

Chapitre BG-A-1 Le cycle du carbone + BG-A-3 « Impacts des activités humaines sur les cycles biogéochimiques » (partie carbone)

Rappel des conseils pour apprendre ce genre de cours : tout s'articule sur la bonne connaissance du cycle en tant que schéma légendé, les notions annexes arrivant d'elles-mêmes lorsqu'on se récite le cycle. Pour s'entraîner à mémoriser et à réciter le cycle une fois le cours travaillé, prendre une grande feuille de brouillon et :

- *placer d'abord les réservoirs et inscrire pour chacun quelques précisions sur les formes chimiques stockées et sur les ordres de grandeur*
- *relier les réservoirs entre eux par des flèches correctement orientées possédant des noms, et en écrivant aussi les équations-bilans associées ; éventuellement ajouter les ordres de grandeurs des transferts à connaître*
- *vérifier la justesse et recommencer en réorganisant le schéma s'il est illisible*

Ne pas oublier cependant qu'il n'y a pas que le cycle du carbone lui-même : voir les axes dans le tableau des incontournables

Les phrases du programme en vert et en italiques.

I/ LES RESERVOIRS CARBONES ET LES FORMES CHIMIQUES ASSOCIEES

Le carbone se trouve sous différentes formes dans différents réservoirs vivants ou inertes : carbone réduit (biomasse actuelle et fossile), carbone oxydé (CO, CO₂, carbonates).

- 1° L'élément carbone
- 2° Le réservoir atmosphérique
- 3° Le réservoir biologique
- 4° Le réservoir hydrosphérique
- 5° Le réservoir crustal
- 6° Le réservoir mantellique

II/ LES FLUX ENTRE RESERVOIRS : UNE GRANDE DIVERSITE A BASE AUSSI BIOLOGIQUE QUE GEOLOGIQUE ET PHYSISCO-CHIMIQUE

Des flux physico-chimiques et/ou biotiques relient ces réservoirs. Ces flux correspondent à des conversions (exemple de la photosynthèse et de la respiration) et/ou à des transferts physiques (exemple de la pompe physique du carbone dans l'océan).

Le temps de résidence du carbone diffère selon les réservoirs.

- 1° Les règles générales des flux
- 2° Le temps de résidence (ou de renouvellement)
- 3° Un exemple de réservoir aux échanges variés et complexes : le méthane atmosphérique
 - a/ quelques repères sur l'élément méthane
 - b/ les sources de méthane non biogènes ou indirectement biogènes
 - c/ les sources de méthane directement biogènes (sources biogéniques)
 - d/ les sites de consommations de méthane
- 4° Les échanges de carbone mettant en jeu la biosphère
 - a/ les échanges de CO₂ entre biosphère continentale et atmosphère
 - b/ les échanges de méthane
 - c/ les échanges entre biosphère océanique, CO₂, eau, atmosphère
 - d/ la sédimentation carbonatée biogène
- 5° Les échanges de carbone mettant en jeu les sédiments carbonés
- 6° Les échanges hydrosphère atmosphère
- 7° Les transferts océaniques verticaux
- 8° Les échanges mettant en jeu la croûte
 - a/ les échanges avec le réservoir des carbonates
 - b/ les échanges avec les roches silicatées
- 9° Les échanges mettant en jeu le manteau
- 10° Les échanges anthropiques

III/ LE CYCLE

Le cycle court biologique + le cycle long géologique + le cycle complet

IV/ LE CYCLE DU CARBONE : UN CYCLE PARMIS D'AUTRES CYCLES

- 1° Décomposition de la matière organique et couplage cycle de l'azote / cycle du carbone

La matière organique comporte du carbone et de l'azote, sa minéralisation implique un couplage entre le cycle du carbone et le cycle de l'azote.

- 2° Diversité des types trophiques et couplages anaboliques et cataboliques entre molécules azotées et carbonées
- 3° Interactions cycle du carbone / cycle de l'oxygène : l'apparition et le maintien du dioxygène gazeux sur Terre

V/ L'INFLUENCE DE L'HOMME SUR LE CYCLE DU CARBONE

Les activités humaines modifient le fonctionnement des cycles biogéochimiques du carbone et de l'azote.

Les émissions anthropiques de CO₂ conduisent à une perturbation du cycle du carbone.

- 1° Homme et cycle du carbone : approche qualitative

2°/ Homme, cycle du carbone et gaz à effet de serre : approche quantitative

- a/ Quelques graphiques de mise en évidence de l'évolution des émissions
- b/ Quantification des émissions anthropiques
- c/ Emissions anthropiques et intervention des puits

➤ Connaissances exigibles de type schémas et graphiques

Remarque : c'est un chapitre où la mémorisation se fait plus sur des notions, des ordres de grandeur, des modèles rédigés, que sur des schémas, finalement peu nombreux. Mais le cycle sous différentes formes sera schématisé à chaque colle en général.

❖ le minimum vital : (« je vais le réciter très souvent »)

- le cycle du carbone bien sûr :
 - o version complète
 - o version limitée au cycle court biologique
 - o + toutes les versions partielles imposées par la problématique du sujet et à se construire (par exemple cycle du méthane)
- les équations de précipitation-dissolution des carbonates + équations d'altération de pyroxène montrant que le bilan est une diminution du CO₂ donc un refroidissement (*pas vraiment un schéma, mais très important*)
- un cycle du méthane simplifié (*à se construire soi-même, voir ci-dessus les remarques sur les schémas*)
- et penser aux schémas de types trophiques des êtres vivants du programme + leurs équations-bilans qui permettent de manière synthétique et rapide de montrer leur intervention dans le cycle

D'autres schémas plus secondaires ?

(« je sais que ça existe si on m'en parle et je le récite à peu près si on m'aide »)

Des courbes d'évolution de taux de CO₂ et de méthane ? De type Hawaï avec les variations saisonnières ? De type période historique et contemporaine ? → *je conseille*

Un tableau chiffré avec principaux réservoirs/formes carbonées/masse de C/temps de résidence ? → *je conseille*

Des camemberts autour des émissions anthropiques et des puits ? → *je conseille*

➤ Les TP associés

Un condensé a été effectué par choix entre les TP cycles C, le TP cycle N et les TP climatologie qui sont principalement des séances papier. Voir donc le TP unique « Cycles biogéochimiques - Climatologie » (un TP qui sert d'ailleurs principalement à compléter et réviser l'énergétique)

➤ Prise de recul, articulation avec les autres chapitres

Ciblage inscrit dans le programme, avec +/- commentaires ajoutés :

- Métabolisme et types trophiques (SV-E)
- Minéralisation et cycle de l'azote (BG-A-2)
- Minéralisation et humification dans les sols (BG-B-1-1)
- Réchauffement climatique (BG-C-3)
- Formation des roches carbonatées (ST-E-2)
- Impact des activités anthropiques sur les sols (BG-B-2)
- Réchauffement climatique et gaz à effet de serre (BG-C-3)

Un chapitre de synthèse qui va chercher dans de nombreux chapitres des bases servant à comprendre ce qui y est présenté, aussi bien en géologie (sédimentation, roches carbonatées et carbonatées, altération, volcanisme, structure du globe...) qu'en biologie (métabolismes et types trophiques...), d'où son classement en biogéosciences.

➤ Capacités exigibles d'après le programme (fond coloré pour la partie TP, *théoriquement mais parfois c'est bizarre*)

- Caractériser les principaux réservoirs du carbone : ordre de grandeur de leurs tailles respectives et temps de résidence du carbone dans ces réservoirs.
- Quantifier l'ordre de grandeur de deux échanges annuels dans le cas du CO₂ atmosphérique : échanges avec la biomasse et avec l'océan. - Représenter schématiquement le cycle biogéochimique du carbone.
- Expliquer le rôle des organismes vivants sur l'altération des roches et comment cette altération induit la précipitation des carbonates. *Là je ne comprends pas trop ce qu'ils veulent : l'altération des roches est un processus bien plus large que la simple contribution des êtres vivants (cf. sédimentologie), de quelles roches parlent-ils ? Les carbonatées seulement ou également les silicatées ? Mais alors la ligne suivante ? Et si la précipitation des carbonates par les êtres vivants est essentielle (sédimentation biogène) elle n'est pas spécialement liée à l'altération. Bizarre cette phrase.*
- Expliquer le rôle de l'altération des silicates dans le piégeage du carbone. *Ca OK, c'est classique et on voit bien ce dont il s'agit.*
- Argumenter sur l'existence de sous-cycles lents et rapides dans le cycle du carbone.
- Identifier les temps de résidence respectifs de deux gaz à effet de serre (CO₂ et du CH₄) dans l'atmosphère.
- Expliquer le couplage entre le cycle du carbone et celui de l'azote dans le cas de la minéralisation de la matière organique dans les sols, par l'étude du rapport C/N de la matière organique, du type d'humus (mull et moder) et des caractéristiques abiotiques et biotiques du sol. *Avec le cours sur l'azote*

- Identifier l'origine et le devenir du CO₂ émis par les activités humaines.

➤ **Liens avec le cours de physique-chimie :**

Notions de dissolution dégazage, coefficient de solubilité, loi de Henry.

➤ **Sujets d'écrit déjà tombés en rapport avec ce chapitre**

Attention, avant le concours 2015, le cycle du carbone était comptabilisé avec le programme de géologie, donc on trouvera des sujets sur documents avec les annales de géologie. L'inventaire de cette fiche ne commence donc qu'à partir de 2015 dans les annales de biologie, et toutes années pour la géologie.

ENS 2001 géologie, documents, divers aspects du cycle du carbone ; également en 2004

ENS géologie second concours 2005 (dégazage volcanisme)

ENS géologie 2006, séquestration CO₂ atmosphérique

ENS géologie 2010, varié cycle

ENS géologie 2016, carbone des sols

ENS 2019 biologie, documents « Perturbations anthropiques et cycle du carbone »

Agro 2020 et Agro 2021 : du cycle du carbone dans les deux sujets de synthèse « Importance biologique des microorganismes » et « Le CO₂ et les êtres vivants »

ENS 2022 : un passage sur érosion, climat, altération

➤ **Sujets de synthèse possibles :** NB les biogéosciences font partie des oraux et des écrits de biologie

Quelques pistes en attendant le rapport de jury 2023. Des sujets larges et également des sujets ciblés de vérification de connaissances (même s'ils ne sont pas plausibles pour le concours). En gras des sujets du rapport de concours 2022 ou 2023

- Atmosphère et cycle du carbone
- **Comparaison cycle du carbone, cycle de l'azote**
- Cycle du carbone et effet de serre
- **Fonctionnement végétal et cycle du carbone**
- **Impact des activités humaines dans les cycles biogéochimiques**
- **La régénération du CO₂ dans le cycle du carbone**
- La vache dans le cycle du carbone
- Le CO₂ : une composante du cycle du carbone
- **Le couple océan-atmosphère dans le cycle du carbone**
- Le cycle du carbone
- Le cycle du carbone : le cycle court biologique
- Le cycle du carbone : les aspects géologiques
- Le méthane : une composante du cycle du carbone
- Le recyclage de la matière organique dans la biosphère
- **Les êtres vivants dans les cycles biogéochimiques**
- **Les organismes vivants dans le cycle du carbone**
- Les réservoirs carbonés et leurs échanges
- Milieu terrestre aérien et cycle du carbone
- Océan et cycle du carbone
- ...

Pour information quelques exemples de sujets d'autres thématiques, notamment en énergétique, et hormis les sujets ciblés écologie, faisant appel +/- explicitement au cycle du carbone

- **Energie lumineuse et autotrophie au carbone**
- **L'autotrophie au carbone**
- **L'autotrophie au carbone des organismes chlorophylliens**
- **L'autotrophie : ses fondements cellulaires et sa place dans le cycle du C**
- L'autotrophie vis à vis du carbone des végétaux chlorophylliens
- **La fixation du carbone minéral**
- Les organismes autotrophes d'un écosystème aérien
- Les végétaux verts : producteurs de matière organique
- L'hétérotrophie : ses fondements cellulaires, et sa place dans le cycle du C
- L'hétérotrophie des organismes animaux
- ...

Pour les sujets d'écologie : non listés mais un aspect cycle du carbone peut fréquemment intervenir dans une dernière partie, ou autrement.