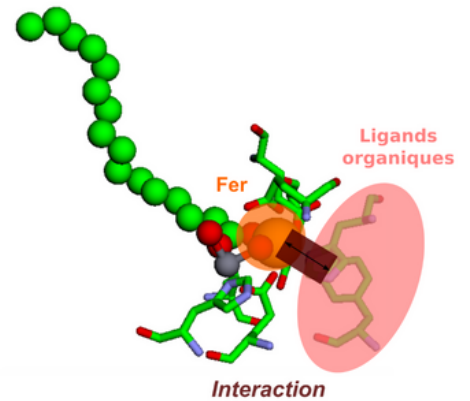




Étudier les sources de nutriments et les écosystèmes des eaux Atlantique et Antarctique

L'eau des océans contient des dauphins, des poissons, des algues, ... mais aussi des **organismes microscopiques**, sur lesquels Baptiste travaille. On parle aussi de plancton. Pour vivre et se reproduire, ces petits organismes ont besoin de lumière, d'échanger de l'oxygène et du CO₂ avec leur environnement, **de nutriments comme les nitrates, mais aussi de nutriments en très petite quantité, par exemple le fer**. Ils peuvent venir des roches du continent, des colonies de manchots, ou bien être apportés par les courants marins. Ces éléments peuvent se trouver dans l'eau sous la forme d'ions libres mais la plupart du temps, ils sont liés à des molécules pour former des **complexes** (en voici un exemple sur la droite). Ces molécules qui peuvent être fabriquées par le plancton et qui se retrouvent dans l'eau sont appelées des **ligands** et sont essentielles pour permettre aux écosystèmes d'utiliser le fer. L'apport d'un nutriment (comme le fer), lorsqu'il est limitant, permet à un écosystème de se développer et est appelé **fertilisation**.



Complexe que les microorganismes peuvent prélever dans leur environnement.

modifié d'après <http://iron.atomistry.com/pdb6qkt.html>

Clément souhaite mieux comprendre les facteurs qui conditionnent le développement de ces écosystèmes de surface.

Pour cela, il se pose la question suivante :

Quelles sont les sources de nutriments présentes dans l'eau de mer et comment la fertilisation se déroule-t-elle ?



Plan de l'étude

Son objectif est de **prélever de l'eau en de nombreux points pour analyser les nutriments** (comme le fer) **et les ligands** (comme les molécules liées au fer qui aident son assimilation par les microorganismes) qui sont présents dans l'océan, comprendre d'où ils viennent et comment ils permettent au plancton de se développer.

La principale difficulté : Il va mesurer des **quantités très faibles**, et la moindre poussière, le moindre cheveu contient des molécules qui peuvent **contaminer** l'échantillon en s'y mélangeant et fausser la mesure.

Comment va-t-il s'y prendre ?



Protocole - Le prélèvement

En Antarctique :

Les prélèvements se font depuis l'annexe (un petit bateau plus maniable que le voilier). On en réalise à chaque fois 9 en forme de V pour faire une cartographie de l'écosystème, avec la pointe du V au niveau d'un lieu intéressant (par exemple de la glace, une montagne, une plage avec une colonie de manchots). Pour chaque point, il y a deux choses à faire :

- On passe dans l'eau un filet à microphytoplancton, ce qui permet de filtrer l'eau pour récupérer les petits organismes vivants.
- On remplit un bidon avec de l'eau de mer après l'avoir bien rincé dans la mer pour que les échantillons ne soient pas contaminés par des restes éventuels.

Pendant ces manipulations, Clément porte des gants qui montent jusqu'aux épaules pour ne pas contaminer l'échantillon et éviter de se mouiller. Sur l'annexe, un des autres membres de l'équipe l'aide parfois à finir la filtration.

En Atlantique :

L'eau est prélevée depuis le voilier. Clément se trouve dans son laboratoire tandis que deux membres de l'équipe s'occupent sur le pont de mettre la bouteille Go-Flo à l'eau. Celui ou celle qui touche la bouteille porte des gants, des manchettes et une charlotte et ne touche à rien d'autre. Ils vont ensuite la sortir pleine d'eau et brancher un tuyau de sorte à ce que Clément puisse récupérer l'eau sans devoir ouvrir sa porte, pour éviter de contaminer l'air de la pièce qui est en train d'être filtré.

A vous de jouer ! Clément et Olivier, au début de l'expédition, ont enregistré une petite vidéo pour nous raconter comment se déroule un prélèvement.

Regardez-la et notez les mots que vous ne comprenez pas.

A votre avis :

→ Pourquoi faut-il ralentir le bateau ?

→ Pourquoi Clément doit-il rester enfermé ?

→ Une fois que l'eau est dans la bouteille, que fait Clément dans son laboratoire ?



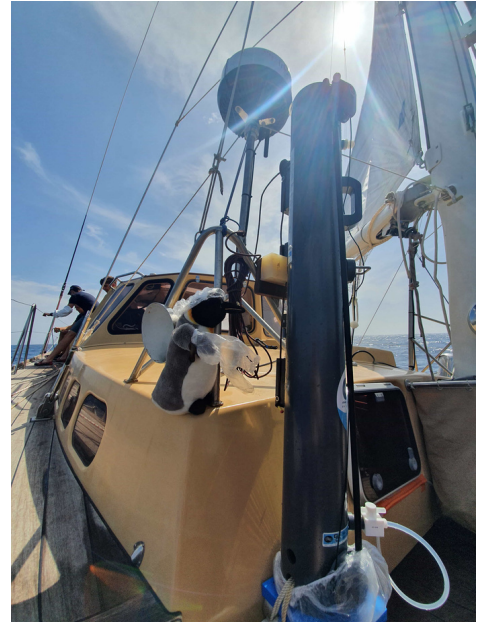
Les mots compliqués et le déroulé du prélèvement : illustrations

La "Go-Flo"

C'est le nom de la bouteille utilisée pour prélever. Lorsque le bateau a suffisamment ralenti pour ne pas risquer de l'abîmer et pouvoir manipuler sans danger, on enlève les protections, on la met à l'eau où elle va s'ouvrir, puis on peut la refermer depuis le bateau à la profondeur à laquelle on souhaite prélever de l'eau.



© Niels Dutrievoz - Juste 2.0°C



© Lana Lenourry - Juste 2.0°C



© Lana Lenourry - Juste 2.0°C

La bouée Hypatia

C'est une bouée équipée de capteurs mesurant la température, la salinité et la luminosité sous la surface de la mer.

Les capteurs sont disposés le long d'un câble sous-marin suspendu à la bouée, permettant de faire des mesures à 3 profondeurs différentes (1 m, 30 m et 80 m). Mesurer ces paramètres en parallèle du prélèvement permettra une meilleure analyse des résultats.

La "bulle" de Clément

C'est le nom qu'il donne à son laboratoire, une "salle blanche", c'est-à-dire une pièce dans laquelle on maîtrise la quantité de particules ou poussières. Dedans, la hotte permet de filtrer l'air. Il s'y enferme pendant le prélèvement pour que l'air extérieur n'y amène pas de nouvelles particules qui pourraient contaminer les échantillons. Il manipule sous la hotte, dans un environnement aussi propre que possible.



© Niels Dutrievoz - Juste 2.0°C



Protocole - Le conditionnement

Que se passe-t-il derrière le rideau ?

Avec toute l'eau récupérée, on remplit alors de nombreux flacons différents pour mesurer des paramètres et composants de l'eau de mer. Que se passe-t-il quand Clément entre dans le laboratoire du bateau ?

1) La première chose à faire, c'est de nettoyer tout l'espace de travail avec de l'eau pure et de laisser la hotte aspirer et filtrer l'air. Cela permet d'éviter les contaminations pendant la suite des manipulations.



© Lana Lenourry - Juste 2.0°C



© Baptiste Arnaud - Juste 2.0°C

Clément porte ici une combinaison intégrale avec laquelle il peut conditionner ses échantillons sans les contaminer avec des particules issues de sa respiration, sa peau, ses cheveux, ...

2) On va réaliser des filtrations. Le premier filtre a une porosité (= des trous) qui mesure $0.45 \mu\text{m}$. C'est à peu près comme si on coupait un millimètre de votre règle en 2000 morceaux : c'est très petit !

3) Pour mesurer la totalité des métaux présents dans l'eau, il faudra dissoudre les particules, c'est-à-dire les assemblages de ligands. On utilise pour cela de l'acide qu'on ajoute en petite quantité. Cela arrête aussi la vie des micro-organismes : on pourra mesurer les quantités présentes au moment où on a fait le prélèvement sans qu'ils apportent des modifications malgré leur milieu de vie qui a changé (lumière, température, ...) une fois dans le flacon.

On fait cela avec de l'eau non filtrée (contenant les plus grosses particules), de l'eau filtrée à $0.45 \mu\text{m}$, et de l'eau filtrée à $0.02 \mu\text{m}$ (il faut découper cette fois-ci le millimètre de la règle en 50 000 !) : cela permettra de connaître la quantité de fer qui se trouve sous forme de chacune des catégories de taille de particules.



4) Mais ce n'est pas tout, Clément veut aussi comprendre quelles sont ces molécules ("ligands") qui permettent de former des particules contenant des métaux. Il faut donc aussi prévoir des échantillons sans acide pour ne pas les dissoudre. Il met donc au congélateur (-20°C) à la fois les filtres sur lesquels sont retenues les plus grosses particules et des flacons contenant l'eau dans laquelle sont toujours présentes les plus petites particules. S'ils restent bien au froid et dans l'obscurité, ces échantillons ne changeront pas de composition jusqu'au laboratoire en France car le développement des êtres vivants est alors très fortement ralenti.

5) Enfin, on prépare aussi des flacons pour mesurer d'autres nutriments que les métaux, les nitrates, nitrites, silicates et phosphates. Cela permet de compléter les mesures pour mieux comprendre le fonctionnement de l'écosystème : quels nutriments sont consommés par les différentes espèces, ...

A chaque point de prélèvement, ce ne sont pas moins d'une centaine de fioles et flacons qui sont conditionnés : soit par acidification, soit congelés !

A vous de jouer ! Écoutez le premier son... à votre avis, à quelle étape du protocole correspond-il ?

Vous pouvez ensuite écouter Clément expliquer ce qu'il est en train de faire.



Voilà les échantillons de Clément, bien au froid dans le laboratoire où il vient de débiter les analyses !



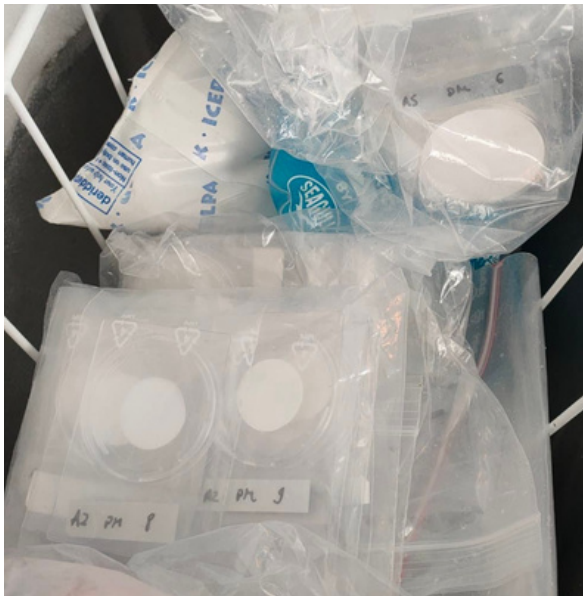
De retour en France, que restera-t-il à faire ?

Une fois de retour en France, Clément devra analyser les centaines d'échantillons qu'il a prélevés : c'est encore beaucoup de travail ! Il va passer plusieurs mois à travailler dans un laboratoire à côté de Brest, en Bretagne.

Il va alors utiliser plusieurs méthodes pour étudier les éléments et molécules présentes dans l'eau : celles-ci sont beaucoup trop petites pour les voir. Titrage, voltamétrie, spectroscopie de masse, microscopie électronique à balayage, digestion acide, ... une panoplie de techniques à découvrir dans le journal de laboratoire !

A vous de jouer !

A votre avis, à quel type d'échantillons correspond cette photo ?



© Clément Astruc-Delor - Juste 2.0°C