

Contribution des apports organiques à la fertilisation phosphatée et potassique des prairies

P. Castillon

Les effluents organiques d'origines diverses, susceptibles d'être épandus sur les prairies au titre d'amendements ou de fertilisants, contiennent tous du phosphore et du potassium. Cependant, qu'il s'agisse d'effluents d'élevage stockés à la ferme ou de boues des stations d'épuration, les formes chimiques et les concentrations sont très variables. De ce fait, leur prise en compte dans un schéma de raisonnement suppose que soient connues non seulement la teneur en éléments minéraux mais également l'origine de l'effluent, ainsi que la nature des éventuels procédés physiques, chimiques ou biologiques de traitement de l'effluent. Ce dernier point concerne tout particulièrement les boues urbaines ou d'origine industrielle dont le traitement peut modifier la nature chimique et par conséquent la biodisponibilité du phosphore qu'elles contiennent.

Quoi qu'il en soit, l'état des références agronomiques concernant la valeur fertilisante des ressources organiques à usage agricole n'autorise dans le domaine de la fertilisation phosphatée et potassique des prairies que des prescriptions encore approximatives. Celles-ci s'appuient sur des connaissances actuelles concernant la

MOTS CLÉS

Fertilisation organique, fumier, lisier, pâturage, phosphore, potassium, prairie.

KEY-WORDS

Manure, organic fertilization, phosphorus, potassium, grassland, grazing, slurry.

AUTEUR

I.T.C.F., F-31450 Baziège.

dynamique des formes organiques du phosphore dans le sol, et sur les acquis de l'agronomie en matière de fertilisation minérale phosphatée et potassique des prairies.

1. Fertilisation phosphatée et potassique des prairies

● Spécificités des prairies vis-à-vis du raisonnement de la fertilisation P et K

Calquer le raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique des prairies sur celui des plantes annuelles serait nier le fait qu'il s'agit de systèmes de culture particuliers. Les prairies appartiennent en effet à des systèmes de production dont la conduite est régie par le souci de satisfaire au mieux les besoins alimentaires d'un troupeau et non pas obligatoirement par la recherche d'une production maximale de fourrages. L'objectif assigné à la fertilisation P et K devrait donc être de **satisfaire les besoins nutritionnels des plantes en ces 2 éléments de telle sorte qu'ils ne soient pas facteurs limitants pour le niveau de production permis par l'azote**. En effet, en dehors des conditions hydriques extrêmes, excès d'eau ou sécheresse, l'azote constitue le premier facteur de production de l'herbe. La restriction volontaire de la production pour l'adapter aux besoins du troupeau passera donc très souvent d'abord par la réduction, voire la suppression, des fertilisations phosphatées et potassiques.

En général, la prairie n'a pas pour vocation de produire des semences mais de l'herbe. Dans ce cas, la relation entre fertilisation et production se résume aux 2 maillons fertilisation-alimentation et alimentation-croissance puisque la phase d'élaboration des graines au cours de laquelle s'expriment généralement les effets de compensation est supprimée par la coupe. La production d'herbe n'est en réalité que la résultante des seuls processus de croissance et sénescence (LEMAIRE, 1987).

A tout ralentissement de la croissance dû à l'un quelconque des facteurs limitants correspond donc de façon irrémédiable une baisse de la production. La déficience en P et K n'échappe pas à cette règle et quel que soit le mode d'exploitation de l'herbe, précoce ou tardive, par la fauche ou la pâture, la production d'herbe en sera affectée.

La pérennité de la prairie induit une dynamique de l'enracinement qui, bien que mal connue, ne peut qu'être différente de celle des plantes annuelles. Or les prélèvements de P et K dans le sol sont directement sous la dépendance de l'allongement des racines (BLANCHET et al., 1982). **La pérennité de la culture, qui par ailleurs n'autorise que des apports d'engrais en surface, ne peut donc être sans conséquence sur la relation entre engrais, sol et plante.**

Gains de production annuelle (t MS/ha)	Fréquences du nombre de cas observés (années x essais), en %	
	Expérimentations K ₂ O (n = 404)	Expérimentations P ₂ O ₅ (n = 191)
- moins de 0,5	16	31
- de 0,5 à 1	21	26
- de 1 à 2	38	29
- de 2 à 3	13	7
- plus de 3	12	7

TABLEAU 1 : Accroissement de la production annuelle d'herbe permis par les fertilisations phosphatées et potassique dans les expérimentations sur prairies réalisées en France de 1960 à 1993.

TABLE 1 : *Increases in annual herbage yield due to application of phosphate and potash in trials on pastures carried out in France from 1960 to 1993.*

Rares sont les prairies uniquement fauchées. Une partie du phosphore et du potassium prélevée par les animaux est donc restituée sur les surfaces pâturées selon des modalités propres au type d'animal et à la gestion du pâturage. Or, même si leur contribution à la fertilisation des prairies est difficile à évaluer, les restitutions au pâturage ne doivent pas être ignorées pour le calcul de la fumure.

● Références expérimentales sur la fertilisation phosphatée et potassique des prairies

Les expérimentations classiques de terrain réalisées en France et comparant pendant des durées plus ou moins longues des régimes de fertilisation P ou K sont assez nombreuses. Bien qu'elles ne concernent que des prairies exploitées uniquement en régime de fauche, elles fournissent des indications intéressantes pour fixer les règles d'une bonne pratique dans ce domaine.

Les fertilisations phosphatées et potassiques y apparaissent très souvent nécessaires pour atteindre des niveaux de production proches de la production maximale permise par les conditions pédoclimatiques du milieu. Les gains de production qu'elles génèrent sont en effet fréquents et assez souvent substantiels (tableau 1). Ceci ne signifie pas pour autant que des régimes de fertilisation élevés soient nécessaires, y compris pour atteindre le potentiel du milieu. L'analyse statistique des données issues de 46 essais de fertilisation phosphatée et 80 essais de fertilisation potassique montre en effet que, quel que soit le potentiel de production de la prairie, des doses de 60 kg P₂O₅/ha et 160 kg K₂O/ha sont dans la plupart des cas suffisantes, voire excédentaires, pour atteindre un niveau au moins égal à 95% de la produc-

Régimes P ₂ O ₅ nécessaires (kg/ha)	Fréquences pour un niveau de production de 95%, 90%, 80% de la production annuelle maximale		
	95%	90%	80%
- P ₂ O ₅ = 0	27%	52%	76%
- 40 < P ₂ O ₅ < 60	50%	39%	22%
- P ₂ O ₅ > 60	23%	9%	2%

TABLEAU 2 : Relation statistique entre les régimes de fertilisation phosphatée nécessaires et les niveaux de production d'herbe (à partir de 46 essais de fertilisation des prairies ; en % de la production maximale observée (indice 100)).

TABLE 2 : *Statistical relationship between necessary rates of phosphate fertilization and levels of herbage yield (based on results from 46 dressing trials on pastures ; % of highest yield observed (index 100)).*

Régimes K ₂ O nécessaires (kg/ha)	Fréquences pour un niveau de production de 95%, 90%, 80% de la production annuelle maximale		
	95%	90%	80%
- K ₂ O = 0	16%	35%	63%
- 60 < K ₂ O < 80	28%	29%	37%
- 80 < K ₂ O < 120	36%	27%	
- 120 < K ₂ O < 160	13%	8%	
- K ₂ O > 160	7%	1%	

TABLEAU 3 : Relation statistique entre les régimes de fertilisation potassique nécessaires et les niveaux de production d'herbe (à partir de 80 essais de fertilisation des prairies ; en % de la production maximale observée (indice 100)).

TABLE 3 : *Statistical relationship between necessary rates of potash fertilization and levels of herbage yield (based on results from 80 dressing trials on pastures ; % of highest yield observed (index 100)).*

tion maximale de l'année (tableaux 2 et 3). Un tel objectif est cependant loin de représenter le cas général. On peut même s'interroger sur l'opportunité des apports de phosphore et de potassium sur des prairies vouées à des élevages plus ou moins extensifs et pour lesquelles une production trop importante d'herbe ne pourrait être valorisée.

Quel que soit le système de production envisagé, il serait souhaitable de pouvoir cerner avec plus de précision et a priori la fertilisation nécessaire dans un milieu défini. Les données expérimentales font ressortir tout d'abord que la dose de P₂O₅ ou K₂O optimale n'est aucunement en relation avec le niveau de production de la prairie. En effet, lorsque la nutrition P ou K des plantes est limitante, les prairies à fort niveau de production ne nécessitent pas obligatoirement des fertilisations élevées pour produire leur maximum alors que celles-ci peuvent s'avérer nécessaires sur des prairies peu productives. Par ailleurs, dans une même parcelle dont la production varie fortement d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques, la dose d'engrais nécessaire s'avère peu liée au niveau de production de l'année (figure 1). Il semble donc que l'engrais phosphaté et/ou potassique apporté à la prairie, dont on sait que les plantes ne prélèvent qu'une très faible part (MOREL et al., 1989 ; FARDEAU et al., 1984), ait pour rôle principal de permettre aux racines d'accéder à la réserve du sol lorsque la biodisponibilité de celle-ci n'est pas suffisante. Les quantités plus ou moins importantes de P et K qui y seront prélevées dépendront ensuite des conditions de croissance permises par les autres facteurs de production. Le niveau

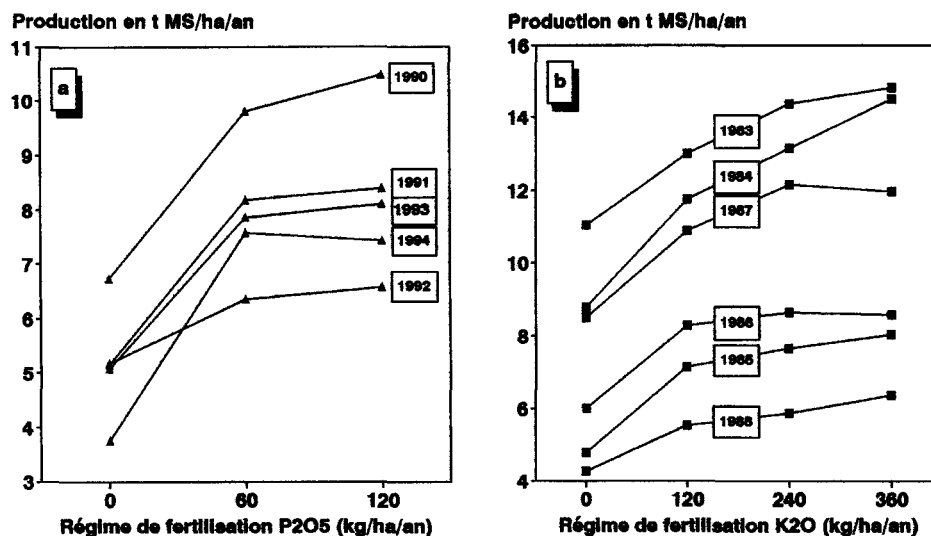


FIGURE 1 : Courbes de réponse des productions annuelles d'herbe aux fertilisations phosphatées et potassiques dans deux essais : a) sur prairie naturelle dans le Tarn (Chambre d'Agriculture et ITCF de Padiès), b) sur dactyle dans le Puy-de-Dôme (SCPA, à Manzat).

FIGURE 1 : Response curves of yearly herbage production to applications of phosphate and potash in two trials : a) on a permanent pasture in Tarn (Chambre d'Agriculture and ITCF, Padiès), b) on a cocksfoot ley in Puy-de-Dôme (SCPA, Manzat).

de fertilisation nécessaire pour satisfaire les besoins alimentaires des plantes prairiales dépend donc beaucoup plus de la biodisponibilité de P et K dans le sol que des quantités qu'elles y prélèveront.

● Diagnostic de fertilité P et K des sols prairiaux

L'analyse de terre représente l'outil classique habituellement utilisé pour diagnostiquer l'état de fertilité P ou K d'un sol à condition bien entendu qu'aient été définis des seuils d'interprétation des mesures (LAURENT et al., 1993). Or, l'outil s'avère peu pertinent pour prédire le comportement des prairies permanentes vis-à-vis de la fertilisation, principalement à cause du fort gradient vertical de fertilité P et ou K que l'on y observe (MARTIN, 1991). Conséquence des apports d'engrais en surface, de l'absence de travail du sol et de la faible mobilité de ces éléments dans le sol, il est généralement caractérisé, notamment pour le phosphore, par une forte diminution des teneurs de la surface vers la profondeur.

D'autre part, l'état hydrique du sol qui conditionne l'activité racinaire conduit à localiser l'absorption des éléments minéraux principalement dans certains horizons. Il participe ainsi à la définition du gradient de fertilité en même temps qu'il en détermine les possibilités d'accès pour les racines. Si le gradient d'activité racinaire induit par l'état hydrique du sol ne coïncide pas avec le gradient de fertilité chimique, il est évident que l'analyse de terre ne peut rendre compte de manière satisfaisante de l'aptitude du sol à satisfaire les besoins des plantes.

Pour les prairies temporaires de courte durée qui s'inscrivent dans les rotations avec des cultures annuelles, il en va autrement. Le labour tend à y homogénéiser les 20 à 30 premiers centimètres de sol et la relation entre les teneurs en P assimilable ou K échangeable et la réponse des prairies à la fertilisation est bien meilleure (figure 2). Néanmoins, si ce type de diagnostic permet de fixer les limites à l'impasse sur la fertilisation, il ne permet pas de déterminer la dose d'engrais lorsque l'apport de celui-ci devient nécessaire. Par ailleurs, on peut s'interroger sur la durée pendant laquelle l'analyse de terre demeure un outil pertinent pour les prairies temporaires de longue durée.

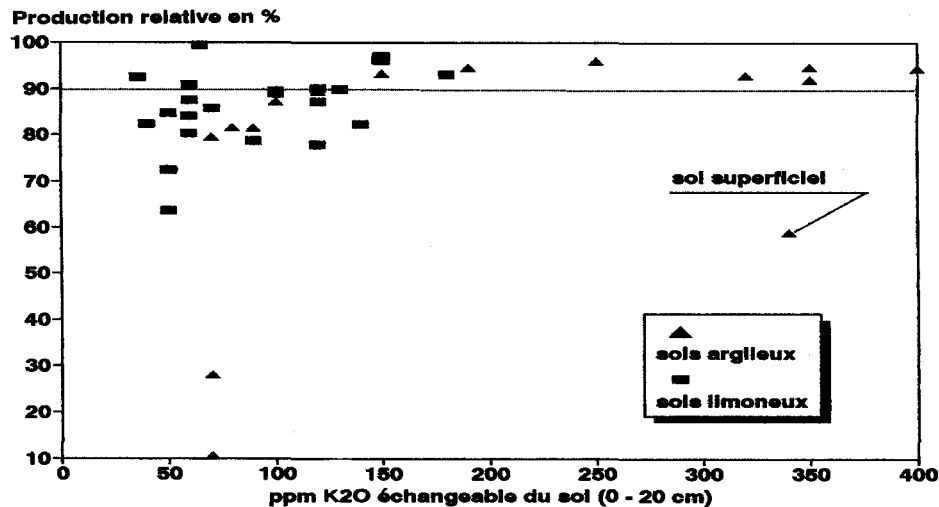


FIGURE 2 : Dans les essais de longue durée réalisés en France, relation entre les teneurs en K₂O échangeable des sols et la production relative (K₀/K_{max}, en %) des prairies de luzerne et de ray-grass non fertilisées en potassium (K₀).

FIGURE 2 : Relationship between exchangeable K₂O contents of soils and herbage yields of lucerne and ryegrass (K₀/K_{max}, %) relatively to controls without potash (K₀), observed in long-duration trials in France.

L'analyse du végétal comme outil de diagnostic permet de s'affranchir de ces problèmes. SALETTE et al. (1991) et DURU (1992) ont proposé des relations entre teneur en azote et en phosphore ou potassium de l'herbe permettant de caractériser l'état de nutrition du couvert prairial. Des indices de nutrition en ont été déduits, dont le calcul implique la simple connaissance des teneurs en azote (N%), phosphore (P%) et potassium (K%) de l'herbe.

Selon THÉLIER-HUCHÉ et al. (1992) :

$$\text{Indice de nutrition K} = 100 [\text{K}\% - (1,6 + 0,525 \text{ N}\%)]$$

$$\text{Indice de nutrition P} = 1000 [\text{P}\% - (0,15 + 0,065 \text{ N}\%)]$$

L'état de nutrition de la prairie est jugé insuffisant si l'indice est inférieur à -50 et excédentaire s'il est supérieur à +50.

Selon DURU :

$$\text{Indice de nutrition K} = 100 [0,62 \text{ K}\% - \text{N}\%^{-0,48}]$$

$$\text{Indice de nutrition P} = 100 [4,17 \text{ P}\% - \text{N}\%^{-0,64}]$$

Un indice inférieur à 80 révèle un état de nutrition insuffisant alors qu'il est excédentaire lorsque la valeur de l'indice dépasse 120.

Outre la simplicité de sa mise en oeuvre et son caractère universel puisqu'elle convient à tout type de prairie, cette méthode présente l'avantage d'intégrer à la fois la biodisponibilité intrinsèque des éléments P et K dans le sol et la capacité de la plante à plus ou moins bien l'utiliser en fonction de l'état de son enracinement.

Toutefois, le diagnostic n'étant possible qu'en cours de végétation lorsque les plantes ont atteint un développement suffisant (environ 2 t MS/ha), **la méthode doit être validée non plus en tant qu'outil de diagnostic mais de pronostic** pour adapter la fertilisation aux objectifs de production de l'éleveur.

2. Restitutions de phosphore et de potassium au pâturage et leurs effets

L'exploitation des prairies en régime strict de fauche, mode de conduite selon lequel la quasi-totalité des références a été obtenue, représente plutôt l'exception que la règle. On ne peut donc totalement occulter les restitutions au pâturage dans l'élaboration du plan de fumure malgré les difficultés à appréhender leurs effets sur la production de la prairie.

● Caractéristiques des déjections animales restituées au pâturage

Dans sa revue bibliographique sur le sujet, LANÇON (1978) montre qu'il n'est pas aisé de fixer des règles précises de calcul. Certes, les chiffres cités par HUTTON et al. (1964, tableau 4) donnent pour les bovins laitiers au pâturage une image sans doute correcte de la part des éléments minéraux ingérés qui est rejetée par les animaux. Ils sont cependant assortis d'une certaine variabilité liée à la nature de l'alimentation, aux besoins de production de l'animal et au type d'animal lui-même.

La principale difficulté réside cependant dans l'estimation de ce qui revient de façon utile à la prairie. En effet, que les animaux séjournent en permanence à la pâture ou pas, ils répartissent leurs déjections selon des modalités fortement influencées par le mode de conduite du troupeau. Ainsi, au comportement grégaire ou solitaire des animaux s'ajoutent les effets du moment et de la durée de pâturage dans la journée, du niveau de chargement, de la localisation des zones d'abreuvement et de repos, de la configuration de la parcelle. Des lois de répartition des déjections ont bien été proposées (PETERSEN et al., 1956) mais elles n'enlèvent rien à la difficulté d'appréhender de façon satisfaisante leur contribution à la fertilisation de la surface pâturée.

● Influence des déjections sur la croissance de l'herbe

Les animaux restituent les éléments minéraux au sol de manière fort concentrée puisque la surface d'impact des déjections ne représente qu'une faible part de la surface pâturée. FITZENMEYER (1963) estime en effet que le recouvrement par les pisats ne représente que 5 à 10% de la surface et JOURDAN (1986) conclut, à partir des résultats d'un des rares essais conduits avec des animaux, qu'après 9 ans de pâture exclusive le recouvrement du sol par les déjections des jeunes boeufs est encore incomplet.

	N	P	K	Mg
% d'éléments restitués dans les bouses	26	66	11	77
% d'éléments restitués dans l'urine	53	traces	81	3
% total d'éléments restitués	79	66	92	80

TABLEAU 4 : Répartition des éléments minéraux dans les déjections des bovins laitiers au pâturage (HUTTON et al., 1964).

TABLE 4 : Distribution of nutrients in the excreta of grazing dairy cattle (HUTTON et al., 1964).

Des centaines de kilos voire des tonnes à l'hectare de N, P_2O_5 et K_2O sont restitués sur les zones limitées de dépôt des pissats ou des fèces. Toutefois, la nutrition minérale de l'herbe est affectée sur une aire bien supérieure à celle du dépôt. Ainsi LOMBAERT (1984) montre que l'année de l'apport la composition de l'herbe est fortement modifiée dans un rayon de 50 à 70 cm à partir du centre de l'impact d'un pissat. Les mouvements latéraux des minéraux sous l'effet des transferts hydriques et des phénomènes de diffusion, et surtout l'extension latérale des racines, en sont la cause. Ces effets s'estompent avec le temps, plus ou moins rapidement en fonction des caractéristiques du sol. Ainsi pour le potassium, PFITZENMEYER (1971) constate que sur sol sableux sensible au lessivage l'effet ne dure que deux ans alors que pour LOMBAERT (1984) il est encore perceptible au bout de 5 ans sur sol limoneux. Malgré tout, l'herbe ne récupère pas plus de 50% du potassium apporté par l'urine et seule une faible part se retrouve dans le sol sous forme échangeable (figure 3). Ces résultats sont conformes à ce que l'on sait de la dynamique du potassium apporté au sol, qui devient de moins en moins disponible pour les plantes au fur et à mesure que le temps passe. Pour le phosphore, bien qu'une partie soit restituée sous forme organique et malgré une dynamique régie par des mécanismes d'une toute autre nature, il n'y a pas de raison de ne pas admettre un comportement analogue dont la caractéristique dépendra avant tout du pouvoir fixateur du sol.

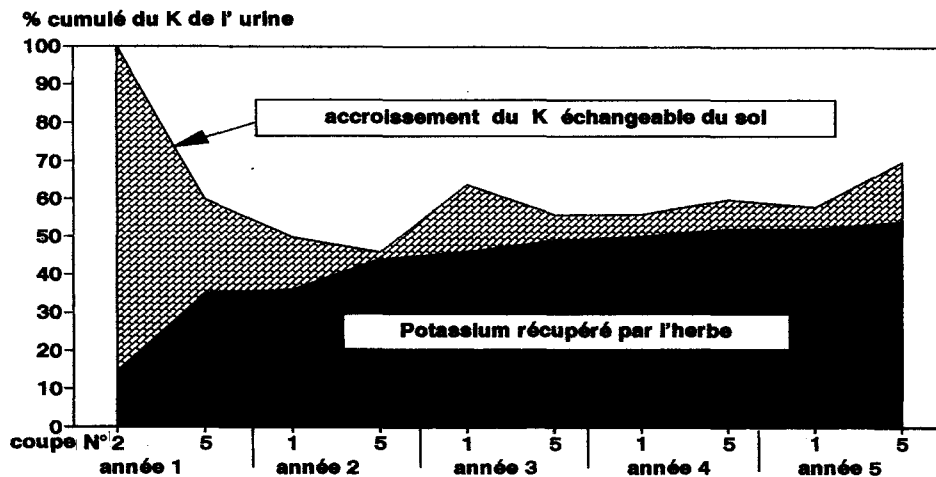


FIGURE 3 : Part relative du potassium apporté par un dépôt d'urine de bovins, retrouvée dans l'herbe récoltée et sous forme échangeable dans le sol (20% d'argile) au cours des 5 années qui ont suivi le dépôt (LOMBAERT, 1984).

FIGURE 3 : Relative proportion of potassium from a cattle urine patch retrieved in the harvested herbage and in the soil (20% clay) in exchangeable form during 5 years after the emission of urine (LOMBAERT, 1984).

● **Comment intégrer les restitutions au pâturage dans le raisonnement de la fumure ?**

Les restitutions au pâturage sont une réalité que l'on ne peut ignorer. Comment toutefois, face à la grande diversité des situations et à l'extrême variabilité des références, les comptabiliser dans le raisonnement de la fertilisation phosphatée et potassique ? Si l'on admet que dans le meilleur des cas 10% de la surface pâturée est susceptible d'être recouverte une année donnée par un dépôt d'urine ou de fèces, et même si la surface affectée par ce dépôt s'étend bien au-delà, les déjections animales n'influenceront qu'une faible partie de la parcelle au cours des premières années après sa mise en pâture. En accord avec JOURDAN (1986) on peut donc estimer qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte pour la fertilisation des prairies temporaires de courte durée s'intercalant dans une rotation entre des cultures annuelles.

Pour les prairies temporaires de longue durée ou pour les prairies permanentes, la question doit se résoudre par rapport au niveau de production souhaité. Etant donné que certaines zones de la parcelle demeurent sous fertilisées alors que d'autres le sont en excès, il semblerait logique de ne pas tenir compte des restitutions au pâturage lorsque l'objectif est de produire un maximum. Dans le cas contraire, les effets de compensation entre zones plus ou moins bien fertilisées devraient permettre de réduire voire de supprimer les apports d'engrais P et K.

La solution pratique à un problème aussi complexe réside sans doute dans l'expertise fondée sur une très bonne connaissance des systèmes d'élevage et la prise en compte des références techniques régionales issues des essais de fertilisation même si ceux-ci n'ont été exploités qu'en régime de fauche.

3. Efficacité du phosphore et du potassium contenus dans les lisiers et fumiers

Aux déjections animales s'ajoutent dans les effluents produits à la ferme des eaux de récupération, des résidus de l'alimentation et, pour les fumiers, des quantités variables de litière. Tout ceci contribue à rajouter ou diluer phosphore et potassium et peut modifier la nature chimique du matériau de base et par conséquent sa valeur fertilisante.

● **Efficacité agronomique du potassium contenu dans les effluents d'élevage**

Dans les végétaux, le potassium n'est jamais engagé dans des molécules organiques spécifiques. Il est de ce fait facilement extrait par l'eau (BERINGER, 1979) et tout particulièrement après la mort des cellules.

Dans les urines où se concentre l'essentiel du potassium rejeté par l'animal, il est présent sous des formes chimiques diverses et en particulier sous forme de carbonate ou bicarbonate, mais toutes se dissocient assez rapidement en milieu aqueux. De ce fait il faut considérer que le **potassium contenu dans les engrais de ferme, qu'il s'agisse de fumier ou de lisier, a la même efficacité agronomique que le potassium contenu dans les engrais du commerce**, tant du point de vue de l'alimentation des plantes que de l'enrichissement du sol (COPPENET et al., 1993).

● **Efficacité agronomique du phosphore contenu dans les effluents d'élevage**

Le phosphore est présent dans les engrais de ferme, principalement sous forme minérale (PRUMMEL et al., 1983), y compris dans les fumiers où la fraction organique ne représente tout au plus qu'un quart du phosphore total. Cette fraction organique a pour origine soit le phosphore contenu dans le végétal qui sert de litière, soit la fraction non digérée de l'aliment. Pour la première, les travaux de THIBAUD et al. (1988) sur racines et parties aériennes du ray-grass ont montré qu'elle était aussi efficace pour l'alimentation des plantes que le phosphore contenu dans le phosphate d'ammonium. La seconde est surtout représentée par des phytates abondants dans les grains et plus ou moins bien digérés selon la composition de l'aliment et le type d'animal (GUEGUEN, 1992). Par l'intermédiaire des phosphatases, ils sont hydrolysés dans le sol, plus ou moins rapidement et complètement, ce qui explique que le phosphore des fumiers ou lisiers de volailles soit considéré comme moins disponible que celui des fumiers de bovins (ZIEGLER et al., 1991). Cependant, en contrepartie de cette moindre efficacité de certaines formes de phosphore organique, il faut noter que les apports réguliers et abondants de matières organiques dans les sols augmentent quelque peu la biodisponibilité de la réserve en phosphore du sol (FARDEAU et al., 1971 ; TRIBOY, 1988). Par ailleurs, les sols acides peuvent bénéficier de l'effet alcalinisant des lisiers et fumiers qui, en relevant quelque peu le pH, améliorent également la disponibilité du phosphore du sol.

Tout ceci conduit à **retenir pour le phosphore contenu dans les effluents d'élevage des coefficients d'équivalence variant de 65% à 100% par rapport aux engrais de références** que sont les superphosphates ou le phosphate d'ammonium. La plupart des expérimentations réalisées en Europe sur ce sujet aboutissent aux mêmes conclusions (SMITH et al., 1987).

Conclusion

La production des prairies est très souvent pénalisée par l'absence de fertilisation phosphatée et/ou potassique mais la satisfaction des besoins alimentaires des plantes prairiales ne requiert pas pour autant des apports très importants de ces éléments fertilisants. Des doses de 60 kg P₂O₅/ha et 160 kg K₂O/ha sont en effet très souvent apparues comme suffisantes pour assurer la croissance maximale de l'herbe dans les expérimentations conduites en régime strict de fauche. Les doses nécessaires se révèlent par ailleurs indépendantes du niveau de production de la prairie.

Adapter plus précisément la fertilisation P et K aux besoins de la prairie nécessite le recours au diagnostic de fertilité de la parcelle pour lequel l'analyse végétale semble, du moins pour les prairies permanentes ou pérennisées, l'outil le plus pertinent.

Le raisonnement de la fertilisation P et K des prairies ne peut par ailleurs ignorer les restitutions au pâturage bien que leur influence soit difficile à quantifier, ni surtout les fumiers, composts et lisiers dont l'usage sur les prairies est non seulement possible mais recommandé.

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

- BERINGER H. (1979) : *Le potassium, ses fonctions dans le métabolisme de la plante et son action sur le rendement*, dossier K₂O 14, 2-24.
- BLANCHET R., BOSCH M., MAERTENS C. (1982) : «Les états physicochimiques du milieu et la nutrition minérale des plantes», *BTI*, 370/372, 393-399.
- COPPENET M., GOLVEN J., SIMON J.C., LE CORRE L., LE ROY M. (1993) : «Evolution chimique des sols en exploitations d'élevage intensif : exemple du Finistère», *Agronomie*, 13 (2), 77-84.
- DURU M. (1992) : «Diagnostic de la nutrition minérale des prairies permanentes au printemps. I. Etablissement de références», *Agronomie*, 12, 219-233.
- FARDEAU J.C., GUIRAUD G. (1971) : «Mobilité du phosphore d'un sol ayant reçu du fumier pendant trente cinq ans», *C.R. Acad. Agric. de France*, 1598-1605.
- FARDEAU J.C., JAPPE J., QUÉMENER J. (1984) : «Détermination du coefficient d'utilisation du potassium d'un engrais potassique : emploi du K40», *Agronomie*, 4(7), 663-669.
- GUEGUEN L. (1992) : «Biodisponibilité et bilan du phosphore chez l'animal», *4^e Conf. Int. de l'IMPPOS*, Ghent, Belgique. 276-293.

- HUTTON J.B., JURY K.E. (1964) : «Studies of the nutritive value of NZ dairy pastures. III. The comparative value of various feed faeces relationship in herbage intake studies with dairy cattle», *N.Z. J. of Agric. Research*, 7, 583-595.
- JOURDAN O. (1986) : «Devenir du potassium restitué par les urines au pâturage», *Les dossiers agronomiques d'Aspach le bas*, 1, 5-28.
- LANÇON J. (1978) : «Les restitutions du bétail au pâturage et leurs effets», *Fourrages*, 75, 55-88 et *Fourrages*, 76, 91-122.
- LAURENT F., COLOMB B., PLET P. (1993) : «Analyse de terre : questions nouvelles, nouvelles normes», *Perspectives agricoles*, 181, 28-33.
- LEMAIRE G. (1987) : «Physiologie de la croissance de l'herbe : applications au pâturage», *Fourrages*, 112, 325-344.
- LOMBAERT V. (1984) : «Récupération par l'herbe du potassium d'un pissat de bovins», *Fourrages*, 99, 71-82.
- MARTIN P. (1991) : *Evolution et distribution de la fertilité phosphorique dans les agrosystèmes prairiaux : conséquences en matière de diagnostic*, thèse INPL Nancy.
- MOREL C., FARDEAU J.C. (1989) : «Native soil and fresh fertilizer phosphorus uptake as affected by rate of application and P fertilizers», *Plant an soil*, 115, 123-128.
- PETERSEN R.G., LUCAS H.L., WOODHOUSE W.W.J. (1956) : «The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effects on pasture fertility. 1. Excreta distribution», *Agronomy Journal*, 48, 440-444.
- PFITZENMEYER C. (1963) : «Devenir du potassium restitué par les urines au pâturage», *Fourrages*, 15, 67-81.
- PFITZENMEYER C. (1971) : «Etude de l'évolution du potassium dans les tâches d'urine au pâturage», *Fourrages*, 48, 11-36.
- PRUMMEL J., SISSINGH H.A. (1983) : «Fosfactwerking van dierlijke mest», *Bedryfsonwikkeling*, 14, 963-966.
- SALETTE J., HUCHÉ L. (1991) : «Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par l'analyse du végétal : principes, mise en oeuvre, exemples», *Fourrages*, 125, 3-18.
- SMITH K.A., VAN DIJK T.A. (1987) : «Utilisation of phosphorus and potassium from animal manures on grassland and forage crops. In animal manure on grassland and fodder crops», *Fertilizer or waste ?*, 87-102, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht. Netherlands.
- THÉLIER-HUCHÉ L., SALETTE J., HUBERT F. (1992) : «Diagnostic par analyse minérale du végétal : application à des prairies permanentes en Pays de Loire», *Fourrages*, n° spécial «L'extensification en production fourragère», 168-169.
- THIBAUD M.C., MOREL C. FARDEAU J.C. (1988) : «Contribution of phosphorus issued from crop residues to plant nutrition», *Soil science and Plant nutrition*, 34, 481-491.
- TRIBOÏ E. (1988) : «Evolution à long terme de la fertilité d'un sol calcaire soumis à l'influence de fumures minérales et organiques», *Phosphore et Potassium dans les relations sol-plantes : conséquences sur la fertilisation*, Gachon L. Ed. INRA Paris. 241-254.
- ZIEGLER D., HEDUIT M. (1991) : *Engrais de ferme : valeur fertilisante, gestion, environnement*, brochure ITP, ITCF, IETB, 35 p.

RÉSUMÉ

Qu'ils proviennent des élevages ou des stations d'épuration, les effluents organiques contiennent toujours, certes en quantité variable et sous des formes diverses, du phosphore et du potassium. Leur emploi pour la fertilisation des prairies, en remplacement ou en complément des engrais minéraux et des déjections au pâturage, est non seulement possible mais recommandé. On peut considérer que le potassium de ces effluents a toujours la même efficacité que celle des engrais du commerce. Tel n'est pas le cas du phosphore dont la disponibilité pour les plantes dépendra beaucoup de la nature de l'effluent et des éventuels traitements qu'il a subi. Les niveaux de fertilisation nécessaires sur prairies, qui ne devraient que rarement dépasser 60 kg P₂O₅/ha et 150 kg K₂O/ha, pourraient assez souvent être couverts par les seuls apports d'effluents organiques.

SUMMARY

Phosphorus and potassium supplied to pastures by organic substances

Organic effluents, whether they originate from livestock or from sewage disposal stations, do always contain phosphorus and potassium, albeit in variable amounts and in diverse forms. To use them as partial or total substitutes for mineral fertilizers and animal excreta on grazed pastures is not only possible, but recommended. The potassium contained in these substances can be considered to be as efficient as that of commercial fertilizers, whereas the availability of phosphorus to plants depends to a large extent on the nature of the effluent and on the possible treatments it has undergone. The amounts of nutrients required on pastures, rarely exceeding 60 kg P₂O₅ per ha and 150 kg K₂O per ha, should often be amply supplied by the application of organic effluents alone.