



L'étude des sources et des puits de carbone (Marc Jamous, IPSL (France))

L'augmentation de l'effet de serre est un phénomène relativement bien connu par les élèves du secondaire, même s'il est assez peu compris. En effet, de nombreuses revues et média ont traité abondamment le sujet et il est difficile de trouver maintenant des personnes qui n'en ont jamais entendu parler. Ainsi, l'augmentation moyenne de la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère est une donnée scientifique connue par le grand public. Cependant, la connaissance précise du cycle du carbone est peu répandue, de même que les variations saisonnières et journalières de la concentration carbonée. Il nous paraît intéressant de faire expérimenter les élèves afin qu'ils supposent eux-mêmes l'existence de ces variations.

Les questions de départ peuvent donc être :

1. D'où provient le gaz carbonique de l'atmosphère ?
2. Comment la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère peut-elle être relativement constante ?
3. Pourquoi la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère augmente-t-elle ?
4. Est-ce que la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère augmente en permanence ?
5. Comment la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère évolue-t-elle dans une journée ?
6. Est-ce que la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère est la même selon les saisons, selon le lieu géographique ?
7. Est-ce que la concentration en gaz carbonique dans l'atmosphère est la même selon que nous soyons proches ou éloignés d'une source polluante ?
8. Est-il possible de discriminer entre la production de gaz carbonique « naturelle » et la production due à l'homme (anthropique) ?

Pour répondre à ces questions, le LSCE propose aux élèves de réaliser des mini-serres pourvues de capteurs afin de mesurer les concentrations en gaz carbonique et en oxygène contenus dans l'atmosphère de ces mini-serres. Les élèves pourront aussi explorer leur environnement, équipés de capteurs à CO₂, afin de repérer des variations dues au lieu géographique, à l'heure de l'observation (matinée ou soirée), à un plus ou moins grand éloignement des sources polluantes (routes, usines, industries...).

Protocole

Afin de découvrir que la concentration atmosphérique du gaz carbonique connaît des variations selon le lieu géographique, l'heure, la saison, les élèves se déplaceront, munis de capteurs à CO₂. Ils pourront ainsi observer, entre autres, les variations locales et temporelles dues aux activités humaines (promenade près de routes à différentes circulations, à différentes heures...). Pour comprendre ces changements et essayer d'en connaître les causes, la réalisation de montages présentant des ambiances confinées et contrôlées est nécessaire. Cela peut se faire par la réalisation de « mini-serres ».

Les serres réalisées doivent pouvoir contenir des plantes, des bougies (pour enrichir l'air en gaz carbonique), des récipients d'eau de mer, différents types de sols... Elles connaîtront ensuite

différentes phases d'éclaircissements et d'obscurité et les variations des concentrations en gaz carbonique et oxygène seront relevées.



Élément d'une serre avant l'expérimentation



Serre pendant une expérience

Il sera primordial de laisser la plus grande liberté aux élèves pour élaborer leurs protocoles expérimentaux. Par exemple, il serait préférable que l'idée d'avoir une « serre témoin » vienne des élèves et non du professeur. Il serait intéressant de laisser les élèves se tromper, par exemple, ils peuvent ne pas s'attendre à ce que les plantes respirent.

Il s'agira d'étudier d'abord des échanges simples : la présence de plantes exposées à la lumière fait augmenter la concentration d'oxygène et baisser la concentration de gaz carbonique, puis d'arriver à des échanges plus compliqués : un sol riche en microorganisme « respire » (produit une augmentation de la concentration en gaz carbonique) ; à partir de quelle quantité de biomasse, un sol riche, produit une baisse de la concentration en gaz carbonique ? Par l'étude de ces échanges, il serait intéressant d'arriver peu à peu à la perception des cycles journalier et saisonnier du carbone. En effet, dans une journée, la concentration en gaz carbonique varie, elle augmente dans la nuit et diminue pendant le jour. De même, cette concentration est plus élevée dans nos latitudes en hiver qu'en été. Le cycle journalier du carbone est dû aux échanges gazeux de la respiration et de la photosynthèse. Mais il est influencé, sous nos latitudes, par les activités humaines, plus importantes la journée.

Après ces études, les élèves seront capables de déduire de leurs observations les cycles journaliers et saisonniers du carbone. Ce serait alors le bon moment pour que les élèves aient accès aux relevés effectués en permanence par le LSCE afin de vérifier leurs hypothèses.

Prolongements

Il est malheureusement assez difficile d'observer une augmentation de l'effet de serre par l'intermédiaire de ce type de protocoles expérimentaux : deux serres identiques mais dont l'une a une concentration de gaz carbonique plus élevée ne possèdent pas forcément une atmosphère avec des températures différentes. Ainsi, la recherche du rôle du carbone dans l'augmentation de la température globale actuelle devra se faire par un travail de documentation. Pour cet aspect particulier, le LSCE proposera des pistes particulières : bases de données de la concentration en gaz carbonique et de la température globale, rapport de l'IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change), documents de vulgarisation...

Documents

<http://acces.inrp.fr/acces/equipes/modelisation/travaux/CCCIC/html/ccc/html/html/accueil.html>

Ensemble de travaux réalisés par 7 enseignants du SVT sur le sujet dans l'académie d'Orléans-Tours. Dossier très riche, dont la navigation n'est pas toujours facile, mais qui donne un grand nombre de renseignements pratiques et d'informations théoriques, permet de faire travailler les élèves sur des modèles.

<http://pedagogie.ac-toulouse.fr/svt/serveur/divers/joc/joserr.html>

Une expérience pour tenter de visualiser l'effet de serre par une enceinte fermée et qui montre les difficultés de la manœuvre.

Étude des échanges carbonés entre l'atmosphère et les océans

L'absorption du gaz carbonique de l'atmosphère par les océans pourra jouer un rôle majeur dans les changements climatiques futurs mais l'importance quantitative de ce phénomène reste une grande inconnue. Cependant, une conséquence nocive de cette absorption se fait déjà sentir : l'acidification des océans. Le LSCE estime qu'il est important de faire travailler des élèves sur ce sujet.

Les questions de départ possibles sont :

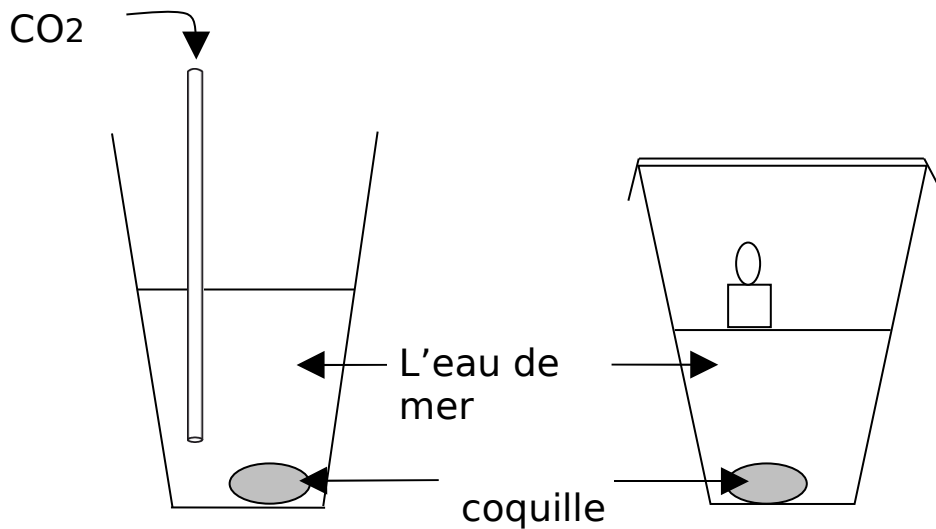
1. Existe-t-il des échanges gazeux entre l'atmosphère et les océans ?
2. Est-ce que ces échanges gazeux sont dépendants de la température ?
3. Est-ce que ces échanges gazeux sont les mêmes en tout point du globe ?
4. Existe-t-il des conséquences sur les océans à l'augmentation de la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère ?

Protocole

En remplissant plus ou moins un récipient avec de l'eau de mer, en modifiant la concentration en gaz carbonique de cette eau ou de l'air la recouvrant, puis en isolant hermétiquement ce récipient, il est possible d'étudier les échanges carbonés entre l'air et l'eau de mer. Un pot de confiture, un béccher est suffisant. Les concentrations en gaz carbonique dans les deux milieux peuvent être mesurées par des sondes, mais ce n'est pas nécessaire. Il est plus intéressant de placer une sonde à pH dans l'eau de mer.

Comme premier montage, nous proposons ceci : un pot de confiture rempli à moitié d'eau de mer, une bougie flottante allumée posée sur l'eau. Le pot est clôt hermétiquement. En quelques secondes, la bougie s'éteint, par manque d'oxygène. Le pH de l'eau de mer est ensuite mesuré régulièrement, ou après un certain temps, si on n'a pas réussi à obtenir un système permettant une mesure tout en gardant le récipient hermétique. On remarque alors que l'eau s'acidifie régulièrement.

Ainsi, l'eau de mer absorbe bien le gaz carbonique en excès dans l'atmosphère, mais ce phénomène est limité (l'utilisation d'une sonde à gaz carbonique est alors conseillée) et provoque surtout une acidification. Les conséquences de cette acidification peuvent aussi être explorées en ajoutant des coquilles d'organismes marins (palourdes, coques...) ou du corail (plus difficile à trouver) dans l'eau de mer. Une coquille de coque laissée dans une eau de mer maintenue à un pH légèrement acide (pendant le protocole décrit ci-dessus, par exemple) se décalcifie et cette décalcification est observable à l'œil nu après une semaine.



Il est ensuite intéressant de réaliser le protocole cité en exemple à différentes températures. Mais comme pour les pistes précédentes, il est important que l'idée vienne des élèves et non du professeur. Ces montages simples permettent d'élaborer un grand nombre de protocoles différents. Les élèves peuvent aussi explorer la voie inverse : on enrichit l'eau de mer en gaz carbonique (par exemple, en soufflant dans l'eau par l'intermédiaire de pailles), on clôt l'enceinte et on observe si l'air s'enrichit en gaz carbonique. On vérifie si la vitesse des échanges dépend de la température.

Prolongements

Les élèves pourront chercher des articles dans la presse sur l'acidification des océans et les conséquences sur les chaînes alimentaires.