

## Suivi de l'azote ammoniacal et nitrique dans les sols de prairie au cours des saisons et après destruction du couvert végétal

M.L. Decau, J. Salette

**I**l y a aujourd'hui un renouveau d'intérêt autour de la dynamique de l'azote en prairie. Améliorer l'efficacité des apports et réduire les pertes demande de mieux connaître les transformations de l'azote dans le sol et leur chronologie. Que la protection de l'environnement ou la gestion de la fumure soient concernées, la phase minérale de l'azote dans le sol joue un rôle clé.

Pour qu'il y ait perte d'azote par lessivage ou par dénitrification depuis la prairie, il faut que concordent la présence de nitrate et l'excès d'eau donnant lieu à du drainage. La nitrification constitue donc l'étape limitante du transfert de l'azote du pool organique à la forme nitrique susceptible de perte par entraînement dans l'eau. Il a été clairement montré qu'une fertilisation élevée augmentait la nitrification (PRAVEEN-KUMAR et al., 1989). De même, lors du retournement d'une prairie, les conditions nouvelles favorisent l'apparition de quantités élevées de nitrate dans le profil, d'autant plus que l'absorption par le peuplement est supprimée.

Dans cet article\*, nous présentons des résultats du suivi de la cinétique de miné-

---

### **MOTS CLÉS**

Azote minéral, azote nitrique, lessivage, prairie, retournement, variations saisonnières.

### **KEY-WORDS**

Grassland, leaching, mineral nitrogen, nitric nitrogen, ploughing, seasonal variations.

### **AUTEURS**

I.N.R.A., Laboratoire d'Agronomie de la prairie, F-49070 Angers.

---

\* : Travail financé en partie par un contrat CEE DG VI, CAMAR 8001 - CT 91-0103.

ralisation sous prairie et après retournement, pour en dégager les grandes caractéristiques et permettre une évaluation des risques de lessivage correspondants.

## 1. Situations expérimentales et traitement des échantillons

L'expérimentation s'est déroulée de novembre 1987 à mars 1989 sur deux sites : une parcelle de ray-grass anglais implantée en 1984 au Pin (Orne) et une parcelle de fétuque élevée semée en 1978 au Robillard (Calvados). Le ray-grass a été exploité en fauche depuis son implantation ; la parcelle étudiée ici ne recevait aucune fertilisation azotée. La fétuque était pâturée et recevait en moyenne 250 kg N/ha/an.

Au Pin, le sol est très argileux et présente une forte hydromorphie alors que celui du Robillard a une texture équilibrée et draine naturellement bien (tableau 1).

sites	pH	MO%	C/N	Sables%	Limons%	Argile%
Le Pin	6,1	9	10	10,2	42,4	46,6
Le Robillard	7,4	6	ND	33,1	35,7	25,5

TABLEAU 1 : Caractéristiques des sols étudiés.

TABLE 1 : Characteristics of the soils under investigation.

Trois traitements ont été étudiés : une parcelle maintenue en ray-grass, non fertilisée (au Pin), et deux parcelles désherbées au glyphosate en octobre 1987 et non travaillées, au Pin et au Robillard.

Les prélèvements de sol ont été réalisés à la tarière (diamètre 45 mm) selon le même rythme pour tous les traitements, allant de 1 à 4 semaines suivant les saisons. Les horizons 0-10, 10-30, 30-40, 40-60 cm ont été chaque fois distingués. Les prélèvements de 12 sondages sont regroupés, homogénéisés puis échantillonnés pour l'analyse et l'humidité pondérale.

L'extraction est réalisée sur 100 g de terre fraîche environ dans 350 ml de solution de KCl N/2. Le sol, échantillonné sur le champ, est plongé immédiatement dans la solution d'extraction. Après une demi-heure d'agitation, l'ensemble est filtré. Les

premiers 10 à 20 ml sont jetés et l'analyse de N-NO<sub>3</sub> et N-NH<sub>4</sub> est effectuée sur le reste du filtrat par colorimétrie classique à flux continu.

Les résultats sont exprimés en kg d'azote par ha de terre sèche.

## **2. Evolution saisonnière**

Dans les trois parcelles étudiées (figure 1), les grandes caractéristiques de la dynamique de l'azote dans le sol sont similaires :

— Dès la destruction de la végétation à l'automne, le stock d'azote minéral diminue sous l'influence des conditions climatiques, pour être minimum en fin d'hiver (décembre à février), de 40 à 50 kg/ha selon les cas. Contrairement à d'autres situations comme en Bretagne par exemple (VERTÈS et DECAU, 1992), le stock d'azote minéral n'est jamais nul.

— Quand le sol se ressuie et se réchauffe au printemps (mars à mai), une minéralisation nette se produit ; son amplitude est relativement faible, de 100 à 120 kg/ha.

— Après la période sèche estivale (figure 2), la phase de minéralisation s'intensifie et conduit en automne à une accumulation maximale d'azote minéral dans le profil (300 kg/ha pour les sols nus, 150 pour le ray-grass).

— De novembre à décembre, les fortes pluies d'automne affectent le stock accumulé ; depuis sa taille maximale il décroît jusqu'à retrouver sa taille minimale en fin d'hiver. MACHET et MARY (1989) ont observé les mêmes tendances saisonnières sur un sol maintenu nu après destruction du couvert, avec des amplitudes de minéralisation nette équivalentes : au printemps 120 kg/ha (0-60 cm), à l'automne 350 kg/ha (0-60 cm).

## **3. Effet du couvert végétal**

Au Pin, en sol nu comme sous couvert de ray-grass, on observe de l'azote nitrique dans le profil seulement durant une période relativement courte : 4 mois, lors de la forte minéralisation d'automne. Il est légitime de penser que le nitrate produit au printemps sous prairie soit aussitôt absorbé et n'apparaisse donc pas dans le profil, mais l'évolution dans la parcelle en sol nu montre que l'absence de nitrate a une autre origine.

Bien que les évolutions saisonnières obéissent aux mêmes facteurs, le peuplement en place modifie légèrement les grandes tendances. En particulier, au printemps et à l'automne où les conditions favorables à la minéralisation sont également propices à la croissance des plantes, l'amplitude des minéralisations nettes apparentes sous couvert est fortement réduite : au printemps 60 kg contre 120, à l'automne 150 contre 300, soit une réduction de moitié du pool minéral.

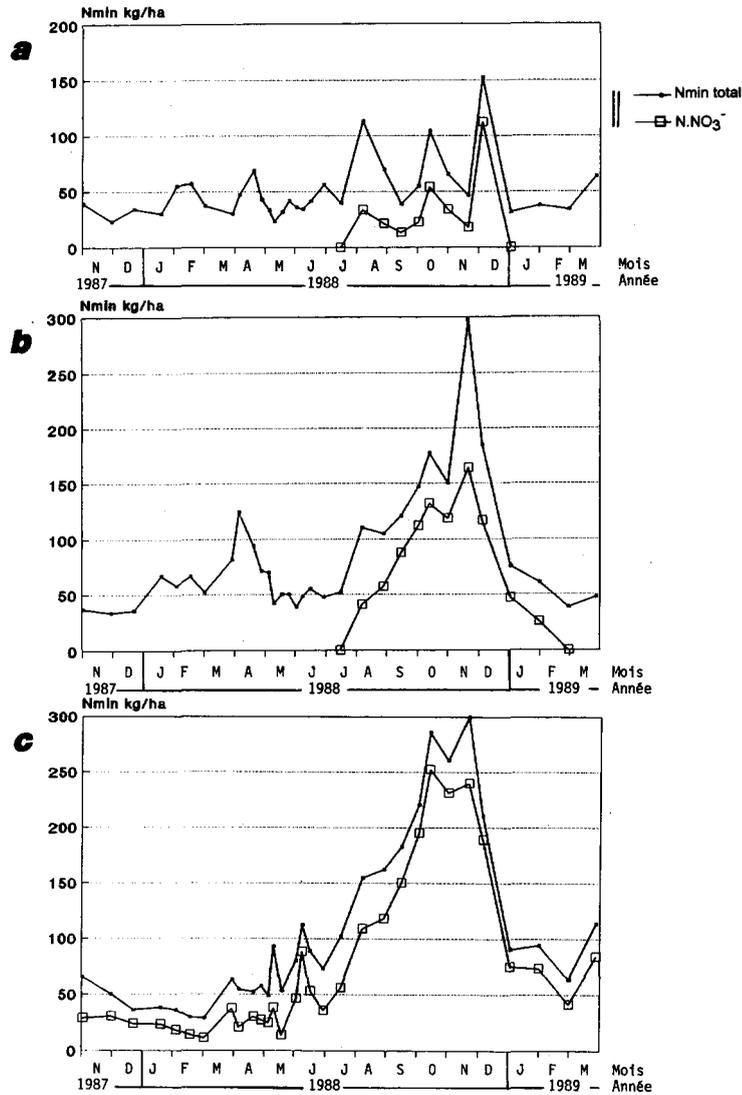


FIGURE 1 : Suivi de l'azote minéral sur 0-30 cm de sol sous : a) ray-grass (Le Pin), b) sol nu après ray-grass (Le Pin), c) sol nu après fétuque (Le Robillard).

FIGURE 1 : Inorganic N in 0-30 cm soil profiles, a) under perennial ryegrass (Le Pin), b) in bare soil after perennial ryegrass (Le Pin), c) in bare soil after tall fescue (Le Robillard).

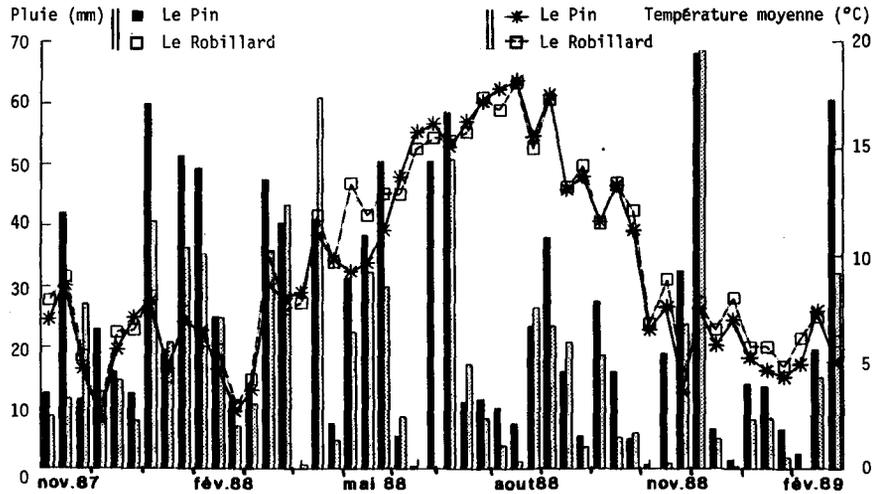


FIGURE 2 : Données décadaires de pluviométrie et de température moyenne.

FIGURE 2 : Rainfall and mean temperature per ten-day-periods.

En revanche, il y a sous couvert un plus grand nombre d'alternances des phénomènes nets de minéralisation et d'immobilisation. L'apport de matière organique fraîche (feuilles et racines sénescentes), et donc de carbone disponible pour les micro-organismes, accroît la demande en azote de la microflore du sol et peut être responsable de ces changements rapides de tendance.

Enfin, la capacité des plantes à absorber les ions nitrate diminue considérablement le stock lessivable présent, de même qu'elle réduit la durée des périodes à risque de lessivage, de deux mois dans notre exemple.

#### 4. Evolutions comparées après destruction du couvert

Dans les deux situations, les similitudes sont nombreuses : sens de l'évolution selon la saison, ordres de grandeur des quantités mises en jeu...

De même que CAMERON and WILD (1984) nous constatons que l'âge du peuplement détruit (ray-grass anglais de 3 ans, fétuque de 10 ans) n'influe pas sur les quantités d'azote minéralisé. Deux différences notables apparaissent cependant. D'abord la minéralisation qui s'amorce fin juin se poursuit sans interruption au Robillard (rythme moyen de 10 kg/ha/j) alors qu'au Pin elle est stoppée au cours de l'été. Enfin, on observe la présence de nitrate tout au long de l'année dans le sol du Robillard. Sa présence, en particulier dans l'horizon superficiel 0-30 cm, même

en période de drainage et de lessivage, souligne que les conditions favorables à la minéralisation et à la nitrification se rencontrent en toutes saisons dans ce site.

La dynamique du nitrate est donc très différente selon les milieux. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène. Tout d'abord l'historique des parcelles : au Pin, le bilan en azote de la parcelle de ray-grass exploité en fauche sans fertilisation azotée est négatif du fait des exportations hors parcelle, alors qu'au Robillard la fétuque recevait 250 kg N/ha/an en moyenne et était pâturée : les exportations d'azote hors parcelles y étaient donc négligeables. Cette différence de "bilan azoté annuel à la parcelle" peut interférer avec les différences de fonctionnement des sols des deux sites. On peut également, au regard des résultats présentés par JARVIS et al. (1987), penser à un effet de la nature pédologique des sols étudiés. En sol argileux, drainant mal, JARVIS et al. trouvent très peu de nitrate sous une prairie pâturée recevant 420 kg N alors qu'en sol drainant, plus aéré, la forme nitrique est dominante pour les mêmes conditions d'exploitation.

En sol hydromorphe (ce qui est le cas de la parcelle du Pin), plusieurs conditions limitent la présence de nitrate : l'engorgement défavorable à la nitrification, l'entraînement rapide en surface ou ruissellement hypodermique et la dénitrification vraisemblablement importante.

## **5. Lessivage hivernal du nitrate en sol nu**

Pour qu'il y ait lessivage, deux conditions doivent être réunies : la présence de nitrate dans le profil et un excès d'eau susceptible de drainer. Le lessivage ne peut advenir que durant les mois d'hiver dans nos situations. Nous avons suivi la progression du front de nitrate dans des profils de 0-60 cm (limite d'enracinement des anciens peuplements). Les résultats sont présentés figure 3.

Au Pin, la disparition de l'azote nitrique affecte tous les horizons du profil en même temps. La diminution du pool d'une date à l'autre est donc attribuable soit à l'immobilisation, soit à la dénitrification. Cette seconde hypothèse, plausible du fait de l'hydromorphie, ne semble cependant pas totalement explicative car, comme l'a montré RYDEN (1983), ce phénomène est de faible ampleur en automne-hiver. On doit donc attribuer une importance certaine au phénomène de réorganisation (SALETTE, 1983).

Au Robillard, l'appauvrissement en nitrate des horizons superficiels (0-30 cm) s'accompagne durant une première période (novembre-décembre) d'un enrichissement des horizons sous-jacents. Le stock d'azote nitrique de l'horizon 40-60 cm passe de 25 à 50 puis 60 kg/ha. Dans une deuxième phase, il est lui-même lessivé puisqu'il diminue alors que les horizons immédiatement supérieurs s'enrichissent à nouveau. Dans cette situation de sol filtrant, l'entraînement en profondeur du nitrate par l'eau

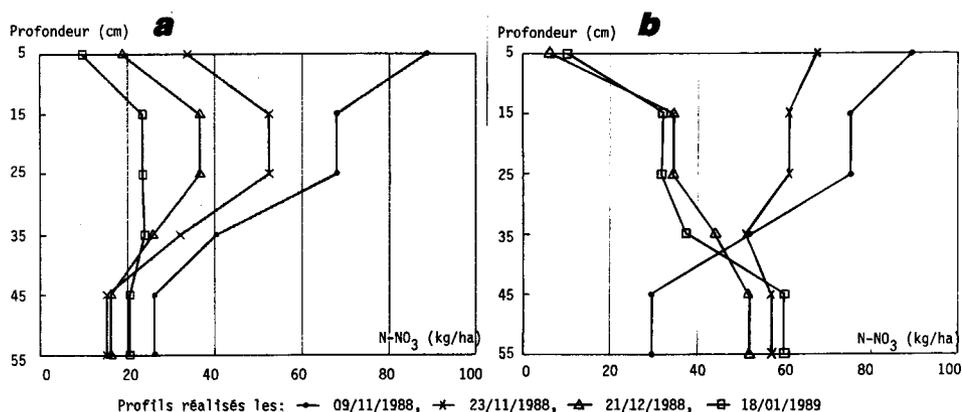


FIGURE 3 : Profils d'azote nitrique sur 0-60 cm de sol : a) Le Pin b) Le Robillard.

FIGURE 3 : Nitric nitrogen contents of 0-60 cm soil profiles, a) Le Pin, b) Le Robillard.

drainante est évident. Cependant le lessivage n'est pas seul à affecter le pool minéral durant cette période. Les quantités disparues des horizons de surface ne se retrouvent pas intégralement dans les horizons profonds ; il peut donc y avoir de façon concomitante immobilisation et/ou dénitrification. La technique de prélèvements à la tarière, si elle permet de mettre en évidence l'existence ou non du lessivage, ne permet pas de chiffrer ce dernier avec précision.

## Conclusions

Après retournement à l'automne d'une prairie de plus de 2 ans, la minéralisation ne se produit de manière importante que lorsque les conditions pédo-climatiques sont favorables, soit ici avec un délai de 2 à 5 mois comme déjà observé par BERGSTROM (1986). Laisser le sol nu conduit alors à accumuler jusqu'à 250 kg d'azote nitrique dans les 30 premiers cm de sol et constitue un risque potentiel de lessivage très important. Cependant, d'une manière générale, on ne peut affirmer que, même en sol nu, le lessivage soit le seul devenir du nitrate en excès. On a beaucoup insisté jusqu'à aujourd'hui sur le facteur "nitrate accumulé" (par type de sol, type de pratiques ...) dans l'estimation des pertes par lessivage alors qu'il apparaît clairement que la dynamique annuelle du nitrate et son lessivage sont aussi dépendants du climat que du type de sol :

— En sol drainant, le risque potentiel est grand car dans de nombreuses situations il y a du nitrate toute l'année, et le lessivage et l'immobilisation sont dominants lors des périodes de drainage.

— En sol hydromorphe, le risque potentiel est moindre (nitrate présent seulement en automne et amplitude du pool inférieure) ; on ne peut pas mettre en évidence le lessivage de nitrate dans le profil : l'immobilisation et la dénitrification sont vraisemblablement dominantes.

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,  
"Maîtrise de la fertilisation et protection de l'environnement",  
les 25 et 26 mars 1991.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERGSTROM L. (1986) : "Distribution and temporal changes of mineral nitrogen in soils supporting annual and perennial crops", *Swedish J. agric. Res.*, 16, 105-112.
- CAMERON K.C., WILD A. (1984) : "Potential aquifer pollution from nitrate leaching following the plowing of temporary grassland", *J. Environ. Qual.*, 13(2), 274-278.
- JARVIS S.C., BARRACLOUGH D., UNWIN R.J., ROYLE S.M. (1989) : "Nitrate leaching from grazed grassland and after straw incorporation in arable soils", *Management systems to reduce impact of nitrates*, J.C. Germon ed., Elsevier, London, 110-125.
- MACHET J.M., MARY B. (1989) : "Impact of agricultural practices on the residual nitrogen in soil and nitrate losses", *Management systems to reduce impact of nitrates*, J.C. Germon ed., Elsevier, London, 126-146.
- PRAVEEN-KUMAR, AGGARWAL R.K., SHARMA B.M. (1989) : "Nitrification and nitrate movement from ammonium sulfate and urea in sandy soils as affected by their previous applications", *Fert. Res.*, 21, 29-36.
- RYDEN J. (1983) : "Denitrification loss from grassland soil in the field receiving different rates of nitrogen as ammonium nitrate", *J. Soil Sci.*, 34, 355-365.
- SALLETTE J. (1983) : "Some results about importance of nitrogen immobilization in grassland soils", *Proc. EEC Workshop on Nitrogen fluxes in intensive grassland systems*, Wageningen, 12-14 oct., Ed. CABO, 79-82.
- VERTÈS F., DECAU M.L (1992) : "Suivis d'azote minéral dans les sols : risques de lessivage du nitrate selon le couvert végétal", *Fourrages*, 129, 11-28.

#### RÉSUMÉ

Lorsque l'on détruit un couvert de prairie, une forte minéralisation se produit. La cinétique d'évolution de l'azote minéral du sol a été suivie pendant 18 mois sur trois traitements : un ray-grass anglais non azoté au Pin, le même peuplement détruit au glyphosate et non cultivé, de même qu'une fétuque élevée au Robillard.

Les quantités d'azote minéral sont présentées sur des profils de 30 ou 60 cm de profondeur. Les échantillons ont été prélevés à la tarière et les analyses effectuées sur des échantillons représentant 6 prélèvements par date et par traitement. L'azote ammoniacal et l'azote nitrique sont analysés par colorimétrie.

Les principaux résultats montrent que la cinétique saisonnière dépend surtout des conditions climatiques ; il y a deux périodes de minéralisation : le printemps (de 100 à 150 kg N/ha) et l'automne (150 kg N/ha sous couvert et près de 300 kg N/ha en sol nu). Le pool minéral décroît pendant l'hiver pour revenir à sa taille minimale en fin d'hiver. L'amplitude des minéralisations est indépendante de l'âge du peuplement et du niveau antérieur de fertilisation azotée. Le devenir de l'azote minéral accumulé en automne est sous la dépendance du type de sol : en sol drainant, le lessivage domine alors qu'en sol imperméable, ce sont le ruissellement et la dénitrification. L'immobilisation intervient largement dans les deux cas.

#### **SUMMARY**

##### ***Fate of ammonia nitrogen and nitric nitrogen in pastures soils during the seasons and after sward destruction***

When grassland is reclaimed for cultivation, a large flush of mineralization occurs. The soil mineral nitrogen has been followed during 18 months in three treatments : a perennial ryegrass sward with no N fertilization at Le Pin, a similar sward and a tall fescue sward at Le Robillard, both destroyed by glyphosate and remaining uncultivated.

The soil mineral N content is represented on either 0-30 cm or 0-60 cm soil profiles. The samples are taken with a hand drill, and analysis performed on bulk samples of 6 samples per sampling date and per treatment.  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$  are analysed by colorimetry.

The main results show that the seasonal kinetics depend mainly on climatic factors and follow the same trends in each treatment : a flush of mineralization in spring (from 100 to 150 kg N/ha), another in autumn (150 kg N/ha under L. perenne, around 300 kg N/ha in bare soils). During winter, the inorganic N pool decreases to its minimal size. The amounts of mineral N during the mineralization flushes seem unrelated to sward age or to the previous N fertilization level. The fate of inorganic N accumulated in autumn is mostly dependent on the soil type (free or poorly draining soil). In the former type, leaching seems the preferential way, in the latter, surface run-off and denitrification prevail. In both cases there is much immobilizations.