ÉCHOS D'ESCALE

LA MALLE À SOUVENIRS DE TARA

LIEU— DE L'ESCALE

EN MER

TYPE— AGE

RESSOURCES

L'OBJET— DE L'ESCALE

PLANCTON

LA PROBLÉMATIQUE— DE L'ESCALE

Quel est l'intérêt de protéger l'Antarctique ? Quels enjeux peuvent entraver les efforts de préservation ?

LES THÉMATIQUES— DE L'ESCALE

CLIMAT MÉTÉOROLOGIE RISQUES

BIODIVERSITÉ

MOTS— CLÉS

PHYTOPLANCTON - ZOOPLANCTON - CHAINE ALIMENTAIRE EQUILIBRE DIOXYGENE/ DIOXYDE DE CARBONE

Fondation tara océan explorer et partager

taraexpeditions.org

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS
Soutenu par RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
ADEME
casden

© Design graphique : La Niak — Photo : Pete West

I. Généralités

Jusqu'en 2022, les équipes de TARA ausculteront le tissu le plus fondamental de l'Océan, son microbiome, et le devenir de cet écosystème à l'aube du changement global en cours.

Tara est partie de Lorient pour la mission Microbiomes

Source : https://youtu.be/-zIZjbPcF-s

Qu'entend-on par microbiome ? Le microbiome, qui **est** invisible à l'œil nu, désigne l'ensemble des organismes microscopiques (bactérie, virus, protistes et larves.) et leurs activités (communication avec d'autres espèces par exemple).

Par définition, le microbiome océanique désigne l'ensemble des micro-organismes marins (virus, bactéries, microalgues, protistes...), mais aussi leurs interactions avec l'environnement. « C'est comme un tout », résume Romain Troublé, directeur général de la Fondation Tara Océan. « Cela dépasse une simple description des micro-organismes présents, nous voulons comprendre comment ce microbiome fonctionne comme un ensemble, et si son efficacité est sensible à la pollution plastique ou au réchauffement de l'océan en cours. »

L'enjeu de cette mission n'est pas de déterminer « qui est qui », mais « qui fait quoi », explique Chris Bowler, co-directeur de la mission scientifique. « Pour cela, on va se mettre dans la peau des micro-organismes pour observer et étudier comment ils interagissent entre eux et avec leur environnement et comment ils vont réagir au réchauffement climatique et aux pollutions. »

Plus globalement, la nouvelle mission de TARA permettra de comprendre plus finement les grands mécanismes liant microbiome et climat. « La grande majorité des questions que nous allons aborder est liée au changement climatique et aux pollutions, et à comment le microbiome océanique va réagir et évoluer. Les réponses apportées par cette mission devraient ainsi s'avérer particulièrement utiles pour améliorer les modèles de prévision climatique, notamment en y intégrant des paramètres biologiques. » :

- https://www.cnrs.fr/sites/default/files/press_info/2020-12/CP%20-%20FONDATION%20TARA%20OCEAN%20-MISSION%20MICROBIOMES%20021220.pdf
- La mission microbiome de TARA : https://microbiome.fondationtaraocean.org

II. Les enjeux de l'étude du microbiome marin

Les micro-organismes marins tiennent une place essentielle dans l'Océan, représentant plus des deux tiers de la biomasse marine. Ils constituent le premier maillon d'un immense réseau alimentaire qui nourrit une bonne partie de l'humanité. Véritables usines à services écologiques et économiques, ces organismes marins captent notamment le dioxyde de carbone atmosphérique à l'échelle planétaire et produisent en retour l'oxygène que nous respirons chaque jour. Rouage essentiel de la grande machine climatique, le fonctionnement de ce monde invisible reste pour l'heure encore largement méconnu.

Quelques chiffres :

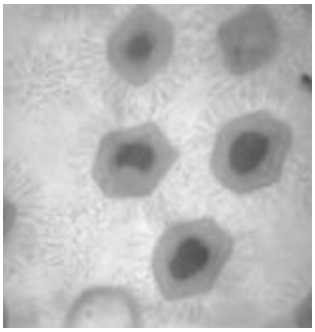
- Plus d'1 milliard de micro-organismes vivent dans chaque litre d'eau de mer.
- Grâce au plancton, l'Océan absorbe 25% du CO_2 émis par l'Homme.
- 50% de l'oxygène sur Terre est produit par l'Océan, et notamment par le plancton

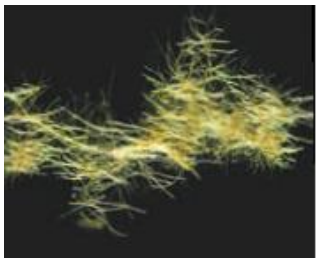
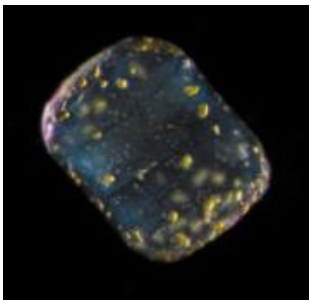
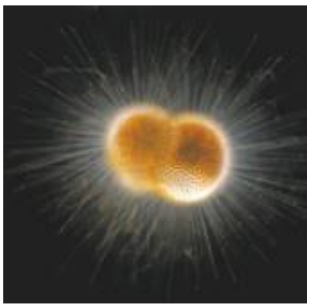
Voir en vidéo	**Le peuple invisible de l'Océan : le microbiome marin** **https://youtu.be/MV0DyNWHxX4**	

A bord de Tara, les scientifiques collecteront des échantillons de microbiome marin au cours de leur périple de 70 000 km dans l'Atlantique Sud, tout en mesurant un grand nombre de paramètres : la température, le taux d'oxygène, la présence de nutriments, ou encore la pollution plastique. Ils s'intéresseront également aux réponses du microbiome face à des phénomènes tels que la fertilisation des océans par les fleuves ou les icebergs, ou encore à l'accroissement des masses d'eau dépourvues d'oxygène comme au large du Chili.

Source : https://jacob.cea.fr/drf/ifrancoisjacob/Pages/Actualites/Vie-Institut/2020/Nouvelle-expedition-Tara-decouverte-microbiome-oceanique.aspx

La diversité des microorganismes du microbiome marin :

Les **virus** (taille : 0,01 à 1 micromètre) Ce sont les plus nombreux et les plus variés. Ils ont besoin pour se reproduire de la cellule d'un organisme. Dans la majeure partie des cas, ils pénètrent leurs hôtes sans les tuer, ils leur amènent de nouveaux gènes, et participent au bon équilibre du microbiome.	

Les **bactéries** (taille : 0,1 à 2 micromètres) Ce sont des organismes simples sans noyau. Certains recyclent le plancton mort en éléments nutritifs, et participent ainsi au mécanisme de respiration des océans.	
Le **phytoplancton** (taille : 0,1 à 10 micromètres) Qu'il soit bactérie ou protiste, le phytoplancton regroupe les microorganismes qui sont capables de photosynthèse. Ces microorganismes, grâce aux pigments de chlorophylle, utilisent le CO_2 pour fabriquer de la matière organique et générer de l'oxygène. Ils sont l'équivalent des plantes sur Terre.	
Les **protistes** (taille : 0,8 à 10 millimètres) Ce sont des organismes complexes mais toujours composés d'une seule cellule avec un noyau et parfois, un squelette de verre, de pierre ou de matière organique.	

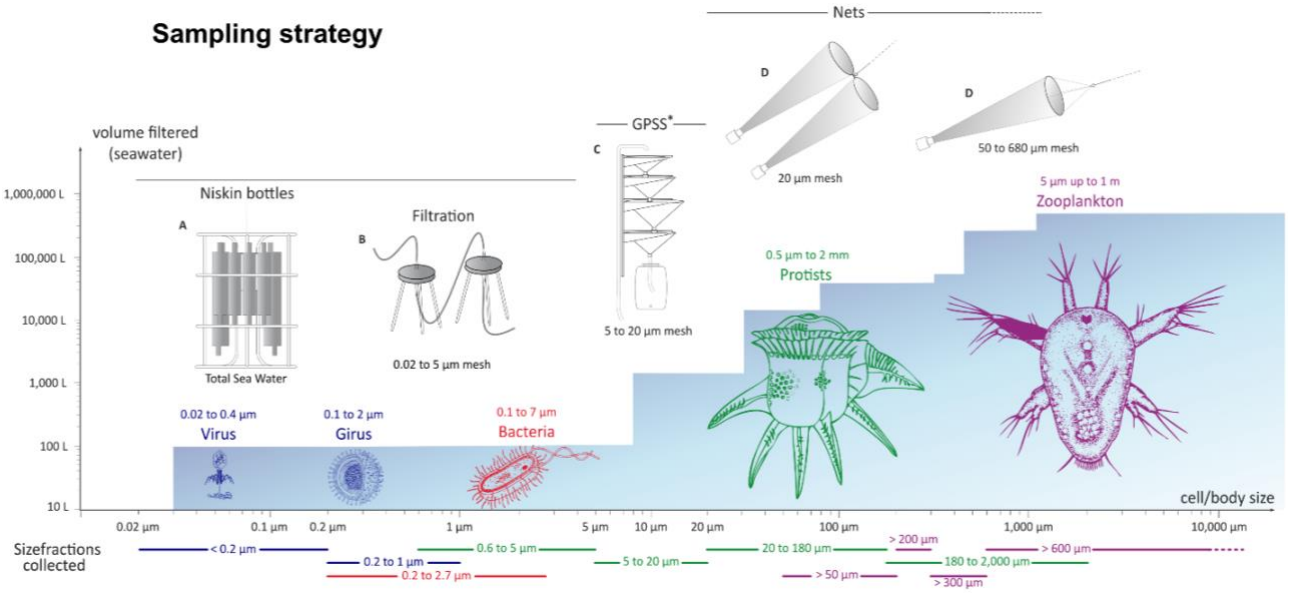
Source : http://oceans.taraexpeditions.org/wp-content/uploads/2021/06/Tara-Ocean-Le-Mag2_FR_BD.pdf

III. Des méthodes de prélèvement de microorganismes

Les expéditions TARA, ont décidé d'aller étudier le microbiome, le premier acteur présent dans toutes les facettes de l'écosystème marin. Les micro-organismes seront collectés grâce à des filets de différentes tailles de maille, immergés jusqu'à 1000 mètres de profondeur, ainsi que via les bouteilles Niskin de la rosette, comme lors des précédentes missions de la goélette.

Mise à l'eau depuis le pont arrière du voilier, la rosette, structure en aluminium de 250 kilos, s'enfonce verticalement dans la colonne d'eau et prélève jusqu'à dix échantillons par plongée, chacune des dix bouteilles pouvant se refermer à une profondeur donnée. La rosette mesure également en continu de nombreux paramètres physico-chimiques : pression, température, conductivité de l'eau, taux d'oxygène...

Méthode pour échantillonner des organismes par fractions de taille



Source : https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/biodiversite/plancton-la-nouvelle-frontiere. Le fond bleu représente le volume d'eau filtré afin d'obtenir suffisamment de biomasse pour l'analyse.

IV. Des méthodes d'étude complémentaires caractériser et quantifier le microbiome, mais aussi révéler ses fonctions

- **Des méthodes d'observation utilisant l'imagerie pour caractériser le microbiome**

Les méthodes d'étude utilisent des instruments de pointe (microscopies, analyse d'image) pour identifier tout le spectre de micro-organismes présents (les bactéries, les virus, le phytoplancton et le zooplancton), mais aussi révéler leurs fonctions.

Coulisses de laboratoires : Le zooscan, un scanner à plancton pour déterminer et quantifier la diversité du microbiome 	*Source : https://youtu.be/b0UNmtueIHo*

Outils de caractérisation des micro-organismes marins : retour sur le Flowcam

Source : https://youtu.be/GUYIqALpvbI

Coulisses de laboratoires :

Explorer les différents outils de prélèvement et d'analyse de TARA

Source : http://oceans.taraexpeditions.org/coulissesdelabo/

- **Le séquençage de l'ADN, une méthode complémentaire pour caractériser le microbiome marin**

Il y a un peu plus de quatre siècles, le microscope s'invitait sur les paillasses des laboratoires. Les scientifiques réalisent alors, et c'est un peu vexant, à quel point notre vision de la biodiversité est étriquée. On contemple la nature à notre échelle, à l'image de ce que nos yeux sont en capacité de voir, par le petit bout de la lorgnette donc. Car la diversité et la complexité du vivant sont bien plus considérables au cœur du monde microscopique, celui que notre œil seul est incapable d'appréhender.

Passé la barrière de la taille, les scientifiques se heurtent vite à une autre difficulté : les microorganismes sont très, très divers. On estime en moyenne qu'un litre d'eau de mer contient plusieurs millions de protistes et des milliards de virus, soit des milliers d'espèces différentes. Les carrières de centaines de biologistes vissés derrière leur microscope ne suffiraient pas à dessiner une carte, même approximative, de la diversité et du fonctionnement d'écosystèmes complexes tels que le corail, le plancton ou encore le microbiote. La nature nous échappe encore largement.

Recours à la génomique

Mais depuis peu, les scientifiques ont une nouvelle corde à leur arc, celle de la métagénomique. Les récents progrès des méthodes de séquençage (méthode qui permet de déterminer le « code barre » des gènes), de stockage de données et d'analyse bioinformatique leur donnent désormais la possibilité d'interroger directement les gènes des organismes présents dans leurs échantillons.

Résultat : plus besoin de les apprivoiser, de les isoler, d'apprendre à les cultiver dans les laboratoires. En très peu de temps, les biologistes sont ainsi capables d'avoir une vision très précise de la diversité et de l'abondance des microorganismes présents dans une poignée de terre ou dans un litre d'eau de mer.

Voir en vidéo : [Tara Pacific] Biodiversité et séquençage ADN

Source : https://youtu.be/rQLepTk5EQ0

Mise à jour d'une diversité invisible

La puissance de ces analyses génomiques repose en partie sur les propriétés de la molécule d'ADN : universelle mais suffisamment discriminante. Chaque type d'organisme et chaque espèce possède des caractéristiques génétiques qui lui sont propres, l'analyse de leur génome permet donc de les distinguer, de les identifier et de les classer précisément. On sait quelles espèces sont présentes dans le milieu et dans quelles proportions. Les séquences nucléotidiques des gènes, sont un « code barre » pour identifier les espèces.

Exemple obtenu par un traitement de séquences obtenu avec le logiciel BLAST

Séquences	**Nom d'Espèce**
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAGGACTCGGGATTGTGGTTTGGCTCCTTCATTGGGGCCTGACTGCGAGAACTTGTCCGAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Thalassiosira lundania
GTCGCACCTACCGATTGAGTGGTCCGGTGAAGTCTCGAGATTGTGGCAATCTCCTTTATTGGAGTTTGACTGCGAGAACTTGCCTAAACCTTATCACTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Chaetoceros tenuissimus
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAAGCCTCGGGATTGTGGTTAGTTTCCTTTATTGGAAGTTAGTCGCGAGAACTTGTCTAAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Fragilariopsis

	kerguelensis
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAGGACTCGGGATTGTGGTTTAGCTCCTTCATTGGGGCCTGACTGCGAGAACTTGTCCGAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Minidiscus
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAAGCCTCGGGATTGTGGTTGGTTTCCTTCATTGGAAGTTAGTCGCGAGAACTTGTCTGAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Strameno pile Fragilario psis
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAAGCCTCGGGATTGTGGTTGGTTTCCTTTATTGGGAGTCGGCCGCGAGAACCTGTCTAAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Nitzschia dissipata
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAAGCCTCGGGATTGTGACCAGTGCCTTTATTGGTGTTGGTCGCGAGAACTTGTCTAAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Naviculales
GTCGCACCTACCGATTGGATGGTCCGGTGAAGCCTCGGGATTGTGGTTCTGCCGCTTTATTGTGGCTGACCGCGAGAACTTGTCTAAACCTTATCATCTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Minutocellus polymorphus
GTCGCACCGACCGATTGAATGATTCGGTGAAAACCTGGGATTGTGGCTCTGTGCCTTTATTGGGACATTGCCGTGAGAACTCGTTTAAACCTCATCATTTAGAGGATGGTAAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Strameno pile inconnu
GTCGCACCTACCGATTGGATGGTCCGGTGAAGCCTCGGGATTGTGGTTCTTGCCGCTTTATTGTGGCGTGACCGCGAGAACTTGTCTAAACCTTATCATCTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Minutocellus polymorphus
GTCGCACCTACCGATTGAATGGTCCGGTGAAGCCTCGAGATTGTGGTTAGTTTCCTTTATTGGATGTTAGCCGCGAGAACTTGTCTAAACCTTATCATTTAGAGGAAGGTGAAGTCGTAACAAGGTTTCC	Strameno pile inconnu

Evolution et fonctionnement des écosystèmes

Au-delà de l'aspect de la diversité, en comparant des échantillons collectés au même endroit à des périodes différentes ou dans des zones distinctes aux conditions environnementales dissemblables, on peut se faire une idée de l'évolution spatiale et temporelle de l'écosystème.

In fine, l'objectif est de prédire sa réaction face à des changements de température, de concentration en oxygène ou de pH par exemple.

La mission Microbiomes regardera les réseaux d'interactions du microbiome (qui est avec qui et quand ?), c'est ce qu'on appelle un intéractome, dans le but de comprendre la complexité du système océan d'un point de vue spatio-temporel et de savoir comment les systèmes microscopiques fonctionnent dans les océans.

- **Révéler les fonctions jouées par le microbiome en étudiant les ARN et les protéines**

Depuis plus récemment encore, les scientifiques ont adapté les méthodes d'analyse de l'ADN à l'ARN, c'est-à-dire aux gènes qui sont réellement exprimés et donc utilisés par les organismes.

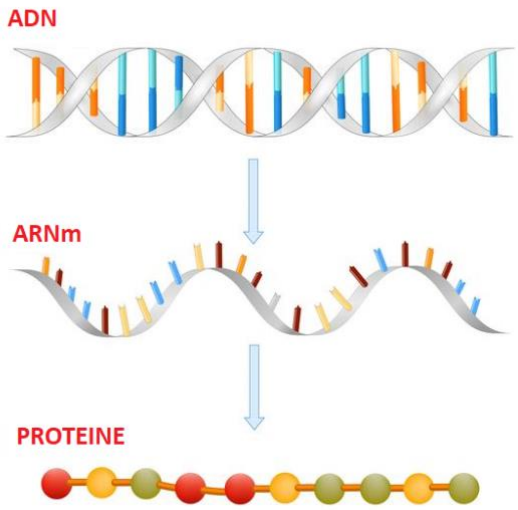
Un gène présent dans un échantillon peut ne pas être exprimé et donc n'avoir aucune fonction dans l'écosystème. **Il ne suffit donc pas d'identifier un gène, il faut être certain que ce dernier sera exploité**.

L'analyse de l'ARN permet donc de comprendre la variabilité de l'expression des gènes, donc des fonctions tenues par les organismes. Cela éclaire la complexité des interactions et la manière dont les organismes s'adaptent à des environnements parfois très particuliers et changeants.

Plus généralement, l'exploitation de ces données génétiques, leur mise en relation avec des données environnementales et morphologiques donne aux scientifiques une vision hypothétique globale du système naturel qu'ils étudient. Plus important, cela leur ouvre des chemins de recherche complètement nouveaux sur lesquels ils n'auraient peut-être jamais pensé s'aventurer.

Source : https://oceans.taraexpeditions.org/m/environnement/ocean-biodiversite/pourquoi-etudier-ladn-de-locean/

De l'ADN aux protéines – une explication simplifiée

Les gènes sont des messages codés dont le support moléculaire est l'ADN. Le décodage de ces messages se traduit par la synthèse de molécules, les protéines, dont chacune exerce une ou plusieurs fonctions précises dans les organismes vivants. Ces molécules qui sont de grande taille, sont toujours composées des mêmes éléments, les acides aminés (au nombre de vingt), dont l'ordre définit la structure de la protéine et son activité biologique. La succession des acides aminés est directement déterminée par la succession des constituants essentiels de l'ADN (les bases nucléotidiques A, C, G, T, pour, respectivement, adénine, cytosine, guanine et thymine). L'ARN messager (ARMm) est une molécule fabriquée dans le noyau à partir de la matrice du gène, dont la fonction est d'exporter le « plan de fabrication » de la protéine du noyau, de la cellule vers le cytoplasme où se situe la machinerie permettant l'assemblage des acides aminés.	

S'intéresser aux ARMm et aux protéines, c'est tenter de déterminer les gènes réellement exprimés, et par conséquent, les fonctions réalisées.

Source : adapté de https://www.news-medical.net/life-sciences/DNA-Interactions-with-Proteins-(French).aspx

Ressources pédagogiques

- Module pédagogique "L'océan, ma planète... et moi !" de **La main à la pâte** (Séquence II-8) : L'océan, milieu de vie, le phytoplancton et le zooplancton : - https://www.fondation-lamap.org/fr/page/28692/module-pedagogique-locean-ma-planete-et-moi
- http://oceans.taraexpeditions.org/coulissesdelabo/index.php?page=decouvrez-le-laboratoire

- http://oceans.taraexpeditions.org/wp-content/uploads/2021/06/Tara-Ocean-Le-Mag2_FR_BD.pdf
- https://planet-vie.ens.fr/thematiques/ecologie/biodiversite/plancton-la-nouvelle-frontiere

- https://www.caminteresse.fr/environnement/a-quoi-ressemble-le-microbiome-marin-11163303/#:~:text=Invisible%20%C3%A0%20l%27%C5%93il%20nu,ces%20derniers%20avec%20leur%20environnement.&text=Ce%20qui%20inclut%20tout%20le,d%C3%A9rivent%20au%20gr%C3%A9%20des%20courants.
- La mission microbiome de TARA : https://microbiome.fondationtaraocean.org
- https://www.cnrs.fr/sites/default/files/press_info/2020-12/CP%20-%20FONDATION%20TARA%20OCEAN%20-MISSION%20MICROBIOMES%20021220.pdf
- https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/mers-et-oceans/tara-explore-les-microbiomes-oceaniques-face-au-changement-climatique_149866
- https://planet-vie.ens.fr/thematiques/manipulations-en-laboratoire/la-revolution-de-la-genomique-les-nouvelles-methodes-de