

2.3 Cycles hydro biogéochimiques :

2.3.1 Le Cycle de l'azote

2.3.1.1. Les formes de l'azote présentes dans le sol

Dans le sol l'azote peut se présenter sous des états très variables, sous forme organique ou minérale.

L'azote organique du sol comprend :

- les résidus de culture
- l'azote organique de la biomasse microbienne
- l'azote organique de l'humus.

Les différentes formes chimiques de l'azote correspondent à des états d'oxydation différents (Figure 1). Le va-et-vient entre les formes minérales et organiques, et au sein des formes minérales, entre les différents niveaux d'oxydation de l'azote est appelé **cycle de l'azote**.

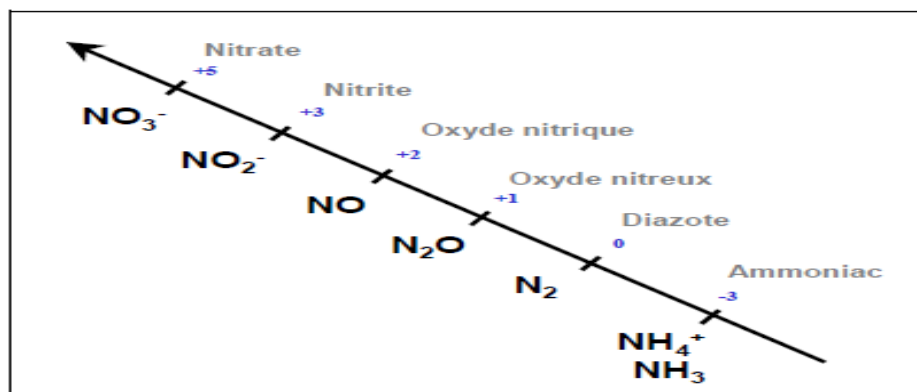


Figure6 : Les différents états d'oxydation de l'azote.

a. Les processus biogéochimiques de transformation de l'azote dans le sol

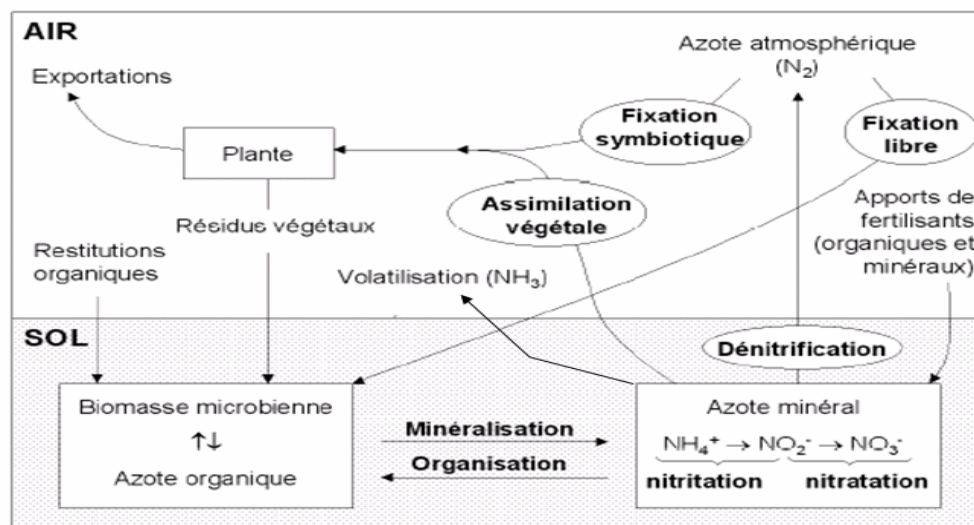


Figure 7 : Schéma du cycle de l'azote dans les sols (d'après Recous et al. 1997).

b. La minéralisation et l'immobilisation

• **La minéralisation** correspond à la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammonium (NH_4^+) puis de nitrates sous l'action de micro-organismes du sol.

• **La nitrification** correspond à l'oxydation biologique par des bactéries de l'azote ammoniacal (NH_4^+ , NH_3) en nitrate (NO_3^-). Cette transformation est réalisée par deux familles de bactéries présentes dans les sols : *Nitrosomonas* pour la transformation de NH_4^+ en NO_2^- , puis *Nitrobacter* pour la transformation de NO_2^- en NO_3^- .

• **L'immobilisation ou l'organisation** correspond à la transformation de l'azote minéral en azote organique. Elle est réalisée par l'assimilation d'azote par les micro-organismes du sol : durant la décomposition, une partie du carbone et de l'azote est assimilée dans les tissus des micro-organismes et une partie est transformée en substance humique. Les processus de minéralisation dépendent de :

- La composition du substrat organique et en particulier du rapport C/N,
- Des conditions de température, de pH et d'humidité du milieu

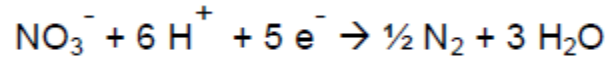
La minéralisation est d'autant plus forte que les apports d'azote sont importants et que l'activité biologique est importante. Elle est maximale au printemps et à l'automne lorsque les températures sont douces et le sol humide.

c. La volatilisation

Ce processus correspond au passage de l'azote ammoniacal (NH_4^+) sous forme gazeuse (NH_3).

d. La dénitrification

- La **dénitrification** désigne la réduction de l'azote nitrique (NO_3^-) en azote gazeux (N_2O , N_2). La dénitrification peut être biologique ou chimique. La dénitrification biologique fait intervenir de nombreuses espèces de bactéries dont *Pseudomonas agrobacterium* : l'ion nitrate est utilisé comme accepteur final d'électrons à la place de l'oxygène pour la respiration. La dénitrification conduit principalement à la libération de l'azote gazeux N_2 selon la réaction :



Les conditions nécessaires à la dénitrification sont :

- La présence de nitrate,
- Un milieu anaérobie ou avec peu d'oxygène
- La présence de bactéries dénitrifiantes
- La présence de donneurs d'électrons

Les électrons proviennent de l'oxydation de la matière organique ou d'un composé minéral, ce qui conduit à définir 2 types de Dénitrifications :

- **La dénitrification est hétérotrophe**

Lorsque les bactéries responsables de l'oxydation de la matière organique utilisent le carbone organique comme source d'électrons. La dénitrification hétérotrophe est optimale dans un milieu appauvri en oxygène, avec une température relativement élevée, quand la matière organique, donneur d'électrons, et les bactéries dénitrifiantes sont présentes. Ces conditions sont généralement réunies dans les trente premiers centimètres des sols des zones de bas de versant : la présence d'un engorgement permanent ou de longue durée induit des conditions d'anoxie. La dénitrification est plus active en été où la température est favorable.

- **La dénitrification est autotrophe**

Lorsque les bactéries utilisent des composés minéraux, tels que la pyrite (sulfure de fer FeS_2) comme source d'électrons. La dénitrification autotrophe a lieu dans les aquifères où la pyrite est présente (Pauwels et al., 1998).

2.3.1.2 Les flux et stock d'azote dans le sol

a. Les entrées d'azote

1. Les apports atmosphériques :

- La Pluie
- La Fixation symbiotique d'azote atmosphérique par les espèces légumineuses : elle varie de quelques dizaines à quelques centaines de $\text{kg}\cdot\text{an}^{-1}$, selon les conditions pédoclimatiques.

2. La fertilisation :

- La fertilisation minérale sous forme d'ammonium, de nitrate et d'urée
- La fertilisation organique (pâturage, épandage)
- résidus de culture

b. Les sorties d'azote

Les flux sortant sont :

- la volatilisation : jusqu'à 50% de l'azote ammoniacal est volatilisé lors des épandages de déjections animales, et jusqu'à 30 % de l'azote des engrais minéraux. Mais une grande partie retombe à quelques centaines de mètres.

- l'absorption par les plantes : l'azote est un élément indispensable pour la croissance des végétaux. Les plantes sont capables d'absorber l'ammonium (NH_4^+) et le nitrate (NO_3^-).

Le prélèvement d'azote est un processus saisonnier pour la plupart des végétaux, maximal pendant la période de croissance des cultures.

- la dénitrification : 5 à 15 kg $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ sont dénitrifiés dans les sols aérés, et jusqu'à 500 kg $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ dans les zones humides. Si la réaction n'est pas menée à son terme, elle peut conduire à la libération de N_2O (oxyde d'azote), gaz polluant, en proportion variable.