Source : https://especes.org/3d-flip-book/numero-41-na57xciopfig/

Magazine Espèces, n°39, Mars 2021, page 68-72 (revue disponible au CDI)

Les tuniciers, ces cousins qui fabriquent de la cellulose

Par Denis Allemand,
directeur scientifique du Centre scientifique de Monaco

Nous avons tous appris sur les bancs de l'école, que la cellulose était une caractéristique du monde végétal. 50 % de la biomasse est formée de cellulose, qui constitue ainsi la matière organique la plus abondante sur Terre. Pourtant, comptant parmi nos plus proches cousins, l'ascidie et les autres membres du groupe des Tuniciers fabriquent bel et bien ce polysaccharide. Retour sur un paradoxe invitant à revisiter certaines connaissances que l'on croyait acquises !

Les Tuniciers – également appelés Urochordés, quoique ce terme tende aujourd'hui à être abandonné – constituent un groupe (relativement peu connu du grand public) comprenant environ 3000 espèces, toutes

L'ascidie *Atriolum robustum* sur une branche de corail. On voit clairement le siphon buccal grâce auquel elle aspire l'eau de mer (cliché N. Hobgood/CC).

marines, la plupart fixées à l'état adulte, et dont une dizaine est comestible. C'est le cas, en Méditerranée, du violet, *Microcosmus sabatieri*, ou figue de mer, qui se mange cru. Les tuniciers comestibles sont particulièrement appréciés en Provence mais aussi au Chili, en Nouvelle-Zélande, en Australie et en Asie où ils sont même "cultivés".

Placés jusqu'au milieu du XIXe siècle parmi les Mollusques acéphales, avec les Bivalves ou les Bryozoaires, les Tuniciers sont aujourd'hui classés parmi les Chordés, où ils voisinent avec les Vertébrés. Ce changement de la classification est dû, entre autres, à la présence chez la larve des tuniciers d'une structure embryologique, appelée chorde, qui joue, chez les vertébrés, un rôle majeur dans la constitution de notre colonne vertébrale. Après un vif débat, les Tuniciers sont aujourd'hui considérés comme le groupe frère des Vertébrés, donc de proches parents. La ressemblance ne saute cependant pas aux yeux…

Les Tuniciers sont composés des Ascidies, des Thaliacés et des Appendiculaires. Le groupe des Ascidies, qui forme la majorité des Tuniciers avec environ 2 300 espèces, a été décrit par le philosophe grec Aristote au IVe siècle av. J.-C. : « *Les ascidies diffèrent peu des plantes par leur nature, mais sont néanmoins plus des animaux que des éponges.* » (*De Partibus Animalium*). Ses représentants sont fixés au substrat à l'état adulte. Les espèces appartenant aux deux autres groupes sont dites pélagiques puisque leurs représentants vivent en pleine eau. Les tuniciers sont des animaux filtreurs qui absorbent l'eau de mer par un orifice, la filtrent à travers un pharynx puis la rejettent par un orifice excréteur. Le cœur des tuniciers a une particularité unique dans le monde animal : le sens des battements s'inverse périodiquement, environ toutes les 1 à 3 minutes selon les espèces, inversant le sens de la circulation sanguine. Les tuniciers possèdent une autre originalité : certaines de leurs cellules sanguines sont capables de concentrer un métal rare, le vanadium, dans des proportions dix millions de fois supérieures à celle de l'eau de mer ! Le rôle du vanadium dans ces cellules reste mal connu.

Les tuniciers doivent leur nom à leur tégument, appelé tunique, qui recouvre leurs corps. La tunique, que Cuvier décrit comme une « *substance généralement cartilagineuse* », constitue une protection externe de l'animal au même titre que la coquille des mollusques, mais à la différence de celle-ci, la tunique est de nature entièrement organique. Dès le milieu du XIXe siècle, il a été suggéré que la tunique contenait de la cellulose, mais c'est le chimiste Marcellin Berthelot qui, en 1858, a confirmé ce fait en mesurant sa composition élémentaire. Pour ce dernier, la cellulose des tuniciers était tout à fait distincte de celle des végétaux, aussi suggéra-t-il d'appeler cette cellulose tunicine. Durant la première moitié du XXe siècle, un débat a agité les milieux scientifiques : s'agissait-il d'une véritable cellulose ou d'une *cellulose like*, c'est-à-dire d'un polysaccharide propre aux animaux ? Ce n'est qu'à la fin des années soixante-dix qu'une équipe franco-anglaise confirma, par des méthodes spectroscopiques, que la tunicine était de la cellulose pure. Ce résultat était très étonnant puisque l'on pensait jusqu'alors que la cellulose, un polymère de glucose de haut poids moléculaire, principal constituant du bois, n'était synthétisée que par les plantes, certaines algues, bactéries et champignons. Cette découverte allait stimuler la recherche sur l'origine de

L'ascidie blanche, *Phallusia mammillata*, est très utilisée comme modèle biologique dans les laboratoires (cliché Waielbi/CC).

la cellulose des tuniciers, qui étaient ainsi les seuls animaux connus à synthétiser ce polysaccharide.

La première hypothèse émise pour expliquer ce paradoxe fut celle d'une synthèse réalisée par des bactéries symbiotiques… hypothèse vite éliminée. En effet, dès le début des années deux-mille, la publication du génome de l'ascidie *Ciona intestinalis* montre, dans celui-ci, l'existence d'un gène codant pour une cellulose synthase (*CesA*), l'enzyme à l'origine de la synthèse de la cellulose. Il fallait se rendre à l'évidence : les tuniciers possédaient bien un gène de synthèse spécifique de la cellulose. L'analyse phylogénétique de la cellulose synthase de *Ciona intestinalis* par l'équipe de K. Nakashima, en 2004, a suggéré de fortes homologies avec un gène d'une actinobactérie. Ces auteurs émirent alors l'hypothèse que les tuniciers auraient pu acquérir le gène de la synthèse de cellulose par un mécanisme connu sous le nom de transfert horizontal de gène (par opposition au transfert vertical des parents à la descendance). Ce mécanisme, largement décrit au sein des bactéries et entre les gènes mitochondriaux/chloroplastiques et nucléaires, commence à peine à être étudié chez les eucaryotes. Comme le gène codant pour la cellulose synthase est présent chez tous les tuniciers (y compris les appendiculaires), qui sont les plus ancestraux, Nakashima et ses collègues ont suggéré que ce transfert de gène se serait produit chez l'ancêtre de tous les Tuniciers, il y a plus de 530 Ma. Il manquait cependant encore une analyse globale de la présence de ce gène dans d'autres phyla : c'est l'étude que viennent de réaliser le Japonais Jun Inoue et ses collègues de l'Okinawa Institute of Science and Technology. À l'aide d'un outil informatique qu'ils ont développé (et baptisé "Orthoscope"), ces chercheurs ont démontré que si le gène *CesA* était bien présent chez tous les tuniciers séquencés, il est totalement absent dans les autres génomes de métazoaires. Ainsi, nos plus proches cousins sont bien les seuls animaux à bénéficier d'un apanage que l'on croyait, il y a peu de temps encore, réservé aux seuls végétaux. La science n'est pas figée et notre représentation du monde évolue à la vitesse de nos connaissances dans tous les domaines, l'exemple des tuniciers le démontre pleinement. L'évolution n'est pas un long fleuve tranquille, mais plutôt un estuaire où les eaux se mélangent : « *Les arbres deviennent réseaux* » selon l'expression du biologiste Hervé Le Guyader.

Dernière péripétie de notre histoire : aujourd'hui, l'industrie s'intéresse à la cellulose des tuniciers qui semble, paradoxalement, plus pure et plus apte à la manipulation que celle issue d'autres sources. Nos cousins les tuniciers pourraient même nous venir en aide car les propriétés originales de leur cellulose en font un matériau structurel parfaitement adapté aux applications en médecine régénérative et c'est dans ce cadre qu'une jeune entreprise norvégienne de biotechnologie, Ocean TuniCell, produit désormais de la nanocellulose de tuniciers ultra-pure.

L'ascidie *Ciona intestinalis*. On distingue à droite le siphon buccal qui aspire l'eau de mer et, à gauche, le siphon cloacal qui la rejette après filtration. Cette ascidie, également très utilisée dans les laboratoires, est normalement fixée (cliché E. A. Lazo-Wasem, Yale Peabody Museum of Natural History/CC).

L'auteur souhaite remercier le Dr Eric Thompson, spécialiste de la biologie des tuniciers, pour sa relecture et ses conseils avertis, ainsi que Guillaume Lecointre pour sa relecture attentive.

Retrouvez d'autres chroniques et de nombreuses informations sur www.centrescientifique.mc

Pour en savoir plus

> **Cuvier G., 1815** – "Mémoire sur les Ascidies et sur leur Anatomie", *Mémoires du Muséum*, t. II, p. 10-35.

> **Inoue J., Nakashima K et Satoh N., 2019** – "ORTHOSCOPE Analysis reveals the presence of the cellulose synthase gene in all Tunicate genomes but not in other genomes", *Genes*, 10, p. 294.

> **Nakashima K. *et al.*, 2004** – "The evolutionary origin of animal cellulose synthase", *Development Genes and Evolution*, 214, p. 81-88.

> **Portail web des Tuniciers** : www.tunicate-portal.org