

## Sciences et Laboratoire - THEME L'atmosphère terrestre

Domaine exploré : L'eau et l'air : couplage atmosphère / géosphère

### Problématique générale :

Le réchauffement climatique peut-il entraîner une augmentation de l'acidité des océans et nuire à la faune et à la flore marines ou bien accroître l'augmentation de dioxyde de carbone dans l'atmosphère (effet puits de carbone des océans) et ainsi s'auto-amplifier ?

### Séance « 0 » : INTRODUCTION

- **Présentation** : introduction au thème à partir de documents : extraits de livres, sites internet

Suivi :

- **D'un débat** pour faire émerger les deux problématiques.
  - celle de la relation entre le réchauffement climatique (donc le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, si on considère ce gaz comme responsable du réchauffement climatique) et l'acidité de l'océan ;
  - celle de la relation entre la température de l'atmosphère et le taux de dioxyde de carbone, celui-ci pouvant être relâché par l'océan, donc moins soluble dans l'océan quand la température augmente.

### Problématique 1 :

Existe-t-il un lien entre le taux de dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère et l'acidité de l'océan ?

#### QUESTIONNEMENT PREALABLE

Ce questionnement a pour objectif de faire réfléchir les élèves sur la manière dont il est possible de répondre à cette problématique au niveau du laboratoire. comment pourrions répondre à cette problématique au laboratoire ?

Cette recherche peut s'opérer en interactivité avec le groupe classe, en recueillant des propositions et en les mettant en débat. Une formulation de questions moins ouvertes (voir ci-dessous) peut éventuellement être proposée si les élèves ne parviennent pas à faire de propositions.

Une première recherche pourrait aussi d'effectuer en autonomie, de manière individuelle ou par petits groupes, avec des aides apportées par l'enseignant, si besoin est :

- comment simuler cette interaction, ce lien, entre l'atmosphère et l'eau de l'océan au niveau du laboratoire? comment modéliser une atmosphère contenant du dioxyde de carbone ? comment modéliser un océan ? quelles mesures faut-il effectuer ?.....

Il conviendrait d'amener les élèves à trouver les étapes nécessaires et les activités expérimentales à réaliser :

- production de dioxyde de carbone (ACTIVITE 1.1)
- création d'atmosphères avec des teneurs différentes en dioxyde de carbone (mesure du taux de CO<sub>2</sub>) (ACTIVITE A.2)
- création d'une solution d'océan (salinité à mesurer)
- mise en contact atmosphères et solution océan (mesure du pH de la solution, PB du contrôle de la teneur en CO<sub>2</sub>) (ACTIVITE 1.3)
- analyse des résultats et réponse à la problématique (ACTIVITE 1.4)

## ACTIVITES

### ACTIVITE 1.1 :

- Objectif : produire du dioxyde de carbone au laboratoire ≠
- Activité expérimentale : protocole proposé par un enseignant.
  - Connaissances : identification des différentes espèces chimiques mise en oeuvre.
  - Capacités et attitudes :  
REA réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole.  
REA Observer et décrire les phénomènes.

### ACTIVITE 1.2 :

- Objectif : créer des atmosphères de différentes compositions en dioxyde de carbone surmontant un volume d'eau.
- Activité expérimentale : protocole proposé par les élèves et mise en oeuvre.
  - Matériel : capteur de mesure de taux de CO<sub>2</sub>,
  - Connaissances : gaz, composition d'un mélange, teneur d'un gaz dans un mélange, pression partielle
  - Capacités et attitudes :  
ANA proposer un protocole et le mettre en oeuvre.  
REA maîtriser les gestes techniques (mesure avec sonde à CO<sub>2</sub>)  
VAL vérifier la cohérence des résultats obtenus avec les résultats attendus (évolution de la teneur en CO<sub>2</sub> avec quantité de gaz introduite)

### ACTIVITE 1.3 :

- Objectif : évaluer l'influence de la pression partielle de dioxyde de carbone sur l'acidité de la solution à température constante.≠
- Activité expérimentale : réaliser une solution modélisant un « océan », mesurer le pH d'une solution et le taux de dioxyde carbone dans un mélange gazeux.
  - Matériel : capteur de mesure de taux de CO<sub>2</sub>, pHmètre.
  - Connaissances : solution acide, pH.
  - Capacités et attitudes :  
REA maîtriser les gestes techniques (mesure avec sonde pH)  
ANA définir les conditions d'utilisation des instruments de mesures ( pHmètre).

### ACTIVITE 1.4 :

- Objectif : présenter la démarche suivie et une synthèse des résultats obtenus.
- Activité : construction d'un document de présentation (rapports « d'expert », diaporama, affiche, exposé oral).
  - Capacités et attitudes :  
COM : communiquer de façon écrite  
COM : communiquer de façon orale

✚ **SYNTHESE** collective réalisée à partir des productions des élèves,

✚ **TRACE ECRITE** : problématique 1, démarche entreprise, schématisation des expériences, résultats et conclusions (réponse à la problématique).

NB : on pourra s'interroger sur l'espèce responsable de l'acidité de l'océan. Les élèves ont appris en troisième que l'ion hydrogène  $H^+$  est responsable de l'acidité. On pourra expliquer aux élèves la dissolution du dioxyde de carbone dans l'eau et sa réaction (acide-base) sur l'eau qui forme des ions hydrogène.

## Problématique 2 :

**Les océans sont-ils de moins bons « puits de carbone » quand la température augmente ?**

**Autrement dit : La solubilité du dioxyde de carbone dans l'océan diminue-t-elle avec la température ?**

### QUESTIONNEMENT PREALABLE

Tout comme pour la problématique 1, ce questionnaire a pour objectif de faire réfléchir les élèves sur la manière dont il est possible de répondre à cette problématique au niveau du laboratoire.

Cette fois-ci, le professeur peut laisser les groupes d'élèves en autonomie pour élaborer leur stratégie, avec bien entendu toujours des aides sur la procédure, sur les capacités et les connaissances à mobiliser. Il s'agirait d'un réinvestissement de la méthodologie mise en oeuvre lors du questionnaire préalable lié à la problématique 1.

Aides apportées sous forme de questions :

- comment montrer que l'océan est un « puits de carbone » dont l'efficacité dépend de la température ? comment montrer que c'est un « puits de carbone » ? A quelle grandeur physique mesurable peut-on relier la capacité de l'océan à être un « puits de carbone » ?...

Il peut être proposé deux solutions :

- une recherche documentaire (ACTIVITE 2.1)
- une expérience mise en oeuvre au laboratoire pour montrer qu'une élévation de la température du système (atmosphère/océan) conduit à un enrichissement de l'atmosphère en dioxyde de carbone (ACTIVITE 2.2)

### ACTIVITES

#### ✚ **ACTIVITE 2.1 :**

- Objectif : répondre à la problématique par une recherche documentaire.
- Activité : Rechercher sur internet et exploiter des informations permettant de répondre à la problématique 1.
  - Connaissances : notion de concentration massique.
  - Capacités et attitudes :  
APP : adopter une attitude critique et réfléchie vis-à-vis de l'information disponible (tri, exploitation d'information, lecture graphique, ...).

#### ✚ **ACTIVITE 2.2 :**

- Objectif : répondre à la problématique par une expérience simulant un ensemble atmosphère/océan à des températures différentes.

- Activité expérimentale : création d'atmosphères air/dioxyde de carbone dont on fait varier la température à pression constante surmontant un volume d'eau salée simulant l'océan.

- Capacités et attitudes :

ANA : proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental,

AUTO : prendre des initiatives,

REA : réaliser le dispositif expérimental (mesurer une température et un taux de dioxyde de carbone)

VAL : extraire les informations des données expérimentales et les exploiter

✚ **SYNTHESE** collective réalisée à partir des résultats obtenus.

✚ **TRACE ECRITE** : rappel de la problématique 2, schématisation des expériences, analyse des résultats obtenus et conclusions (réponse à cette deuxième problématique).

### SYNTHESE GENERALE du THEME

✚ **ACTIVITE** : activité collective de retour sur la problématique et de regard critique sur les résultats obtenus.

✚ **TRACE ECRITE** : mise en forme de la synthèse construite avec les élèves. Il peut aussi être demandé aux élèves de rédiger un rapport « d'expert » pour la commission européenne ou pour le ministère de l'écologie sur la réponse ARGUMENTEE à la problématique initiale et sur les risques encourus par les écosystèmes avec le réchauffement climatique.

- Capacités et attitudes :

VAL : Analyser l'ensemble des résultats de façon critique

COM : communiquer de façon écrite

**S.L - THEME L'atmosphère terrestre**  
**Domaine exploré : L'eau et l'air : couplage atmosphère / géosphère**

**ANNEXE**

**L'entrée dans le projet peut être initiée par différents documents.**

Texte d'un scientifique : Robert Kandel, astrophysicien et chercheur au Laboratoire de Météorologie Dynamique (Ecole Polytechnique) depuis 1985.

[...]

*Une part importante – environ 30 % - de nos émissions de CO<sub>2</sub> ne reste pas dans l'atmosphère car elle se dissout dans l'océan. L'augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère tend à provoquer un flux naturel de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère vers l'océan. [...] ... le flux additionnel de l'atmosphère vers l'océan augmente l'acidité de l'eau [...], ce qui pose des problèmes pour la vie marine, en particulier les coraux. Et en même temps l'océan se réchauffe, ce qui diminue la capacité d'absorption en CO<sub>2</sub> . Or les mesures indiquent bien une diminution anthropique de CO<sub>2</sub> transférée de l'air vers les mers – de 31% en 1960 à 25% aujourd'hui. Existe-t-il un seuil d'acidité et de température de la mer qui, s'il est dépassé, conduira à un renversement du flux et des dégagements massifs de CO<sub>2</sub> de l'océan vers l'atmosphère renforçant rapidement et fortement l'effet de serre ?*

D'après *La catastrophe climatique*, Robert KANDEL, Maya KANDEL, Hachette littératures, octobre 2009 (pages 205 et 206).

On peut également consulter : *L'humanité face au changement climatique*, Robert DAUTRAY et Jacques LESOURME, Odile Jacob, novembre 2009.

Sites internet.

<http://www.manicore.com/documentation/serre/acide.html> "allons-nous transformer l'océan en un lac acide ?"

[http://www.notre-planete.info/actualites/actu\\_713\\_acidification\\_oceans.php](http://www.notre-planete.info/actualites/actu_713_acidification_oceans.php) "l'acidification des océans menace les organismes marins".

[http://www.maxisciences.com/r%E9chauffement-climatique/rechauffement-climatique-des-puits-de-carbone-oceaniques-moins-efficaces\\_art557.html](http://www.maxisciences.com/r%E9chauffement-climatique/rechauffement-climatique-des-puits-de-carbone-oceaniques-moins-efficaces_art557.html) "réchauffement climatique : des puits de carbone moins efficace".

<http://www.ecologie.gouv.fr/-En-bref-les-enjeux-du-changement-.html> synthèse du rapport du GIEC.

### **La problématique**

Bien entendu, on ne vise pas à apporter une réponse définitive mais à simuler expérimentalement ce couplage.

Les activités conduites consistent à :

- mettre en évidence qu'une augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'air accroît le pH d'une eau, à température et à pression constantes ;
- mettre en évidence qu'un accroissement de la température d'une eau contenant du CO<sub>2</sub> provoque un dégazage et donc une augmentation de la pression partielle de gaz carbonique, à pression totale constante.

## Production d'une atmosphère air/dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone peut être produit de différentes façons :

- Transformation entre l'acide chlorhydrique et la craie.
- Réaction entre avec hydrogénocarbonate et un acide,
- Dégazage de boissons gazeuses et ou bouteilles d'eau de Seltz,
- Carboglace (neige carbonique)...
- Achat d'une bouteille de CO<sub>2</sub>

Création d'atmosphères de compositions différentes.

Enrichir en dioxyde de carbone des flacons contenant initialement un volume d'eau et de l'air de la salle. On ne mesure pas la quantité de CO<sub>2</sub> introduite, l'apport peut être fait par déplacement d'air (bouchon à deux trous dont l'un permettra de rétablir la pression atmosphérique dans le flacon).

On doit maintenir la pression constante, d'où la nécessité de prévoir un tube à dégagement avec un robinet pour rétablir la pression atmosphérique lors de l'apport de CO<sub>2</sub> mais aussi après dissolution en vue d'obtenir d'un équilibre.

On n'essaie pas de simuler l'atmosphère réelle (pression partielle de CO<sub>2</sub> de l'ordre de 39 Pa) mais des atmosphères à pressions partielles de CO<sub>2</sub> croissantes.

## Mesure de la pression partielle de dioxyde carbone

La mesure de la pression partielle de CO<sub>2</sub> peut être effectuée par une sonde dont dispose déjà certains laboratoires de SVT ou qu'il faudrait acquérir.

## Activités complémentaires : loi de Henry pour le dioxyde de carbone

- A l'aide d'un tableur on calcule, pour une même température, la concentration de dioxyde de carbone dissous en fonction du pH de la solution contenue dans un flacon. On établit alors le lien entre cette concentration et la pression partielle.
- Recherche internet : influence de la température sur la constante de Henry pour le CO<sub>2</sub>. On trouve sur internet différentes relations dont certaines empiriques voire même des tableaux de valeurs.  
[www.aquamania.net/science/eapdf.pdf](http://www.aquamania.net/science/eapdf.pdf) rapport sur "Les eaux minérales et le gaz carbonique" de la division nationale des eaux minérales et thermales et du BRGM.

## Quelques liens intéressants

<http://www.svt.ac-versailles.fr/spip.php?rubrique47>

Projet conduit en SVT dans l'académie de Versailles rassemblant 18 établissements en partenariat avec le laboratoire des sciences du climat et de l'environnement de l'université de Versailles.

Où se cache le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère quand il fait froid ?

<http://www.france-info.com/chroniques-info-sciences-2010-01-18-ou-se-cache-le-co2-quand-il-fait-froid-393791-81-165.html>

Ecouter Nathaëlle BOUTTES paléoclimatologue\*