

SUJET : L'importance des microorganismes dans le cycle de l'azote

Cycle : Un cycle correspond à la **circulation** et la **transformation continue** d'éléments ou de matière entre les différents **compartiments (réservoirs)** de l'écosystème. Les réservoirs principaux sont l'**atmosphère**, la **biosphère**, l'**hydrosphère**, la **pédosphère** et la **lithosphère**. On se limitera au cycle biologique et on analysera surtout les **flux assimilatoires** et les **flux desassimilatoires**.

Microorganismes : Ce sont les organismes microscopiques uni ou pluricellulaires tels que les bactéries, les champignons ou encore les algues.

I- Les flux assimilatoires (transformation de l'azote minéral en azote organique)

1- Mise en évidence (De nombreux microorganismes sont autotrophes vis-à-vis de l'azote (phytoplancton, algues, champignons). MEE par l'EXP de Schloesing et Müntz en 1877. Ils ont un équipement enzymatique adapté à la transformation de NH₃ en NO₃.)

2- L'assimilation de l'azote ammoniacal (La réaction consiste à fixer l'ammoniac (NH₃) sur un acide-α-cétonique. Le cycle de la glutamine permet ces étapes grâce aux enzymes **GS (Glutamine Synthase)** et la **GOGAT (Glutamine OxoGlutarate AminoTransferase)**. Surtout les champignons).

3- L'assimilation des nitrates et nitrites (Bactéries et les algues unicellulaires. Fixation de l'azote oxydé (NO₃⁻ ou NO₂⁻) grâce à des réactions de réduction catalysée par la **NR (Nitrate reductase)** et la **NiR : Nitrite Réductase**. Ces réactions sont **couteuses** en pouvoir réducteur (**8 électrons** donnés par le NADPH, H⁺).

4- L'assimilation du N₂ atmosphérique : la diazotrophie (MEE au XIX^e siècle, **Berthelot**. Les bactéries responsables de ces réactions sont des **cyanobactéries** (Anabaena, Oscillatoria, Spirulina, Nostoc), des **bacilles** (Bacillus et Clostridium) mais également les **bactéries symbiotiques** Rhizobium ou Azolla. La réaction de fixation est catalysée par la **Nase (Nitrogénase)**. Cette enzyme correspond à un **énorme complexe protéique** contenant des **centres réducteurs à Fe et Mo**). Cette enzyme est dénaturée au contact de l'oxygène. Ceci induit la formation de processus sequestrant l'O₂ (**hétérocystes** des cyanobactéries et **LegHb** des **nodules symbiotiques** Rhizobium/Fabacées)

CONCLUSION : Les flux assimilatoires en N sont coûteux mais sont réalisés en grande partie par les microorganismes. L'azote organique est ensuite utilisé par tout la chaîne trophique par de nombreuses réactions de transfert (transamination).

II Les flux desassimilatoires (transformation N organique en N minéral).

1- La décomposition de l'azote organique par ammonification (La dégradation des molécules azotées est source de matière et d'énergie pour les **décomposeurs** (champignons et bactéries) qui sont souvent **chimio-organotrophes**. Les réactions correspondent à l'ammonification ou ammonisation qui produit **CO₂**, **NH₃** et un alcool à partir des AA.)

2- La transformation en nitrates par nitrification (EXP : colonne de **Winogradsky** XIX^e siècle. Il isole des microorganismes capables de réduire le CO₂ et non chlorophylliens > **CHIMIOSYNTHESE**. La première étape est réalisée par **Nitrobacter** et correspond à une réaction de **nitrosation = nitritation** qui permet l'oxydation des **NH₄** (**ammonium** en **NO₂** (**nitrites**)). La seconde étape est réalisée par **Nitrosomas** et permet la nitrification (NO₂⁻ → NO₃⁻) selon une réaction aérobie. Ces deux réactions sont exergoniques et sont utilisées pour incorporer le CO₂ néanmoins, le rendement est très faible.

3- La dénitrification et la formation de diazote (Ces réactions sont réalisées par les **bactéries dénitrifiantes (chimiotrophes)** telles que **Pseudomonas** ou certains **Bacillus**. Elles effectuent une **respiration anaérobie** avec le NO₃⁻ comme accepteur final d'électrons. Enfin, certaines bactéries **chimioolithotrophes** comme **Thiobacillus denitrificans** sont capables de réduire les nitrates en N₂ selon la réaction 5S+6NO₃⁻+2H₂O → 3N₂+5SO₄²⁻+4H⁺)

CONCLUSION : Les flux desassimilatoires en N permettent le retour de l'azote sous forme minérale. Les microorganismes ont un rôle prépondérant dans cette étape pour permettre la décomposition de la matière organique.

Conclusion : Ouverture sur l'impact des activités humaines dans ce cycle. Il y a une faible importance des phénomènes géologiques : il n'y a pas de réservoirs à long terme comme pour le carbone (roches carbonées, carbonates). Lessivage des nitrates contribue à la pollution des nappes phréatiques et des océans.

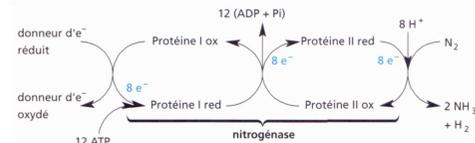
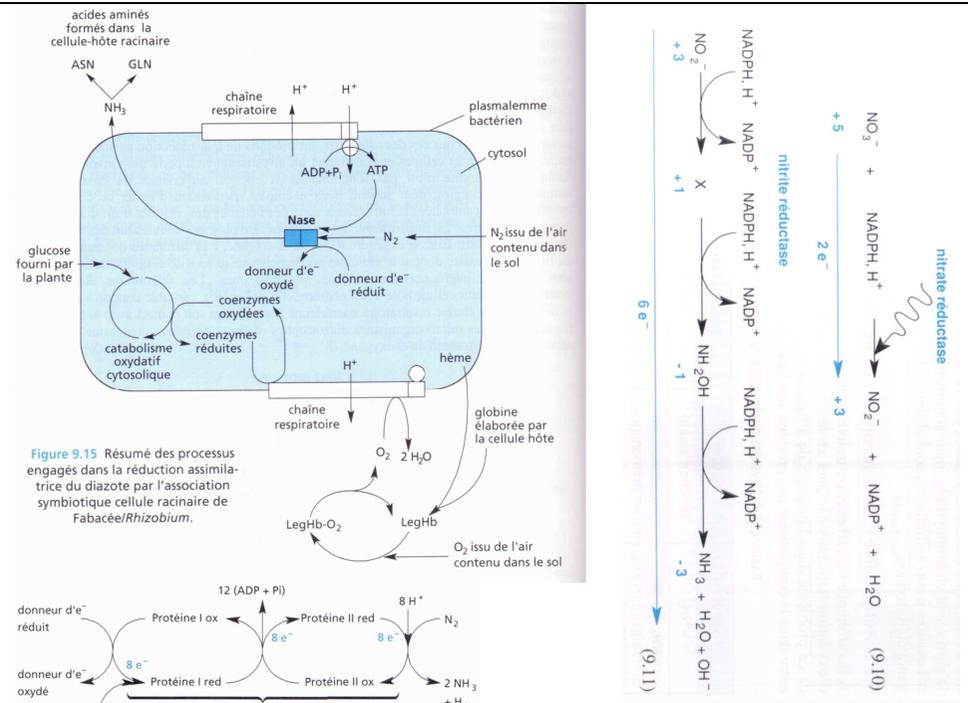


Figure 9.14 La nitrogénase : constitution et réaction catalysée.

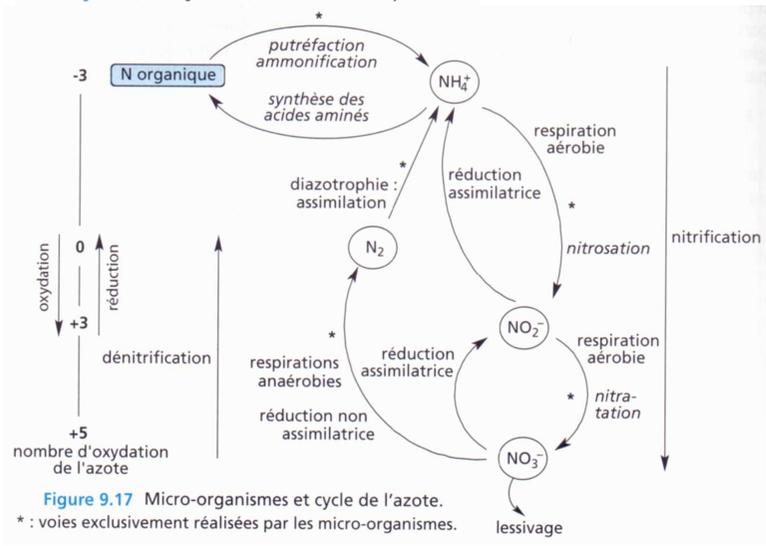


Figure 9.17 Micro-organismes et cycle de l'azote. * : voies exclusivement réalisées par les micro-organismes.

Formule	Nature	Type d'azote	Nombre d'oxydation
-NH ₂	fonction amine		-3
-NH ₄ ⁺ ou NH ₃	ion ammonium ou ammoniac	ammoniacal	-3
NH ₂ -OH	hydroxylamine	azote de l'hydroxylamine	-1
N ₂	diazote	azote de l'hydroxylamine moléculaire	0
-NO ₂ ⁻	ion nitrite	nitreux	3
-NO ₃ ⁻	ion nitrate	nitrique	5

Tableau 9.4 Diverses formes de l'azote utilisées par les organismes.