

Evolution du profil en azote des sols agricoles du sud de la Belgique

B. TYCHON*, J. GUIOT*, V. DEBBAUT**, P. VANDER BORGHT*

* *Fondation Universitaire Luxembourgeoise - 6700 Arlon, Belgique*

** *Station de Phytotechnie du Centre de Recherche agronomiques de l'Etat, Chemin de Liroux, 5800 Gembloux, Belgique*

RESUME: On a longtemps considéré que seule l'agriculture intensive était à la base de la pollution des nappes et des rivières. La présente étude décrit une situation dans une région à faible intensification agricole. Elle est basée sur des mesures de terrain qui décrivent l'état de différents profils de sol d'un même petit bassin versant. Les profils de sol montrent que d'importantes pertes azotées (jusqu'à 100 kg de N/ha) ont lieu pendant l'hiver principalement pour les cultures de maïs et de pommes de terre. L'article attire également l'attention sur les incidences de fortes concentrations de fumier mal utilisé sur la pollution des sols et des eaux.

MOTS CLES: profil azoté - pratique agricole - lessivage azoté - fumier

EVOLUTION OF NITROGEN PROFILE OF AGRICULTURAL SOILS IN THE SOUTH OF BELGIUM

SUMMARY: It had long been considered that intensive agriculture was the only source of groundwater and river pollution. This study is about an area with low intensity agriculture. It is based on field measurements of several soil profiles in a small watershed. The soil profiles show that important nitrogen losses (up to 100 kg N/ha) occur during winter, mainly in maize and potato fields. This paper also draws the attention to soil and water pollution resulting from large quantities of poorly used manure.

KEY WORDS: nitrogen profile, nitrate leaching, manure, agricultural practise

INTRODUCTION ET OBJECTIFS

L'agriculture est généralement considérée comme responsable d'une grande partie de l'augmentation de la teneur en nitrates des eaux souterraines et des eaux de surface (OCDE, 1986, DE BECKER ET AL, 1985, VANDER BORGHT, 1980).

L'objectif de l'étude consiste à étudier le transfert de l'azote d'origine agricole à l'intérieur des sols dans des conditions réelles d'utilisation dans un bassin totalement agricole et reconnu pour le caractère peu intensif de son agriculture. Les premières mesures réalisées durant l'hiver 88-89 sont commentées dans cet article.

PRESENTATION DU SITE

Le bassin étudié, d'une superficie de 25 hectares, est situé au sud de la province de Luxembourg en Belgique. La zone est soumise à une agriculture traditionnelle mixte, typique de la région. Les cultures principales sont céréalières (épeautre, froment, orge, avoine) tandis que le maïs et les pommes de terre servent de tête de rotation.

Le tableau ci-après donne, pour la saison 87-88 l'affectation des sols, ainsi que les quantités de fertilisants appliquées et les rendements des cultures.

Tableau I: Caractéristiques du couvert végétal, des fumures et des rendements du site
Cover crop area, N fertilizer and manure, crop yield characteristics

Affectation des sols	% de la superficie	Engrais min. Kg N/ha	Fumier T/ha	Rendements
Mais	8	135	50	13 T Mat. sèch./ha
P.d.t.	2	40	50	30 T/ha
Céréales	46	60	0	3,5 à 6 T Mat
Prairies	21	0	0	sèch de grain/ha
Forêts	23	0	0	

Le sol du bassin se compose de sable et de sable recouvert de limon, le tout reposant sur des marnes. La nappe, peu profonde, se situe en moyenne à 2 m.

MATERIEL ET METHODES

La méthode consiste à prélever des échantillons de sol à deux périodes différentes dans les principales situations sol-culture du bassin et à récolter chaque semaine entre ces deux périodes en un endroit donné du site des échantillons d'eau de sol. Cette double approche permet une description spatiale et temporelle des résidus azotés du bassin pendant la période d'étude.

I.1. CHOIX DES ZONES PRINCIPALES DU SITE

La sélection des points de prélèvements s'est faite en fonction des différentes cultures et des types de sols définis par la classification belge (IRSIA, 1966). Six situations différentes ont ainsi pu être définies :

1. Epeautre sur sol limono-sableux (EP.L)
2. Epeautre sur sol sablo-limoneux (EP.S)
3. Diverses céréales sur sol limono-sableux avec argile à faible profondeur (CE.uL)
4. Maïs sur sol limono-sableux avec argile à faible profondeur (MA.uL)
5. Pomme de terre sur sol sablo-limoneux léger (PDT.P)
6. Prairie sans distinction pour le type de sol (Prairie)

L'épeautre a été étudiée séparément des autres céréales en raison de la superficie importante occupée par cette culture sur le site.

I.2. PRÉLEVEMENT DE SOL

Deux campagnes de prélèvements d'échantillons de sol ont été effectuées, l'une avant l'hiver (12.10.88), l'autre au début du printemps (21.03.89). Elles comptaient respectivement 60 et 38 profils de 1,5 m déterminés par couche de 15 cm d'épaisseur. La technique de prise d'échantillons, l'extraction de l'N minéral de la carotte de sol et l'analyse de la solution extraite sont décrites par (GUIOT, 1975). Pour chacune des 6 situations, de 6 à 10 profils ont été prélevés de façon aléatoire afin d'être informé sur la valeur moyenne en N minéral contenu dans le sol de chaque site ainsi que pour vérifier l'importance de la variabilité spatiale du terrain et donc connaître la qualité de l'échantillonnage. Pour chaque emplacement, un double prélèvement a été effectué de manière à augmenter la qualité de l'échantillon.

I.3. PRÉLEVEMENT D'EAU DE SOL

Le mouvement vertical hebdomadaire du profil azoté est décrit par l'intermédiaire de bougies poreuses (EVERETT ET MC MILLION, 1985) chargées de récupérer l'eau intersticielle du sol à 15, 30, 45, 90 et 150 cm. Le profil a été installé sur un sol laissé à nu qui a été fertilisé de la même manière que pour les maïs. Les échantillons sont prélevés à l'aide d'une pompe à main, ils sont récoltés dans des bouteilles en polyéthylène de 100 ml et bloqués par addition d' HgCl_2 .

La concentration en NO_3 des échantillons d'eau est mesurée par colorimétrie avec un autoanalyseur Technicon. Seuls les nitrates ont été dosés, les résultats d'analyses précédentes ayant montré que plus de 93 % de l'azote se trouvait sous forme nitrique en terrain labouré.

RESULTATS ET COMMENTAIRES DES RESULTATS

I. DANS LE SOL

Pour chacune des six situations, les valeurs moyennes en azote minéral de chacune des dix couches de n (de 6 à 10) profils sont recherchés.

Les écarts-types et coefficients de variation de l'azote minéral contenu dans les 150 premiers cm du sol pour les n différents profils de chaque situation sont également calculés (tab. II et fig. 1).

Ces graphiques et tableau montrent clairement l'influence des cultures et des pratiques culturales sur la quantité d'azote retrouvée dans les sols à l'entrée de l'hiver et ils décrivent la profonde modification des profils pendant la période hivernale.

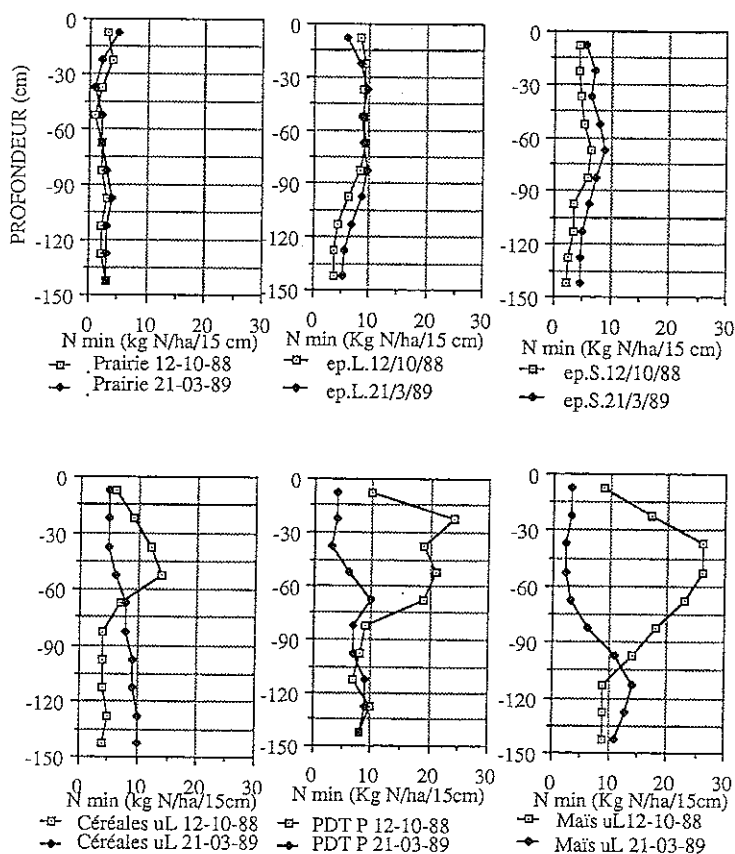
Tab II : N min dans le profil de sol -N min in the soil profile (kg/ha/15 cm)

profondeur (cm)	PRAIRIE		EP.L		EP.S		CE.uL		PDT.P		MA.uL	
	a*	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0-15	3	5	8	6	4	6	6	5	10	4	9	3
15-30	4	2	9	8	4	7	9	5	24	4	17	3
30-45	2	1	9	10	5	6	12	5	19	3	26	2
45-60	1	2	9	9	5	8	14	6	21	6	26	2
60-75	2	2	9	9	7	9	7	8	19	10	23	3
75-90	2	3	8	10	6	7	4	8	9	7	18	6
90-105	3	4	6	9	3	6	4	9	8	7	14	11
105-120	2	3	4	7	3	5	4	9	7	9	9	14
120-135	2	3	4	5	3	5	5	10	10	9	9	13
135-150	3	3	4	5	2	5	4	10	8	8	9	11
Teneur en azote minéral en kg/ha/profil de 150 cm												
somme	24	26	71	78	42	63	69	75	136	66	159	68
écart-type	5	16	15	21	14	17	20	14	13	12	41	9
coéf.variation	0,19	0,61	0,21	0,27	0,32	0,27	0,30	0,18	0,10	0,18	0,26	0,13

* a : 12 octobre 1988

b : 21 mars 1989

Fig 1: Nmin in the soil profiles before and after winter Nmin dans le profil de sol avant et après hiver



La difficulté d'un échantillonnage pour la mesure de l'azote minéral dans les sols est démontrée par les valeurs élevées des écarts-types. Elle est liée à la très grande variabilité naturelle de l'azote du sol. De telles mesures interdisent des interprétations fines des données mais elles sont largement suffisantes pour détecter des anomalies dans les résidus après récolte.

L'analyse détaillée de chaque profil montre :

I.1. PRAIRIE

Sous prairie, le profil azoté reste faible (+/- 25 kg N/ha) et homogène quelle que soit l'époque de l'année, ce qui confirme bien l'idée de piège à NO₃ retrouvée dans la littérature.

I.2. CEREALES UL

Sous céréales, la quantité d'azote dans les sols à l'entrée de l'hiver est de l'ordre de 70 kg N/ha ce qui est plus important que ce qu'on retrouve en région céréalière intensive (Hesbaye). Le pic azoté se situe entre 45 et 60 cm.

A la sortie de l'hiver, au vu des fortes concentrations retrouvées dans le fond du profil, il est certain qu'une partie de l'azote percole vers la nappe. La quantité d'azote qui quitte le profil peut être déduite par la comparaison des deux courbes. Cette quantité est sous-estimée car les NO₃ fournis au profil par la minéralisation de la matière organique sont négligés mais cet apport n'est pas trop important car pendant l'hiver, l'activité microbiologique du sol et par conséquent la minéralisation sont très faibles.

I.3. EPEAUTRE S ET L

Le premier profil sur limon contient la même quantité d'N min que dans le cas précédent mais le pic se marque moins bien. Sous sable, le profil est plus pauvre et le pic s'est déplacé plus bas, ce qui est normal vu le caractère plus percolant de ce sol. Pendant l'hiver, l'action combinée des pluies et de l'azote fourni par les 50 T de fumier /ha épandu durant cette période conduit à la formation d'un second pic tandis que celui observé avant l'hiver n'est plus visible, probablement masqué par l'apport azoté hivernal.

I.4. POMMES DE TERRE P ET MAIS UL

Les deux situations observées en octobre représentent réellement le reliquat azoté après récolte (135 et 159 kgN/ha). Des teneurs extrêmement élevées sont observées dans les premières couches de sol et le bas des profils a des concentrations deux fois plus élevées que sous céréales. Il est clair que les maïs et les pommes de terre ont très mal utilisé l'azote fourni sous forme minérale ou organique. Les teneurs élevées en profondeur sont probablement dues à une mauvaise pénétration racinaire et /ou à une migration trop profonde de l'azote fourni par le fumier appliqué l'hiver précédent la culture. Le lessivage hivernal est extrêmement important: un minimum de 70 et 91 kg d'N quittent le profil. Au printemps, le profil sous pommes de terre présente en forme et en quantité un aspect similaire à celui sous céréales. Quant aux maïs, cultivés sur un sol moins percolant, tout le haut du profil a retrouvé des valeurs semblables à celles sous prairie (3 kg N/ha); par contre, le bas montre encore des concentrations très élevées (de 11 à 14 kg N/ha)

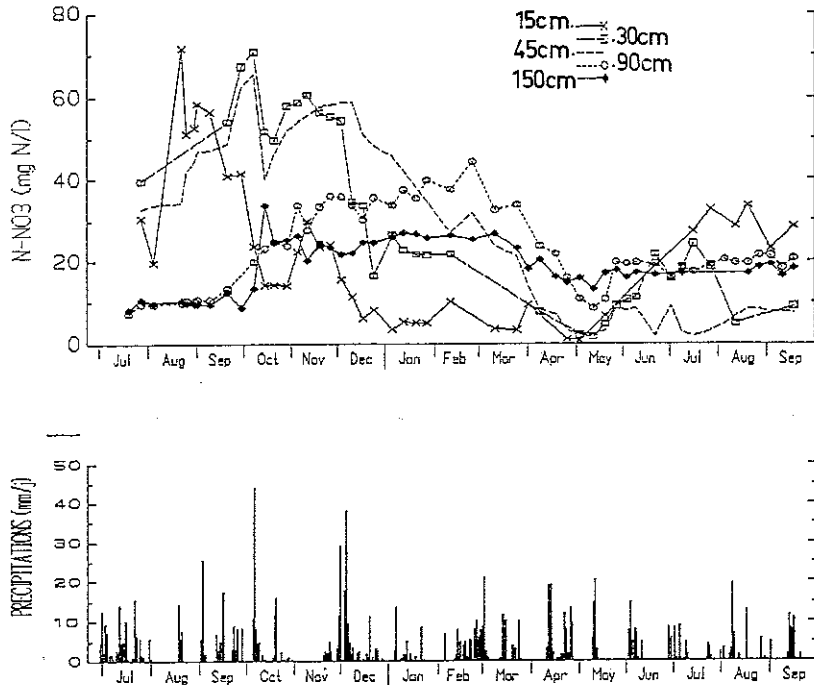
II. DANS L'EAU DU SOL

Les concentrations de l'eau intersticielle du sol prélevée chaque semaine pendant un an grâce au système des bougies poreuses sont présentées à la fig. 2 en même temps que la pluviométrie. La concentration maximale s'élève à 71 mg d'N-NO₃/l (313 mg NO₃/l). Le déplacement du pic de concentration vers le bas du profil s'observe facilement. Il lui aura fallu 6 mois pour parcourir 75 cm, soit en moyenne 15 cm/mois.

Le mouvement est fortement lié à la pluviométrie. Ainsi, une pluie très importante (43 mm/j) comme celle du 7.10.88 déplace-t-elle le pic azoté de manière considérable. Elle suffit pour doubler la concentration nitrique de l'eau à 90 et 150 cm. Ce déplacement rapide s'apparente à celui provoqué par l'effet d'un piston. A l'inverse, pendant la période de décembre à février où la pluie s'est répartie de façon homogène, les modifications de concentration à toutes les profondeurs se font de manière régulière probablement sous le contrôle de la teneur en eau du sol (humidité matricielle) qui règle le déplacement du pic azoté. En général, c'est la combinaison de ces 2 effets qui agit en fonction de l'importance des pluies et des conditions d'humidité du sol.

Les périodes de sécheresse sont chaque fois mises en évidence par une remontée de la concentration de l'eau prélevée à 15 cm. La remontée est d'autant plus importante que la période est chaude. Plus tard, ces mêmes pics s'observent à 30, 45 et 90 cm. Enfin, la minéralisation de la matière organique du sol peut être suivie de mai à septembre (fin de l'étude) où les températures élevées et les conditions d'humidité du sol sont favorables à une grande activité microbologique

Fig 2: concentrations of N-NO₃ in soil solutions at 5 depths on a bare soil with 135 kg N+ 50 T manure/ha.- concentrations en N-NO₃ de la solution du sol à 5 profondeurs sous sol nu fertilisé avec 135 Kg N + 50 T fumier / ha.



DISCUSSION et CONCLUSIONS.

- Les mesures hebdomadaires prouvent la complexité et la difficulté du contrôle du phénomène du lessivage azoté dépendant d'une multitude de paramètres physiques et microbiologiques. C'est avant tout par des moyens préventifs, en abordant la période après récolte avec un sol complètement épuisé en ses résidus azotés que l'agriculteur peut espérer éviter des pertes par lessivage.

- L'agriculture du sud de la Belgique a la réputation d'être peu intensive. Ce terme se justifie pour les céréales. Pourtant, les résidus azotés montrent qu'il est fort hasardeux de conclure que le danger de lessivage sous céréales en zone peu intensive est négligeable par rapport aux régions à agriculture plus intensive. Deux raisons peuvent expliquer ce paradoxe:

D'une part, les agriculteurs, mal informés, peu attirés ou mal sensibilisés par les dernières méthodes phytotechniques, ne tirent pas le meilleur profit de l'azote minéral qu'ils ont épandu. Ainsi, des erreurs dans les dates d'application, dans les doses, le mauvais traitement ou l'absence de traitement des maladies ou autres attaques parasitaires conduisent à un moins bon développement des cultures que pour des doses similaires d'engrais en régions céréalières (Hesbaye).

D'autre part, l'application régulière de fumier en tête de rotation fournit au sol pendant plusieurs années d'importantes quantités de matières organiques dont la minéralisation est impossible à contrôler et qui peuvent produire de très grosses quantités d'azote minéral surtout entre la récolte et les premières périodes froides hivernales. Des recherches dans ce

domaine devraient contribuer à diminuer les frais d'engrais pour l'agriculteur et à maintenir la qualité de l'environnement.

- Les cultures de maïs et de pommes de terre constituent des sites préférentiels pour la pollution des eaux et des sols.

S'il semble qu'il existe des techniques "propres" pour les céréales (basées sur un fractionnement adéquat), il apparaît que les cultures de maïs et de pommes de terre ne disposent pas de la phytotechnie qui assurerait un excellent rendement tout en épuisant complètement le sol en ses résidus azotés. Au contraire, alors que ces cultures semblent déjà favoriser un lessivage, c'est sur elles que l'on déverse le fumier.

Actuellement, la plupart des agriculteurs considèrent l'apport azoté du fumier comme négligeable ou nul. Les agronomes devraient pouvoir informer les agriculteurs pour qu'ils puissent estimer le contenu en azote des fumiers qu'ils épandent.

A ce titre là, une meilleure connaissance des processus de minéralisation et des pertes par voie gazeuse du fumier (volatilisation, dénitrification) devrait permettre de mieux prendre en compte les apports azotés qui lui sont propres lors de l'établissement de la fumure minérale.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le professeur A. Falisse et E. François (Fac. Sc. Ag. Gbx) pour le matériel scientifique gracieusement mis à notre disposition.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DE BECKER E, ROUSSEAU V, BILLEN G, 1985, Etude sur la contamination azotée des eaux souterraines et eaux de surface du bassin de la Dyle, ULB, rapport final pour le ministère de la RW pour l'eau, l'environnement et la vie rurale.
- EVERETT G, MCMILLION LG, 1985, Operational ranges for suction lysimeters, Groundwater monitoring review, summer
- GUIOT J, 1975, Estimation des réserves azotées du sol par détermination de l'azote minéral, Revue de l'agriculture n°5, Ministère de l'agriculture
- IRSIA, 1966, Carte des sols de la Belgique, planchette 219 W
- OCDE, 1986, Pollutions des eaux par les engrais et les pesticides, ISBN 92-64-22856-X
- VANDER BORGHT P, 1980, Etude physico-chimique des eaux de la Semois, Thèse de doctorat FUL, Arlon.