

## *BILAN DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX DANS LE CAS DE PRAIRIES ET DE CULTURES*

**L**ES ÉLÉMENTS MINÉRAUX DU SOL CONSTITUENT UN CAPITAL DONT L'UTILISATION EST DIFFÉRENTE SUIVANT QU'IL EST VALORISÉ PAR DES PRAIRIES OU par des cultures.

Les espèces cultivées annuelles et prairiales se différencient par l'importance des prélèvements d'éléments minéraux liés à leurs besoins propres et également par la répartition spatio-temporelle de leur absorption.

Une gestion saine de ce capital nécessite l'emploi de méthodes de fertilisation ayant pour objectif l'entretien ou l'augmentation des disponibilités en éléments minéraux, en tenant compte des caractères spécifiques de leur utilisation par les plantes.

### **Modalités d'utilisation des éléments minéraux par les prairies et par les cultures.**

Les cultures ont des besoins variables en éléments fertilisants suivant leurs caractéristiques : une plante sarclée a quantitativement des besoins supérieurs à ceux d'une céréale. Elles disposent de possibilités différentes

d'utiliser les réserves des sols ; par exemple, les graminées ont la faculté d'utiliser une fraction du potassium fortement fixé par le complexe argilo-humique plus difficilement accessible aux légumineuses.

Suivant la structure de leur système racinaire, l'exploration du sol est plus ou moins complète : un blé à racines fasciculées à grand développement prospecte une masse de sol plus importante qu'une pomme de terre à racines superficielles faiblement développées.

Il s'ensuit que les prélèvements par une succession de cultures sont très variables et peuvent intéresser des zones et des sites de stockage des éléments minéraux différents d'une année à l'autre.

Les travaux culturaux, en particulier les labours, homogénéisent le sol et assurent une répartition régulière des éléments fertilisants. L'essentiel de l'alimentation des plantes est assuré dans la couche de la profondeur du labour, d'une épaisseur de 15 à 30 cm.

Par contre, les plantes prairiales ont des besoins constants et les absorptions annuelles d'éléments fertilisants ne varient que faiblement, essentiellement sous l'influence des conditions climatiques.

En général, les racines des graminées et des légumineuses se concentrent dans les couches superficielles du sol. Il se constitue un feutrage reposant fréquemment sur une couche de structure défavorable. Ce phénomène se manifeste aussi bien sous prairie de longue durée que sous prairie temporaire. Il est plus ou moins intense suivant les caractéristiques physiques du sol ; il est particulièrement important dans les terres limoneuses pauvres en argile.

L'évolution du système sol-racines sous prairie a fait l'objet d'une étude de MONNIER publiée dans *Fourrages* en 1961. Le tableau I, extrait de cette étude, montre que des exploitations fréquentes par fauche ou pâture favorisent la concentration des racines en surface.

D'autre part, sur prairie pâturée, la concentration des racines en surface est particulièrement accentuée (cf. tableau II). La tendance au feutrage superficiel s'accroît avec l'âge de la prairie.

*TABLEAU I*  
**TENEURS DU SOL EN RACINES**  
**A DIFFÉRENTES PROFONDEURS**  
 sous une culture pure de ray-grass anglais de trois ans  
 suivant le mode d'exploitation  
 (*MONNIER, Fourrages n° 7*)

Profondeur cm	Fauche normale	Pâturage réelle	Fauche au rythme de la pâturage
0 - 5	6,0	12,9	15,7
5 - 10	3,7	2,4	2,9
10 - 15	1,8	1,7	3,4
15 - 20	1,5	1,1	0,9
20 - 25	1,5	0,9	0,9

*TABLEAU II*  
**ENRACINEMENT SOUS PRAIRIES TEMPORAIRES.**  
**POURCENTAGE DE RACINES**  
 (moyenne de trois prairies de 12, 9 et 5 ans)  
 (*A. TROUGHTON*)

Profondeur	%
0 - 7,5	79,3
7,5 - 15	10,6
15 - 22,5	3,6
22,5 - 30	2,2
30 - 37,5	1,1
37,5 - 45	1,4
45 - 52,5	1,1
52,5 - 60	0,7

Il existe des différences suivant les espèces de plantes prairiales. D'après KLAPP, le pâturin, le ray-grass anglais, l'agrostis, le trèfle blanc ont un système racinaire plus superficiel que le dactyle et la houlque laineuse.

La réduction de la couche de sol explorée par les racines est due :

- au tassement spontané du sol à la suite des alternances d'humidification et de dessiccation, provoqué par le passage des outils et surtout par le pied des animaux, spécialement en période où le sol est saturé d'eau.

La zone bien aérée se trouve donc progressivement réduite et l'effet du tassement n'est que partiellement limité par le travail de la microfaune du sol, en particulier des vers de terre ;

- à un enrichissement superficiel du sol créant une zone d'alimentation préférentielle. Elle se forme par la décomposition des racines et des résidus des parties aériennes constituant progressivement une masse importante de matières organiques à évolution lente. Il se produit ainsi une translocation des éléments minéraux contenus dans les horizons sous-jacents vers l'horizon superficiel. L'hétérogénéité du sol au point de vue teneur en éléments nutritifs est accentuée par la fertilisation qui, dans la quasi-totalité des cas, est effectuée par apport en surface.

MONNIER cite le travail fait à la Maison de l'Élevage de Bernay où l'analyse du sol a été effectuée couche par couche sous des prairies temporaires et sous une prairie naturelle.

La fertilisation était de l'ordre de 100 kg  $P_2O_5$  et 100 kg  $K_2O$  par hectare et par an.

Le tableau III donne les résultats moyens obtenus sur les prairies temporaires de quatre ans (dactyle-fétuque des prés, fléole, ray-grass anglais) et sur la prairie naturelle exprimés en pourcentage des teneurs observées dans la couche de 0 à 5 cm.

Il se manifeste une réduction de la disponibilité en  $P_2O_5$  dans les couches profondes plus accusée sur prairie naturelle que sur prairie tempo-

**TABLEAU III**  
**TENEURS RELATIVES EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX**  
**SELON LA PROFONDEUR**  
 sous prairie temporaire et sous prairie naturelle  
 (moyennes établies par la Maison de l'Élevage de Bernay)  
 (MONNIER)

	<i>Prairies temporaires</i>			<i>Prairie naturelle</i>		
	<i>0-5 cm</i>	<i>5-15 cm</i>	<i>15-30 cm</i>	<i>0-5 cm</i>	<i>5-15 cm</i>	<i>15-30 cm</i>
Acide phosph. assimilable .	100	31,1	28,6	100	13,9	4,6
Potasse assimilable . . . . .	100	34,3	24,5	100	46,4	35,7
Chaux assimilable . . . . .	100	55,3	58,4	100	78,9	68,4
Magnésie assimilable . . . . .	100	52,7	47,3	100	68,6	60,8

**TABLEAU IV**  
**TENEURS EN ACIDE PHOSPHORIQUE ET POTASSE**  
 sous des prairies de longue durée  
 selon la fertilisation et la profondeur  
 (Rothamsted)

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (mg/100 g)

		<i>0-22 cm</i>	<i>22-30 cm</i>	<i>30-38 cm</i>	<i>38-46 cm</i>
Sans fumure :	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	124	114	105	101
	P % . . . . .	100	92,6	85,2	81,5
Avec fumure :	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	311	197	147	124
	P % . . . . .	100	63,2	47,1	39,7

K<sub>2</sub>O échangeable (mg K<sub>2</sub>O/100 g)

		<i>0-22 cm</i>	<i>22-30 cm</i>	<i>30-38 cm</i>	<i>38-46 cm</i>
Sans fumure :	K <sub>2</sub> O éch. . . . .	8	7	7	8
	K % . . . . .	100	92,5	85,0	100
Avec fumure :	K <sub>2</sub> O éch. . . . .	57	46	44	42
	K % . . . . .	100	80,5	78,3	75,2

raire. Le phénomène est inverse dans le cas de la potasse. La concentration superficielle en chaux et magnésie est également nette.

Des mesures analogues ont été effectuées à Rothamsted dans un essai sur prairie exploitée exclusivement par fauche commencé en 1856. Les teneurs en  $P_2O_5$  et en  $K_2O$  mesurées en 1959, c'est-à-dire 103 ans après le début de l'essai, exprimées en valeur absolue et en pourcentage des teneurs de la couche superficielle sont présentées tableau IV.

Ces résultats montrent d'une part que la fumure provoque une accumulation superficielle importante et d'autre part qu'une migration se produit sur une très longue période, plus nette pour le potassium que le phosphore.

#### **Bilans comparés des éléments minéraux sous cultures et sous prairies, dans des essais culturaux.**

L'établissement de bilans des éléments minéraux, c'est-à-dire la comparaison des prélèvements, des apports par les fertilisants et du recyclage d'une partie des éléments absorbés, en tenant compte des pertes par lessivage et fixations irréversibles, constitue une méthode de détermination de la fertilisation nécessaire pour que l'alimentation des plantes soit suffisante pour atteindre sinon le rendement maximum du moins celui procurant l'optimum économique.

La définition de ce dernier est aisée sur culture, plus difficile sur prairie. C'est pourquoi il sera fait abstraction de l'aspect économique.

Ces bilans peuvent être établis à l'échelle de l'ensemble d'une exploitation ou des différentes parcelles qui la constituent. Or les rendements peuvent être limités par de nombreux facteurs. Leur intervention conduit à des prélèvements d'éléments minéraux inférieurs à ceux correspondant aux rendements maximum possibles par élimination des facteurs limitants contrôlables.

Un bilan équilibré doit toujours être placé dans le contexte des conditions de production. Elles doivent être comparées à celles qui permettraient l'extériorisation du potentiel de la culture.

Bien souvent, la fourniture d'azote constitue un facteur essentiel du rendement et, par voie de conséquence, de l'importance des prélèvements d'éléments minéraux opérés par les plantes.

Aussi les bilans donnent des informations particulièrement utiles lorsqu'ils sont établis dans des essais de longue durée mettant en œuvre des niveaux de fertilisation différents et en particulier des doses d'azote variables.

C'est le cas d'essais réalisés par la S.C.P.A. d'une part à la Station d'Aspach sur successions de cultures et sur prairies temporaires et d'autre part dans l'Ouest à Saint-Martin-d'Osmonville et aux Loges, dans le Sud-Ouest à Pau Saint-Martin.

Ils permettent une approche satisfaisante du problème bien qu'une comparaison rigoureuse des bilans de cultures et de prairies exigerait un dispositif expérimental comprenant les deux systèmes culturaux menés parallèlement.

Les bilans portent sur les éléments minéraux, potassium, phosphore, calcium et magnésium, éléments stockables essentiellement au niveau du complexe minéral à l'exclusion de l'azote, bien que des différences importantes existent dans l'économie de l'azote sous culture et sous prairie. La dynamique de cet élément est étroitement liée à celle de la matière organique étudiée par ailleurs. Les bilans de l'azote n'ont d'ailleurs qu'un intérêt limité du fait de l'incertitude qui règne quant à l'origine de l'azote utilisé par les cultures (minéralisation de la matière organique, fixation de l'azote atmosphérique).

## **PRAIRIES TEMPORAIRES EXPLOITÉES EN FAUCHE**

### **Essais réalisés à la Station d'Aspach**

#### *Caractéristiques de l'essai sur cultures.*

L'analyse porte sur un essai faisant partie d'un ensemble de huit dispositifs identiques dans lesquels ont été étudiés entre 1955 et 1971 l'interaction entre fumures azotées et potassiques.

Le sol est un lehm profond présentant une battance accusée en raison d'une teneur en argile moyenne (17 à 20 %) et d'une forte teneur en éléments fins et très fins. Le sol était à l'origine pauvre en acide phosphorique assimilable et en potasse échangeable mais riche en magnésie échangeable ; le pH est de 6 à 6,5.

Cet essai comporte neuf traitements correspondant aux combinaisons factorielles de trois doses d'azote et trois traitements potasse comprenant un traitement sans apport de potasse minérale (K0) une dose d'entretien compensant sensiblement les exportations (K1) et une dose d'enrichissement systématiquement double de la précédente (K2).

Par ailleurs, une application de fumier apportant 150 kg de potasse/ha a été effectuée sur tous les traitements tous les quatre ans.

Les cultures suivantes ont été réalisées dans le cadre d'une rotation de huit ans ayant subi quelques modifications en cours d'essai.

<i>Culture</i>	<i>Nombre</i>	<i>Rendements moyens/ha</i>
Blé .....	2	42,00 q (grain 16 % d'eau)
Orge .....	3	39,20 q (grain 16 % d'eau)
Maïs-grain .....	3	60,70 q (grain 15 % d'eau)
Maïs-fourrage .....	1	9,59 t (matière sèche)
Pomme de terre .....	2	29,4 t (tubercules frais)
Betteraves sucrières .....	2	50,5 t (racines fraîches)
Ray-grass d'Italie .....	1	15,5 t (matière sèche)
— Trèfle violet .....	1 an .....	
Ray-grass d'Italie .....	2	1 <sup>re</sup> année 5,4 t (matière sèche)
— Trèfle violet .....	2 ans .....	2 <sup>e</sup> année 13,2 t (matière sèche)

Les produits commercialisables et les sous-produits ont été exportés (pailles, tiges de maïs, verts de betteraves).

La réponse aux fumures azotées et potassiques fut importante. Cette dernière fut particulièrement marquée sur pomme de terre, betteraves sucrières, maïs avec en général interaction entre azote et potasse. La fu-

mure potassique d'enrichissement s'est révélée supérieure à la fumure d'entretien, particulièrement à haut niveau de fumure azotée, du moins sur certaines cultures.

*Caractéristiques de l'essai sur prairie temporaire.*

L'analyse porte sur un essai sur dactyle exploité par fauche en simulation de pâture entre 1968 et 1978, étudiant les fertilisations azotées, phosphatées et potassiques. Il a été réalisé sur un sol de même type que celui portant l'essai sur cultures annuelles.

Les traitements, au nombre de trente-deux, correspondent aux combinaisons factorielles de quatre doses d'azote, deux doses d'acide phosphorique et quatre doses de potasse.

N kg/ha/an .....	N1	N2	N3	N4	
Départ végétation .....	40	60	80	100	(ammonitrate)
Après chaque coupe ...	20	40	60	80	(nitrate de chaux)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha/an .....		P1		P2	
		75		150	(scories)
K <sub>2</sub> O kg/ha/an .....	K0	K1	K2	K3	
	0	150	300	450	(chlorure de potasse)

Avant création de la prairie, 40 t/ha de fumier ont été appliquées, ce qui correspond à un apport de 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 400 kg K<sub>2</sub>O, 300 kg CaO, 90 kg MgO.

Étant donné le mode de récolte, l'effet des fumures s'est traduit essentiellement par des modifications de la répartition des productions annuelles. Dans une première phase, l'effet de la fumure azotée sur la vitesse de croissance fut prépondérant. Il fut possible d'effectuer annuellement une ou deux coupes supplémentaires avec les fortes doses d'azote par rapport à la faible dose.

Dans une deuxième phase, l'effet de la fumure potassique se manifesta en s'amplifiant progressivement. Il fut possible d'effectuer une à deux coupes supplémentaires dans les traitements à forte fumure potassique

uniquement lorsqu'elle était associée à une forte fumure azotée (cf. tableau V).

L'effet du renforcement de la fumure phosphatée fut toujours très faible.

*TABLEAU V*  
RENDEMENTS MOYENS ANNUELS DE MATIÈRE SÈCHE  
(en t/ha)  
(moyennes sur onze ans - Aspach)

	N1	N2	N3	N4	Moyenne
K0	8,11	8,85	8,46	8,98	8,60
K1	8,19	10,29	10,36	10,35	9,79
K2	8,71	10,72	11,98	11,70	10,78
K3	8,29	11,02	13,79	12,68	11,44
Moyenne	8,32	10,22	11,15	10,92	

*Bilans comparés sur cultures et prairies temporaires*

— *Bilan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>* :

Sur cultures, la fumure phosphatée uniforme était importante de façon que l'alimentation phosphatée ne constitue pas un facteur limitant. 2.125 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ont été apportés sous forme de scories, soit 125 kg par ha et par an.

Les exportations ont été variables suivant le niveau de fertilisation potassique et surtout azotée.

*TABLEAU VI*  
 EXPORTATIONS ET BILANS MOYENS ANNUELS EN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 OBTENUS SUR CULTURES  
 (Aspach)

		K38	K126	K212
N1	Exportation	42,9	43,7	45,2
	Bilan	+ 82	+ 81	+ 80
N2	Exportation	44,8	49,2	48,8
	Bilan	+ 80	+ 76	+ 76
	Exportation	46,4	52,2	50,5
	Bilan	+ 79	+ 73	+ 74

Dans l'essai prairie, la fumure phosphatée a été différenciée ; il a été apporté 75 ou 150 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Les exportations correspondantes sont de :

P1 : 81 kg/ha

P2 : 87 kg/ha.

Cette différence d'apport n'a donc eu qu'un faible effet sur les exportations d'acide phosphorique. Par contre, fumures azotées et potassiques ont provoqué des différences plus importantes : cf. tableau VII.

L'apport faible de phosphate équilibre approximativement le bilan à faible niveau d'azote et de potasse mais est suffisant pour couvrir les exportations à hauts niveaux d'apport d'azote et de potasse. La forte fertilisation phosphatée seule permet dans tous les cas de couvrir les besoins.

Il apparaît donc que les besoins d'une prairie temporaire en acide phosphorique sont supérieurs à ceux d'une succession de cultures, particulièrement quand une alimentation azotée élevée autorise de hauts rendements.

*TABLEAU VII*  
 EXPORTATIONS ET BILANS MOYENS ANNUELS EN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 OBTENUS SUR PRAIRIES TEMPORAIRES  
 (Aspach)

	K36	K186	K336	K486
N1	75,3	72,7	75,9	73,0
N2	73,9	86,4	91,6	92,9
N3	66,7	81,6	98,0	103,1
N4	70,2	79,4	90,5	109,4

Le maintien de la fertilité phosphatée exige des apports nettement supérieurs aux exportations pour tenir compte des phénomènes d'insolubilisation du phosphore dans le sol.

— *Bilan K<sub>2</sub>O* :

Sur cultures, les apports ont été en moyenne les suivants :

K0 : 38 kg/an K<sub>2</sub>O du fumier

K1 : 126 kg/an K<sub>2</sub>O du fumier et de la fumure minérale

K2 : 212 kg/an K<sub>2</sub>O du fumier et de la fumure minérale.

En l'absence d'apport de potasse sous forme minérale, le bilan est négatif. Il représente un déficit total de 1.174 kg au niveau N3, représentant le prélèvement effectué sur les réserves du sol.

Les faibles rendements obtenus dans ces traitements témoignent de la difficulté d'alimentation des plantes à partir de cette fraction difficilement disponible. La différence de rendement entre N3 K0 et N3 K2 est de 27 % sur pommes de terre, 19 % sur maïs.

L'équilibre a été atteint en K1. L'enrichissement théorique observé en  
 66 K2 est de 835 kg au niveau N3. Il est cependant faible car une fraction

*TABLEAU VIII*  
 EXPORTATIONS ET BILANS MOYENS ANNUELS EN K<sub>2</sub>O  
 OBTENUS SUR CULTURES  
 (Aspach)

		K38	K126	K212
N1	Exportation	98,4	122,5	146,5
	Bilan	- 61	+ 3,5	+ 65
N2	Exportation	104,6	136,5	154,1
	Bilan	- 67	- 11	+ 58
N3	Exportation	106,8	143,1	162,8
	Bilan	- 69	- 17	+ 49

*TABLEAU IX*  
 EXPORTATIONS ET BILANS MOYENS ANNUELS EN K<sub>2</sub>O  
 OBTENUS SUR PRAIRIES  
 (Aspach)

		K36	K186	K336	K486
N1	Exportation	183,4	253,7	327,7	320,2
	Bilan	- 147	- 67	- 8,7	+ 166,2
N2	Exportation	165,6	287,9	370,8	438,4
	Bilan	- 129	- 101,5	- 34,4	+ 48,0
N3	Exportation	165,9	270,5	414	499,8
	Bilan	- 129	- 84,1	- 77,6	- 13,4
N4	Exportation	188,3	264,9	381	478,0
	Bilan	- 152	- 78,5	- 44,6	- 8,4

importante du surplus peut être entraînée en profondeur ou fixée sur l'argile de façon suffisamment énergique pour que les plantes, du moins certaines, l'utilisent difficilement.

Les prélèvements en potasse sont très élevés : les hauts rendements et la récolte à un stade jeune en sont responsables. Ils sont d'autant plus élevés que la dose d'azote est plus importante. En l'absence de fumure potassique, le déficit est très considérable puisqu'il atteint au total 3.122 kg  $K_2O$  en  $N_4$ . Seule une fumure de 450 kg/ha/an  $K_2O$  a permis d'assurer la couverture des besoins.

Une exploitation par fauche à un stade plus avancé aurait réduit plus légèrement les prélèvements. Il apparaît cependant qu'une culture d'herbe présente des besoins en potasse très supérieurs à une succession de cultures annuelles. Les graminées sont particulièrement aptes à tirer parti de réserves en potasse difficilement accessibles à certaines cultures ; néanmoins il apparaît qu'au-dessous d'un certain seuil nettement atteint dans cet essai, cette possibilité disparaît. L'étroite corrélation entre rendements et bilan le met en évidence.

— *Bilan de la chaux :*

Les engrais minéraux et le fumier ont apporté des quantités importantes de chaux.

Sur cultures, l'apport par le fumier et les scories représente 300 à 350 kg/ha/an  $CaO$ . Les prélèvements annuels varient de 72 à 76 kg/ha  $CaO$  : les exportations sont donc plus que largement compensées par les apports.

Sur prairies, les apports de chaux proviennent du fumier mis initialement, des scories et du nitrate de chaux utilisés dans les apports d'azote en cours de végétation et d'un chaulage effectué en 1969 (3 t/ha  $CaO$ ).

Cet apport varie en fonction des doses d'azote et de scories utilisées. L'apport moyen annuel varie de 460 kg à 750 kg/ha/an  $CaO$  et les prélève-

ments de 88 à 143 kg. Les besoins de la prairie, quoique nettement supérieurs à ceux des cultures annuelles, sont très largement couverts par la fertilisation.

— *Bilan magnésie :*

Le sol est riche en magnésie ; le seul apport provient des scories dont la teneur en MgO est d'environ 2 %. Dans le cas des cultures, les apports n'ont représenté qu'environ 17 kg/ha/an MgO, alors que les exportations moyennes annuelles ont varié de 28 à 32 kg/ha/an MgO.

Les prairies ont reçu environ 8 kg/ha/an MgO dans les traitements à faible dose de scories et 16 kg dans les traitements à forte dose ; les exportations ont été très supérieures, de 24 à 40 kg. Cette insuffisance n'a pas eu de répercussion sur l'évolution de la teneur en magnésium des fourrages.

### **Essai de Pau Saint-Léon - Comparaison maïs/prairie temporaire**

Des enseignements sont également à tirer des résultats d'un essai de fertilisation potassique réalisé à Pau Saint-Léon (Pyrénées-Atlantiques) sur une rotation de huit ans comprenant quatre années de maïs et quatre années de cultures fourragères. Les fumures potassiques étaient identiques sur maïs et sur fourrages : 0, 50, 100, 150, 200, 250 kg/ha K<sub>2</sub>O. La fumure azotée de la prairie était de 260 kg/ha/an N.

Après quatre cultures fourragères, le bilan de la potasse était systématiquement déficitaire, même avec la dose de potasse la plus élevée. Par contre, les exportations du maïs étaient compensées par les doses moyennes de potasse.

Entre 1965 et 1968, période où l'essai a été cultivé en luzerne-fétuque, les rendements et les bilans de la potasse s'établissent ainsi (tableau X) : 69

**TABLEAU X**  
**RENDEMENTS, PRÉLÈVEMENTS ET BILAN DE POTASSE**  
 sur un essai luzerne-fétuque-maïs  
 (treize années - Pau Saint-Vincent)

	K0	K50	K100	K150	K200	K250
Rendements moyens annuels t/ha MS	6,50	11,38	12,85	14,30	15,68	16,78
Prélèvements moyens K <sub>2</sub> O/kg/ha/an	36	101	194	264	347	416
Bilan moyen annuel	- 36	- 51	- 94	- 114	- 139	- 166

Les analyses de sol effectuées après cette période en 1969, figurant au tableau XI, mettent en évidence les différences d'évolution des réserves du sol sous prairie et sous maïs.

**TABLEAU XI**  
**TENEUR DU SOL EN K<sub>2</sub>O A L'ISSUE DE L'ESSAI**  
 selon le précédent et le niveau de fumure potassique  
 (Pau Saint-Vincent)

Culture	Pro-fondeur	K <sub>2</sub> O échangeable (°/°° de la terre sèche)					
		K0	K50	K100	K150	K200	K250
Après prairie	0-20	0,040	0,037	0,042	0,037	0,042	0,047
	20-40	0,030	0,032	0,035	0,035	0,035	0,037
Après maïs	0-20	0,040	0,047	0,072	0,112	0,127	0,175
	20-40	0,030	0,035	0,042	0,050	0,050	0,075

On ne constate d'enrichissement qu'après maïs ; celui-ci est cependant faible ; le maintien de la fertilité potassique du sol exigerait au minimum un apport de 200 kg sur maïs et 300 kg sur prairie.

## PRAIRIES PERMANENTES EXPLOITÉES EN FAUCHE

Les prélèvements d'éléments nutritifs constatés dans l'essai réalisé à la Station d'Aspach donnent une estimation des besoins d'une graminée pure exploitée jeune dans des conditions moyennement favorables à l'extériorisation du potentiel de production.

Deux essais réalisés l'un à Saint-Martin-d'Osmonville (Seine-Maritime), l'autre aux Loges (Manche) permettent de mesurer, dans des conditions certainement favorables, les besoins d'une prairie naturelle de bonne qualité également exploitée par fauche au rythme de la pâture.

Les fumures potassiques sont identiques dans les deux essais : quatre doses : 0, 70, 140, 210 kg/ha/an K<sub>2</sub>O et les doses d'azote voisines ; la dose maximum est de 195 kg/ha N dans un des essais, 150 dans l'autre.

Les rendements observés figurent au tableau XII.

TABLEAU XII  
RENDEMENTS DE DEUX ESSAIS DE PRAIRIE PERMANENTE  
EXPLOITÉS EN FAUCHE  
(en t/ha M.S.)

	K0	K70	K140	K210
St Martin d'Osmonville (7 ans 1969-1975)				
N0	5,79	6,61	6,92	6,44
N65	7,39	7,96	8,31	8,33
N130	8,01	9,53	9,65	10,06
N195	9,72	10,46	10,81	11,03
Les Loges				
N0	6,50	7,74	8,11	7,97
N50	8,05	8,64	9,02	9,20
N100	8,62	9,82	9,84	10,32
N150	9,84	9,89	11,49	11,97

Le potentiel de ces prairies est important ; à fumures azotée et potassique voisines, les rendements sont du même ordre que ceux obtenus sur dactyle à Aspach.

Les prélèvements d'éléments minéraux sont les suivants (tableau XIII).

*TABLEAU XIII*  
PRÉLÈVEMENTS D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX DANS DEUX ESSAIS  
DE PRAIRIE PÉMANENTE EXPLOITÉS EN FAUCHE  
(kg/ha/an)

	N0	N65	N130	N195
<b>St Martin d'Osmonville (7 ans)</b>				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	53	64	75	84
K <sub>2</sub> O	175	214	239	253
CaO	59	64	69	81
MgO	18	21	26	30
	N0	N50	N100	N150
<b>Les Loges</b>				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	54	59	67	74
K <sub>2</sub> O	171	192	205	226
CaO	78	82	87	92
MgO	20	23	26	30

La compensation des exportations a été parfaitement assurée en acide phosphorique par un apport de 140 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de scories. Par contre, le bilan de la potasse est négatif pour la dose la plus élevée (210 kg/ha K<sub>2</sub>O) aux niveaux les plus élevés de fumure azotée.

Il apparaît donc que le comportement d'une prairie permanente intensive n'est pas fondamentalement différent de celui d'une prairie temporaire située, il est vrai, dans des conditions climatiques moins favorables.

## PRAIRIES PÂTURÉES

Sur prairies pâturées, une partie des éléments minéraux contenus dans l'herbe ingérée est restituée par les déjections.

La répartition des éléments entre bouses et urines de bovins d'après HUTTON et al. est présentée au tableau XIV.

TABLEAU XIV  
RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX  
SUIVANT LE TYPE DE RESTITUTION  
(HUTTON et al.)

	N	P	K	Ca	Mg	Na
% éléments restitués par les bouses	26	66	11	78	77	30
% éléments restitués dans l'urine	53	traces	81	traces	3	56
% total d'éléments restitués en fonction des éléments ingérés	79	66	92	78	80	86

La majeure partie du phosphore, du calcium et du magnésium se trouve dans les bouses alors que le potassium est concentré dans l'urine.

Les déjections sont déposées pour une part sur les zones productives des prairies et pour une autre part sur les lieux de stationnement privilégiés des animaux : sous les abris, près des abreuvoirs ou sur les chemins, dans les étables en cas de pâture uniquement diurne.

L'apport par les déjections est concentré sur de faibles surfaces : en 180 jours de pâture, une vache recouvre environ 100 à 200 m<sup>2</sup> par les bouses et environ 400 à 800 m<sup>2</sup> par les urines. Les estimations sont très variables suivant les auteurs.

Il se produit donc une surfertilisation dans certaines parties et un épuisement des réserves dans d'autres. La répartition ne peut jamais être totalement homogène. Au niveau d'une bouse, l'apport d'éléments fertilisants représente 350 à 390 kg/ha  $P_2O_5$  et 150 à 490 kg/ha  $K_2O$  (DIAMID et WATKIN, 1971). Au niveau d'une tache d'urine, l'apport de  $K_2O$  représente environ 2.000 kg/ha  $K_2O$ .

Une partie des éléments déposés sur les zones productives de la prairie est réutilisée par les plantes, une fraction est perdue par lessivage et fixation irréversible par le sol.

Au niveau des bouses, l'acide phosphorique se trouve libéré par décomposition de la matière organique, sa migration est faible mais une fraction importante peut retrograder sous forme plus ou moins difficilement assimilable suivant le type de sol. La potasse des bouses représente une forte fertilisation mais, dans les cas les plus favorables, c'est-à-dire en cas d'apport printanier, elle est probablement absorbée en grande partie par les plantes. En cas d'apport automnal, une partie peut être entraînée par lessivage hors de la portée des racines.

Cette migration revêt une plus grande importance dans le cas du potassium contenu dans les urines. Les quantités apportées sous forme de solution dépassent très largement les capacités d'absorption des plantes prairiales.

Des essais ont été réalisés par la S.C.P.A. à la Station d'Aspach en sol limoneux sur dactyle et sur une prairie naturelle en sol sableux à Saint-Philibert de Grand-Lieu (Loire-Atlantique). Dans le premier cas, des apports croissants d'urine ont été appliqués : au bout de quatre ans, le taux de récupération par l'herbe du potassium apporté s'établissait à environ 50 %. Dans le deuxième cas, le taux de récupération variait de 2,5 % pour des apports d'automne à 15 % pour les apports de printemps.

Le devenir du potassium restitué par les urines est en cours d'étude à la Station d'Aspach. Des taches d'urine ont été réalisées au printemps 1978 sur un ray-grass anglais. Il est procédé à des récoltes d'herbe et à des prélèvements de sol de 10 en 10 cm de profondeur sur des cercles concentriques à la tache d'urine.

L'analyse du fourrage montre une augmentation de la teneur en potassium du fourrage jusqu'à 50 cm du centre de la tache. Le taux de récupération du potassium par les plantes est de 35 % en 1978 et de 13,5 % en 1979, soit au total 48,5 %.

Les analyses de sol mettent en évidence une migration du potassium en profondeur et latéralement. Sous la tache, on constate des augmentations de teneurs en potassium du sol importantes dans la couche de 20 à 30 cm et encore sensibles dans la couche de 30 à 40 cm, dans une zone où les racines sont très rares. Le bilan du potassium dans un cylindre de 0,60 m de diamètre montre que 26 % du potassium apporté n'a pas été absorbé par les plantes et ne se trouve pas dans le sol sous forme échangeable : des études plus fines sont nécessaires pour déterminer les sites de fixation.

La fertilisation à apporter à une prairie pâturée pour maintenir le niveau de fertilité du sol est donc inférieure aux exportations  $K_2O$ . On peut considérer dans l'état actuel des connaissances qu'en moyenne une fumure représentant 50 % des exportations devrait permettre d'atteindre cet objectif. Dans le cas de  $P_2O_5$ , cette fraction est à majorer en tenant compte des possibilités de fixation par le sol.

Suivant le type de sol, des quantités d'éléments minéraux plus ou moins importantes peuvent s'accumuler en profondeur. Elles constituent un capital inutilisable ou faiblement utilisable par la prairie. Au retournement de la prairie, elles peuvent être tout au moins en partie récupérées par les cultures.

### **Bilans au niveau des exploitations**

Dans la pratique, dans des régions à production mixte végétale et animale, on constate fréquemment, dans une même exploitation, que les sols des prairies ont une teneur en éléments minéraux beaucoup plus basse que celle des sols cultivés. En effet, les prairies reçoivent une fertilisation faible ou nulle, alors que les cultures bénéficient de fumures minérales et/ou organiques. Ces dernières correspondent à un transfert des éléments minéraux des zones prairiales aux zones cultivées. Dans ce cas, la mise en

culture des prairies nécessiterait en général une fertilisation de redressement importante.

POUSSET a montré dans son étude sur l'évolution de la fertilisation entre 1962 et 1972 que la fertilisation par département est d'autant plus faible que la proportion des surfaces toujours en herbe est plus importante et que la progression de la fertilisation est plus lente dans les départements à surface en herbe importante que dans les départements à forte proportion de terres cultivées.

Il en est de même dans les pays voisins. Une statistique portant sur près de 400.000 échantillons de sols de culture et 100.000 échantillons de sols de prairie a été établie en Allemagne. En 1972, en considérant trois classes de fertilité, la distribution était la suivante :

Classe de sol	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	Pauvre %	Moyen %	Riche %	Pauvre %	Moyen %	Riche %
Prairies	56	30	14	57	30	13
Terres labourables	46	32	22	47	31	22

Il apparaît donc qu'en général la fertilité des sols de prairie est moins bien entretenue que celle des sols cultivés.

Après retournement d'une prairie, les cultures donnent fréquemment de bons résultats grâce à l'utilisation de minéraux stockés dans la matière organique, libérés par sa minéralisation, ainsi qu'à des conditions structurales favorables liées à la matière organique.

Cet effet se manifeste plus ou moins longtemps, suivant l'importance de la fourniture des éléments minéraux et la rémanence des facteurs structuraux. Cependant, dans le cas de retournement de prairies pas ou peu fertilisées, il n'est pas rare de constater, dès la première année de culture, des rendements insuffisants dus à un élément minéral dont la déficience ne permet pas aux facteurs favorables de se manifester pleinement.

Non seulement le stock d'éléments minéraux sous prairie ne constitue pas un capital irremplaçable, mais encore il est souvent si réduit qu'à la mise en culture, il est indispensable d'apporter de fortes fumures de redressement pour atteindre un niveau de fertilité permettant une alimentation correcte des cultures.

Les besoins en éléments minéraux des cultures sont assez précisément appréciés alors que ceux des plantes prairiales, souvent supérieurs, mais plus difficiles à appréhender, particulièrement dans le cas de la prairie pâturée, sont en général sous-estimés.

H. CHEVALIER,  
*Station agronomique  
de la Société Commerciale  
des Potasses et de l'Azote,  
Aspach-le-Bas.*

*RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :*

- CHEVALIER H. : « Fertilisation azotée, phosphatée et potassique de la prairie temporaire exploitée au rythme de la pâture », *Fourrages* n° 62, juin 1975.
- GARAUDEAUX J. : « Bilans des fertilisants au niveau de l'exploitation agricole », *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du sol* n° 4-5, 1972.
- GARAUDEAUX J., CHEVALIER H. : *Études des interactions entre azote et potasse réalisées à la Station d'Aspach entre 1951 et 1964.*
- GARAUDEAUX J., CHEVALIER H., PFITZENMEYER C. : « Contribution à l'étude des pertes de potassium au pâturage », *Compte rendu de l'Académie d'Agriculture*, n° 10, 1975.
- GARAUDEAUX J., LAISSUS R., QUEMENER J. : « Étude de la dynamique du potassium dans un sol normal », *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du sol* n° 4-5, 1972.

LANCON J. : « Les restitutions du bétail au pâturage et leurs effets », *Fourrages* n° 75-76, 1978.

MONNIER : « Les prairies et le sol », *Fourrages* n° 7, décembre 1961.

TROUGHTON : « Studies on the roots and storage organs of herbage plants », *Journal of the British Grassland Society*, décembre 1951.

WARREN R.G., JOHNSTON A.E. : « The park grass experiment », *Report Rothamsted Station for 1963*.

*Études sur la nutrition et la fertilisation du maïs poursuivies à Pau de 1951 à 1968*, Société Commerciale des Potasses et de l'Azote.

*Rapports annuels des essais de fertilisation*, Société Commerciale des Potasses et de l'Azote, 1976-1977.