

notamment les radiolaires. Ils ont un squelette minéral dont émergent des pseudopodes. Certains rhizaires sont des géants dans le microplancton et peuvent atteindre plusieurs centimètres, mais ils sont extrêmement fragiles et passent donc le plus souvent inaperçus dans les prélèvements. Avec plusieurs autres chercheurs, Tristan Biard, de la station biologique de Roscoff, a étudié les rhizaires de taille supérieure à 0,6 millimètre en examinant 1,8 million d'images prises par une caméra spéciale immergée, dans le cadre de 11 campagnes océaniques qui se sont déroulées entre 2008 et 2013, en particulier celle de *Tara Oceans*.

PLS

Et quels ont été les résultats ?

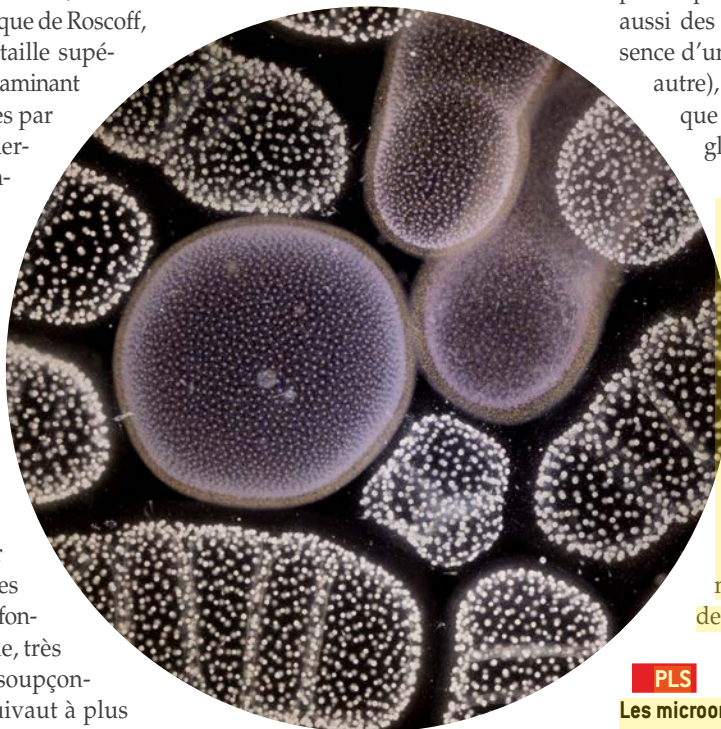
É. K. : Cette étude a notamment permis d'estimer la biomasse constituée par les rhizaires vivant dans les 200 premiers mètres de profondeur. Elle se révèle énorme, très supérieure à ce que l'on soupçonnait : en carbone, elle équivaut à plus de 5 % de celle de tous les organismes marins. De plus, les rhizaires sont relativement abondants dans les vastes régions océaniques pauvres en nutriments, où ils seraient avantagés par leur capacité à vivre en symbiose avec des microalgues. Leur biomasse y est équivalente à celle de tous les autres organismes planctoniques de taille comprise entre 0,2 et 20 millimètres. Ces découvertes modifient notre compréhension des écosystèmes planctoniques, et suggèrent que les rhizaires pourraient avoir un poids important dans le bilan des flux de carbone des océans.

PLS

Y a-t-il d'autres études de *Tara Oceans* qui portent sur les flux de carbone ?

É. K. : Lionel Guidi, du laboratoire de Villefranche-sur-Mer, et d'autres chercheurs en ont publié une en même temps que celle de l'équipe associée à Tristan Biard. En s'appuyant sur des analyses informatiques et génétiques, ils ont caractérisé certains réseaux d'organismes planctoniques qui

sont associés à l'export de carbone dans les régions océaniques pauvres en nutriments, l'export de carbone désignant le processus par lequel le carbone contenu dans les organismes marins finit par couler et par se retrouver séquestré dans les fonds. Mais il reste encore beaucoup à comprendre...



VUE AU MICROSCOPE DE RHIZAIRES formant des colonies, qui peuvent atteindre plusieurs centimètres. Chaque point blanc représente un individu (unicellulaire) de la colonie. *Tara Oceans* a révélé l'importance de leur biomasse.

PLS

Comment étudie-t-on les interactions de tous ces organismes ?

É. K. : Des méthodes bio-informatiques permettent, à partir des données des séquençages de l'ADN et de l'ARN des échantillons, qui renseignent sur la nature et l'abondance des différents organismes présents, de « cartographier » les interactions. Leur principe consiste à déterminer les cooccurrences et à les analyser. L'idée est par exemple que si un taxon (un type d'organismes apparentés) donné A se retrouve systématiquement dans les échantillons où est présent le taxon B, on « prédit » que les taxons A et B sont en interaction. On vérifie ensuite les prédictions bio-informatiques en observant

au microscope certains des échantillons, pour confirmer par exemple que les organismes A et B sont bien physiquement associés. On observe ainsi que la plupart des organismes sont en interaction, qu'il s'agisse de symbiose, de parasitisme ou de commensalisme. Ainsi, il n'y a quasiment pas de protistes isolés. On peut trouver aussi des relations d'exclusion (la présence d'une espèce excluant celle d'une autre), et les chercheurs ont constaté que de telles relations concernent globalement 20 % des organismes planctoniques.

Ces cartographies des réseaux d'interactions prennent également en compte les paramètres environnementaux (pH, température, concentration en phosphates...). Or le rôle des facteurs environnementaux dans la composition des communautés planctoniques s'est révélé bien moins important qu'on ne le pensait : l'environnement explique seulement 18 % des variations de composition.

PLS

Les microorganismes planctoniques sont-ils répartis de façon particulière dans les océans ?

É. K. : *Tara Oceans* a confirmé des choses que l'on savait déjà, comme le fait que la biodiversité du plancton est plus riche dans les régions tropicales où il y a plus d'abondance dans les mers froides. Mais elle a aussi montré que la circulation océanique joue un rôle particulièrement important dans la façon dont se distribuent les communautés d'organismes planctoniques.

Par exemple, une étude a porté sur l'influence des anneaux d'Agulhas (ou anneaux des Aiguilles), de vastes tourbillons qui se forment à l'est de l'Afrique du Sud, entre l'océan Indien et l'océan Atlantique sud. Les données de *Tara Oceans* ont montré que ces anneaux forment une sorte de barrière qui isole l'une de l'autre les communautés planctoniques des deux océans. Plus généralement, l'analyse des données de l'expédition devrait fournir une vision globale de la concentration des organismes planctoniques et de leur diversité selon les régions. Et la

comparaison avec ce que l'on sait sur les poissons sera sans doute utile pour la gestion des pêcheries.

PLS

Le réchauffement climatique perturbe-t-il les populations de plancton ?

É. K. : On l'ignore pour l'instant, mais *Tara Oceans* a mis en évidence une stricte corrélation entre la température et la composition en archées et bactéries du plancton. Dans les profondeurs où la lumière pénètre, la température est, de fait, le principal facteur environnemental qui influe sur la composition du plancton. On devrait donc pouvoir se faire une idée de la façon dont la distribution des organismes planctoniques changera avec le réchauffement climatique. Par ailleurs, les résultats que j'ai déjà évoqués concernant les flux de carbone sont un avant-goût de ce que l'on peut apprendre sur la place du plancton dans la machinerie climatique de la Terre.

PLS

Quelles suites prévoit-on à *Tara Oceans* ?

É. K. : D'abord, l'exploitation complète des échantillons et données recueillis demandera encore plusieurs années de travail. De nouvelles publications sont d'ailleurs en cours, l'une sur la circulation océanique et la répartition du plancton, une autre sur la métatranscriptomique des eucaryotes, une troisième sur les îles du Pacifique et le rôle du fer, la quatrième sur les génomes de plus d'une centaine d'organismes unicellulaires. Il reste aussi à exploiter la dernière phase de la mission, qui s'est déroulée dans l'océan Arctique. De plus, toutes les données de *Tara Oceans* sont mises en accès libre et public, ce qui permet à tous les chercheurs de les exploiter. Enfin, la goélette *Tara* vient d'entamer (en mai 2016) sa prochaine mission, *Tara Pacific*. Prévue jusqu'en 2018, elle porte sur les systèmes coralliens du Pacifique, et notamment le plancton qui y est associé... ■

Propos recueillis par Maurice MASHAAL

■ BIBLIOGRAPHIE

T. Biard *et al.*, In situ imaging reveals the biomass of giant protists in the global ocean, *Nature*, vol. 532, pp. 504-507, 2016.

L. Guidi *et al.*, Plankton networks driving carbon export in the oligotrophic ocean, *Nature*, vol. 532, pp. 465-470, 2016.

Section spéciale *Tara Oceans*, *Science*, vol. 348, n° 6237, 22 mai 2015 (plusieurs articles).

C. Sardet, *Plancton - Aux origines du vivant*, Ulmer, 2013.

COURS PUBLICS

Cycle 3 paléontologues du 19^e siècle face à l'évolution

Judi 24 novembre - 18h : D'Orbigny préoccupé par l'évolution

Avec M. Godinot, paléontologue, directeur d'Étude à l'École Pratique des Hautes Études, Muséum

Grand Amphithéâtre du Muséum — 57 rue Cuvier, Paris 5^e

Cycle Exploration des faunes marines profondes tropicales : Tropical Deep-Sea Benthos fête ses 40 ans

Lundi 7 novembre - 18h : Au cœur de la diversité des crustacés

Avec L. Corbari, chercheuse en Biologie marine, spécialiste des crustacés, Muséum

Lundi 14 novembre - 18h : La systématique des gastéropodes venimeux

Avec N. Puillandre, spécialiste de la systématique évolutive des gastéropodes marins, Muséum

Lundi 21 novembre - 18h : Des données biodiversité à la gestion des espaces naturels : enjeux dans les grands fonds

Avec S. Samadi, professeur, Muséum, J. Delavenne, analyste des données biodiversité marine

UN CHERCHEUR - UN LIVRE

Lundi 28 novembre - 18h : En lien avec l'exposition : Précieux vélins.

Trois siècles d'illustration naturaliste.

Par P. Heurtel, conservatrice, chef du service des collections de la Bibliothèque, Muséum.

M. Lenoir, conservatrice, directrice honoraire de la Bibliothèque, Muséum

FILMS

Cycle « Expéditions : l'usage du monde »

Samedi 19 novembre - 15h : Milieu ou « Milieu »

Les aventures d'un entomologiste japonais aux prises avec un imminent typhon

Réalisation : D. Faure, France, 2015, 52 min. - En présence du réalisateur

Auditorium de la Grande Galerie de l'Évolution — 36 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5^e

LES {Partagez les savoirs}
RENDEZ-VOUS DU
MUSÉUM

Entrée
gratuite

**Au Jardin
des Plantes**

Détails sur mnhn.fr,
rubrique :
"les rendez-vous du Muséum"

POUR LA
SCIENCE

