

MODÉLISER L'ÉCOSYSTÈME OCÉAN

Fort des avancées en écosystémique globale réalisées dans la première décennie du projet *Tara Oceans* (2009-2019), et publiées dans les meilleures revues scientifiques, nous avons pu nous structurer en fédération de recherche (FR2022), un institut virtuel regroupant 22 équipes internationales (11 en France, dont la fondation Tara Océan) autour d'une nouvelle odyssée : *Tara GO-SEE* (Global Ocean Systems Ecology & Evolution).

L'objectif est de comprendre les principes fondamentaux d'écologie et d'évolution d'un premier écosystème complexe sur notre planète, en vue d'établir une théorie quantitative robuste de sa dynamique et de sa résilience. Entre les atomes, les cellules, les organismes, d'un côté, et le climat, les étoiles et les galaxies de l'autre, pour lesquels des centaines de milliards d'euros ont été dépensés pour leur étude, se trouvent les écosystèmes : ces réseaux de vie autoorganisés et adaptatifs, qui interagissent avec l'environnement sur de multiples échelles. Les écosystèmes sont peut-être les « objets » les plus complexes de notre Univers, car ils intègrent l'ensemble du vivant dans sa matrice physicochimique ; pour cette raison, ils ont longtemps échappé à la mesure scientifique et semblaient insondables. Or dans *Tara Oceans*, nous avons prouvé le contraire. Grâce à l'échantillonnage systématique du plancton marin sur des échelles taxonomiques (des virus aux animaux), systémique (des gènes aux organismes) et spatiotemporelle (4 ans sur les océans planétaires) intégrales, nous avons généré la plus grande base de données de séquences ADN/ARN et d'images d'organismes à l'échelle d'un biome. Pour la première fois nous percevons les frontières de la complexité réelle d'un écosystème global, et nous avons développé des concepts et méthodes pour intégrer les données génétiques, d'imagerie, et environnementales (biophysicochimiques), et commencer



L'écosystème marin, dont le plancton est un rouage clé, est-il l'« objet » le plus complexe de l'Univers ?

à découvrir la structure et la dynamique du grand réseau de vie planctonique. Dans *Tara GO-SEE*, nous proposons de poursuivre notre approche « pan-écosystémique » pour répondre, au cours des 10-15 prochaines années, à quelques questions fondamentales. Comment la vie s'est-elle diversifiée et complexifiée au niveau des écosystèmes ? Comment les organismes interagissent-ils et quelles sont les règles d'auto-organisation du vivant dans les écosystèmes ? Comment intégrer la complexité de la vie dans les modèles des grandes fonctions émergentes de l'océan (pompe à carbone, climat, réseaux trophiques et pêcheries). Notre hypothèse principale est que les interactions des organismes et leurs comportements collectifs sont à la base des mécanismes qui génèrent la biodiversité et régulent les communautés. Or ces forces

« symbiotiques » n'ont pas encore été quantifiées ni modélisées aussi bien en écologie qu'en évolution. Une approche au niveau de l'écosystème est nécessaire pour une compréhension holistique de ces processus qui pourraient tout simplement réguler notre monde. Pour ce faire, nous allons non seulement continuer à exploiter les données écomorphogénétiques issues des expéditions *Tara Oceans* et *Tara Pacific*, mais aussi développer des nouvelles approches analytiques pour combler des lacunes d'information, et intégrer et formaliser les données hétérogènes. Enfin nous retournerons en mer avec une nouvelle océanographie suffisamment flexible et réactive pour mesurer les processus clés de l'écosystème océan sur des échelles spatiotemporelles pertinentes.

COLOMBAN DE VARGAS,
FONDATION TARA OCÉAN

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.

Quelles suites aura *Tara Oceans* ?

Éric Karsenti : D'abord, l'exploitation complète des échantillons et données recueillis demandera encore quelques 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 dizaines d'organismes unicellulaires clefs. 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.

À cela s'ajoutent les données issues de la dernière expédition *Tara Pacific* (2016-2018), qui a porté sur les systèmes coralliens du Pacifique, et notamment le plancton qui y est associé. Mais nous avons surtout pu créer une fédération de recherche internationale en automne 2018, avec une vision renouvelée de notre projet au long cours de percer les mystères de l'écosystème océan (voir l'encadré ci-dessus). ■

Propos recueillis par Maurice Mashaal

Autant en emporte l'océan

De ses expéditions, la goélette *Tara* a collecté nombre de spécimens d'espèces planctoniques, pour beaucoup inconnues, qui se laissent porter au gré des courants dans les océans.

© Lairelle-Tara Expéditions

IMMORTELLE ?

Cette petite méduse collectée en Méditerranée est une espèce proche de la méduse *Turritopsis* réputée pour être immortelle.



© John Dolan

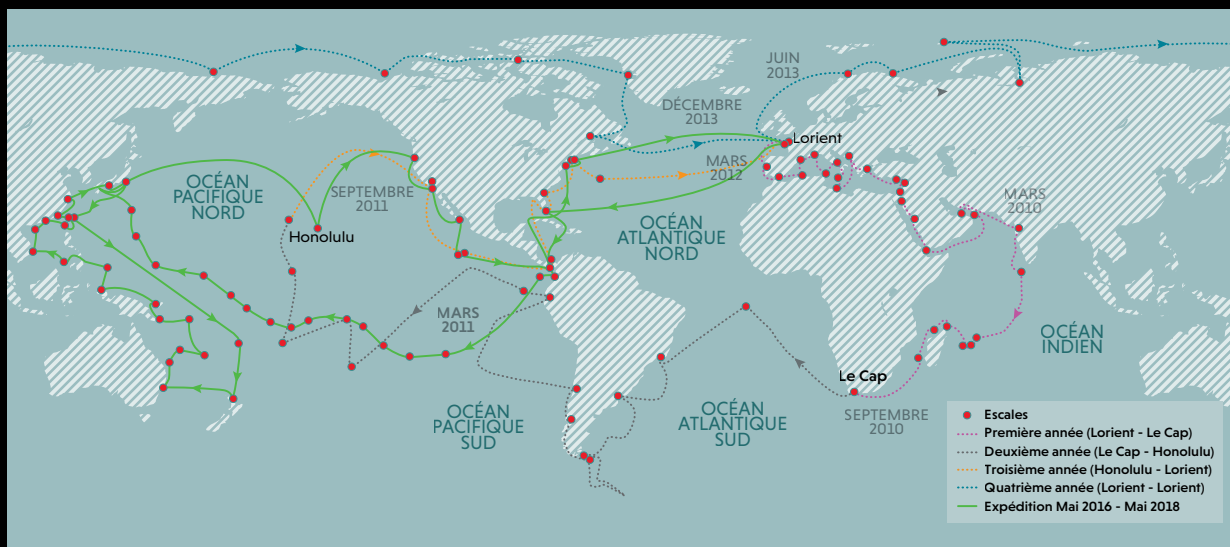
UNE FRUSTULE EN SILICE

Les diatomées, ici *Planktoniella sol.*, sont des algues unicellulaires enveloppées dans un squelette en silice, la frustule.



LA GUERRE DES PTÉROPODES

Trois différents mollusques ptéropodes collectés en Méditerranée. Deux d'entre eux sont protégés par de fragiles coquilles calcaires. Ils sont des proies naturelles du troisième ptéropode sans coquille au premier plan.



D'après carte de be-pôles/Tara Expéditions

La goélette *Tara* a plusieurs fois écumé les océans lors de 11 expéditions, comme *Tara Oceans* entre 2009 et 2013 (en pointillé), *Tara Pacific* entre 2016 et 2018 (en trait plein)...

UN PLANCTON DISCO

Les cténaires sont des organismes carnivores. Ils se déplacent à l'aide de 8 rangées de cils qui sont chez certaines espèces bioluminescents et émettent des flashes lumineux et colorés. Ce juvénile a été collecté en mer Méditerranée.



UN VER MODÈLE

Platynereis dumereii est un vers annélide au dimorphisme sexuel bien marqué : les femelles sont jaunes ; les mâles sont blancs sur une face, et rouge de l'autre. Ce ver est un organisme modèle en biologie et en génétique.

UN CRUSTACÉ BLEU

Les copépodes, comme ce spécimen bleu, sont de petits crustacés libres ou bien parasites. Certains sont les hôtes du vibron du choléra, ce qui explique le lien entre changement climatique, blooms planctoniques et épidémies.

Autant en emporte l'océan



POISSON AU MENU

Cette méduse
Liriope a attrapé
un jeune poisson et
l'a mangé en partie.



UN ÉVENTAIL DE RADIOLAIRES

Cette photographie de radiolaires de la baie de Villefranche-sur-Mer montre une dizaine d'individus *Aulacantha scolymantha*, d'environ un millimètre de diamètre, deux grands radiolaires (*Thalassicolla pellucida* et *Thalassolampe margarodes*) et une colonie de *Collozoum inerme* (en bas à droite). Les petits points ocre sont des microalgues vivant en symbiose avec ces protistes.

