

# DU BATEAU



# AU LABO

## KIT DE DONNEES SUR L'ANALYSE ADN DES ECHANTILLONS DE PLANCTON

### Fiche d'accompagnement

Niveau : Première et Terminale Scientifique

Discipline : SVT, Technologie de laboratoire, Informatique, Sciences au sens large

#### Objectifs

- Concrétiser la notion de séquençage ADN et son importance.
- Initier les élèves aux techniques d'analyse des séquences.
- Caractériser un milieu à l'aide d'une étude génétique (métagénomique).

#### Type de données :

- Documentation technique sur le séquençage
- Séquences ADN venant des échantillons de l'expédition Tara Oceans (produit de séquençage fastq, illumina).

#### Contexte

Autrefois, les naturalistes découvraient les espèces en les décrivant morphologiquement et en les comparant une à une pour comprendre les liens qui existaient entre elles. Aujourd'hui, grâce à l'avancée de la recherche, il est constaté que même des espèces similaires morphologiquement peuvent être génétiquement différentes et former des espèces différentes. C'est pourquoi, le développement rapide des techniques de séquençage permet d'utiliser l'ADN pour reconnaître et découvrir de nouveaux organismes. Du virus à l'être humain, l'ADN utilise le même code (avec quelques exceptions). Ainsi, il est possible en comparant des fragments d'ADN connus et inconnus, de retrouver la fonction et/ou l'espèce originelle de l'ADN inconnue. Pour cela, il est nécessaire de séquencer l'ADN. Cela consiste à déterminer l'enchaînement des quatre bases azotées A-T-G-C. Lorsque l'on travaille sur des séquences d'ADN prélevées en milieu naturel, en séquençant de nombreux organismes en même temps, on parle de métagénomique. On accède ainsi à des informations précieuses sur les organismes qui vivent dans ce milieu.

Ce kit permet de découvrir simplement ces techniques et applications dans le milieu océanique.

#### Prérequis

Avoir des connaissances sur l'ADN, sa composition moléculaire et ses caractéristiques principales.  
Avoir des notions de base de la génétique est nécessaire pour aborder cette activité.



### 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/ocean-origine-de-la-vie/>
- Photos libres de droit et illustrant la diversité du plancton disponibles sur notre « Google drive Educatif-PhotosVidéos/2-Plancton/Photos » :  
<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/>
- Article « Pourquoi étudier l'ADN de l'Océan » :  
<https://oceans.taraexpeditions.org/m/environnement/ocean-biodiversite/pourquoi-etudier-ladn-de-locean/>

### Proposition de déroulé pédagogique

- a) A l'aide des documents ressources, concevoir un exposé sur le plancton.
- b) Sur la base des articles, rédiger un texte sur les objectifs et enjeux 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/>
- Interview vidéo de Julie Poulain « Témoignages de chercheurs » : <https://www.youtube.com/watch?v=UINXOCuOPFg&list=PLkeVMgFz3heCuplZkqwHdntKexU2e99sv&index=22&t=0s>
- 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

- a- Sur la base des infographies, créer un schéma explicatif de l'enchaînement des actions d'échantillonnages.
- b- A l'aide de l'interview de Julie Poulain 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.
- c- A 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/0BxjuMAILFPGRWWJueHE1QmIEN1U?usp=sharing>
- le journal Tara junior n°2 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n2/>
- le journal Tara n°5 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n5/>
- le journal Tara n°6 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n6/>
- le journal Tara n°7 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n7/>
- le journal Tara n°8 : <https://oceans.taraexpeditions.org/rp/le-journal-de-tara-n8/>

### 3. Traiter et analyser les données

#### Objectifs :

S'approprier les techniques d'analyse des séquences ADN

#### Documents ressources

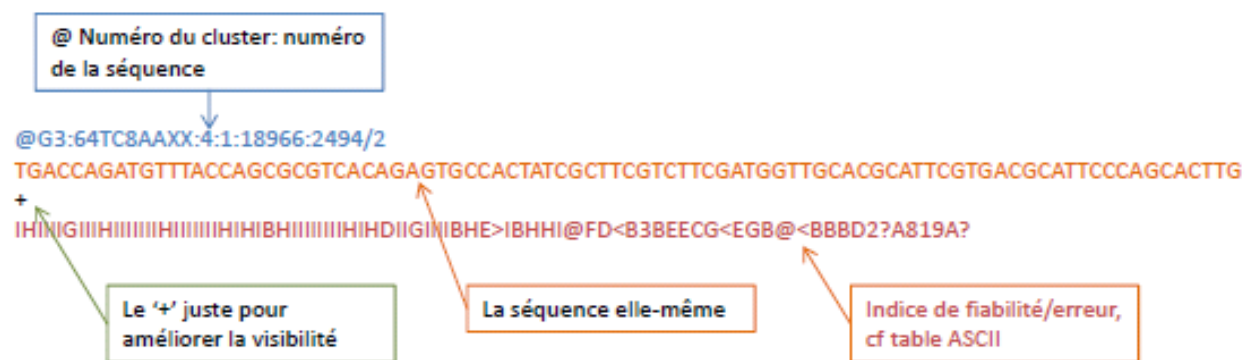
- "Illumina\_explications.pdf": pour tout comprendre sur la méthode de séquençage Illumina.
- "asciifull.gif" et "lirefastq.png": pour apprendre à lire les données sortantes de la machine Illumina.
- Document "Blast Sequence 18S.pdf": pour apprendre à utiliser le logiciel de reconnaissance des séquences.
- "sequencetest.txt": pour s'entraîner avec des séquences bien identifiées. Ces séquences nous ont été données par les chercheurs ayant travaillé sur Tara.
- "sequences inconnues.txt": données brutes non identifiées, à utiliser avec BLAST. Ces séquences sont issues des échantillons de l'expédition Tara Oceans.
- Interview vidéo de Julie Poulain « Confidences de chercheurs » :  
<https://www.youtube.com/watch?v=2qxXS3yGaMQ&index=15&list=PLkeVMgFz3heCuplZkqwHdntKexU2e99sv>

#### Proposition de déroulé pédagogique

a) Comprendre les données fournies

1/ Comprendre le produit de séquençage

Les échantillons sont séquencés à travers une machine et les résultats sortent sous format ".fastq".



2/ Comprendre l'indice de fiabilité

Se référer à la table ASCII (asciifull.gif), ci-dessous les étapes:

Prenons par exemple le caractère ';'.

Repérer ';' dans la colonne 'Chr'.

Repérer le numéro correspondant dans la colonne 'Dec': ici '59'.

Y soustraire 33 => 59-33 = 26 appelé le score Q.

On en déduit p, la probabilité que la base appelée soit fausse, grâce à la formule suivante :  $p=10^{(-Q/10)}$  => plus le score est grand, plus p est petit, plus la probabilité que la base soit la bonne est grande.

A noter une exception pour 'I', score Q = 41 (et pas 40).

Ces données s'organisent dans de grands fichiers contenant de 10 à 20000 séquences. Notons que pour ce mélange de protistes, nous avons 4117 fichiers de séquences méta génomiques (réalisées à partir de l'ensemble du génome), 160 fichiers de séquences 18SV9 d'ARN ribosomal (c'est en particulier à partir de cet ARN que l'on peut déterminer l'espèce de l'organisme). Cela représente des quantités d'information énormes à traiter. Cela rend absolument obligatoire l'utilisation de l'informatique.

b) Identifier les séquences inconnues.

Comprendre le principe du BLAST : comparer les séquences connues avec des bases de données de séquences connues cf "document BLAST - Séquences 18 S.doc"

Réaliser le blast avec les séquences inconnues.

c) Effectuer des recherches sur les organismes dont l'ADN a été identifié.

d) A l'aide de l'interview de Julie Poulain, découvrir le métier et le parcours des professionnels en charge du traitement et de l'analyse des séquences ADN des échantillons TARA OCEANS.

#### Exemple de travaux d'élèves réalisés à partir de ces données

Un travail réalisé à partir d'une visite au Génoscope avec une part d'analyses de séquences

[http://html5.ens-lyon.fr/Acces/GrainesExplorateurs/2013/20130530/Pontoise/ADNTara\\_Pontoise\\_video.html](http://html5.ens-lyon.fr/Acces/GrainesExplorateurs/2013/20130530/Pontoise/ADNTara_Pontoise_video.html)

#### Liens complémentaires

-Les différentes étapes du séquençage : <http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/actu/d/genetique-sequencage-adn-nuls-26754/>

-Article et Vidéo de technique générale de séquençage : <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/sequencage/sequence.htm>

-Vidéo de présentation Illumina qui est la technique principalement utilisée pour le séquençage haut débit : <http://www.youtube.com/watch?v=womKfikWlxM>

-Site développé (en anglais) par Pascal Hingamp, chercheur à Marseille, travaillant sur les données de Tara Oceans. Il est destiné aux étudiants qui peuvent s'entraîner à « annoter » des séquences d'échantillons inconnus, de nombreuses ressources (section « help ») <http://annotathon.org/>

-Vidéo de comparaison de séquence d'ADN : <https://www.youtube.com/watch?v=OSKwuOccAak>



#### 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, votre expérience 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 Flora Vincent (ENS Paris) en collaboration avec Jean Baptiste Favier (océanographe) et Xavier Bougeard (Tara expéditions) 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

