organization of filtration nephridia**, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, 1988.