

LA FERTILISATION DE LA PRAIRIE : PRINCIPES, PROBLÈMES ET PERSPECTIVES

LE BUT DE CET ARTICLE EST DE DONNER UN ASPECT SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS ET DES PROBLÈMES DE LA FERTILISATION DE LA PRAIRIE ET D'ANALYSER SES orientations et ses perspectives.

Il y a déjà quinze ans, la revue *Fourrages* avait consacré un numéro aux problèmes de la fertilisation de la prairie (26). A cette époque, on parlait surtout de la prairie permanente traditionnelle recevant exclusivement des apports de purin et de scories ; on discutait de l'intérêt des apports de fumier, des plantes indicatrices des besoins en phosphore et du rôle du potassium dans l'équilibre graminées/légumineuses. Ces questions ont beaucoup évolué depuis et ces dix dernières années ont vu le *développement de la fertilisation azotée qui a atteint des niveaux efficaces élevés*, non seulement sur prairie temporaire mais aussi sur prairie permanente. Le deuxième point important de cette évolution étant la reconnaissance des *avantages de la prairie permanente*, permettant de la considérer comme particulièrement adaptée à certaines conditions de sols difficiles à travailler et de climat (12, 13).

Cependant, les progrès réalisés ont été inégaux et il demeure deux grands problèmes : d'une part, la prairie n'utilise pas assez d'engrais pour que son potentiel soit utilisé au mieux, restant sur ce plan un secteur considérablement

moins développé que celui de la grande culture ; les hétérogénéités entre exploitations, entre systèmes d'exploitation et entre régions demeurent considérables et exagérées, ce qui est d'importance primordiale si l'on considère les conséquences sur la production à l'échelle départementale ou nationale ; d'autre part, les critères de détermination des doses restent mal définis.

Les perspectives de l'utilisation des engrais doivent tenir compte des difficultés propres à la prairie et de l'évolution des conditions économiques tendant à faire réaliser des économies sur tous les moyens de production.

1. Originalité de la production d'herbe comparée aux grandes cultures.

Conséquences pour la fertilisation.

Les problèmes de fertilisation sont plus délicats dans le cas de l'herbe que dans celui des plantes de grande culture, ce qui explique en grande partie les contraintes qui freinent son développement.

Relations animal-surface agricole.

De plus en plus, on sépare les productions agricoles de grande culture (céréales, cultures industrielles) et les productions fourragères ; cette division, totale dans les exploitations sans bétail, reste importante entre les parcelles des exploitations de polyculture-élevage. Depuis longtemps, il n'est plus besoin d'animaux de trait pour le travail (l'énergie nécessaire à ce travail vient aujourd'hui du pétrole et les surfaces autrefois consacrées à la nourriture de ces animaux sont libérées pour d'autres spéculations). Depuis moins longtemps, mais la tendance s'accroît, certaines régions n'ont plus besoin d'animaux pour assurer le maintien du niveau de matière organique des sols par le fumier, dans la mesure où les restitutions organiques sont bien conduites. Donc, le rôle multiple de l'animal disparaît : l'animal n'intervient plus que pour produire de la viande ou du lait, faciles à comptabiliser et ce rôle, à lui seul, doit assurer la rentabilité de l'élevage.

Relations animal-fourrage.

L'animal transforme des produits végétaux dont la valeur ne peut pas s'apprécier de façon intrinsèque, mais seulement en faisant intervenir la

manière dont ils sont transformés : il y a interaction, pour fixer le rendement final, entre le produit et son mode d'utilisation ; ceci explique notamment les difficultés rencontrées en expérimentation pour traduire en termes de produits animaux des accroissements de rendement en fourrage (résultant par exemple de la fertilisation) et les difficultés rencontrées pour la vulgarisation des techniques de fertilisation fourragère. Dans le cas des grandes cultures, au contraire, le produit est facilement mesurable : les variations, en quantité et même en qualité, dues à un facteur de production tel que la fertilisation peuvent donc être mises en évidence de manière concrète et directe. D'autre part, le produit de la culture est vendu, il n'y a pas de délai obligatoire entre la récolte et la vente. La production d'herbe, par contre, est autoconsommée et il y a des délais entre production et consommation dus à la contrainte de conservation du fourrage, ce qui augmente les difficultés de gestion.

L'effet au second degré sur la production animale n'est, en général, ni proportionnel, ni régulier, ce qui complique l'interprétation des essais et explique les résultats contradictoires expérimentaux tout autant que les difficultés de vulgarisation.

Relations sol-fertilisation-plante.

Les grandes cultures sont annuelles et sont soumises à des rotations ; leur fertilisation se raisonne sur une année et, si possible, sur la durée d'une rotation ; les fumures de redressement, éventuellement nécessaires, peuvent être échelonnées sur plusieurs années, les labours annuels rendant facile leur incorporation au sol.

A l'exception du ray-grass d'Italie, qui est un cas intermédiaire, les prairies sont pérennes. De plus, elles donnent plusieurs récoltes par an et il est souhaitable de raisonner la fertilisation non pas sur l'année, mais en différenciant les récoltes ou les exploitations successives.

Par ailleurs, contrairement aux cultures, la fumure de la prairie est nécessairement une fumure de couverture, ce qui pose des problèmes pour la bonne utilisation des éléments peu solubles. Pour les prairies temporaires de longue durée, les labours réalisés pour l'installation permettent une fertilisation par incorporation au sol mais, en cas de besoins élevés de redressement, il peut s'avérer très coûteux d'incorporer en une seule fois la totalité des éléments nécessaires.

Les produits de grande culture sont relativement homogènes et l'estimation des exportations d'éléments minéraux par les récoltes est possible et suffisamment exacte pour intervenir efficacement dans le calcul des besoins en fertilisants ; au contraire, l'herbe est un produit hétérogène (résultat de la seule croissance de la plante, sans intervention des phénomènes de développement donnant des fruits, des racines ou des graines de composition peu variable) et sa composition minérale varie beaucoup selon le niveau d'intensification, en particulier la fertilisation azotée, l'âge de la repousse, la saison, la disponibilité en eau, etc. Les exportations en minéraux sont donc beaucoup plus délicates à définir et, par conséquent, leur utilisation pour le choix d'une fertilisation n'est totalement valable que dans un contexte bien connu par ailleurs. D'autre part, les résultats d'analyse de sol sont plus difficiles à interpréter dans le cas d'une prairie que dans celui d'un sol de culture, eu égard à la plus grande hétérogénéité du sol, notamment dans les prairies permanentes.

Dans le cas des cultures annuelles, on peut évaluer les reliquats en éléments fertilisants d'une année à l'autre (cela se fait en particulier pour l'azote minéral en fin d'hiver pour les cultures de blé et betteraves). Pour les prairies, s'il y a des reliquats d'une coupe à l'autre, en fait, ils sont difficiles à évaluer et beaucoup moins de travaux ont été réalisés à ce sujet. De même, les restitutions organiques sont plus facilement chiffrables pour une culture de blé, de colza ou de betterave que pour une prairie, en raison de l'hétérogénéité de composition des exploitations successives de cette dernière. En cas de pâturage, les restitutions sont encore plus difficiles à évaluer.

Enfin, pour ce qui est des pertes, les différences sont notables : les pertes d'azote par lessivage, notamment en hiver, sont plus importantes sous culture que sous prairie. Par contre, les pertes par volatilisation sont peut-être plus importantes sous prairie ; aux pertes sur la parcelle doivent s'ajouter celles qui interviennent le long de la chaîne plante-animal-parcelle (fosses à lisiers, chemins).

Relations plante-surface agricole.

Le plus souvent, les meilleurs sols sont réservés à la culture, les moins bons à la prairie donc à l'élevage (sols trop humides, trop argileux, trop caillouteux, trop en pente, trop pauvres chimiquement). La séparation des

surfaces et des exploitations entre culture et élevage ne fait qu'accroître cette disparité (*).

En France (9), on peut admettre la répartition suivante de la S.A.U. fertilisée : 48 % en terres de grande culture 52 % en prairies (permanentes et temporaires). Il est certain que les prairies reçoivent beaucoup moins de fertilisation que les terres de cultures. Les prairies en rotation avec des cultures sont peu nombreuses et il ne semble pas que leur surface augmente actuellement.

Il reste à réaliser des efforts considérables pour aboutir à une fertilisation suffisante et rationnelle de la prairie. Compte tenu des surfaces concernées, il est incontestable que c'est dans ce secteur que l'on pourrait obtenir les résultats les plus spectaculaires par une fertilisation accrue.

Relations plante-sol-animal.

Dans le cas des plantes de grande culture, la fertilisation doit apporter les éléments nécessaires à la croissance, au développement et à la qualité de la plante cultivée. Dans le cas de l'herbe, il faut en plus satisfaire les besoins des animaux qui sont parfois différents de ceux de la plante. Ceci pose le problème d'éléments tels que P, Ca ou Na et celui des oligo-éléments.

2. Remarques sur l'état actuel de la fertilisation de la prairie.

Les caractéristiques principales de la fertilisation de la prairie en France sont :

- une très grande hétérogénéité,
- une très large insuffisance en azote.

D'autre part, dans les cas où une fertilisation assez élevée est utilisée, elle est rarement le résultat d'une détermination raisonnée.

Pour la prairie temporaire, il est difficile de trouver des données moyennes représentatives d'une zone climatique ou d'un type d'exploitation ; GACHON

(*) Il est donc logique que des différences en termes de produit brut/hectare apparaissent, que l'on ne pense pas toujours à tempérer par la différence de potentialité des sols. Il est fréquent de trouver les mauvais sols désignés comme « aptes à la production fourragère et à l'élevage » : une vocation par élimination n'est pas, en fait, un vrai critère d'aptitude.

Dans la mesure où une aptitude fourragère des sols pourrait être définie, le caractère essentiel à prendre en considération devrait être celui de la portance : portance pour les animaux, conditionnant la possibilité de pâturages précoces et de pâturages de fin de saison, portance pour les appareils de récolte conditionnant les fauches de variétés précoces pour ensilage.

(9) cite une moyenne de 72 kg N/ha/an ; or une graminée peut en valoriser de trois à cinq fois plus.

Pour la prairie permanente, les statistiques (**) des départements à forte majorité de surfaces fourragères donnent une idée assez précise des fertilisations moyennes utilisées. Deux groupes se différencient (tableau I) :

- prairies de montagne : ce sont les moins fertilisées avec une moyenne de 14 N, 33 P₂O₅, 17 K₂O ;
- prairies de l'Ouest et du Centre-Est, recevant une moyenne de 32 N, 58 P₂O₅, 38 K₂O.

TABLEAU I
CONSOMMATION MOYENNE D'ENGRAIS
DES DÉPARTEMENTS
COMPORTANT PLUS DE 70 % DE SURFACE FOURRAGÈRE
DANS LA SURFACE AGRICOLE FERTILISÉE
(1972-1973)

		S.F./S.A.U.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total engrais U. NPK/ha
<i>Région Ouest</i>	Manche	0,91	42	77	52	171
	Calvados	0,81	45	75	48	168
	Orne	0,85	23	53	34	110
	Mayenne	0,78	41	82	60	183
<i>Région Centre-Est</i>	Saône-et-Loire	0,75	19	38	22	79
	Nièvre	0,72	26	43	24	93
	Allier	0,71	28	47	29	104
	Haute-Saône	0,74	31	52	39	122
<i>Régions d'altitude</i>	Haute-Vienne	0,76	16	39	15	70
	Cantal	0,87	10	28	8	46
	Haute-Savoie	0,84	14	31	26	71
	Savoie	0,87	13	21	20	54
	Doubs	0,87	18	45	25	88
	Jura	0,80	17	33	22	72
	Vosges	0,80	11	35	20	66

182 (9). (**) On trouvera un tableau de l'ensemble des départements dans L. GACHON

TABLEAU II
DOSES MOYENNES D'ÉLÉMENTS FERTILISANTS
UTILISÉES SUR PRAIRIES
DANS QUELQUES PAYS ÉTRANGERS

Référence	Pays	Type de prairie	Kg/ba/an		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
G.W. COOKE (3) ..	Angleterre	Prairie permanente (1969)	68	47	34
		Objectifs théoriques possible	250	60	100
	et Pays de Galles	Prairie temporaire (1969)	90	53	40
		Objectifs théoriques possible	250	50	100
J.W. MINDER- HOUD et al. (15) ..	Pays-Bas	<i>Prairie temporaire</i>			
		Moyenne	200		
		Plusieurs cas	400		
BEATON et BERGER (1)	U.S.A.	<i>Prairie permanente (1969)</i>			
		Zone Nord-Est (New England)	22	10	27
		Potentiel théorique possible	65	26	85
		Zone Sud-Est (1969) ..	40	11	26
		Potentiel théorique possible	103	26	66
		Ensemble U.S.A., moyenne	5,6	1,9	3,4
Potentiel possible	24	7,8	15		

Des chiffres un peu différents peuvent être donnés selon l'origine des statistiques, mais la tendance générale demeure la même. Quelques exemples concrets illustrent les grandes différences enregistrées : dans la Manche, SARRAZIN (23) compare deux groupes d'exploitations différenciés par leur fertilisation NPK : 144 - 105 - 64 (1,90 U.G.B./ha) ou 43 - 65 - 45 (1,65 U.G.B./ha) ; en Saône-et-Loire, Mlle DESBROSSE (8) cite les cas suivants avec également les chargements correspondants : 10 - 60 - 20 (1,50 U.G.B./ha) ; 0 - 16 - 0 (1 U.G.B./ha) ; 25 - 40 - 35 (1,15 U.G.B./ha) ; 40 - 30 - 30 (1,15 U.G.B./ha).

Dans le cas du ray-grass d'Italie, de fortes doses d'azote sont utilisées, mais le choix des doses de P et K est trop souvent fait un peu au hasard. Il serait important, pour mieux cerner les problèmes du choix des doses, de disposer de nombreux cas d'analyses au niveau des parcelles et au niveau des exploitations, faisant apparaître l'évolution sur plusieurs années de l'état des réserves du sol et de la composition minérale de l'herbe ; ces analyses devraient, dans la mesure du possible, accompagner des essais d'estimation de bilan selon la méthode proposée par COPPENET (4).

A l'étranger, les doses utilisées sont également très hétérogènes (tableau II).

Il est important de remarquer les discordances dans les proportions relatives des trois éléments N, P, K : dans les prairies de type traditionnel, il y a excès relatif de P traduisant la sous-utilisation de l'azote (***) ; quant aux doses de K utilisées ou préconisées, elles ne semblent pas correspondre à des choix faits sur les mêmes bases, ni entre régions, ni entre pays. On peut noter en Angleterre plus d'azote, moins de P et de K qu'en France ; aux Pays-Bas beaucoup plus d'azote, peu de P (****), peu de K (15) ; aux U.S.A., des doses N, P, K plus faibles avec une proportion relativement plus faible de P.

(***) En Grande-Bretagne et au Pays de Galles, les proportions des surfaces de prairie permanente recevant N, P ou K sont respectivement 57 %, 46 %, 42 % ; pour les temporaires, ces proportions sont plus élevées : 82 %, 68 %, 63 % (G.W. COOKE, 1969) ; en France, il semble incontestable que le phosphore soit l'élément utilisé sur la plus grande partie des surfaces en prairie.

(****) Les doses faibles de P et K correspondent notamment à des apports importants par les concentrés et les compléments minéraux.

3. Pourquoi l'azote est-il si peu utilisé ?

L'azote augmente la quantité d'herbe produite principalement par accroissement de la vitesse de croissance ; l'introduction de la fertilisation azotée dans une exploitation est en réalité un facteur de déclenchement de toute une série de contraintes. Ces contraintes techniques et humaines, qui s'ajoutent aux problèmes évoqués dans le premier chapitre, sont l'explication essentielle de l'écart si important entre les doses d'azote utilisées et les doses que le potentiel de production du milieu permettrait de valoriser : ainsi, davantage d'herbe conduit à augmenter le nombre d'animaux, d'où besoins accrus en bâtiments et fourrages conservés ; l'herbe poussant plus rapidement, il faut changer le mode d'exploitation (rotations plus rapides) et pouvoir utiliser de l'herbe plus longtemps dans l'année ; il faut chercher à récolter à un stade plus jeune (foin impossible au premier cycle si l'on veut maintenir la qualité), d'où nécessité d'ensilage ou de séchage en grange. Au total, l'azote augmente le travail nécessaire, augmente les besoins en investissements, augmente les besoins en mécanisation ; parallèlement, l'azote exige une technicité accrue. Il n'est donc pas surprenant que, sur l'ensemble d'une région, il soit infiniment plus difficile de faire accroître la fertilisation sur l'herbe que sur une céréale.

Il est important de développer les recherches d'analyses de situations à caractère socio-économique permettant de situer l'importance de ces contraintes dans le cadre du développement d'une région. A ce titre, l'étude réalisée par le S.E.I. dans une région des Vosges (OSTY, 16) peut être donnée en exemple.

Des aspects techniques s'ajoutent à ces contraintes :

- les teneurs en nitrates de l'herbe trop fertilisée en azote ont toujours effrayé. Il est certain que des teneurs élevées en nitrates traduisent une mauvaise utilisation de l'azote par la plante, mais ces teneurs ne sont importantes que si la fertilisation est mal raisonnée. Cet azote est mal utilisé par l'animal, surtout dans une ration insuffisamment pourvue en glucides, mais il semble que sa toxicité ait été exagérée (18). Par contre, il est certain que l'on trouve souvent des pourcentages d'azote trop élevés pour les besoins en M.A.T. ;
- de l'herbe en forte quantité peut être beaucoup plus difficile à utiliser, ce qui peut conduire, à l'extrême, à avoir des résultats inférieurs en produit animal. Le cas le plus typique étant celui du

foin (LAISSUS, 13) qui peut être beaucoup plus médiocre avec une fertilisation azotée si l'on persiste à couper trop tard une herbe trop âgée, du fait d'une masse plus difficile à sécher ;

- l'utilisation rationnelle de l'azote doit accompagner et non précéder la maîtrise des techniques de contrôle de l'herbe permettant un bon ajustement de la charge instantanée, une rotation rationnelle, une alternance fauche-pâturage ;
- on craint, souvent à tort, un lessivage d'azote en hiver sous prairie. Avec des apports normaux, ce lessivage est très faible et négligeable sous prairie, alors qu'il peut être très important en sol nu ou en cultures (résultats de L. GACHON en cases lysimétriques, 9).

D'autre part, certains aspects de l'intensification basée sur une fertilisation accrue sont liés à des choix d'ordre économique. C'est le cas des exploitations de polyculture-élevage de l'Eure analysées par DELCURE et LÉ STANG (6) : les ressources fourragères étant accrues, on peut soit augmenter le nombre des animaux et accroître la tendance élevage de l'exploitation, soit réduire les surfaces fourragères sans augmenter le troupeau, ce qui permet d'accroître les surfaces de culture (vente de céréales) : que cette dernière alternative soit souvent préférée prouve combien la maîtrise d'un accroissement de production d'herbe est délicate et pose, d'une manière concrète, le problème du développement des spéculations animales et de leur financement.

4. Pourquoi l'azote est-il souvent mal utilisé ?

Pour être positifs, les effets de l'azote sur le rendement et la vitesse de croissance doivent conduire à une bonne exploitation, qui ne fasse pas perdre en baisse de qualité le gain obtenu en quantité, et à des réserves économiques et de bonne qualité : il est difficile de bien utiliser toute l'herbe produite.

L'azote a un effet sur la qualité en augmentant la teneur en protéines de l'herbe surtout aux doses élevées (les doses faibles augmentant d'abord le rendement). Parallèlement, l'azote diminue la teneur de l'herbe en matière sèche (21). Dans les cas de niveaux très faibles en azote, les apports d'azote peuvent améliorer les performances individuelles s'ils permettent à l'animal de mieux satisfaire son appétit ; de même, à ces niveaux très faibles, il peut y avoir légère augmentation de la digestibilité et de la quantité ingérée. Mais, dans des conditions normales, l'azote n'influe pratiquement pas

186 (+ 2,8 à — 3 points) sur la digestibilité ; son action sur les quantités

Les effets de l'azote sur le rendement sont plus difficiles à interpréter que l'on ne le croit parfois ; la figure 1 illustre ce problème. Il est *a fortiori* plus difficile d'interpréter les résultats annuels résultant de l'addition de coupes successives. Il est important de raisonner différemment sur le premier cycle, qui associe croissance et développement dans une période où tous les facteurs climatiques s'ajoutent pour accroître le potentiel de production (il reste à mieux connaître les interactions entre azote et variétés, notamment selon la précocité et l'influence de la période à laquelle l'azote est apporté : automne, hiver, début du printemps), et sur les cycles végétatifs pour lesquels on peut simplifier le problème en admettant, au moins pour les cycles d'été, que l'utilisation de l'azote est avant tout fonction de l'eau disponible.

6. Perspectives permettant de mieux préciser la fertilisation azotée.

— Détermination de l'efficience de l'azote.

Elle est habituellement estimée en termes de rendement : kilo de M.S. produite par kilo d'azote supplémentaire apporté (voir article de PLANCQUAERT dans ce numéro) (19). C'est une mesure de la pente de la courbe rendement M.S./doses d'azote. Il est évident que la saison est un facteur déterminant de ses variations et que l'efficience de l'azote varie selon le niveau d'apport. En France, dans de bonnes conditions, cette efficience est de l'ordre de 10 à 30 kg de M.S.

Il est également intéressant d'estimer l'efficience de l'azote en termes de qualité, en déterminant la quantité d'azote supplémentaire dans la plante à la suite de l'apport d'une dose supplémentaire d'azote : pour une graminée recevant des doses successives d'azote 0, . . . n, on appelle taux de recouvrement apparent de l'azote par la plante, le rapport

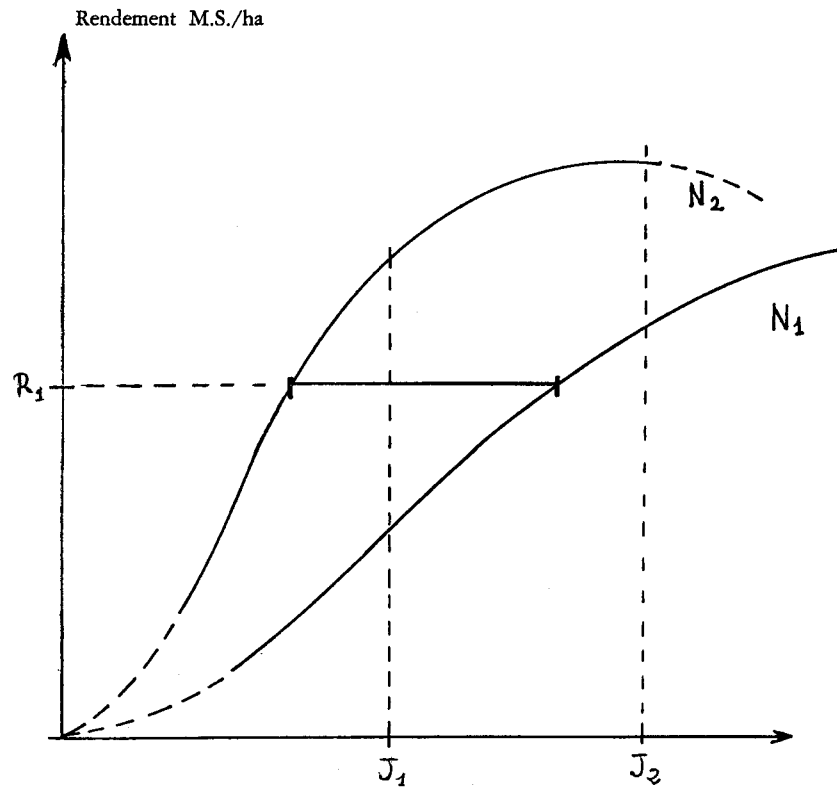
$$RN = \frac{(N \text{ plante})_n - (N \text{ plante})_{n-1}}{(N \text{ apporté})_n - (N \text{ apporté})_{n-1}} \times 100$$

Ce taux varie en moyenne annuelle, pour les graminées fourragères, de 55 à plus de 80 % dans de bonnes conditions ; des valeurs faibles sont la preuve d'une fertilisation très mal conduite.

L'efficience de l'azote varie en fonction de la saison et de la fréquence des coupes, mais aussi selon les espèces ou les variétés de graminées fourragères ; on dispose encore de très peu de données sur ces sujets. Enfin, l'efficience de l'azote dépend de sa vitesse d'absorption par la plante, dont les différents aspects sont encore mal connus. Lorsqu'une exploitation intervient avant que la plus grande partie de l'azote apporté soit absorbé par la plante, ou que les doses sont trop fortes pour les possibilités d'absorption de la plante, il y a des reliquats qui deviennent disponibles pour la repousse suivante. Les interactions avec les phénomènes de minéralisation et de réorganisation

FIGURE 1

Courbes type de croissance d'une repousse de graminée fourragère pour deux niveaux de fertilisation azotée (N_1 : faible ; N_2 élevée). Pour un rendement donné (repère R_1), on voit le gain de temps de croissance obtenu par une dose plus élevée d'azote. D'autre part, il est important de noter que l'effet mesuré de la dose d'azote sur le rendement dépend de la date de coupe (ex. : des coupes aux jours J_1 ou J_2 donnent des résultats tout à fait différents).



5. Sur quelles bases fixer les doses d'azote ?

A. DEMOLON, il y a plus de quarante ans, a posé le principe que l'azote est le « pivot de la fumure » ; ceci est encore plus vrai dans le cas de l'herbe : après la disponibilité en eau, l'azote est le premier facteur de la productivité et sert de base à la détermination des autres éléments de la fertilisation.

A la différence des plantes de grande culture, pour lesquelles il suffit de rechercher le rendement maximal compatible avec les coûts de production, le premier critère de détermination de la fertilisation azotée de la prairie doit résulter des besoins des animaux. Ces besoins peuvent être chiffrés (en rendement, en teneur en M.A.T., en teneur en minéraux) pour un système donné de conduite du troupeau : ils représentent les objectifs de production ; la fertilisation doit être ajustée à ces objectifs en jouant sur le potentiel de croissance de l'herbe, lui-même lié au climat et à la saison.

Dans ces conditions, on ne peut plus considérer qu'une plante donnée a des besoins particuliers en azote, mais il faut considérer, à partir des besoins des animaux et de leur variation dans l'année, quelles sont les possibilités de croissance de la plante à une période donnée, qui dépendent de son aptitude à absorber et transformer une quantité donnée d'azote minéral pendant une durée déterminée.

Il est certain que pour améliorer l'efficacité de cette évaluation, il serait intéressant de disposer en plus grand nombre d'unités de références régionales (expérimentations simples, multilocales et pluriannuelles, représentant des modes d'utilisation choisis), ceci permettant de mieux connaître les variations saisonnières du potentiel de croissance selon la fertilisation et sa modulation dans le temps. (Exemple : influence de la date de première exploitation, de la fréquence d'utilisation : lorsque cette dernière augmente, le rendement est réduit, mais les pertes au pâturage sont diminuées ; les limites supérieures de rendement restent dues avant tout aux conditions de climat — eau, rayonnement, température, durée du jour).

Le choix des doses d'azote, modulé au long de l'année en fonction des pâturages ou des coupes successifs, doit donc, et dans ces limites, *dépendre de la production que l'on veut atteindre*. Il est donc essentiel de raisonner la fertilisation azotée, non pas sur l'année, mais pour chaque repousse ou chaque exploitation et en fonction de la saison, pour tenir compte de l'aptitude de l'herbe à valoriser l'azote.

ingérées peut être positive, mais elle a été peu étudiée et certains résultats sont difficiles à interpréter (DEMARQUILLY, 7) ; l'augmentation de teneur en protéines s'accompagne, au-dessus d'un certain niveau d'apport d'azote, d'une diminution des teneurs en glucides conduisant à un déséquilibre et à un fourrage insuffisant en énergie, surtout dans les stades jeunes (voir tableau III). Il est important d'insister sur l'inutilité de doses trop élevées d'azote : teneur en eau trop élevée, valeur fourragère limitée par l'énergie, teneur en azote trop élevée pour les besoins, conduisant à un gaspillage par l'animal (l'utilisation de protéines pour assurer les besoins en énergie de l'animal est un non-sens biologique et économique ; il s'accompagne d'une augmentation de l'élimination d'azote par les urines).

TABLEAU III
VARIATIONS DES TENEURS EN AZOTE ET EN ÉNERGIE
 Exemple de l'évolution de la fétuque des prés, var. S.215,
 d'après DEMARQUILLY, I.N.R.A., 1964 (cité en 24)

Stade de végétation	Digestibilité de la matière organique mesurée sur moutons	Quantité de matière sèche ingérée par les vaches (kg/jour/vache)	Production laitière permise (kg lait à 4 %/vache)	
			par les U.F.	par les M.A.D.
Feuille	80,1	13,8	19,5	32,7
Montaison	79,9	14,0	20,3	26,5
Début épiaison ..	73,9	13,3	16,0	16,6
Épiaison	71,8	12,0	12,9	12,1
Pleine épiaison..	70,2	12,0	11,8	10,6
Début floraison .	65,2	9,4	4,5	4,3

Il est donc essentiel de raisonner les apports d'azote en fonction des besoins de l'animal. *Il faut chercher à ce que le supplément d'herbe produit soit utilisé par des animaux supplémentaires ou conservé sans coût excessif.*

Enfin, les apports doivent être raisonnés en fonction de la saison et déterminés pour chaque repousse ou chaque exploitation (la dose annuelle est une base de comparaison, mais un même total annuel aura des effets très différents selon la répartition, selon les dates de coupe, etc.).

pour que les apports d'azote soient considérés en fonction de chaque coupe ou de chaque exploitation. Les possibilités d'absorption d'azote par la plante dépendent de son potentiel de croissance et, par conséquent, surtout des conditions climatiques et de la saison.

— Relations azote/eau.

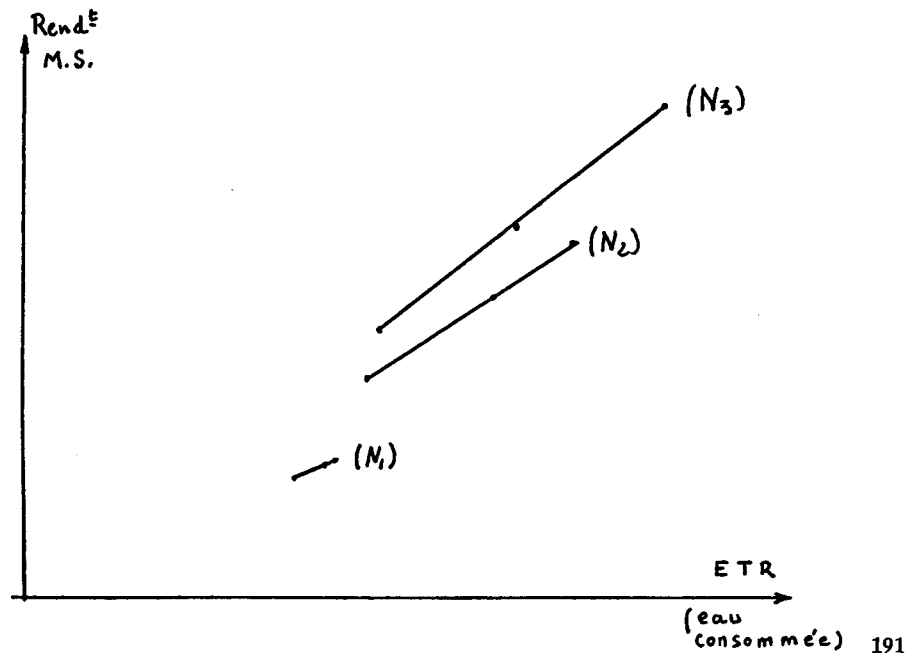
Les relations entre l'azote et la disponibilité en eau sont particulièrement importantes ; elles sont l'une des bases des différences de potentiel de production entre régions (pluviométrie annuelle, pluviométrie estivale, relations entre le profil hydrique du sol et le profil racinaire).

D'autre part, elles conditionnent l'efficacité des irrigations ; la figure 2 en donne un exemple.

Les possibilités d'utilisation de l'azote en été sont également liées en partie à la disponibilité en eau.

FIGURE 2

Un aspect du problème des relations entre le rendement et l'eau. Efficacité de l'eau pour différents niveaux d'azote (chaque courbe N_1 , N_2 , N_3 correspond à différents modes d'apports d'eau, à trois niveaux d'azote. D'après J. SALETTE, essais en pots, travaux en cours).

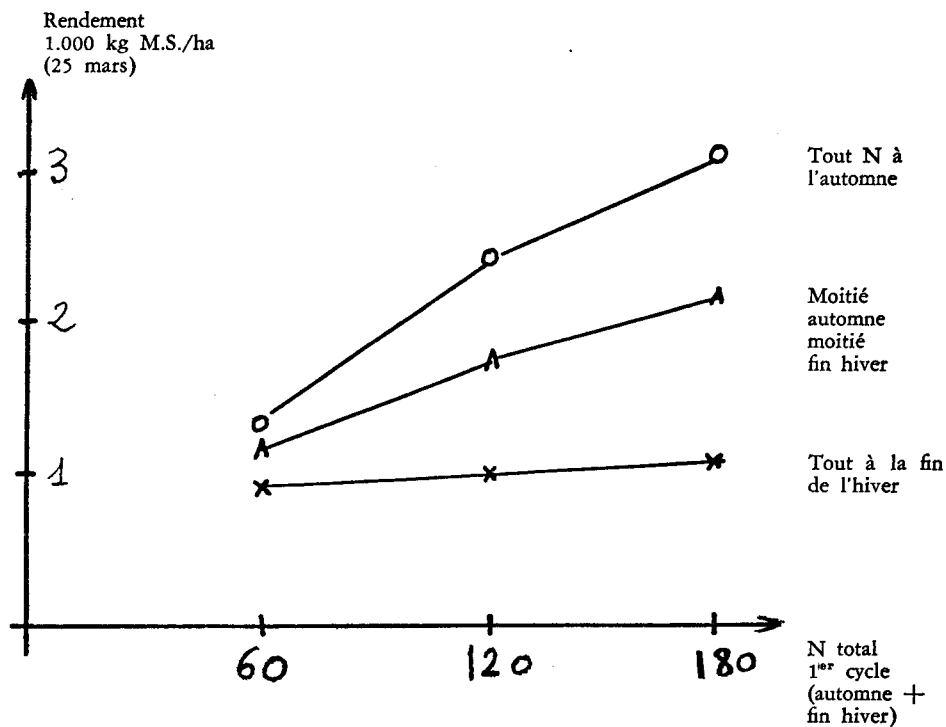


— Importance des apports d'automne ou d'hiver.

Le problème des modalités d'apport de l'azote correspondant au premier cycle de végétation est délicat parce qu'il interfère avec les phénomènes d'utilisation et d'accumulation des réserves (GILLET, 10) et qu'il ne se pose pas exactement de la même façon chaque année, en raison de la variation des conditions climatiques. La figure 3 illustre un aspect de ce problème et montre l'intérêt de travaux accrus dans ce domaine.

FIGURE 3

Un aspect du problème de l'importance du mode d'apport de l'azote destiné au premier cycle. (Essai de GILLET et JADAS-HECART, travaux en cours.)



Enfin, l'équilibre entre l'azote minéralisé dans le sol, l'azote minéral apporté par la fertilisation et les prélèvements par la plante, ne se fait pas tout de suite ; on peut admettre qu'il nécessite au moins un an dans les cas les plus simples. Pour une prairie à flore complexe de graminées et de trèfle blanc, et à plus forte raison pour une prairie permanente, cette situation d'équilibre s'établit plus lentement et peut demander plusieurs années si la flore évolue. De plus, pour la prairie permanente, l'augmentation de la teneur du sol en matière organique peut s'accompagner d'une moins bonne efficacité de l'azote dans certains cas.

— *Relations avec la portance des sols.*

Dans la mesure où l'on recherche une production répartie le plus longtemps possible dans l'année en étendant la production tôt au printemps et tard en automne par le jeu de la fertilisation et du choix des variétés, la portance des sols peut intervenir comme facteur limitant. Il est donc très important de faire intervenir ce facteur dans l'établissement de la fertilisation, en fonction des périodes d'utilisation possible de l'herbe et de la charge qui en résulte. Il est évidemment inutile de favoriser la croissance de l'herbe à des périodes où elle ne peut être pâturée en totalité, ni même, parfois, récoltée.

Cas extrêmes. Dans certains cas, les apports fertilisants sont irrationnels et conduisent à des plantes dont la composition est hors de la normale : c'est le cas de doses excessives d'azote à une période où la plante ne peut ni l'absorber, ni le transformer totalement, d'où accumulation d'azote soluble et d'azote nitrique. C'est aussi le cas où le rythme des irrigations et la fertilisation ne sont pas adaptés et peuvent conduire à des arrière-effets dépressifs de l'irrigation sur la production de l'année suivante (S. MERIAUX, 14). L'étude de ces cas extrêmes montre que l'azote ne doit pas être apporté inconsidérément.

— *Meilleure connaissance des paramètres du cycle de l'azote.*

En prairie fauchée, l'étude de l'efficacité de l'azote coupe par coupe, par des essais simples, peut permettre une meilleure approche du problème.

En prairie pâturée, les retours d'azote par les déjections sont importants, mais difficiles à estimer : ils peuvent atteindre les valeurs théoriques de 75 % en cas de bétail laitier et 95 % en cas d'animaux à viande. Les pertes, notamment par volatilisation à partir des urines ou des bouses sèches, peuvent

être très importantes. L'azote des bouses est à peu près constant (8 g N par kg de M.S. ingérée) et se trouve sous forme organique insoluble : il nécessite l'intervention de la faune du sol pour son incorporation au sol où il est minéralisé. L'urine contient le reste (45 à 80 %) de l'azote excrété, essentiellement sous forme d'urée ; sa teneur dépend de la teneur en azote de l'herbe. Une fraction de l'azote peut ainsi, par le jeu du recyclage sol-plante-animal, être utilisée par la plante plusieurs fois dans l'année. Ceci justifie d'autant plus que les doses d'azote maximales utilisables efficacement soient relativement faibles en cas de pâturage : il semble qu'il soit rarement intéressant de dépasser un total annuel de 250 kg/ha. Nous manquons encore de données précises sur l'évaluation du recyclage de l'azote en cas de pâturage compte tenu des difficultés expérimentales.

Dans les bonnes associations graminées-trèfle blanc, on peut admettre qu'en conditions moyennes la fourniture d'azote par la légumineuse est de 80 à 120 kg N/ha/an. Rappelons que le transfert de l'azote à la graminée se fait par trois moyens principaux : minéralisation des nodules morts (ils peuvent se renouveler toutes les trois semaines pour le trèfle blanc en croissance), déjections des animaux, minéralisation des feuilles mortes et autres débris végétaux.

7. Les éléments minéraux principaux (P, Ca, Mg, K, Na).

Aspects généraux.

Un certain nombre de confusions existent dans ce domaine, même au niveau des principes de base qui sont simples : il faut tout d'abord déterminer si le problème que l'on se pose relève de la fumure d'entretien et, dans ce cas, elle doit être calculée en fonction du mode d'exploitation, s'il s'agit d'une fumure de fond, par exemple à appliquer avant un semis, ou s'il y a lieu d'appliquer une véritable fumure de redressement si l'on a un sol dont le potentiel alimentaire en certains éléments doit être relevé. Ces distinctions expliquent en partie pourquoi on rencontre tant de résultats discordants dans les comptes rendus d'essais de fertilisation : ou bien on étudie la croissance d'une plante donnée dans un milieu donné et dans ce cas on doit installer l'essai sur un sol normalement pourvu et dans lequel les différents éléments sont apportés pour corriger les déséquilibres éventuels ; ou bien on étudie un sol par l'intermédiaire du rendement d'une plante, le sol pouvant recevoir différents engrais et la plante fourragère n'est pas étudiée elle-même, mais joue le rôle de plante-test pour caractériser le sol. Dans ce dernier cas, il

est logique d'avoir autant de résultats différents que d'essais : on mesure par la réaction de la plante l'aptitude du sol à fournir tel élément à la plante qui est cultivée dans l'essai.

Les besoins en éléments autres que l'azote doivent être déterminés dans la double perspective des relations du sol avec la plante et l'animal : il y a les besoins de la plante conduisant à des réponses possibles en termes de rendement et il y a les besoins des animaux correspondant à des seuils dans les teneurs de l'herbe en minéraux. Pour les différents éléments (*****), la plante et l'animal n'ont pas des besoins qui correspondent à un même niveau de fertilisation : ainsi, les besoins de la plante en K pour obtenir un rendement accru conduisent à des teneurs de la plante en K très largement supérieures à ce qui est nécessaire aux besoins de l'animal consommant exclusivement cette plante ; au contraire, pour des éléments tels que P, Ca, Mg, Co, Fe, Cu..., les besoins des animaux sont relativement importants et représentent des teneurs plus élevées (on n'a en général des réponses à P en termes de rendement que pour des teneurs de l'herbe en P inférieures au seuil des besoins des animaux). De plus, la plante n'a pas de besoins déterminés pour certains éléments nécessaires à l'animal : Na, I, Se ; de même que l'animal n'a pas de besoins particuliers pour des éléments nécessaires à la plante tels que le bore, particulièrement nécessaire aux légumineuses. Il est donc essentiel de tenir compte des teneurs de la plante en minéraux nécessaires à l'animal (tableau IV) et d'en déduire des modifications éventuelles dans la fertilisation. Il est exagéré de ne s'intéresser qu'à la seule teneur en azote de l'herbe, ce qui peut conduire à négliger des problèmes tout aussi importants dans la pratique.

Les variations des teneurs en minéraux dans la plante sont très importantes et ont fait l'objet de nombreux travaux (cf. rapport de synthèse par S. PERIGAUD, 17). Ces variations sont dues en premier lieu à l'âge de la repousse, mais aussi au type de sol, à l'espèce et au niveau de l'azote ; les résultats d'essais ne sont pas toujours concordants (25). On peut retenir que l'augmentation des doses d'azote entraîne une augmentation de la teneur en N et, parallèlement, des teneurs en monovalents Na et K si les réserves du sol sont suffisantes. Les diminutions constatées dans certains cas pour P, Ca et Mg ne sont pas générales : les effets dépendent du niveau d'azote, les

(*****) Cet article ne traite pas des oligo-éléments, sujet pour lequel on consultera les travaux de M. COPPENET, S. PERIGAUD et al. (voir C.R. réunion I.N.R.A., Theix, octobre 1974).

premières doses au-dessus du témoin sans N pouvant avoir un effet de diminution plus important, et des conditions de sol (5, 22).

Besoins en fertilisation de fond et de redressement.

Il est rare que Ca intervienne seul pour améliorer les rendements, mais le chaulage reste une pratique souhaitable dans de nombreux sols de pH trop bas. Le Mg est intéressant à considérer par ses implications dans l'équilibre minéral des rations et l'état sanitaire des animaux. Pour ces deux éléments, une analyse de sol complétée de l'analyse de quelques échantillons de fourrage peut suffire à préciser des solutions.

TABLEAU IV
TENEURS EN MINÉRAUX
ASSURANT LES BESOINS ALIMENTAIRES DES ANIMAUX
(en g par kilo de M.S. consommée)

(Ces teneurs correspondent à des seuils minimaux pour l'herbe
s'il n'y a pas de complément minéral dans la ration.)
(d'après L. GUEGUEN, I.N.R.A.)

		P	Ca	Mg	Na	K
<i>Bovins en croissance</i>	100 à 200 kg { gain < 1 kg/j.	5,0-5,5	8-9	} 1	} 1,5	} 4
	200 kg { gain > 1 kg/j.	5,5-6,0	9-10			
	200 à 400 kg { gain < 1 kg/j.	3,0-3,5	5,0-6,5			
	400 kg { gain > 1 kg/j.	3,5-4,0	6-8			
	plus de 400 kg { gain < 1 kg/j.	3,0-3,5	4,5-5,0			
	400 kg { gain > 1 kg/j.	3,5-4,0	5,0-6,0			
<i>Vaches laitières</i>	Entretien + gestation	3,5	5,5	} 1,5	} 1,5	} 5
	Entretien + 20 kg de lait	3,7	7,0			
	Entretien + 30 kg de lait	4,0	8,0			

Le cas du potassium est plus délicat. Il est certain qu'en cas de sol très pauvre, une amélioration progressive des réserves est préférable et doit être adaptée au type de sol et au genre d'élevage, mais la grande hétérogénéité des sols de pâture complique le problème du prélèvement de sol pour analyse ; de plus, les méthodes actuellement utilisées pour l'analyse du K

disponible pour la plante ne sont pas dans tous les cas satisfaisantes pour les graminées fourragères (2, 22).

Le cas du phosphore est compliqué par sa faible solubilité et par le fait que, sauf lors de l'installation de prairies semées, tous les apports ne peuvent être faits qu'en couverture (cf. articles CHEVALIER et BONISCHOT dans ce numéro). Il est certain qu'une seule détermination analytique simple ne peut suffire à caractériser le potentiel alimentaire du sol en phosphore et qu'il est souhaitable de bien connaître les types de sols de chaque région (pouvoir fixateur pour P notamment).

Quoi qu'il en soit, les analyses de sol restent un moyen indispensable pour aborder ce problème de la fertilisation et devraient être utilisées davantage, surtout dans les zones mal connues à cet égard et pour les parcelles ou les exploitations pour lesquelles on ne dispose d'aucune donnée.

Besoins en fertilisation d'entretien.

Pour les cultures annuelles, la détermination des besoins est en partie basée sur les chiffres d'exportation. Pour l'herbe, cela est plus difficile et moins sûr : les exportations dépendent non seulement du rendement en M.S. et de l'âge des repousses, mais aussi des doses d'azote et, dans une certaine mesure, des conditions climatiques. Néanmoins, pour fixer les idées, nous avons établi le tableau V.

TABLEAU V
APPROXIMATIONS D'EXPORTATIONS POSSIBLES
D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR LES GRAMINÉES FOURRAGÈRES

Rendement (t M.S./an/ha)		Rendements faibles		Rendements élevés	
		3	7	10	15
Kg/ha/an	N	45	120	250	420
	P ₂ O ₅	18	40	90	130
	K ₂ O	50	120	230	400
	Ca	10	25	60	90
	Mg	4	10	22	35
	S	5	12	20	40

Nous pensons qu'il est plus souhaitable de contrôler les effets de la fertilisation appliquée à partir d'analyses de la plante à des stades bien déterminés, mais cette méthode est actuellement d'une efficacité insuffisante : il faut disposer d'un nombre important de références régionales représentant des parcelles bien caractérisées et correspondant à des prélèvements faits à des périodes et des stades bien définis pour avoir des normes de comparaison efficaces.

Les systèmes d'exploitation avec fauche ou pâture dominantes sont évidemment totalement différents en ce qui concerne les doses d'entretien en P ou K. En système de pâture, le recyclage de P et K par le retour des déjections est important (60 % de P ; 50 à 80 % de K), ce qui conduit à ajuster des fumures d'entretien à des niveaux relativement modestes dans des sols déjà portés à un potentiel alimentaire suffisant (30 à 50 kg P_2O_5 et K_2O /ha/an ; cf. également à ce sujet, les données de M. COPPENET sur les bilans avec utilisation des déjections des animaux, 4). En sol calcaire, les doses annuelles d'entretien en phosphore doivent être majorées de 20 kg de P_2O_5 à cause de l'insolubilisation.

En système de fauche, il n'en est pas de même et on peut être conduit à des apports importants que l'on peut conseiller de baser, pour le potassium, sur les niveaux d'azote utilisés. Il est souvent question de consommation de luxe en K (il faut admettre que la fertilisation potassique rationnelle de la prairie pose encore des problèmes et que nous manquons de données pour de nombreux cas). A cet égard, il est raisonnable d'envisager des apports fractionnés en K qui peuvent offrir l'avantage supplémentaire, dans les associations, de favoriser le trèfle blanc.

Un autre aspect de la fertilisation potassique tient aux différences entre la prairie entrant dans une rotation avec d'autres cultures et la prairie permanente ou ressemée sur la même parcelle : on peut raisonnablement admettre (mais d'autres résultats expérimentaux sont encore nécessaires dans ce domaine) que, les graminées utilisant du potassium difficilement disponible dans le sol, il est possible d'obtenir un état d'équilibre satisfaisant, K_{sol}/K prélevé par la plante, avec des doses de K inférieures aux quantités estimées d'après les exportations théoriques et suffisant à maintenir un niveau plus bas des réserves du potassium dans le sol, avec des teneurs en K plus faibles dans la plante, sans entraîner de baisses de rendement. Ceci n'est évidemment pas valable dans le cas d'une prairie assolée : si le niveau des réserves du sol

en potassium n'est pas maintenu suffisamment élevé, il y aura des effets dépressifs marqués sur les cultures suivantes, ce que l'on doit évidemment éviter. La fertilisation potassique de la prairie assolée est donc très particulière et doit s'établir en fonction de la rotation. Là encore, des estimations de bilans sont essentielles et des apports fractionnés peuvent être économiques.

8. Conclusion : Peut-on faire des économies de fertilisation sur la prairie ?

A cette question, qui intéresse les décisions des exploitants et les points de vue des vulgarisateurs de l'herbe et de l'élevage, il est plus logique et sans doute plus pédagogique de répondre par d'autres questions, du moins à un niveau général, car il n'y a pas de recette possible en ce domaine.

Les chiffres donnés au chapitre II montrent l'insuffisance générale de la fertilisation, notamment l'insuffisance de l'azote. L'évolution de l'utilisation d'engrais sur les prairies, en plus des difficultés exposées au chapitre I, dépend des structures d'exploitation et du degré d'intensification. Il y a aussi les très nombreux cas, représentant la très large majorité des surfaces sur lesquelles une forte augmentation des doses de tous les éléments est à souhaiter.

Les motivations économiques de la fertilisation ont été exposées par A. POUSSET et ses conclusions laissent à réfléchir ; il est certain qu'en période où l'engrais apparaît comme cher on a de meilleures chances que les utilisateurs s'efforcent de l'employer plus efficacement, mais il est à craindre que les exploitations d'élevage fassent moins d'efforts en ce sens que les exploitations de culture. Ceci est particulièrement important au niveau national et risque d'augmenter davantage encore les hétérogénéités entre régions et entre exploitations.

Au niveau d'une région ou d'un département, quelles sont les doses d'engrais utilisées dans les différents systèmes fourragers ? Quels sont les éléments sur lesquels un effort particulier doit être fait et ceux sur lesquels une économie, même temporaire, peut être tentée avec le moins de risques ? Malgré la grande hétérogénéité entre exploitations, il y a des dominantes régionales qui peuvent aider dans cette analyse. Il est certain que des statistiques d'utilisation des engrais à l'échelle de l'exploitation, établies pour des unités régionales caractéristiques, seraient extrêmement utiles.

Combien de choix de fertilisation sont-ils le résultat d'un examen déterminé de la situation d'une exploitation ? Dans combien de cas dispose-t-on

d'analyses de sol et d'analyses minérales du fourrage produit pour établir une politique de fertilisation ou vérifier son efficacité ? Dans combien de cas les déjections des animaux sont-elles retournées au sol ou jetées dans les rivières ? Combien de déterminations de doses d'engrais sont-elles faites uniquement selon le hasard ou l'inspiration du moment ? Pourquoi négliger de raisonner la fertilisation de la prairie alors que l'on fait par ailleurs des efforts louables pour ce qui est des cultures ?

Un point également important à souligner pour l'avenir est que les formules d'engrais ternaires actuellement disponibles ne correspondent pas très bien aux besoins de la prairie. A mesure que se préciseront les besoins particuliers correspondant à des systèmes d'exploitation bien définis, il n'est pas impossible d'envisager l'apparition sur le marché des engrais de formules adaptées à ces besoins.

Enfin, il est certain que l'augmentation du prix des engrais, si elle conduit le plus grand nombre à rechercher une efficacité accrue dans une fertilisation plus rationnelle de la prairie, pourra, dans ce domaine, être créditée d'un effet favorable.

J. SALETTE,

I.N.R.A., Station d'Agronomie, Angers-Lusignan.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- (1) BEATON J.D. et BERGER J. (1972) : « Present and potential use of fertilizer for forage production in temperate zones. Symposium on forage fertilization, Muscle Shoals ».
- (2) CHEVALIER (1975) : « Fertilisation azotée, phosphatée et potassique de la prairie temporaire exploitée au rythme de la pâture », *Fourrages* n° 62, juin 1975.
- (3) COOKE G.W. (1971) : « Potassium for grassland, present use and future possibilities. Potassium and systems of grassland farming », 1, 5-14.
- (4) COPPENET M. (1975) : « Bilan des éléments fertilisants dans les exploitations d'élevage », *Fourrages* n° 62, juin 1975.
- (5) COPPENET M. (1973) : « Fertilisation intensive et qualité des fourrages », *Bull. Techn. Inf. Min. Agr.*, 283, 583-591.
- (6) DELCURE J. et LE STANG J.-P. (1974) : « Intensification des prairies permanentes et production de viande », *Fourrages*, 58, 83-102.
- (7) DEMARQUILLY C. (1974) : « Influence de la fertilisation sur la valeur alimentaire des fourrages. Colloque sur les incidences de l'emploi des engrais, sur la qualité et la valeur nutritive des céréales, des pommes de terre, de certains fruits et légumes et des denrées fourragères, C.E.E., Genève. »
- (8) DESBROSSE H. (1974) : « L'évolution de la prairie permanente dans le système fourrager de Saône-et-Loire pour la production de viande bovine », *Fourrages*, 59, 37-52.
- (9) GACHON L. (1974) : « Réflexions sur l'utilisation des engrais », *Bull. Tech. Inf. Min. Agr.*, 295, 839-849.
- (10) GILLET et JADAS-HECART (1975) : communication personnelle.
- (11) GUEGUEN L. (1974) : *L'élevage*, 30, 41-46 ; et communication personnelle, 1975.

- (12) HEDIN L. : « Prairie permanente et production fourragère », *Fourrages*, 58, 3-10.
- (13) LAISSUS R. (1974) : « Possibilités d'amélioration de la prairie permanente française », *Fourrages*, 58, 41-62.
- (14) MERIAUX S. (1971) : « Arrière-effet de l'irrigation sur le premier cycle de deux graminées fourragères (*Dactylis glomerata* L. et *Festuca pratensis* L.), Ann. Agron., 22 (1), 95-111.
- (15) MINDERHOUD J.W. et al. (1974) : « Effects of high levels of nitrogen fertilization and adequate utilization on grassland productivity and cattle performance, with special reference to permanent pastures in the temperate regions », XII International Grassland Congress.
- (16) OSTY P.-L. (1974) : « Comment s'effectue le choix des techniques et des systèmes de production. Cas d'une région herbagère dans les Vosges », *Fourrages*, 59, 53-70.
- (17) PERIGAUD S. (1974) : « Influence de la fertilisation sur la qualité minérale des fourrages. Colloque sur les incidences de l'emploi des engrais sur la qualité et la valeur nutritive des céréales, des pommes de terre, de certains fruits et légumes et des denrées fourragères, C.E.E., Genève. »
- (18) PHIPPS P.H. (1975) : « The effects on dairy cows of grazing pasture containing high level of nitrate-nitrogen », *J. Br. Grassl. Soc.*, 30, 45-49.
- (19) PLANQUAERT P. (1975) : « La fertilisation azotée des prairies », *Fourrages* n° 62, juin 1975.
- (20) POUSSSET A. (1974) : « Physionomie actuelle de la production fourragère et sa fertilisation », *Fourrages*, 57 3-42.
- (21) SALETTE J. et DUMAS Y. (1970) : « Constantes de comportement de *Digitaria decumbens*. Relation entre les teneurs en azote et en matière sèche ; influence de différentes conditions de milieu », C.R. Acad. Sc., 271, 324-326.
- (22) SALETTE J., DUMAS Y., Mme SOBESKY O. (1973) : « Eléments d'écologie des herbages... II. Données sur les éléments minéraux chez *Digitaria decumbens* cultivé dans divers milieux », *Agron. Trop.* XXVIII, 9, 833-844.
- (23) SARRAZIN M. (1974) : « La production laitière et la prairie permanente dans le département de la Manche », *Fourrages*, 59, 3-16.
- (24) WEISS Ph. et DEMARQUILLY C. (1970) : « Valeur alimentaire des fourrages verts », *Fourrages*, 42, 1-20.
- (25) WHITEHEAD D.L. (1966) : « Nutrient minerals in grassland herbage », publ. n° 1, Comm. Bur. Pastures Fld. Crops, Hurley, CAB, pp. 83.
- 202 (26) Plusieurs auteurs (1960) : numéro spécial « Fertilisation », *Fourrages*, 3.