

Biogéosciences (BG-A-2) « Le cycle de l'azote »

Rappel des conseils pour apprendre ce genre de cours (les mêmes que pour le carbone) : 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

En vert et en italiques les phrases du programme officiel (la colonne de gauche)

I/ Les formes azotées et leurs réservoirs

L'azote existe sous des formes organiques et minérales. Il se trouve sous différentes formes minérales en solution (dont l'ammonium NH_4^+ , le nitrate NO_3^-) et dans l'atmosphère (dont l'oxyde nitreux N_2O , le diazote N_2).

1/ Azote organique, azote minéral

- a/ l'azote : constituant majeur de la biomasse
- b/ des formes dissoutes ± oxydées
- c/ des formes gazeuses

2/ Les réservoirs azotés et les formes moléculaires associées

II/ Des flux azotés principalement biologiques

Les flux biotiques ont une place prépondérante dans le cycle de l'azote. De nombreuses étapes du cycle de l'azote sont purement microbiennes.

1/ Flux azotés et autotrophie à l'azote

- a/ la réduction assimilatrice « classique » à partir des nitrates
- b/ la diazotrophie symbiotique ou non

2/ Flux et décomposition de la matière organique azoté : l'ammonisation

3/ Nitrification et dénitrification : azote et catabolisme

- a/ nitrification et formes azotés donneuses d'électrons
- b/ dénitrification et formes azotées acceptrices d'électrons

4/ Des flux physico-chimiques impliquant les oxydes d'azote

5/ Les flux anthropiques → voir III/

III/ Les perturbations anthropiques du cycle de l'azote

1/ Activité agricole humaine et déséquilibre du cycle vers les formes minérales réactives dissoutes (NO_3^- , NH_4^+)

- a/ fumiers, lisiers et amendements agricoles
- b/ les engrais chimiques azotés
- c/ lessivage des nitrates et eutrophisation

2/ Formes oxydées de l'azote et pollution atmosphérique

- a/ le cas du dioxyde d'azote troposphérique et ses effets néfastes multiples
- b/ le cas du protoxyde d'azote, GES et gaz destructeur de l'ozone stratosphérique

L'oxyde nitreux (N_2O) est un gaz à effet de serre qui est produit par les processus microbiens de nitrification et de dénitrification.

IV/ Les couplages cycle de l'azote / autres cycles

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.

1/ Des couplages avec le cycle de l'oxygène via les oxydes d'azote

2/ Des couplages en lien avec les particularités de certains types trophiques

3/ Un couplage C/N lors de la décomposition de la MO (cf. cours sur le sol)

BILAN / Le cycle et ses grandes caractéristiques → schéma

Attention, on a choisi de prendre d'abord pour les cadres des formes azotées présentes dans un ou des réservoirs, ce n'est pas comme pour le carbone et cela complique les choses mais c'est pour insister sur les formes oxydées ou réduites de l'azote

✓ 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)

✓ Connaissances exigibles de type schémas et graphiques

Un chapitre qui emprunte largement à d'autres pour ses schémas à réciter, étant donné que les flux sont principalement biologiques et ont donc été vus à différents moments du cours de biologie.

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

- le cycle complet bien sûr
 - l'autotrophie à l'azote (transformations moléculaires simplifiées mais version spé, pour une cellule ou un organisme)
 - 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 (incontournable = Nitrobacter par exemple)
 - autre chose ?
- + les schémas qui sont dans d'autres chapitres et qui précisent certains phénomènes, comme par exemple le modèle du poil absorbant

❖ **Schémas un peu plus « secondaires » moins prioritaires, mais à connaître quand même** « je peux le réciter si je le décide, ou si on me le demande » ou « je sais que ça existe si on m'en parle et je le récite à peu près si on m'aide »

- Hellriegel et Wilfarth : peut-être sous forme de tableau pour que ce soit un peu visuel
- Schloesing et Müntz : idem
- quelque chose sur les flux de N_2O : un schéma simplifié des échanges avec repérage des flux anthropiques ?
- un schéma bilan des nuisances et des sources de $NxOy$?

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

Les états d'oxydation de l'azote

✓ **Prise de recul, articulation avec les autres chapitres**

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

- Chimolithotrophie des bactéries nitrifiantes (SV-E1)
- Fixation d'azote par les Fabacées (SV-B-2)
- Minéralisation et humification dans les sols (BG-B-1)
- Azote, facteur limitant de la nutrition minérale des Angiospermes (SV-B-2)
- Impact des activités anthropiques sur les sols (BG-B-2)
- Réchauffement climatique et gaz à effet de serre (BG-C-3)

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

- Identifier les flux entre les différentes formes azotées (parmi lesquels l'ammonification, la nitrification, la dénitrification, la fixation du N_2 atmosphérique et l'assimilation de l'azote).
- Représenter schématiquement le cycle biogéochimique de l'azote.
- Réaliser une préparation microscopique de nodosités et expliquer leur rôle dans le cycle de l'azote.
- 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.
- Identifier le devenir des engrais azotés, agents de fertilisation et d'eutrophisation des écosystèmes.

✓ **Précisions et limites d'après le programme** (avec commentaires éventuels)

Seuls les flux précisés dans la colonne capacités exigibles doivent être connus.

L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques permet de présenter les couplages entre écosystèmes terrestres et aquatiques, elle est illustrée à partir de l'exemple des marées vertes sans entrer dans le détail des processus impliqués.

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

L'azote a été au programme, puis en a disparu, puis il revient récemment → peu de sujets sur ce thème.

2004 Agro TB synthèse sur les microorganismes et les cycles du carbone et de l'azote

2004 Agro documents sur les symbioses racinaires

2021 Agro documents : les flux d'azote dans les écosystèmes forestiers

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

Quelques pistes dont les sujets 2023 (en gras), rapport 2024 pas encore publié à cette date). Des sujets ciblés cycle et des sujets plus raccrochés à d'autres chapitres mais qui parlent d'azote. Des sujets larges et également des sujets ciblés de vérification de connaissances (même s'ils ne sont pas plausibles pour le concours).

- Comparaison cycle du carbone, cycle de l'azote
- Cycle du carbone, cycle de l'azote
- De l'azote chez une fabacée à l'azote chez la vache
- Impact des activités humaines sur les cycles biogéochimiques
- Importance des êtres vivants dans le cycle de l'azote

- Importance des êtres vivants dans les cycles biogéochimiques
- Importances des microorganismes dans le cycle de l'azote
- Importances des microorganismes dans les cycles biogéochimiques
- L'azote chez la vache (*posé en 2022*)
- Le cycle de l'azote
- **Les êtres vivants dans les cycles biogéochimiques**
- Les molécules azotées, leur origine et leur devenir dans les écosystèmes
- Les réservoirs azotés et leurs échanges
- [...]

Et ne pas oublier de parler de l'azote dans les sujets autotrophie ou hétérotrophie sans précisions sur l'atome imposé