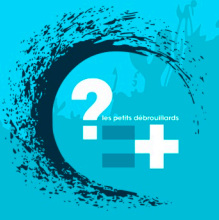




Océan Pompe à Carbone



Primaire / Collège / Lycée



30 min à 2h

INTRODUCTION

L'océan joue un rôle très important dans la régulation du climat de la planète. Il produit une grande partie du dioxygène (O_2) que nous respirons et absorbe différents gaz à effet de serre d'origine anthropique, dont le dioxyde de carbone (CO_2), atténuant ainsi leurs effets dans l'atmosphère. Ce phénomène de pompe à carbone de l'océan (appelé aussi cycle du carbone océanique) repose sur deux principaux mécanismes qui transfèrent le CO_2 de l'atmosphère vers l'océan pour le stocker : la pompe à carbone physique, liée aux courants marins, et la pompe à carbone biologique, complexe, impliquant le phytoplancton et les organismes marins. **Comment fonctionne la pompe à carbone biologique ? Quelles sont ses différentes étapes ?**

OBJECTIFS

- ➔ Découvrir les différentes étapes du cycle du carbone océanique biologique et physico-chimique (pompe biologique et physique du carbone)
- ➔ Découvrir l'importance et l'impact de l'océan sur la pompe à carbone
- ➔ Découvrir certains liens entre le changement climatique et le cycle du carbone océanique

MATÉRIEL

- Poster "Les étapes de la pompe à carbone biologique"

ÉTAPE 1

- Poster "Bassin versant"
- 1 dizaine de perles plates
- 1 morceau de charbon de bois
- 2 bocaux avec couvercle dont un relié à une tige de fer
- 1 briquet et 1 bougie
- 1 flacon d'eau de chaux (disponible en pharmacie)

ÉTAPE 2

- 1 flacon d'eau de chaux
- 1 bouteille avec un petit goulot
- 1 petit bocal de verre
- 1 bouteille de vinaigre blanc
- 1 paquet de bicarbonate de sodium
- 1 cuillère à café
- 1 feuille essuie-tout
- 1 ballon de baudruche

ÉTAPE 3

- Annexe 2. Expérience "La photosynthèse"
- Annexe 3. Schémas de la photosynthèse
- Annexe 4. Cartes "Cellules et végétaux aquatiques"

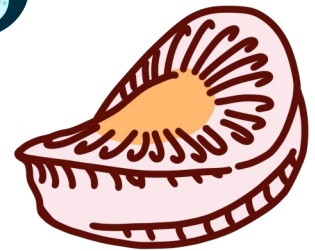
Option ÉTAPE 2

- Annexe 1. Photos "Organismes marins"
- eau
- 10 feuilles de chou rouge
- 1 bouilloire
- 1 saladier
- 1 paquet de gros sel (sans magnésie ni agglomérant)
- 1 bouteille de vinaigre blanc
- 1 paquet de bicarbonate de sodium
- 1 feuille essuie-tout
- 1 citron
- 5 verres
- 1 bouteille en plastique avec bouchon (A)
- 3 bouteilles en verre avec couvercles identiques (B, C, D)
- 1 petit tuyau (15 cm, diamètre < 1 cm)
- 1 craie (sans couche de protection)
- 2 coquillages ou 2 coquilles d'oeuf (si possible)
- papier pH



TA MISSION

Aide



Campylodiscus hibernicus

ÉTAPE 4

- Annexe 5. Cartes "Qui mange qui ?"

ÉTAPE 5

- 1 verre
- 1 flacon d'eau de chaux
- 1 paille

ÉTAPE 6

- Annexe 6. Photos mystères
- 1 bocal transparent
- 1 paquet de semoule
- 1 petit tas de sable grossier (avec coquillages)
- 1 petit tas de sable fin
- 1 paquet de boudin noir
- eau chaude
- 1 tube creux transparent (ouvert des deux côtés, comme le tube d'un crayon bic par exemple)

PROTOCOLE

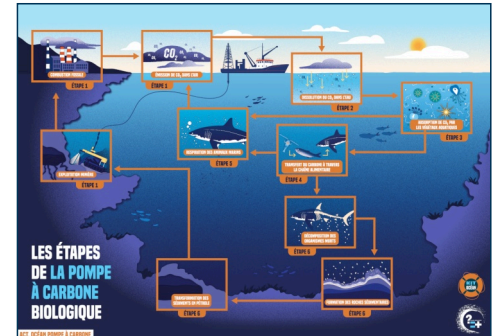
PRÉPARATION

Pour faire découvrir les différentes étapes de la pompe à carbone biologique océanique (cycle du carbone océanique biologique) :

- présenter aux jeunes le personnage “**Ramon le carbone**” représentant un atome de carbone, qu’ils suivront dans son voyage au cœur du cycle du carbone océanique biologique ;
- s’aider du **poster “Les étapes de la pompe à carbone biologique”** pour avancer dans les différentes étapes du cycle du carbone océanique biologique décrites ci-dessous. Chaque étape est composée d’une ou plusieurs expériences, ainsi que d’une petite histoire de Ramon le carbone ;
- selon le temps disponible, suivre le parcours étape par étape ou sélectionner les étapes de votre choix pour réaliser les expériences. Les étapes restantes peuvent être abordées à l’aide des histoires de Ramon pour avoir une vision complète du cycle du carbone océanique biologique.



Ramon le carbone



Poster “Les étapes de la pompe à carbone biologique”

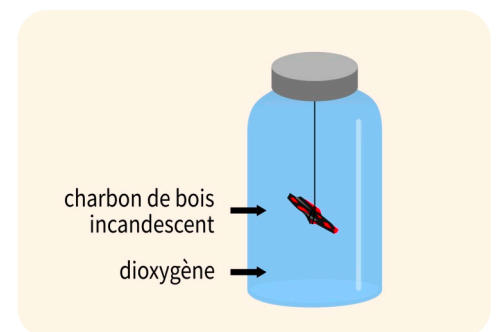
ÉTAPE 1 COMBUSTION FOSSILE ET ÉMISSION DU CO₂ DANS L'AIRE (20 min)

Depuis 150 ans, suite à la révolution industrielle, les activités humaines ont fortement augmenté. En brûlant du bois, du charbon, du pétrole, elles émettent de nombreux gaz dans l'atmosphère, modifiant fortement sa composition. **Quel principal gaz est produit lors des combustions (du bois, charbon, pétrole...) ? Quelles activités humaines produisent ce gaz ? Quelles conséquences ce gaz a-t-il sur l'environnement ?**

A/ Combustion du charbon

Le charbon de bois contient 90% de carbone.

- Peser un petit morceau de charbon.
- L'attacher à un fil de fer relié au couvercle d'un bocal, puis chauffer le charbon avec une flamme jusqu'à obtenir un point incandescent rouge (*attention, allumer du charbon de bois peut être un peu long, possibilité de le mettre au-dessus d'une bougie*).
- Enfermer ensuite le morceau de charbon incandescent dans un bocal rempli d'air et attendre quelques minutes.
- Récupérer rapidement le charbon (sans laisser sortir trop d'air et sans déposer de cendres au fond du bocal) puis verser un fond d'eau de chaux dans le bocal, le refermer et secouer.
- En parallèle, verser dans un bocal vide un fond d'eau de chaux, le refermer et secouer. Peser le morceau de charbon restant. **Qu'observons-nous ?**



B/ Quelles activités humaines produisent du CO₂ ?

Observer en détail le **poster « Bassin versant »** et positionner une perle à chaque endroit où du CO₂ est émis dans l'atmosphère, à partir d'une combustion. **Quelles sont les activités humaines concernées ? En plus du CO₂, quels autres gaz à effet de serre sont produits par les activités humaines ?**

Histoire 1 :

“Ramon le carbone” est présent dans le bois, le charbon, le pétrole (...) qui, une fois brûlés, libèrent Ramon dans l'air sous forme de CO₂. Il se répand dans l'atmosphère et se dirige vers l'océan. **Que va-t-il devenir ?**



Poster “Bassin versant”

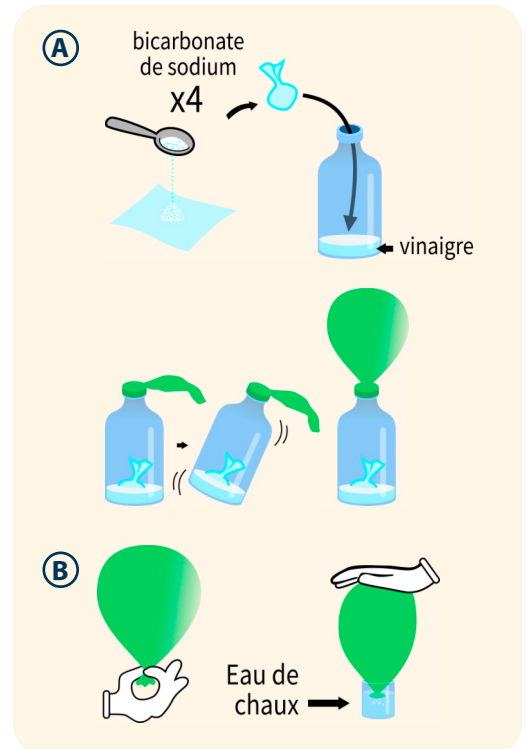
ÉTAPE 2 DISSOLUTION DU CO₂ DANS L'EAU (10 min)

A/ Fabrication d'un gaz

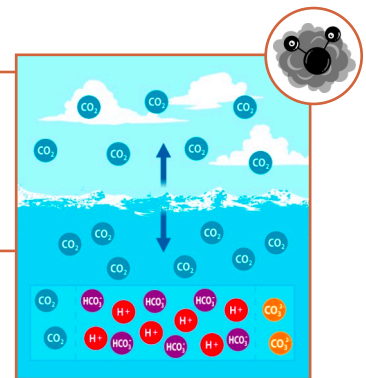
- Verser dans une bouteille 2 cm de vinaigre.
- Déposer 4 cuillères de bicarbonate au centre d'une feuille essuie-tout, la plier et la rouler pour conserver son contenu, puis la lâcher dans le vinaigre.
- Refermer immédiatement la bouteille à l'aide d'un ballon. Secouer doucement le mélange pour activer la réaction chimique. Nous observons une effervescence. Le gaz dégagé par cette réaction va gonfler le ballon. **De quel gaz s'agit-il ?**

B/ Identification d'un gaz

- Verser de l'eau de chaux dans un petit bocal.
- Pincer le ballon au niveau de son ouverture pour maintenir le gaz à l'intérieur, puis le retirer du goulot de la bouteille.
- Relâcher doucement l'ouverture du ballon dans l'eau de chaux pour laisser s'échapper le gaz puis écraser le ballon pour le vider totalement de son gaz. Si besoin, fermer le bocal et remuer. **Qu'observons-nous ? Qu'est devenu le gaz ? Quel gaz a été produit ?**

Histoire 2 :

Ramon, en tant que molécule de CO₂, se dissout dans l'océan. Il est présent dans l'eau sous forme de CO₂ ou se transforme en acide (HCO₃⁻), ce qui acidifie l'océan. **Une fois dans l'océan, où va Ramon sous forme de CO₂ ?**

OPTION : Sous quelle autre forme que le CO₂ trouvons-nous Ramon le carbone, dissous dans l'eau ? (30 min)

(pour gagner du temps, possibilité de faire cette expérience en démonstration)

PRÉPARATION

Jus de chou rouge (indicateur coloré) :

- Verser de l'eau bouillante dans un saladier et infuser pendant 10 minutes des feuilles de chou rouge. Récupérer le jus, de couleur bleu foncé, dans une bouteille.

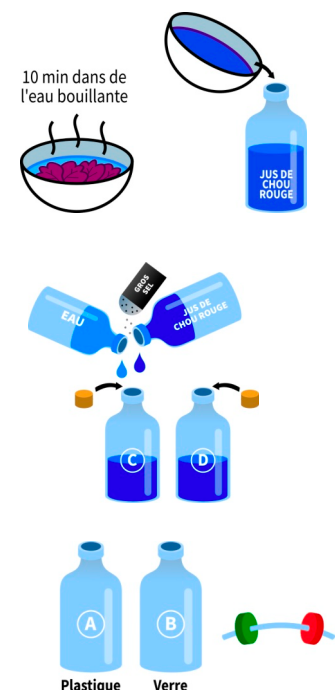
Remarque : pour que l'expérience fonctionne au mieux, privilégier à PH neutre (avec l'eau du robinet) un jus de chou rouge de couleur bleue (et non rose ou violette).

Préparation de l'eau salée :

- Dans les bouteilles C et D, mélanger jusqu'à mi-hauteur, en même quantité de l'eau, du gros sel (sans magnésie ni agglomérant) et du jus de chou rouge, pour obtenir un liquide bleu clair.
- Refermer les bouteilles. La bouteille D sera le témoin de l'expérience.

Préparation des bouteilles A et B :

- Prendre les bouteilles A (plastique) et B (verre). Percer le bouchon et le couvercle (trou inférieur au diamètre du tuyau) et y passer le tuyau.

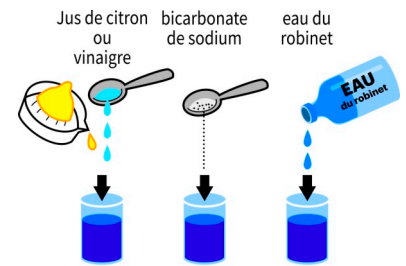


MISE EN ÉVIDENCE DES PROPRIÉTÉS DU JUS DE CHOU ROUGE

Verser du jus de chou rouge (indicateur coloré) dans trois verres :

- dans le 1^{er} ajouter du jus d'un citron pressé ou du vinaigre blanc ;
- dans le 2nd déposer une cuillère de bicarbonate de sodium ;
- dans le 3^e ajouter de l'eau du robinet..

Quels sont les changements de couleur observés ? Confirmer les résultats à l'aide de papier pH.



FABRICATION ET DISSOLUTION D'UN GAZ

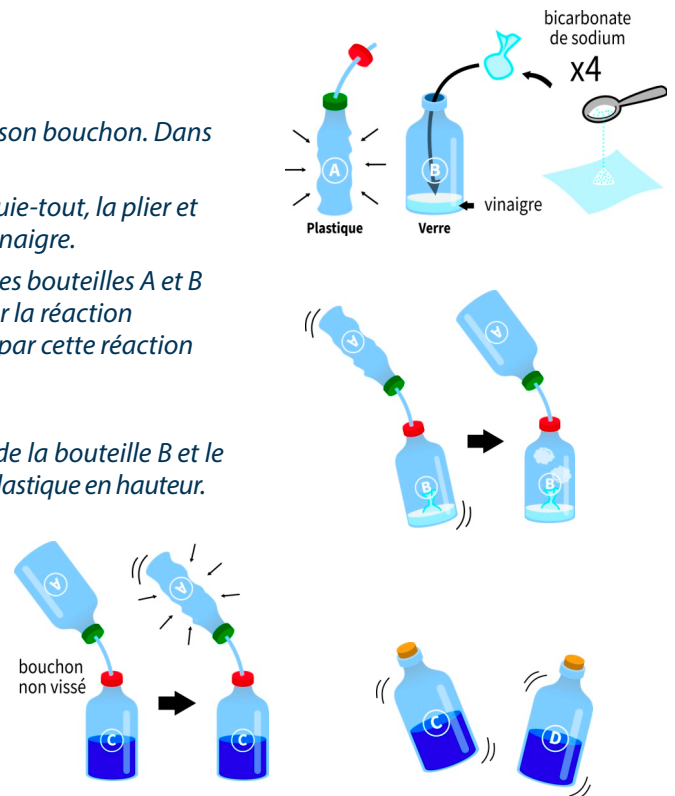
Fabriquer un gaz :

- Écraser la bouteille A (plastique) pour chasser l'air puis visser son bouchon. Dans la bouteille B, verser 2 cm de vinaigre.
- Déposer 4 cuillères de bicarbonate au centre d'une feuille essuie-tout, la plier et la rouler pour conserver son contenu, puis la lâcher dans le vinaigre.
- Refermer immédiatement la bouteille B avec son couvercle : les bouteilles A et B sont ainsi reliées. Secouer doucement le mélange pour activer la réaction chimique. Nous observons une effervescence. Le gaz dégagé par cette réaction va gonfler la bouteille A.

Dissoudre le gaz dans l'eau salée :

Obturer le tuyau en le pinçant fortement. Dévisser le couvercle de la bouteille B et le poser (sans le visser) sur la bouteille C, en maintenant la bouteille plastique en hauteur.

- Lâcher le tuyau et écraser la bouteille plastique pour la vider de son gaz dans la bouteille C. Puis reboucher la bouteille C avec son vrai couvercle.
- Secouer les bouteilles C et D, contenant l'indicateur coloré. **Que remarquons-nous ? Qu'est devenu le gaz ?** Tester le pH de ces deux bouteilles à l'aide de papier pH.

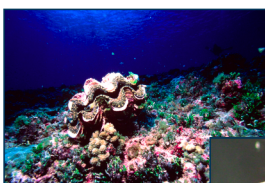


IMPACTS DE L'ACIDIFICATION DE L'OcéAN SUR CERTAINS ORGANISMES MARINS

- Remplir un verre d'eau et un autre de vinaigre blanc.
- Placer dans chaque verre un morceau de craie blanche (et si possible un coquillage ou une coquille d'œuf). **Qu'observons-nous au bout d'une minute, puis de 5 minutes ?**

Selon vous, de quoi la craie est-elle constituée ? Observer les **photos "Organismes marins" (annexe 1)**. Qu'ont-ils en commun ? Quelles conséquences l'acidification de l'océan a-t-elle sur ces organismes marins ?

Remarque : utiliser des craies sans couche de protection qui freine la dissolution..



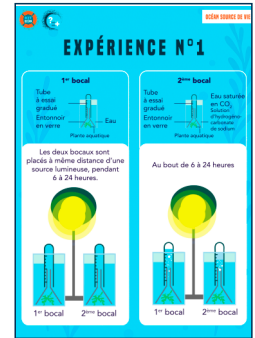
Annexe 1. Photos
"Organismes marins"



ÉTAPE 3 ABSORPTION DU CO₂ PAR LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES ET SON DEVENIR (20 min)

A/ Une fois dans l'océan, où peut aller Ramon sous forme de CO₂ ?

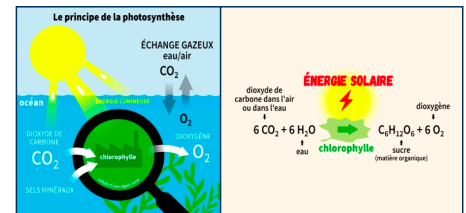
- Faire observer le **l'expérience "La photosynthèse"** (annexe 2) : deux bocaux identiques contiennent chacun la même plante aquatique, placée sous un entonnoir, sur lequel est posé un tube à essai :
 - le 1^{er} bocal contient de l'eau ;
 - le 2nd bocal contient une eau saturée en CO₂, appelée *solution d'hydrogencarbonate de sodium de concentration de 0,1 mol/L*.
- Qu'observons-nous à la fin de l'expérience ? Quelle différence entre les deux dispositifs ? Où est passé Ramon le Carbone ?



Annexe 2. L'expérience "La photosynthèse"

B/ Au sein des végétaux aquatiques, que devient Ramon ?

- Faire observer les **schémas de la photosynthèse** (annexe 3) et les **cartes "Cellules et végétaux aquatiques"** (annexe 4) :
 - que devient Ramon le carbone dans les végétaux (plantes, algues, phytoplanctons...) : en quoi est-il transformé ?
 - Vers où se dirige-t-il et à quoi peut-il servir ?
- À l'aide des **cartes "Cellules et végétaux aquatiques"** (annexe 4), retrouver à quelle plante aquatique, algue ou phytoplancton appartiennent les différentes cellules où peut aller Ramon.



Annexe 3. Schémas de la photosynthèse

Histoire 3 :

"Ramon le carbone" est absorbé par un végétal aquatique (plante aquatique, algue, phytoplancton), qui lors du processus de photosynthèse, l'utilise pour produire des sucres. Ramon, intégré dans les cellules du végétal, lui permet de croître, de fonctionner ou de fabriquer un squelette calcaire à partir de minéraux dans l'eau. Cela participe à stocker le carbone dans l'océan. Que devient alors Ramon le carbone ?

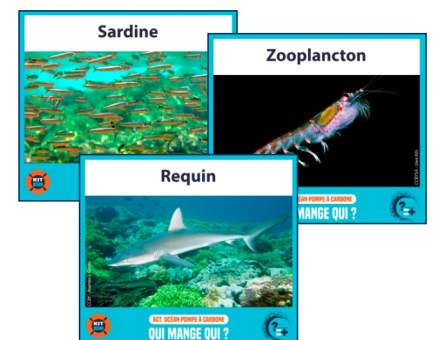


Annexe 4. Cartes "Cellules et végétaux aquatiques"

ÉTAPE 4 TRANSFERT DU CARBONE À TRAVERS LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

Parmi les espèces "Qui mange qui ?" (annexe 5), qui mange qui ?

- Reconstituer une chaîne alimentaire simple en plaçant les espèces à la bonne place pour répondre à la question "Qui mange qui ?" : thon, phytoplancton, requin, zooplancton, sardine.
- À la fin, où se trouve Ramon le carbone ?
- Que peut-il se passer si l'océan devient trop acide ?



Annexe 5. espèces "Qui mange qui?"

Histoire 4 :

"Ramon le carbone" traverse chaîne alimentaire, du phytoplancton jusqu'au requin. À ce moment-là, deux possibilités s'offrent à lui, pour continuer son cycle du carbone : lesquelles ?

ÉTAPE 5 RESPIRATION DES ANIMAUX MARINS (10 min)

- Verser un fond d'eau de chaux dans un verre.
- Souffler dans une paille placée dans de l'eau de chaux, pendant près d'une minute. Qu'observons-nous ? Quel gaz est expulsé lors de notre expiration, donc de la respiration des animaux ?

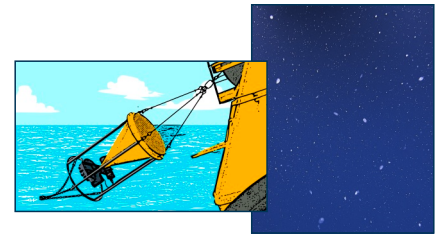
Histoire 5 :

Le requin qui transporte "Ramon le carbone" peut l'expulser en respirant. Celui-ci est alors libéré dans l'eau. Il peut rejoindre la surface et repasser dans l'atmosphère, ou rester dissous dans l'eau de mer. Mais s'il n'est pas expulsé par la respiration, que devient Ramon le carbone ?

ÉTAPE 6 STOCKAGE DU CARBONE AU FOND DE L'OcéAN (20 min)

A/ Photos mystère

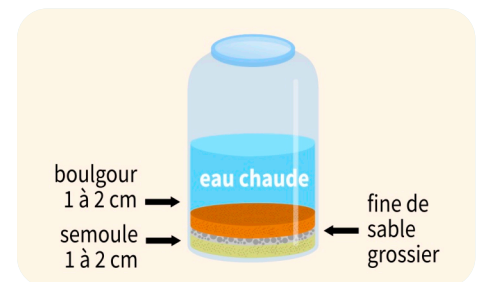
- Montrer les deux **photos mystères (annexe 6)** aux jeunes et leur demander : quel est selon vous le rapport entre ces 2 photos mystère et Ramon le carbone ?
- Que devient Ramon le carbone, au fond de l'océan ?



Annexe 6. Photos mystères

B/ Expérience de sédimentation et de prélèvement d'une carotte

- Remplir un bocal à moitié d'eau chaude :
 - verser une couche de 1 à 2 cm de semoule et attendre qu'elle se dépose ;
 - verser par-dessus une couche plus fine de sable grossier (représentant des coquilles de foraminifères) ;
 - verser ensuite une couche de sable fin, puis une couche de 1 à 2 cm de boulgour.
- Attendre 10 minutes que la semoule et le boulgour gonflent. **Comment se sont disposés les différents éléments dans le récipient ? Quelle couche s'est déposée en premier ?**
- Demander aux jeunes de prélever un échantillon dans le bocal, à l'aide d'un tube creux transparent : enfoncer le tube verticalement à travers les différentes couches, puis boucher le haut du tube à l'aide du pouce avant de le ressortir bien droit.
- Observer l'échantillon obtenu. **Retrouvons-nous bien l'ordre des couches formées dans le récipient ? Quelle couche est la plus récente ? Et la plus ancienne ?**



Histoire 6 :

Lorsque l'organisme marin contenant Ramon rejette des fèces ou meurt et se décompose, il tombe en petites particules organiques au fond de l'océan, nourrissant au passage une multitude d'organismes. **On parle de neige marine, qui plonge, avec Ramon, dans les profondeurs et s'accumule sur les fonds marins.** Avec le temps, selon sa composition, la profondeur et les conditions de pression et de température, la neige marine contenant Ramon se transforme en sédiments, en roches calcaires, en gaz ou en pétrole, stockant le carbone sur de très longues périodes de temps.



EXPLICATIONS

ÉTAPE 1 COMBUSTION FOSSILE ET ÉMISSION DU CO₂ DANS L'AIR

A/ Nous observons que la masse du charbon a diminué et que l'eau de chaux se trouble dans le bocal ayant contenu la combustion, alors qu'elle ne se trouble pas dans le bocal témoin. Au cours de la combustion du charbon, du dioxyde de carbone (CO₂) s'est répandu dans l'air du bocal. => **Le principal gaz produit lors des combustions du bois, du charbon et du pétrole est le CO₂.**

B/ Ce poster permet de recenser différentes sources de production de CO₂ dans l'atmosphère issus des activités humaines.

Nous pouvons identifier les sources d'émission de CO₂, principalement issues de la combustion :

- Cheminées des habitations : combustion de bois et de charbon (chauffage)
- Voiture : gaz d'échappement, combustible fossile dérivé du pétrole (essence, gazole)
- Déboisement par brûlis ou feu de cultures
- Cheminées d'usines
- Avion : combustible fossile dérivé du pétrole (kérosène)
- Bateau (porte-conteneur, tanker...) : combustible fossile dérivé du pétrole (fioul lourd)

Pour aller plus loin :

- En plus du CO₂ ces combustions émettent d'autres gaz à effet de serre (oxydes d'azote (NO, N₂O, NO₂), vapeur d'eau) ainsi que parfois du dioxyde de soufre (SO₂).
- Différentes activités humaines produisent des gaz à effet de serre, autres que le CO₂ :
 - du méthane (CH₄) est émis par les élevages (activité digestive du bétail), les décharges en plein air, les usines d'incinération...
 - des gaz fluorés (HFC) sont émis lors des fuites des circuits de refroidissement des climatisations (voiture, habitats), des réfrigérateurs, des bombes aérosols...
 - des oxydes d'azote (NO, N₂O, NO₂) proviennent également de l'utilisation d'engrais azotés en agriculture...

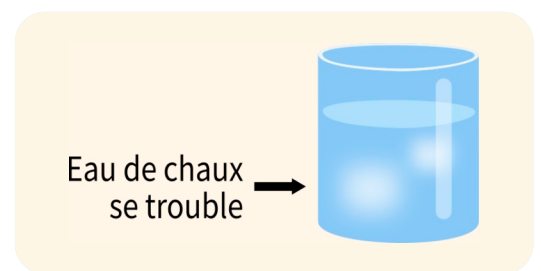
Quelles conséquences le CO₂ a-t-il sur l'environnement ?

Depuis le début de l'ère industrielle, l'émission des gaz à effet de serre comme le CO₂ a fortement augmenté dans l'atmosphère. Ces émissions contribuent au réchauffement climatique en piégeant la chaleur dans l'atmosphère. Elles ont également un fort impact sur l'océan.

ÉTAPE 2 DISSOLUTION DU CO₂ DANS L'EAU

Nous observons qu'en présence du gaz produit par le mélange de vinaigre et de bicarbonate de sodium, l'eau de chaux se trouble, formant un précipité blanc qui se dilue, donnant au liquide une couleur blanche. Cette réaction chimique révèle la présence de CO₂.

Ainsi, le gaz produit est du CO₂ qui s'est dissous dans l'eau de chaux. **Le CO₂ a donc la capacité de se dissoudre dans l'eau, donc dans l'océan.**



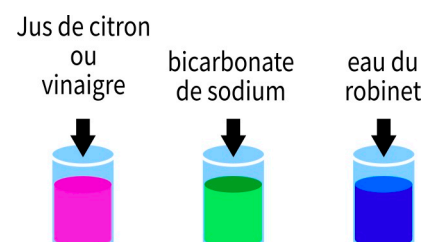
OPTION : Sous quelle autre forme que le CO₂ trouvons-nous Ramon le carbone, dissous dans l'eau ?

MISE EN ÉVIDENCE DES PROPRIÉTÉS DU JUS DE CHOU ROUGE

Le jus de chou rouge, bleu-violet à l'origine :

- garde la même couleur en présence d'eau du robinet dont le pH est neutre (correspond à une valeur de 7) ;
- devient rose lorsqu'il est en présence du jus de citron ou de vinaigre blanc dont le pH est acide (valeur inférieure à 7) ;
- devient vert lorsqu'il est en présence de bicarbonate de sodium, dont le pH est basique (valeur supérieure à 7).

C'est un indicateur coloré de l'acidité d'un liquide.



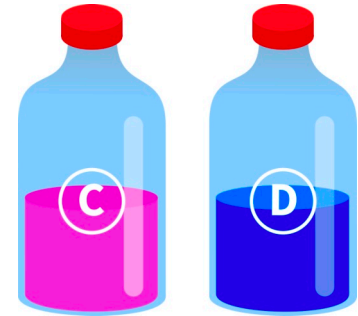
FABRICATION ET DISSOLUTION D'UN GAZ

Le mélange de vinaigre et de bicarbonate de sodium produit un gaz, du CO_2 . Une fois mélangé à l'eau salée de la bouteille A, le CO_2 se dissout dans l'eau et **fait changer de couleur l'indicateur coloré, qui passe du bleu au rose.**

En comparant avec les résultats de l'étape 1, l'indicateur coloré permet de mettre en évidence un milieu acide, alors qu'avant le mélange, le milieu était neutre (couleur bleue). Ceci se confirme aussi par la couleur du papier pH. Dans la bouteille témoin, l'eau reste bleue.

Que s'est-il passé ? Suite au mélange, le CO_2 libéré dans l'air de la bouteille s'est dissous dans l'eau salée, ce qui a modifié les propriétés physico-chimiques de cette dernière et l'a rendue acide.

=> Ainsi, le CO_2 se dissout dans l'océan et s'y accumule, acidifiant progressivement l'océan. On dit ainsi que l'océan est une pompe à carbone : il capte le surplus de CO_2 dans l'air et le dissout dans l'eau. Il est alors présent dans l'eau sous forme de CO_2 ou se transforme en acide (HCO_3^-), ce qui acidifie l'océan.



IMPACTS DE L'ACIDIFICATION DE L'OcéAN SUR LES ORGANISMES MARINS

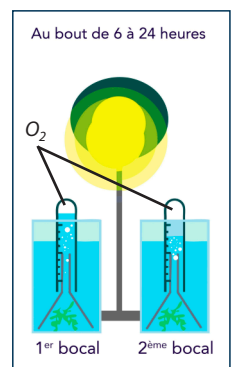
- Nous observons lors de l'expérience, dans le verre contenant du vinaigre, une effervescence sur la craie qui commence à se creuser. Le vinaigre, très acide (d'un pH environ égal à 2,4, donc beaucoup plus acide que l'océan en réalité dont le pH est de 8,1 !), dissout rapidement la craie. La craie est composée de l'accumulation du squelette calcaire des coccolithophores : l'acidité s'attaque au carbonate de calcium qui compose son squelette.
- Nous observons dans l'**annexe 4** que de nombreux organismes marins (coraux, mollusques, crustacés, algues, planctons, vers marins...) possèdent une coquille ou un squelette externe constitué en partie de carbonate de calcium (principale composante du calcaire), qui se fragilise en milieu acide. **Les organismes marins peuvent donc rencontrer des difficultés à construire ou à maintenir leurs squelettes ou leurs coquilles si l'océan s'acidifie. Mais attention ! L'effet sur les coquilles et les squelettes externes des organismes marins ne sera pas aussi rapide et impressionnant que dans l'expérience, car l'océan ne deviendra jamais aussi acide que du vinaigre !**

ÉTAPE 3 ABSORPTION DU CO_2 PAR LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES ET SON DEVENIR

A/ À travers l'expérience "La photosynthèse" (annexe 2), nous remarquons qu'en présence de lumière, après 6 à 24 heures :

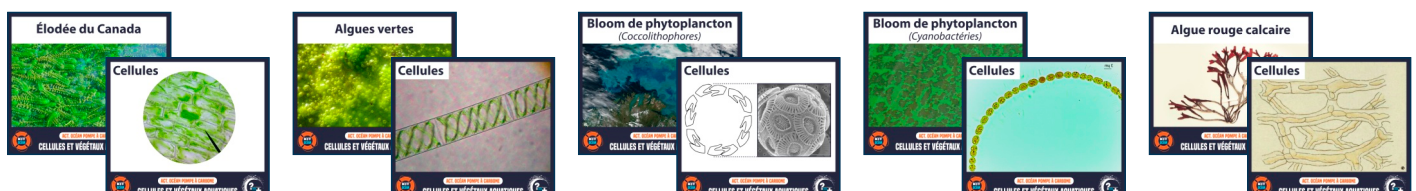
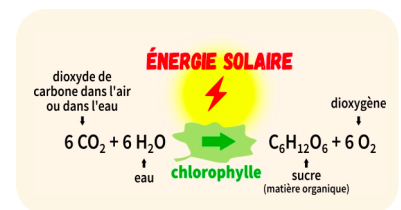
- du gaz (O_2) s'est formé dans les deux tubes à essai ;
- il n'y a pas la même quantité de gaz dans les deux tubes à essai : le dégagement gazeux est plus important dans le dispositif contenant de l'eau enrichie en CO_2 (2^{ème} bocal).

Ainsi, en présence d'eau et de lumière, plus le CO_2 est présent dans l'eau, plus les plantes aquatiques l'utilisent. Le CO_2 est donc bien absorbé par la plante. **Mais que devient-il ?**



B/ Sur les **schémas de la photosynthèse** (annexe 3), nous remarquons que le CO_2 absorbé par la plante aquatique, l'algue ou le phytoplancton lors de la photosynthèse se transforme en sucre grâce à la photosynthèse. **Ramon le carbone est ainsi transformé en sucre.**

En observant les **cartes "Cellules et végétaux aquatiques"** (annexe 4), nous en déduisons que le CO_2 converti en sucre grâce à la photosynthèse est utilisé par les cellules de la plante aquatique, de l'algue ou du phytoplancton. Ramon le carbone est donc utilisé pour permettre le fonctionnement des cellules des végétaux aquatiques, situés dans différentes parties du végétal. Il peut se retrouver dans les feuilles, les thalles, les tiges, les racines, le squelette calcaire des végétaux aquatiques...

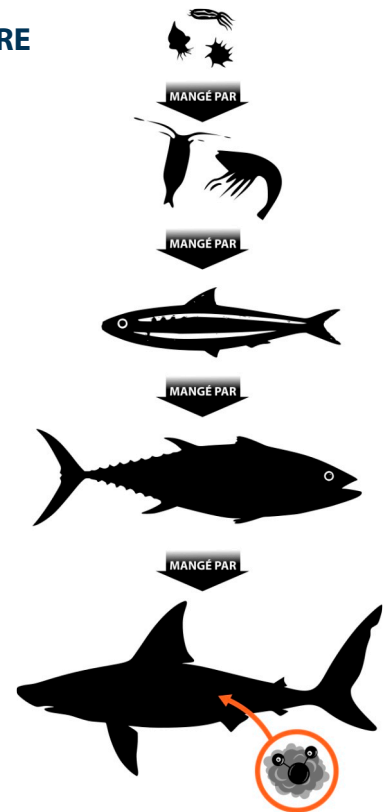


Association des cartes "Cellules et végétaux aquatiques"

ÉTAPE 4 TRANSFERT DU CARBONE À TRAVERS LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

Les organismes vivants se mangent les uns les autres. Ainsi, le phytoplancton est mangé par le zooplancton, lui-même mangé par la sardine, qui est mangée par le thon, qui finit mangé par le requin ! A la fin de la cette chaîne alimentaire, nous retrouvons donc Ramon le carbone dans le requin !

L'acidification des océans fragilise les organismes marins à squelette calcaire, dont une partie du phytoplancton situé à la base de la chaîne alimentaire. Ceci peut avoir un impact sur l'ensemble du réseau trophique.



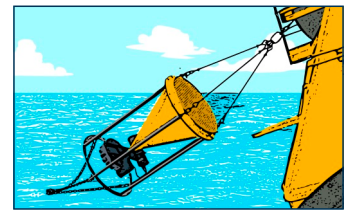
ÉTAPE 5 RESPIRATION DES ANIMAUX MARINS

Nous pouvons déduire de cette expérience que le gaz que nous expulsons lors de l'expiration est du CO_2 , car l'eau de chaux se trouble. Il en est de même pour tous les animaux, dont les requins ! Ainsi, par respiration, le requin peut rejeter Ramon le carbone dans l'eau, sous forme de CO_2 .

ÉTAPE 6 STOCKAGE DU CARBONE AU FOND DE L'OCÉAN

A/ Les photos mystère sont fortement liées à Ramon le carbone :

- Nous observons sur la 1^{ère} photo de la neige marine : cela correspond à des petites particules provenant de la décomposition des organismes (zooplancton, phytoplancton, animaux) et des fèces des animaux marins, qui tombent par gravité au fond de l'océan, parfois dans les abysses. Cette neige marine qui plonge, avec Ramon le carbone, dans les profondeurs, nourrit au passage une multitude d'organismes marins, peut être transportée par les courants ou se déposer sur les fonds marins.
- La 2^{ème} photo est un piège à particules. Il s'agit d'un dispositif utilisé par les scientifiques pour récupérer et étudier les particules de neige marine, mesurer la quantité de neige marine à un endroit donné... Cela permet de savoir ce qui est piégé par la pompe à carbone biologique. Les scientifiques utilisent également des flotteurs contenant des outils optiques permettant d'observer et de différencier les particules mortes des particules vivantes.



B/ Quand les petites particules contenant "Ramon le carbone" tombent sur les fonds marins, elles peuvent être rapidement recouvertes de sédiments (sables...) et se retrouver enfouies. Après des milliers d'années, les sédiments, contenant les restes de plantes et d'animaux, se transforment en roche sédimentaires, stockant Ramon le carbone pendant très longtemps. Ramon est piégé, écrasé dans une roche lourde qui s'enfonce dans la croûte terrestre pendant des millions d'années. Sous l'effet de la compression et de la chaleur, Ramon peut se transformer en gaz ou en pétrole.

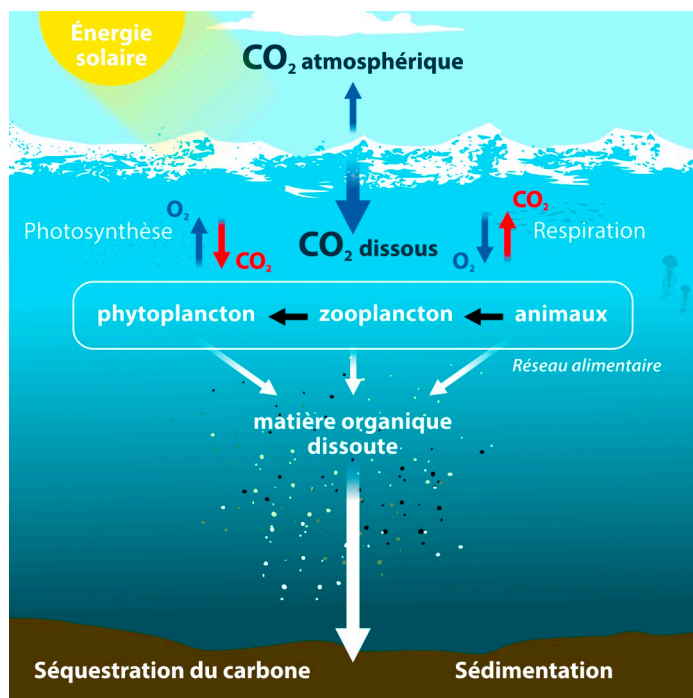
Nous observons à travers l'expérience que les couches de sédiments les plus anciennes sont celles qui se sont déposées en premier, ce sont donc les plus basses. Le gaz ou le pétrole qui contient Ramon le carbone correspond souvent à l'une des couches les plus anciennes.

Si nous voulons prélever un échantillon de ces couches pour pouvoir les étudier, nous faisons un carottage : cette opération consiste à faire entrer un tube creux dans les sédiments puis à le remonter, ce qui permet de garder l'ordre des couches intact. Nous obtenons ainsi une carotte de sédiments.

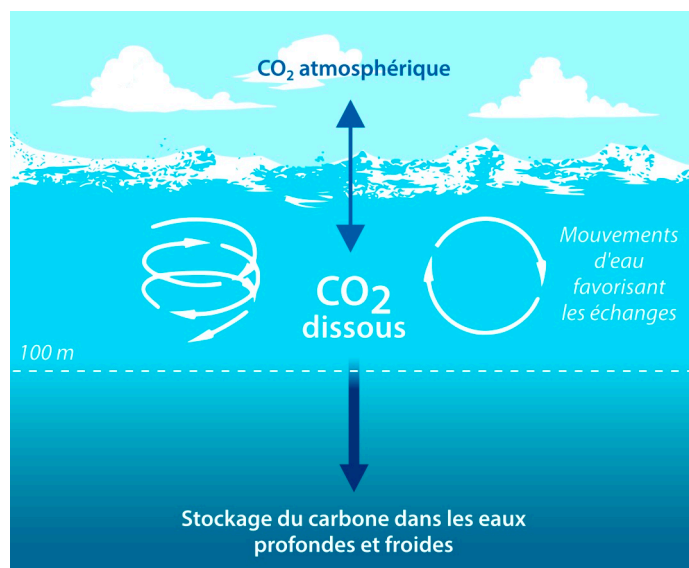
SYNTHÈSE

Agissant comme une pompe à carbone, l'océan absorbe environ un quart des émissions humaines de CO_2 chaque année, jouant ainsi un rôle crucial dans la régulation du climat.

Nous observons à travers cette activité la complexité du fonctionnement de la **pompe à carbone biologique océanique** : le carbone passe par de multiples étapes, en lien avec les organismes vivants, **dont le phytoplancton est le premier acteur**, avant d'être stocké sur les fonds océaniques sur de très longues périodes de temps.



Mais il existe aussi une **pompe à carbone physico-chimique** qui fonctionne avec les courants marins. Le CO_2 de l'atmosphère se dissout dans l'océan et est transporté par les courants marins vers les fonds marins froids et profonds. Le CO_2 reste ainsi piégé pendant des milliers d'années dans le fond de l'océan : **mais jusqu'à quand ?**



Lien avec l'impact des activités humaines :

- La combustion des énergies fossiles nécessaires aux activités humaines libère rapidement de grandes quantités de gaz à effet de serre, dont le CO_2 , perturbant le cycle naturel du carbone. L'océan contient 50 fois plus de carbone que l'atmosphère et il échange chaque année d'importantes quantités de carbone avec l'atmosphère. Au cours des dernières décennies, **l'océan a ralenti le rythme du changement climatique anthropique en absorbant près de 30 % des émissions anthropiques de CO_2 !** Or, sa capacité d'absorption n'est pas suffisante pour contrer le changement climatique. L'accumulation de CO_2 dans l'atmosphère provoque un réchauffement climatique, tandis que son accumulation dans l'océan perturbe la composition chimique de l'eau, entraîne son acidification. Ce phénomène s'accélère à mesure que l'océan absorbe davantage de CO_2 , avec de graves conséquences pour les écosystèmes marins.
- Le pétrole est prélevé et transformé en essence pour les voitures, en plastique pour tous nos objets du quotidien... Alors que ce carbone est resté des millions d'années dans les sédiments, il est rejeté en quelques mois dans l'atmosphère en grande quantité, aggravant les changements climatiques.
- Des réflexions sont en cours au niveau mondial pour savoir s'il faut autoriser l'exploitation des métaux précieux qui se trouvent dans les grands fonds océaniques. A noter qu'une des conséquences de cette exploitation serait, au delà de la destruction des écosystèmes marins, l'accélération de la libération du carbone dans l'environnement.

Interactions possibles avec d'autres missions

- Couleur de l'océan (bloom de phytoplanctons)
- Océan source de vie (photosynthèse)
- Océan, interactions entre espèces (réseau trophique...)
- Océan en mouvement (courants marins)

Expériences possibles en complément (si plus de temps sur ce thème spécifique)

- Acidification des océans (Option étape 2)

SOURCES

- Les Petits Débrouillards. Malle "Transition écologique". Parcours "Ça gaze trop fort pour la biodiversité".
- Les Petits Débrouillards PACA / IRD. Exposition interactive "Méditerranée";
- Les Petits Débrouillards PACA. Malle foraminifère. Parcours 1, activité 3 : des fossiles et des carottes.
- The SeaCleaners - Les Petits Débrouillards. Océan et climat, à vous de jouer ! Livret Fête de la Science 2022 « Océan et climat - cinq experts hors pair enquêtent sur l'impact du plastique ».
- Plateforme Océan et climat.
 - Nos infographies. <https://ocean-climate.org/sensibilisation/>
 - L'océan, origine de la vie. <https://ocean-climate.org/sensibilisation/locean-origine-de-la-vie/>
- Research gate. Karl-Heinz Baumann. Plankton als Archiv der Klima- und Umweltforschung - Coccolithophoriden - The significance of coccolithophores as indicators of ocean water masses, surface water temperature, and paleoproductivity. https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-cell-structures-of-coccolithophores-Morphological_fig2_242236140/
- Intervention de Romain Ranini (IMEV/INRIA) "Cycle du carbone et Intelligence artificielle" Formation Mob'Océan des Petits Débrouillards, mars 2024, Nice.

ANNEXE 1. PHOTOS "ORGANISMES MARINS"

BÉNITIÉ DE POLYNÉSIE FRANÇAISE



VER MARIN DE NOUVELLE-CALÉDONIE



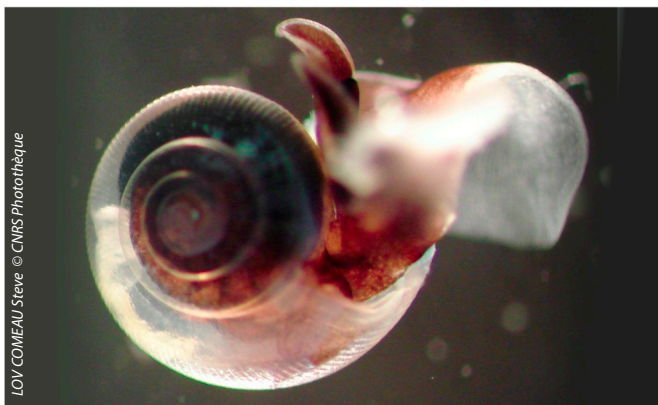
COCCOLITHES : MICROORGANISMES MARINS ET PLANCTONIQUES (5 microns)



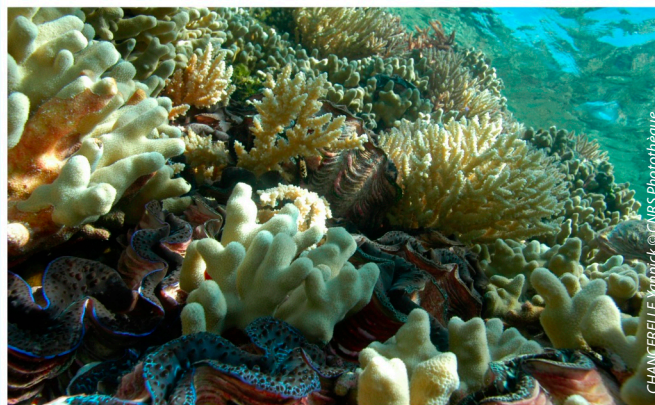
PÉTONCLE AUSTRAL, TERRE ADÉLIE



PTÉROPODE (escargot de mer nageur) ARCTIQUE



COLONIES CORALLIENNES, POLYNÉSIE FRANÇAISE



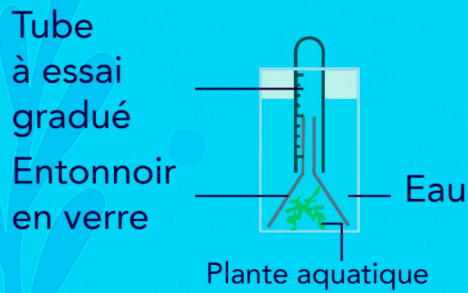
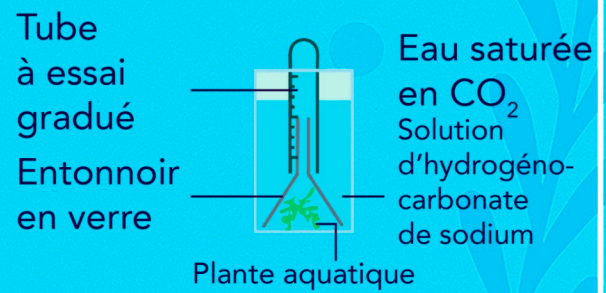
LANGOUSTE ROUGE, MER MÉDITERRANÉE



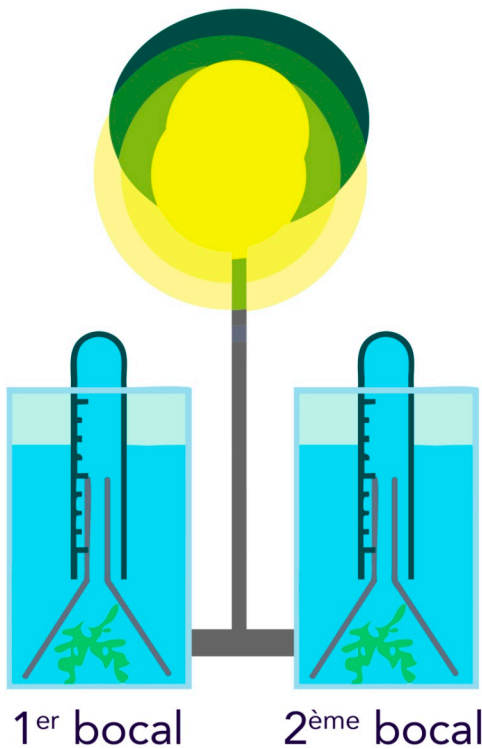
ALGUE ROUGE CALCAIRE



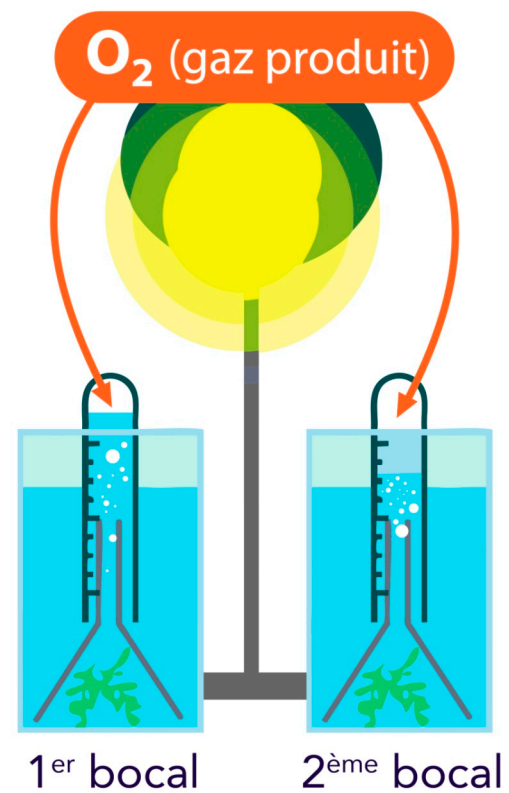
ANNEXE 2. EXPÉRIENCE “LA PHOTOSYNTHÈSE”

EXPÉRIENCE
LA PHOTOSYNTHÈSE1^{er} bocal2^{ème} bocal

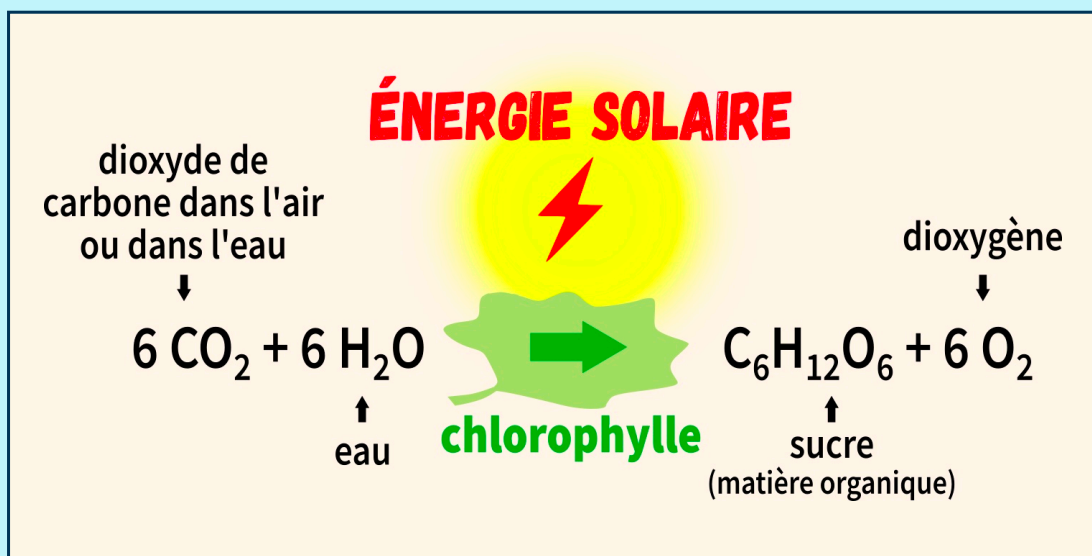
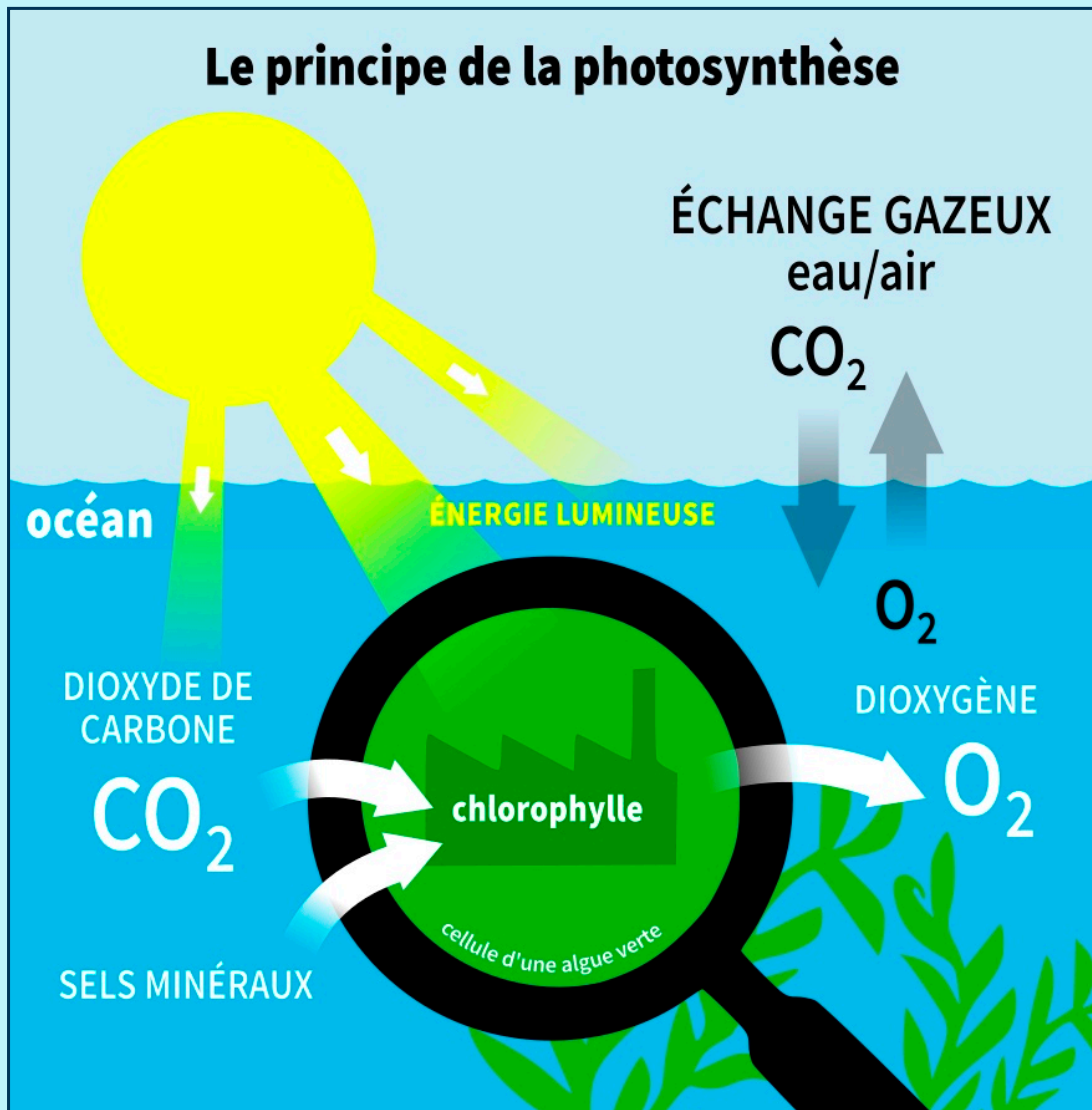
Les deux bocaux sont placés à même distance d'une source lumineuse, pendant 6 à 24 heures.



Au bout de 6 à 24 heures



ANNEXE 3. SCHÉMAS DE LA PHOTOSYNTHÈSE



ANNEXE 4. CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES

Élodée du Canada

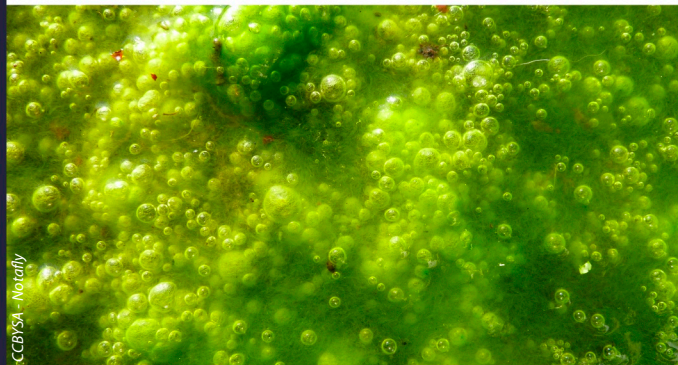


ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



Algues vertes



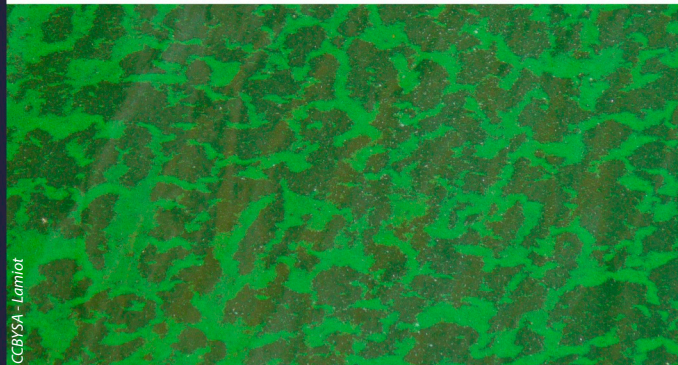
ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES

Bloom de phytoplancton
(Coccolithophores)

ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES

Bloom de phytoplancton
(Cyanobactéries)

ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



Algue rouge calcaire



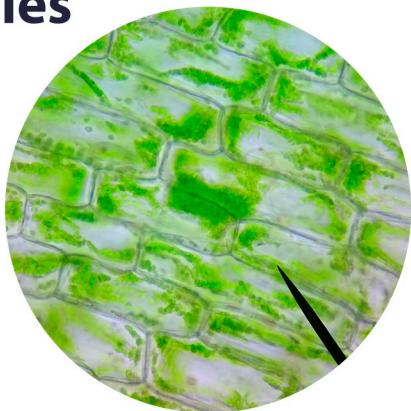
ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



ANNEXE 4. Cellules et végétaux aquatiques

Cellules



CC-BY-SA - Daemon Candrig

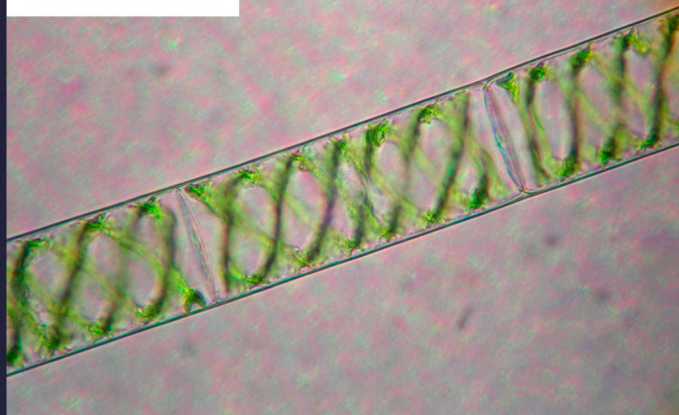


ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



Cellules



ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



Cellules



CC-BY-SA - Veryn4ik89

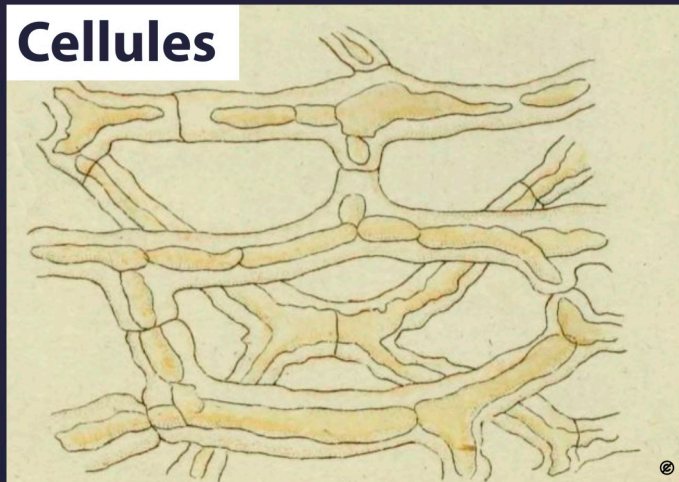


ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



Cellules

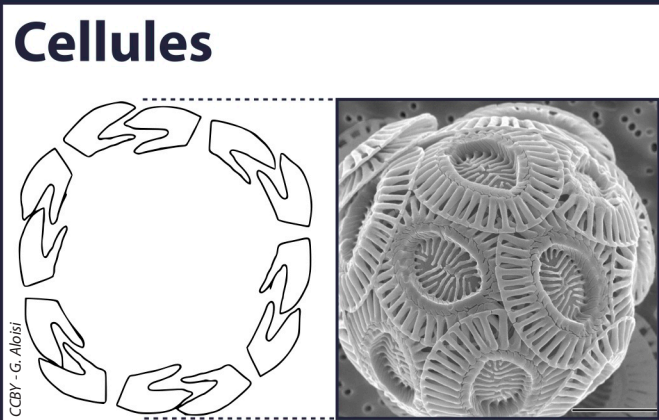


ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



Cellules



CC-BY - G. Aloisi

CC-BY - Alison R. Taylor



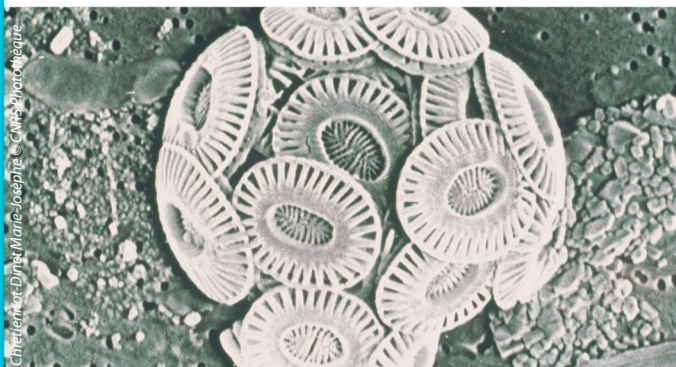
ACT. Océan Pompe à Carbone

CELLULES ET VÉGÉTAUX AQUATIQUES



ANNEXE 5. ESPÈCES "QUI MANGE QUI ?"

Phytoplancton



Cherchez et Dina Mare-Joséphine © CCBY-Photo de l'équipe



ACT. Océan Pompe à Carbone

QUI MANGE QUI ?



Zooplancton



CCBY-SA - Uwe Kils



ACT. Océan Pompe à Carbone

QUI MANGE QUI ?



Sardine



ACT. Océan Pompe à Carbone

QUI MANGE QUI ?



Thon



CCBY-SA - Almcloshon



ACT. Océan Pompe à Carbone

QUI MANGE QUI ?



Requin



CCBY - Andrew J. Green

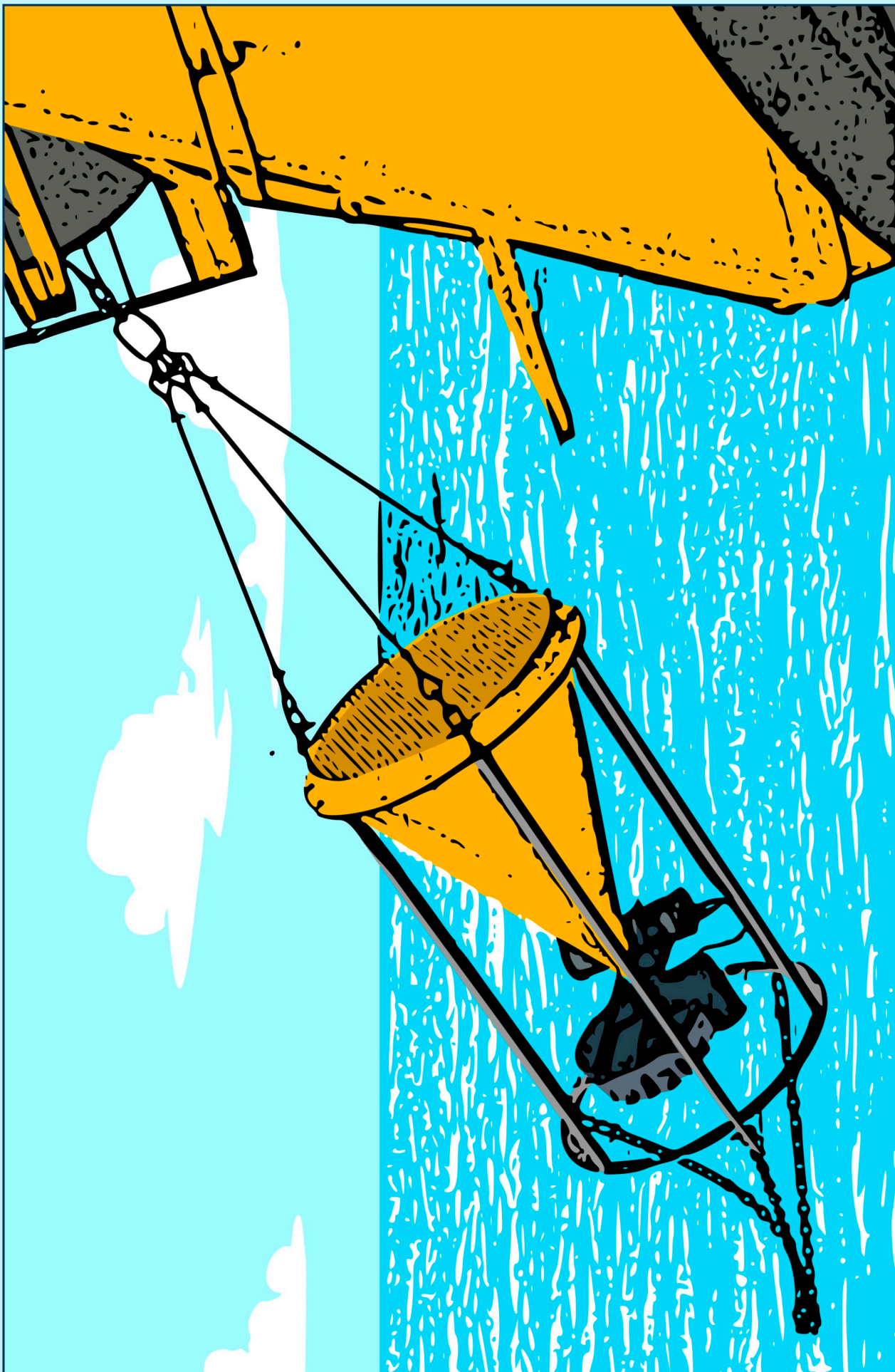


ACT. Océan Pompe à Carbone

QUI MANGE QUI ?



ANNEXE 6. PHOTOS MYSTÈRES



ANNEXE 6. Photos mystères

