

DU BATEAU



AU LABO

KIT DE DONNEES SUR LA BIOGEOGRAPHIE DES ESPECES PLANCTONIQUES

Fiche d'accompagnement

Niveau scolaire : collège, lycée

Disciplines : Biologie, Chimie, Physique, Mathématiques

A travers ce kit, différents thèmes pourront être abordés de la physique-chimie à la génétique en passant par les mathématiques : les masses d'eau, les gaz dissous, les courants océaniques, la biodiversité, les espèces, le phytoplancton et le zooplancton, le réseau trophique (chaîne alimentaire) etc.

Objectifs et problématiques

- Découvrir la communauté planctonique et son rôle dans l'équilibre des écosystèmes et du climat
- Appréhender la notion de diversité des espèces en lien avec les conditions environnementales
- Manier une base de données

Type de données : Température, Salinité, Chlorophylle a, Phosphate, Nitrites-Nitrates, Silice.

Introduction et contexte scientifique

Directement impactées par les caractéristiques des masses d'eaux, les communautés planctoniques sont les grands témoins des variations environnementales.

Le but de Tara Océans était de réaliser un portrait global du plancton présent dans les océans. A l'issue d'une navigation de 115000 km, la goélette Tara et son équipage ont ainsi pu récolter 35 000 échantillons que les chercheurs sont en train d'analyser pour mieux comprendre le rôle du plancton et son écologie. Ce kit vous propose d'étudier les données issues de quelques stations de TARA OCEANS afin de mettre en relation les paramètres environnementaux avec les espèces planctoniques présentes. Il peut être réalisé en lien avec le kit de données sur l'analyse ADN des échantillons de plancton ou indépendamment.

Prérequis

- Comprendre les notions de variables environnementales, espèces, phytoplancton, masse d'eau, courant océanique.
- Savoir créer et lire des graphiques (corrélation entre deux variables).
- Avoir des notions de statistique simple (écart-type, moyenne).



Objectifs

- Découvrir le plancton
- Comprendre le rôle clé que joue le plancton dans l'équilibre des écosystèmes et du climat

Documents ressources

- Visioconférence du Dr Flora Vincent, sur le plancton
<https://oceans.taraexpeditions.org/rp/visioconference-sur-le-plancton-rencontre-avec-flora-vincent/>
- Fiche ressource de la plateforme Océan& Climat : « L'Océan, origine de la vie »
<https://oceans.taraexpeditions.org/rp/locean-origine-de-la-vie/>
- Photos libres de droit et illustrant la diversité du plancton disponibles sur notre « Google drive Educatif-PhotosVidéos/2-Plancton/Photos » vous pouvez y accéder en utilisant le lien suivant :
<https://drive.google.com/drive/folders/0BxjuMAILFPGRWWJueHE1QmIEN1U?usp=sharing>
- Article sur l'expédition TARA OCEANS : <https://oceans.taraexpeditions.org/m/qui-est-tara/les-expeditions/tara-oceans/>

Proposition de déroulé pédagogique

- A l'aide des documents ressources, concevoir un exposé sur le plancton.
- Rédiger un texte sur les objectifs de l'expédition scientifique TARA OCEANS

Liens supplémentaires

- Les Chroniques du Plancton : site web et livre conçu par Christian et Noé Sardet, scientifique et photographe du plancton, qui vous proposent un voyage dans le monde merveilleux des organismes planctoniques
<http://planktonchronicles.org/fr/episodes/>
- Livre du FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial) sur les écosystèmes marins
<https://oceans.taraexpeditions.org/rp/livre-sur-les-ecosystemes-marins-dans-le-climat/>
- L'observatoire du plancton : <http://www.observatoire-plancton.fr/>



Objectifs

- Comprendre la notion de protocole et son importance.
- Comprendre le lien entre la qualité d'échantillonnage et la qualité des données.

Documents ressources

- Carte du trajet de l'expédition Tara Oceans
- Infographie du protocole de l'expédition Tara Oceans : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/les-oceans-au-microscope/>
- Infographie sur le voyage des données et échantillons : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-voyage-des-donnees-et-des-echantillons/>
- Vidéo « Témoignages de chercheurs, Lucie Bittner » : <https://www.youtube.com/watch?v=MjA0RrXnbH4&index=22&list=PLkeVMgFz3heCuplZkqwHdntKexU2e99sv>
- Vidéos des stations de collecte de données :
Une station pendant Tara Oceans : <https://www.youtube.com/watch?v=r3eBlncQn7Y>
La préparation des échantillons : <https://www.youtube.com/watch?v=eLnJV61ag3g&list=PLkeVMgFz3heAJSeg9BsKWxS6KPRCILyN4&index=187>
- Document pdf « Protocoles-collecte » : protocole simplifié métazoaire des expéditions Tara Oceans et Tara Oceans Polar Circle pour le zooplancton, et proposition de protocole de collecte simplifiée pour les classes

Proposition de déroulé pédagogique

- Sur la base des infographies, créer un schéma explicatif de l'enchaînement des actions d'échantillonnage.
- A l'aide de l'interview de Lucie Bittner et des vidéos des stations, rédiger un petit texte sur la façon dont ont été collectés les échantillons destinés à la génomique lors de TARA OCEANS.
- Eventuellement, à partir du document « Protocoles-collecte », imaginer un protocole d'échantillonnage et le mettre en œuvre dans l'environnement proche.

Liens supplémentaires

- Photos libres de droit et illustrant la collecte des échantillons dans le dossier « 5-Scienceabord/Photos » : <https://drive.google.com/drive/folders/0BxjuMAILFPGRWWJueHE1QmLEn1U?usp=sharing>
- Journal Tara junior n°2 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n2/>
- Journal Tara n°5 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n5/>
- Journal Tara n°6 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n6/>
- Journal Tara n°7 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n7/>
- Journal Tara n°8 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n8/>



Objectifs

- Manier une base de données sous format Excel
- Se familiariser avec le traitement statistique des données

Documents ressources

- Données-kit-biogeographie.xlsx : tableau excel regroupant l'ensemble des données environnementales et biologiques
- 2007I_HYDROPTIC.pdf : fiche explicative du Zooscan
- Vidéo « Confidences de chercheurs, Lucie Bittner » :
https://www.youtube.com/watch?v=RTFE_Rkc6nl&index=17&list=PLkeVMgFz3heCuplZkqwHdntKexU2e99sv

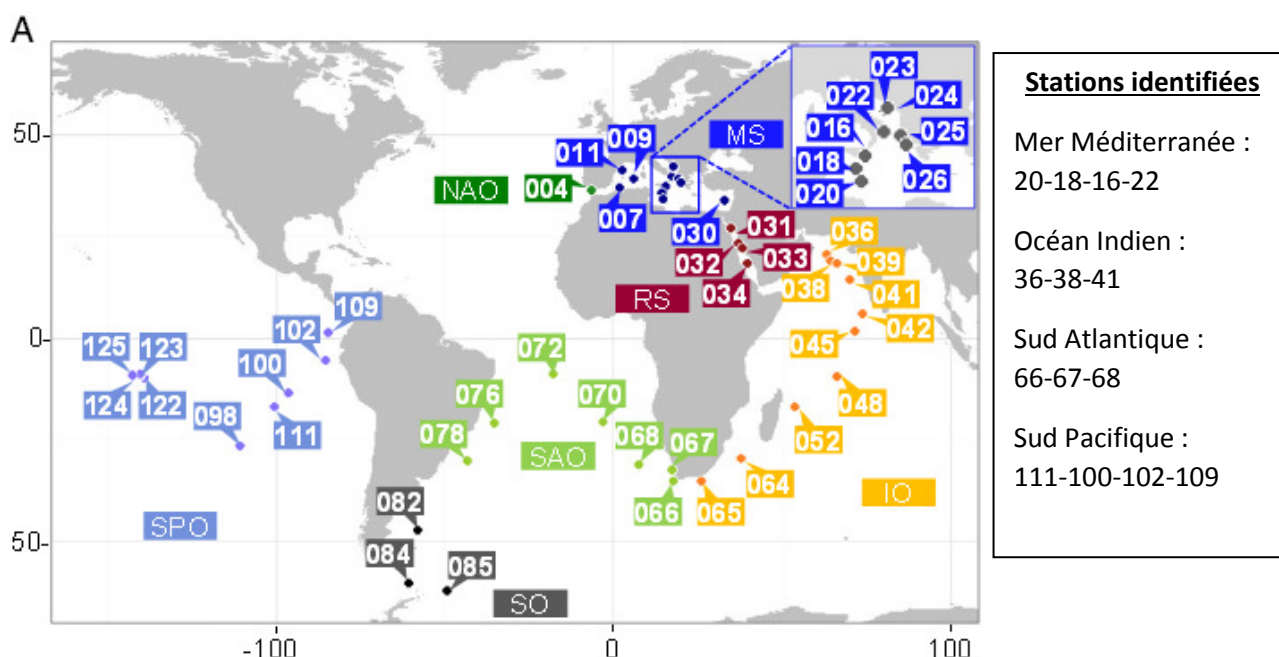
Proposition de déroulé pédagogique

a-Comprendre les données fournies

Toutes les données sont centralisées dans le document «Données-kit-biogeographie.xlsx ». L'onglet « données diatomées » regroupe huit variables environnementales et les abondances des espèces de diatomées obtenues par séquençage. L'onglet "Données zooplancton" regroupe les variables environnementales et les abondances des espèces de zooplancton. Vous pouvez tout à fait choisir de n'étudier que les données de phytoplancton ou que les données de zooplancton.

1-Localisation des stations

Dans ce kit, nous vous proposons d'explorer les données qui ont donné lieu à publication dans une grande revue scientifique (Science, en 2015). Pour ce faire, nous avons identifié quatre biotopes particuliers localisés en Mer Méditerranée, dans l'Océan Indien, dans l'Atlantique Sud et le Pacifique sud.



2- Les variables environnementales

La température (degrés Celsius, °C) et la salinité (Practical Salinity Unit, PSU) sont les deux variables les plus importantes pour déterminer la densité de l'eau. La densité de l'eau est le moteur des grands courants océaniques dont le rôle est primordial dans le maintien d'un climat tempéré sur notre planète. Ces deux variables sont aussi très importantes pour les organismes marins car elles interviennent dans le fonctionnement physiologique des cellules végétales et animales. La répartition des espèces peut alors dépendre de leur tolérance aux variations de température et de salinité.

La chlorophylle a (mg.Chla.m^{-3}) est un pigment impliqué dans la photosynthèse. Celle-ci est responsable de capter les photons émis par le soleil pour que les cellules végétales puissent transformer le CO_2 atmosphérique en matière organique. Puisque la Chl. a est présente dans les micro algues, la mesure de sa quantité est un très bon indice de la biomasse algale. Cela permet de déterminer la qualité d'un environnement en termes de quantité d'algues, mais aussi en disponibilité alimentaire pour le zooplancton.

Le phosphate ($\text{PO}_4, \mu\text{mol.L}^{-1}$), Nitrites-Nitrates ($\text{NO}_2\text{-NO}_3, \mu\text{mol.L}^{-1}$) et la Silice ($\text{Si}, \mu\text{mol.L}^{-1}$) sont des sels nutritifs. Les sels nutritifs sont essentiels à la croissance algale car ils sont responsables du bon fonctionnement cellulaire. Deux sources sont à distinguer : la source terrestre, dont les fleuves sont les convoyeurs, et la reminéralisation de la matière organique (MO) par les bactéries. Celles-ci dégradent la MO en retransformant les cellules mortes en éléments chimiques dissous comme le PO_4 , $\text{NO}_2\text{-NO}_3$ ou Si. Cette reminéralisation a principalement lieu dans le fond des mers et des océans, c'est pourquoi les eaux profondes sont généralement riches en sels nutritifs. Par exemple, la silice est très importante pour les diatomées car la cellule algale s'entoure de deux thèques (ou parties) composées de silice. Si cet élément venait à manquer, le développement de ces algues serait limité. C'est pourquoi l'étude de la concentration de ces trois composés est importante pour comprendre la répartition géographique des espèces de diatomées.

3- Les données de phytoplancton

Les données de ce kit sont issues d'échantillons de micro-algues appelées diatomées. Ces algues sont présentes dans tous les océans du globe et sont à la base du réseau trophique marin. Leur écologie dépend fortement des masses d'eaux qui les contiennent et ce kit est élaboré afin de comprendre les fondements et les mécanismes qui contrôlent la répartition géographique des espèces.

Les espèces phytoplanctoniques, par leur incapacité à se déplacer contre les courants, sont de très bons indicateurs biologiques de la spécificité des masses d'eaux. Tout comme l'ours polaire qui ne

peut vivre qu'en Arctique, le plancton est spécifique à la masse d'eau qui l'entoure. Celle-ci représente l'environnement où il pourra croître, s'alimenter et se reproduire dans de bonnes conditions. Dans le contexte du changement climatique, l'étude du plancton est importante, car tout changement des caractéristiques physico-chimiques des masses d'eaux impactera directement la quantité et le type d'espèces rencontrées.

Pour illustrer ce principe, les données recueillies pendant Tara Océans et présentées dans ce kit permettent de mettre en relation des variables environnementales avec la présence/absence de certaines espèces de diatomées. Les données d'abondances et l'identification des espèces de ce kit sont exclusivement obtenues par séquençage génétique dont le principe est décrit dans un kit dédié à ce sujet.

Les données sont présentées dans un tableau. Voici une ligne en exemple.

TV9	Région	Station	Masse d'eau	Latitude	Longitude	Profondeur	Température	Salinité
TV9_271	MS	16	DCM	37,512	15,500	42,74	18,25	38,26

Chl a, mg.Chl.m ⁻³	Oxygen, μmol.Kg ⁻¹	Phosphates, PO ₄	Nitrites-nitrates, NO ₂ .NO ₃	Silice, SI
0,15	220,83	0,04	0,03	1,34

Raphid-pennate	Polar-centric-Mediophyceae	Thalassiosira	Polar-centric-Mediophyceae
0,00	2,00	5,00	1,00

Quelques explications sur ces données :

-TV9 est le numéro d'identifiant de l'échantillon.

-La région est l'océan dans lequel a été prélevé l'échantillon : MS=Mediterranean Sea, IO=Indian Ocean, SAO=South Atlantic Ocean, SPO=South Pacific Ocean.

-Station est le numéro de la station que vous pouvez retrouver sur le plan dans ce document.

-La masse d'eau c'est la profondeur de récolte. DCM correspond à "Depth Chlorophyll Maximum", la profondeur à laquelle on trouve le plus de chlorophylle donc de phytoplancton et d'activité photosynthétique. Cette profondeur est variable selon les lieux; on la retrouve plus loin dans le tableau en mètre. SUR correspond à des échantillons pris à la surface.

-Les concentrations des sels nutritifs sont exprimées en μmol.L⁻¹.

-La présence des espèces est exprimée en unités d'abondance. Leur nom correspond à une séquence génétique précise que vous trouverez dans l'onglet « génétique » du fichier. On peut ainsi trouver deux fois le même nom mais correspondant à un type génétique différent.

4-Les données sur le zooplancton

Le zooplancton (plancton animal), comme le phytoplancton (plancton végétal), est qualifié de "planctonique" car il ne peut pas nager contre les courants marins. Directement influencées par les caractéristiques des masses d'eaux, les communautés planctoniques sont les grands témoins des variations environnementales.

Les données de ce kit sont issues d'échantillons de filets à plancton WP2 (maille : 200μm). Le zooplancton est très important dans la chaîne alimentaire, aussi appelée le réseau trophique marin. En effet, il est responsable du transfert d'énergie entre le monde végétal et le monde animal. Le zooplancton mange les micro-algues (le phytoplancton) alors que les larves de poissons et les espèces carnivores consomment le zooplancton. Leur écologie dépend fortement des caractéristiques des masses d'eaux car leur présence et leur survie sont assurées par la disponibilité de la ressource alimentaire (indice : concentration en micro-algue, Chl. a) et de leurs capacités

physiologiques à résister à leur environnement (ex : température, salinité). Étant un maillon essentiel dans le maintien des niveaux trophiques supérieurs, le zooplancton est un sujet d'étude primordial pour comprendre l'environnement marin.

Les organismes zooplanctoniques sont considérés comme les "brouteurs" des océans. Ils se nourrissent des particules en suspension dans l'eau et peuvent sélectionner les microalgues riches en lipides (gras) bénéfiques pour leur croissance. La présence et l'abondance du zooplancton est donc fortement liée à la ressource alimentaire. Les zones très productives en zooplancton sont des lieux où il y a une grande biodiversité. Des baleines aux oiseaux, en passant par les poissons, tous dépendent directement ou indirectement du zooplancton. Par exemple, les baleines se nourrissent de krill qui est une "crevette" pélagique, c'est-à-dire qui se situe dans la colonne d'eau, et non épi-benthique, proche du fond, comme les crevettes que nous mangeons. Les oiseaux côtiers sont aussi invités au festin car ils se nourrissent de poissons, qui se nourrissent eux-mêmes de zooplancton. C'est pourquoi il est important d'étudier les changements de compositions des espèces zooplanctoniques et de leurs abondances, car toute modification peut avoir de fortes répercussions sur l'ensemble du réseau trophique marin.

Pour illustrer ce principe, les données recueillies pendant Tara Océans et présentées dans ce kit permettent de mettre en relation des variables environnementales avec la présence/absence de certaines espèces zoo-planctoniques. Les données d'abondances et l'identification des espèces de ce kit sont exclusivement obtenues par l'analyse d'image de Zooscan, dont le principe est décrit dans le document (2007I_HYDROPTIC.pdf) joint au kit. Cela explique que les données ne sont pas forcément des espèces précises, le système d'imagerie ne permettant pas toujours une identification précise.

Les données du tableau sont sensiblement les mêmes que pour le phytoplancton. Vous pouvez vous reporter aux explications ci-dessus.

b-Caractériser les régions océaniques

- Décrire et comparer les différentes régions océaniques à l'aide de la base de données physico-chimiques des masses d'eaux.
- Représenter graphiquement les différences entre régions.

c-Caractériser la diversité planctonique des régions océaniques

Identifier et décrire les communautés d'espèces présentes dans les différentes régions océaniques, à l'aide des données "Abondances".

d-Lier la physique à la biologie

Identifier les relations (observation, corrélation, régression, etc.) entre les variables environnementales et l'abondance des diatomées, pour expliquer les différences observées entre chaque biotope.

e-Et du côté des chercheurs ?

A l'aide de l'interview de Lucie Bittner, découvrir le métier et le parcours des professionnels en charge du traitement et de l'analyse des données collectées pendant TARA OCEANS

https://www.youtube.com/watch?v=RTFE_Rkc6nI&index=17&list=PLkeVMgFz3heCuplZkqwHdntKexU2e99sv

Exemple de travaux de classe réalisés autour de ce kit :

<https://oceans.taraexpeditions.org/per/analyser-les-donnees-de-tara-oceans/>

<http://svt.ac-creteil.fr/?Analyse-de-donnees-de-l-expedition-Tara-Oceans-2009-2012-pour-tenter-de>

Liens supplémentaires

- Importance de la densité dans la genèse des courants marins océaniques :
<https://www.youtube.com/watch?v=PvUTDIbbk0U>
- Présentation générale des diatomées : <http://planktonchronicles.org/fr/episode/diatomees-maisons-de-verre/>
- Importance des nutriments dans la chaîne alimentaire : <https://www.youtube.com/watch?v=AqXGY26tEko>
- Vidéo de Tara Oceans sur l'efflorescence du phytoplancton :
<https://www.youtube.com/watch?v=t9TWT-f0h5o>
- Vidéo en anglais pour décrire le principe cellulaire de la photosynthèse :
https://www.youtube.com/watch?v=joZ1EsA5_NY



Objectifs

- Discerner les limites de la méthode utilisée
- Apprendre à recontextualiser les résultats

Proposition de déroulé pédagogique

- Discuter des limites et faiblesses éventuelles de votre analyse
- Discuter des impacts de vos résultats
- Quelles autres questions se posent ?



Objectifs

- Apprendre à présenter ses résultats de manière synthétique
- Manier l'anglais

Documents ressources

Un inventaire des différents outils de data-visualisation :

<https://oceans.taraexpeditions.org/wp-content/uploads/2018/03/Les-outils-de-Datavisualisation.pdf>

Proposition de déroulé pédagogique

- Rédiger un petit texte, en français et en anglais, sur cette problématique et vos résultats
- Réaliser un poster (format A0)
- Organiser une présentation (de type conférence) devant d'autres classes

Votre avis nous intéresse !

Ce kit de données est un outil que nous souhaitons le plus utile possible. Nous aimerions avoir votre aide pour l'améliorer. N'hésitez donc pas à nous faire part des remarques qui nous permettraient de faire évoluer ce kit (éléments de langage appropriés, lien avec les programmes, informations complémentaires nécessaires) et le rendre ainsi plus adapté à vos besoins d'enseignant.

Contributions : Ce kit a été réalisé par Jean Baptiste Favier (océanographe) en collaboration avec Xavier Bougeard (Tara expéditions) et avec l'aide des scientifiques de l'ENS Paris et de la station biologique de Villefranche à partir des séquences récoltées lors des expéditions Tara Oceans entre 2009 et 2013. En collaboration avec Océanomics, ce projet bénéficie d'une aide de l'état gérée par l'Agence Nationale de Recherche au titre du programme « investissement d'avenir » portant la référence ANR-11-BTBR-0008



OCEANOMICS