

## TP.4 – Utilisation des réservoirs de carbone de la lithosphère et réponse de l'environnement

Enjeux planétaires contemporains. – 1<sup>ère</sup> partie : l'énergie.

- 2. Le défi énergétique

Les documents utiles sont accessibles sur le site SVT à la rubrique Fiches et documents - TP.4

**CORRIGÉ**

Rappel du TP.2 - On utilisera nos connaissances concernant le cycle du carbone et les réservoirs de carbone à l'échelle planétaire (Fiche TP corrigée ou manuel Bordas, p. 130).

Rappel du TP.3 - On utilisera nos connaissances concernant la formation des roches du réservoir carboné.

### A. L'empreinte de l'Homme

Document disponible sur la page « Fiches et documents » du site SVT : Human Footprint

►► Trouver un argument pour expliquer l'influence de chacun des quatre facteurs étudiés pour estimer le degré d'impact de l'Homme sur son environnement.

• La densité de population

*La densité de population est un indicateur du degré d'urbanisation et d'occupation des sols.*

• Le degré de transformation des terres

*L'Homme a depuis 10 000 ans (découverte des techniques de culture et d'élevage), une action de transformation de son environnement qui lui est spécifique dans le monde vivant.*

*L'Homme défriche pour acquérir de nouvelles terres cultivables : déforestation par brûlis.*

• L'accessibilité par l'homme

*Le degré d'action de l'Homme sur l'environnement dépend de l'accessibilité à un milieu (voie de passage fluviale, routière, ferrée,...). Ainsi certaines parties des forêts tropicales humides étant restées inaccessibles conservent leur écosystème primaire.*

• Les infrastructures de production d'énergie.

*La disponibilité de sources d'énergie (électrique en particulier) facilite l'urbanisation et l'industrialisation, sources de concentration humaine et de pollution.*

### B. Des échanges liés à l'utilisation des réservoirs de carbone modélisés au laboratoire

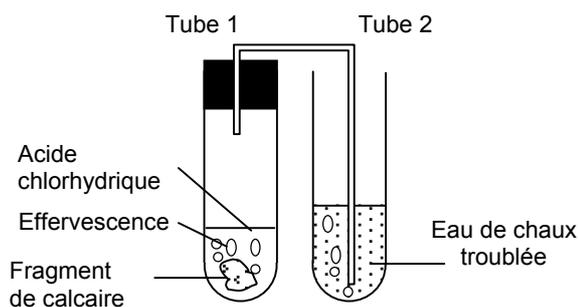
#### 1. Expérience 1

Mode opératoire

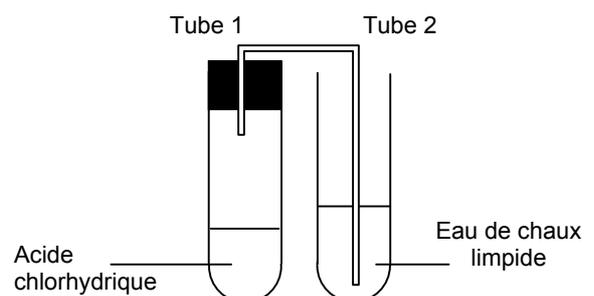
Montage 1 - Dans un tube à essai 1 placer un petit fragment de calcaire. Ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique (HCl). > Observer la réaction. Fermer le tube à essai et placer le tube à dégagement dans le tube 2 contenant de l'eau de chaux. > Observer.

Montage 2 - Réaliser la même expérience sans calcaire. > Observer.

►► Compléter les schémas avec les résultats observés et légender.



Expérience : décomposition du calcaire



Expérience témoin

►► Interpréter.

*Tube 1 : le calcaire est décomposé par l'acide chlorhydrique (HCl en fait  $H^+ + Cl^-$ ), un gaz se dégage, c'est une effervescence (nous avons appris en classe de 5<sup>e</sup> que ce test permettait au géologue de reconnaître une roche calcaire).*

*Tube 2 : le gaz qui se dégage trouble l'eau de chaux, c'est du dioxyde de carbone. L'acide chlorhydrique ne contenant ni l'élément C ni l'élément O, cela implique que le calcaire est constitué de ces deux éléments. Le calcaire est du carbonate de calcium  $CaCO_3$ . Le trouble observé à l'œil nu ou à la loupe montre des grains blancs insolubles en suspension qui se déposent après quelques minutes.*

## 2. Expérience 1 bis

### Mode opératoire

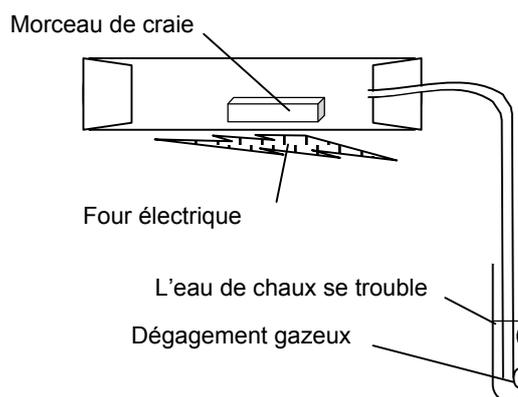
On place de la craie (carbonate de calcium) dans à four à environ 1000°C. On récupère les gaz dégagés en les faisant barboter dans de l'eau de chaux . ➤ Observer.

- ▶▶ Compléter les schémas avec les résultats observés et légender.
- ▶▶ Quels sont les échanges représentés dans ces deux expériences et entre quels réservoirs ? Ces échanges sont-ils naturels ? Argumenter.

*Le calcaire et la craie appartiennent au réservoir des roches carbonatées de la lithosphère. La décomposition des calcaires par l'acide ou la chaleur provoque un dégagement de CO<sub>2</sub> dont les éléments carbone et oxygène ne peuvent provenir que du calcaire.*

*Cela confirme dans un premier temps que les roches carbonatées sont un important réservoir de carbone (se souvenir que les sédiments carbonatés de la lithosphère ont pour principale origine la dissolution du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère primitive de la Terre). Le CO<sub>2</sub> dégagé passe dans l'atmosphère. L'échange a donc lieu du réservoir des roches carbonatées de la lithosphère où le CO<sub>2</sub> est piégé sous forme minérale vers l'atmosphère.*

*L'Homme favorise ces échanges par la calcination du calcaire qui intervient dans la production de chaux et de ciment (se reporter au cours de PC en classe de 5<sup>e</sup>).*



## 3. Expérience 2

### Mode opératoire

Dans un tube à essai 1, placer un petit fragment de charbon. Fermer le tube à essai et placer le tube à dégagement dans le tube 2 contenant de l'eau de chaux. Chauffer le tube. ➤ Observer.

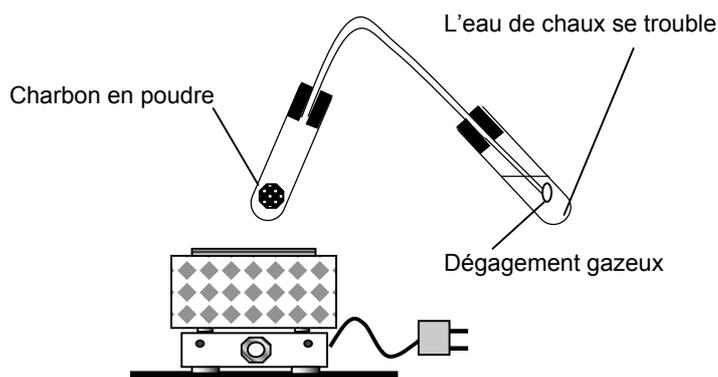
- ▶▶ Compléter les schémas avec les résultats observés et légender.
- ▶▶ Interpréter

*L'eau de chaux est troublée par le gaz dégagé par le charbon) Ce gaz est du dioxyde de carbone dont les éléments ne peuvent provenir que du charbon. Cela confirme dans un premier temps que le charbon est un réservoir carboné de la lithosphère.*

- ▶▶ Quels sont les échanges représentés dans cette expérience et entre quels réservoirs ? Ces échanges sont-ils naturels ? Argumenter.

*Le CO<sub>2</sub> dégagé passe dans l'atmosphère. L'échange a donc lieu de la lithosphère où le CO<sub>2</sub> est piégé sous forme de matière organique combustible fossile dans le réservoir des roches carbonées vers l'atmosphère.*

*L'Homme favorise ces échanges par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) pour obtenir de l'énergie.*



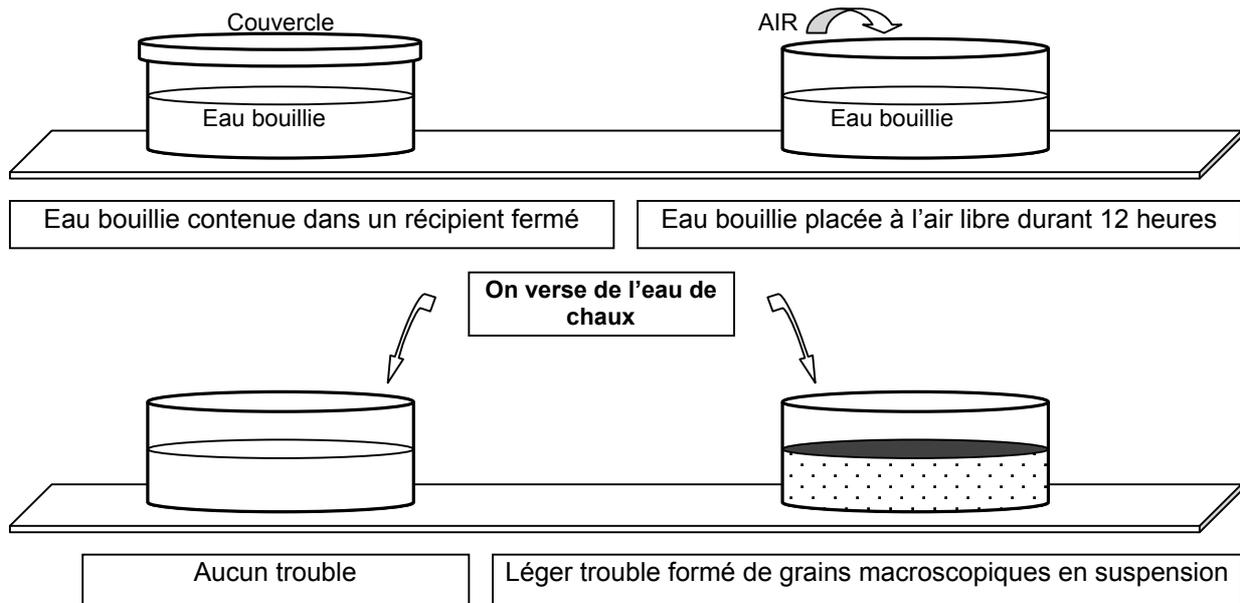
## C. Des échanges liés à la réponse de l'environnement planétaire modélisés au laboratoire

### 1. Expérience 3

#### Mode opératoire

On place de l'eau bouillie dans deux récipients de type cristallisoir. L'un est couvert d'un film étirable, l'autre reste à l'air libre. 12 heures après, on rajoute de l'eau de chaux.

►► Compléter les schémas avec les résultats observés, ajouter les légendes.



►► Argumenter le mode opératoire selon lequel il faut chauffer l'eau au préalable.

*L'eau bouillie a perdu en chauffant tous les gaz dissous (ils s'échappent très vite sous forme de fines bulles lorsqu'on commence à chauffer l'eau et bien avant l'ébullition).*

►► Quels sont les réservoirs de carbone modélisés et quels échanges sont mis en évidence ? Argumenter.

*Le dioxyde de carbone mis en évidence après 12 heures dans l'eau préalablement bouillie s'est dissous dans l'eau. Les échanges gazeux entre l'atmosphère et la lithosphère se font au travers de la surface de l'eau (limite air – eau).*

*Ces échanges dépendent de la surface de contact, de l'agitation des deux fluides au contact, de la capacité de l'eau à dissoudre (température et degré de saturation). Ils se font du milieu le plus riche (ici l'air) vers le milieu le plus pauvre (ici l'eau chauffée puis refroidie).*

*Le dioxyde de carbone était dans l'air (le réservoir est l'atmosphère), on l'a mis en évidence après 12 heures dans l'eau (le réservoir est maintenant l'hydrosphère). L'échange a donc lieu dans ce cas de l'atmosphère vers l'hydrosphère.*

►► Dans l'expérience 3 comme dans les expériences qui précèdent, le gaz recherché s'est dissous dans l'eau. Il a été mis en évidence par la présence d'eau de chaux qui contient des ions calcium  $\text{Ca}^{2+}$ . Vous avez observé la formation de fines particules en suspension qui précipitent après quelques minutes. Que modélise cette observation si on se réfère au schéma du cycle du carbone.

*Le dioxyde de carbone de l'atmosphère réagit avec les ions calcium contenus dans l'eau de chaux ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{OH}^-$ ) pour constituer du carbonate de calcium insoluble en suspension qui peut sédimenter et former une boue calcaire au fond des mers, des océans ou des lacs. Par diagenèse, la boue sera à l'origine d'une roche calcaire.*

*Cette observation permet donc de modéliser comment la dissolution du  $\text{CO}_2$  dans les océans provoque une précipitation sous forme de boue calcaire qui forme le réservoir des roches carbonatées.*

►► Les échanges modélisés par l'expérience 3 permettent-ils de compenser l'effet de l'utilisation des réservoirs de carbone ? Argumenter en utilisant les documents 2 et 4, p. 130-131 (manuel Bordas) et sur la page « Fiches et documents » du site SVT, Fondation Bellona.

*Le document 2 - Les mesures réalisées dans des carottes glaciaires des pôles montrent que le taux de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère a varié lors des derniers 800 000 ans (les premiers Homo sapiens sont datés d'environ 100 000 ans) de 180 à 300 ppm. Le taux n'est donc pas constant.*

*Le document 4 - Depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle (1900) le taux de  $\text{CO}_2$  est passé brutalement de 300 ppm (valeur maximale enregistrée dans les glaces) pour atteindre 320 ppm vers la fin du 20<sup>e</sup> siècle. Il semble donc que l'augmentation des rejets de  $\text{CO}_2$  liée à l'activité humaine ne peut être entièrement compensée par l'absorption océanique.*

## D. Des solutions - Le captage du CO<sub>2</sub> produit par les industries fortement émettrices

Document en anglais disponible sur la page « Fiches et documents » du site SVT : Fondation Bellona.

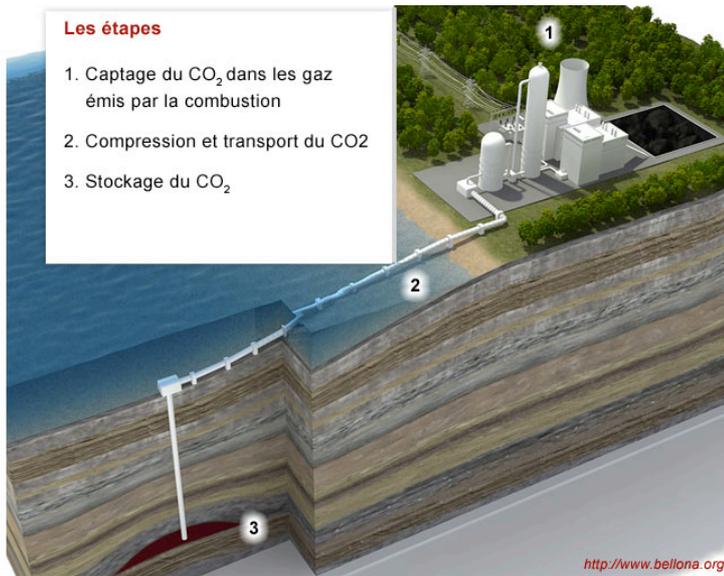
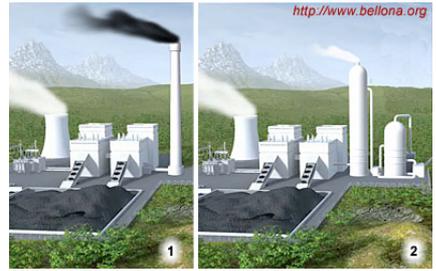
Présentation interactive sur le captage et le stockage du CO<sub>2</sub> (CCS)

► Quel est le combustible qui dégage le plus de CO<sub>2</sub> ? Pourquoi envisage-t-on un retour à une utilisation plus intensive de ce combustible et par quelles industries ?

*Le combustible qui dégage plus de CO<sub>2</sub> est le charbon. Son utilisation a donc un impact important sur le réchauffement climatique. Son utilisation risque de s'intensifier car son prix est bas. Il assure 60% de la production mondiale d'acier et 40% de la production mondiale d'électricité en particulier dans les pays émergents et l'Australie.*

*Les réserves mondiales de charbon sont encore très importantes (par exemple 500 ans pour la Russie et 230 ans pour les USA) contrairement au pétrole et au gaz.*

► Compléter les schémas des étapes du processus de captage et de stockage du CO<sub>2</sub> industriel.



### Les étapes

1. Captage du CO<sub>2</sub> dans les gaz émis par la combustion
2. Compression et transport du CO<sub>2</sub>
3. Stockage du CO<sub>2</sub>

### Détails concernant le stockage

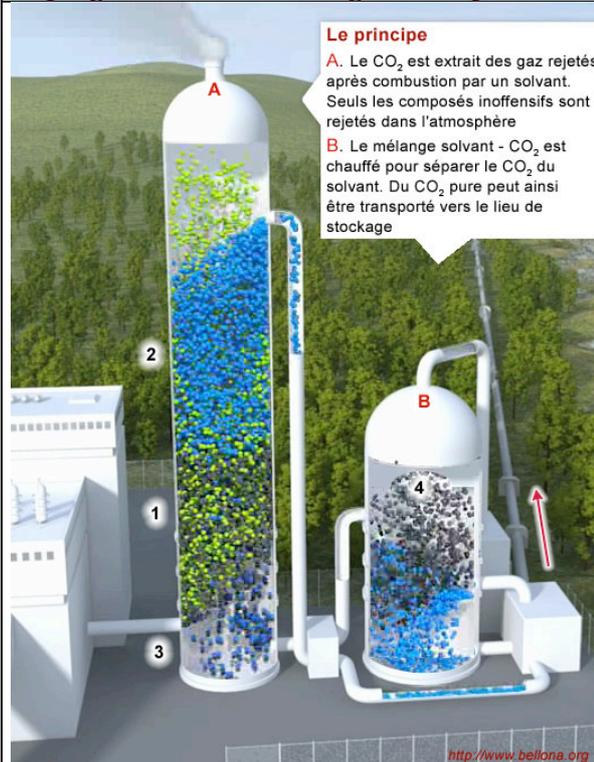
*Le CO<sub>2</sub> est compressé avant transport par pipeline ou bateau vers le site de stockage. Il occupe alors 1% de son volume initial.*

*Les sites de stockage sont des formations géologiques à plus de 800 m de profondeur où le CO<sub>2</sub> est en phase liquide, ce qui minimise les possibilités d'échappement.*

*Le mécanisme :*

- une formation étanche dont le toit est formé d'une roche solide,
- un site de stockage formé d'une strate poreuse contenant de l'eau salée dans laquelle le CO<sub>2</sub> se dissout,
- avec le temps le CO<sub>2</sub> réagit avec les ions calcium pour former du calcaire.

### Captage du CO<sub>2</sub> dans les gaz émis par la combustion



#### Le principe

- A.** Le CO<sub>2</sub> est extrait des gaz rejetés après combustion par un solvant. Seuls les composés inoffensifs sont rejetés dans l'atmosphère
- B.** Le mélange solvant - CO<sub>2</sub> est chauffé pour séparer le CO<sub>2</sub> du solvant. Du CO<sub>2</sub> pure peut ainsi être transporté vers le lieu de stockage

**1** - Le gaz émis par la centrale thermique il contient du dioxyde de carbone (particules noires) et des gaz non polluants comme le diazote et la vapeur d'eau (en vert)

**2** - Le solvant (particules bleues) réagit avec le CO<sub>2</sub>.

**3** - Le solvant combiné avec le CO<sub>2</sub> quitte le réservoir A par le bas en direction du réservoir B.

**4** - Dans le réservoir B le solvant combiné au CO<sub>2</sub> est chauffé pour libérer le CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> pur peut être alors compressé et transporté vers le lieu de stockage.

►► *En conclusion pourquoi doit-on s'orienter vers une telle solution ?*

*Du fait de la disponibilité du charbon et de son coût actuellement plus faible, il faut envisager une utilisation accrue de ce combustible dans les années à venir.*

*Sachant que la combustion du charbon a une action plus importante que le pétrole et surtout le gaz sur l'effet de serre et le réchauffement climatique, il faut trouver des solutions pour diminuer la quantité de CO<sub>2</sub> rejeté dans l'atmosphère. La technique du captage du CO<sub>2</sub> et du stockage semble être une bonne solution surtout qu'il est possible de réinjecter le CO<sub>2</sub> résultant de la combustion du charbon dans les veines de charbon après exploitation.*