



Univ. Grenoble Alpes
Université de l'innovation

COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Grenoble, le 1^{er} mars 2019

Les secrets intimes de la photosymbiose dans le plancton marin

Décrite il y a quelques années, la symbiose entre les acanthaires et une micro-algue appelée *Phaeocystis*, deux micro-organismes du plancton marin, est observée dans tous les océans du globe. Grâce aux technologies d'imagerie subcellulaire notamment développées à Grenoble, des chercheurs du Centre Helmholtz pour la recherche environnementale (UFZ), de l'Université Grenoble Alpes (UGA), du CNRS et du CEA, en collaboration avec l'ESRF, ont réussi à montrer que cette forme unique de symbiose profite essentiellement aux acanthaires (hôtes). Selon les scientifiques [1], l'architecture cellulaire et le métabolisme des micro-algues *Phaeocystis* sont vraisemblablement modifiés en symbiose par l'acanthaire pour bénéficier des produits de la photosynthèse. Ce nouveau mode de photosymbiose correspond davantage à une stratégie de « culture » (« *farming* ») d'algues par l'acanthaire qu'à un véritable apport mutuel entre les deux espèces. Ces résultats ont été publiés le 28 février dans la revue scientifique *Current Biology*.

Parfois deux organismes vivants très différents s'associent intimement, de façon quasi-indissociable, et constituent des formes symbiotiques qui peuvent être considérées comme des nouvelles créatures, des organismes à part entière. Ces symbioses s'avèrent en fait très fréquentes. Lorsqu'une symbiose fait intervenir un organisme (comme une micro-algue) qui utilise la photosynthèse, on parle alors de photosymbiose. Malgré l'importance écologique de ce type de symbiose dans les écosystèmes marins, les mécanismes par lesquels les hôtes intègrent et hébergent les micro-algues symbiotiques sont encore mal compris.

Un nouveau mode de photosymbiose

En 2012 [2], avec son équipe CNRS / Sorbonne Université, Johan Decelle, premier auteur de l'article, découvre non seulement que la symbiose des acanthaires, organismes unicellulaires du groupe des radiolaires, et des *Phaeocystis*, une algue unicellulaire du phytoplancton, se retrouve dans toutes les mers du globe, mais également que les algues une fois intégrées aux acanthaires changent d'aspect par rapport à leur vie libre. Il se demande alors si cette association est vraiment à l'avantage des deux organismes... Car, il semblerait qu'une fois intégrée à l'acanthaire, l'algue ne parvienne plus à se diviser. En revanche, ses chloroplastes, lieu de la photosynthèse, se multiplient. Cette association profite-t-elle réellement aux deux organismes ?

« À l'époque, nous n'avions pas les techniques pour le vérifier car il faut observer précisément

ce qui se passe dans les cellules » explique Johan Decelle. « C'est essentiel pour déchiffrer le rôle de chaque partenaire, pour mettre en évidence les mécanismes physiologiques, structurels et métaboliques qui sous-tendent les interactions cellule-cellule. »

Grâce aux technologies d'imagerie subcellulaire notamment développées à Grenoble, et au Synchrotron Européen de Grenoble (ESRF), par Johan Decelle, aujourd'hui chercheur UGA au laboratoire de Physiologie Cellulaire et Végétale (LPCV - CNRS / CEA / Inra / Université Grenoble Alpes) et titulaire de la Chaire d'excellence du Labex GRAL [3], (la microscopie électronique 3D, le nanoSIMS, la fluorescence rayons X de l'ESRF) complétées par des analyses physiologiques, les chercheurs ont aujourd'hui enfin la réponse : *« Nous avons découvert un nouveau mode de photosymbiose, qui ne correspond pas du tout à ce que l'on observe chez les coraux ou les lichens par exemple »* raconte Johan Decelle. *« Au sein de l'acanthaire, les micro-algues subissent une transformation radicale de leur organisation structurelle et de leur métabolisme. Cette transformation, vraisemblablement induite par l'acanthaire, maximise l'activité photosynthétique de l'algue. »*

Véritable symbiose ou « culture » ?

Au sein des acanthaires, les chercheurs ont observé une augmentation du volume des micro-algues mais aussi la multiplication de chloroplastes volumineux et de leurs membranes photosynthétiques qui augmentent significativement la surface photosynthétique.

De plus, la visualisation des nutriments à l'intérieur des cellules, possible grâce à l'imagerie chimique, montre que le rapport azote sur phosphore, augmente de manière significative dans les micro-algues symbiotiques. Grâce au rayonnement synchrotron de l'ESRF, les chercheurs constatent aussi que les micro-algues contiennent de grandes quantités de métaux essentiels (fer et cobalt) fournis par l'hôte et stockés dans des vacuoles d'algues à forte concentration, et qu'elles sont appauvries en phosphore comparativement aux espèces libres, ce qui pourrait expliquer l'absence de division cellulaire au sein de l'hôte. La photosymbiose des acanthaires et des *Phaeocystis* se traduit donc par un remodelage morphologique et métabolique extrême des micro-algues, qui n'avait jamais été observé auparavant dans d'autres photosymbioses comme celle entre le corail et ses microalgues.

Cette symbiose planctonique répandue et abondante entre les acanthaires et *Phaeocystis* semble correspondre davantage à une stratégie de l'hôte visant à réduire la croissance de ses symbiotes tout en maximisant leur photosynthèse et leur rendement, autrement dit : une « culture » (ou « farming ») d'algues par l'acanthaire, ou un parasitisme inverse, où le « grand » parasite le « petit ».

Peut-être une étape de l'évolution des espèces

L'étude réalisée par Johan Decelle et ses collègues est le fruit d'une synergie entre les nombreux centres de recherche impliqués, mobilisant des expertises en biologie structurale, biochimie, imagerie unicellulaire. Elle met en lumière les mécanismes subcellulaires par lesquels les hôtes planctoniques peuvent intégrer, contrôler et manipuler des cellules photosynthétiques dans un océan pauvre en nutriments.

Elles ouvrent ainsi de nouvelles pistes de réflexion en terme d'évolution. *« Ces résultats représentent un changement radical dans la compréhension du fonctionnement d'une relation symbiotique clé des écosystèmes marins »* affirme Johan Decelle. *« Elle apporte également de nouvelles hypothèses pour essayer de comprendre ce qui s'est passé au cours de l'évolution, notamment comment un hôte peut-il prendre le contrôle d'une algue et intégrer une fonction photosynthétique. »*

Notes :

[1] Laboratoires et organismes impliqués dans l'étude :

1- Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Department of Isotope Biogeochemistry, Leipzig, Germany

2- Institut de Biologie Structurale, Université Grenoble Alpes, CNRS, CEA; 71, Avenue des Martyrs, 38044 Grenoble, France

3- Laboratoire de Chimie et Biologie des Métaux UMR 5249, Université Grenoble Alpes, CNRS, CEA; 17, Avenue des Martyrs, 38054 Grenoble, France

4- ESRF, The European Synchrotron Radiation Facility, 71, Avenue des Martyrs, 38043 Grenoble, France

5- NIOZ, Royal Netherlands Institute for Sea Research, Department of Marine Microbiology and Biogeochemistry, and Utrecht University. P.O. Box 59, NL-1790 AB Den Burg, The Netherlands

6- Sorbonne Universités, UPMC Université Paris 06, CNRS, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche (LOV) UMR7093, Observatoire Océanologique, 06230 Villefranche-sur-Mer, France

7- Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Végétale, Université Grenoble Alpes, CNRS, CEA, INRA; 38054, Grenoble Cedex 9, France

8- Institut Nanosciences et Cryogénie, Université Grenoble Alpes, CEA, F38054 Grenoble, France

9- Cell Biology and Biophysics Unit, European Molecular Biology Laboratory (EMBL), 69117 Heidelberg, Germany

[2] *An original mode of symbiosis in open ocean plankton*, Johan Decelle, Ian Probert, Lucie Bittner, Yves Desdevises, Sébastien Colin, Colombar de Vargas, Martí Galí, Rafel Simó, Fabrice Not, *PNAS*, octobre 2012.

[3] Laboratoire d'Excellence Grenoble Alliance for Integrated Structural Cell Biology

Illustration



Un acanthaire (hôte) de 100-200 μm de longueur avec ses micro-algues symbiotiques intracellulaires (cellules jaune). Crédit : Johan Decelle

À PROPOS

L'Université Grenoble Alpes – UGA

Fruit de la fusion en 2016 des universités Joseph Fourier, Pierre-Mendès-France et Stendhal, l'Université Grenoble Alpes représente un acteur majeur de l'enseignement supérieur et de la recherche en France. Dans un monde de plus en plus compétitif, l'UGA a pour ambition de mieux répondre à l'ensemble des défis posés aux universités par le monde d'aujourd'hui et de demain, et d'être encore plus visible et attractif à l'international. Grâce à ses 80 laboratoires, en partenariat avec les organismes de recherche et les grandes écoles du site, la recherche à l'UGA gagne en interdisciplinarité pour être à la pointe de l'innovation. Son offre de formation couvre également l'ensemble des champs disciplinaires. L'UGA est aujourd'hui en mesure de proposer à ses 45 000 étudiants des formations transversales et de faciliter les passerelles entre les diplômes.

www.univ-grenoble-alpes.fr

CNRS

Créé en 1939, le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) est une institution de recherche parmi les plus importantes au monde. Pour relever les grands défis présents et à venir, ses scientifiques explorent le vivant, la matière, l'Univers et le fonctionnement des sociétés humaines. Internationalement reconnu pour l'excellence de ses travaux scientifiques, le CNRS est une référence aussi bien dans l'univers de la recherche et développement que pour le grand public. Faire progresser la connaissance et être utile à la société, tel est le rôle confié au CNRS par l'État. Avec 33 000 personnes et un budget de 3,3 milliards d'euros, le CNRS exerce son activité dans tous les champs de la connaissance, en s'appuyant sur plus de 1100 laboratoires en France et à l'étranger. Il mène des recherches dans l'ensemble des domaines scientifiques, technologiques et sociétaux : mathématiques, physique, sciences et technologies de l'information et de la communication, physique nucléaire et des hautes énergies, sciences de la planète et de l'Univers, chimie, sciences du vivant, sciences humaines et sociales, environnement et ingénierie.

www.cnrs.fr

ESRF

L'ESRF, le Synchrotron Européen, basé à Grenoble, est la plus intense des sources de lumière synchrotron. Chaque année, plus de 10 000 scientifiques du monde entier viennent à l'ESRF pour percer les secrets de la matière au niveau atomique, dans des domaines très variés, allant de la chimie et de la physique des matériaux, à l'archéologie et au patrimoine culturel, à la biologie et à la santé, aux sciences de la Terre et de l'environnement, en passant par les sciences de l'information et les nanotechnologies. Fondé en 1988, l'ESRF est un modèle de coopération internationale, avec 22 pays partenaires.

www.esrf.eu

CEA

Le CEA est un organisme public de recherche à caractère scientifique, technique et industriel français. Il intervient dans quatre domaines porteurs d'enjeux économiques et sociétaux majeurs : la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie et la recherche fondamentale en sciences de la matière et de la vie. S'appuyant sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets de collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels. Fort de ses 20 000 chercheurs et collaborateurs, il est un acteur majeur de l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante à l'international.

www.cea.fr

Univ. Grenoble Alpes, université de l'innovation

Univ. Grenoble Alpes, l'université intégrée rassemblant les acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche de Grenoble, correspond à un des principaux sites scientifiques français de renommée

mondiale : 60 000 étudiants dont 9 000 internationaux, 5 500 enseignants-chercheurs et chercheurs, 3 700 doctorants, plus de 8 000 chercheurs accueillis chaque année, issus de tous les horizons. Univ. Grenoble Alpes s'appuie sur un écosystème innovant et dynamique, situé au cœur des montagnes, qui allie qualité de vie, audace et ouverture au monde.

<http://edu.univ-grenoble-alpes.fr>

Référence

Algal remodeling in a ubiquitous planktonic photosymbiosis

Johan Decelle, Hryhoriy Stryhanyuk, Benoit Gallet, Giulia Veronesi, Matthias Schmidt, Sergio Balzano, Sophie Marro, Clarisse Uwizeye, Pierre-Henri Jouneau, Josselin Lupette, Juliette Jouhet, Eric Maréchal, Yannick Schwab, Nicole L. Schieber, Rémi Tucoulou, Hans Richnow, Giovanni Finazzi, Niculina Musat

Current biology. 28 février 2019.

Contact presse

Muriel Jakobiak-Fontana

Directrice adjointe de la communication UGA

Tél. : 06 71 06 92 26 muriel.jakobiak@univ-grenoble-alpes.fr

Contact chercheur

Johan Decelle, Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Végétale

johan.decelle@univ-grenoble-alpes.fr