

# Rôle agronomique de la prairie dans la gestion du drainage des nitrates vers la nappe phréatique

J.-C. Simon<sup>1</sup>, F. de Montard<sup>2</sup>, L. Le Corre<sup>1</sup> et D. Pepin<sup>3</sup>

**O**n ne dispose pas à l'heure actuelle, en France, de références sur les quantités d'azote perdues par lessivage sous prairie pâturée. Les références disponibles concernent uniquement les prairies fauchées. Des travaux relativement récents, effectués par des chercheurs britanniques et néo-zélandais, donnent un premier aperçu de ces pertes dans les conditions réelles du pâturage : contrairement à ce que l'on observe sous prairie fauchée bien fertilisée, où les pertes d'azote sont faibles, les quantités d'azote lessivées peuvent devenir importantes en présence d'animaux. Dans cet article, nous proposons de faire une brève synthèse des principaux résultats.

## Le cycle de l'azote sous prairie

Avant de présenter les résultats relatifs aux pertes d'azote par lessivage sous prairie, nous allons rapidement rappeler les principales caractéristiques du cycle

---

### *MOTS CLÉS*

Azote, Bretagne, fertilisation, fertilisation minérale, lessivage, mode d'exploitation, prairie.

### *KEY-WORDS*

Brittany, fertilization, grassland, leaching, method of management, mineral fertilization, nitrogen.

### *AUTEURS*

1 : I.N.R.A., Station d'Agronomie de Quimper (Finistère).

2 : I.N.R.A., Station d'Agronomie de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)

3 : Faculté de Médecine et de Pharmacie, Laboratoire d'Analyse des Eaux, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

### *CORRESPONDANCE*

J.C. Simon, I.N.R.A., Station d'Agronomie, 4, rue de Stang Vihan, F 29000 Quimper.

de l'azote sous prairie, afin de souligner les modifications introduites par le pâturage (figure 1).

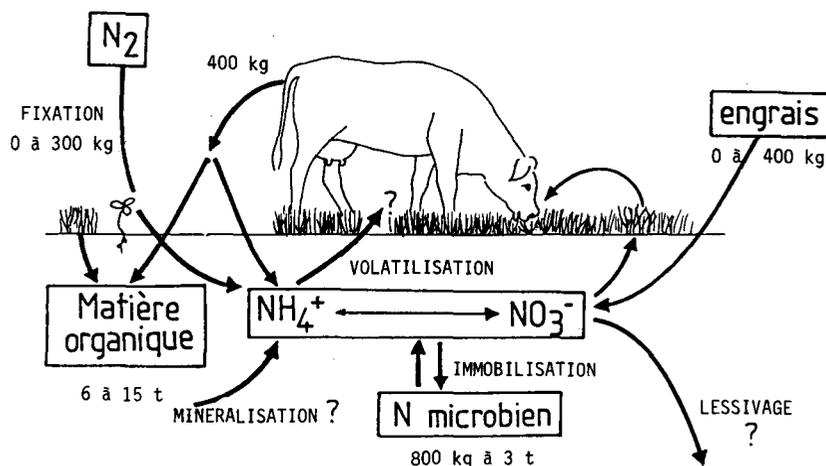


FIGURE 1 : Cycle de l'azote sous prairie (d'après J. SALETTE).

FIGURE 1 : Nitrogen cycle in grasslands (after J. SALETTE)

Tout d'abord, on remarque sous prairie :

— un pool d'azote très important au niveau de la matière organique du sol, qui représente 6 à 15 tonnes d'azote immobilisé par hectare ;

— un autre pool d'azote de l'ordre de 0,8 à 3 tonnes par hectare, au niveau de la biomasse microbienne ;

— le faible poids des engrais azotés comparativement aux quantités précédentes : de 0 à 400 kg N/ha/an selon le niveau d'intensification et le type de pâturage.

En régime de fauche, tout l'azote contenu dans les parties aériennes des plantes sort de la parcelle sous forme d'herbe verte (zéro pâturage, ensilage) ou sous forme de foin. Ce sont ainsi, selon le niveau d'intensification, 200 à 450 kg N/ha/an qui sont exportés.

En régime de pâturage, la quantité d'azote sortant de la parcelle est plus faible. En effet, l'azote contenu dans l'herbe ingérée par l'animal est soit retenu au niveau de celui-ci (lait ou viande), soit retrouvé dans ses déjections. Compte tenu des faibles exportations d'azote par les productions animales (1 000 litres de lait contiennent

6 kg d'azote et 1 tonne de viande, 24 kg), la plus grande partie de l'azote contenu dans l'herbe ingérée par les animaux (300 à 400 kg/ha/an) retourne à la pâture dans les bouses et les pissats. La quantité restituée dépend également du temps de séjour des animaux.

*Prenons à titre d'exemple le cas d'une prairie pâturée par des vaches laitières* produisant 12 000 l de lait/ha/an. Pour assurer ce niveau de production, ces laitières consomment également des concentrés, qui représentent l'équivalent de 80 kg N/ha/an. La quantité d'azote exportée dans le lait est de 72 kg/ha/an (12 000 l de lait à 6‰ d'azote), soit une quantité équivalente à celle des concentrés. La quasi-totalité de l'azote ingéré par les laitières sous forme d'herbe (environ 400 kg/ha/an) se retrouve dans leurs déjections.

On conçoit donc que le bilan de l'azote soit notablement modifié par le mode d'exploitation (fauche ou pâture) et que les différents termes en soient affectés, en particulier le lessivage. Les différences sont d'autant plus marquées que l'azote restitué par les animaux a une répartition très hétérogène, avec des concentrations localement élevées sous les bouses et les pissats.

## **Les pertes de nitrates par lessivage sous prairie fauchée**

Dans le cas d'une prairie fauchée, comme dans le cas des cultures annuelles, la pratique d'une fertilisation azotée raisonnée conduit à apporter au moment le plus opportun des quantités d'azote qui permettent de satisfaire les besoins de la plante. Ces apports sont généralement du même ordre de grandeur que les exportations.

Le lessivage d'azote sous prairie fauchée diffère néanmoins notablement du lessivage sous cultures annuelles, du fait :

- d'une occupation permanente du sol, en particulier en période hivernale où les risques de perte d'azote par lessivage sont les plus grands, particulièrement sous sol nu ;
- d'une immobilisation importante d'azote dans les racines et les chaumes ;
- d'un stockage possible de l'azote au niveau de la litière (accumulation de matière organique provenant des débris végétaux de la prairie), etc.

### **1 - Lessivage de l'azote sous prairie fauchée en région atlantique**

Dans les conditions pédo-climatiques de l'ouest de la Bretagne, le lessivage d'azote a été étudié à Quimper (Finistère-Sud, altitude : 15 m) sous divers systèmes de cultures, dont les cultures annuelles (COPPENET, 1969 ; SIMON et LE CORRE, 1988)

et la prairie temporaire de ray-grass anglais. Rappelons que les quantités d'eau drainées dans les cases lysimétriques de Quimper sont très importantes et reflètent le caractère océanique du climat local : en moyenne, 570 mm d'eau drainée par an, pour une pluviométrie de 1 040 mm. Cette quantité drainée correspond à 4-5 fois la réserve utile du sol, ce qui est considérable. Les cases sont remplies d'un sol granitique riche en matière organique (7%).

Le lessivage d'azote sous prairie de ray-grass anglais fauché a été étudié sur une période de 5 ans (1983-1988), pour deux niveaux moyens de fertilisation azotée ;

— 200 kg N/ha/an, sans apport d'azote après la dernière coupe d'automne ;

— 260 kg N/ha/an, avec apport de 60 kg d'azote après la dernière coupe d'automne.

Les pertes moyennes annuelles d'azote par lessivage sont présentées tableau 1 ; elles sont comparées à celles observées sous monoculture de maïs, avec ou sans culture dérobée de ray-grass d'Italie.

Culture	PRAIRIE		CULTURES ANNUELLES			
	Ray-grass anglais		Maïs fourrage		Maïs + ray-grass d'Italie	dérobé
<b>N apporté</b>	200	260	120	180	180	240
<b>N lessivé</b>	7	20	96	167	45	94

TABLEAU 1 : Quantités moyennes annuelles d'azote lessivées sous prairie fauchée avec différents niveaux d'azote apporté (kg/ha/an) comparées à celles observées sous monoculture de maïs, avec ou sans culture dérobée de ray-grass d'Italie (Quimper, 1983-1988).

TABLE 1 : Nitrogen leaching averages (kg/ha/year), under mown perennial ryegrass, compared with a maize monoculture, with or without catch crop (Quimper, West of France, 1983-1988).

Sous ray-grass anglais fauché, les pertes moyennes d'azote par lessivage sont inférieures à 10 kg N/ha/an en l'absence d'apport d'azote après la dernière coupe d'automne. Elles sont de 20 kg N/ha/an dans le cas contraire. Ces pertes sont faibles, comparativement aux cultures annuelles qui, dans le meilleur des cas, présentent un lessivage d'azote voisin d'une cinquantaine de kg N/ha/an (SIMON ET LE CORRE, 1988). Rappelons qu'en absence de fertilisation azotée (COPPENET, 1969), les pertes d'azote par lessivage s'élèvent à 50 kg/ha/an sous cultures annuelles, dans les conditions pédo-climatiques locales : climat océanique, sol riche en matière organique.

Les concentrations en azote nitrique des eaux de lessivage sous ray-grass sont très faibles par rapport aux cultures annuelles (figure 2). Il apparaît donc que, sous

prairie fauchée recevant une fertilisation azotée moyenne, les risques de pollution nitrique sont faibles.

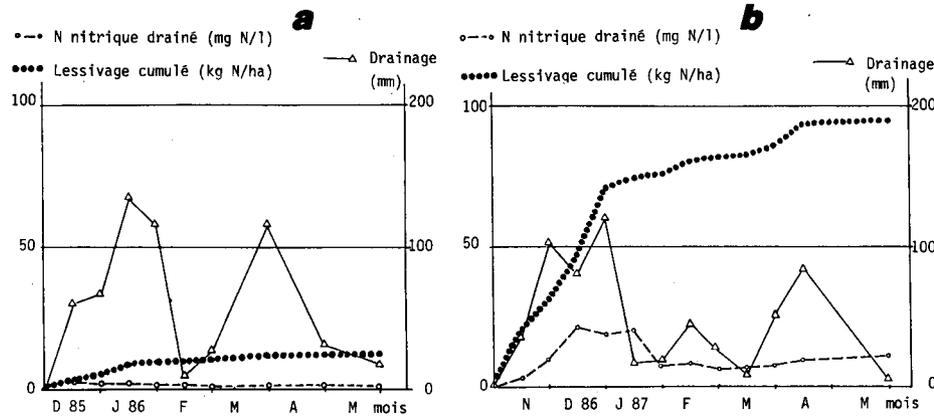


FIGURE 2 : Cinétique du lessivage de l'azote sous ray-grass anglais fauché (a), et sous monoculture de maïs (b) :

- concentration en N nitrique des eaux drainées
- lessivage cumulé d'azote
- quantités bimensuelles d'eau drainée.

FIGURE 2 : Kinetics of nitrogen leaching under mown rye grass (a) and maize monoculture (b) :

- $NO_3-N$  concentration in leachates
- cumulated nitrogen losses in water drained
- fortnightly volumes of water drained

Une analyse du bilan de l'azote pour les cases lysimétriques considérées est présentée tableau 2.

Dans ce tableau figurent : l'azote apporté chaque année par les engrais (1), l'azote exporté en moyenne par les cultures (2) et la minéralisation apparente (3). Cette dernière a été calculée à partir de coefficients estimés, pour diverses successions culturales, à partir de l'évolution de la matière organique du sol en champ d'essai ou en parcelle agricole. Les valeurs retenues des coefficients de minéralisation apparente sont les suivantes (SIMON et GOLVEN, 1989) :

- pour le ray-grass temporaire : - 0,50 %
- pour la monoculture de maïs : + 1,00 %
- pour la succession maïs - ray-grass d'Italie : + 0,50 %
- pour le sol nu : + 0,65 %

	SOLS CULTIVES						SOLS NUS	
	Ray-grass		Maïs fourrage		Maïs + Ray-grass d'Italie			
(1) : N ENGRAIS	200	260	120	180	180	240	240	240
(2) : N EXPORTÉ	150	160	110	120	190	190	0	0
(3) : N MINÉRALISÉ APPARENT	-50	-50	105	105	50	50	70	70
(1 + 3) - (2)	0	50	115	165	40	100	310	310
N lessivé observé	7	20	96	167	45	94	300	291

TABLEAU 2 : Bilan approximatif de l'azote (kg/ha/an) pour les cases lysimétriques de Quimper, sur la prairie de ray-grass anglais fauchée et la monoculture de maïs ou sans culture dérobée (1983-1988).

TABLE 2 : Nitrogen balance (kg/ha/year) in lysimeters, Quimper, for mown perennial ryegrass and maize monoculture, with or without catch crop (1983-1988).

*Exemple de calcul* : Si l'on considère que la couche arable représente 3 000 t de terre par hectare, la matière organique du sol s'élève à 210 t/ha (sol contenant 7 % de matière organique), soit 10,5 t N/ha. Dans le cas d'une monoculture de maïs, la minéralisation apparente annuelle est de :  $10\,500 \text{ kg} \times 0,01 = 105 \text{ kg}$ . Dans le cas d'une prairie de ray-grass anglais, la matière organique du sol ne diminue pas, mais augmente sensiblement, d'où le chiffre négatif figurant tableau 2.

Le faible lessivage d'azote sous prairie fauchée résulte donc non seulement des exportations d'azote par la prairie (150 kg/ha/an), mais aussi d'un stockage important d'azote par la matière organique du sol (environ 50 kg/ha/an).

## 2 - Lessivage de l'azote sous prairie fauchée en moyenne montagne

### — Cases lysimétriques de Theix - Saint Genès

Le tableau 3 présente une synthèse des résultats lysimétriques obtenus à Theix - Saint-Genès (Puy-de-Dôme, altitude : 800 m, sol granitique), sous prairie permanente de fauche (TRIBOÏ, 1981 ; TRIBOÏ et GACHON, 1985). Les conditions climatiques sont celles de la moyenne montagne du Massif Central, sur versant est : 800 mm de précipitations annuelles avec un drainage voisin de 400 mm. Le sol, d'origine granitique, est riche en matière organique (6,7 % pour l'horizon 0-5 cm, et 2,2 % pour l'horizon 5-20 cm).

A partir de ces résultats, les quantités moyennes annuelles d'azote lessivé par période peuvent être estimées par la régression suivante :

$$N_{\text{les}} = 0,49 + 3,0 \cdot 10^{-5} (N_m^3 / P) ; R^2 = 0,875$$

Traitement et profondeur	Période	Apports d'azote		Azote lessivé
		minéral	lisier	
Témoïn 80 cm	1	0	0	4
	2	0	0	1
	3	15	0	1
Lisier 80 cm	1	0	73	3
	2	0	134	2
	3	0	31	1
N minéral 80 cm	1	368	0	13
	2	364	0	6
	3	210	0	7
N minéral et lisier 80 cm	1	368	73	14
	2	364	134	8
	3	210	23	0
N minéral et lisier (irrigué)	1	368	73	32
	2	390	134	18
	3	210	23	1
N minéral et lisier 40 cm	1	368	73	60
	2	364	134	39
	3	210	23	19
N minéral et lisier 20 cm	1	368	73	75
	2	364	134	69
	3	210	23	5

TABLEAU 3 : Quantités annuelles d'azote lessivées sous prairie de fauche (kg/ha/an), sous cases lysimétriques de 80, 40 et 20 cm de profondeur, pour différents niveaux de fertilisation azotée minérale et organique (Theix - Saint Genès, Massif Central ; 3 moyennes annuelles pour des périodes de 4 à 5 ans, entre 1969 et 1982).

TABLE 3 : Average nitrogen leaching (kg/ha/year) under mown permanent grasslands, for different organic and mineral nitrogen levels, below depths of 80, 40 and 20 cm in lysimeters (Theix - Saint Genès, Central Massif ; 3 annual means, for 4 to 5 year periods, measured between 1969 and 1982).

où  $N_{les}$  est la quantité annuelle d'azote lessivé (kg/ha/an),  $N_m$  l'apport d'azote minéral (kg/ha/an) et  $P$  la profondeur du sol (cm).

Il apparaît ici que les apports de lisier (correspondant à des doses d'azote comprises entre 0 et 130 kg/ha/an) n'ont pas d'influence sur la quantité annuelle d'azote lessivée, contrairement aux apports minéraux qui, dans ce contexte, agissent en fonction de leur puissance 3, en interaction négative avec la profondeur du sol (de 20 à 80 cm). Ce résultat s'explique sans doute par le faible volume des épandages de lisier pratiqués dans cette expérience (environ 5, 15 et 30 m<sup>3</sup>/ha).

— Prairie permanente des cases lysimétriques de Marcenat

Entre 1974 et 1988, dix cases du dispositif lysimétrique de Marcenat (Cantal, altitude : 1 050 m, sol andique sur basalte), profondes de 55 cm, ont reçu des doses

combinées d'azote sous forme minérale (0 à 360 kg/ha/an) et de lisier (0 à 300 kg/ha/an), allant ainsi globalement de 0 à 660 kg/ha/an (tableau 4). Les quantités moyennes d'azote lessivé au cours de 3 périodes sont présentées dans le tableau 4.

Période	1974 - 1978			1979 - 1982			1983 - 1988			
	Case	Nl	Apports Nm	Nles	Nl	Apports Nm	Nles	Nl	Apports Nm	Nles
a (+)		302	360	130	313	0	16	212	0	43
b (+)		61	360	77	63	0	8	42	0	8
c (+)					130	0	6	83	0	5
d (+)					60	100	4	43	67	4
e (+)		0	360	47	130	50	48	83	25	2
f (+)		0	360	41	63	50	9	42	33	2
g (+)		61	360	79	0	0	4	0	0	6
h (*)					130	50	8	83	33	43
i (*)					130	100	5	83	67	22
j (*)		0	360	40	130	150	6	83	100	50

(+) pré de fauche de Marcenat  
 (\*) pelouse d'estive de Landeyrat

TABLEAU 4 : Quantités annuelles d'azote épandu (N minéral et N lisier ; kg/ha/an) et quantités moyennes d'azote lessivé (kg/ha/an) sous sol andique au domaine expérimental de Marcenat (Cantal) au cours de trois périodes expérimentales successives (1974 à 1988).

TABLE 4 : Nitrogen fertilizers (kg/ha/year) and average annual nitrogen leaching (kg/ha/year) below volcanic soil at Marcenat (Cantal) for 3 experimental periods between 1974 and 1988.

Nous avons pu mettre en évidence la régression suivante :

$$N_{les} = 9,6 + 4,6.10^{-5} (N_m^3 / P) + 0,80 (N_l.N_m) + 28,4 D ; R^2 = 0,833$$

$N_{les}$  désigne la quantité annuelle d'azote lessivé (kg/ha/an),  $N_l$  la quantité d'azote apportée par le lisier (kg/ha/an),  $N_m$  les apports d'azote minéral (kg/ha/an),  $P$  la profondeur du sol (égale à 55 cm) et  $D$ , un indice (codé 0 ou 1), lié au déplacement en 1982 de 3 cases du site des estives de Landeyrat au site de Marcenat ( $D = 0$  avant 1982, et  $D = 1$  après 1982).

Ces résultats montrent que le lessivage d'azote augmente très rapidement pour des doses croissantes d'azote minéral (relation cubique), ainsi que pour des doses croissantes de lisier (relation linéaire). Par ailleurs, on remarque une interaction positive entre les deux sources d'azote épandues (lisier et ammonitrate) sur les pertes par lessivage dans le cas de la prairie de fauche du site de Marcenat : les pertes d'azote par lessivage sont aggravées lorsque l'on combine les deux sources d'azote. Une telle interaction n'est pas observée pour les cases correspondant à la pelouse d'estive de Landeyrat.

### 3 - La prairie fauchée et les risques de pollution nitrique

Les résultats précédents montrent que les prairies de fauche ne sont pas sans risque vis-à-vis de la pollution nitrique lorsque les apports azotés organiques ou minéraux sont importants.

— *Importance d'une fertilisation raisonnée*

A Marcenat, le potentiel de production des prairies permanentes fauchées est situé entre 9 et 11 t de MS/ha/an (soit environ 250 kg d'azote exportés par les récoltes).

Les résultats obtenus sur ce site mettent en évidence une augmentation du lessivage de l'azote au cours de l'hiver suivant une année de faible productivité. Ainsi, après une année sèche comme 1976, le lessivage d'azote est particulièrement important. Dans ces cases de profondeur moyenne (55 cm), les pertes d'azote dépassent 40 kg/ha/an, lorsque les apports d'azote minéral excèdent 350 kg/ha/an. Un apport azoté supplémentaire en fin d'hiver de 61 kg/ha/an, sous forme de lisier, entraîne une augmentation des pertes par lessivage de 35 kg/ha/an.

A Theix - Saint Genès, les bilans d'azote en cases lysimétriques sous prairie permanente sont les suivants :

profondeur du sol (cm)	20	40	80
potentiel de production (t MS/ha/an)	9,4	10,7	13
azote exporté (apport : 475 kg/ha/an)	235	270	325
azote lessivé (kg/ha/an)	>65	>35	<15
stockage et autres pertes (kg/ha/an)	180	170	135

A Marcenat comme à Theix, on remarque le même type de réponse à l'apport d'azote (relation cubique). Une telle relation n'est pas observée sous les cases de Quimper, où le niveau de fertilisation azotée est modéré eu égard au potentiel de production de la prairie sous climat atlantique. Aux Pays-Bas, STEENVOORDEN (1983) a observé sous prairie fauchée que les concentrations en azote nitrique des eaux drainées augmentent rapidement pour des apports d'azote supérieurs à 500 kg/ha/an, les concentrations dépassant 60 mg/l au-delà de 600 kg/ha/an.

A Marcenat, il est également important de souligner que l'interaction positive entre les apports d'azote sous forme minérale et sous forme de lisier aggrave les risques de pollution nitrique. La coexistence des deux formes d'apports au pâturage (engrais minéraux et restitutions par les animaux sous forme de bouses et de pissats) pourrait peut-être conduire à une interaction du même type qu'il convient de ne pas ignorer.

— *Dangers d'une dégradation de la végétation*

Nous avons souligné qu'à Quimper un apport modéré d'azote à l'automne sur prairie bien installée n'augmentait que faiblement les quantités d'azote lessi-

vées : 20 kg/ha/an au lieu de 7, ce qui est nettement inférieur aux quantités mesurées sous cultures annuelles. Cet apport peut donc être considéré comme sans danger vis-à-vis de la pollution nitrique, sous réserve qu'il soit effectué sur une prairie en bon état et non sur une prairie dégradée.

La figure 3 présente le cas d'une situation dégradée, à Quimper, à la suite de l'été sec de 1984 (269 mm de précipitations d'avril à fin septembre).

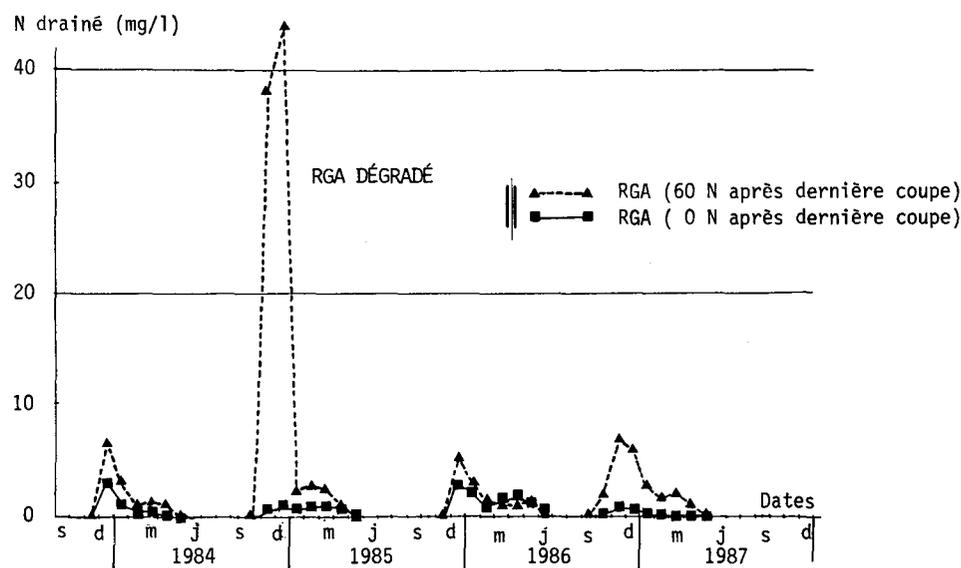


FIGURE 3 : Cinétique du lessivage de l'azote sous prairie de ray-grass anglais (RGA) fauché, pour 4 années lysimétriques successives (1983-1987) : évolution de la concentration en N nitrique des eaux drainées avec ou sans apport d'azote (60 kg N/ha) à l'automne.

FIGURE 3 : Kinetics of nitrogen leaching under a mown rye grass sward (RGA) during 4 years (1983-1987) ;  $\text{NO}_3\text{-N}$  concentration of leachates with or without nitrogen application (60 kg N/ha) in Autumn.

L'apport d'azote à l'automne 1984, sur prairie dégradée, s'accompagne d'un pic de concentration en azote nitrique très accusé au cours de l'hiver suivant, ce qui n'est pas le cas en année normale. Il s'ensuit un lessivage d'azote très important au cours de l'hiver : 129 kg N/ha/an au lieu de 20. Cette quantité importante d'azote lessivé provient probablement non seulement de l'azote de l'engrais, mais aussi de l'azote minéralisé à l'automne à la reprise des précipitations, azote non valorisé par une prairie en mauvais état.

*Pour limiter les risques de pollution azotée en prairie conduite en régime fauche, il convient donc de :*

— limiter les apports d'azote à des niveaux compatibles avec les besoins des cultures ; il importe donc de connaître le potentiel de production de ses prairies ;

— éviter de combiner des apports massifs de lisier avec une forte fertilisation minérale azotée ;

— limiter les apports d'azote à l'automne, ces derniers devant être raisonnés en fonction des possibilités locales de croissance hivernale de la prairie ;

— éviter les apports d'automne sur prairie à végétation dégradée, ou après une longue période de sécheresse.

## **Pertes d'azote par lessivage sous prairie pâturée**

Les principaux résultats concernant les pertes d'azote sous prairie pâturée ont été obtenus en Grande-Bretagne (RYDEN et al., 1984 ; GARWOOD et al., 1986 ; WHITEHEAD et al., 1986 ; JARVIS et al., 1989), dans les conditions pédo-climatiques du sud des îles britanniques.

Sous une prairie de ray-grass anglais, recevant 420 kg d'azote minéral par hectare et par an, RYDEN et GARWOOD ont comparé les principaux termes du bilan de l'azote, en régime de pâturage par des bovins à viande ou de fauche (GARWOOD et al., 1986, et WHITEHEAD et al., 1986).

Sous la prairie fauchée, les résultats obtenus par ces auteurs sont en bon accord avec les résultats lysimétriques présentés plus haut. Pour des apports d'azote très élevés (435 kg/ha/an dont 420 par les engrais et 15 par l'atmosphère), 300 kg/ha/an sont exportés par la plante, 90 sont stockés par la matière organique du sol, 20 sont perdus par dénitrification et 29 sont lessivés.

Sous la même prairie pâturée par des bovins, les termes du bilan sont présentés figure 4. Pour les mêmes apports d'azote, RYDEN et GARWOOD mettent en évidence des sorties d'azote nettement plus conséquentes :

- 160 kg/ha/an par lessivage,
- 70 kg/ha/an par volatilisation,
- 40 kg/ha/an par dénitrification.

Le stockage d'azote par la matière organique du sol est ici estimé à 110 kg/ha/an.

Ainsi, les pertes d'azote sous prairie pâturée apparaissent nettement plus élevées que celles observées sous prairie fauchée, la différence s'expliquant essentiellement par les quantités importantes d'azote retournant à la prairie dans les déjections animales.

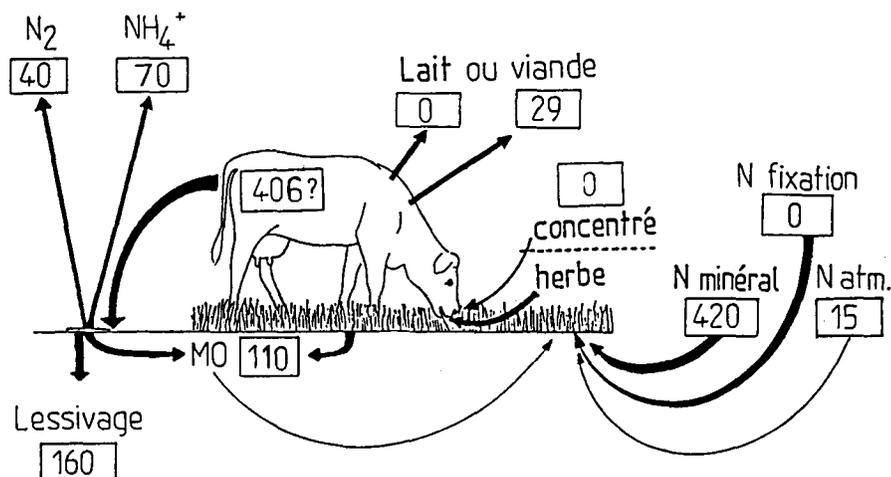


FIGURE 4 : Bilan de l'azote pour une prairie de ray-grass anglais pâturée par des bovins à viande (d'après les données de GARWOOD et RYDEN).

FIGURE 4 : N balances for a perennial ryegrass sward, grazed by beef cattle (data from GARWOOD et RYDEN).

Cette comparaison expérimentale est particulièrement démonstrative. Toutefois, dans la pratique, il n'est pas nécessaire d'apporter 420 kg N/ha/an pour atteindre de tels niveaux de production.

Par ailleurs, sous prairie de ray-grass anglais associé au trèfle blanc, ces mêmes auteurs montrent que, pour des entrées d'azote nettement plus faibles (175 kg/ha/an, dont 160 pour la fixation symbiotique et 15 pour l'atmosphère), 23 kg d'azote/ha/an sont exportés par la viande, les autres sorties d'azote se répartissant comme suit :

- 23 kg/ha/an pour le lessivage,
- 10 kg/ha/an de volatilisation,
- 4 kg/ha/an de dénitrification.

Dans ce dernier cas comme dans le précédent, 110 kg N/ha/an sont stockés dans la matière organique du sol.

Ce plus faible lessivage d'azote sous association ray-grass anglais - trèfle blanc s'explique principalement par le caractère plus extensif de la culture : entrées d'azote modérées (175 kg/ha/an contre 435) et une production animale plus faible (– 20%, si l'on se réfère aux quantités d'azote exportées par la viande mentionnées par ces auteurs).

D'autres travaux, réalisés dans les conditions pédo-climatiques de la Nouvelle-Zélande (STEELE et al., 1984), corroborent les résultats précédents. Pour des précipitations très élevées, sans rapport avec celles relevées en France (1 840 mm/an) et un drainage considérable (985 mm/an), les pertes d'azote sous pâture sont élevées : de 88 à 193 kg/ha/an pour des niveaux de fertilisation azotée respectivement égaux à 0 et 172 kg/ha/an (sous forme d'urée).

## **Conclusion**

Si la prairie fauchée paraît être le système de culture le moins polluant vis-à-vis de la pollution nitrique, sous réserve de pratiquer une fertilisation azotée compatible avec ses besoins, la fertilisation azotée intensive en prairie pâturée semble présenter des dangers non négligeables : les exportations d'azote par les productions animales sont alors faibles comparativement aux quantités ingérées par les animaux. La différence se retrouve au niveau des déjections (bouses et surtout pis-sats) qui retournent soit directement à la pâture, soit à la stabulation. Il en résulte des bilans d'azote excédentaires qui se traduisent par des pertes d'azote conséquentes vers l'atmosphère (une centaine de kg sous forme d'azote gazeux et d'ammoniac) et vers les nappes phréatiques (plus de 150 kg/ha/an pour une fertilisation azotée de 410 kg/ha/an). Selon les auteurs anglo-saxons, le lessivage d'azote serait plus modéré sous association ray-grass anglais - trèfle blanc conduite sans apport d'engrais azotés minéraux.

En l'absence de référence de pertes d'azote par lessivage dans nos conditions pédo-climatiques locales, des études sur ce thème devraient être engagées dans les régions françaises concernées par ce problème. Ainsi, dans l'Ouest de la France où la production bovine tient une place importante, diverses études doivent être prochainement engagées, notamment à La Jaillière près d'Angers (ITCF - INRA) et à Quimper (INRA - CEMAGREF - SUAD du Finistère), c'est-à-dire dans des conditions pédo-climatiques très différentes. Ces travaux devraient apporter à moyen terme les réponses aux principales questions posées.

Exposé présenté aux Journées A.F.P.F. 1989

## **Remerciements**

Nos remerciements vont aux ingénieurs et aux techniciens qui ont assuré la conduite des lysimètres et les analyses au laboratoire : MM. LOUYOT, ALBARET et ROUS (Marcenat) ; MM. DELPY et PONS (Clermont-Ferrand) ; MM. TRELLU et BLAIZE (Quimper).

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- COPPENET M. (1969) : "Résultats de 12 années d'observations lysimétriques à Quimper (1954-1965)", *Ann. Agron.*, 20 (2), 111-143.
- GARWOOD E.A., RYDEN J.C. et TYSON K.C. (1986) : "Nitrogen losses from drained grassland", *Occasional symposium 20, Brit. Grass. Soc.*, Grassland manuring, 70-74.
- JARVIS S.C., HATCH D.J. et ROBERTS D.H. (1989) : "The effects of grassland management on nitrogen losses from grazed swards through ammonia volatilization ; the relationship to excretal N returns from cattle", *J. Agric. Sci. Camb.*, 112, 205-216.
- RYDEN J.C., BALL P.R. et GARWOOD E.A. (1984) : "Nitrate leaching from grassland", *Nature*, vol. 311, N° 5981, 50-53.
- SIMON J.C. et LE CORRE (1988) : "Lessivage d'azote en monoculture de maïs, en sol granitique du Finistère", *Fourrages*, 114, 193-207.
- SIMON J.C. et DUVAL L. (1989) : "Evolution de la matière organique dans les sols de Bretagne occidentale", Numéro Spécial d'Agronomie de la revue *A la Pointe de l'Elevage*, 4 p. (à paraître).
- STEELE K.W., JUDD M.J. et SHANNON P.W. (1984) : "Leaching of nitrate and other nutrients from a grazed pasture", *New Zealand J. of Agric. Res.*, vol. 27, 5-11.
- STEENVOORDEN J. (1983) : "Losses of nitrogen from intensive grassland systems by leaching and surface runoff", *E.E.C. Workshop Nitrogen flues in intensive grassland systems*, Wageningen, 12-14 October 1983.
- TRIBOI E. (1981) : "Bilans hydriques et minéraux en relation avec le système cultural", Colloque franco-roumain Suceava, *Probleme de Agrofitehnie teoretice si aplicata*, vol. III, N° 3, 229-258.
- TRIBOI E. et GACHON L. (1985) : *Transfert des nitrates dans le sol en relation avec le système de culture. Devenir de l'azote minéral apporté comme engrais*, Coll. "Nitrates dans les eaux", Paris, 22-24 oct. 85, 15 p.
- WHITEHEAD D.C., GARWOOD E.A. et RYDEN J.C. (1986) : "The efficiency of nitrogen use in relation to grassland productivity", *Annual Report*, Animal and Grassland Research Institute, 86-89.

### RÉSUMÉ

Les pertes d'azote par lessivage sous prairie fauchée ont été contrôlées en cases lysimétriques, dans les conditions pédo-climatiques de Bretagne Occidentale (Quimper) et du Massif Central (Marcenat et Theix). En moyenne, les pertes annuelles d'azote nitrique par lessivage sont faibles pour des niveaux de fertilisation azotée correspondant aux exportations d'azote par la prairie (10 à 20 kg/ha/an). Ces pertes augmentent si le niveau de fertilisation azotée n'est pas compatible avec le potentiel de production de la prairie.

Par contre, selon nos collègues britanniques, les pertes d'azote sous prairie pâturée recevant une fertilisation azotée élevée (420 kg N/ha/an) sont importantes (160 kg N/ha/an). Ces pertes seraient nettement plus faibles dans le cas d'une pâture à base de ray-grass anglais - trèfle blanc sans apport d'azote minéral (23 kg N/ha/an).

**SUMMARY**

***Effect of pastures on the drainage of nitrates to ground-water***

Nitrogen losses by leaching under mown grasslands have been studied in lysimeters under the pedo-climatic conditions of the S.W. tip of Brittany (Quimper) and of the Massif Central (Marcenat and Theix). Annual Nitrogen losses are low (10 to 20 kg/ha/year) when the fertilizer inputs are in accordance with herbage removals. These losses are larger when the nitrogen inputs don't square with the expected yield.

Nevertheless, according to our British fellow workers, the grazing animal profoundly alters the nitrogen losses. For a high level of fertilizer-N (420 kg/ha/year), the amounts of nitrate leached below a grass sward grazed by cattle are considerable (160 kg/ha/year). These losses are lower for a perennial ryegrass - white clover association (23 kg/ha/year), when no fertilizer N is given.