



OCÉAN SOURCE DE VIE



Primaire / Collège / Lycée

40 min

INTRODUCTION

L'océan est source de vie. La vie naît dans l'océan, tout vient de l'océan, jusqu'à la composition de toutes les cellules vivantes, dont celles qui nous composent, qui sont faites d'eau salée. Cette eau salée est fondamentale.

Parmi les premières cellules nées dans l'océan, les cyanobactéries ont joué un rôle déterminant dans le développement de la vie sur Terre car elles sont majoritairement à l'origine de la production de dioxygène (O_2), essentiel à la vie d'innombrables organismes. La forte accumulation de dioxygène dans l'atmosphère, appelée grande oxygénation, est un événement majeur qui s'est produit dans l'atmosphère terrestre, les eaux de surface et la biosphère il y a environ 2,4 à 2 milliards d'années, au Paléoproterozoïque. Le dioxygène est devenu un important constituant de l'atmosphère, il a oxydé une partie des sols et s'est accumulé à l'état dissous dans les eaux.

Les propriétés de dissolution des gaz dans l'eau ont ainsi permis aux organismes marins, animaux, végétaux et aux micro-organismes de s'y développer.

Les végétaux aquatiques jouent un rôle primordial dans l'océan et pour notre planète. À la base du réseau alimentaire, ils servent de nourriture aux animaux marins, produisent plus de 50 % du dioxygène atmosphérique, contribuent au rôle de « puits de carbone » de l'océan et à la régulation du climat.

Comment les végétaux aquatiques interviennent-ils dans les échanges gazeux océaniques ? Quel composant permet aux végétaux de jouer ce rôle ?

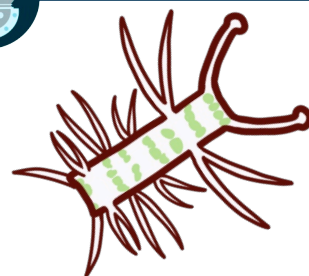
OBJECTIFS

- ➔ Mettre en évidence la production de dioxygène (O_2) par les plantes aquatiques en présence de lumière
- ➔ Mettre en évidence la consommation de dioxyde de carbone (CO_2) par les plantes aquatiques en présence de lumière
- ➔ Mettre en évidence la présence de chlorophylle dans les végétaux
- ➔ Découvrir les échanges gazeux au sein de l'océan, indispensables au fonctionnement de notre planète



TA MISSION

Aide



Chaetoceros

MATÉRIEL

ÉTAPE 1

- Poster "Expérience N°1"
- Poster "Expérience N°3"
- Annexe 1. Comment mener un débat mouvant
- 1 bougie
- 1 bocal
- 1 briquet ou 1 boîte d'allumettes
- 1 ordinateur, 1 vidéoprojecteur
- 2 extraits de vidéos "Expérience photosynthèse":
 - "Production de gaz": <https://medias.debrouillonet.org/w/1fnz6WhnPWXX7Q3pSXCx9D>
 - "Incandescence": <https://medias.debrouillonet.org/w/xSei7TGAzfKK5Ad45vvGz>

ÉTAPE 2

- feuilles d'élodée du Canada, d'épinards ou algues vertes
- 1 bouteille d'alcool à brûler ou d'alcool à 90°C
- 1 filtre à café
- 3 à 4 verres transparents
- 1 assiette
- 1 spatule en bois
- 1 cuillère à café
- 1 crayon à papier
- 1 règle graduée
- 1 paire de ciseaux

ÉTAPE 3

- 1 ordinateur, 1 vidéoprojecteur
- Vidéo de Tara Océan : "Comment l'océan produit-il du dioxygène ?"
<https://www.youtube.com/watch?v=YjR-eMv982k>

PROTOCOLE

ÉTAPE 1 LA PHOTOSYNTHESE (15 min)

- Présenter la mise en place de l'expérience N°1 :
 - Prendre deux bocaux identiques, qui contiennent chacun la même plante aquatique, placée sous un entonnoir, sur lequel est placé un tube à essai :
 - le 1^{er} bocal contient de l'eau ;
 - le 2nd bocal contient une eau saturée en CO₂, appelée solution d'hydrogénocarbonate de sodium, de concentration de 0,1 mol/L.
- Faire observer le **poster "Expérience N°1" (annexe 1)**
- Puis montrer la courte vidéo (30 s) sur la production d'un gaz :
<https://medias.debrouillonet.org/w/1fnz6WhnPWXX7Q3pSXCx9D>

Remarque : pour fabriquer une solution d'hydrogénocarbonate de sodium de concentration de 0,1 mol/L (eau saturée en CO₂), dissoudre 84 g de bicarbonate de sodium (NaHCO₃) de pureté 100 % dans 1 L d'eau. https://www.periodni.com/fr/preparation_des_solutions.php?scq=NaHCO3

Optionnel : pour confirmer qu'une solution d'hydrogénocarbonate de sodium contient bien du CO₂, en verser quelques gouttes dans un bocal et y ajouter de l'eau de chaux => Cette dernière précipite, confirmant la présence de CO₂ dissous.

Discussion et débat

1/ Qu'observons-nous à la fin de l'expérience ? Quelle différence entre les deux dispositifs ?

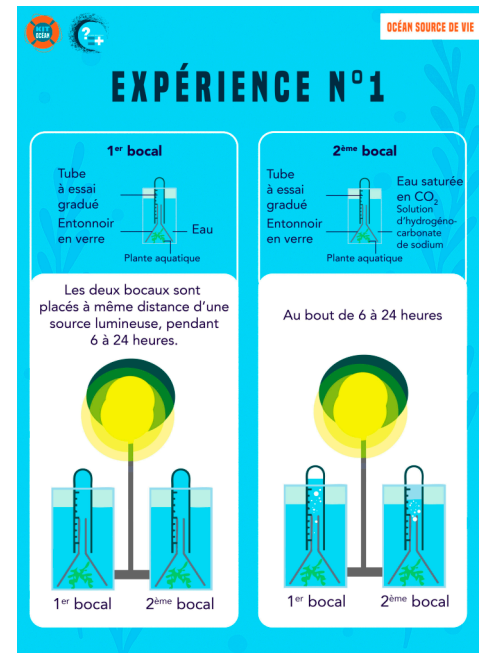
2/ Débat mouvant (cf annexe 2). Proposer aux jeunes de se positionner dans la salle selon les options des questions suivantes, et de justifier leur réponse.

Selon vous :

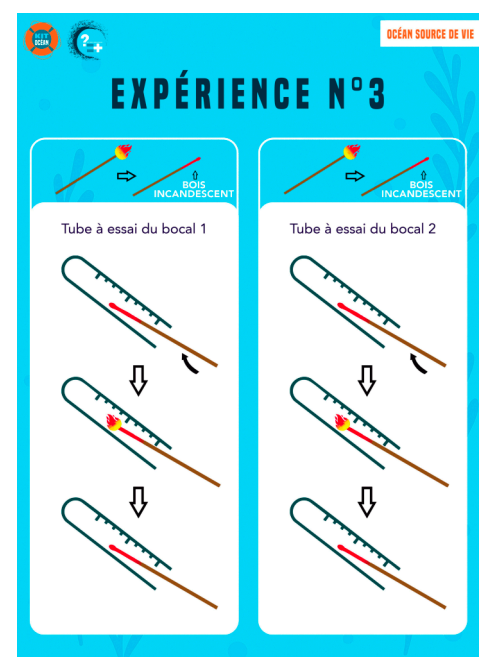
- Est-ce le même gaz observé dans les deux tubes à essai ? (oui/non)
- Le gaz produit vient-il de l'eau, de la lumière ou de la plante ? (eau, lumière, plante)
- Le gaz produit est-il du CO₂ ou de l'O₂ ? C'est ce que nous allons vérifier dans la prochaine expérience.
 - Défi - Expérience N°2 (5 min) : comment éteindre une bougie allumée sans souffler ni mettre de l'eau dessus ? (matériel dispo : bougie, pots en verre de différentes tailles...)
 - Observer le **poster "Expérience N°3" (annexe 3)** à accompagner de la vidéo :
<https://medias.debrouillonet.org/w/xSei7TGAzfKK5Ad45vvGz>
- Pourquoi la flamme se rallume-t-elle dans les 2 tubes à essai ? Pouvons-nous en déduire la nature du gaz produit en s'aidant de l'expérience N°2 ?

3/ Nous avons observé dans l'expérience N°1 qu'en présence d'eau et de lumière, la plante aquatique a produit plus de dioxygène (O₂) dans le 2nd tube à essai que dans le 1^{er} tube à essai. Pourquoi ? Quelle est la différence entre les deux bocaux ? Que pouvons-nous en déduire ?

Transition : Ce phénomène, appelé photosynthèse, a lieu principalement dans les feuilles des plantes, grâce à un composé capable d'utiliser l'énergie lumineuse pour produire de la matière organique (des sucres) et du dioxygène par des réactions chimiques. Pouvons-nous extraire ce composé des feuilles des plantes ?



Annexe 1. Poster "Expérience N°1"

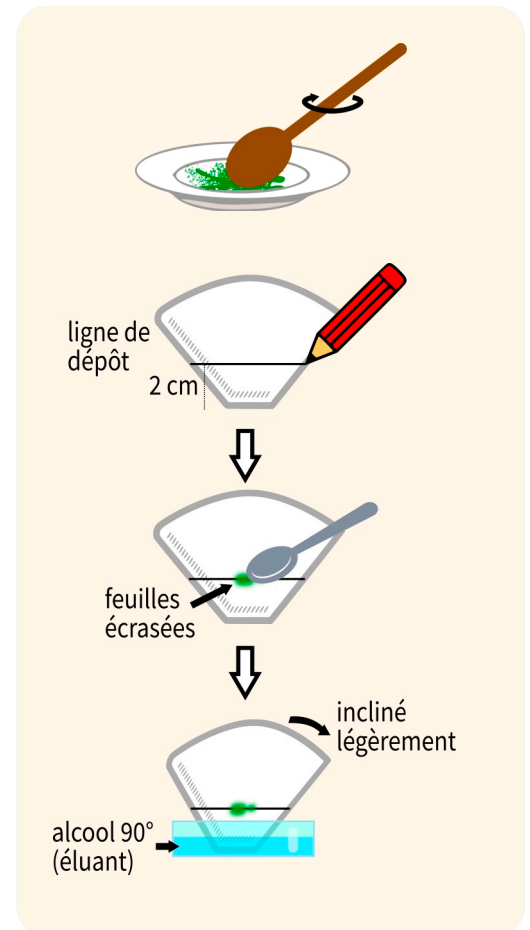


Annexe 3. Poster "Expérience N°3"

ÉTAPE 2 CHROMATOGRAPHIE DE LA CHLOROPHYLLE (15 min)

Préalable : la chromatographie est une technique physico-chimique qui permet de séparer différentes substances présentes dans un mélange.

- Cisailler puis écraser des feuilles de plantes aquatiques ou d'épinards ou des algues vertes dans une assiette à l'aide d'une spatule en bois.
- Tracer au crayon à papier une ligne horizontale sur le bas d'un filtre à café, à 2 cm du bas du filtre. **C'est la ligne de dépôt.**
- Déposer une boule de feuilles écrasées de la taille d'une demi-cuillère à café sur la ligne de dépôt afin d'obtenir une tâche ou une ligne horizontale de couleur verte.
- Verser dans un verre 1,5 cm d'alcool à brûler ou d'alcool à 90°. Attention aux vapeurs ! **Ce liquide est appelé éluant** : il permet de séparer les substances étudiées.
- Commencer la chromatographie : plonger et maintenir la base du filtre à café dans l'alcool (éluant) en l'inclinant légèrement pour ne pas faire tomber le dépôt de feuilles écrasées. Attention à ne pas plonger le filtre trop profondément : la ligne de dépôt contenant les feuilles écrasées ne doit pas tremper dans le liquide, sinon le dépôt ne migrera pas.
- Stopper l'expérience lorsque l'éluant arrive à environ 1 cm du bord supérieur du filtre à café (la migration dure environ 15 minutes). Retirer le filtre de l'éluant, noter au crayon jusqu'où est monté de l'éluant et sécher le filtre. **Qu'observons-nous ?**

**ÉTAPE 3 ZOOM SUR L'OCÉAN ET LE PHYTOPLANCTON (10 min)**

A/ Débat mouvant (cf annexe 2). Se positionner sur ces 2 affirmations (vrai ou faux) et expliquer pourquoi :

- "Les plantes aquatiques marines sont les seuls végétaux de l'océan".
(débat qui doit permettre une ouverture sur le phytoplancton)
- "Mesurer la quantité de phytoplancton dans l'océan, c'est possible !".

B/ Quels rôles joue le phytoplancton sur la vie sur Terre ?

- Récolter les réponses des jeunes puis faire visionner en complément la vidéo de la Fondation Tara Océan : "Comment l'océan produit-il du dioxygène ?"
<https://www.youtube.com/watch?v=YjR-eMv982k>

Remarque pour l'animateur-rice :

- la vidéo contient un vocabulaire accessible plutôt à partir du collège ;
- la vitesse de passage des textes est très rapide, il est conseillé de ralentir la vidéo afin de laisser aux jeunes le temps de lire les messages qui s'affichent.



Vidéo de la Fondation Tara Océan :
"Comment l'océan produit-il du dioxygène ?"

EXPLICATIONS

ÉTAPE 1 LA PHOTOSYNTHESE

1/ Nous remarquons qu'en présence de lumière, après 6 à 24 heures :

- du gaz s'est formé dans les 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/ Débat mouvant

- **Est-ce le même gaz observé dans les deux tubes à essai ?** Le gaz formé dans les deux tubes à essai est le même : nous allons voir lequel par la suite !
- **Le gaz produit vient-il de l'eau, de la lumière ou de la plante ?** Ce gaz provient de la plante (si nous refaisons la même expérience sans plante, nous n'observons pas de formation de gaz). *À noter que la présence d'eau et de lumière est indispensable pour permettre à la plante de fabriquer ce gaz.*

- **Le gaz produit est-il du CO_2 ou de l' O_2 ?** Nous le déduisons à l'aide d'expériences :

- *Défi de l'expérience N°2 :* pour éteindre la bougie sans la toucher ni souffler dessus, il suffit de retourner dessus un pot en verre. Rapidement, la flamme vacille et s'éteint. Nous observons que plus le pot est petit (moins il contient d'air, donc de dioxygène (O_2)), plus la bougie s'éteint vite.

Que s'est-il passé ? En brûlant, la bougie consomme tout le dioxygène de l'air disponible à l'intérieur du pot. Quand il n'y a plus de dioxygène, la flamme s'éteint. **Ainsi, la présence de dioxygène est indispensable à la combustion (pour avoir une flamme).**

- *Dans l'expérience N°3,* nous observons que l'allumette incandescence placée dans chacun des tubes à essai se rallume instantanément, puis s'éteint aussitôt. Or nous venons de voir dans l'expérience N°2 que la présence de dioxygène est indispensable à la combustion. Si l'allumette incandescente se rallume, c'est donc qu'elle est mise en présence d' O_2 . **Le gaz produit est donc du dioxygène (O_2) dans les deux situations.** La flamme s'éteint de nouveau rapidement car elle a consommé tout le dioxygène présent dans le tube à essai en se rallumant.

3/ **En présence d'eau et de lumière**, la plante aquatique a produit plus de dioxygène dans le 2nd tube à essai que dans le 1^{er} tube à essai. Or la seule différence entre les deux bocal, c'est que le 2nd bocal contient une eau saturée en CO_2 . **Ainsi, nous pouvons en déduire qu'en présence d'une plus forte concentration de dioxyde de carbone (CO_2), la plante aquatique produit plus d' O_2 .** Cela signifie qu'elle consomme le dioxyde de carbone dissous dans l'eau pour produire du dioxygène.

Ce phénomène s'appelle la photosynthèse : les végétaux convertissent le dioxyde de carbone (CO_2) en dioxygène (O_2) et fabriquent de la matière organique (des sucres), en présence d'eau et de lumière.

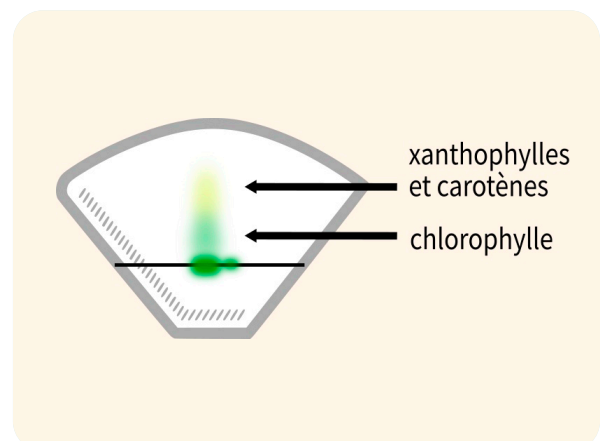
ÉTAPE 2 LA CHLOROPHYLLE

Au contact de l'alcool, les parois des cellules des feuilles se cassent, ce qui permet au contenu des cellules de migrer sur le filtre à café.

Au bout de quelques minutes, nous observons que deux phases deviennent visibles sur le filtre à café, une verte et une jaune :

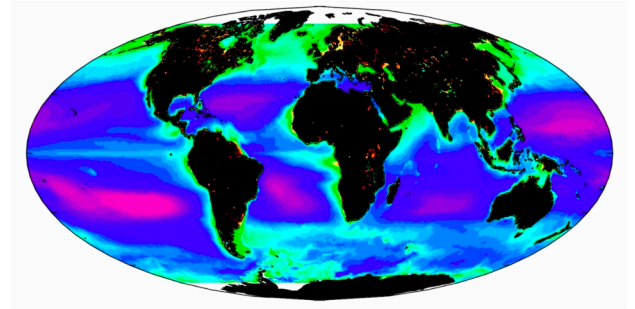
- **la phase verte, située en bas, correspond à la chlorophylle a**, pigment vert contenu majoritairement dans la feuille ;
- **la phase jaune, située en haut, correspond aux xanthophylles et aux carotènes**, qui sont des pigments jaunes/orangés contenus également dans les feuilles des plantes.

=> **La chlorophylle a est le pigment présent chez tous les végétaux qui leur donne leur couleur verte.** Ce pigment est à l'origine du processus de la photosynthèse.



ÉTAPE 3 ZOOM SUR L'OCÉAN ET LE PHYTOPLANCTON

- A/ • Les plantes aquatiques marines sont les seuls végétaux de l'océan. **Faux !** Dans l'océan, il existe différents types de végétaux marins : les plantes aquatiques, mais également les algues et le phytoplancton.
- Mesurer la quantité de phytoplancton dans l'océan, c'est possible ! **Vrai !** En océanographie, mesurer la quantité de chlorophylle à un endroit donné nous renseigne sur la quantité de phytoplancton présente à cet endroit. La quantité de chlorophylle dans l'océan varie entre $0,01 \text{ mg/m}^3$ (désert marin) à 15 mg/m^3 (zone très riche en phytoplancton). Ces mesures peuvent se faire de différentes façons :
- par analyse de prélèvements, par exemple :
 - à partir de bateaux accueillant des scientifiques organisant des campagnes de collecte d'échantillons d'eau à différents endroits du globe ;
 - à l'aide de robots "flotteurs-profileurs" qui effectuent des mesures en temps réel, circulant dans l'océan au gré des courants...
 - par satellite, par télédétection de la couleur de l'océan...

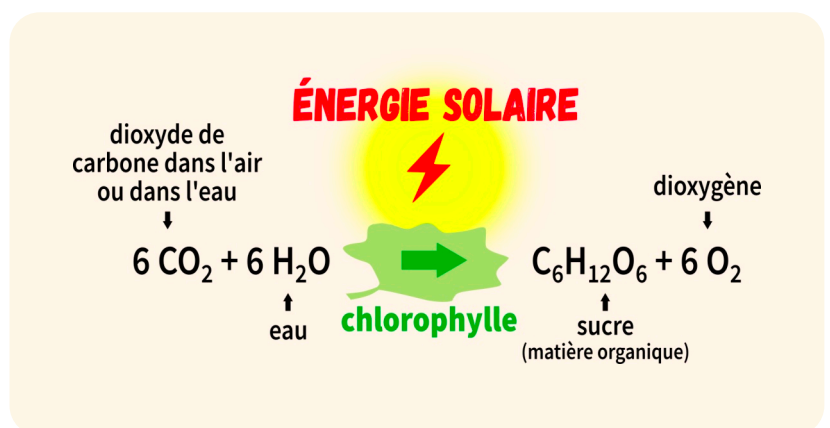
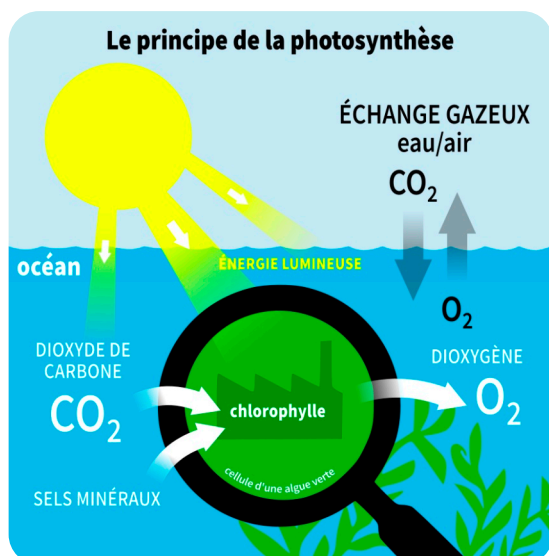


Teneur moyenne des eaux de surface des océans en chlorophylle, pour la période 1998-2006 (en milligramme de chlorophylle par m^3)
l'échelle de couleur est logarithmique

0.03 0.1 0.3 1 3 10 30

Plumbago - source : Satellite SeaWiFS, NASA-CNES

- B/ Le phytoplancton constitue l'ensemble des végétaux microscopiques qui vivent en suspension dans les eaux et dérivent au gré des courants :
- il absorbe la même quantité de CO_2 générée par l'humanité que les plantes terrestres ;
 - il joue un rôle primordial dans la régulation du climat grâce à la transformation du CO_2 en matière organique et à sa séquestration dans le fond de l'océan ;
 - par la photosynthèse, il fournit 135 milliards de tonnes de dioxygène par an, soit 50 % du dioxygène produit sur Terre. Grâce à sa chlorophylle a, le phytoplancton capte la lumière du soleil qu'il utilise comme source d'énergie pour fabriquer des sucres. Pour créer ce sucre, il lui faut du carbone (C) issu du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'hydrogène (H) issu de l'eau (H_2O). Il rejette ensuite ce dont il n'a pas besoin, à savoir du dioxygène (O_2).
- => Le dioxygène ainsi produit est rejeté en partie dans l'eau, ce qui va permettre à toutes les autres espèces marines de respirer, l'autre partie étant directement libérée dans l'atmosphère.



SYNTHÈSE

L'océan est source de vie :

- C'est grâce à l'activité photosynthétique des végétaux que l'atmosphère de la Terre s'est peu à peu enrichie en dioxygène (O_2), devenant viable. **L'océan fournit plus de 50 % du dioxygène contenu dans l'atmosphère, accumulé depuis des millions d'années, et que nous respirons aujourd'hui.**
- **L'océan régule le climat**, à travers l'absorption, la transformation et la séquestration dans les fonds marins du dioxyde de carbone (CO_2), ce qui atténue en partie sa concentration dans l'atmosphère.
- **L'océan est source de nourriture** pour de nombreuses espèces terrestres, dont les humains, et abrite le plancton, à la base de nombreux réseaux trophiques.
- **L'océan est à l'origine de la vie sur Terre**, car c'est là que sont apparues les premières formes de vie, sous forme de cyanobactéries, il y a près de 3,75 milliards d'années. C'est ainsi dans l'océan que les espèces ont ensuite commencé à évoluer.

Lien avec l'impact des activités humaines

L'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, très fortement accentuée par les activités humaines, modifie le climat, l'acidité de l'océan et les températures terrestres. Or les micro-algues les plus représentées au sein du phytoplancton marin, et qui produisent le plus de dioxygène, sont le groupe des diatomées, qui dépendent de la température de l'eau. Ainsi, une variation de quelques degrés pourrait entraîner des changements importants dans la communauté du plancton et affecter le taux de production de dioxygène et les réseaux trophiques...

Interactions possibles avec d'autres missions

- **Couleur de l'océan** (bloom de phytoplanctons)
- **Océan unique** (interconnectivité des océans)
- **Océan en mouvement** (courants marins)
- **Océan, interactions entre espèces** (réseau trophique...)
- **Océan, pompe à carbone** (photosynthèse, stockage de CO_2).

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

- Faire l'expérience de l'étape 1 en temps réel.
- Montrer qu'une plante aquatique fabrique du gaz :
 - mettre une plante aquatique dans un bocal intégralement rempli d'eau ;
 - Identifier ce qui se passe sur les feuilles de la plante, après un certain temps : des bulles se forment autour de la plante et remontent vers le haut du bocal.

SOURCES

- 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 ».
- Planet Vie. Expériences sur la photosynthèse.
<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/manipulations-en-svt/experiences-sur-la-photosynthese>
- Wikidébrouillard. La plante qui respire. https://www.wikidebrouillard.org/wiki/La_plante_qui_respire
- Wikidébrouillard. Chromatographie d'une feuille d'arbre.
https://www.wikidebrouillard.org/wiki/Chromatographie_d%27une_feuille_d%27arbre
- Medites, Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer. Les sciences en 21 expériences.
http://www.monoceanetmoi.com/resources/book/sciences_21_experiences
- Mon océan et moi. Adopt a float. Phytoplancton marin.
http://www.monoceanetmoi.com/web/index.php/fr/?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=107
- Tara Fondation. Comment l'océan produit-il de l'oxygène ? <https://www.youtube.com/watch?v=YjR-eMv982k>
- C'est pas sorcier. Comment le phytoplancton produit-il de l'oxygène. https://www.youtube.com/watch?v=Li_DMYYyDilk
- Gilles Boeuf - Conférence "Océans à sauver", 2 avril 2017. https://www.youtube.com/watch?v=57vtVP_oqPc

ANNEXE 1. COMMENT MENER UN DÉBAT MOUVANT ?

L'animateur·rice trouve une phrase polémique ou problématique qui divise le groupe. Les participant·e·s choisissent leur camp ("d'accord/pas d'accord" ; "oui/non" ; "facile/pas facile" ; "capable/pas capable"...) et se répartissent à droite et à gauche de l'espace de la salle (debout ou assis). Les personnes indécises peuvent rester au milieu (nous pouvons aussi interdire la zone neutre).

Plusieurs méthodes sont possibles :

- soit les participant·e·s se mettent à argumenter individuellement en fonction de leur choix ;
- soit chaque camp prend 5 minutes pour construire collectivement des arguments.

Le but est d'échanger des arguments, de faire venir dans son camp les personnes indécises et même celles et ceux de l'autre camp. Il est possible de changer de camp autant de fois que nous le souhaitons : cela signifie que nous venons d'entendre un argument pertinent ou qui nous semble pertinent ! Lorsqu'une personne change de camp, elle explique pourquoi.

Rapidement, tous les membres du groupe prennent la parole, à l'inverse du débat classique avec parole à qui la demande. Il faut bien arriver à répartir la parole entre les participant·e·s. Les arguments peuvent être notés sur un tableau, dans deux colonnes.

Attention la personne qui anime reste modératrice mais ne s'implique pas. Elle arbitre et veille à la bonne répartition des temps de parole de chacun des camps ! Elle doit également veiller à la reformulation des questions et des arguments utilisés, afin que chaque participant·e puisse comprendre ce qui se dit et s'impliquer dans le débat.

LES POSTERS

Poster. Expérience N°1

OCÉAN SOURCE DE VIE

EXPÉRIENCE N°1

1^{er} bocal

Tube à essai gradué
Entonnoir en verre
Eau
Plante aquatique

2^{ème} bocal

Tube à essai gradué
Entonnoir en verre
Eau saturée en CO₂
Solution d'hydrogène-carbonate de sodium
Plante aquatique

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

Au bout de 6 à 24 heures

1^{er} bocal 2^{ème} bocal

Poster. Expérience N°3

OCÉAN SOURCE DE VIE

EXPÉRIENCE N°3

BOIS INCANDESCENT

Tube à essai du bocal 1

Tube à essai du bocal 2