

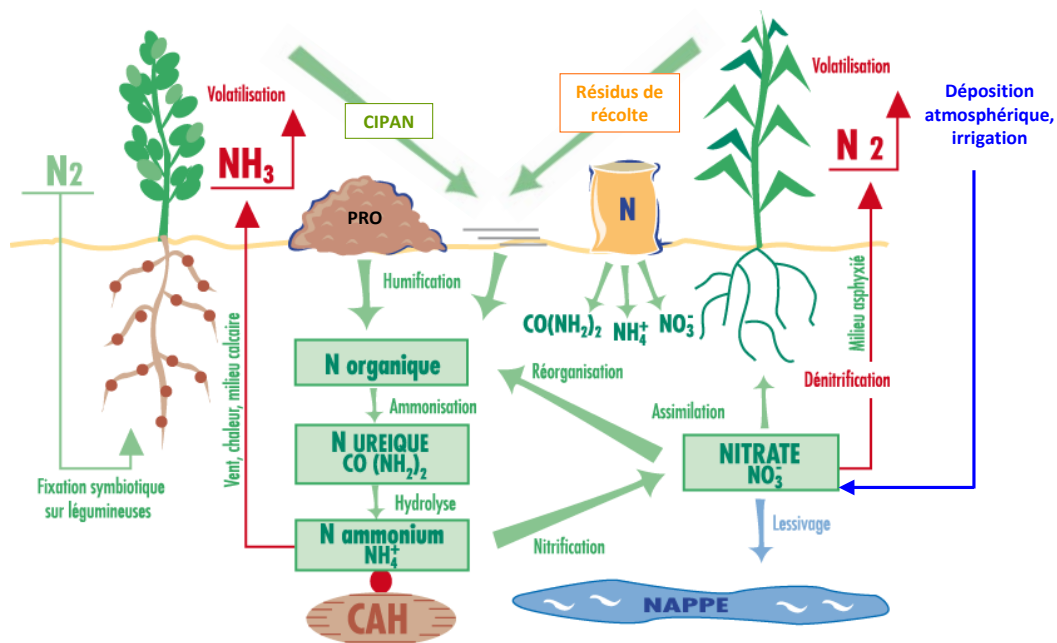
## Prise en compte de l'azote ammoniacal dans le calcul de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan de masse prévisionnel azoté

Reposant sur des bases agronomiques et réglementaires, le calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter par les fertilisants s'appuie sur la méthode du bilan prévisionnel.

Le reliquat azoté, ou Reliquat Sortie Hiver (RSH) est une quantification de l'azote minéral présent dans le sol à l'ouverture du bilan (poste Ri). Cela correspond à la mesure de la teneur en azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>) et ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>) dans différentes couches de sol, puis au calcul de la quantité de cet azote utilisable par la culture.

Ce calcul n'est pas une simple addition. Il tient compte des connaissances agronomiques actuelles sur la nutrition azotée des plantes et la dynamique de l'azote dans le sol.

### Dynamique de l'azote ammoniacal dans le sol



Les flux d'azote à l'échelle du cycle cultural sont nombreux. Pour l'azote ammoniacal, les principales sources sont la minéralisation des différentes sources d'azote organique (matière organique du sol, résidus de récolte, CIPAN, engrais et amendements organiques) et la fertilisation minérale.

La minéralisation de l'azote organique est réalisée par des micro-organismes aérobies. L'oxygène devenant limitant en dessous de 40 cm de profondeur, la majorité des activités biologiques de minéralisation a lieu dans la couche de surface.

L'azote ammoniacal est sous forme cationique dans la solution du sol (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Il a donc la possibilité de se fixer sur le complexe argilo-humique, et est donc très peu lixiviable (contrairement à l'azote nitrique).

L'azote ammoniacal est une forme transitoire : il est transformé par les bactéries nitrifiantes en azote nitrique. L'azote ammoniacal ne s'accumule donc pas dans le sol, sauf si la nitrification est inhibée (pH < 5.5, sol très sec ou gorgé d'eau). Quelques pratiques sont cependant connues pour engendrer des teneurs en azote ammoniacal supérieures à la moyenne : apport organique récent, retournement récent de prairie, jachère ou culture intermédiaire.

**L'azote ammoniacal est donc majoritairement présent dans les couches supérieures du sol, et en quantité limitée par rapport à l'azote nitrique.**

## Nutrition azotée de la plante

Les racines sont les organes de nutrition minérale de la plante. Les poils absorbants, situés à l'apex des racines, forment la principale zone d'assimilation. Le potentiel nutritif d'une plante est directement lié à son potentiel d'exploration racinaire. La quantité d'éléments assimilable par la plante sera donc liée au volume de sol exploré : un blé ou une betterave pourra prélever des éléments à 1 m de profondeur, alors qu'une pomme de terre n'explorera que les 45 premiers cm de sol.

La plante assimile l'azote sous forme minérale dans la solution du sol, principalement nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) car il s'agit généralement de la forme majoritaire disponible. La plante peut également assimiler l'azote ammoniacal, car c'est une assimilation passive. La plante ne peut pas contrôler cette assimilation, qui lorsqu'elle est trop importante, peut résulter en une intoxication ammoniacale (formation d'ammoniac dans les cellules des racines). **L'azote ammoniacal n'a donc pas de réelle fonction nutritive.** Il doit être transformé en azote nitrique pour participer à la nutrition de la plante.

L'assimilation de l'azote nitrique peut également être considérée comme passive, car majoritairement dépendante de l'absorption de l'eau, même si les anions (comme le nitrate) sont moins facilement assimilés que les cations (comme l'ammonium).

## Calcul de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri)

En se basant sur la dynamique de l'azote dans le sol et sur les mécanismes de nutrition des plantes, le COMIFER a proposé une règle de calcul de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri) :

« La fraction nitrique du reliquat est à prendre en compte sur la profondeur d'enracinement maximale de la culture (...). La fraction ammoniacale est à prendre en compte sur les 40 premiers centimètres de sol uniquement, épaisseur représentant approximativement la zone d'activité microbiologique. »

(Source : *CALCUL de la Fertilisation azotée (cultures annuelles et prairies) – COMIFER groupe azote Edition 2013*)

Cette règle a été reprise dans tous les arrêtés GREN, avec des adaptations régionales sur la profondeur de prise en compte de l'azote nitrique en fonction des conditions pédoclimatiques et des cultures.

En tant que membre du COMIFER ayant participé aux sessions du groupe AZOTE, et en accord avec les indications des arrêtés GREN, le groupe SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes a mis en place ces règles de calcul pour la campagne « reliquats azotés » 2015 :

- Prise en compte de l'azote nitrique sur la profondeur d'enracinement maximale de la culture
- Prise en compte de l'azote ammoniacal sur les 40 premiers cm

Ainsi, pour un reliquat 3 horizons (0-30, 30-60 et 60-90 cm) pour une culture de blé, la quantité d'azote minéral disponible (Ri) se calcule de la manière suivante :

$$Ri = N\text{-NO}_3_{(0-30)} + N\text{-NO}_3_{(30-60)} + N\text{-NO}_3_{(60-90)} + N\text{-NH}_4_{(0-30)} + \mathbf{1/3} N\text{-NH}_4_{(30-60)}$$

Pour un reliquat 2 horizons (0-30 et 30-60 cm) pour une culture de pomme de terre, la quantité d'azote minéral disponible (Ri) se calcule de la manière suivante :

$$Ri = N\text{-NO}_3_{(0-30)} + \mathbf{1/2} N\text{-NO}_3_{(30-60)} + N\text{-NH}_4_{(0-30)} + \mathbf{1/3} N\text{-NH}_4_{(30-60)}$$

En plus de ces règles de calcul, **Auréa AgroSciences a décidé de mettre en place un plafond sur la teneur en azote ammoniacal prise en compte dans le calcul de Ri.** Cette décision se base sur notre expertise dans la mesure de l'azote minéral dans les sols, étayée par nos bases de données et nos observations terrain.

En se basant sur les connaissances agronomiques citées précédemment, la teneur en azote ammoniacal à la sortie de l'hiver devrait être majoritairement faible, et limitée à la couche de surface. Il arrive cependant de mesurer des quantités importantes d'azote ammoniacal. Ce phénomène est connu de l'ensemble de la profession, et le COMIFER a écrit à ce sujet :

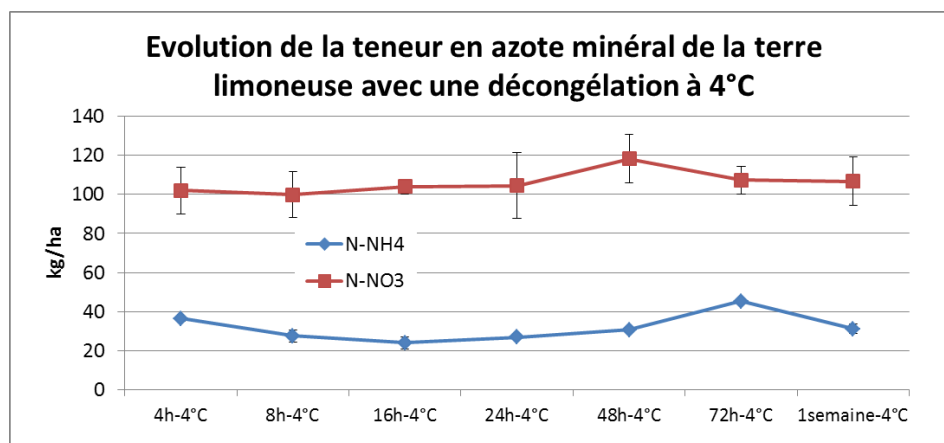
« Parfois des valeurs élevées de la fraction ammoniacale peuvent avoir des origines non agronomiques (mauvaise conservation des échantillons, pollution lors de l'échantillonnage par exemple). Leur prise en compte doit être validée par l'un ou l'autre des événements suivants :

- Apport organique récent,
- Retournement récent de prairie, jachère ou culture intermédiaire,
- Anoxie du sol ; le manque d'oxygène ne bloquant pas la minéralisation de l'azote organique mais inhibant la nitrification, on assiste alors à une accumulation de la forme ammoniacale. »

(Source : CALCUL de la Fertilisation azotée (cultures annuelles et prairies) – COMIFER groupe azote Edition 2013)

Fort de deux années de recherches et de validation de notre processus de mesures des reliquats azotés, nous avons démontré et validé que durant la phase de réception des échantillons, qu'ils soient congelés, frais ou décongelés à l'arrivée au laboratoire, notre méthode de préparation des reliquats azotés n'interfère pas du tout dans la mesure des teneurs en N-NH<sub>4</sub> et N-NO<sub>3</sub>. **Le groupe SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes est d'ailleurs le premier laboratoire à être accrédité par le COFRAC pour la mesure de l'azote nitrique et ammoniacal sur échantillon frais.**

Le respect de la chaîne du froid pendant l'acheminement des échantillons garantit également la fiabilité des résultats d'analyses.



La partie analytique n'étant pas en cause, nous avons identifié plusieurs situations pouvant occasionner de fortes teneurs en azote ammoniacal.

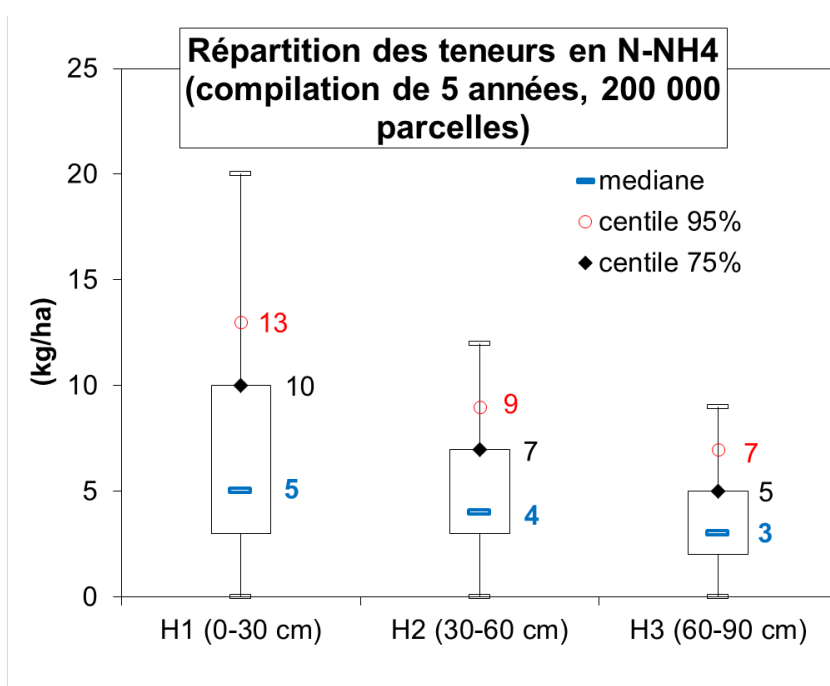
Des prélèvements réalisés sur des parcelles ayant reçus des produits organiques récents (fin d'été, automne) et/ou couvertes par des cultures intermédiaires ont une propension à subir une élévation de la teneur en N-NH<sub>4</sub> « anormale », plus importante que le simple apport de N-NH<sub>4</sub> provenant du produit organique. Une des explications pourrait être « l'effet pépète », c'est-à-dire la surreprésentation de matières organiques dans l'échantillon qui entraîne une surestimation par rapport à la réalité terrain. Cet effet s'illustre particulièrement lorsque l'apport d'azote minéral a été fait avant le prélèvement : un granule d'engrais dans l'échantillon prélevé peut surestimer la quantité d'azote d'un facteur 100 !

Certaines conditions climatiques précédant le prélèvement du reliquat (neige, gel, hydromorphie des sols) peuvent également être source de fortes teneurs en N-NH<sub>4</sub>. L'explication de ce phénomène n'est pas clairement définie à ce jour, d'autant plus qu'il est transitoire : on ne retrouve plus cet azote ammoniacal lors d'un nouveau prélèvement quelques semaines plus tard.

La fugacité et la compréhension assez partielle de ces pics de N-NH<sub>4</sub> nous a amené à réfléchir sur leur prise en compte dans le calcul de la quantité d'azote minéral dans le sol à l'ouverture du bilan (Ri).

Pour ce faire, une approche statistique a été mise en œuvre. La compilation des données de ces 5 dernières années (soit un peu plus de 200 000 parcelles) nous donne la répartition suivante sur les 40 premiers cm :

- 50 % des parcelles ont une quantité de N-NH<sub>4</sub> inférieure à 6 kg/ha (5 + (4/3))
- 75 % des parcelles ont une quantité de N-NH<sub>4</sub> inférieure à 12 kg/ha (10 + (7/3))
- 95 % des parcelles ont une quantité de N-NH<sub>4</sub> inférieure à 16 kg/ha (13 + (9/3))



En se basant sur ces données, une quantité « normale » d'azote ammoniacal (95 % de la population selon les critères statistiques de la loi normale) doit se situer au maximum à 15 kg/ha pour les 40 premiers cm.

Pour ne pas mettre en péril le rendement espéré par les agriculteurs par une sous-estimation de la dose bilan proposée dans nos bulletins reliquats azotés, **Auréo AgroSciences a donc décidé de plafonner la teneur en azote ammoniacal disponible et efficace à 15 kg/ha sur les 40 cm pris en compte dans le calcul du Ri.**

Cette valeur est fractionnée selon la règle suivante : environ 11 kg / ha sur l'horizon 0-30 cm et environ 4 kg / ha sur l'horizon 30-60 cm.