

Valorisation du fumier de bovins sur prairie temporaire de fauche en Ardenne belge en 1993

R. Lambert, J. Lambert, B. Toussaint, F. Vrancken

L'Ardenne belge est une région d'élevage caractérisée par un climat de type sub-montagnard. Le volume considérable d'effluents produits pendant la période de stabulation hivernale constitue une source d'azote dont la valeur est souvent méconnue. Une meilleure connaissance de la valeur fertilisante de ces produits dans les conditions pédoclimatiques locales doit permettre d'éviter des gaspillages nuisibles pour l'environnement et permettre une réduction de l'achat d'engrais minéraux.

L'essai présenté ici* vise à évaluer la valeur fertilisante azotée du fumier de bovins (effet direct) appliqué sur une prairie temporaire de fauche par comparaison avec les productions de matière sèche et les exportations en matières azotées totales (N Kjeldahl x 6,25) obtenues avec des doses croissantes d'azote minéral. Les arrière-effets sont loin d'être négligeables, mais en région d'élevage, lorsque les prairies reçoivent régulièrement des effluents, ces effets d'arrière-fumure sont pris en compte

MOTS CLÉS

Ardenne belge, azote, fumier, fertilisation organique, fertilisation minérale, fertilisation raisonnée, production fourragère, valeur alimentaire.

KEY WORDS

Belgian Ardennes, feeding value, forage production, manure, nitrogen, organic fertilization, mineral fertilization, rational fertilization.

AUTEURS

1 : U.C.L., Laboratoire d'Ecologie des Prairies, B-6600 Michamps (Belgique).

* : Recherche subsidiée par l'I.R.S.I.A.

indirectement dans le calcul de la fertilisation au travers de la fertilité naturelle du sol à laquelle ils contribuent.

Matériel et méthodes

L'essai est implanté en Ardenne belge, sur le plateau de Bastogne (altitude : 500 m ; température moyenne annuelle de l'air : 7°C ; pluviométrie moyenne annuelle 1 010 mm). L'année 1993 a été caractérisée par un déficit anormal des précipitations en février et en mars et par des températures élevées en avril et en mai.

Sur le site de l'essai, la composition chimique du sol, de type brun acide, est la suivante : pH_{H_2O} : 6,5, C_{oxyd} : 2,04%, et minéraux échangeables (en mg/100g de sol sec) extraits à l'acétate d'ammonium + EDTA (LAKANEN et ERVIO, 1971) : K : 35, P : 7,9, Na : 3, Mg : 15, Ca : 125.

Le fumier de bovins Blanc Bleu Belge est épandu le 20 avril sur les parcelles d'essai, en surface, manuellement, après homogénéisation par passage dans l'épandeur à fumier et compostage de 1 mois en tas. Sa composition chimique déterminée au moment de l'emploi est la suivante (en kg par tonne de fumier) : azote total : 4,6, NH_3 : 0,63, minéraux totaux (après minéralisation par voie sèche et reprise à l'acide nitrique) : K : 4, P : 1,3, Mg : 0,7, Ca : 1,8.

L'expérience est réalisée en quatre répétitions, selon la méthode des blocs aléatoires complets de Fisher (DAGNELIE, 1981). Les parcelles ont une superficie de 50 m² et sont couvertes d'une culture de ray-grass d'Italie (variété Lemtal) en première année de production (année A1).

La comparaison porte sur les productions en matière sèche (MS) déterminées par pesée de la biomasse aérienne et sur la qualité de l'herbe exprimée au travers des teneurs en éléments minéraux (K, P, Na, Mg, Ca) et en matières azotées totales (MAT). Trois coupes ont été réalisées : le 25 mai, le 2 juillet et le 16 août 1993.

Les traitements sont les suivants : apport de 30 tonnes de fumier brut épandu le 20 avril, ou d'une dose minérale de 0 ou 25, 50, 75 ou 100 unités d'azote/ha (notés respectivement N0, N25, N50, N75 et N100). L'azote minéral est apporté sous forme de nitrate d'ammoniaque. La fertilisation phospho-potassique est de 50 unités P_2O_5 et 60 unités K_2O sur les parcelles sans fumier. Sur les parcelles avec fumier, on estime que ces éléments sont apportés en quantité suffisante et la fumure minérale PK est nulle.

Après la première coupe effectuée au début de l'épiaison, les parcelles sont divisées en deux. Une partie reçoit un apport d'été de 25 unités d'azote (N25été) pour relancer la végétation, l'autre partie n'en reçoit pas (N0été). La troisième coupe est réalisée sans apport de fertilisant.

L'étude statistique des résultats de la première coupe consiste en une analyse de la variance à deux critères croisés, modèle mixte : fumure de printemps (A) et blocs (B). Elle est suivie d'une comparaison des moyennes deux à deux selon la méthode de la plus petite différence significative (PPDS). Pour la deuxième et la troisième coupe, il s'agit d'une expérimentation en bandes croisées. L'analyse de la variance porte sur trois critères : fumure de printemps (A), fumure d'été (B) et blocs (C). Chaque source de variation est comparée à son interaction avec le facteur bloc (DAGNELIE, 1980). Les droites de régression sont calculées à partir des valeurs moyennes (moyenne de 4 répétitions) des productions de matière sèche ou de MAT correspondant aux différents niveaux de fertilisation azotée. L'équivalent azoté est ensuite estimé à partir des résultats obtenus sur les parcelles fertilisées avec le fumier.

Résultats et discussion

1. Effet sur la production de matière sèche

Les productions de matière sèche obtenues avec différentes doses d'azote et avec application de fumier sont présentés au tableau 1. La 3^e coupe a été réalisée sans apport d'azote.

La fertilisation azotée appliquée au printemps (facteur A) exerce un effet hautement significatif ($p=0,99$) sur la production de la première coupe. Cependant, **sur les parcelles qui ont reçu du fumier, la production n'est pas significativement différente de celle obtenue sur les parcelles témoin sans azote (N0). L'épandage tardif du fumier le 20 avril a pu avoir un effet négatif sur le couvert végétal, annulant ainsi l'effet positif de sa valeur fertilisante, ou bien la prolifération microbienne a immobilisé temporairement l'azote disponible.**

L'apport de fumier au printemps induit une augmentation de production en 2^e et 3^e coupes. Les différences sont faibles, mais néanmoins significatives en 2^e coupe par rapport aux parcelles N25 et N75 et en 3^e coupe pour N0, N50 et N75.

Entre 0 et 75 unités d'azote appliquées au printemps, la production annuelle est bien corrélée à la dose totale d'azote épandue ($N_{\text{printemps}} + N_{\text{été}}$). Le coefficient de corrélation r vaut 0,979. L'équation de la droite de régression est du type: $Y = aX + b$. Le terme « b » indique la potentialité de production sans fertilisation azotée c'est-à-dire la fertilité naturelle du sol dans les conditions de notre expérimentation. Il vaut 6,107 t MS/ha. Cette valeur est moyenne pour une culture de ray-grass d'Italie dans les conditions locales (TOUSSAINT, LAMBERT, 1992). Dans l'intervalle com-

Fertilisation N de printemps	Production 1 ^{re} coupe	Fertilisation N en été	Production 2 ^e coupe	Production 3 ^e coupe	Production totale
N0	3,41 (c)	N0	1,04	1,57	6,02
		N25	1,38	1,85	6,64
		moyenne	1,21 (ab)	1,71 (b)	6,34 (d)
N25	3,86 (b)	N0	0,8	2,11	6,77
		N25	1,45	1,73	7,04
		moyenne	1,12 (b)	1,92 (ab)	6,91 (cd)
N50	4,58 (a)	N0	0,93	1,73	7,24
		N25	1,65	1,71	7,94
		moyenne	1,29 (ab)	1,72 (b)	7,59 (ab)
N75	4,86 (a)	N0	0,92	1,73	7,51
		N25	1,37	1,95	8,18
		moyenne	1,15 (b)	1,84 (b)	7,73 (ab)
N100	4,38 (a)	N0	1,14	1,87	7,39
		N25	1,73	2,38	8,49
		moyenne	1,44 (a)	2,12 (ab)	7,94 (a)
Fumier	3,35 (c)	Moyenne N0 été	0,97	1,80	
		Moyenne N25 été	1,52	1,92	
		N0	1,01	2,49	6,85
		N25	1,82	2,17	7,34
		moyenne	1,41 (a)	2,33 (a)	7,09 (bc)

TABLEAU 1 : Production (t MS/ha) en fonction de la fertilisation azotée de printemps et d'été. Les valeurs qui ont une lettre commune au sein de la même colonne ne diffèrent pas significativement l'une de l'autre, et inversement ; la lettre (a) est attribuée à la valeur la plus élevée.

TABLEAU 1 : *Herbage yield (t DM/ha) as affected by Spring and Summer N fertilization. Values followed by a common letter within the same column are not significantly different and vice versa ; letter (a) denotes highest value.*

pris entre 0 et 100 unités N/ha/an, l'augmentation de production par unité d'azote supplémentaire appliquée correspond au terme «a» de l'équation et vaut 21 kg MS.

Sur la base de cette équation ou graphiquement (figure 1), nous pouvons calculer, à partir des productions obtenues avec apport de fumier, l'équivalent azoté d'une application de 30 tonnes de fumier. Il est d'environ 35 unités d'azote lorsqu'il n'y a pas d'apport d'été et de 33 unités avec application de 25 unités d'azote minéral. C'est donc **environ 25 % du contenu en azote total du fumier qui est utilisable la première année**. Cette valeur est remarquablement proche du coefficient d'efficacité directe de l'azote des engrais de ferme obtenu par l'Institut pour l'Etude et la Fertilité du sol (Pays-Bas) et cité par LAUTIER et ZIEGLER (1987). Selon ces travaux, le coefficient est estimé à 0,24 pour une application de fumier de bovins sur prairie au printemps. KLAUSNER (1989) estime pour sa part que 35% de l'azote organique du fumier est disponible la première année. Selon d'autres sources citées par KEMPPAINEN (1989), l'efficacité de l'azote total contenu dans le fumier de bovins comparativement à l'azote des fertilisants minéraux varie entre 25 et 50 %.

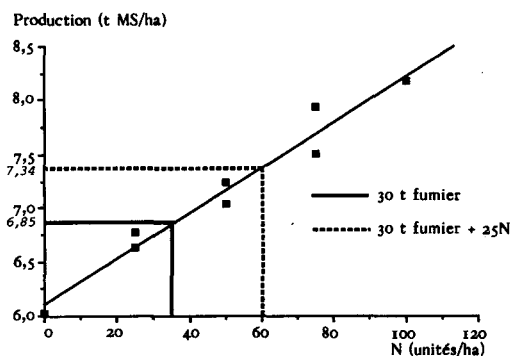


FIGURE 1 : Production annuelle obtenue avec différentes doses d'azote et avec application de 30 tonnes de fumier au printemps.

FIGURE 1 : Total herbage yield obtained with various rates of N fertilizer and with 30 t manure applied in Spring.

2. Effet sur les exportations de MAT, P, K, Ca ou Mg

En première coupe, on observe des différences significatives entre les parcelles témoin sans azote et les parcelles avec fumier (voir tableau 2) pour les teneurs de l'herbe en MAT (respectivement 9,6% et 11,5%), en phosphore (250 mg/100g et 313 mg/100g), en potassium (2 320 mg/100g et 2 764 mg/100g) et en magnésium (102 mg/100g et 137 mg/100g). Cet effet positif du fumier sur les teneurs en K et en Mg est le résultat de deux facteurs : l'apport de l'élément en question par le fumier et l'effet de synergie entre l'azote et les cations.

L'effet positif de la fertilisation azotée minérale sur la teneur en phosphore de l'herbe a déjà été mis en évidence dans d'autres essais conduits par le Laboratoire

	MAT (%)	K (mg/100g)	P (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Ca (mg/100g)
Effet fumure d'été	HS	HS	S	S	NS
N0	9,6(e)	2320(d)	250(c)	102(d)	329
N25	10(de)	2581(cd)	273(bc)	117-bcd)	388
N50	11,2(cd)	2651(bc)	275(bc)	109(cd)	387
N75	12,8(ab)	2940(ab)	301(ab)	146(a)	442
N100	13,8(a)	2992(a)	276(bc)	131(abc)	399
Fumier	11,5(bc)	2764(abc)	313(a)	137(ab)	399

TABLEAU 2 : Effet statistique de la fumure d'été et effet de l'application de fumier et de la dose d'azote sur les teneurs du fourrage récolté début épiaison (première coupe). Les traitements ayant une lettre commune pour un même élément ne diffèrent pas significativement pour la teneur en cet élément.

TABLEAU 2 : Statistical effect of Summer application and effect of application of manure and of rates of nitrogen on contents of herbage cut at beginning of heading stage (first cut). Treatments with a common letter for a given element have no statistically different concentrations in that element.

d'Écologie des Prairies (LAMBERT et TOUSSAINT, 1978). Dans notre essai, il apparaît clairement jusqu'à la dose de 75 unités. L'effet de l'application de fumier est particulièrement important. La teneur en P de l'herbe au premier cycle est significativement plus élevée dans les parcelles ayant reçu du fumier (sauf par rapport à N75). Cela peut s'expliquer par l'apport de phosphore contenu dans le fumier. L'application de 30 tonnes de fumier apporte environ 90 unités de P_2O_5 ; les autres parcelles ne reçoivent que 50 unités de P_2O_5 . Le phosphore contenu dans le fumier se trouve principalement sous forme soluble (60-90%) et est assimilable au même titre que le phosphore apporté par les engrais minéraux (KEMPPAINEN, 1989).

La teneur élevée en MAT sur les parcelles ayant reçu du fumier comparative-ment aux parcelles témoin N0 suggère qu'une partie de l'azote contenu dans le fumier a effectivement été valorisée lors du premier cycle malgré l'absence d'effet sur la production de matière sèche. Dans ce cas, il semble préférable d'évaluer l'équivalent azoté à partir de l'exportation de MAT (kg MAT/ha) car celle-ci combine les effets sur la production de matière sèche et sur la teneur en azote du fourrage.

Entre 0 et 75 unités d'azote minéral appliquées au printemps, la production de MAT exprimée en kg par ha (Y) est bien corrélée à la dose d'azote appliquée (X) en unités /ha ($r=0,988$). La relation peut être exprimée sous forme d'une équation de droite : $Y = aX + b$. Le terme b vaut 557, la pente de la droite est de 4,2 (figure 2).

L'équivalent azoté d'une application de 30 tonnes de fumier au printemps, estimé par régression linéaire à partir de l'exportation de MAT, est d'environ 40 unités d'azote lorsqu'il n'y a pas d'apport d'été et de 37 unités avec application de 25 unités pour la seconde coupe, soit respectivement 29 et 27% du contenu en azote total du fumier.

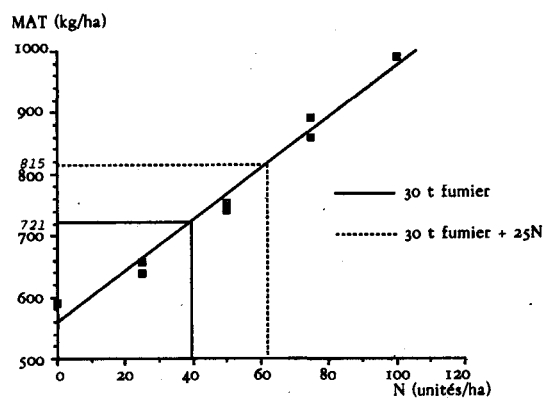


FIGURE 2 : Exportation de MAT en fonction de la dose d'azote et calcul de l'équivalent azoté d'une application de 30 t de fumier.

FIGURE 2 : Removal of total protein according to rates of nitrogen, and calculation of the nitrogen equivalence of an application of 30 t of manure.

Conclusion

L'équivalent azoté d'une application de 30 tonnes de fumier sur prairie, estimé par régression linéaire à partir de la production de matière sèche, est d'environ 25% de l'apport total dans les conditions climatiques de l'année 1993. L'estimation à partir de l'exportation de MAT donne un coefficient d'efficacité direct de l'azote contenu dans le fumier légèrement supérieur, de l'ordre de 27 à 29%.

L'application du fumier, de par sa composition minérale et par l'effet de synergie entre l'azote qu'il apporte et les cations, a également eu un effet positif sur les teneurs minérales de l'herbe, en particulier pour K, P et Mg.

Cette expérimentation a trait exclusivement à la mesure de la fourniture d'azote par effet direct, c'est-à-dire à la partie de l'azote contenu dans le fumier qui est disponible la première année. Selon les résultats obtenus dans la région sur prairies permanentes fertilisées avec du fumier composté, les effets d'arrière-fumure ne sont pas négligeables (LIMBOURG, 1992). La mesure des arrière-effets est envisagée selon une méthodologie similaire sur un essai installé depuis 15 ans.

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.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CORBIAU (1974) : *Etude comparée de trois sols représentatifs de la moyenne Ardenne sous trois modes d'exploitation différents*, mémoire de fin d'études, Université Catholique de Louvain.
- DAGNELIE P. (1980) : *Théorie et méthodes statistiques : applications agronomiques*, vol. 2, Les Presses Agronomiques de Gembloux, 463p.
- DAGNELIE P. (1981) : *Principes d'expérimentation*, Les Presses Agronomiques de Gembloux, 182 p.
- KEMPPAINEN E. (1989) : «Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure», *Annales Agriculturae Fenniae*, vol. 28, 163-284.
- LAKANEN, ERVIÖ (1971) : «A comparison of eight extracts for the determination of plant available micronutrients in soil», *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisuja*, 123, *Acta Agralia Fennica*, Helsinki, p.223-232.
- LAMBERT J., TOUSSAINT B. (1978) : «Etude des facteurs qui influencent la teneur en phosphore des herbages», *Phosphore et Agriculture*, 73, 1-13.
- LAUTIER A., ZIEGLER D. (1987) : «Fumiers et lisiers : sachez combien vous fumez», *Cultivar*, 208.
- LIMBOURG P. (1992) : «Une alternative intéressante à la fumure minérale sur prairie : l'apport de fumier composté», *Fourrages*, n° hors série, *L'extensification en production fourragère*, 100-101.
- TOUSSAINT B., LAMBERT J. (1992) : «Fertilisation azotée - Nutrition azotée de la prairie de fauche», *Revue de l'Agriculture*, vol. 45, 2, 317-330.

RÉSUMÉ

La valeur fertilisante azotée (effet direct) d'une application de 30 t de fumier de bovins sur prairie au printemps a été estimée par régression linéaire. Dans les conditions climatiques de l'année 1993, la valeur fertilisante est de 30 à 40 unités d'azote, soit 25 à 30 % du contenu en azote total du fumier. L'apport de fumier a également eu un effet positif sur les teneurs du fourrage en P, K et Mg.

SUMMARY

Fertilizing value of cattle manure on a mown ley in the Belgian Ardennes in 1993

The nitrogen fertilizing value (direct effect) of a dressing of 30 t cattle manure on a pasture in Spring was estimated by linear regression. Under the climatic conditions of 1993, this value amounts to 30-40 kg/ha of N, i.e. 25-30% of the total N content in the manure. This application of manure had also positive effects on the P, K, and Mg concentrations in the herbage.