

Cultures Pièges à Nitrate : une assurance contre les déperditions d'azote par lessivage

P. Courtois³, J-P Destain⁴, C. Vandenberghe⁵, J.M. Marcoen⁵

1. Introduction : l'azote, le sol et le nitrate

1.1. Les formes d'azotes dans le sol

L'azote (N) est l'élément pivot de la fertilisation, car l'azote est le constituant essentiel de molécules aussi primordiales pour les plantes que la chlorophylle et les protéines. La Figure 1 ci-dessous montre que l'azote est présent dans la couche arable du sol sous plusieurs formes :

- majoritairement sous la forme organique (3 000 à 5 000 kgN/ha) ;
- et pour quelques dizaines de kgN/ha, sous la forme minérale, représentée par les ions ammonium (NH_4^+) et nitrate (NO_3^-), ce dernier étant le stade ultime de la minéralisation survenant aux dépens de la forme organique.

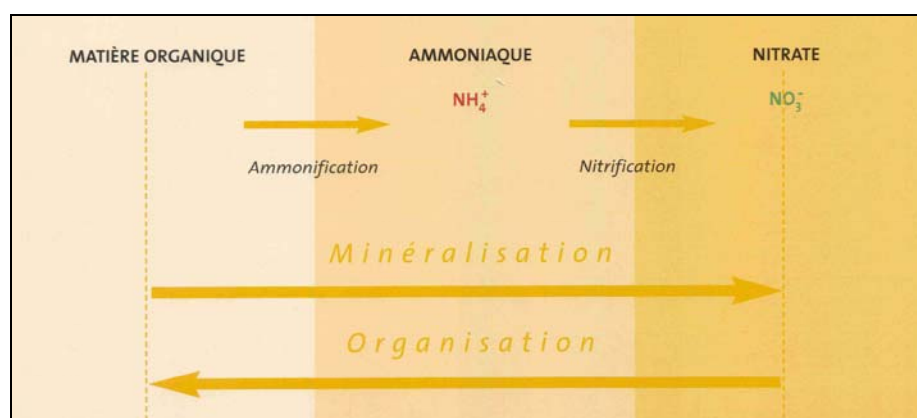


Figure 1 : Principales formes d'azote dans le sol (source : classeur « Eau-nitrate », Nitrawal)

Pour l'agronome et l'agriculteur, le nitrate présente le paradoxe suivant :

- les plantes ne peuvent prélever l'azote que sous sa forme minérale et ionique, et le nitrate est la forme préférentielle pour ce faire ;
- le nitrate est très soluble, et est à ce titre facilement lessivé hors de la couche arable, devenant du même coup inaccessible pour la plante. D'élément agronomiquement indispensable, il se transforme alors en perte pour l'agriculteur et en une source de contamination pour les nappes phréatiques et les eaux de surface.

³ C.R.A.W – Département Production Végétale (Convention de recherche RW « Observatoire de la fertilisation »)

⁴ C.R.A.-W – Département Production Végétale

⁵ F.U.S.A. Gembloux – Unité SolEcoTer - GRENeRA

1.2. Importance de la période automnale

L'automne et l'hiver sont les périodes de l'année pendant lesquelles le risque est le plus grand de voir le nitrate se faire ainsi « lessiver »⁶, car elles cumulent :

- une faible présence de couverture végétale susceptible de puiser le nitrate et de limiter le drainage par le mouvement ascendant créé par l'évapotranspiration ;
- la fréquence de précipitations conséquentes ;

Néanmoins, l'automne est la période clé car c'est à ce moment que le sol reste le plus perméable (pas ou peu de gel) et que l'agriculteur peut agir le plus efficacement pour limiter le lessivage, au vu de la proportion d'opérations culturales concernées, et de l'impossibilité d'obtenir un couvert actif en hiver.

La quantité de nitrate présente dans le sol en fin d'été après récolte de céréales dépend principalement de deux facteurs :

- l'adéquation entre la fertilisation apportée à la culture et ses besoins, décompte fait de ce que le sol peut naturellement fournir par minéralisation (toute exagération augmentant inévitablement le risque de reliquat nitrique important dans le sol) ;
- l'intensité de la minéralisation post-récolte, qui dépend bien sûr du climat (t° et humidité) mais aussi des opérations culturales responsables d'une aération du sol (augmentant cette intensité) telles que le déchaumage, le travail en vue d'un semis ou le labour.

Evidemment, à cette époque, toute application de matière organique riche en azote (fumiers, lisiers) et en particulier riche en azote nitrique ou rapidement minéralisable (lisiers) vient augmenter d'autant la probabilité de retrouver des profils problématiques.

2. Evolution des profils d'azote nitrique dans le sol sur un réseau de parcelles en conditions d'exploitation

2.1. Présentation des données

Les données présentées concernent l'évolution des profils azotés automnaux de 2005 de parcelles de céréales récoltées la même année. Ces parcelles font partie du réseau « Survey Surfaces Agricoles », dont la finalité est d'établir les références en matière d'Azote Potentiellement Lessivable (APL)⁷ en fonction d'un certain nombre de critères relatifs à l'itinéraire cultural. Mis en place à la demande du Gouvernement wallon, ce réseau est géré par la Structure d'encadrement « Nitrawal », et plus particulièrement par ses deux membres scientifiques (FUSAGx – GRENeRA⁸ et UCL – ECOP⁹). GRENeRA est partenaire de la présente convention RW « Observatoire de la fertilisation » 2739-1.

⁶ terme qui désigne l'entraînement de particules fines (désigne plutôt l'érosion donc), et qui est dès lors employé ici abusivement, on devrait lui préférer le terme de « lixivie » puisque l'on veut désigner l'entraînement d'ions.

⁷ cf. Arrêté du Gouvernement wallon (10/10/02) relatif à la gestion durable de l'azote en agriculture (art.43).

⁸ Groupe de Recherche Environnement et Ressources Azotées.

⁹ Laboratoire d'Ecologie des Prairies.

2.2. Profils d'azote nitrique du sol en post-récolte

Ces profils sont établis aussi rapidement que possible après la récolte des céréales (essentiellement du froment et quelques parcelles d'escourgeon et d'orge de printemps). Pour les céréales, la Figure 2 ci-dessous montre que le niveau moyen relevé en 2005 (61 kgN/ha) est plus de 2 fois supérieur à celui de 2004 (25 kgN/ha). La variabilité est bien sûr élevée (comme souvent en ce qui concerne ces mesures) et les parcelles ne sont évidemment pas les mêmes (rotation), mais ce qui est remarquable, c'est que le constat se vérifie sur l'entièreté des zones échantillonnées, à l'exception d'un agriculteur dans la région de Waremme.

Zone		NO ₃ (kg N/ha) 2005	NO ₃ (kg N/ha) 2004
Leuze	TOTAL 90 cm	99	13
Mons-nord	TOTAL 90 cm	99	20
Walcourt	TOTAL 90 cm	44	20
Spontin	TOTAL 90 cm	40	29
Waremme I	TOTAL 90 cm	48	28
Waremme II	TOTAL 90 cm	36	39
Profil moyen	0-15	18	10
	15-30	18	8
	30-45	11	3
	45-60	6	2
	60-75	4	1
	75-90	4	1
	TOTAL	61	25

Figure 2 : Profils azotés nitriques de post-récolte en 2005 et 2004

L'automne 2005 démarrait donc avec une situation moyenne en céréales qui était beaucoup plus problématique que les autres années, le chiffre relevé en 2004 étant conforme à ce qui est normalement attendu.

2.3. Evolution des profils d'azote nitrique dans le sol au cours de l'automne 2005

Pour simplifier, seules les parcelles récoltées en froment en 2005 sont ici considérées. La comparaison a trait à la présence ou l'absence de couverture automnale selon les itinéraires techniques (I.T.) suivants :

- froment sans aucune couverture automnale (ni CIPAN¹⁰ ni culture) ;
- froment suivi d'une culture d'hiver (céréale ou colza) ;
- froment suivi d'une CIPAN avant culture de printemps.

¹⁰ CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrate, il s'agit en fait de cultures intermédiaires choisies notamment pour leur capacité à puiser l'azote minéral du sol (en évitant donc les légumineuses), c'est à dire essentiellement (après céréales) la moutarde et la phacélie.

4 Cipan

Les profils ont été mesurés sur une profondeur de 90 cm à 3 moments pour chaque parcelle : au cours des premières décades d'octobre, novembre et décembre. Le tableau reprend les résultats pour les 3 itinéraires techniques précisés ci-dessus.

Tableau 1 : Profils d'azote nitrique dans le sol à l'automne 2005 après froment en fonction de la couverture du sol.

Couverture automnale	Profondeur (cm)	1-10 octobre			1-10 novembre			1-10 décembre		
		Moy.	Ec-Type	Nb	Moy.	Ec-Type	Nb	Moy.	Ec-Type	Nb
sol nu	0-30	55	22		54	30		20	11	
	30-60	23	6		41	21		33	29	
	60-90	6	5		15	15		10	5	
	Total	83	26	6	110	61	5	63	35	6
culture d'hiver	0-30	56	18		44	20		26	21	
	30-60	36	19		40	19		18	26	
	60-90	18	16		20	12		19	8	
	Total	110	48	8	104	47	8	71	55	8
CIPAN	0-30	61	21		29	25		9	4	
	30-60	30	18		25	15		7	4	
	60-90	9	7		13	10		4	4	
	Total	100	35	14	67	44	16	20	9	16

On peut préciser que les applications de matières organiques de fin d'été ou d'automne n'ont que peu ou pas joué ici, au vu des chiffres suivants :

- I.T. « sol nu » : pas d'application ;
- I.T. « culture d'hiver » : 2 cas sur les 8 dont un non significatif (écumes de sucrerie à 2U/ha) ;
- I.T. « CIPAN » : 2 cas sur 16.

Même si les différences ne sont pas significatives, on peut préciser que la gradation dans les quantités d'azote minérale mesurées en octobre paraît logique : sans couverture < CIPAN < culture d'hiver. En effet, le travail du sol effectué pour implanter une couverture d'automne (CIPAN ou culture d'hiver) a activé la minéralisation et par conséquent augmenté le stock d'azote minéral disponible. De plus, il paraît logique que ce soit l'implantation d'une culture d'hiver (nécessitant un travail superficiel du sol plus intense) qui ait provoqué la minéralisation la plus importante. C'est d'autant plus vrai que ce travail a lieu tôt, ce qui semble confirmé par le fait que sur les 8 parcelles avec culture d'hiver, celles qui présentent un APL1 supérieur à leur moyenne (110 kgN/ha) sont les trois terres implantées en escourgeon et en colza, avec un travail du sol en fin d'été donc.

Vu la variabilité très importante avec des écarts-types fréquemment à hauteur de 50 % de la moyenne, les évolutions automnales des profils sont comparées par le biais de graphiques reprenant l'ensemble des parcelles : nous pourrions ainsi vérifier si les courbes montrent des allures cohérentes. Précisons ici que le terme « APL » employé ci-dessous désigne la quantité d'azote nitrique exprimée en kgN/ha mesurée sur 90 cm de profondeur début octobre (APL1), début novembre (APL2) ou début décembre (APL3).

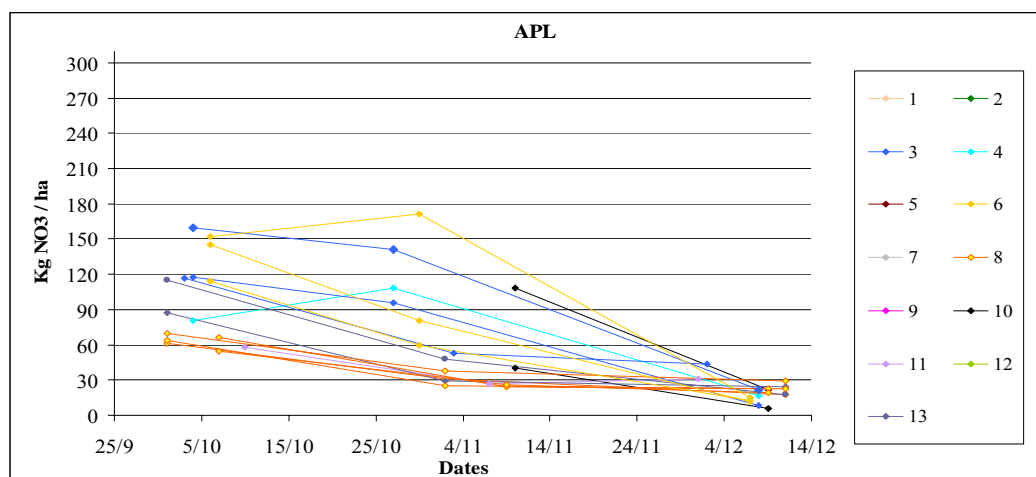


Figure 3 : APL de froments suivis de CIPAN (une couleur par exploitation, 13 exploitations).

Le premier constat qui s'impose à l'observation de la Figure 3 ci-dessus est le niveau très bas des APL de décembre (19 kgN/ha de moyenne) quasi systématiquement inférieurs à 30 kgN/ha, contrastant avec les niveaux très élevés et très variables en APL1 (100 kgN/ha). L'analyse de l'évolution du profil sur 90 cm (Tableau 1) montre que la CIPAN a été très efficace dans les 30 premiers cm en novembre et décembre (on passe de 61 kgN/ha à 29 puis 9), et probablement aussi dans les 30 cm suivants : en effet, la couche 60-90 ne s'étant apparemment pas enrichie en décembre (4 kgN/ha contre 13 en novembre), la diminution enregistrée entre 30 et 60 cm peut difficilement être imputée au lessivage.

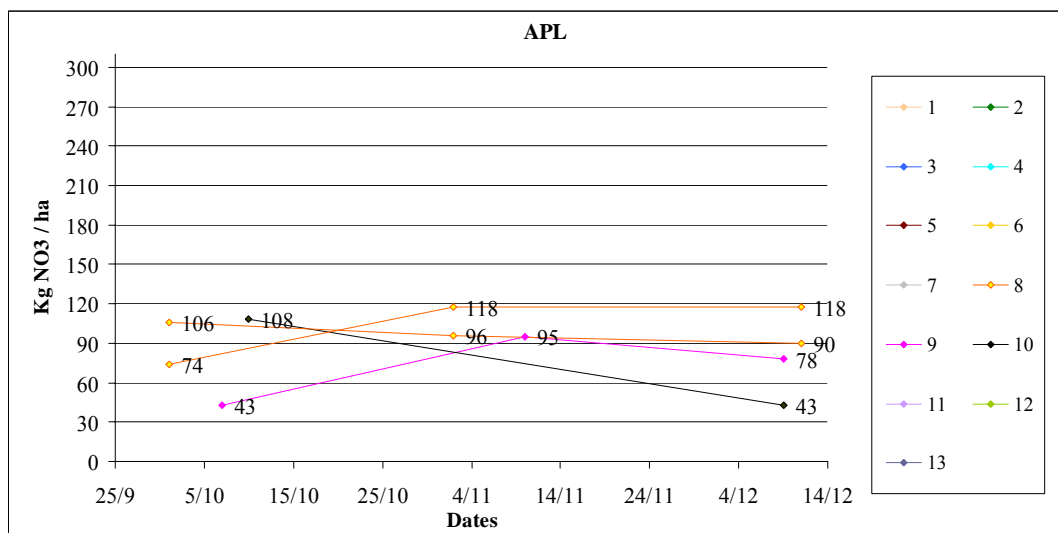


Figure 4 : froment non suivi d'une culture d'hiver ni CIPAN (sol nu)

La Figure 4 ci-dessus montre que, pour les froments non suivis d'une couverture automnale, la situation moyenne sur l'ensemble du profil (0-90 cm) évolue beaucoup moins d'octobre à décembre, avec une variabilité comparable : on passe de 83 ± 26 kgN/ha à 63 ± 35 kgN/ha (Tableau 1). Au vu de la baisse enregistrée pendant la même période entre 0 et 30 cm et de l'enrichissement relatif de la couche inférieure, la lixiviation est par contre probable (le

niveau des écarts-types et l'absence de données sur les horizons en deçà de 90 cm imposant un relatif conditionnel).

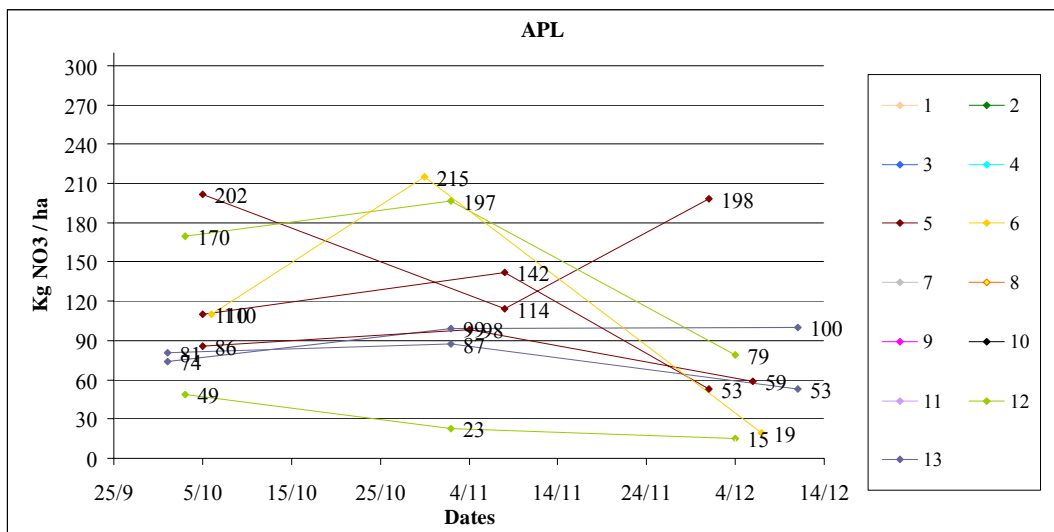


Figure 5 : froment suivi d'une culture d'hiver

Pour les froments suivis d'une culture d'hiver (Figure 5), le niveau global de départ (APL1) est sensiblement supérieur à celui des froments non suivis d'une couverture de sol. Si l'on retire la parcelle qui présente un comportement complètement différent avec 198 kgN/ha en APL3 sous escourgeon (agriculteur 5), difficilement explicable, la tendance générale est à une légère augmentation d'octobre à novembre suivie d'une chute sensible en décembre, ce qui est confirmé par les moyennes correspondantes : 104 ± 39 kgN/ha, 125 ± 46 et 69 ± 21 . Cette tendance est cependant beaucoup moins nette qu'en présence de CIPAN, avec une variabilité nettement supérieure en décembre.

Mais à l'image de ce qui a été observé pour les froments suivis de CIPAN, ni l'horizon 60-90 ni celui immédiatement supérieur ne s'enrichissent à aucun moment : l'appauvrissement constaté pour les 2 horizons supérieurs en décembre ne résulte donc probablement pas de la lixiviation et serait plutôt une conséquence de la présence d'une culture. Par rapport au cas sans culture d'hiver décrit ci-dessus, la lixiviation est donc vraisemblablement mieux contrée. La couverture ne commence néanmoins à produire son effet « piège à nitrate » que dans le courant de novembre, contrairement à ce qui a pu être observé pour l'effet des CIPAN. Ce fait, conjugué au niveau de départ plus élevé, provoque des niveaux atteints en décembre beaucoup plus conséquents (63 ± 35 kgN/ha contre 20 ± 9 kgN/ha pour les froments avec CIPAN), pour des niveaux et une variabilité de départ comparables (104 ± 39 kgN/ha sans l'agriculteur 5 contre 100 ± 35 pour les froments avec CIPAN). Ces niveaux de décembre (0-90 cm) sont d'ailleurs du même ordre que ceux obtenus sans culture d'hiver (Tableau 1).

2.4. Conclusion quant à l'efficacité de la couverture automnale en regard du caractère élevé des reliquats azotés après la récolte des céréales

Il faut rappeler que ces résultats ont été obtenus sur des parcelles en condition d'exploitation (et pas dans un réseau d'essais). Si l'implantation d'une couverture d'automne, quelle qu'elle soit, est vraisemblablement à l'origine d'une certaine hausse de la minéralisation dans un premier temps, sa présence a quand même ensuite limité la lixiviation d'automne. Ce constat était très net pour les CIPAN, moins pour les cultures d'hiver.

Par contre, on n'observe pas de réel effet d'une culture d'hiver sur les niveaux d'azote potentiellement lessivable atteints en décembre, à l'inverse de ce que l'on a remarqué en présence d'une CIPAN. **L'effet des CIPAN était même remarquable en 2005 : malgré des niveaux de départ très élevés (moyenne de 100 kgN/ha en octobre), aucune mesure de décembre en froment suivi de CIPAN ne dépassait 50 kgN/ha : elles étaient presque toutes inférieures à 30, avec une moyenne de 20.**

En 2005, la gestion de l'interculture après récolte de céréales a été plus déterminante que celle de la fertilisation pour la prévention du lessivage de nitrate en hiver.