

Le projet 2006 « Cycle du carbone et changement climatique »

Pendant l'année scolaire 2006-2007, le laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) a développé un projet pédagogique réunissant onze établissements secondaires de la région Île de France autour de la thématique « cycle du carbone et changement climatique ». Ce projet s'est terminé par un colloque destiné au grand public, du 28 au 30 mars 2007, comprenant une après-midi où les élèves participant ont présenté leurs résultats. Les classes ont toutes été récompensées par des prix distribués par un jury comprenant un membre de l'éducation nationale, un membre de la région, un membre de l'IPSL et un chercheur du LSCE. C'est le jury qui a décidé de récompenser toutes les classes, surpris par l'excellente qualité du travail réalisé par les élèves.

Ce projet avait été financé en grande partie par la Région île-de-France.

Pendant l'année, les élèves ont travaillé autour de trois pistes d'expérimentation : la dendrochronologie, l'étude des sources et des puits de carbone, l'étude des échanges carbonés entre l'atmosphère et les océans.

1) La dendrochronologie

Les questions de départ étaient :

1. Les arbres, sont-ils des indicateurs des climats passés ?
2. Est-ce que les cernes d'une coupe d'arbre sont tous identiques ? S'ils sont de tailles différentes, quelles peuvent en être les causes ?
3. Quelles types d'information un arbre peut-il donner de son passé ?

La dendrochronologie permet de répondre à ces questions. Les élèves ont étudié des cernes de coupes d'arbres récents afin d'établir une relation entre l'épaisseur relative d'un ou plusieurs cernes et des types d'événements météorologiques connus (sécheresse, canicule...). Ensuite, les élèves ont analysé des profils de cernes correspondant à une époque lointaine (an mil, 18ème siècle) et ont essayé de trouver des événements météorologiques exceptionnels de cette époque.

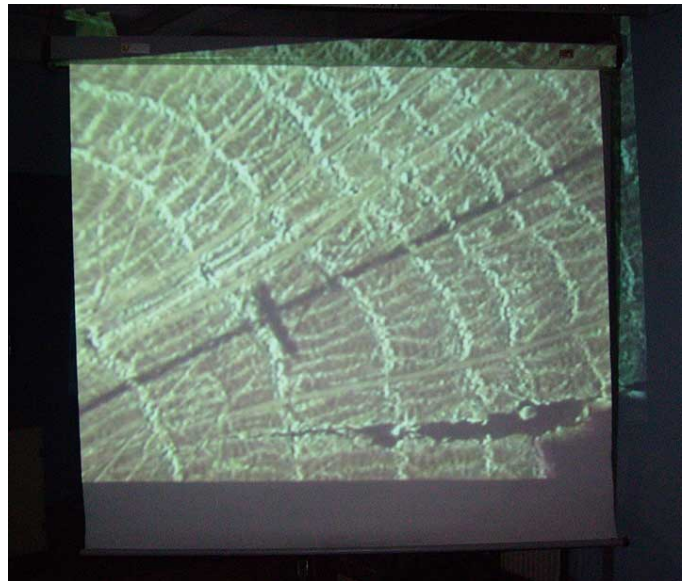
Protocole

Les établissements ont travaillé sur des tranches d'arbres obtenues par différents moyens, mais provenant toujours d'un endroit proche (abattage d'arbres récents dans l'enceinte de l'établissement, maison de la nature, maison de l'environnement...).

Les élèves devaient chercher par eux-mêmes comment mesurer l'épaisseur des cernes. Il était intéressant de faire travailler les élèves par groupes de quatre afin d'obtenir des résultats différents et obtenir ainsi la notion d'erreur expérimentale. Les résultats des élèves étaient comparés à des résultats de chercheurs ou d'autres adultes.



Mesure de l'épaisseur des cernes d'une coupe d'acacia
(photo : Francis Chavanne)



Coupe de chêne vue sur écran, par le biais d'une caméra de collègue (photo : Catherine Vallot)



Coupe de chêne prise par un appareil numérique (photo : Marc Jamous)

A partir des mesures, les élèves traçaient le profil, c'est-à-dire la courbe « épaisseur des cernes en fonction des années ». Les élèves étaient alors prêts à étudier des profils d'une époque lointaine, sans relevés météorologiques fiables.

2) L'étude des sources et des puits de carbone

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 médias 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 paraissait intéressant de faire expérimenter les élèves afin qu'ils supposent eux-mêmes l'existence de ces variations.

Les questions de départ étaient :

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 proposait aux élèves de réaliser des mini-serres pourvues de capteurs afin de mesurer les concentrations en gaz carbonique contenus dans l'atmosphère de ces mini-serres. Les élèves pouvaient 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 déplaçaient, munis de capteurs à CO₂. Ils pouvaient 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 était nécessaire. Cela pouvait se faire par la réalisation de « mini-serres ».

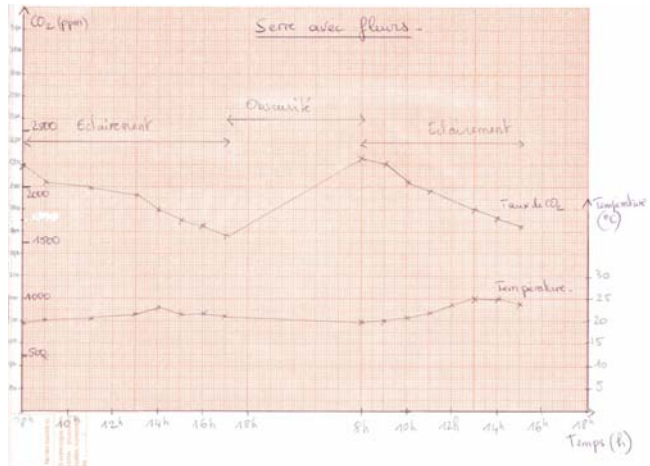
Les serres réalisées devaient pouvoir contenir des plantes, des bougies (pour enrichir l'air en gaz carbonique), des récipients d'eau de mer, différents types de sols... Elles connaissaient ensuite différentes phases d'éclairages et d'obscurité et les variations des concentrations en gaz carbonique étaient relevées (si les établissements souhaitaient ou pouvaient ajouter des oxymètres ou d'autres types de sondes, ils étaient libres de le faire).



Élément d'une serre avant l'expérience



Serre pendant une expérience



Exemple d'une serre réalisée entièrement par une classe de troisième avec quelques résultats (collège Rosa Luxemburg, de Lisses (91))

Il s'agissait 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 était possible 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 étaient capables de déduire de leurs observations les cycles journaliers et saisonniers du carbone.

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 devait se faire par un travail de documentation. Pour cet aspect particulier, le LSCE proposait 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...

3) 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 estimait qu'il est important de faire travailler des élèves sur ce sujet.

Les questions de départ possibles sont :

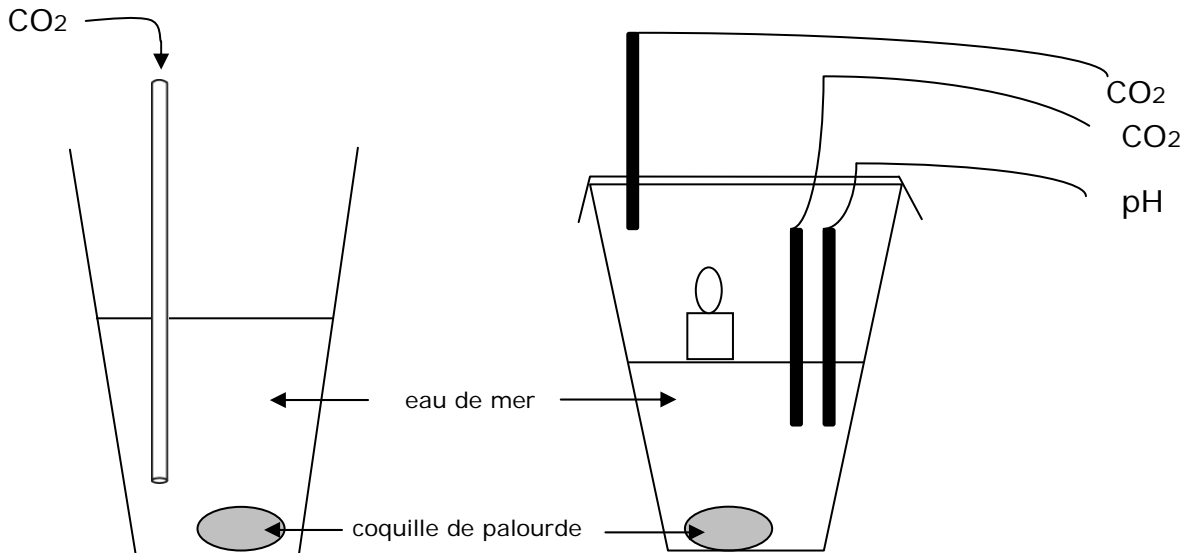
1. Existe-t-il des échanges gazeux entre l'atmosphère et les océans ?
2. Est-ce que ces échanges gazeux sont dépendants de la température ?
3. Est-ce que ces échanges gazeux sont les mêmes en tout point du globe ?
4. Existe-t-il des conséquences sur les océans à l'augmentation de la concentration en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



Les différents protocoles à réaliser pour étudier les échanges de CO₂ atmosphère-océans

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.

Suite du projet

Grâce à un nouveau financement de la Région Ile-de-France, l'IPSL, Institut de recherche sur les sciences du climat et de l'environnement comprenant cinq laboratoires, dont le LSCE, a pu lancer un autre projet pédagogique pour l'année scolaire 2007-2008, mais dans le cadre du projet européen GEOMon (<http://www.geomon.eu/education/>).

Enfin, grâce à des fonds européens du 7^{ème} PCRD, le LSCE, toujours au sein de l'IPSL, va pouvoir prolonger cette activité pour au moins deux années scolaires : 2008-2009 et 2009-2010.