

Risques de pollution des eaux sous prairie et sous culture. Influence des pratiques d'apport d'engrais de ferme

M. Benoit

Les liaisons entre pratiques agricoles et qualité des eaux souterraines sont de mieux en mieux connues (ADDISCOT, 1990 ; MACHET, MARY, 1990 ; GAURY, 1992). Deux dimensions de ces liaisons sont centrales :

– la dimension spatiale : la recherche des données du milieu, des pratiques s'effectue en partant de l'aire géographique où s'élaborent les ressources en eau (HÉNIN, 1980) ;

– la dimension temporelle : la mise en correspondance chronologique des phénomènes nécessite un classement des diverses latences qui séparent les pratiques agricoles de leurs conséquences sur la qualité des ressources en eau.

Nous distinguerons trois latences élémentaires :

– la latence hydrogéologique, qui détermine le temps séparant l'entrée de solutés sous la zone agricole (éléments perdus sous le volume représenté par le sol agricole) de l'arrivée de ces solutés à l'émissaire de la ressource en eau ;

MOTS CLÉS

Eau du sol, compost, fertilisation organique, fumier, lessivage, maïs, nitrate, prairie.

KEY-WORDS

Compost, leaching, maize, manure, nitrate, organic fertilization, pasture, soil water.

AUTEUR

I.N.R.A., Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, Unité Versailles-Dijon-Mirecourt, Station S.A.D., F-88500 Mirecourt.

– la latence agronomique qui correspond au temps nécessaire pour obtenir un changement de qualité des solutés sous la zone racinaire suite à un changement de pratiques agricoles ;

– la latence praxéologique qui correspond au temps nécessaire pour que les agriculteurs modifient leurs pratiques après la réalisation d'un diagnostic proposant leur modification.

Les évaluations de ces trois composantes de la latence d'un changement d'une qualité d'eau issue d'un système agraire sont des indicateurs de gestion centraux pour les gestionnaires des ressources en eau.

Cet article vise à illustrer la latence agronomique en traitant de données expérimentales obtenues de 1988 à 1992 à la Station de recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement (S.A.D.) de Mirecourt (Vosges). Les expérimentations mises en place en 1988 cherchent à évaluer la pertinence d'une délocalisation des apports de fumiers depuis les parcelles en maïs vers les parcelles en prairies permanentes.

Matériel et méthodes

1. La situation expérimentale

– **Le passé cultural** : la parcelle sur laquelle sont implantés les divers traitements de monoculture de maïs est une parcelle cultivée de longue date où la culture de maïs est présente depuis 1977. Le tableau 1 résume la succession culturale sur la parcelle Colline du Beaufroid 2. La parcelle en prairie permanente n'a pas changé de couvert depuis 1902 (CORDIER, 1902), et est exploitée depuis 16 ans en foin puis regain et pâture de génisses d'automne avec une faible fertilisation azotée (de l'ordre de 55 kg N/ha/an).

– **Le sol** : la parcelle qui supporte le dispositif expérimental possède une texture variant entre l'argile limoneuse et le limon argileux. Sur les analyses de texture de

1970	luzerne	1976	orge d'hiver	1982	blé d'hiver	1988	maïs
1971	blé d'hiver	1977	maïs	1983	maïs	1989	maïs
1972	blé de printemps	1978	blé d'hiver	1984	maïs	1990	maïs
1973	orge d'hiver	1979	luzerne	1985	blé d'hiver	1991	maïs
1974	féveroles	1980	luzerne	1986	orge d'hiver	1992	maïs
1975	blé de printemps	1981	luzerne	1987	maïs		

TABLEAU 1 : Succession culturale de la parcelle expérimentale.

TABLE 1 : Crop rotation of the experimental field.

Sondage	Analyse granulométrique (%)					C.E.C. (meq)	Matière organique (g/kg)
	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier		
1	306	366	171	90	39	141	26
2	262	366	189	118	39	131	23
3	294	305	234	110	24	-	-
4	235	397	206	101	39	120	20
5	272	360	173	113	51	138	27

TABLEAU 2 : Variabilité intraparcellaire du sol (0-30 cm) : granulométrie, C.E.C. et teneur en matière organique.

TABLE 2 : *Spatial variability of the soil (0-30 cm) in the experimental field : granulometry, C.E.C. (Metson) and organic matter concentration.*

l'horizon 0-30 cm, les résultats varient légèrement au sein de la parcelle (tableau 2). La situation est argilo-limoneuse dans le triangle de texture.

La variabilité des caractéristiques chimiques peut se résumer ainsi : capacité d'échange cationique (C.E.C.) Metson variant de 120 à 141 meq, teneur en matière organique variant de 20 à 27 g/kg. Les valeurs des 5 échantillons de sol (horizon 0-30 cm) sont données au tableau 2. La terre est donc à forte valeur de C.E.C. et à teneur en matière organique élevée pour une parcelle supportant des cultures assolées.

– Le climat : les données pluviométriques et d'évapotranspiration du printemps 1990 à l'été 1992 sont présentées au tableau 3. Pendant ces deux années, deux périodes manifestent un bilan hydrique positif : d'octobre 1990 à mars 1991 et d'octobre 1991 à avril 1992.

	1990		1991		1992	
	Pluviométrie (mm)	ETP Penman (mm)	Pluviométrie (mm)	ETP Penman (mm)	Pluviométrie (mm)	ETP Penman (mm)
Janvier			65,2	3,5	24,7	2
Février			29,0	7,8	37,7	10,8
Mars	24,0	40,1	41,0	34,6	88,2	30,7
Avril	56,5	54,7	25,3	66,6	53,4	68,4
Mai	60,0	112,3	10,2	97,7		
Juin	129,5	98,2	83,8	103,3		
Juillet	34,5	132,8	54,5	139,9		
Août	76,0	110,0	34,0	130,0		
Septembre	50,5	57,6	120,5	67,3		
Octobre	91,0	27,2	54,0	20,5		
Novembre	94,5	4,1	86,5	4,9		
Décembre	96,9	0,6	61,4	0,7		

TABLEAU 3 : Données climatiques (pluviométrie et évapotranspiration) de la station météorologique de l'INRA de Mirecourt.

TABLE 3 : *Climatic data (rainfall and evapotranspiration) from INRA meteorological station at Mirecourt.*

2. Le dispositif expérimental

Il vise à mesurer les pertes d'azote sous forme de nitrate sous la zone racinaire, dans le cas de monoculture de maïs fourrager à fertilisation organique et minérale contrastée et dans le cas d'une prairie permanente de fauche à fertilisation organique.

– **Le suivi des techniques agricoles** : toutes les interventions techniques réalisées sur la parcelle sont notées. Les traitements prévus visaient une conduite technique homogène hors des apports de fertilisation organiques et minéraux.

Sur monoculture de maïs, les traitements sont :

- 0N-0F : aucun apport azoté minéral ni organique,
- N-0F : apport de 100 unités d'azote par hectare sous forme d'ammonitrate 33,5% au printemps, juste avant semis et aucun apport organique,
- 0N-F : aucun apport minéral au printemps et apport de 40 tonnes de fumier frais par hectare en hiver,
- N-F : apport de 100 unités d'ammonitrate 33,5% au printemps et de 40 tonnes de fumier frais en hiver.

Sur prairie permanente, les traitements sont :

- 0N-0FC : aucun apport azoté minéral ni organique,
- 0N-FC : apport de 35 t/ha de fumier évolué issu d'un dépôt de longue durée (élaboré à partir de 50 t de fumier frais).

– **Le suivi des pertes en nitrate** : les mesures des pertes en nitrate sous les quatre traitements en maïs et les deux traitements en prairie permanente sont réalisées par des prélèvements bi-mensuels de solution du sol. Le dispositif employé utilise des bougies poreuses enterrées horizontalement (FEODOROFF, BALLIF, 1969). La disposition des 7 capteurs, mise au point en 1989 (BARLIER, 1991), est la suivante :

- profondeur de 90 cm,
- pente de 5%,
- 7 capteurs disposés en «étoile», d'où des stations de mesure de l'ordre de 30 m²,
- récupération des solutions en bordure de parcelle par une dépression de 70 mbar pendant 48 heures suivie d'une mise sous pression pour évacuer les solutions contenues dans les bougies.

La valeur retenue pour chaque date de prélèvement est la moyenne des 7 valeurs analytiques obtenues dans chaque bougie poreuse. Les prélèvements ont lieu en routine tous les 14 jours.

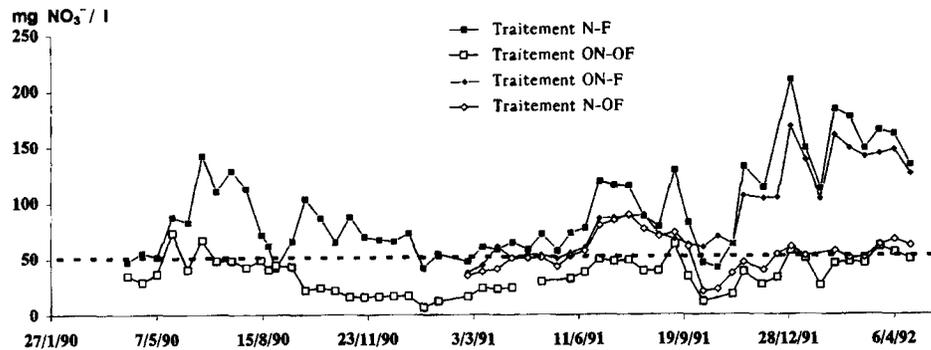


FIGURE 1 : Evolution des concentrations en nitrate dans les bougies poreuses des traitements sous maïs.

FIGURE 1 : Evolution of nitrate concentrations in the ceramic cups in treatments with pure crops of maize.

La pose des bougies poreuses pour capter l'eau du sol a eu lieu dans la deuxième année de la monoculture de maïs (hiver 1989-1990) pour les traitements extrêmes 0N-0F et N-F. Nous avons décidé de poser les capteurs sur les traitements intermédiaires 0N-F et N-0F lorsque les traitements extrêmes se distingueraient... ce qui s'est produit dès 1990. La fin de l'équipement du site a donc été réalisée en fin d'hiver 1990-1991, soit avant la troisième année de monoculture pour les traitements 0N-F et N-0F. L'équipement des sites sous prairie permanente a eu lieu en fin d'hiver 1990-1991.

Résultats

1. Vitesse d'évolution de la concentration nitrique de l'eau percolant sous la zone racinaire après changement des pratiques

● Les sites sous maïs fourrager

L'évolution des concentrations en nitrate (figure 1) dans les bougies poreuses sur les traitements N-F et 0N-0F indique :

- une différenciation dès l'été 1990, différenciation qui se poursuit en 1991, 1992 et 1993,

- une accentuation de cette différenciation dans l'hiver 1991-1992 : l'écart moyen entre les concentrations en nitrate passe de 250%, du printemps 1990 à l'été

1991, à 350% à partir de l'automne 1991 et l'hiver 1991-1992, pour se maintenir à 200% jusqu'au printemps 1993.

Au cours du temps, les évolutions des concentrations des différents sites sont simultanées : les pics et creux de concentration sont synchrones (figure 2). Les épisodes pluvieux notables (P-ETP > 25 mm) induisent une diminution des teneurs en nitrate. Il existe cependant des exceptions, en particulier lors de la fin de l'automne 1991 et, dans une moindre mesure, lors du printemps 1990 (figure 2). L'augmentation en fin d'automne 1991 se situe immédiatement après l'apport du fumier sur la parcelle (5 novembre 1991).

● Les sites sous prairie

Les mesures réalisées sous les sites prairiaux indiquent une différenciation des traitements 0N-0FC et FC dès l'hiver 1991-1992. Les écarts absolus se maintiennent entre les traitements pendant l'hiver 1992-1993, mais s'accroissent en valeurs relatives.

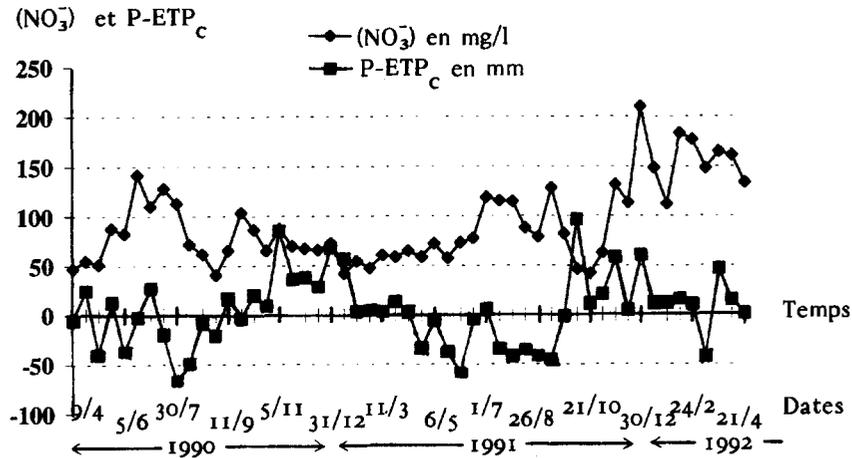


FIGURE 2 : Evolution des concentrations en nitrate du traitement avec azote minéral et fumier sous maïs, comparée à la pluviométrie mesurée à la station météorologique de l'INRA à Mirecourt.

FIGURE 2 : Nitrate concentrations in the treatment with N and manure compared to the rainfall observed at Mirecourt meteorological station.

1991	0N-0F	0N-F	N-0F	N-F	1992	0N-0F	0N-F	N-0F	N-F
7 octobre	11,51	60,22	20,59	42,27	10 février	45,67	159,72	56,68	183,19
21 octobre	70,04	22,58		42,07	24 février	47,38	148,59	50,61	176,74
4 novembre	18,24	62,80	36,66	62,88	9 mars	45,87	140,87	51,03	148,12
15 novembre	37,89	105,83	46,62	131,83	23 mars	60,60	143,34	62,37	164,53
27 novembre	26,13	103,17		112,18	6 avril	55,97	147,07	66,99	161,12
					21 avril	49,85	125,31	61,74	133,73

TABLEAU 4 : Valeurs bimensuelles des moyennes des concentrations en nitrate (mg NO₃/litre) des 7 bougies poreuses par traitement sous maïs.

TABLE 4 : Mean nitrate concentrations (measured 2 times each month, mg NO₃ per litre) in the 7 ceramic cups of each treatment.

2. Contribution des apports azotés sous forme minérale et organique aux teneurs en nitrate de la solution du sol

● Les sites sous maïs

Après quatre années d'expérimentation, les écarts des concentrations en nitrate entre les quatre traitements (tableau 4) pendant la période hivernale 1991-1992 (du 7 octobre 1991 au 21 avril 1992 ; la différence entre la pluie et l'évapotranspiration potentielle est positive) mettent en évidence deux groupes de traitements : 0N-0F et N-0F d'une part et 0N-F et N-F d'autre part.

Les écarts dus aux apports minéraux qui séparent les traitements du premier groupe, traitements sans apport organique, oscillent entre 1,6 et 18,4 mg NO₃/litre. Ceux qui séparent les traitements avec apports organiques sont de 0,8 à 28,1 mg NO₃/litre. L'effet des apports minéraux sur maïs est donc faible sur les lixiviations de nitrate : dans tous les cas et à toutes dates l'écart maximal est de 28,1 mg NO₃/litre.

En revanche, les écarts dus aux apports organiques sont importants :

– les écarts entre les traitements 0N-F et 0N-0F oscillent entre 44,6 et 114 mg NO₃/litre,

– les écarts entre les traitements N-F et N-0F oscillent entre 19,5 et 126,5 mg NO₃/litre.

● Les sites sous prairie

L'apport de fumier de bovins décomposé à la dose de 30 t/ha augmente de 8 à 21 mg NO₃/litre la concentration de la solution du sol. Contrairement aux sites sous maïs, les apports de fumier évolué sur prairie augmentent peu la teneur en nitrate de la solution recueillie dans les bougies poreuses.

3. Intérêt d'une délocalisation des fumiers des parcelles en maïs vers celles en prairie permanente

La transformation de fumier frais en fumier évolué permet un épandage sur prairie permanente; de plus, la quantité est généralement réduite de 30 à 40 % (LE HOUÉROU, 1993). Ces 35 tonnes épandues sur un hectare de prairie issues de 50 tonnes de fumier frais ont des conséquences bien moindres que 40 tonnes de fumier frais épandues sur maïs. En effet, **les pertes par hectare dues aux apports organiques sont, suivant les années, de deux à six fois moindres sous prairies que sous maïs** (tableau 5).

La comparaison de l'effet des apports organiques entre prairie et maïs sur les lixiviations azotées donne les résultats suivants :

– en 1991-1992 : 182 kg de N-NO₃/ha (= 263 - 81) sous maïs et 31 kg de N-NO₃/ha (= 92 - 61) sous prairie permanente ;

– en 1992-1993 : 63 kg de N-NO₃/ha (= 79 - 16) sous maïs et 29 kg de N-NO₃/ha (= 33 - 4) sous prairie permanente.

Ainsi, transformer les fumiers frais en fumiers compostés, et les délocaliser des surfaces en maïs vers les prairies, induit une diminution des pertes azotées de deux à six suivant les années. A partir de 50 t de fumier frais, leur transformation en 35 t de fumier évolué et épandues sur un hectare est moins agressive que l'apport de 40 t de ce même fumier frais sur un hectare de maïs.

Discussion

1. La latence agronomique est courte

Le délai qui sépare le changement des pratiques de fertilisation, fin 1988, et la mesure d'un changement significatif des teneurs en nitrate dans la solution du sol, été 1990, est inférieur à 2 années. Ce résultat rejoint celui obtenu dans des sols pourtant plus perméables (loess d'Alsace), où le changement de qualité de l'eau est sensible dans l'année qui suit le retournement de prairies permanentes (KUGLER, 1988). Dans des sols limono-argileux et sous même climat, ce délai est inférieur à un an pour 4 situations lors du retournement de prairies permanentes (GAURY, 1992). L'implantation d'une luzerne en sol de craie fait passer de 280 à 25,5 mg/l la concentration en azote nitrique dans le drainage, et ceci dès la première année de culture, pour atteindre 5,8 mg/l en troisième et quatrième années (DENYS D. et al.,

	Traitements prairiaux		Traitements sur maïs			
	ON-0FC	ON-FC	ON-0F	N-0F	ON-F	N-F
Hiver 1990-1991			18	*	*	68
Hiver 1991-1992	61	92	81	99	263	227
Hiver 1992-1993	4	33	16	35	79	87

* : dispositifs à bougies poreuses pas encore implantés

TABLEAU 5 : Pertes de nitrate (kg N-NO₃/ha) pendant les périodes de drainage sous les 2 traitements prairiaux et les 4 traitements en monoculture de maïs fourrager.

TABLE 5 : Nitrate leaching (kg NO₃-N per ha) during the drainage periods for the 2 treatments under permanent grass and the four under pure crops of maize.

1990). Les délais peuvent être encore notablement plus courts dans des situations très perméables : 20 jours pour passer du niveau 0,25 au niveau 2 mètres dans des sols alluviaux de la rivière Ariège (COSSERAT M., 1991).

2. Variation synchrone de tous les traitements à un même épisode pluvieux

Cette synchronie entre épisodes pluvieux et variation des teneurs en nitrate a été mise en évidence dans un type de sol lorrain très proche de celui qui porte l'expérimentation (ABOUD I., FLORENTIN L., 1990). Elle appuie l'argument du temps de latence court entre pluie et sortie d'eau sous la zone racinaire.

3. Le niveau des pertes est lié fortement à celui des apports

Il nous est possible d'évaluer les quantités de nitrate perdues en tenant compte de la quantité d'eau ayant drainé. Le calcul du bilan hydrique a été réalisé en calculant par quinzaine P-ETP_c-RU où :

- P est la pluviométrie de la quinzaine qui précède le prélèvement d'eau dans les bougies poreuses,
- ETP_c est l'évapotranspiration potentielle calculée (données S.T.E.F.C.E.),
- RU, une réserve utile évaluée à 100 mm.

Pour une quinzaine, la quantité de nitrate perdue est donc le produit de la concentration de la solution du sol par la quantité d'eau percolée, soit NO₃x(P-ETP_c-RU). Pour la période hivernale, nous additionnons les pertes bimensuelles. Les résultats sont présentés tableau 5.

Ces résultats sont proches de ceux obtenus sous maïs en Belgique (TYCHON B. et al., 1990), dans le delta du Pô (GIUPPONI C. et al., 1990) et dans les alluvions de la région de Toulouse (COSSERAT M., 1991).

Les résultats obtenus en Lorraine sur d'autres types de sols sur des parcelles en maïs fourrager indiquent des pertes hivernales de 75 kg N-NO₃/ha avec un écart type de 41 kg N-NO₃/ha (GAURY, 1992), soit des valeurs comprises entre nos traitements N-0F et N-F, en tenant compte du fait que toutes les parcelles agricoles reçoivent une fertilisation minérale au printemps.

4. Importance des paramètres climatiques sur le niveau des lixiviations nitriques

Les pertes sont très influencées par le climat qui précède les épisodes pluvieux créant les flux d'azote dans le profil. Sur deux années successives, les écarts des pertes varient de 3 à 15 suivant les traitements.

L'hiver 1991-1992 a été particulièrement favorable aux lixiviations nitriques. Pendant la période de drainage, qui a duré du 8 octobre 1991 au 28 février 1992, les pertes sous le traitement 0N-0F sur maïs ont atteint 81 kg de N-NO₃/ha et 61 kg de N-NO₃/ha sous le traitement 0N-0FC sur prairie.

La comparaison des deux années met en lumière le rôle du couvert prairial :

– sous maïs, l'effet de l'apport de fumier est de 182 kg de N-NO₃/ha en 1991-1992 et de 63 kg de N-NO₃/ha en 1992-1993, soit une variation interannuelle du simple au triple,

– sous prairie, l'effet de l'apport de fumier est de 31 kg de N-NO₃/ha en 1991-1992 et de 29 kg de N-NO₃/ha en 1992-1993, soit une variation interannuelle nulle.

La prairie permanente est beaucoup moins sensible que le maïs fourrager aux variations interannuelles de pertes en nitrate dues aux variations climatiques. La prairie tamponne l'effet du climat sur les pertes en nitrate dues aux apports de fumier.

5. Trois latences pour cinq histoires

SÉBILLOTTE et MEYNARD (1990) distinguent cinq histoires pour expliquer la pollution nitrique :

- H₁, le devenir de l'eau,
- H₂, la quantité d'azote minéral dans le sol,

- H₃, la croissance et le développement de la culture,
- H₄, la dynamique de pénétration des racines,
- H₅, la production d'azote des déjections animales.

Les trois latences proposées sont le résultat de vitesses d'histoires différentes :

– L_h, la latence hydrogéologique, ne dépend que du substrat géologique ; elle est donc indépendante des histoires ci-dessus,

– L_a, la latence agronomique, décrite par la vitesse combinée de H₁+H₂+H₃+H₄,

– L_p, la latence praxéologique, influençant le déroulement de H₁+H₂+H₃+H₄+H₅.

La distinction des histoires sous influence du changement de pratiques agricoles permet de confirmer l'importance de ce changement qui interfère avec chacune d'entre elles; les degrés de liberté créés par un jeu sur de multiples facteurs permettent une adaptation à une large gamme d'exigences.

Conclusion

Les changements de pratiques de fertilisation appliquées à une monoculture de maïs fourrager ont eu des effets rapides en sol lourd et climat à tendance continentale de Lorraine. **La seule suppression des apports de fumier, pourtant réalisés à faible dose (moins de 40 t/ha), diminue la teneur de la solution du sol à 90 cm de profondeur de 60 à 110 mg de NO₃/litre.**

Des trois latences (praxéologique, agronomique et géologique), la seconde est rapide, moins de 18 mois dans nos situations. La troisième n'étant pas modifiable, la latence centrale devient donc celle du changement des pratiques. **Cette courte latence agronomique permet d'envisager sous un jour nouveau la mise en oeuvre d'actions préventives** visant la restauration agronomique de la qualité des eaux souterraines.

Dans ces actions préventives, **la délocalisation des apports de fumier des parcelles en maïs fourrager vers celles en prairies a un effet très net** : sur la diminution des pertes nitriques, et sur une indépendance accrue de l'effet du climat sur l'effet des apports organiques.

Ainsi, la variable déterminante pour l'efficacité d'une restauration agronomique de la qualité des eaux souterraines est la modélisation des gestions techniques

actuelles et à venir dans les parcelles des agriculteurs ; l'enjeu est donc de mieux cerner les fonctionnements actuels et les répartitions spatiales des systèmes de culture au sein des exploitations agricoles (LE HOUÉROU, même ouvrage ; BENOIT et al., 1990).

Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F.,
«Valorisation des engrais de ferme par les prairies»,
les 29 et 30 mars 1994.

Remerciements : L'auteur tient à remercier, pour leur appui méthodologique, MM. J. BALLIF, D. GOBERT, J. MULLER de la Station d'Agronomie de Châlons-sur-Marne ; pour leur aide à la mise en place du dispositif, à la conduite des itinéraires techniques et à la saisie des données de terrain : MM. J. BARLIER, C. BAZARD, D. FOISSY, M. HARMAND, J. HUSSON, G. ROUYER de la Station S.A.D. de Mirecourt ; et pour leur aide au dépouillement des données M. D. SAINTOT et Mme B. LE HOUÉROU de la Station S.A.D. de Mirecourt ainsi que M. TOUSCH, stagiaire B.T.S. du Lycée Agricole de Courcelles-Chaussy (57).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADDISCO T.M. (1990) : «Measurement of nitrate leaching : a review of methods», Calvet R. Ed., *Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 157-168.
- ABOUD I., FLORENTIN L. (1990) : «Teneur en nitrates des eaux de drainage : cas de deux sols lorrains soumis à une monoculture de maïs», *C.R. Acad. Agric. de France*.
- BARLIER J. (1991) : «Pose et fonctionnement de sites à bougies poreuses en situation agricole. Mesures des fuites des solutions du sol sous la zone exploitée par les racines», *Cah. Techn. I.N.R.A.*, 26, 37-46.
- BENOIT M., FIORELLI J.L., MORLON P., PONS Y. (1990) : «The technical management : the central point of agronomy challenge», *1st European Society of Agronomy Congress*, Paris, Session 5, Oral paper 01.
- COSSERAT M. (1991) : *Contribution à l'adaptation des techniques culturales pour réduire la pollution nitrrique sous monoculture de maïs en Basse-Ariège*, thèse de l'Université Louis Pasteur, Sciences et Techniques de l'Eau, Strasbourg, 135 p + annexes.
- DENYS D., MULLER J.C., MARIOTTI A. (1990) : «Conséquences de l'organisation de l'azote minéral d'un engrais sur la disponibilité pour la plante et sur la lixiviation», Calvet R. Ed., *Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 189-194.

- CORDIER E. (1902) : *Le Domaine de Ravenel à Mirecourt*, thèse agricole; Institut Agricole de Beauvais, Reims, 151 pages.
- FEODOROFF A., BALLIF J.L. (1969) : «Etude de l'infiltration de la pluie in situ à l'aide de tensiomètres», *Ann. agron.*, 20 (5), 475-504.
- GAURY F. (1992) : *Systèmes de culture et teneurs en nitrates des eaux souterraines. Dynamique passée et actuelle en région de polyculture-élevage sur le périmètre d'un gîte hydrominéral*, thèse de Doctorat de l'ENSA Rennes, sciences agronomiques, 229 p + annexes.
- GUIPPONI C., BORN I M., CECCON P. (1990) : Calvet R. Ed., *Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 189-194.
- HÉNIN S. et collaborateurs (1980) : *Rapport du groupe de travail activités agricoles et qualité des eaux*, Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 34 p + annexes.
- KUGLER J. (1988) : *Approche méthodologique pour la modélisation du transfert des nitrates vers la nappe phréatique d'Alsace. Cas de la zone inondable du Ried Central de l'Ill*, thèse de doctorat, Sciences et Techniques de l'Eau, Inst. Méc. Fl., Ec. Nat. Ing. Trav. Rur. Tech. San., Université Louis Pasteur, Strasbourg, 142 p + annexes.
- LE HOUÉROU B. (1993) : *Le compostage des fumiers de bovins, une des pratiques pour protéger l'eau. Intérêts et limites de cette technique pour l'éleveur*, Atelier n°2 : Systèmes de cultures avec Elevage, 4^e Journées de l'analyse de terre (GEMAS) et 5^e Forum de la fertilisation raisonnée (COMIFER), Blois, 16-18 novembre 1993, 22 pages.
- MACHET J.M., MARY B. (1990) : «Effet de différentes successions culturales sur les risques de pertes en nitrates en région de grande culture», Calvet R. Ed., *Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 395-403.
- SÉBILLOTTE M., MEYNARD J.M. (1990) : «Systèmes de culture, systèmes d'élevage et pollutions azotées», Calvet R. Ed., *Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 289-312.
- TYCHON B., GUIOT J., DEBBAUT V., VANDER BORGH T (1990) : «Évolution du profil en azote des sols agricoles du sud de la Belgique», Calvet R. Ed., *Nitrates, agriculture, eau*, Paris, 7-8 novembre 1990, 375-380.

RÉSUMÉ

L'évolution de la qualité de l'eau lixiviée est mesurée, à l'aide de sites à bougies poreuses, sur un dispositif expérimental mis en place en 1988 en Lorraine (Mirecourt). La comparaison de quatre monocultures de maïs fourrager dont les fertilisations organiques et minérales ont été contrastées, prouve la part primordiale des apports de fumiers dans la charge azotée des lixiviats. Supprimer les apports de 40 t/ha de fumier frais en automne et sur sol nu diminue la teneur en nitrate à 90 cm de profondeur de 110 à 60 mg de NO₃ par litre. De plus, moins de 18 mois après la différenciation des pratiques culturales, la qualité de l'eau lixiviée était très différente : la latence agronomique est courte, ce qui argumente en faveur des actions agricoles de protection des eaux souterraines. L'effet de l'apport de 30 t de fumier composté sur prairie permanente a également été observé : les lixiviations azotées sont bien moindres que dans le cas précédent (fumier frais avant maïs).

SUMMARY

Water pollution risks under grasslands and under field crops. Influence of farming practices using organic fertilizers

The evolution of nitrogen leachates into water has been measured since 1988 in ceramic cups in a trial set up at Mirecourt (Lorraine). The levels of leached nitrogen depend mainly on the amounts of farmyard manure applied, as shown by the results of the trial on four pure crops of maize, where the following treatments were compared : a) control without organic or mineral fertilizer, b) 40 metric tons of farmyard manure per hectare in november without mineral fertilizers, c) mineral nitrogen at the rate of 90 kg per hectare in april each year and d) the two latter fertilizations combined (usual practice on farms in Lorraine). When no farmyard manure was applied, the nitrate concentration in the soil solution decreased from 110 to 60 mg NO₃ per litre. Less than 18 months after the beginning of the trial, there was a good improvement of the water quality 90 cm under the soil surface : preventive agronomic actions can be developed efficiently. Even in clay soils, the effect of changes in agricultural practices on groundwater quality are very rapid. The delay in the improvement in water quality after a change in agricultural practices can thus be increase by the geology only. The effect of applying 30 t composted manure on permanent pastures was also observed : there is far less nitrogen leached than in the former case (fresh manure applied before maize).