

La chasse au plancton océanique : L'expédition TARA OCEANS

Auteur : Eric Karsenti
Directeur scientifique TARA OCEANS



TARA
OCEANS

European Molecular Biology Laboratory, Heidelberg, Allemagne

Les océans contiennent une masse considérable de petits organismes microscopiques qui sont à la base de la chaîne alimentaire et ont produit notre atmosphère riche en oxygène grâce à la photosynthèse. Nombre d'entre eux font partie du plancton. Ils sont à l'origine de notre existence et continuent à la rendre possible.

La vie a évolué pendant des milliards d'années dans les océans avant de coloniser les terres émergées. Les premiers organismes marins ont probablement été des bactéries et des virus. La vie primitive est apparue dans un environnement pratiquement dépourvu d'oxygène, probablement en utilisant de l'énergie chimique au fond des océans, dans la croûte terrestre ou dans les fumeurs des systèmes hydrothermaux. Depuis, l'évolution dans les océans a produit une grande complexité d'organismes dits « eucaryotes unicellulaires » et produit l'oxygène de notre atmosphère actuelle. Ces organismes, les protistes, sont des cellules uniques qui ressemblent beaucoup aux cellules qui composent les organismes multicellulaires aquatiques, apparus plus tard, ainsi que les organismes terrestres comme l'homme et tous les animaux et les plantes que nous connaissons aujourd'hui. Les protistes primitifs sont apparus il y a environ 1,5-2 milliards d'années. Une énorme diversification s'est produite il y a quelque 300 millions d'années donnant naissance aux protistes que nous connaissons aujourd'hui (Dinoflagellés, Coccolithophores, Diatomées, etc.). Cette explosion de la biodiversité a fait suite à une période d'environ 1 milliard d'années, pendant laquelle se sont produites des fusions ou incorporations de divers types cellulaires, ainsi que d'importants échanges génétiques.

La quête de TARA OCEANS

Les écosystèmes marins actuels tirent leur robustesse de cette diversité générée par l'évolution. Cette robustesse est importante à l'intérieur d'un « domaine de vie » assez large, mais qui doit être respecté. Cette énorme diversité qui donne une grande capacité d'adaptation aux écosystèmes planctoniques est probablement née, entre autres, de la vitesse avec laquelle ces organismes se reproduisent, tout en étant transportés en permanence par les courants des régions chaudes aux régions froides, de régions acides vers des régions moins acides, de zones anoxiques vers des zones riches en oxygène, et de zones pauvres en nutriments vers des régions fertiles. Ceci résulte en un brassage colossal qui conduit à la diversification génétique par échanges de gènes et sélection naturelle. On s'attend donc à une variabilité importante de la composition en organismes et en gènes des écosystèmes, dans différentes régions océaniques. Le but de

TARA OCEANS a été de capturer une image instantanée de ces processus en échantillonnant les écosystèmes, des virus au zooplancton avec leurs paramètres physico-chimiques associés (figure 1), sur l'ensemble des océans de notre planète, puis de mettre au point une méthode d'analyse de la complexité de ces écosystèmes, de leur évolution et de leur capacité d'adaptation. L'idée est de définir à plus long terme, une stratégie permettant de caractériser le « domaine de vie » des écosystèmes planctoniques de notre planète.

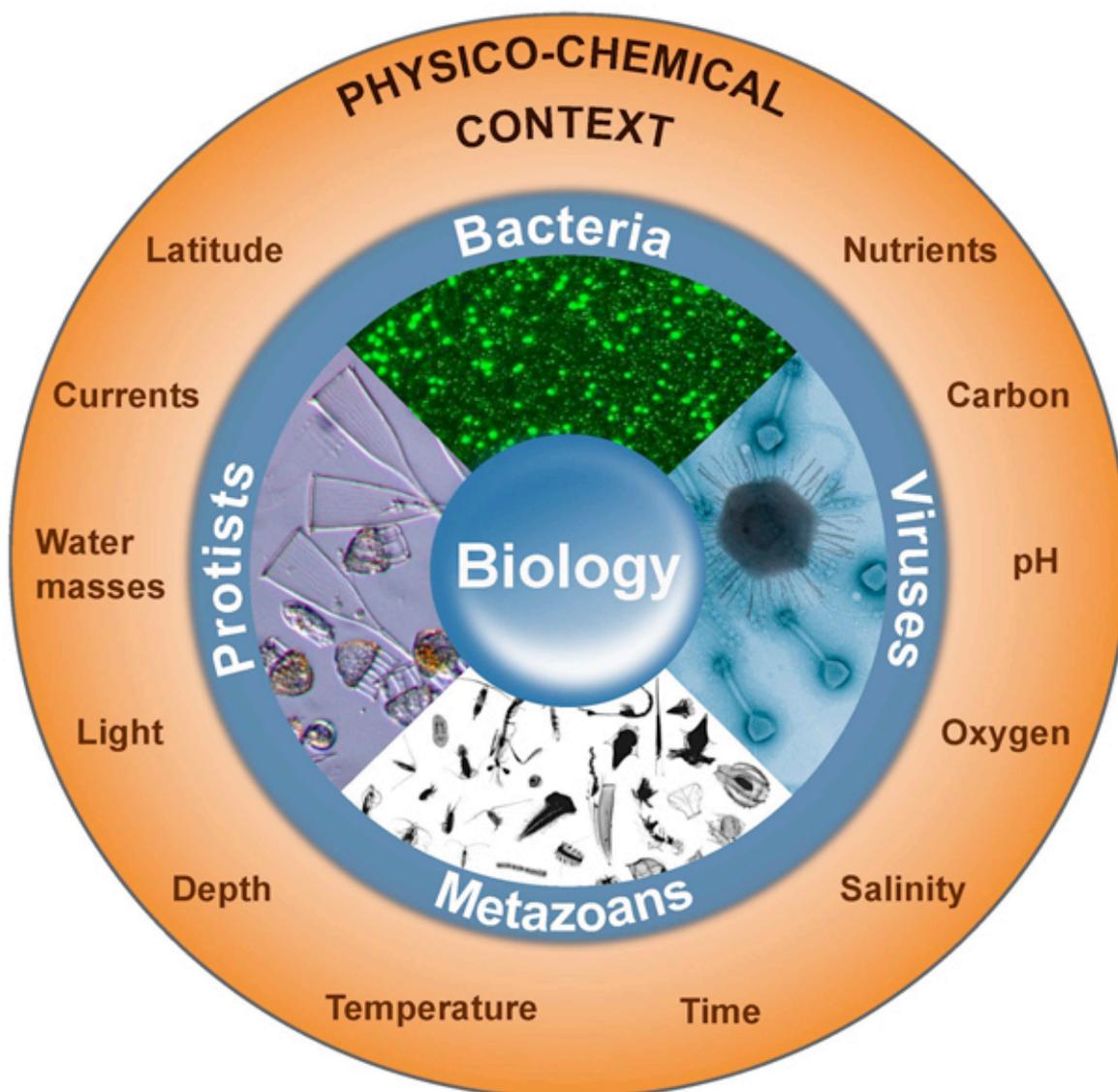


Figure 1. Nous définissons un écosystème planctonique du large comme la diversité génétique de l'ensemble des royaumes du vivant, des virus au zooplancton (cercle intérieur et quadrants), au sein d'une masse d'eau ayant des propriétés physico-chimiques bien spécifiques (cercle extérieur).

De même, une partie importante de l'expédition s'est intéressée à l'étude des coraux un peu dans la même optique. En effet les coraux sont une source considérable de biodiversité et représentent également des écosystèmes mal connus. Cet aspect sera traité dans une autre fiche.

Ce type d'étude est capital dans le monde actuel, où l'humanité exerce une pression de plus en plus importante sur l'équilibre global de la planète.

Le voyage, la méthode d'échantillonnage, et le consortium

Le voyage, à bord du voilier *Tara* (figure 2), a été planifié avec deux impératifs en tête :

- 1- Naviguer avec les conditions météorologiques les plus favorables tout au long du voyage (vents portants et conditions maniables afin de pouvoir échantillonner, été austral en Antarctique tout en évitant les saisons des cyclones sous les tropiques).
- 2- Traverser toutes les grandes zones océaniques ayant des propriétés océanographiques contrastées.



Figure 2. Le voilier *Tara* (©F.Latreille-Tara-Expeditions).

D'où le voyage que *Tara* a accompli et dont la trace est montrée sur la figure 3. Ce parcours a permis d'échantillonner la Méditerranée, la mer Rouge, le nord de l'océan Indien, une région d'acidification importante avec en profondeur des eaux pauvres en oxygène, le sud de cet océan, le canal du Mozambique, l'Atlantique sud, l'Antarctique, le Pacifique sud (désert océanique, la région des Galápagos qui est également une région d'acidification), les régions équatoriales, le Pacifique nord, le système du Gulf Stream et l'Atlantique nord.

L'échantillonnage a été effectué en surface, au niveau de la zone éclairée, ou zone photique, encore appelée « *Deep Chlorophyll Maximum* », qui se trouve entre la surface et 50-100 mètres de profondeur en fonction des conditions locales, ainsi que dans la zone mesopélagique (entre 300 et 400 mètres de profondeur). Cette dernière zone n'est plus éclairée.

Cette stratégie permet de contraster la composition en organismes planctoniques dans des conditions extrêmement variées et devrait donc fournir des données permettant d'examiner la nature des corrélations

entre environnement et composition en organismes et de leurs gènes au sein des écosystèmes océaniques. L'idée étant bien entendu d'utiliser les données pour construire des modèles explicatifs et prédictifs décrivant les écosystèmes planctoniques à l'échelle de la planète.

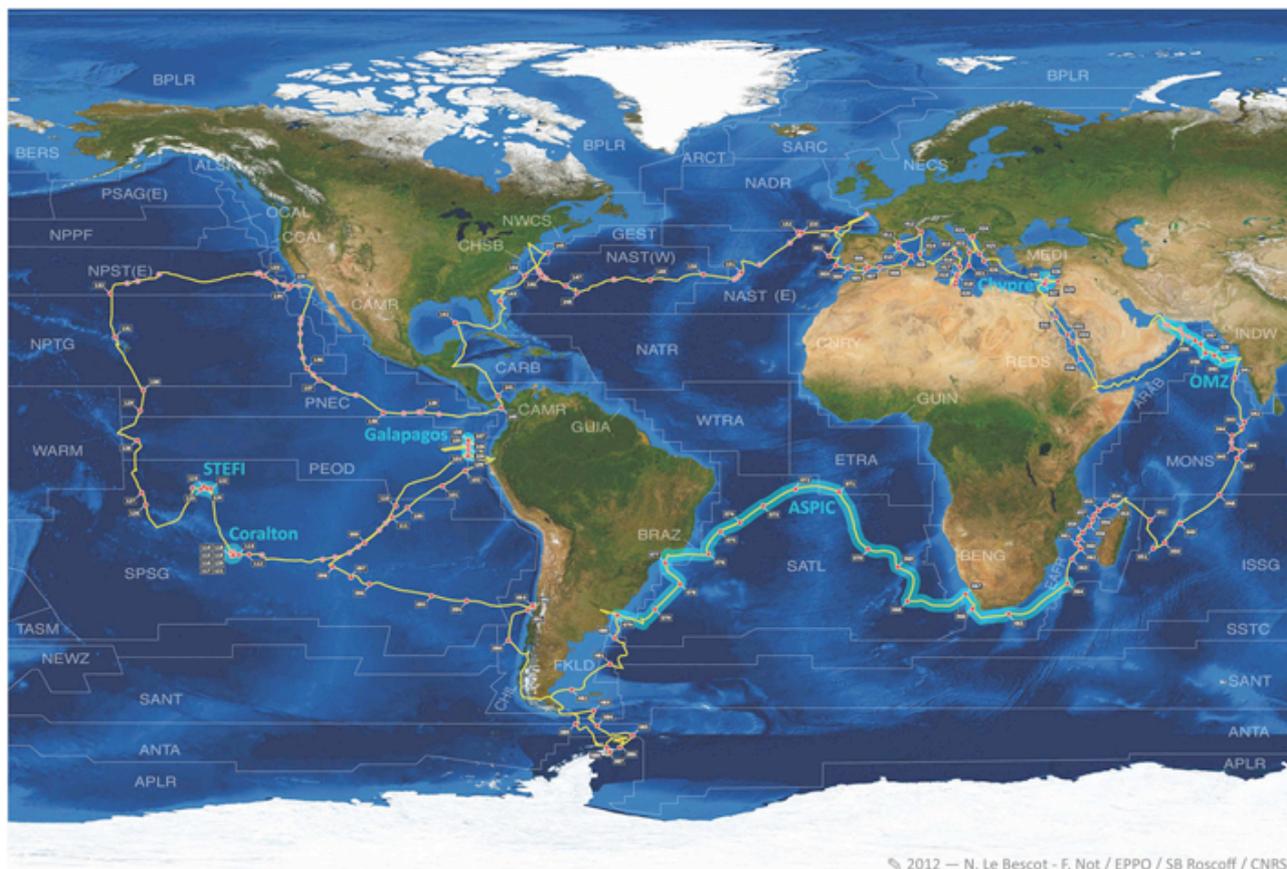


Figure 3. Voyage de TARA (© 2012 – N. Le Bescot – F. Not / EPPO / SB Roscoff / CNRS).

Il a donc fallu mettre au point une méthode d'échantillonnage à bord permettant de collecter de façon quantitative des organismes ayant des tailles très diverses allant de moins de un micron (millionième de mètre) pour les virus et les bactéries, au centimètre pour le zooplancton (figure 4).

Au total, TARA a effectué 153 stations, collecté 27 000 échantillons, dont environ la moitié pour effectuer des analyses génomiques et la moitié pour effectuer de l'imagerie quantitative, effectué 455 profils CTD décrivant les paramètres physico-chimiques des colonnes d'eau échantillonnées et récolté 1 800 échantillons pour l'analyse des sels nutritifs, 825 échantillons pour la chimie des carbonates et 1 500 pour la quantification des pigments chlorophylliens.

Les données océanographiques sont analysées et conservées à l'Observatoire de Villefranche-sur-Mer et archivée à Pangaea (Brême, Allemagne), les génomes sont séquencés au Génoscope (CEA, Évry, France) et seront archivés à l'European Bioinformatics Institute (EBI, Cambridge, Angleterre), l'imagerie est analysée à Villefranche, Roscoff, Dublin (Irlande) et à l'EMBL à Heidelberg en Allemagne.

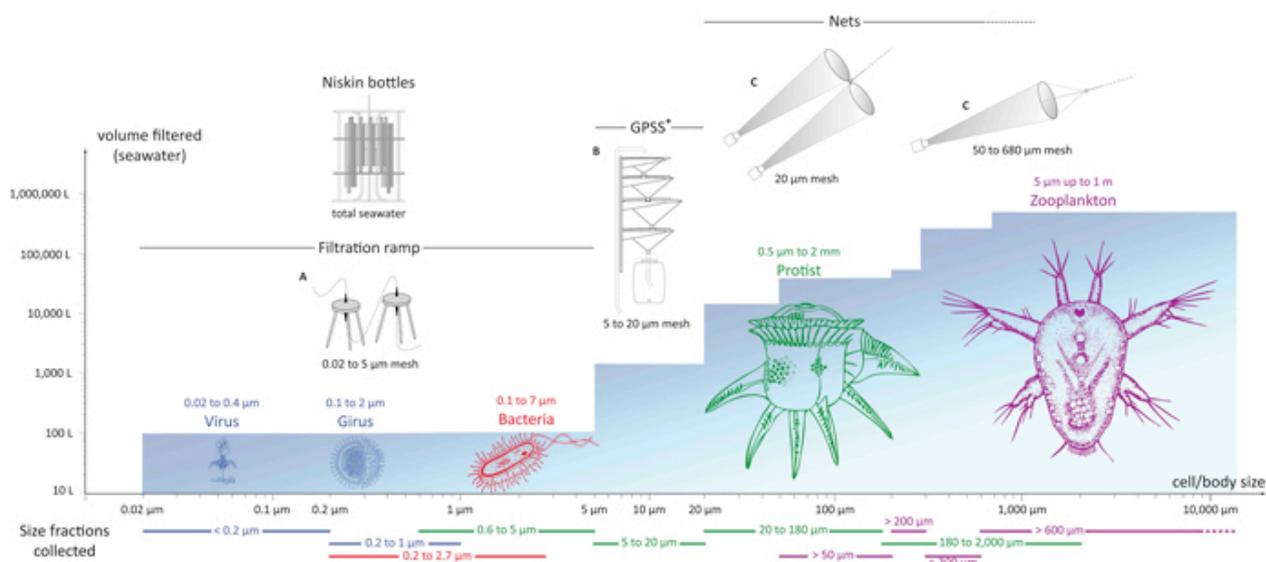


Figure 4. Protocole d'échantillonnage. Plus les organismes sont gros, moins ils sont abondants. Nous avons donc échantillonné à chaque station en utilisant des méthodes spécifiques pour chaque taille d'organismes. Nous avons environ 11 fractions de taille. Chaque fraction a été collectée de façon à pouvoir quantifier les organismes.

L'analyse et les résultats attendus

Les échantillons et données de TARA OCEANS permettront d'apporter des réponses au moins partielles à plusieurs types de questions.

La biodiversité du plancton : La question la plus importante à laquelle on pourra répondre en premier concerne la biodiversité des écosystèmes planctoniques. Pour l'instant, nous ne savons même pas quel est le niveau de biodiversité de ces écosystèmes et nous ne connaissons probablement qu'une infime partie des gènes présents dans les océans. Les premiers résultats de TARA OCEANS indiquent que nous pourrions probablement donner une évaluation assez précise de la biodiversité du plancton, des virus au zooplancton, dans un avenir proche (d'ici un an ou deux). On parviendra également à chiffrer approximativement notre niveau d'ignorance concernant les génomes planctoniques. La caractérisation de ces gènes prendra plusieurs années, entre 4 et 10 ans environ.

Composition en organismes, composition génétique et environnement : La deuxième question de fond concerne la variabilité des populations et la composition génique en fonction de la localisation et de l'environnement. Ces questions nécessitent un niveau d'analyse statistique supplémentaire afin d'évaluer la qualité et la nature des corrélations observées. Des résultats préliminaires indiquent qu'il existe une énorme variabilité de la composition en organismes parmi seulement 35 des 153 stations effectuées. On s'attend donc à des résultats spectaculaires dans ce domaine lorsque les analyses statistiques auront été effectuées.

Symbioses/infections, relations fonctionnelles entre royaumes du vivant : ces questions sont absolument fondamentales. Quels sont les hôtes des virus océaniques (que l'on connaît à peine), quel est leur rôle dans les transferts génétiques entre organismes ? Que font les différentes bactéries présentes dans les océans, avec qui interagissent-elles ? Qui mange qui au sein des protistes, entre protistes et bactéries ? Que mangent les organismes présents dans le zooplancton ? Quelles bactéries vivent en symbiose avec d'autres

organismes, dans quelles symbioses les protistes sont-ils impliqués ? etc. Il y a un grand nombre de questions de cet ordre auxquelles les données de TARA OCEANS pourront apporter sinon des réponses définitives, au moins des pistes très importantes. Et ce grâce au protocole d'échantillonnage utilisé qui permet de détecter les virus et les bactéries dans les fractions d'organismes plus gros etc. La réponse à ces questions est essentielle pour construire des modèles fonctionnels des écosystèmes marins.

Flux de carbone et atmosphère : Les organismes planctoniques participent à la séquestration du CO₂, en créant ce que l'on appelle la « neige » marine. Constituée d'organismes en décomposition et des excréments de l'ensemble de la chaîne alimentaire, cette neige représente un flux de carbone considérable mais encore mal quantifié. Les mesures faites au cours des 60 000 milles parcourus par TARA permettront d'améliorer l'évaluation de ce flux mais aussi d'effectuer des corrélations importantes entre son intensité et la nature des gènes présents dans les colonnes d'eau examinées.

TARA OCEANS va donc ramener une moisson de données d'une grande importance pour mieux suivre l'évolution des écosystèmes planctoniques au cours du siècle et de mieux connaître et mesurer leur importance dans et leur réaction aux changements climatiques en cours. L'interdisciplinarité et le mode de fonctionnement intégré du consortium ainsi que le travail collectif effectué avec TARA Expéditions ont été et resteront des facteurs déterminants pour le succès de ce projet.

Pour en savoir plus :

[1] <http://www.taraexpeditions.org/>