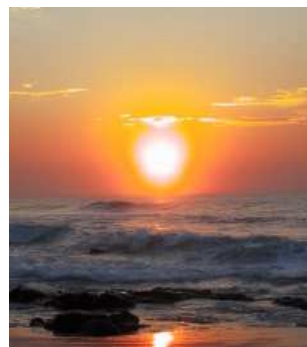
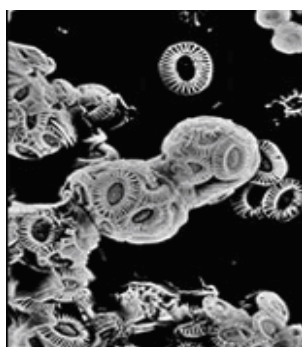
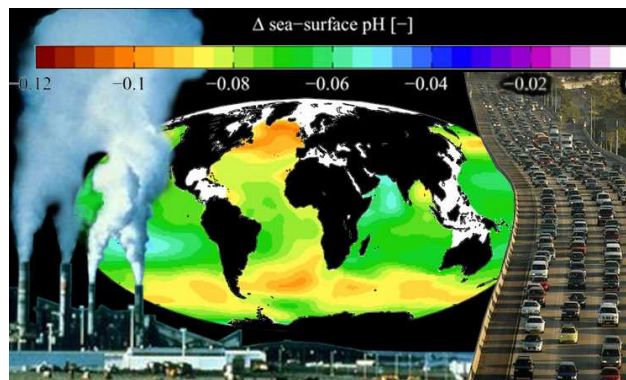


Séquence d'enseignement réalisée dans le cadre du cours de didactique
et épistémologie des Sciences Naturelles (UCL)
et présentée au Printemps des Sciences 2010 à Louvain-la-Neuve

Aurélië Clinckemaillie, Sylvie Becquevort, Laurent Sohangama et Adèle De Bont

Quand le CO_2 s'invite dans ton assiette !
Problématique de l'acidification des océans



Agrégation en Sciences Naturelles à l'UCL
Professeurs : Martine Delvigne, Myriam De Kesel et Bernard Tinant

Table des matières

1. QUESTION SLOGAN	3
2. LA QUESTION PROBLEME	3
3. LE PUBLIC VISE	3
4. LES PRE-ACQUIS	3
5. COMPETENCES VISEES :	3
5.1 COMPETENCES GENERALES	3
5.2 COMPETENCES SPECIFIQUES	4
6. CONCEPTS	4
6.1 EMISSION DE DIOXYDE DE CARBONE	4
6.2 EFFET DE SERRE	4
6.3 CYCLE DU CARBONE	5
6.4 LOI DE HENRY	6
6.5. ACIDIFICATION DES OCEANS	6
6.6 PRECIPITATION VS DISSOLUTION DU CARBONATE DE CALCIUM	7
6.7 ORGANISMES MARINS CALCIFIANTS	8
6.8 BIODIVERSITE	9
7. CARTE CONCEPTUELLE	10
8. DESCRIPTION DETAILLEE DU DEROULEMENT DE LA SEQUENCE D'APPRENTISSAGE	10
8.1 MISE EN SCENE DE LA SITUATION PROBLEME	10
8.2 RECUEIL DES REPRESENTATIONS INITIALES DES ELEVES.	10
8.3 METHODOLOGIE UTILISEE POUR AMENER LES ELEVES A FORMULER DES HYPOTHESES	11
8.3.1 <i>Expérience 1 : Par sous-groupes : comment réagit le carbonate de calcium en présence de diverses espèces chimiques ?</i>	11
8.3.2 <i>Expérience 2 : par sous groupe : quel est l'effet du dioxyde de carbone sur le carbonate de calcium ?</i>	12
8.3.3 <i>Expérience 3: par sous-groupes : lien entre l'acidité et l'augmentation du dioxyde de carbone</i>	13
8.3.4 <i>Expérience 4 : Pour tous les sous-groupes : Observation au microscope de coccolithophores</i>	14
8.4 RESTRUCTURATION EN FONCTION DE LA SITUATION PROBLEME :	15
8.5 EVALUATION DE LA PROGRESSION DE LEURS REPRESENTATIONS	15
9. BIBLIOGRAPHIE	16

Quand le CO₂ s'invite dans ton assiette !
Problématique de l'acidification des océans

1. Question slogan

Quand le CO₂ s'invite dans ton assiette !

2. La question problème

« On t'invite au restaurant. Chouette, il y a des moules au menu. Le serveur arrive et il te dit le prix. Oups tu ne t'attendais pas à cela. Que s'est-il passé ? La discussion s'emballe. Le serveur affirme que les prix ont augmenté à cause de la diminution de la productivité des moules, dont les coquilles sont devenues plus fragiles, causée par l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Mais quel est lien entre l'atmosphère et les moules ? »

Au même moment le voisin qui écoutait la discussion intervient et leur dit « Justement, je travaille dans un laboratoire sur les organismes marins. Lors de mes expériences sur les coccolithophores j'observe des phénomènes particuliers. Venez-voir ! »

3. Le public visé

L'atelier visera les élèves de 6^{ème} année sciences générales

4. Les pré-acquis

Equilibres chimiques, réactions acide-base, chaîne trophique.

5. Compétences visées :

5.1 Compétences générales

1. Utiliser des notions scientifiques de base pour justifier des choix de vie quotidienne/d'hygiène/de sécurité.
2. Confronter ses représentations avec des théories établies
3. Modéliser
4. Formuler des questions et des hypothèses.
5. Communiquer oralement ou par écrit un raisonnement élaboré sur base de théories scientifiques afin d'éclairer une personne confrontée à des questions relatives à la santé, la sécurité, l'éthique...

5.2 Compétences spécifiques

1. Utiliser une démarche scientifique pour appréhender des phénomènes (observer, découvrir, analyser, comprendre et expliquer, expérimenter, synthétiser, conclure)
2. Equilibrer (pondérer) des équations ioniques et moléculaires.
3. Utiliser un tableau de solubilité pour justifier et prévoir des phénomènes de précipitation.
4. Identifier la multiplicité des facteurs qui interviennent dans le maintien d'un équilibre écologique
5. Mettre en évidence l'impact des activités humaines dans un cas de pollution.

6. Concepts

Emission de CO₂, effet de serre
Cycle du carbone
Echange atmosphère/océan
Acidification des océans
Précipitation, dissolution
Organismes calcifiants
Biodiversité

6.1 Emission de dioxyde de carbone

Les rejets de dioxyde de carbone ont diverses origines, certaines sont naturelles et d'autres anthropiques :

- Les émissions anthropiques sont des émissions dues aux activités humaines : chauffages, véhicules, unités d'incinération, combustion, fermentation, etc.
- Les émissions naturelles ont diverses origines : activités volcaniques, incendies de forêts, respiration animale, végétale, etc.

Les émissions anthropiques sont responsables d'une augmentation de 36 % du dioxyde de carbone atmosphérique depuis le début de l'ère industrielle (1800). Ces émissions sont particulièrement importantes depuis quelques décennies. Depuis 2007, les émissions sont deux fois plus importantes qu'en 1971. Le taux actuel moyen de dioxyde de carbone dans l'air oscille autour de 380 ppm. Malgré le protocole de Kyoto, les émissions de gaz carbonique continuent d'augmenter. Ainsi 45 % du CO₂ émis par les activités humaines sont restés dans l'atmosphère depuis l'ère industrielle, avec comme conséquence un renforcement de l'effet de serre (voir concept effet de serre). Environ 30 % ont été absorbés par les océans (**voir concept cycle du carbone**). Dans le cadre de cette animation, nous nous intéresserons plus particulièrement au CO₂ absorbé par les océans et aux conséquences qui en découle.

6.2 Effet de serre

Comme nous venons de le voir l'augmentation des émissions de CO₂ par l'homme a comme conséquence de renforcer l'effet de serre. Mais qu'est-ce que l'effet de serre ?

Le soleil envoie des rayonnements dont une partie est réfléchiée et une autre est absorbée par le sol. Réchauffé par l'énergie reçue, le sol émet à son tour des infrarouges dont une partie est absorbée par les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère (CO₂, H₂O, N₂O, CH₄ et O₃). C'est ce qui va accroître la température des couches basses de l'atmosphère ; ce qu'on appelle « l'effet de serre naturel ». Sans cette barrière de gaz, toute la chaleur repartirait vers l'espace et la température moyenne de la planète serait de -18°C, soit environ 30°C de moins que sous l'action de l'effet de serre.

Les activités de l'homme, notamment l'utilisation de combustibles fossiles, augmentent les concentrations des gaz à effet de serre, et donc le réchauffement de la surface terrestre.



Figure 1 : Schéma illustrant l'effet de serre

6.3 Cycle du carbone

Nous avons vu que l'homme de par ces diverses activités produit du CO₂ et que l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone a comme principale conséquence de renforcer l'effet de serre. Cependant, le carbone contenu dans le CO₂ rejeté va aussi entrer dans le cycle du carbone permettant son transfert au sein de l'écosystème grâce à des mécanismes biologiques (photosynthèse, respiration et fermentation) ou des mécanismes géochimiques (échanges entre l'atmosphère et l'hydrosphère, fossilisation de la biomasse et stockage du carbone dans les roches carbonées). Le carbone présent dans le cycle se retrouve sous deux formes: le carbone organique (C_{org}) qui est produit par des organismes vivants et le carbone inorganique (C_{inorg}) associé à des composés inorganiques, c'est-à-dire des composés qui sont dépourvus de carbone (à l'exception des carbonates et des cyanures). Il existe quatre grands réservoirs où le carbone peut être stocké : l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et la biosphère. Des flux, qui

peuvent être rapides, lents voir très lents, existent entre ces différents réservoirs. Dans le cadre de cette présentation seul les échanges entre l'atmosphère et l'hydrosphère seront abordés puisque c'est eux qui nous permettront de comprendre comment l'augmentation des émissions anthropiques de CO₂ vers l'atmosphère peut avoir un impact négatif sur les organismes vivant dans les océans. Pour cela, il faut d'abord comprendre le phénomène de diffusion du dioxyde de carbone atmosphérique dans les eaux de surface expliqué par la loi de Henry.

6.4 Loi de Henry

Le dioxyde de carbone atmosphérique et le dioxyde de carbone dissous dans l'hydrosphère s'échangent par diffusion à l'interface air-eau selon la loi d'Henry La définition de cette loi est la suivante: à température constante et à saturation, la quantité de gaz dissous dans un liquide est proportionnelle à la pression partielle qu'exerce ce gaz sur le liquide.

Quand un gaz est mis en présence d'un liquide, il se produit un phénomène de dissolution. Les molécules du gaz vont se dissoudre dans le liquide, cette dissolution est un phénomène qui permet la vie dans les océans par la dissolution de l'oxygène dans l'eau.

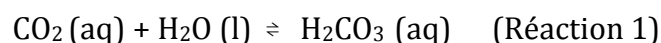
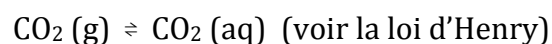
Tous les gaz ne se dissolvent pas de la même manière dans tous les liquides. Le processus de dissolution est influencé par:

- la nature du liquide et du gaz considéré;
- la surface de contact gaz/liquide;
- la pression exercée par le gaz sur le liquide;
- le temps (durée pendant laquelle s'exerce la pression)
- la température (si la T° augmente, la dissolution diminue).

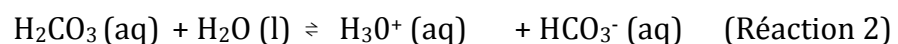
En conséquence, l'augmentation actuelle du CO₂ atmosphérique conduit à une augmentation du CO₂ dissous dans les eaux océaniques, avec des conséquences sur la chimie des océans (voir concept acidification des océans).

6.5. Acidification des océans

Le CO₂ dissous dans les eaux de surface va réagir avec des molécules d'eau pour former de l'acide carbonique (H₂CO₃).

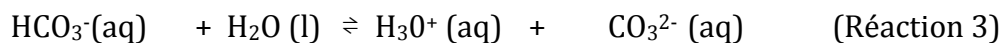


Une partie de cet acide persiste dans l'eau de mer mais la majorité se dissocie en ions hydroniums (H₃O⁺) et en ions bicarbonates (HCO₃⁻).



Le pH de l'eau contrôle cette réaction. Si la concentration en H_3O^+ diminue, ce qui correspond à une augmentation de pH, le rééquilibrage de l'équation entraîne une réaction vers la droite et une plus grande quantité d'acide carbonique se dissocie. À l'inverse, une augmentation de la concentration en H_3O^+ (soit une diminution du pH) entraîne une réaction vers la gauche et forme H_2CO_3 au détriment de HCO_3^- .

Quand le second atome d'hydrogène de l'acide carbonique est libéré, l'ion bicarbonate HCO_3^- se transforme en ion carbonate CO_3^{2-} selon:

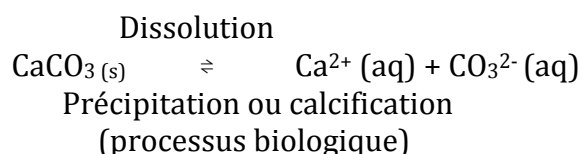


Pour une concentration en H_3O^+ donnée, c'est-à-dire à un pH de l'eau donné, les quantités relatives d'ions carbonates et bicarbonates s'ajustent jusqu'à l'atteinte de l'équilibre. Dans la gamme actuelle du pH de l'eau de mer, HCO_3^- est la forme majoritaire (> 90%), tandis que le CO_3^{2-} (<10%) et CO_2 (<1%) sont faiblement représentés.

La perturbation de cet équilibre, par exemple par la diffusion de CO_2 anthropique de l'atmosphère vers l'océan, changera le pH de l'eau marine. Un changement de pH affectera les concentrations relatives de l'acide carbonique H_2CO_3 , des ions bicarbonates HCO_3^- et des ions carbonates CO_3^{2-} de la façon suivante: la dissolution du CO_2 forme de l'acide carbonique (réaction 1), et la dissociation de l'acide carbonique produit des ions bicarbonates et hydrogènes (réaction 2), la production de ces derniers entraînant un abaissement de pH. Les ions hydrogènes réagissent alors avec les ions carbonates pour former d'autres ions bicarbonates (inverse de la réaction 3, c'est-à-dire réaction vers la gauche). Une augmentation du flux de CO_2 de l'atmosphère vers les eaux océaniques a pour effet de diminuer la concentration en CO_3^{2-} , avec des conséquences sur la précipitation/dissolution du carbonate de calcium (**voir concept précipitation vs dissolution du carbonate de calcium**).

6.6 Précipitation vs dissolution du carbonate de calcium

La précipitation et la dissolution du carbonate de calcium peuvent s'écrire selon la réaction chimique suivante :



La concentration en ion CO_3^{2-} contrôle donc les processus de précipitation (ou de calcification) et de dissolution du carbonate de calcium. Or en raison de l'augmentation du CO_2 anthropique, la concentration en CO_3^{2-} en solution dans les océans a diminuée de

plus de 10 % depuis le début de l'ère industrielle (Orr et al. 2005) (voir concept cycle du carbone)

La précipitation du carbonate de calcium peut-être un processus abiotique ou biotique (**voir concept organismes calcifiants**).

6.7 Organismes marins calcifiants

L'augmentation des émissions en CO₂ dans l'atmosphère et les conséquences que cela entraîne (effet de serre, acidification des océans,...) aura un effet indirect sur les organismes qui précipitent le carbonate de calcium (sous forme de deux structures cristallines : l'aragonite et la calcite) pour former leur exosquelette ou leur coquille calcaire. Le phénomène de calcification se produit chez un grand nombre d'espèces marines tels que les algues calcaires, les coraux, les mollusques,...

Les premiers organismes marins sur lesquels l'impact de l'acidification des océans a été étudié sont les algues calcaires coccolithophoridés.

Les coccolithophores mesurent environ 1/100^{ème} de millimètre de diamètre. Malgré cette taille minuscule, les coccolithophores sont les plus abondants des organismes calcifiants et forment près de 80% du calcaire produit au large. Nous en avons tous manipulé dans notre vie sans le savoir, quand nous écrivions sur nos ardoises ou au tableau noir. En effet, leurs coquilles composent une grande part de la craie. Quand on voit l'épaisseur des falaises de Normandie, on peut juger de l'importance de leur production de carbonate. À certaines saisons, leur efflorescence est telle qu'on peut les observer depuis l'espace par les satellites. A la fin de leur efflorescence, ces organismes sédimentent en masse au fond des océans formant ainsi les sédiments calcaires marins. Ces algues se trouvent en abondance dans tous les océans.



Figure 2 : Image prise par le satellite SeaWiifs le 12 Juin 2003. On voit au large de la Bretagne une sorte de volute bleue qui correspond à une floraison d'*Emiliana huxleyi* (un coccolithophore).

Chaque cellule produit entre vingt et cinquante plaques micrométriques appelées coccolithes formées de carbonate de calcium et ceci durant leur courte vie d'une journée. Comme observée, sur la figure ci-dessous, la calcification diminue dans des conditions de concentrations élevées en CO₂.

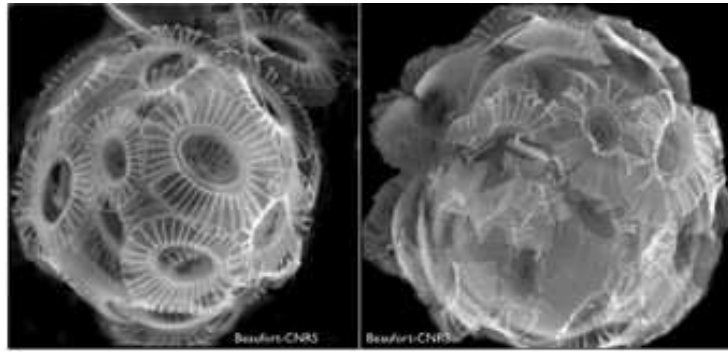


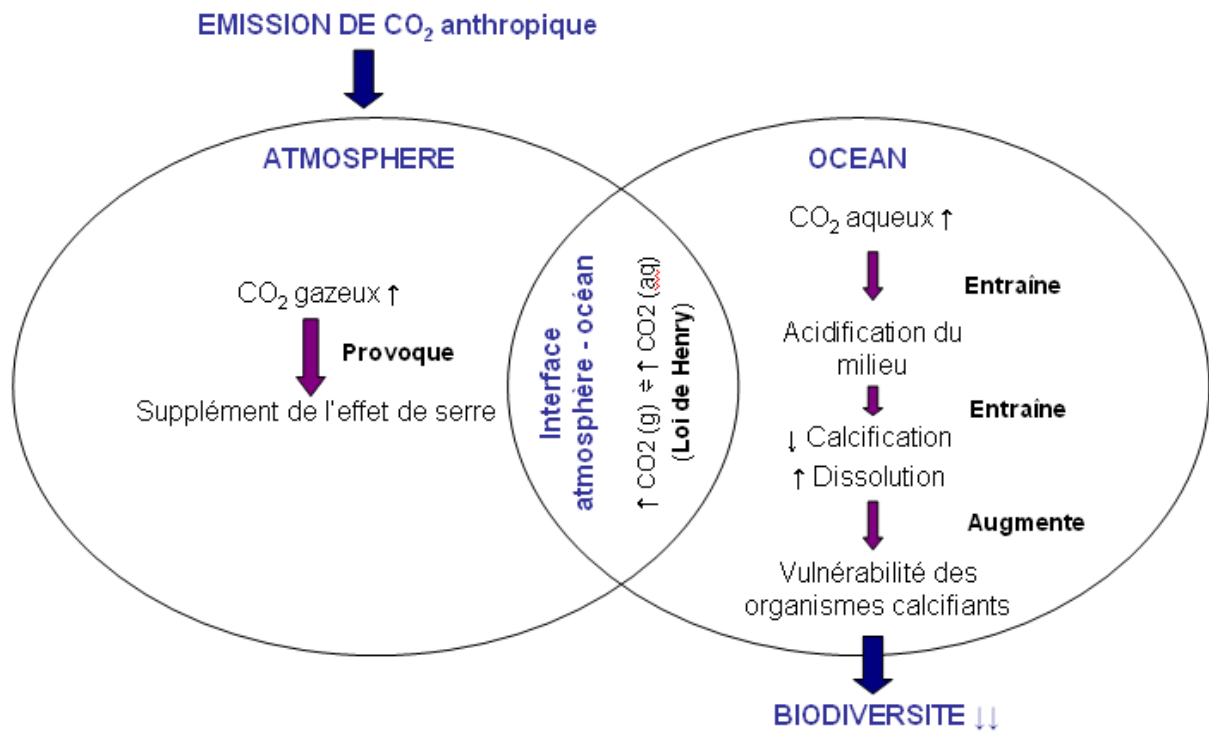
Figure 3 : Cellules de coccolithophores observées au microscope électronique. À gauche une cellule normale cultivée dans des conditions normales en CO₂, à droite une cellule où les coccolithes sont malformés cultivée dans des conditions de concentration importante en CO₂.

L'acidification de l'océan aura comme impact de diminuer certains maillons importants de la chaîne alimentaire et un impact sur la biodiversité marine (**voir concept biodiversité**)

6.8 Biodiversité

La biodiversité comprend la variabilité des écosystèmes, des espèces et des gènes. Elle est essentielle pour le bien être de l'homme et pour le maintien d'un environnement de qualité et d'un développement durable. L'incroyable diversité de la vie sur Terre est le résultat de plus de 3 milliards d'années d'évolution. L'extinction et l'apparition des espèces sont des conséquences naturelles de cette évolution. Il s'agit d'un phénomène extrêmement lent.

7. Carte conceptuelle



8. Description détaillée du déroulement de la séquence d'apprentissage

8.1 Mise en scène de la situation problème

La situation problème sera introduite sous forme d'un sketch présentant des touristes dans un restaurant en 2100 à la côte belge (calendrier 2100 en évidence et décor futuriste de la table : aluminium,...). Dans un premier temps, seule la première partie de la scénette sera jouée c'est à dire jusqu'à la question « Mais quel est le lien entre l'atmosphère et les moules ? ». Cette question permettra de réaliser un recueil de représentations avec les élèves. La deuxième partie de la scénette sera jouée après le recueil pour introduire la partie laboratoire. (Timing 5 minutes)

8.2 Recueil des représentations initiales des élèves.

Comme souligné ci-dessus, le recueil des représentations des élèves sera initié par la première partie du sketch. Suivant les réponses obtenues, des questions pouvant les guider dans leur réflexion leur seront posées telles que :

- Que savez-vous des conséquences de l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone actuellement ?
- Quelle est la particularité de la moule comme organisme marin ?
- Connaissez-vous d'autres organismes possédant cette même caractéristique ?

(Timing : 10 minutes)

8.3 Méthodologie utilisée pour amener les élèves à formuler des hypothèses

Dans un premier temps, nous allons attirer l'attention des élèves sur le fait que la moindre productivité des moules est due à la « vulnérabilité » des coquilles de ces mollusques, composée de carbonate de calcium. La première expérience aura pour objectif de visualiser l'effet ou non de différentes espèces chimiques (base, acide et neutre) sur le carbonate de calcium composant les craies que l'on utilise en classe.

8.3.1 Expérience 1 : Par sous-groupes : comment réagit le carbonate de calcium en présence de diverses espèces chimiques ?

Objectif : observer que la dissolution de la craie (carbonate de calcium) est provoquée par un acide.

Temps imparti : 10 minutes.

Consignes méthodologiques claires : appliquer une et une seule solution sur chacun des bouts de craie.

Consignes de sécurité : faire attention lors de la manipulation de l'acide sulfurique.

Liste du matériel et produits nécessaires (par sous-groupes) :

2 craies
6 berlins (100 mL)
1 pipette
100 mL de jus de choux rouge
50 mL d'une solution de chlorure de sodium (0,1M)
50 mL d'une solution d'acide sulfurique (0,1M)
50 mL d'eau de mer

Le protocole détaillé :

Avant de commencer l'expérience en tant que tel, les étudiants devront faire une manipulation leur permettant de voir le rôle indicateur du jus de choux rouge.

1. Le rôle du jus de choux rouge ?

- Prendre quatre berlins et y verser 100 ml de chacune des solutions inconnues.
- Ajouter une demi-craie dans chacun des berlins et observer ce qui se passe.
- Ajouter ensuite, à l'aide d'une pipette, 10 gouttes de jus de choux rouge dans chacun des berlins.
- Observer la couleur de la solution et la noter.

2. Mais quel solution dissous la craie?

- Prendre trois berlins et verser 75 mL d'eau de mer dans chacun d'eux.
- Ajouter 15 mL de NaOH dans un des berlins.
- Ajouter 15 mL de H₂SO₄ dans un autre des berlins
- Ajouter, à l'aide d'une pipette, 10 gouttes de jus de choux rouge dans chacun des deux berlins.
- Indiquer la coloration de chacune des solutions.

En conclusion, lorsque l'on rajoute du jus de chou rouge à une solution neutre, la coloration reste identique. Par contre lorsque l'on rajoute du jus de chou rouge à une solution acide, celle-ci devient rose et à une solution basique, celle-ci devient verte. Le jus de chou rouge permet donc d'indiquer si la solution est neutre, acide ou basique.

Nous avons pu observer que l'acide provoque la dissolution de la craie. On peut en conclure que c'est une acidification du milieu qui va provoquer la fragilité des coquilles de moules dans les océans. Mais qu'elle est le rôle du dioxyde de carbone dans ce mécanisme? Peut-il aussi dissoudre de la craie? C'est ce que nous allons voir dans la deuxième expérience.

8.3.2 **Expérience 2 : par sous groupe : quel est l'effet du dioxyde de carbone sur le carbonate de calcium ?**

Objectif : observer que la dissolution du carbonate de calcium augmente quand la concentration en dioxyde de carbone dissous dans l'eau augmente.

Temps imparti: 5 minutes

Consignes méthodologiques claires : les étudiants devront observer le comportement de la craie dans la bouteille de Perrier et la bouteille d'eau plate.

Liste du matériel et produits nécessaires (par sous groupe):

- 1 craie
- 1 bouteille de Perrier
- 1 bouteille d'eau plate

Le protocole détaillé :

- Couper la craie en deux bouts égaux.
- Ouvrir le bouchon des bouteilles d'eau, insérer un bout de craie dans chacune des bouteilles et refermer les immédiatement.
- Observer le comportement de la craie dans les deux bouteilles.

Nous avons pu observer que dans la bouteille contenant du dioxyde de carbone, la décomposition de la craie a lieu. Dans l'expérience précédente, nous avons également constaté que l'acide entraîne la dissolution de la craie. Cette expérience suggère donc que le dioxyde de carbone contenu dans la bouteille pourrait rendre le milieu acide. Le lien entre ces deux facteurs sera abordé lors de la troisième expérience.

8.3.3 Expérience 3: par sous-groupes : lien entre l'acidité et l'augmentation du dioxyde de carbone

Objectif : observer que l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone diminue le pH de l'eau de mer.

Temps imparti : 15 minutes

Consignes méthodologiques claires : mesurer le pH de l'eau de mer à laquelle on ajoute ou non du dioxyde de carbone sous forme de carboglace.

Consignes de sécurité : prendre la carboglace avec des gants. Ne pas la garder pas en main, sa température de -87°C provoque des brûlures.

Liste du matériel et produits nécessaires:

2 berlins (500 mL)
Bleu de bromothymol
1 pHmètre
Eau de mer
1 morceau de carboglace

Le protocole détaillé :

- Verser 200 mL d'eau de mer dans chacun des berlins de 500 mL.
- Ajouter, à l'aide d'une pissette, 10 gouttes de bleu de bromothymol dans chacun des berlins.
- Ajouter un bout de carboglace dans un des deux berlins et observer le changement qui s'opère.

- Mesurer, à l'aide du pH-mètre, le pH de l'eau dans chacun des berlins et comparer les valeurs obtenues.
- Rincer la sonde à l'aide de l'eau déminéralisée et attendre qu'elle soit sèche.
- Mesurer le pH et la noter pH2.
- Comparer les PH1 et PH2

Cette expérience permet d'observer que l'introduction de dioxyde de carbone diminue le pH et donc augmente l'acidité de l'eau de mer.

Pour conclure ces deux expériences, nous avons vu que l'augmentation du CO₂ dissous dans l'eau de mer augmente son acidité (diminution de pH) et que l'acidité permet la dissolution de la craie qui est composée de carbonate de calcium. Vous savez que de nombreux organismes marins possèdent un squelette ou une coquille calcaire.

8.3.4 Expérience 4: Pour tous les sous-groupes: Observation au microscope de coccolithophores

Question : quel est l'effet de l'augmentation du CO₂ dissous sur les microorganismes marins calcifiants?

Objectif : observer au binoculaire des coccolithophores, cultivées dans des conditions de concentrations actuelles en CO₂ et des concentrations telles qu'elles risquent d'être en 2100. Puis observation et commentaires sur des photographies de coccolithophores prises en microscopie électronique à balayage dans les différentes concentrations en CO₂.

Temps imparti: 10 minutes

Consignes méthodologiques claires : l'expérience sera réalisée avec l'ensemble des élèves. Ils observeront et prendront notes du phénomène.

Liste du matériel et produits nécessaires:

Un binoculaire et des images de microscopie électronique de coccolithophores prises à différentes concentrations en CO₂.

Le protocole détaillé :

- Observation au binoculaire
- Commentaire des images de microscopie proposées.

Nous avons donc observé par différentes expériences qu'une augmentation en CO₂ atmosphérique, augmente la dissolution du carbonate de calcium (ou diminue la calcification) et donc a un impact sur la formation des coquilles calcaires des organismes marins. Cependant, l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère

augmente l'effet de serre, et donc par conséquent la température de l'atmosphère et des eaux océaniques de surface. Cette augmentation de la température diminuerait la dissolution de CO₂ dans les eaux océaniques et augmenterait la précipitation du carbonate de calcium. On pourrait par conséquent se demander si les interactions entre les différents processus ne seraient pas encore plus complexes !

8.4 Restructuration en fonction de la situation problème :

Afin de conclure, un documentaire reprenant le problème de façon générale sur les effets de l'acidification des océans (Eur-Oceans) sera présenté. (Temps imparti : 10 minutes).

8.5 Evaluation de la progression de leurs représentations

Afin d'évaluer la progression de leur représentation par rapport au recueil du début d'activité, les élèves seront amenés à construire un schéma à partir d'éléments (images, mots, flèches,...) illustrant les différents concepts vus lors des expériences et de faire les liens entre ceux-ci. (Temps imparti : 10 minutes)

Temps total de l'activité : 1h15

9. Bibliographie

Caldeira K., Wickett M.E. (2003) Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature* 425 (6956): 365–365.

Gazeau F., Quiblier C., Jansen J., Catusso J.-P., Middelburg J.J., Heip C.H R (2007): Impact of elevated CO₂ on shellfish calcification. *Geophysical Research Letters*, 34, doi:10.1029/2006GL028554

Gilliquet et al (2009) Biologie 6^{ème} de boeck.

Martin S. et al. (2008) Ocean acidification and its consequences. *French ESSP Newsletter* 21: 5-16.

Orr J. C., Fabry V. J., Aumont O., Bopp L., Doney S. C., Feely R. A. et al. (2005.) Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437 (7059): 681–686.

Ressources électroniques

CarboSchools : partenariats chercheurs – enseignant sur le changement climatique
<http://www.carboschools.org/>

Ecole de plongée NEMO www.Nemodiving.be

Eur-Oceans : Ressources sur « changement climatique et écosystème marins »
<http://www.eur-oceans.info/FR/home/index.php>
<http://www.eur-oceans.info/EN/medias/films.php>
http://www.eur-oceans.info/EN/education/pdf/FS7_ocean%20acidification.pdf

European Project on Ocean Acidification
<http://www.epoca-project.eu/>

GIEC : groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
<http://www.ipcc.ch>

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Le portail de la science.
Moules et huîtres menacées par l'acidification des océans
<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2555/moules-et-huitres-menacees-par-l-acidification-des-occeans/>

ANNEXE:

L'acidification des océans

L'acidification des océans est le terme utilisé pour décrire la diminution du pH de l'eau de mer causée par l'absorption de dioxyde de carbone atmosphérique d'origine anthropique dans l'océan.

Le pH moyen des eaux de surface océaniques, qui est actuellement de 8,1, a déjà diminué de 0,1 unité en moyenne depuis le début de l'ère industrielle.

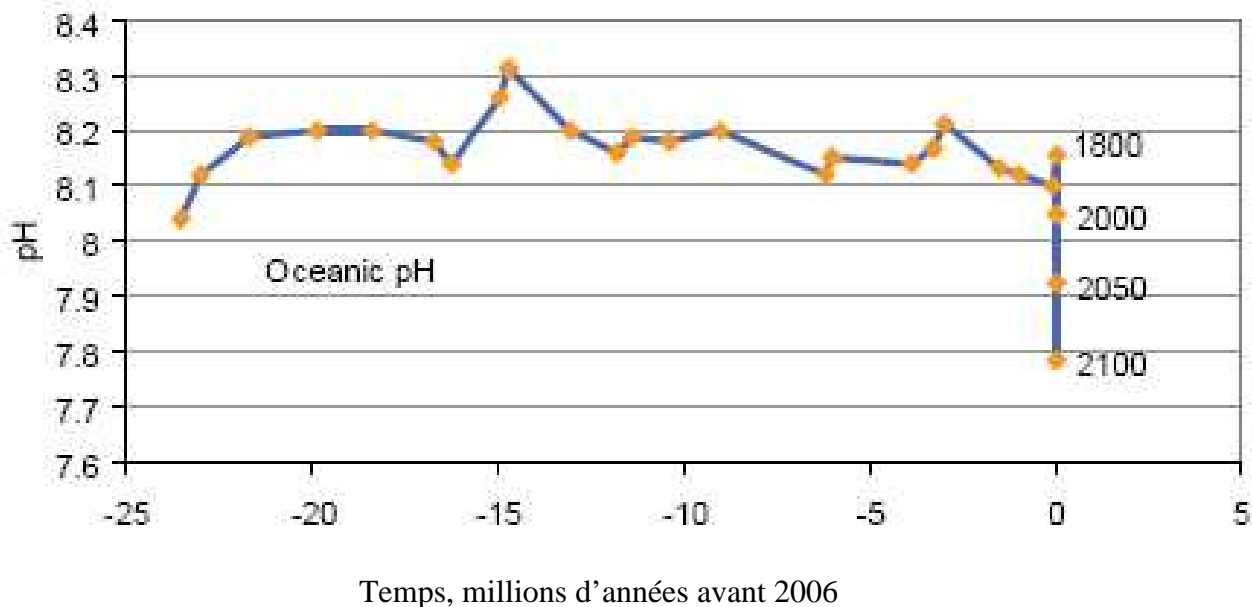


Figure 4 : variabilité passée et contemporaine du pH des eaux océaniques. Les prédictions futures sont estimées par des modèles se basant sur les scénarios moyens établis par le GIEC (Turley et al, 2006. Cambridge University Press, 8, 65-70).

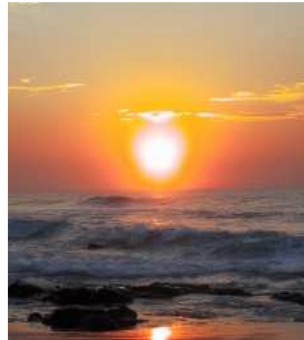
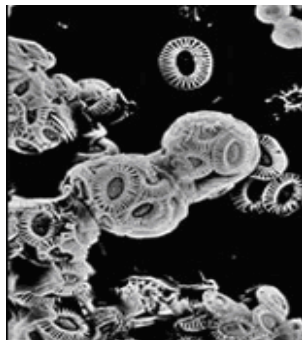
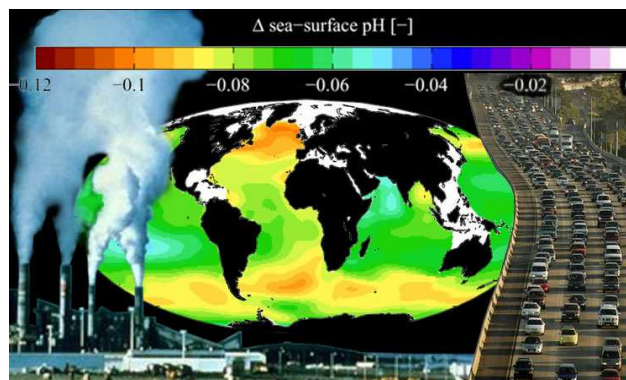


Printemps des sciences 2010 « Sciences en(vie)s »

Université catholique de Louvain

DOCUMENT POUR LES ELEVES

Quand le CO₂ s'invite dans ton assiette !



Aurélie Clinckemaillie
Sylvie Becquevort
Laurent Sohangama
Adèle De Bont

Année académique 2009-2010

Agrégation en Sciences Naturelles à l'UCL
Professeurs : Martine Delvigne, Myriam De Kesel et Bernard Tinant

18

Mis en ligne le 18/01/2012

Ce sont les vacances, avec toute ta famille vous êtes à la Mer du Nord et ce soir vous allez enfin à ton restaurant préféré : celui qui sert les meilleurs moules du pays !



C'est donc tout excité que tu t'assieds à la table et commandes tes fameuses moules. Seulement voilà, au moment où le serveur annonce le prix, les choses se gâtent un peu. « Un tel prix pour des moules ? » s'exclame ton papa.

Tu assistes désemparé à une discussion qui s'emballe ; le serveur affirme que les prix ont augmenté à cause de la diminution de la productivité des moules, dont les coquilles sont devenues plus fragiles, causée par l'augmentation du CO₂ atmosphérique. Ton papa lui rit au nez en demandant : « Quel est lien entre l'atmosphère et les moules ? »

Toi, en tout cas, tu comptes mener l'enquête pour comprendre ce lien entre le dioxyde de carbone et les moules.

- ❖ Que sais-tu des conséquences de l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère?

.....

.....

.....

- ❖ Quelle est la particularité de la moule par rapport à d'autres organismes marins et quels autres organismes possèdent cette caractéristique ?

.....

.....

.....

Perdu dans tes réflexions, tu n'aperçois pas tout de suite ton voisin de table qui paraît lui aussi bien intéressé par ce sujet. C'est avec grand plaisir que tu l'entends dire « Je travaille dans un laboratoire sur les organismes marins. Lors de mes dernières expériences j'ai observé des phénomènes particuliers. Il propose de t'emmener dans son laboratoire »

Tes vacances risquent d'être plus remplies que prévu...

Comment réagit le carbonate de calcium en présence de diverses espèces chimiques ?



Comme tu t'en souviens, la moule à une coquille faite de carbonate de calcium et tu voudrais mettre en évidence les solutions chimiques qui peuvent l'altérer. Afin d'éviter de torturer les moules et autres coquillages, tu décides d'utiliser des craies, elles-mêmes composées de carbonate de calcium et de tester l'effet de trois solutions.



Prends trois berlins (100 mL) et verse approximativement 50 ml de la solution 1 dans le premier berlin, 50 mL de la solution 2 dans le second et 50 mL de la solution 3 dans le troisième.



Fais particulièrement attention lors de la manipulation des trois solutions (lunette, tablier, gants).

Ajoute, un quart de craie dans chacun des berlins.

👁 Quel est le comportement de la craie dans chacune des solutions ?

Solution 1 :

Solution 2 :

Solution 3 :


Ajoute, à l'aide d'une pipette, 10 gouttes de jus de choux rouge dans chacun des berlins. Change de pipette pour chacune des solutions.

 **Quelle est la couleur des différentes solutions ?**

Solution	Couleur obtenue
Solution 1	
Solution 2	
Solution 3	



Afin de connaître le rôle indicateur du jus de choux rouge, tu vas réaliser des témoins. Prends trois berlins et verse approximativement 75 mL d'eau de mer dans chacun d'eux. Ajoute approximativement 15 mL de NaOH dans le premier berlin, 15 mL de H₂SO₄ dans le second et 15 mL d'eau de mer dans le troisième. Ensuite, ajoute, à l'aide d'une pipette, 10 gouttes de jus de choux rouge dans chacun des berlins.

 **Quelle est la couleur des différentes solutions ? Compare les couleurs obtenues à celles des trois solutions inconnues.**

Solution	Couleur obtenue	Comparaison
NaOH		
H ₂ SO ₄		
Eau de mer		

 **Que t'indique donc le jus de choux rouge ?**

.....

 **Quel type d'espèces chimiques provoque la décomposition de la coquille de la moule ; celle-ci étant constituée de carbonate de calcium ?**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Quel est l'effet du dioxyde de carbone sur le carbonate de calcium ?

Tu viens de (re)découvrir que l'acide provoque une réaction de la craie. Une acidification du milieu est donc susceptible de fragiliser les coquilles de moules. Mais quel est le rôle du dioxyde de carbone dans tout cela ? Peut-il aussi dissoudre de la craie ?



Pour répondre à cette question tu disposes de deux bouts de craies ainsi que d'une bouteille d'eau plate et d'une bouteille d'eau gazeuse.

Relève les principales différences de composants entre les deux eaux.

.....

.....

.....

Insère un bout de craie dans chacune des bouteilles et laisse-les ouvertes.

Quel est le comportement de la craie dans les deux types d'eau ?

Type d'eau	Comportement de la craie
Eau plate	
Eau gazeuse	

Que peux-tu dire quant à l'effet du dioxyde de carbone sur la craie ? Ecris l'équation de cette réaction.

.....

.....

.....

.....

.....

Quel est le lien entre l'augmentation du dioxyde de carbone et l'acidité ?

Résumons la situation : tu as observé que l'acide et l'eau gazeuse provoquent une réaction de la craie. Mais comment établir un lien entre ces deux observations ?

Pour résoudre cette énigme tu vas devoir utiliser de la carboglace, composé issu de la solidification du dioxyde de carbone. En se sublimant, la carboglace libère donc du dioxyde de carbone gazeux.



Attention, la carboglace a une température de -87°C : manipule la avec des gants et veille à ne pas la garder longtemps en main.



Prends deux berlins de 500 mL et verse approximativement 200 mL d'eau de mer dans chacun d'eux. Ajoute, à l'aide d'une pissette, 10 gouttes de bleu de bromothymol (indicateur acidobasique), dans chacun des berlins. Ensuite, ajoute un bout de carboglace dans un des deux berlins.

👁️ Quels changements observes-tu ?

.....

🖋️ Pourquoi utiliser comme indicateur, le bleu de bromothymol ?

.....



Mesure, à l'aide du pH-mètre, le pH de l'eau dans chacun des berlins. Veille à rincer la sonde à l'aide de l'eau déminéralisée entre les deux mesures de pH.

✍ Note les valeurs obtenues dans le tableau ci-dessous, compare-les et tire des conclusions quant au lien entre le dioxyde de carbone et l'acidité.

Valeur pH - Eau de mer	Valeur pH - Eau de mer et carboglace

.....

.....

.....

✍ As-tu une idée sur les processus physiques et chimiques impliqués ?

.....

.....

.....

.....

.....

Est-ce que l'acidification des océans peut avoir un impact sur la biodiversité ?

Maintenant que tu as compris comment agissait l'augmentation du dioxyde de carbone atmosphérique sur la coquille des moules. Dans le laboratoire, on te propose d'observer l'impact de ce phénomène sur des coccolithophores.

Les coccolithophores sont les plus abondants des organismes calcifiants. Nous en avons tous manipulé dans notre vie sans le savoir, quand nous écrivons sur nos ardoises ou au tableau noir. En effet, leurs coquilles composent une grande part de la craie. Quand on voit l'épaisseur des falaises de Normandie, on peut juger de l'importance de leur production de carbonate. À certaines saisons, leur efflorescence est telle qu'on peut les observer depuis l'espace par les satellites.



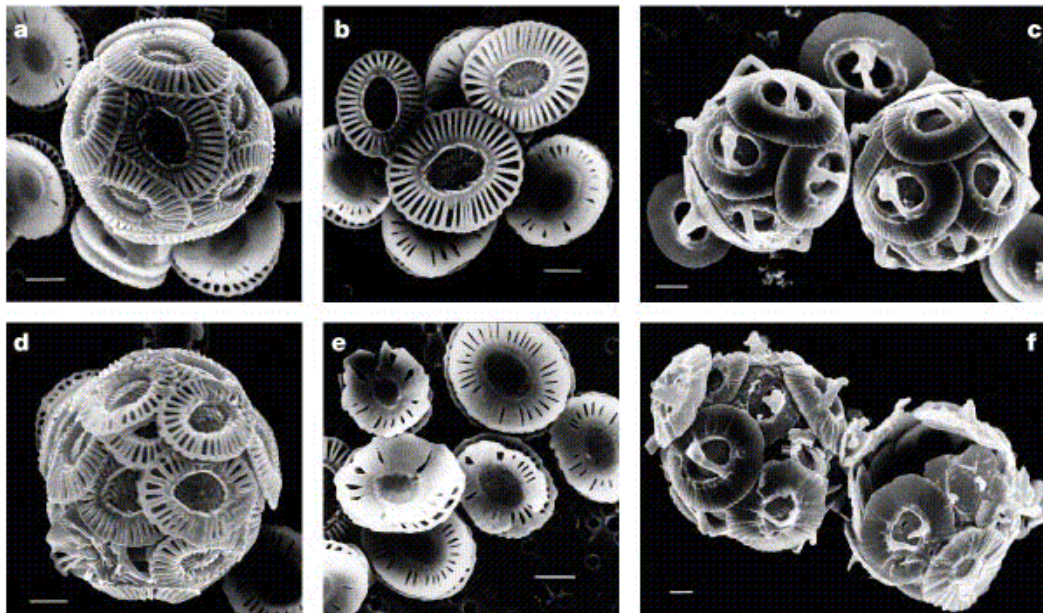
 Observe à la loupe binoculaire des algues calcifiantes, coccolithophores.

Qu'observes-tu ?

.....

Comme tu peux le voir, le grossissement est relativement faible. Passons à des observations faites à l'aide de microscopes plus puissants.

👁️ Observe plus particulièrement, les images obtenues en microscope électronique à balayage.



✍️ *Décris les différences entre les images prises en 2010 (a, b, c) et celles prises en simulant les concentrations en dioxyde de carbone de 2100 (d, e, f).*

Images prises en 2010	Images prises en simulant 2100

✍️ *Quelles pourraient être les conséquences de ces différences sur les coccolithophores eux-mêmes mais aussi sur l'ensemble de l'écosystème ?*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Schéma-bilan

Maintenant, rassemble dans un schéma-bilan, l'ensemble de tes nouvelles connaissances acquises

