

Influence des déjections bovines sur les pertes par lixiviation sous un gazon de graminées

Jakob Troxler, Jean-Pierre Ryser, Jean-Paul Pittet, Hélène Jaccard et Bernard Jeangros,
Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon 1
Renseignements: Bernard Jeangros, e-mail: bernard.jeangros@acw.admin.ch, tél. +41 22 363 47 38



Photo ACW

Les risques de pertes en éléments fertilisants sous un pâturage ont été évalués en lysimètres : différentes quantités de bouses et de pissats y ont été déposées.

Introduction

Sur un pâturage exploité intensivement, les vaches déposent en moyenne une à deux bouses ou pissats par m² au cours d'une saison de pâture. Comment les quantités importantes d'éléments fertilisants contenus dans ces déjections sont-elles valorisées par les plantes?

Différentes études ont montré que les déjections bovines avaient des effets sur la production d'herbe, mais aussi sur les pertes en éléments fertilisants (Decau *et al.* 2004; Smith *et al.* 2002; Stout *et al.* 1997; Cuttle et Bourne 1993). Afin de préciser ces effets dans nos conditions, un

essai a été mis en place dans des lysimètres à Changins. Dans un premier article, Troxler *et al.* (2008) ont décrit l'effet des déjections bovines sur la croissance et la teneur en éléments fertilisants d'un gazon de graminées. L'application de pissats a conduit à une nette augmentation du rendement en matière sèche. Les bouses ont eu un effet beaucoup moins marqué, plus tardif et plus durable que les pissats.

Le but de ce deuxième article est de caractériser l'effet des bouses et des pissats sur les pertes en éléments fertilisants par lixiviation et d'en déduire des recommandations pratiques pour minimiser les risques de pertes et d'atteintes à l'environnement.

Matériel et méthodes

L'essai a été réalisé à Changins de 1997 à 2000 dans 19 lysimètres remplis d'un sol prélevé sur le domaine de Changins (pH: 8,1, matière organique: 1,4 %, argile: 27 %; Troxler et al. 2008). Le gazon était composé de 95 % de ray-grass anglais (*Lolium perenne*, var. Arion) et de 5 % de pâturin des prés (*Poa pratensis*, var. Monopoly). L'essai comprenait dix procédés (tabl. 1). Le témoin sans déjection et les huit procédés avec déjections ont été répétés dans deux lysimètres, mais pas le procédé «Sol nu» sans végétation ni apport. Les huit procédés avec déjections ont été obtenus en combinant deux types de déjections (bouses ou pissats, tabl. 2), deux époques d'application (uniquement en automne ou au printemps et en automne) et une application simple (1 bouse de 2 kg ou 1 pissat de 2 l) ou double (2 bouses ou 2 pissats). Les bouses et les pissats ont été appliqués en 1997 et 1998 et les arrière-effets mesurés jusqu'à fin 2000. Une fertilisation minérale identique (6 x 20 kg/ha N, 16 kg/ha P, 27 kg/ha K et 20 kg/ha Mg) a été appliquée de 1997 à 2000 dans tous les procédés, sauf dans le procédé «Sol nu». Pour simuler la pâture, les graminées ont été fauchées toutes les 4 semaines (8 coupes/an). Les quantités d'eau de drainage et ses teneurs en éléments fertilisants totaux (N, P, K et Mg) ont été régulièrement mesurées selon les méthodes du laboratoire Sol-Conseil à Nyon. Au total, 22 séquences ont été analysées dès l'application des premières déjections (15.05.97) jusqu'à décembre 2000 (15.12.00).

Résultats et discussion

Pertes en azote

Les pertes en azote total par lixiviation mesurées de 1997 à 2000 varient beaucoup d'un procédé à l'autre (fig. 1). Nettement inférieures à 100 kg/ha en l'absence de déjection (témoin) ou avec 1 à 2 bouses par année (procédés 1Ba, 2Ba et 2Bpa), elles atteignent près de 500 kg/ha dans le procédé à 4 pissats par année (4Ppa). Les pertes en azote sont en moyenne 3 fois plus élevées dans les procédés avec pissats que dans ceux avec bouses, les pertes les plus importantes étant enregistrées dans les procédés avec 2 pissats en automne (2Pa et 4Ppa). Deux pissats répartis au printemps et en automne (2Ppa) engendrent moins de pertes que deux pissats en automne (2Pa). Cela s'explique en bonne partie par une meilleure croissance du gazon et des prélèvements plus importants d'azote dans le procédé 2Ppa (tabl. 1).

Diverses études confirment que plus la date d'application d'urine est tardive, plus la quantité d'azote retrouvé dans le sol est grande (Cuttle et Bourne 1993; >

■ **Résumé** Des bouses et des pissats de bovins ont été appliqués pendant deux ans, à deux époques de l'année et en quantité simple ou double, sur un gazon de graminées cultivé en lysimètres afin d'évaluer les pertes en éléments fertilisants par lixiviation. Les pertes en azote total ont varié de 18 à 226 kg/ha/an. Inférieures à 50 kg/ha/an dans les procédés sans déjection ou avec bouses, elles dépassaient nettement 100 kg/ha/an dans les procédés avec 2 pissats par m² en automne. Les pertes en phosphore total ont été négligeables, toujours inférieures à 1 kg/ha/an. Malgré un bilan apparent (apports – exportation par les huit récoltes annuelles) très variable selon le procédé, les pertes en potassium total n'ont guère été influencées par les déjections. Très souvent proches de 30 kg/ha/an, elles ont atteint 49 kg/ha/an dans le procédé avec le bilan K le plus excédentaire (+716 kg/ha/an avec 4 pissats par année). Les pertes en magnésium total s'élevaient en moyenne à 70 kg/ha/an. Toujours supérieures au bilan, elles ont été peu influencées par les déjections. Pour limiter les risques de pertes au pâturage, surtout en azote, une répartition homogène des déjections doit être favorisée par une disposition et un nombre de parcs adaptés, une courte durée de séjour par parc et un rythme de pâture régulier durant toute la saison. En automne, la pâture intégrale devrait être évitée.

Tableau 1 | Quantités annuelles (kg/ha/an) d'azote, de phosphore, de potassium et de magnésium apportées (fertilisation minérale + déjections), exportées par les récoltes et perdues par lixiviation (moyennes de 2 lysimètres, sauf pour le procédé «Sol nu»)

Procédé	Témoïn	1Ba	2Ba	2Bpa	4Bpa	1Pa	2Pa	2Ppa	4Ppa	Sol nu
Type de déjection	–	Bouse	Bouse	Bouse	Bouse	Pissat	Pissat	Pissat	Pissat	–
Application au printemps ¹	–	–	–	1	2	–	–	1	2	–
Application en automne ²	–	1	2	1	2	1	2	1	2	–
Azote (N)										
Apport fertilisation minérale	120	120	120	120	120	120	120	120	120	0
Apport déjections ³	0	71	142	130	260	144	288	268	536	0
Déposition atmosphérique	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Exportation par les récoltes ³	85	81	105	94	106	111	126	177	235	0
Bilan apparent⁴	60	135	181	181	299	178	307	236	447	25
Pertes par lixiviation⁵	18	20	26	26	46	91	144	87	226	147
Phosphore (P)										
Apport fertilisation minérale	16	16	16	16	16	16	16	16	16	0
Apport déjections ³	0	25	50	42	83	0	0	1	1	0
Exportation par les récoltes ³	18	16	21	19	21	20	22	29	33	0
Bilan apparent⁴	-2	25	45	39	79	-4	-6	-13	-16	0
Pertes par lixiviation⁶	0,14	0,15	0,30	0,20	0,33	0,21	0,15	0,20	0,18	0,26
Potassium (K)										
Apport fertilisation minérale	27	27	27	27	27	27	27	27	27	0
Apport déjections ³	0	21	42	48	96	252	504	495	990	0
Exportation par les récoltes ³	115	106	125	117	133	143	165	231	301	0
Bilan apparent⁴	-88	-58	-56	-42	-10	135	365	291	716	0
Pertes par lixiviation⁶	24	23	33	28	26	30	31	28	49	23
Magnésium (Mg)										
Apport fertilisation minérale	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0
Apport déjections ³	0	18	35	30	60	4	8	6	12	0
Exportation par les récoltes ³	10	9	11	10	11	13	13	19	22	0
Bilan apparent⁴	10	29	44	40	69	12	15	8	10	0
Pertes par lixiviation⁶	70	68	66	67	70	70	82	76	74	67

¹ Application à mi-mai, 1 = application simple, 2 = application double

² Application à mi-septembre, 1 = application simple, 2 = application double

³ Moyenne 1997 – 1998

⁴ Somme des apports – exportation par les récoltes d'herbe, moyenne 1997 – 1998

⁵ (Somme des pertes du 15.05.97 au 15.04.99)/2

⁶ (Somme des pertes du 15.05.97 au 17.04.00)/3

Stout *et al.* 1997). Si la végétation n'absorbe pas cet azote, les risques de lixiviation augmentent considérablement. Vertes *et al.* (1997) ont observé un lessivage d'azote de 48 kg/ha après émission d'un pissat au mois de mai, contre 127 kg/ha pour le même pissat émis en septembre.

Une analyse plus fine de la figure 1 montre que la majorité des différences entre les procédés se sont produites à la fin du premier hiver (mesure du 27.02.98) et surtout du deuxième (mesure du 26.03.99). Les pertes importantes observées en fin d'hiver 1998/99 s'expli-

quent en partie par les fortes précipitations des mois de février et mars 1999 (200 mm, contre 35 mm pour la même période en 1998). A partir du 15.04.99, soit 6 mois après la dernière application de déjections, les pertes en azote par lixiviation diminuent considérablement et les différences entre les procédés se stabilisent. Jusqu'au 27.02.98, c'est dans le procédé «Sol nu» que sont apparues les pertes les plus importantes. Ces pertes proviennent essentiellement de la minéralisation de la matière organique puisqu'il n'y a eu aucun apport, ni d'engrais minéral, ni de déjection.

Tableau 2 | Teneur moyenne en éléments fertilisants (g/kg) des bouses et des pissats appliqués dans les procédés avec déjections en 1997 et 1998 (moyenne de 4 analyses)

	MS	MO	N _{tot}	P	K	Mg
Bouses	112,1	89,5	3,25	1,04	1,21	0,75
Pissats	53,0	22,7	6,70	0,01	12,38	0,15

MS: matière sèche
MO: matière organique

Le tableau 1 donne le bilan apparent de l'azote (apports – exportation par les récoltes d'herbe) en moyenne des années 1997 et 1998. Ce bilan est positif dans tous les procédés avec un gazon de graminées (de +60 à +447 kg/ha/an), en partie parce que celui-ci n'a pas très bien poussé dans les lysimètres (Troxler *et al.* 2008). En 1997 et 1998, les pertes annuelles en azote par lixiviation ont varié entre 18 et 226 kg/ha/an. La comparaison des bilans apparents et des pertes annuelles par lixiviation révèle une très bonne relation si les procédés avec bouses et ceux avec pissats sont pris séparément (fig. 2). Chaque kilogramme d'azote contenu dans les déjections qui n'est pas prélevé par la végétation et exporté par les récoltes entraîne une augmentation des pertes en azote de 0,53 kg pour les pissats et de seulement 0,12 kg pour les bouses.

Les quantités d'azote lessivées dans cet essai sont conformes aux observations de Laurent *et al.* (2000) et de Vertes *et al.* (1994 et 1997). Les pertes plus élevées provoquées par des pissats que par un apport d'engrais minéral ou par des déjections sous forme de fèces ont déjà été décrites (Decau *et al.* 2004; Stout *et al.* 1997). L'urine contient plus d'azote que les bouses (tabl. 2) et cet azote est surtout présent sous forme uréique. Un pissat génère de fortes concentrations d'azote, largement supérieures aux capacités d'absorption du couvert végétal et de réorganisation par la voie microbienne (Laurent *et al.* 2000). D'autre part, l'urine s'infiltré immédiatement dans le sol où l'urée est hydrolysée et nitrifiée, devenant ainsi sujette à la lixiviation. A l'opposé, l'azote des bouses se trouve en grande partie sous forme organique et doit d'abord être minéralisé avant de s'infiltrer dans le sol.

En cas de pâture intégrale à basse altitude, on peut compter en moyenne 1,3 bouses et pissats par m² et par saison (observations personnelles). Ainsi, les pertes d'azote par lixiviation sous un pâturage dominé par le ray-grass anglais et recevant une fumure minérale de 120 kg/ha/an peuvent être estimées à environ 50 kg/ha/an lorsque la répartition des déjections est régulière. Dans les zones à forte concentration de pissats, les pertes peuvent être beaucoup plus importantes. Cette situation peut être évitée par une bonne conduite de la pâture: disposition et nombre des parcs adaptés, courte

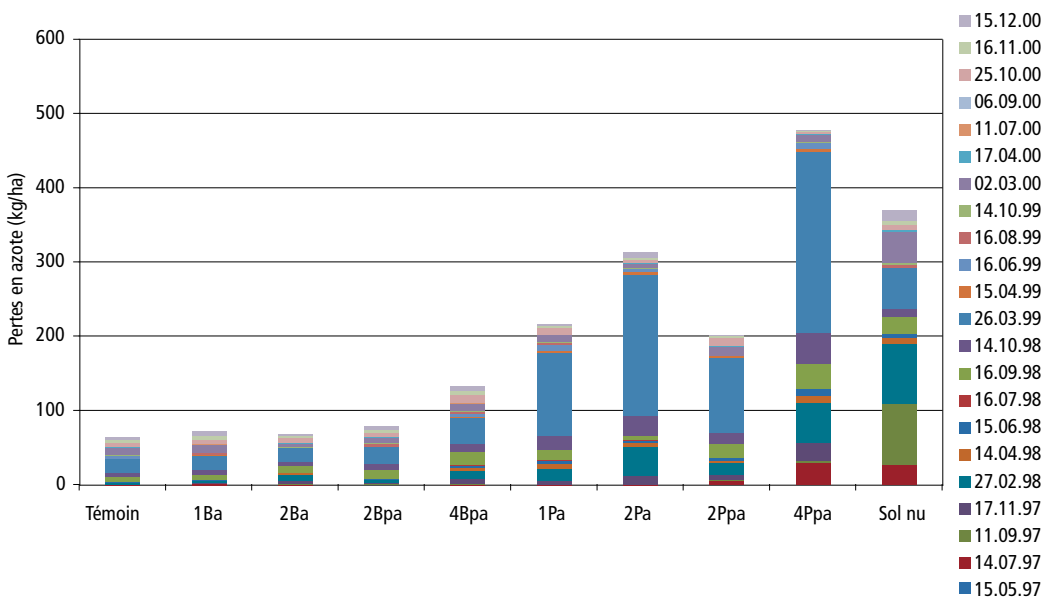


Figure 1 | Pertes en azote total par lixiviation du 15.05.97 au 15.12.00 (22 séquences) pour différents apports de bouses et de pissats (légende des procédés, voir tabl. 1).

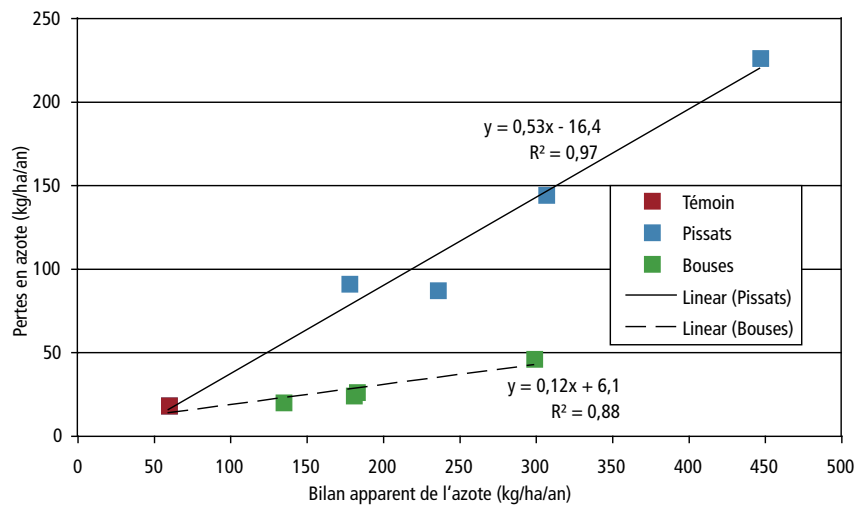


Figure 2 | Relation entre le bilan apparent de l'azote et les pertes d'azote par lixiviation (moyenne des années 1997 et 1998; symbole rouge = témoin sans déjection, symboles bleus = procédés avec pissats, symboles verts = procédés avec bouses; trait continu = régression sur le témoin sans déjection et les procédés avec pissats; traitillé = régression sur le témoin sans déjection et les procédés avec bouses).

durée de séjour par parc et rythme de pâture régulier durant toute la saison. Les risques de pertes sous les pissats déposés en automne étant particulièrement élevés, une pâture intégrale devrait être évitée en fin de saison. Enfin, une utilisation sous forme de fauche en alternance avec la pâture peut largement contribuer à réduire les pertes en azote (Laurent *et al.* 2000).

Pertes en phosphore

Les pertes en phosphore total mesurées dans l'eau de drainage de 1997 à 2000 sont très faibles, comprises entre 0,5 à 1,3 kg/ha (fig. 3). Elles sont légèrement plus marquées dans les procédés avec 2 bouses en automne (2Ba et 4Bpa). Dans tous les procédés, l'essentiel des pertes en P s'est produit tardivement, en fin d'hiver 1998/99 (mesure du 26.03.99) et surtout en fin d'hiver 1999/00 (mesure du 2.03.00) marqué par de fortes précipitations en février (122 mm).

Le bilan apparent annuel du phosphore est légèrement négatif dans le témoin sans déjection et dans les procédés avec pissats (tabl. 1). Il est positif dans les quatre procédés avec bouses, ces dernières contenant beaucoup plus de phosphore que les pissats (tabl. 2). Bien que les pertes annuelles en P par lixiviation soient

très faibles, celles-ci sont partiellement liées au bilan apparent ($R^2 = 0,60$).

Les faibles pertes en P total observées dans cet essai confirment les observations de Sinaj *et al.* (2002). Ces auteurs ont montré que la plupart des sols avaient un pouvoir de fixation du P élevé et que, même en cas de forte concentration de cet élément dans la solution du sol et d'écoulements préférentiels dans le profil, les risques de lixiviation étaient faibles.

Pertes en potassium

Les pertes en potassium total mesurées de 1997 à 2000 sont assez importantes (fig. 4). Neuf des dix procédés révèlent des pertes proches de 100 kg/ha. Seul le procédé 4Ppa se distingue par des pertes plus élevées (174 kg/ha). Les pertes en K se répartissent assez régulièrement sur toute la période d'essai et les pics de fin d'hiver ont été beaucoup moins marqués que pour N et P.

Le bilan apparent annuel du K est négatif pour le témoin et pour les procédés avec bouses, très largement positif dans les procédés avec pissats où les apports de K par les déjections sont très importants (tabl. 1). A l'exception du procédé 4Ppa, les pertes annuelles par lixiviation dans les procédés avec pissats ne sont toute-

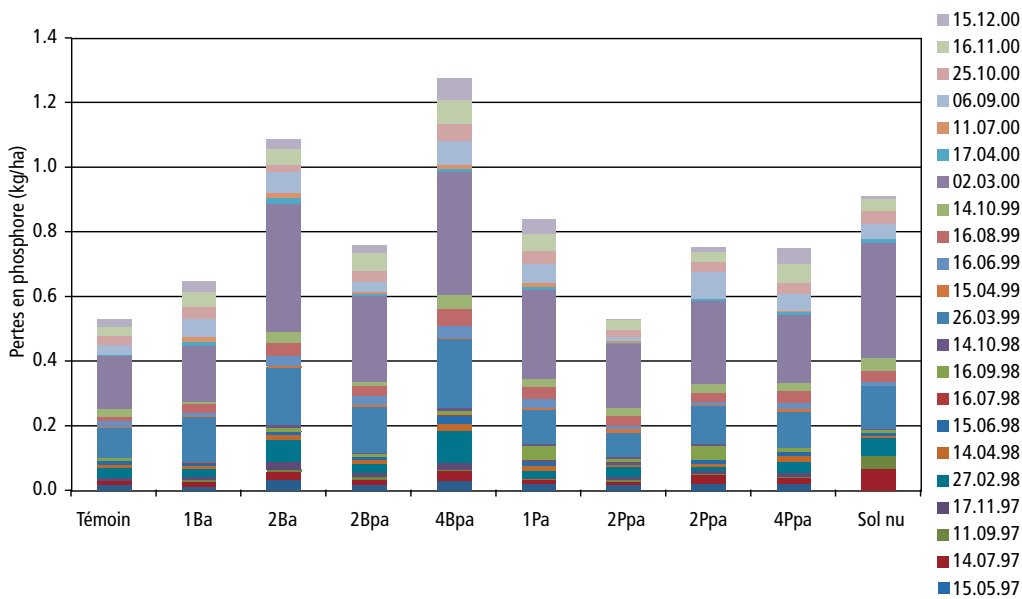


Figure 3 | Pertes en phosphore total par lixiviation du 15.05.97 au 15.12.00 (22 séquences) pour différents apports de bouses et de pissats (légende des procédés, voir tabl. 1).

fois pas plus élevées que dans le témoin et dans les procédés avec bouses (environ 30 kg/ha/an). Pour autant que le bilan apparent ne dépasse pas +400 kg/ha/an, les pertes en K par lixiviation ne semblent donc guère influencées par les déjections.

Les quantités de K perdues par lixiviation dans notre essai sont légèrement inférieures à celles observées par Alfaro *et al.* (2004) et par Kayser *et al.* (2007). Ces derniers ont observé que les pertes sont favorisées par des apports importants et tardifs de K, que ce soit sous forme d'engrais minéral ou d'urine. Nos résultats indiquent que le sol utilisé dans notre essai est doté d'un bon pouvoir de rétention du potassium.

Pertes en magnésium

Les pertes en magnésium observées de 1997 à 2000 sont élevées, du même ordre de grandeur que celles en azote. Ces pertes sont assez proches dans tous les procédés, à peine plus faibles dans le témoin et dans les procédés avec bouses ou «Sol nu» (comprises entre 237 et 249 kg/ha) que dans les procédés avec pissats (entre 249 et 285 kg).

Les pertes en Mg les plus importantes ont été observées à la fin de chaque hiver (mesures des 27.02.98, 26.03.99 et 2.03.00).

Le bilan apparent annuel du Mg est positif dans tous les procédés, légèrement plus dans les procédés avec bouses que dans ceux avec pissats (tabl. 1). Les pertes en Mg par lixiviation dépassent toujours le bilan et ne semblent guère influencées par ce dernier. Dans les procédés avec pissats, les pertes sont 5 à 10 fois plus élevées que le bilan apparent.

Les pertes en Mg mesurées dans cet essai sont étonnamment élevées si on se réfère au bilan apparent ainsi qu'aux quelques valeurs de la littérature. Elles trouvent probablement leur origine dans les caractéristiques du sol utilisé dans cet essai et doivent être généralisées avec prudence.

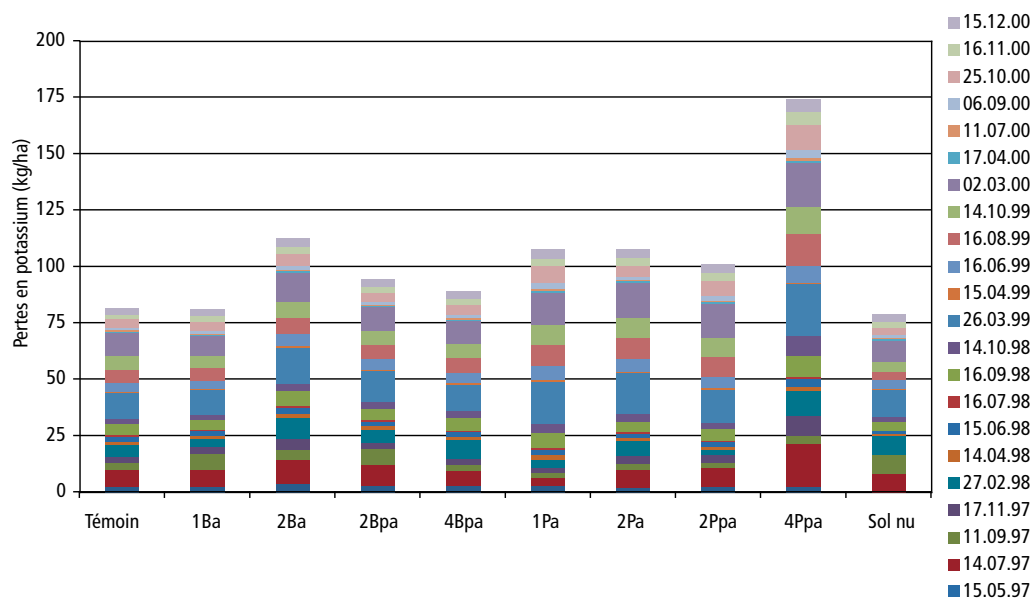


Figure 4 | Pertes en potassium total par lixiviation du 15.05.97 au 15.12.00 (22 séquences) pour différents apports de bouses et de pissats (légende des procédés, voir tabl. 1).

Conclusions

- Dans les conditions de notre essai, les pertes annuelles moyennes par lixiviation ont atteint environ 50 kg N, 30 kg K et 70 kg Mg par ha et par an. Les pertes en phosphore ont été pratiquement nulles (inférieures à 1 kg/ha/an).
- Les pissats ont nettement augmenté les risques de lixiviation d'azote. Les pertes étaient proportionnelles au bilan apparent de l'azote (apports – exportation par les récoltes) et dépassaient 100 kg/ha/an dans les procédés avec 2 pissats par m² en automne.
- Les pertes en potassium et en magnésium ont été peu influencées par les déjections bovines.
- Les résultats obtenus dans cet essai ne peuvent pas être généralisés sans tenir compte des caractéristiques de la végétation, du sol et du climat (précipitations).
- Pour limiter les risques de pertes par lixiviation au pâturage, des pratiques favorisant une répartition homogène des déjections sur toute la surface du pâturage sont toujours recommandées: disposition et nombre de parcs adaptés, courte durée de séjour par parc et rythme de pâture régulier durant toute la saison. En automne, la pâture intégrale devrait être évitée.

Riassunto**Influenza delle deiezioni bovine sulle perdite da lisciviazione sotto un prato di graminacee**

Sull'arco di due anni sono state applicate delle deiezioni bovine di sterco e urina in 2 periodi dell'anno e in quantità semplice e doppia, su di un prato di graminacee coltivato in lisimetri, per valutare la perdita di sostanze nutritive da lisciviazione. Le perdite di azoto totale da lisciviazione variavano tra i 18 ed i 226 kg/ha/anno. Nei processi senza deiezioni o con solo sterco, le perdite erano inferiori ai 50 kg/ha/anno, superando invece nettamente i 100 kg/ha/anno nei processi con 2 apporti d'urina / m² in autunno. Le perdite totali in fosforo sono state trascurabili, sempre inferiori a 1 kg/ha/anno. Nonostante un bilancio apparente (contributi - esportazioni dagli otto raccolti annuali) molto variabile a seconda del procedimento, le perdite totali in potassio non sono state influenzate dalle deiezioni. Molto spesso vicine ai 30 kg/ha/anno, hanno raggiunto i 49 kg/ha/anno nel processo con il K bilancio più eccedente (+ 716 kg/ha/anno con 4 apporti d'urina all'anno). Le perdite in magnesio totale sono pari ad una media di 70 kg/ha/anno. Sempre superiori al bilancio sono state poco influenzate dalle deiezioni. Per contenere il rischio di perdite al pascolo, in particolare in azoto, dovrebbe essere favorita un'equa distribuzione delle deiezioni attraverso una disposizione, un numero adatto di parchi, una breve durata di sosta per parco e un ritmo di pascolo regolare durante tutta la stagione. In autunno il pascolo integrale dovrebbe essere evitato.

Bibliographie

- Alfaro M. A., Jarvis S. C. & Gregory P. J., 2004. Factors affecting potassium leaching in different soils. *Soil Use and Management* **20**, 182–189.
- Cuttle S. P. & Bourne P. C., 1993. Uptake and leaching of nitrogen from artificial urine applied to grassland on different dates during the growing season. *Plant and soil* **150**, 77–86.
- Decau M. L., Simon J. C. & Jacquet A., 2004. Nitrate leaching under grassland as affected by mineral nitrogen fertilisation and cattle urine. *Journal of Environmental Quality* **33**, 637–644.
- Kayser M., Müller J. & Isselstein J., 2007. Potassium leaching from cut grassland and from urine patches. *Soil Use and Management* **23**, 384–392.
- Laurent F., Vertès F., Farruggia A. & Kerveillant P., 2000. Effets de la conduite de la prairie pâturée sur la lixiviation du nitrate. Propositions pour une maîtrise du risque à la parcelle. *Fourrages* **164**, 397–420.
- Sinaj S., Stamm C., Toor G. S., Condron L. M., Hendry T., Di H. J. Cameron K. C. & Frossard E., 2002. Phosphorus exchangeability and leaching losses from two grassland soils. *J. Environ. Qual.* **31**, 319–330.
- Smith K. A., Beckwith C. P., Chalmers A. G. & Jackson D. R., 2002. Nitrate

Summary**Effect of cattle excreta on leaching losses under a grass sward**

Urine and dung of dairy cattle have been applied for two years at two periods of the year and in single or double quantity on a grass sward to assess nutrients losses by leaching. The total nitrogen losses varied from 18 to 226 kg/ha/year. Treatments without excreta or with dung applications led to N losses under 50 kg/ha/year, while losses exceeded clearly 100 kg/ha/year in the treatments with 2 urine applications in autumn. The total phosphorus losses were negligible, always under 1 kg/ha/year. For potassium, the apparent balance (input - export by the eight annual harvests) varied very much depending on the treatment, but K losses were hardly influenced by cattle excreta. K losses were very often close to 30 kg/ha/year and reached 49 kg/ha/year in the treatment with the largest K surplus (+716 kg/ha/year with 4 urine applications per year). The total magnesium losses averaged 70 kg/ha/year. They exceeded always the apparent balance and were little influenced by cattle excreta. To limit the risk of leaching losses during grazing, particularly of nitrogen, an even distribution of cattle excreta should be promoted by an adequate design and number of paddocks, a short length of stay per paddock and a regular pace throughout the grazing season. In autumn, full grazing should be avoided.

Key words: cattle excreta, grass sward, leaching losses, nitrogen, phosphorus, potassium.

- leaching following autumn and winter application of animal manures to grassland. *Soil Use and Management* **18**, 428–434.
- Stout W. L., Fales S. A., Muller L. D., Schnabel R. R. & Priddy W. E., 1997. Nitrate Leaching from Cattle Urine and Feces in Northeast USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **61**, 1787–1794.
- Troxler J., Ryser J.-P. & Jeangros B., 2008. Influence des déjections bovines sur un gazon de graminées cultivé en lysimètres. *Revue suisse Agric.* **40** (6), 259–265.
- Vertès F., Simon J. C. & Le Corre L., 1994. Nitrate leaching under pastures: study of the soil-plant system in a lysimeter experiment. Grassland and society. Proc. 15th General Meeting of the European Grassland Federation, 466–470.
- Vertès F., Simon J. C., Le Corre L. & Decau M. L., 1997. Les flux d'azote au pâturage. II- Etude des flux et de leurs effets sur le lessivage. *Fourrages* **151**, 263–280.