

Action de la potasse sur des prairies d'altitude du Massif Central

R. Arnaud, F.X. de Montard et M. Niqueux
INRA Clermont-Ferrand
et A. Loué - Département d'Agronomie SCPA Mulhouse

1. Étude sur prairie permanente pâturée

Essai de Laqueuille (Puy de Dôme) 1974-1978 (7T)

Un essai (1) dont le but essentiel était l'étude des effets de la fertilisation azotée sur la production et l'évolution d'une prairie permanente pâturée par des ovins a été installé en 1969 et conduit jusqu'en 1978 sur le domaine INRA de Laqueuille à 1000 m d'altitude, en zone volcanique des Monts Dore (figure 1 et tableau 1).

La prairie comportait une flore à base de fétuque rouge, agrostide vulgaire, triset, pâturin commun et dactyle. L'exploitation par les ovins était conduite en pâturage rationné avec 4 ou 5 exploitations par an (3 en 1976).

(1) Les données de ce chapitre sont extraites d'un article à paraître dans la revue «Fourrages»: «Effets de la fertilisation azotée et potassique sur une prairie permanente et un dactyle Floreal, exploités en pâture en région de montagne», par R. ARNAUD, F.X. de MONTARD, M. NIQUEUX.

Tableau 1 : Laqueuille - analyses de sol (prairie 1966)

Profondeur (en cm)	0-10	10-30
Cailloux, graviers (% de terre brute)	0	50
Granulométrie (% de terre fine)		
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	5,0	14,0
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	8,5	9,2
Limon grossier (0,05 à 0,02 mm)	7,4	8,7
Limon (0,02 à 0,002 mm)	30,2	33,4
Argile (inf. à 0,002 mm)	15,0	12,9
Matière organique (%)	22,8	13,6
pH eau	5,35	5,4
N total (‰)	12,18	7,63
C total (‰)	137,2	80,0
Rapport C/N	11,3	10,4
P ₂ O ₅ citrique (‰)	0,39	0,33
K ₂ O échangeable (‰)	0,22	0,06
Capacité d'échange (meq %)	36,8	34,7
Taux de saturation de la CEC (%)	16	11

Figure 1
Laqueuille : températures et pluviométrie (moyennes 1967-1978)

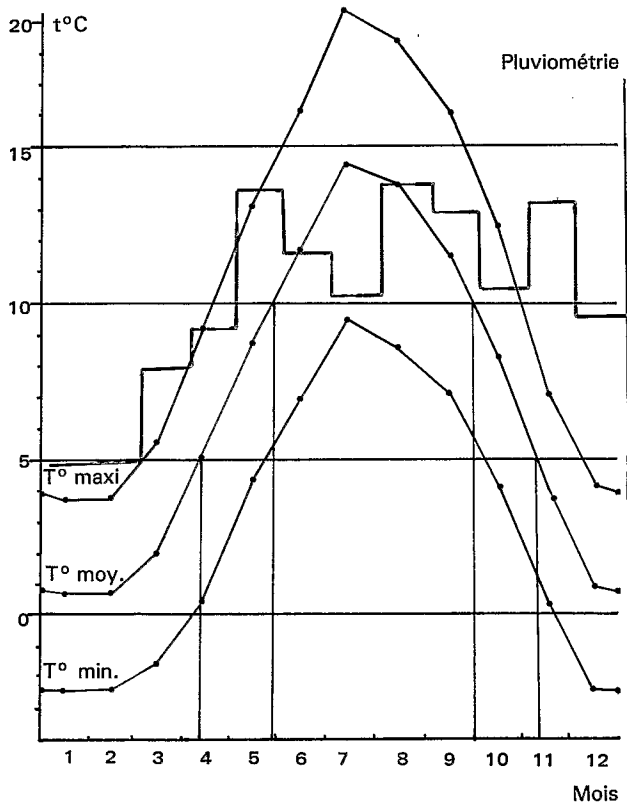
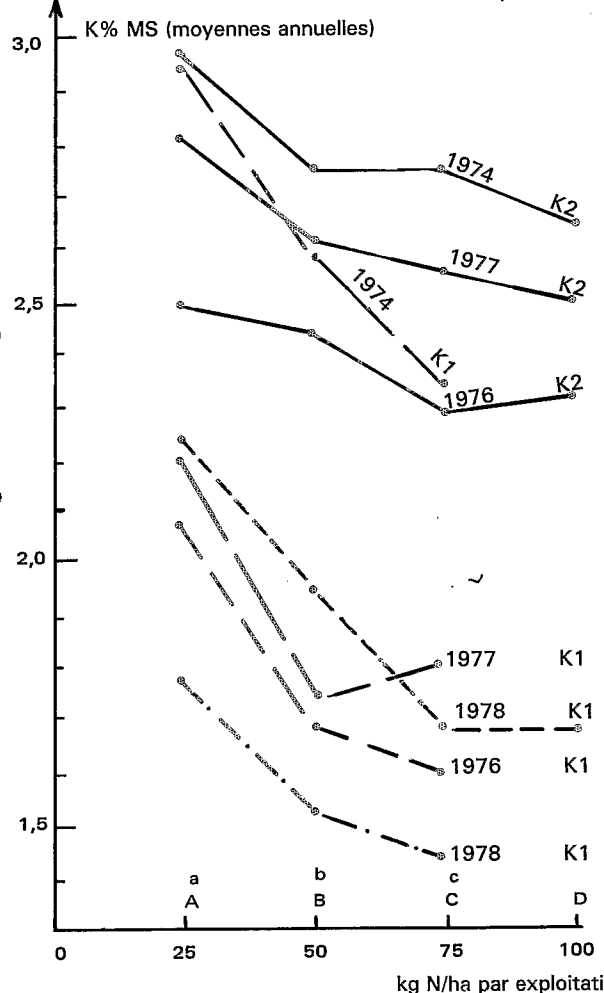


Figure 2
Effets des doses N et K sur les teneurs en potassium



O. R. S. I. O. M. Fonds Documentaire

Les traitements azote allaient de 0 à 100 kg apportés avant chaque pousse. La fumure phosphatée et potassique était au niveau P120 K120 en 1970, 1971, 1973. En 1972, ayant constaté des manifestations de carence, elle avait été portée à P300 K300 sur l'ensemble du domaine ; ayant constaté cette année-là une forte

augmentation des rendements sur l'ensemble des prairies, l'essai fut modifié en 1974 pour introduire une variante potassique : K1=80 kg avant le départ de la végétation, K2=80+80 après la 2^e coupe (en 1974 et 1976) ou 2 fois K80, après les 2^e et 3^e coupes (1975, 1977) (tableau 2).

Tableau 2 : Essai de fertilisation sur prairie permanente pâturée à Laqueuille

	1969	1970 - 71 - 72 - 73 n=4 5 5 5	1974 - 75 - 76 - 77 5 4 3 4	1978 4	
1	N=0+3× 0	0+n× 0	25+n× 25	N=25+n× 25 K=K1	Pâturé par des ovins en pâturage rationné
2	N=0+3× 25	25+n× 25	25+n× 25		
3	N=0+3× 50	50+n× 50	50+n× 50		
4	N=0+3× 50	75+n× 50	75+n× 50		
5	N=0+3× 75	75+n× 75	75+n× 75		
6	N=0+3× 75	100+n× 75	100+n× 75		
7	N=0+3× 100	100+n× 100	100+n× 100		
K ₂ O	120	120 . 120 . 300 . 120	K1=80 K2=80+80+(+80)	K1=80	
P ₂ O ₅	120	120 . 120 . 300 . 120	120 . 120 . 120 . 120	120	
8	N=0 P=0 K=0	Rythme p=pâturage f=fauche	Rythme «a»=000 Fauche «b»+K, P, S, Mg, CaO		Témoin fauché

n=nombre de pousses après la 1^{re}

1) Action de l'azote

D'une façon très résumée on peut indiquer que l'azote a augmenté fortement le rendement pour des doses allant jusqu'à 144 kg en moyenne (soit des apports de 25 kg à chaque exploitation), l'augmentation fut ensuite faible pour les doses de 50 kg, aboutissant à un plafond voisin de 11 t/ha ; les doses plus élevées ont entraîné une diminution de la production.

2) Action de la potasse

Cette action a pu être étudiée dans la deuxième phase de l'essai, comportant deux traitements potasse, entre 1974 et 1978 (année d'homogénéisation avec un seul traitement K1=80 kg K₂O/ha).

Pour le rendement en matière sèche, les doses K1 et K2 ont donné des résultats identiques, ceci quelles que soient les doses d'azote. Aucun arrière effet n'a été constaté en 1978, année d'homogénéisation. Les rendements en MAT ne sont pas affectés non plus.

Les teneurs en K se trouvent augmentées à la dose K2, pouvant dépasser 3 %. A la dose K1, elles avoisinent 2 % (figure 2).

La teneur moyenne annuelle, aux doses K1 ou K2, a tendance à diminuer dans les traitements à forte fumure azotée (figure 2). Ceci n'est pas un effet de dilution, la variation restant dans le même sens lorsque les fortes fumures azotées entraînent une diminution de la matière sèche produite. Un arrière effet du même ordre est observable en 1978. Il en résulte une relation inverse entre teneurs en K et teneurs en N.

Au cours d'une année, les teneurs de la première coupe sont irrégulières. Ensuite les évolutions des teneurs tendent à suivre celles des tonnages de MS, produits aux différentes exploitations : maintien plus ou moins marqué en été, chute en automne (figure 3).

Les variations entre années sont importantes. Il semble cependant y avoir un abaissement progressif des teneurs, même avec la dose K2. Sur A et a (25 kg d'N

par exploitation) les exportations sont en moyenne (1974-1977) :

- pour K1, 287 kg K₂O pour un apport par les engrais de 80 kg
- pour K2, 336 kg K₂O pour un apport par les engrais de 200 kg.

Une absence de prélèvement sur les réserves du sol supposerait donc un recyclage utile par les ovins de :

- 207 kg pour les parcelles K1, soit 72 % des prélèvements
- 136 kg pour K2, soit 40 % des prélèvements.

Il n'est pas certain que ces taux puissent être atteints, même pour le second. Toutefois, il faut bien constater l'absence d'effet sur la production de K2 par rapport à K1 : l'enrichissement réalisé par la forte dose appliquée en 1972 a sans doute permis de dépasser le seuil de réponse et a été maintenu par le recyclage.

3) Évolution de la flore

Nous disposons d'un seul relevé final en octobre 1977 qui permet de faire en quelque sorte le bilan de l'influence des traitements qui diffèrent par deux facteurs : la dose d'azote de 25 à 100 kg par ha par coupe et la dose de potasse 80 ou 240 kg par ha par an.

Graminées de valeur moyenne ou faible

La fétuque rouge répond seulement à la dose d'azote : elle augmente de 25 à 49 % en contribution de présence, de la dose 25 à la dose 100 kg/ha.

L'ensemble des autres graminées de petite ou moyenne taille n'est pas sensible non plus à la dose de potasse et passe par un minimum avec la dose N=75.

Graminées productives

Le dactyle connaît un optimum vers N=50 lorsque K=80 et vers N=65 lorsque K=240.

Le pâturin des prés a son optimum avec N=75 et K=80 et le pâturin commun avec N=25 et K=240.

De façon générale la dose de potasse a peu d'influence.

Trèfle blanc

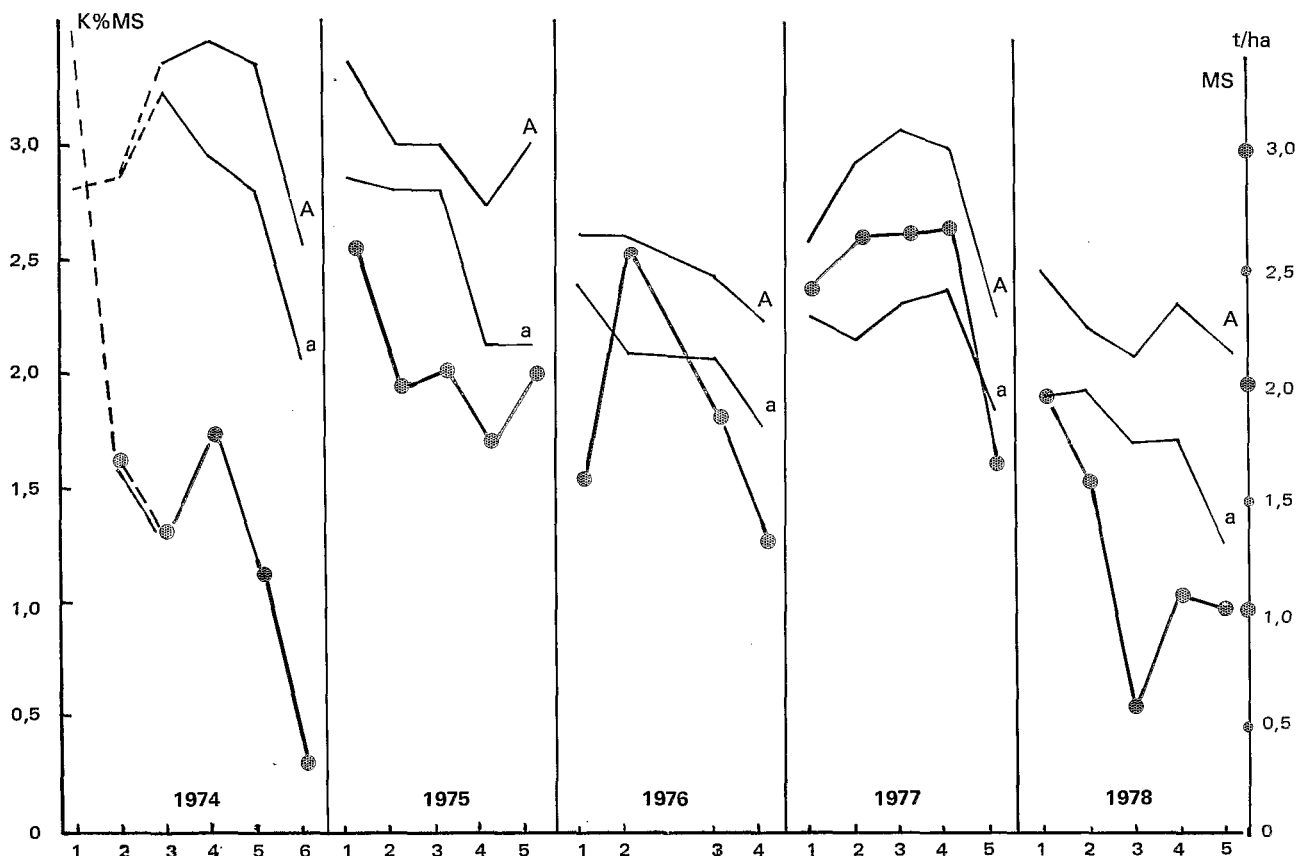
Au mois d'octobre 1977, le trèfle est peu abondant ; il n'est pas influencé par la dose de potasse. Sa contribution est de 7 % avec N=25, 4 % avec N=50 ; au-delà de ces doses, il disparaît.

Parmi les plantes diverses, seuls *Veronica chamaedrys* et le pissenlit ont quelque importance avec la dose

faible 25 N : 4 et 6 % respectivement ; ils disparaissent pratiquement aux doses supérieures.

En conclusion, l'ensemble de la flore manifeste un effet de la dose d'azote et une action mineure ou nulle de la dose K : on confirme qu'en pâturage rationné la dose K240 ne change pas les conditions de la compétition par rapport à la dose K80 ; l'effet d'homogénéisation par le pâturage de l'ensemble de l'essai par un seul troupeau est manifeste.

Figure 3
Production de matière sèche et teneurs en K aux différentes coupes



Conclusion

Cet essai sur prairie permanente pâturée par des ovins montre qu'une fumure azotée relativement limitée, de l'ordre de 25 à 30 kg par exploitation, permet de maintenir une production élevée de l'ordre de 10 t. En présence de restitutions, une fumure potassique supérieure à 80 kg augmente les teneurs en K du fourrage, mais son action sur le rendement a été nulle, au moins sur une durée de 4 ans.

2. Étude sur prairies de fauche

2.1. 1^{er} Essai de LAQUEUILLE (Puy de Dôme) 1973-1978 (10 T)

2.1.1. Caractéristiques de l'essai (1)

Sur les prairies permanentes «de fauche» des zones volcaniques des Monts d'Auvergne, les prélèvements végétaux consistent généralement :

- parfois en une pâture de déprimage,
- en une coupe à foin,
- en un regain de foin d'été,
- en une pâture d'arrière-saison.

Pour mieux chiffrer les besoins en éléments nutritifs des prairies de fauche de cette région, on a étudié l'influence de divers modes de fumure minérale sur la production de matière sèche, la qualité de l'herbe et l'évolution de la flore en l'absence de restitutions organiques. L'essai est situé sur le domaine INRA de Laqueuille à une altitude de 1050 m dans le Massif des Monts Dore. Étant donné l'importance de plus en plus grande prise par l'ensilage dans ces régions, la première exploitation a été effectuée au stade correspondant, vers le milieu de juin au lieu de la coupe traditionnelle à foin début ou mi-juillet.

Le tableau 3 donne la composition du sol au début de l'essai ; le niveau de K₂O relativement élevé provient d'une exploitation avec apports de l'ordre de 90 unités par an depuis 8 ans. Sur la même parcelle en 1966, alors que la prairie avait été exploitée précédemment en système traditionnel, les teneurs en K₂O étaient de 0,22 ‰ entre 0 et 10 cm (moyenne régionale de 40 prairies : 0,20 ‰ ± 0,07) et seulement 0,06 ‰ entre 10 et 30 cm.

Les doses des éléments N P K ont été déterminées à partir des considérations suivantes :

Azote : le rôle de l'azote est assez bien connu dans ces conditions de peuplement prairial et de climat : les essais antérieurs ont montré qu'au-delà d'un apport de l'ordre de 200 kg/ha/an, les augmentations de rendement sont très peu importantes. Une seule dose a été utilisée ici : 180 kg, soit 80 au départ de la végétation, 60 après la première exploitation, 40 après la deuxième. Il s'y ajoute un témoin 0.

Phosphore : sur ces sols bien pourvus, les essais antérieurs ont montré que les doses que nous apportons généralement sous forme de scories potassiques à raison de 80 à 120 unités n'étaient pas entièrement utilisées pour la production d'herbe. Nous nous sommes donc limités à deux doses de P₂O₅, 30 et 60 unités, sous forme de scories, épandues en une seule fois en hiver.

Potassium : la fourniture de cet élément, le plus souvent limitée aux fumures organiques traditionnelles, constitue l'objet principal de l'essai. Dans un régime de pâture intensive (pâturage rationné), l'apport de potasse par les restitutions est assez important et la fourniture de 80 kg de K₂O sous forme minérale est très suffisante, les apports supplémentaires augmentant les teneurs de l'herbe, mais non la production de matière sèche.

En l'absence de restitutions, il était probable que 80 unités se révéleraient insuffisantes. Quatre doses de K₂O ont donc été expérimentées : K₀=0, K₁=80, K₂=160, K₃=240 unités.

Les fortes doses ont été fractionnées en plusieurs épandages pour tenter de favoriser une utilisation plus régulière :

- K₁ : 80 kg en hiver,
- K₂ : 80 kg en hiver + 80 après la 1^{re} exploitation,
- K₃ : 80 kg en hiver + 80 après la 1^{re} exploitation + 80 après la 2^e exploitation.

(1) Les données qui suivent sont en partie extraites d'un article à paraître dans la revue Fourrages «Essai de fertilisation sur une prairie de fauche de la zone volcanique d'altitude des Monts Dore» par R. ARNAUD, F.X. de MONTARD, M. NIQUEUX.

Tableau 3 : Laqueuille - analyse de sol avant la mise en place de l'essai

Analyse physique (% de terre fine)	Sol 0-10	Sous-sol 10-30	Analyse chimique	Sol 0-10	Sous-sol 10-30
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	11,5	11,0	pH	5,5	5,3
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	6,0	7,5	N total (‰)	8,57	7,31
Limon grossier (0,05 à 0,02 mm)	9,0	8,5	P ₂ O ₅ citrique (‰)	0,45	0,37
Limon (0,02 à 0,002 mm)	34,2	37,3	K ₂ O échangeable (‰)	0,32	0,25
Argile (inf. à 0,002 mm)	11,2	10,8	CaO échangeable (‰)	1,27	0,66
Matière organique (%)	16,2	13,8	MgO échangeable (‰)	0,07	0,10
Capacité totale d'éch. (meq %)	36,8	34,7	Na ₂ O échangeable (‰)	0,08	0,11

Le protocole de l'essai en blocs à 6 répétitions avec parcelles élémentaires de 5 m² récoltables, comprend les 10 traitements suivants :

En kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	0	30	0
T2	0	60	0
T3	180	30	0
T4	180	60	0
T5	180	30	80
T6	180	60	80
T7	180	30	160
T8	180	60	160
T9	180	30	240
T10	180	60	240

Les traitements T3 à T10 correspondaient donc à un dispositif factoriel : 2 P (30, 60) × 4 K (0, 80, 160, 240).

Trois exploitations étaient prévues chaque année :
1^{re}, stade ensilage : mi à fin juin (moyenne 23 juin)

2.1.2. Les rendements observés

Trois exploitations par coupes ont été faites chaque année, sauf en 1974, où il n'y a eu que 2 contrôles.

Le tableau 4 rapporte pour chaque année et la moyenne sur 5 ans, les rendements selon les coupes, en présence de N180, les effets principaux P et K pour la partie factorielle 2 P × 4 K (T3 à T10) et l'effet P de P30 à P60 en l'absence de N et K.

Le rendement moyen de la 1^{re} coupe (5,48 t/ha) a représenté en moyenne 66 % du rendement total.

Effet N : l'effet azote n'est mesuré dans cet essai qu'en l'absence de potasse, par les écarts T3 — T1 et T4 — T2 qui sur la moyenne de 5 ans, ont été respectivement de +1,62 et +1,84 t/ha.

Sans azote ni potasse, le rendement baisse progressivement au cours des années jusqu'aux environs de 3 t par ha, niveau qui avait déjà été relevé dans le témoin sans aucune fumure d'un autre essai voisin.

En présence d'apports de K₂O, on retrouve avec 180 kg d'azote, les potentialités connues de ces peuplements, entre 8 et plus de 10 tonnes de MS par ha.

Effet P : la dose double de P₂O₅ augmente très peu la production, quels que soient les niveaux de N et K₂O. La

2^e, regain : mi août (16 août)

3^e, pousse d'arrière-saison : fin octobre (18 octobre).

L'essai a débuté en 1974 et s'est poursuivi jusqu'en 1978, soit 5 années dont les caractéristiques dominantes furent les suivantes :

- en 1974, 2 coupes seulement ont été pesées : après la deuxième coupe une période de relative sécheresse, puis des froids précoces ont entraîné une repousse pratiquement nulle,
- l'année 1975 a été climatiquement moyenne,
- l'année 1976 s'est caractérisée par une sécheresse d'hiver et de printemps ; la pluviométrie est ensuite devenue normale, excédentaire en automne,
- l'année 1977 a présenté des conditions de végétation normales, malgré un printemps et un été frais,
- 1978 est caractérisée par un déficit constant en eau pendant la saison de pousse, entraînant des rendements faibles en 2^e et 3^e exploitations.

Cet essai a été réalisé avec une contribution de la SCPA pour les analyses et l'interprétation statistique des effets N, P et K.

différence n'est significative qu'en 1976, année sèche (0,43 t MS/ha) et surtout marquée sur la 2^e exploitation.

Effet K : l'effet K a été positif et hautement significatif dès 1974. Le tableau 5 rapporte pour la moyenne sur 5 ans, la table d'interaction 2 P × 4 K. L'interaction P × K fut d'ailleurs à peu près nulle, l'effet P demeurant indépendant de la dose de potasse.

La figure 4 représente l'effet potasse moyen sur 4 ans (1975 à 1978) sur les trois exploitations annuelles.

Par rapport au traitement K0, les augmentations relatives de rendement pour ces mêmes quatre années (en 1974, n'existait pas d'arrière effet possible des doses fortes) figurent au tableau 6.

Tableau 6 : Augmentations relatives du rendement MS dues à l'effet K

	K0	K1	K2	K3	Ensemble K
1 ^{re} exploitation	100	149	152	157	153
2 ^e exploitation	100	180	213	207	207
3 ^e exploitation	100	120	130	140	130
Production année	100	152	162	165	160

Tableau 4 : Essai de Laqueuille (10 T) - rendements en t/ha matière sèche

Années	En présence de N				Effets principaux P, K (en présence de N)						Sans N ni K		CV (%)
	C1	C2	C3	Total	P30	P60	K0	K80	K160	K240	P30	P60	
1974	6,03	1,79	—	7,82	7,80	7,85	6,75	8,19**	8,28**	8,06**	4,96	5,13	8,9
1975	5,20	2,28	1,53	9,01	8,87	9,14	7,01	8,96**	9,80**	10,26**	5,29	5,09	8,5
1976	5,41	1,77	0,77	7,94	7,72	8,15**	5,73	8,39**	8,60**	9,02**	3,88	3,80	7,3
1977	5,45	2,85	0,63	8,93	8,87	8,98	5,92	9,38**	10,25**	10,15**	3,91	3,86	9,1
1978	5,30	1,75	0,50	7,55	7,63	7,46	4,33	8,41**	8,77**	8,66**	3,13	3,16	9,6
Moyenne	5,48	2,09	0,69	8,25	8,18	8,32	5,95	8,67**	9,14**	9,23**	4,23	4,21	5,4

Tableau 5 : Essai de Laqueuille — interaction P × K, moyenne sur 5 ans (t/ha matière sèche)

P \ K	K				Effet P	ppds	0,05		CV
	K0	K80	K160	K240			0,01	0,01	
P30	5,85	8,55	9,12	9,19	8,18	Effet P Effet K	0,23	0,31	5,4%
P60	6,05	8,78	9,16	9,27	8,32		0,33	0,44	
Effet K	5,95	8,67**	9,14*	9,23**	8,25	Effet PK Et autres T	0,47	0,62	
	NO P30 K0=4,23 - NO P60 K0=4,21						0,47	0,62	

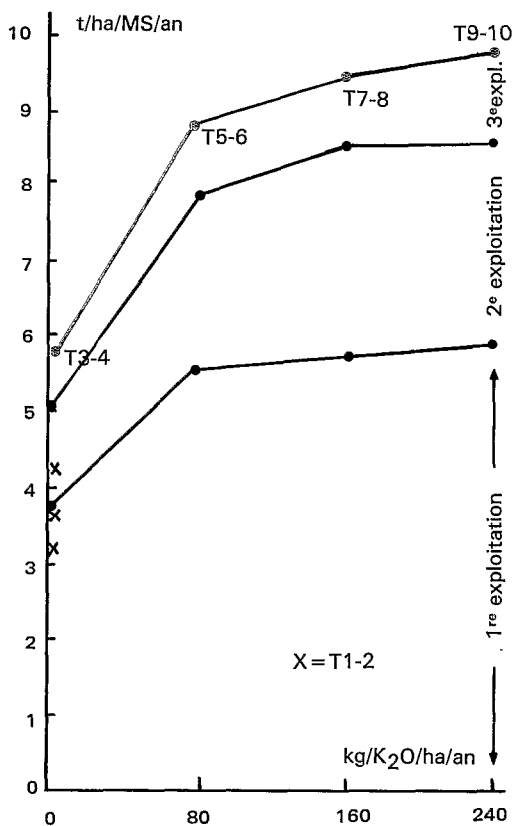


Figure 4
Effet K moyen annuel sur 4 ans (1975-1978)

2.1.3. Composition minérale et prélèvements

2.1.3.1. Teneurs du fourrage en matière sèche

Suivant les exploitations et les années, les teneurs en matière sèche de l'herbe récoltée sont très variables, puisqu'on a noté des teneurs allant de 16 à 38 % avec des amplitudes entre traitements allant de 2 % à 14 %.

Dans un climat humide comme celui de Laqueuille (l'humidité relative est supérieure à 80 % en moyenne 14 h par jour sur l'année), on se trouve fréquemment amené à faire des coupes dans des conditions de forte humidité ambiante, rosée, légère pluie, alors que de l'eau externe subsiste sur le feuillage. Dans ces conditions, les facteurs externes sont susceptibles de masquer au moins partiellement les caractéristiques propres des plantes.

Cependant, quelles que soient les conditions atmosphériques de récolte, le classement des traitements reste identique pour les trois exploitations et les différentes années de récolte. Les teneurs en matière sèche baissent régulièrement en allant des traitements sans potasse (et sans azote) aux traitements avec fortes doses de potasse. Le phosphore semble avoir peu d'influence.

On a calculé un indice moyen de teneur en matière sèche par traitement et par coupe, soit 30 valeurs, en appliquant l'indice 100 au traitement extériorisant la plus haute teneur en MS à chaque date de coupe et en effectuant la moyenne de 1974 à 1978. La valeur de cet indice de MS est étroitement dépendante des traitements et de la composition botanique qui en résulte.

D'une part : $I (MS) = 99 - 0,044 \text{ Dose K} - 0,036 \text{ Dose N}$; avec $r^2 = 0,91$ et $n = 30$

D'autre part : $I (MS) = -65,8 + 1,60 G + 1,81 D$; avec $r^2 = 0,91$ et $n = 30$

où Dose K désigne la dose totale annuelle de potasse en kg/ha,

Dose N désigne la dose d'azote par an en kg/ha,
G la contribution des graminées en % de présence,
D la contribution des plantes diverses de moyenne et petite taille (*Ranunculus auricomus*, *R. acris*, *Taraxacum officinale*, *Alchimilla vulgaris*, *Viola tricolor*, *Veronica Chamaedrys*).

Ainsi, l'apport K1 (80 kg K₂O) correspond à une production de 37,7 kg de MS par kg de K₂O apporté ; le passage à K2 (160 kg K₂O) correspond encore à 7 kg de MS par kg de K₂O supplémentaire et le passage à K3 (240 kg K₂O) a un résultat très minime.

C'est sur la deuxième exploitation que les différences sont les plus marquées (1).

Le rendement K0 a fortement baissé de 1974 à 1978. Il en résulte que l'effet relatif K a tendance à s'accroître au cours du temps.

Le rendement K0 (T 3-4) exprimé en pourcentage du rendement moyen des traitements K80, K160, K240 (T 5-6-7-8-9-10) a été respectivement de 1974 à 1978 : 83, 72, 66, 51 et 50 %.

Signalons pour mémoire que la fonction de production K eut été (2) :

$$\text{Rendement (t/ha)} = 6,04 + 0,03755 K - 0,000103 K^2.$$

Son ajustement aux rendements observés est seulement moyen. Il y correspondrait un rendement maximal calculé de 9,48 t/ha MS avec K183.

Sur la base de prix de 450 F/t MS et de 1,10 F/kg K₂O, le profit maximal calculé (2) par rapport à K0, eut été de 1350 F/ha pour un rendement optimal de 9,46 t/ha avec K171.

Mais, comme il a été dit plus haut, les meilleurs résultats observés ont pratiquement correspondu à K160.

Ainsi, il y a en moyenne un écart de l'ordre de 17 % entre les traitements extrêmes (NOK0 et N180K240).

L'effet de la potasse est particulièrement net lorsque sur un peuplement n'ayant pas souffert de manque d'eau une exploitation est faite par un jour particulièrement chaud et sec : on observe alors un flétrissement des traitements sans K, alors que l'herbe conserve mieux sa turgescence sur les parcelles bien alimentées. Ainsi, en 1976, la 3^e pousse a bénéficié d'une pluviosité exceptionnellement élevée, mais la coupe a eu lieu un jour sec et chaud : les teneurs en MS s'échelonnent alors de 24,9 % pour NK3P2 à 39,1 % pour NK0P2.

On peut penser que la bonne alimentation en potasse permet à la plante de répondre plus facilement aux demandes climatiques d'évapotranspiration, donc de fonctionner dans des conditions physiologiques plus proches de l'optimum.

2.1.3.2. Teneurs en azote et rendements en MAT

Le tableau 7 rapporte les teneurs moyennes en N sur 5 ans suivant les coupes, pour NOK0 et l'effet K en présence de N180. Les teneurs en N sont nettement plus élevées en C2 et C3 qu'en C1.

Les fourrages N0 sont nettement plus pauvres en N et les fourrages N180 K0 très nettement plus riches du fait des rendements nettement plus faibles (concentration).

Pendant les 5 années, on retrouve les mêmes trois niveaux de rendements en MAT, soit : le plus faible, avec P seul (NOP0) environ 490 kg MAT/an en moyenne, un niveau double (1000 kg MAT/an) pour NPK0, un troisième niveau (1230 kg MAT/an) pour les traitements avec potasse, les différences entre les doses de K₂O étant très peu marquées).

Ces productions de MAT correspondent à des exportations d'azote pour les parcelles avec K très voisines des apports (197 kg pour 180 kg apportés).

(1) C'est particulièrement intéressant, ce regain ayant une grande valeur en foin et en pâture.

(2) Interprétation émanant du Département Agronomie SCPA.

Tableau 7 : Teneurs en N (moyennes sur 5 ans)

Traitements			MS t/ha	N% de matière sèche				MAT kg/ha
				C1	C2	C3	Moyenne pondérée	
NO	K0	(T1-2)	4,22	1,66	2,48	2,44	1,86	491
N180	K0	(T3-4)	5,95	2,39	3,34	3,41	2,71	1007
N180	K80	(T5-6)	8,67	1,96	2,83	3,05	2,24	1213
N180	K160	(T7-8)	9,14	1,90	2,62	2,90	2,17	1239
N180	K240	(T9-10)	9,23	1,88	2,63	2,87	2,15	1240

Tableau 8 : Teneurs en P (moyennes sur 5 ans)

Traitements			MS t/ha	P% de matière sèche				P ₂ O ₅ kg/ha/an
				C1	C2	C3	Moyenne pondérée	
NO	K0	(T1-2)	4,22	0,268	0,356	0,340	0,300	29
N180	P30	(T3-5-7-9)	8,18	0,240	0,267	0,285	0,243	46
N180	P60	(T4-6-8-10)	8,32	0,267	0,287	0,296	0,271	52

Sans apport potassique, l'exportation est inférieure de 36 kg. Enfin, sans azote l'exportation annuelle N chute progressivement de 102 kg en 1974 à 54 kg en 1978, avec une moyenne sur 5 ans de 78 kg.

2.1.3.3. Teneurs en phosphore et exportations

Le tableau 8 rapporte les teneurs moyennes en P sur 5 ans suivant les coupes, pour N0K0 et l'effet P en présence de N180, toutes doses K confondues. Comme pour N, les teneurs en P sont nettement plus faibles en C1 qu'en C2 ou C3.

Les teneurs sont plus élevées dans les traitements sans potasse, surtout aux 2^e et 3^e exploitations.

Dans les différents traitements avec potasse, il y a peu de variation entre traitements et les teneurs sont voisines de 0,25 ; elles sont légèrement plus élevées à la dose P60 qu'à la dose P30 (+0,028 % P).

Les exportations sont voisines des apports P30 pour les traitements sans K ni N ; elles sont supérieures pour tous les traitements avec azote. Les traitements les plus productifs assurent une exportation légèrement inférieure aux apports des traitements P60 (tableau 8).

On peut donc estimer qu'une dose de l'ordre de 50 kg correspond au maintien des stocks du sol dans les conditions optimales de fumure de l'essai (N=180, K₂O=160). Une fumure plus faible n'aurait, à court terme, que très peu d'influence sur la production, compte tenu de l'état de richesse en P du sol au départ.

2.1.3.4. Teneurs en potassium et exportations

Le tableau 9 rapporte les teneurs moyennes en K sur 5 ans suivant les coupes, pour N0K0 et l'effet K en

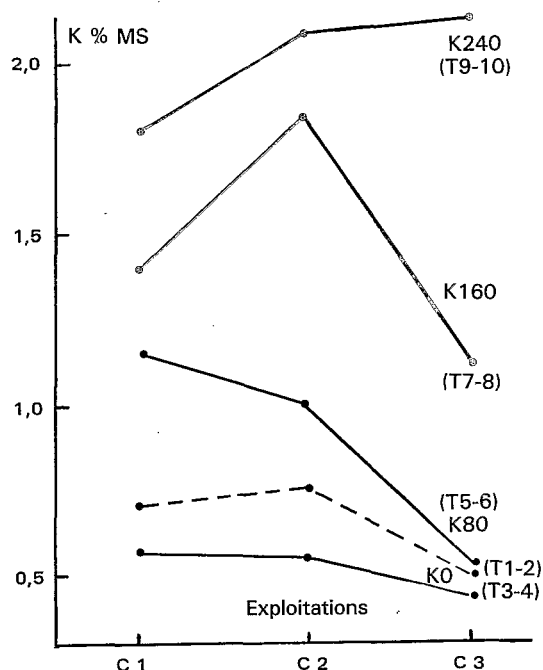


Figure 5
Teneurs en potassium aux différentes exploitations (1975-1978)

présence de N180, les deux doses de P₂O₅ confondues.

Tableau 9 : Teneurs en K (moyennes sur 5 ans)

Traitements			MS t/ha	K% de matière sèche				K ₂ O kg/ha/an
				C1	C2	C3	Moyenne pondérée	
NO	K0	(T1-2)	4,22	0,78	0,89	0,52	0,79	40
N180	K0	(T3-4)	5,95	0,64	0,68	0,41	0,63	45
N180	K80	(T5-6)	8,67	1,23	1,21	0,55	1,17	122
N180	K160	(T7-8)	9,14	1,40	1,88	1,22	1,36	149
N180	K240	(T9-10)	9,23	1,74	2,15	2,28	1,89	209

La figure 5 représente les mêmes teneurs, mais seulement sur 4 années, pour la période 1975-1978, la mieux représentative des traitements expérimentaux potasse.

En l'absence d'apport de potasse (K0), les teneurs en potassium sont très faibles à partir de 1975 (l'année 1974 a profité de reliquats d'apports des années précédentes). Si elles restent, sur l'année, supérieures à 0,70 % pour les traitements N0, elles tombent à 0,55 % pour les traitements N180 K0, plus productifs en matière sèche et des symptômes de carence apparaissent alors (rougissement des feuilles).

Sur les traitements avec N180, les teneurs en K croissent en fonction des apports K, dès la deuxième coupe de 1974. En général, elles sont un peu supérieures avec les traitements P2.

La dose K1 a un effet immédiat sur les teneurs de la 1^{re} coupe. Ensuite les teneurs baissent progressivement (sauf la 2^e coupe de 1976, dont les rendements étaient faibles par suite de la sécheresse de début de saison).

La dose K2 a un effet immédiat sur les teneurs de la 2^e coupe qui sont toujours supérieures à celles observées avec K1. Les teneurs baissent à la 3^e coupe, mais restent supérieures à celles des traitements K1. On observe un arrière effet de la dose K2 sur les teneurs de la première coupe de l'année suivante. Ces teneurs sont intermédiaires entre celles des doses K1 et K3. La teneur en K moyenne sur 5 ans (1,36 %) de la dose K160 est à peine passable.

Il y a un arrière effet de la dose K3 apportée fin août sur les teneurs de la 1^{re} coupe de l'année suivante. En effet cette dose est peu utilisée par la 3^e coupe, en octobre, dont les rendements en MS sont faibles, bien que la teneur soit assez élevée, égalant, ou dépassant 2,40 en 1977 et 1978. La teneur en K moyenne sur 5 ans (1,89 %) de la dose K240 est sensiblement correcte.

Ces évolutions font penser que le fractionnement de la potasse est intéressant. En effet, on constate une augmentation forte des teneurs de la coupe qui suit un épandage : un apport massif risque de provoquer une «consommation de luxe» de la coupe qui le suit, sans bénéfice au point de vue production de matière sèche, et un manque consécutif aux coupes suivantes.

En ce qui concerne les exportations de potasse K₂O, le tableau 9 indique que sur 5 ans, le bilan moyen annuel

fut de -45 kg en K0, -42 kg en K1, +11 kg en K2 et +31 kg en K3.

La figure 6 compare en quantités cumulées de K₂O, les apports et les exportations. Pour les traitements K0 (T1-2-3-4) le déficit est évidemment croissant et confondu avec la courbe des exportations.

Pour les traitements K1, les exportations sont régulièrement supérieures aux apports et presque égales à la somme des apports et des quantités extraites du sol par les traitements K0, ce qui revient à dire que les déficits sont à peu près les mêmes en K0 et K1.

Pour les traitements K2, il y a compensation presque parfaite des exportations par les apports.

Enfin le niveau K3 constitue un niveau d'apports légèrement excédentaire.

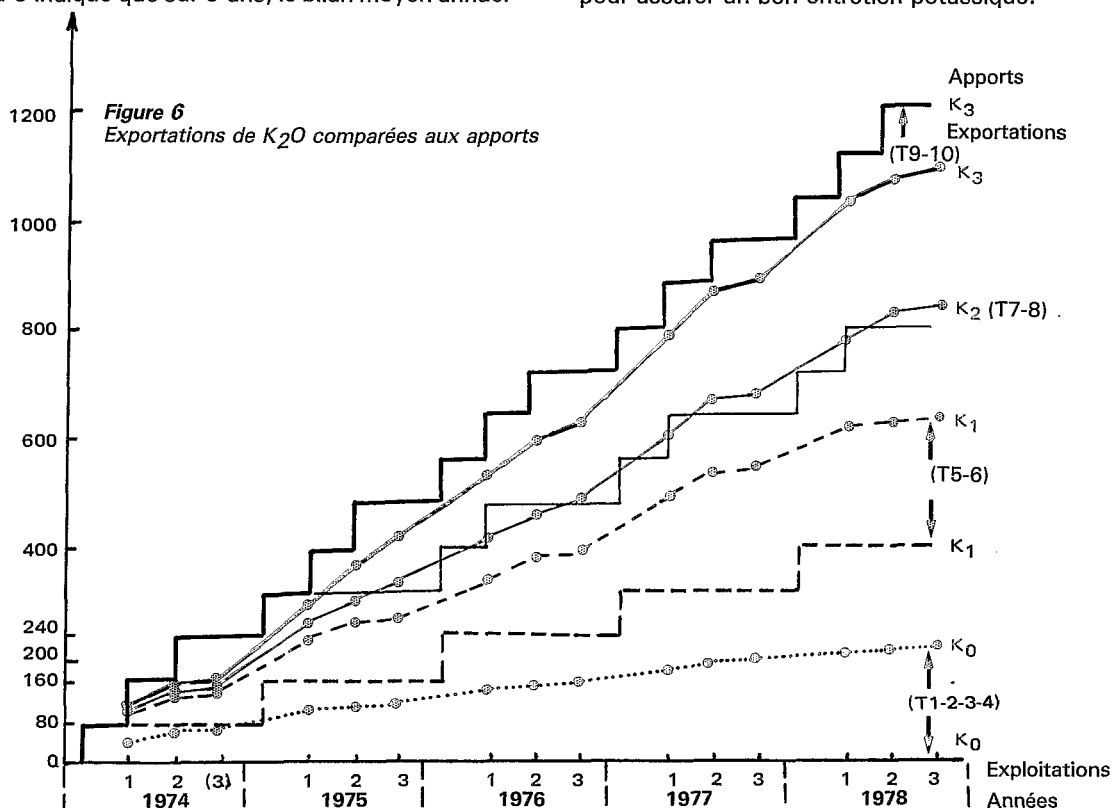
Il semble donc que la dose K2 = 160 corresponde à un optimum, à la fois pour la production de MS et pour le maintien des réserves du sol, bien que les teneurs correspondantes puissent a priori être considérées comme assez basses : il est possible qu'il y ait une adaptation des écotypes constitutifs de la prairie à des sols généralement carencés.

Les prés de fauche de la région ont des fourrages relativement riches en potassium par rapport à ceux récoltés sur cet essai :

2,00 ± 0,56 % de K dans le fourrage en 1^{re} coupe,
2,10 ± 0,46 % de K dans le fourrage en 2^e et 3^e coupes, pour des apports moyens de 144 ± 79 kg de K₂O dans le lisier.

Un peu moins d'un tiers de l'effectif reçoit des doses inférieures à K1 (80), un bon tiers reçoit des doses comprises entre K1 et K2 (80 à 160), le dernier tiers reçoit des doses supérieures à 160 K₂O, c'est-à-dire suffisantes ou même largement excédentaires. La fertilisation potassique la plus basse rencontrée est de 50 kg/ha/an.

En conséquence des résultats de notre essai, il faudrait, soit assurer une meilleure répartition des lisiers, soit compléter par une fumure minérale ; il faut remarquer qu'une vache présente à l'étable pendant 6 mois libère dans le lisier environ 50 kg de potasse : il faut donc 2 à 3 UGB à l'étable par ha de pré de fauche pour assurer un bon entretien potassique.



2.1.4. Évolution du sol

En fin d'essai, les analyses ont porté sur trois horizons (0-5 cm, 5-15 cm et 15-30 cm). Les seuls paramètres influencés par les traitements ont été le taux de carbone du sol et le rapport C/N de l'horizon 0-5 cm, et le taux de potassium des horizons 0-5 cm et 5-15 cm. Les autres paramètres sont soit à peu près constants, soit affectés de variations aléatoires sans rapport avec les traitements.

Les traitements ont entraîné les différenciations suivantes en cinq ans :

$$(1) \text{ C (taux de carbone } \text{‰}) = 129 - 0,013 \text{ N} + 0,036 \text{ K} \quad r^2 = 0,910$$

$$(2) \text{ Rapport C/N} = 9,74 - 0,00437 \text{ N} + 0,00398 \text{ K} \quad r^2 = 0,808$$

$$(3) \text{ K échangeable sol} = 0,447 - 0,00071 \text{ N} + 0,00227 \text{ K} \quad r^2 = 0,947$$

(en meq pour cent)

avec N et K = doses annuelles de ces éléments.

Ainsi l'apport d'azote minéral semble activer la décomposition et l'apport de potasse créer un ralentissement de l'évolution de la matière organique. Les variations du potassium dans l'horizon 0-5 cm ont été importantes et à cet égard, l'apport d'azote engendre des prélèvements supérieurs et appauvrit le sol tandis que les apports de potasse croissants sont fidèlement reflétés au niveau K_2O échangeable, surtout dans l'horizon 0-5 cm.

L'équation (3) précédente indique, en présence de N180, des teneurs respectives K0, K1, K2, K3 de 0,15-0,23-0,32-0,41 K_2O échangeable ‰, qui rendent assez bien compte des bilans K_2O très négatifs en K0, K1, équilibré en K2 et positif en K3.

2.1.5. Évolution de la végétation

Deux relevés botaniques ont été effectués sur 48 points quadrats par traitement, en juin 1975 un an après l'installation, et en octobre 1978 en fin d'expérimentation (annexe page 38).

Le relevé de juin 1975 montre une très grande homogénéité : les traitements n'ont pas encore eu d'effet sur la végétation ; tandis qu'en octobre 1978 les différences apparaissent remarquables.

Sans entrer trop dans le détail, par espèce, donné en annexe, nous examinerons ici principalement l'influence des traitements sur les grandes catégories d'espèces :

— *Graminées 5 et 4* (dactyle, fromental, pâturin des prés, pâturin commun et fléole)

Ce groupe est favorisé par la fertilisation potassique et connaît un maximum avec 160 K et 180 N.

$$\text{G 5, 4} = 8 + 0,153 \text{ K} - 0,00050 \text{ K}^2 + 0,046 \text{ N} \quad \text{et } r^2 = 0,995 \quad \text{ddl} = 2$$

G 5, 4 : contribution spécifique de présence en %, K et N : doses annuelles de potasse et d'azote.

Dans le détail, le dactyle et le pâturin commun ne cessent de s'accroître avec l'augmentation de la dose de potasse, le fromental est maximal pour N180 K80 et N180 K160 et le pâturin des prés est maximal pour N180 K0 ; la fléole a disparu de tous les traitements, peut-être en raison de la sécheresse de 1976.

— *Graminées 3, 2 et 1* (agrostide vulgaire, fétuque rouge, trisète, flouve odorante)

Ce groupe est stimulé par l'apport azoté et diminue régulièrement avec l'augmentation de la dose de potasse.

$$\text{G 3, 2, 1} = 35 + 0,108 \text{ N} - 0,064 \text{ K} \quad \text{et } r^2 = 0,982 \quad \text{ddl} = 2$$

Dans le détail, l'agrostide et la fétuque rouge sont très dominantes et ont leur maximum en N180 K0 ; la trisète vient ensuite et a son maximum en N180 K80 ; la flouve est indifférente.

— *Plantes diverses de forte taille* (DF) (grande berce, geranium sylvestre et knautie).

Il n'y a pas de réponse globale bien nette sinon un meilleur maintien de la grande berce et du geranium avec apports potassiques. La knautie est indifférente aux traitements.

— *Plantes diverses de moyenne et faible taille* (DM et f)

Un certain nombre d'espèces présentes au printemps 1975, sont absentes en octobre 1978 simplement en raison de leur caractère printanier : myosotis, phyteuma, narcissus, conopodium.

Les plantes diverses de moyenne et petite taille constituent 53 % de la couverture en NOK0 : avec 180 kg d'azote la contribution de ces espèces n'est plus que 20 à 25 % avec un léger minimum pour les doses K80 et K160.

Les muscinées et la renoncule à tête d'or sont abondantes en l'absence d'apports potassiques et diminuent fortement dès la dose K80.

Le pissenlit est bien représenté en NOK0 ; avec N180 il dépend étroitement de la dose de potasse, de 4 % en K0 à 14 % en K160 et K240 : il constitue ainsi un bon indicateur du niveau potassique dans les prairies bien fertilisées en azote de cette région.

Les légumineuses sont très peu représentées dans cette prairie, mais les causes exactes sont complexes (climat froid, sol acide avec toxicité aluminique, rythme fauche).

Conclusion

La potasse apparaît comme l'élément limitant des rendements dans cet essai de production de prairie de fauche en montagne volcanique en présence de 180 kg d'azote. La dose optimale serait de 160 kg de K_2O , le phosphore ayant peu d'influence : une fumure de l'ordre de 50 kg de P_2O_5 permet de compenser les exportations.

L'action rapide des apports de K_2O sur les teneurs de l'herbe suggère que le fractionnement permet une meilleure utilisation. Par ailleurs on peut se demander si la

dose de 180 N n'est pas un facteur limitant en présence de fortes doses de potasse.

On notera la bonne production de ces prairies d'altitude qui avec la dose optimale de l'essai (180 N, 30 à 60 P_2O_5 , 160 K_2O) dépasse, en moyenne sur des années assez différentes, 9 t de MS et 1200 kg de MAT contre 7 t en moyenne régionale dans lesquelles l'apport azoté reste beaucoup plus modeste ($\text{N} = 100 \pm 45$ en kg/ha) — ($\text{N} = 75 \pm 34$ si l'on admet que 40 % seulement disponibles).

2.2. 2^e essai de Laqueuille et essai de Bourg Lastic (Puy de Dôme) (1978-1980) Essais 12 T

2.2.1. Caractéristiques des essais

Au vu des résultats de cette première expérimentation on pouvait se poser les questions suivantes :

- 1) de fortes doses de potasse ne permettraient-elles pas de valoriser de plus fortes doses d'azote ?
- 2) y aurait-il ou non avantage à fractionner ces fortes doses ?
- 3) des réponses différentes seraient-elles obtenues dans un milieu géographiquement et climatiquement assez proche, mais sur sols formés sur substrat primaire, mieux pourvu en K₂O à l'origine ?
- 4) enfin l'évolution de la flore dans la prairie permanente sous l'effet de la fumure pouvant être un des facteurs de variation de rendement, quel serait le comportement de prairies temporaires semées en une seule variété de graminées ?

Pour répondre aux trois premières questions, deux essais ont été installés en 1978 à Laqueuille et à Bourg Lastic sur prairie permanente. Les caractéristiques du climat et des sols de Laqueuille ont déjà été présentées. A Bourg Lastic on est à 840 m d'altitude sur le socle primaire du Massif Central. La pluviométrie est inférieure de l'ordre de 150 mm à celle de Laqueuille (1177 mm sur 8 ans à Bourg Lastic, 1333 à Laqueuille sur 14 ans), la différence étant surtout marquée l'été. La température est plus élevée d'un degré (7°,6 contre 6°,6 à Laqueuille).

2.2.1.1. Les conditions de sols

Le sol du nouvel essai de Laqueuille est identique à celui de l'essai 10 T de Laqueuille (tableau 3). Celui de Bourg Lastic, de type brun acide, est formé sur micaschistes (tableau 10).

Il est très acide, riche en matière organique, pauvre en acide phosphorique, et un peu mieux pourvu en K₂O que les sols volcaniques.

2.2.1.2. Le dispositif expérimental

Il est identique sur les deux essais : essai 12 T (soit 6 répétitions de 12 traitements NK) et conforme au schéma ci-après :

	K1	K2	K3	K2 F	K3 F
N1	1	3	7	5	10
N2	2	4	8	6	11
N3	—	—	9	—	12

L'essai comporte 3 parties :

- (1) une partie factorielle de base étudiant 2 N x 3 K
- (2) une partie étudiant le fractionnement des deux doses supérieures K2 et K3
- (3) une partie étudiant une dose plus élevée d'azote N3 en présence de K3, fractionnée ou non.

Sur les deux essais, les doses annuelles ont été identiques.

Les apports d'azote sont faits au printemps et après chaque exploitation (sauf la dernière) :

N1 : 50 + 25 + 25 = 100 kg N,

N2 : 75 + 50 + 50 = 175 kg N,

N3 : 100 + 75 + 75 = 250 kg N.

Les apports de P₂O₅ sont uniformes (80 kg P₂O₅/ha/an).

Les apports de potasse, K1, K2, K3 sont effectués ainsi :

K1 = 80 kg de K₂O épandus en hiver (scories potassiques),

K2 = 160 : 80 kg de K₂O épandus en hiver + 80 kg (chlorure),

K3 = 240 : 80 kg de K₂O épandus en hiver + 160 kg (chlorure).

En cas de fractionnement de la potasse, 80 kg K₂O sont apportés après les 1^{res} coupes (K2 F et K3 F) et 80 kg après la 2^e coupe (K3 F).

Trois coupes annuelles sont prévues en juin (stade ensilage), août et octobre.

Enfin, signalons pour mémoire, que pour répondre à la 4^e question posée plus haut, un second essai a été débuté en 1979 sur le Domaine INRA de Bourg Lastic, portant sur deux espèces : la fétuque élevée Clarine et le dactyle Prairial. Le dispositif en est le suivant :

		K1	K2 F	K3 F
N1	Dactyle	1	5	9
	Fétuque	2	6	10
N2	Dactyle	3	7	11
	Fétuque	4	8	12

avec N1 = 75 + 50 + 50 + 50 = 225 kg N

avec N2 = 100 + 75 + 75 + 75 = 325 kg N

Quatre coupes sont prévues en juin, juillet, août et octobre, mais les premiers résultats ne seront pas ici rapportés, car limités à 1980.

Tableau 10 : Bourg Lastic - analyse de sol avant la mise en place de l'essai

Analyse physique (% de terre fine)	Sol (0-30)	Analyse chimique	Sol (0-30)
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	26,0	pH eau	5,3
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	18,0	Carbone total (°/°°)	63,9
Limon grossier (0,05 à 0,02 mm)	7,5	P ₂ O ₅ citrique (°/°°)	0,12
Limon (0,02 à 0,002 mm)	14,8	K ₂ O échangeable (°/°°)	0,26
Argile (inf. à 0,002 mm)	16,1	CaO échangeable (°/°°)	0,66
Matière organique (%)	11,0	MgO échangeable (°/°°)	0,08
Capacité totale d'échange (meq %)	22,0	Na ₂ O échangeable (°/°°)	0,01

2.2.2. Les rendements observés

On dispose donc de trois années de résultats pour les deux essais. Le tableau 11 rapporte les rendements en matière sèche au niveau des 12 traitements et des effets principaux N et K, pour chaque année et la moyenne sur 3 ans.

L'effet lieu est important ; l'essai de Bourg Lastic est nettement plus productif que celui de Laqueuille (envi-

ron + 2 t/ha MS). La différence d'altitude et de climat (1° de moins en moyenne à Laqueuille) joue fortement dès le départ de la végétation.

L'effet azote, de N100 à N175, est positif et hautement significatif sur les deux essais, plus important à Laqueuille (+1,25 t/ha MS) qu'à Bourg Lastic (+0,81 t/ha MS). De N100 à N250, l'effet azote se

mesure en présence de K240, fractionné ou non. Cet effet est alors de : 6,30 - 7,63 - 8,52 t/ha à Laqueuille et de 8,84 - 9,85 - 11,04 t/ha à Bourg Lastic ; soit en moyenne + 1,04 t/ha de N175 à N250.

L'effet potasse n'a été significatif qu'en troisième année à Laqueuille et dès le début à Bourg Lastic. L'effet potasse moyen sur les deux essais ressort à : 7,60 - 7,94 - 8,18 t/ha MS (soit + 0,58 t/ha MS).

L'effet du fractionnement de la potasse, à la dose K160 et K240, est très minime sur les deux essais en présence de N100 (- 0,16 t/ha), faible et variable en présence de N175 (+ 0,30 t/ha en moyenne) et plus net en présence de N250 (+ 0,47 t/ha en moyenne).

Il en résulte que les rendements les plus élevés correspondent nettement à N250 K240 F.

Tableau 11 : Essais de Laqueuille et Bourg Lastic (t/ha matière sèche/an)

		Essai de Laqueuille						Essai de Bourg Lastic					
		K80	K160	K240	Effet N	K160F	K240F	K80	K160	K240	Effet N	K160F	K240F
N100	1978	7,14	7,16	7,51	7,27	7,50	6,93	10,45	10,62	11,53	10,87	10,95	10,51
	1979	5,08	5,45	5,37	5,30	5,31	5,14	5,95	6,31	6,81	6,36	6,69	6,74
	1980	6,12	6,23	6,58	6,31	6,18	6,26	7,48	8,53	8,80	8,27	8,11	8,67
	m	6,11	6,28	6,49	6,29	6,33	6,11	7,96	8,49	9,05	8,50	8,58	8,64
N175	1978	8,25	8,57	8,75	8,52**	8,75	8,17	11,25	11,34	11,49	11,36*	11,96	11,98
	1979	6,64	6,82	6,72	6,73**	6,82	6,95	7,27	7,34	7,31	7,31**	7,60	7,92
	1980	6,90	7,67	7,55	7,38**	7,91	7,66	8,70	9,31	9,76	9,25**	9,78	10,64
	m	7,26	7,69	7,67	7,54	7,83	7,59	9,07	9,33	9,52	9,31	9,78	10,18
Effet K	1978	7,70	7,87	8,13	7,90	8,13	7,55	10,85	10,98	11,51*	11,12	11,46	11,25
	1979	5,86	6,13	6,05	6,02	6,07	6,05	6,61	6,82	7,06**	6,84	7,15	7,33
	1980	6,51	6,95**	7,07**	6,84	7,05	6,96	8,09	8,92**	9,28**	8,76	8,94	9,66
	m	6,69	6,98	7,08	6,92	7,08	6,85	8,51	8,91	9,28	8,90	9,18	9,41
N250	1978			9,05			9,90			12,26			13,06
	1979			7,37			7,97			8,77			8,70
	1980			8,44			8,37			11,39			12,07
	m			8,29			8,75			10,80			11,28

2.2.3. Composition minérale et prélèvements

2.2.3.1. Teneurs des fourrages en matière sèche

Les éléments N et K concourent tous les deux à donner des plantes «poussantes» ; les teneurs en matière sèche ont tendance à diminuer avec les doses croissantes N et K₂O. C'est particulièrement vrai pour l'effet de la potasse plus important en matière verte qu'en matière sèche, en raison de la baisse de teneur en MS (tableau 12).

De N1 à N2, l'effet N est en moyenne de - 0,5 % ; cet effet tend à croître de K1 à K3. L'effet azote en N3 se mesure en présence de K240 ; il est encore d'environ - 0,7 % par rapport à N2.

De K1 à K3 (apports non fractionnés), la baisse de teneur est de l'ordre de - 1,4 %. Les traitements K160 F et K240 F correspondent en fait à K80 en coupe 1 et à K80+K80 en coupe 2. Par contre, en coupe 3, l'effet des K80 appliqués en K240 F est évident.

2.2.3.2. Teneurs en azote et rendements en MAT

D'une manière générale, la teneur en N de l'herbe s'est élevée de C1 à C3, soit pour les moyennes sur trois ans :

1,81 - 2,49 - 2,80 % N à Laqueuille et
1,87 - 2,26 - 2,52 % N à Bourg Lastic.

Tableau 12 : Effets des traitements sur la teneur en matière sèche

MS %		K80	K160	K240	Effet N	K160 F	K240 F
C1	N1	19,6	19,0	19,0	19,2	19,3	19,7
	N2	19,4	18,1	18,1	18,9	18,6	19,3
	Effet K	19,5	18,5	18,6	19,1	18,9	19,5
	N3	—	—	17,0			18,6
C2	N1	22,0	21,1	20,9	21,3	20,5	20,8
	N2	21,9	20,3	19,8	20,7	19,9	19,9
	Effet K	22,0	20,7	20,3	21,0	20,2	20,3
	N3	—	—	19,3			19,1
C3	N1	23,9	23,0	22,0	22,6	22,0	21,3
	N2	22,9	21,9	21,4	22,1	21,0	20,2
	Effet K	23,4	22,0	21,7	22,3	21,5	20,7
	N3	—	—	20,9			19,6

Sur les deux essais, les doses d'azote ont augmenté la teneur moyenne de l'herbe en N dans des proportions très voisines :

1,85 - 2,05 - 2,32 % N à Laqueuille et
1,94 - 2,06 - 2,28 % N à Bourg Lastic.

L'élément N semble avoir été le seul en cause dans la teneur en MAT. L'influence des doses de K₂O et de leur fractionnement éventuel fut très faible.

2.2.3.3. Teneurs en phosphore et en magnésium

La teneur moyenne de l'herbe en phosphore a été de 0,27 % P à Laqueuille et 0,28 % P à Bourg Lastic. Pour des rendements moyens de l'ordre de 7 t/ha MS à Laqueuille et 9 t/ha à Bourg Lastic les prélèvements moyens ont été de 43 kg/ha P₂O₅ à Laqueuille et 58 kg/ha P₂O₅ à Bourg Lastic, pour des apports annuels de 80 kg/ha P₂O₅.

Il convient de signaler que l'herbe était nettement pauvre en magnésium à Laqueuille (0,07 à 0,08 % Mg) et beaucoup plus normale à cet égard à Bourg Lastic (0,14 à 0,17 % Mg).

2.2.3.4. Teneurs en potassium et exportations

Les teneurs moyennes en K pondérées sur trois ans, en fonction des trois doses de K₂O (80 - 160 - 240) appliquées en une seule fois, sont de : 1,63 - 2,24 - 2,57 % K à Laqueuille et 1,66 - 2,07 - 2,26 % K à Bourg Lastic.

La figure 7 montre l'évolution des teneurs en K, moyennes sur 3 ans, en fonction des exploitations et des traitements potassiques, doses N confondues, pour les deux essais.

Lorsque la potasse est appliquée en une seule fois, la teneur en K décroît de C1 à C3, surtout à Bourg Lastic.

En K80, la teneur en K est nettement faible en C3, sinon même en C2, sur les deux essais.

En K160, la teneur en K est faible en C3, à Bourg Lastic. La chute de teneur est particulièrement marquée sur cet essai et traduit un épuisement très net du sol.

En K240, la chute de teneur est nette en C3 seulement, mais elle demeure assez correcte à Laqueuille.

Le fractionnement se traduit par des teneurs plutôt plus faibles en C1 (Laqueuille), fait normal puisque les doses appliquées sont alors de K80.

Sur les deux essais, les teneurs en K de K160 F et K240 F sont très voisines en C1 et C2, ce qui correspond aux apports K80 + K80. En C3, l'écart (K240 F - K160 F) est très important, en particulier à Bourg Lastic.

Le fractionnement de la potasse se traduit donc par une plus grande régularité des teneurs en K.

Les exportations de potasse (K₂O) moyennes sur 3 ans, pour K80 - K160 - K240 ont été respectivement de : 135 - 188 - 218 kg K₂O/ha/an à Laqueuille et de : 169 - 221 - 252 kg K₂O/ha/an à Bourg Lastic. Il en résulte des bilans respectifs de : -55, -28, +22 kg K₂O/ha/an à Laqueuille et -89, -61, -12 kg K₂O/ha/an à Bourg Lastic.

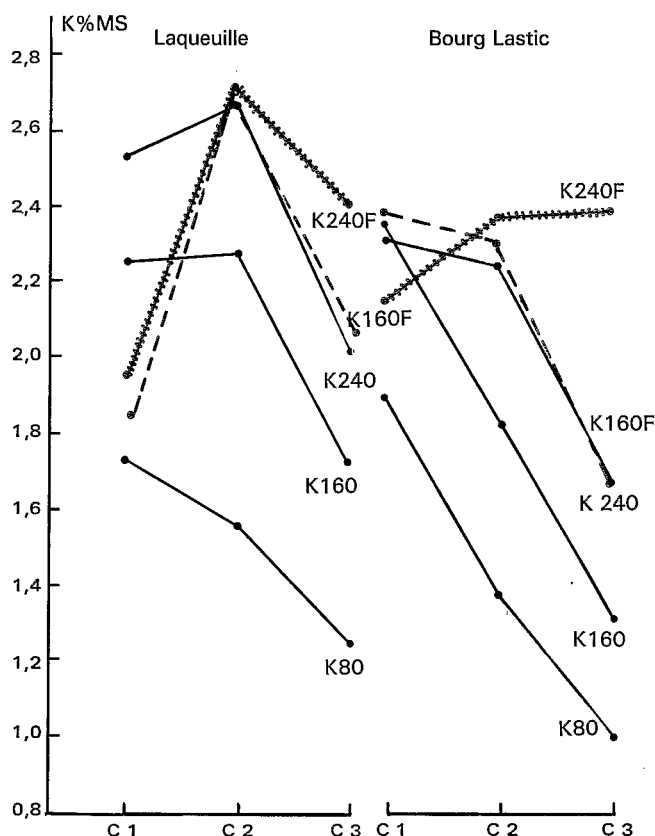


Figure 7
Teneurs en potassium aux différentes exploitations en fonction de la fumure K₂O (moyennes sur 3 ans)

2.2.4. Effets des traitements sur la composition floristique

2.2.4.1. Effet sur les légumineuses

Au départ, en 1978, les légumineuses étaient peu représentées dans ces essais. Elles commencent à apparaître timidement en juillet 1980 à Bourg Lastic. Dans un rapport de stage SCPA, de CASTELBAJAC avait noté une contribution plus marquée des légumineuses en présence des doses fortes de potasse et de la dose faible d'azote. Une notation visuelle à l'automne 1980, avait confirmé cette observation.

La figure 8 montre les pourcentages de légumineuses trouvées à Bourg Lastic au moment de la 1^{re} et de la 2^e coupes en 1981. Ces pourcentages sont déterminés par prélèvements de 5 ou 6 poignées par parcelles sur tous les traitements et toutes les répétitions, sur la base des poids en vert. Par rapport à la matière sèche, les écarts se trouveraient réduits du fait de la teneur plus faible en matière sèche des légumineuses.

Ces deux graphiques très semblables, montrent que :

- 1) en présence de la faible dose d'azote, la potasse a permis l'apparition d'une plus forte proportion de légumineuses (trèfle blanc et trèfle violet surtout),

- 2) à mesure que les doses N augmentent, la présence des légumineuses diminue,
- 3) le fractionnement de la potasse semble la méthode la plus intéressante pour favoriser les légumineuses.

2.2.4.2. Effet sur les graminées et plantes diverses

Selon la fumure utilisée, la flore se différencie non seulement par l'apparition de légumineuses, mais aussi par différentes espèces de graminées et de plantes diverses.

Ainsi, à Bourg Lastic, en présence des plus fortes doses de potasse et d'azote (N3K3 et N3K3F) c'est la houlique laineuse qui domine en 1981, alors que c'est la fétuque rouge qui se développe dans K1 (N1 et N2) en compagnie de plantes diverses dont la contribution avoisine les 30 % en vert.

2.2.4.3. Effet sur la résistance au froid

Les conditions climatiques de l'hiver et du printemps 1981 ont été assez particulières : chute de neige brutale et abondante dès le 3 novembre 1980 (plus de 30 cm). La couche de neige a persisté jusqu'en mars 1981, dont

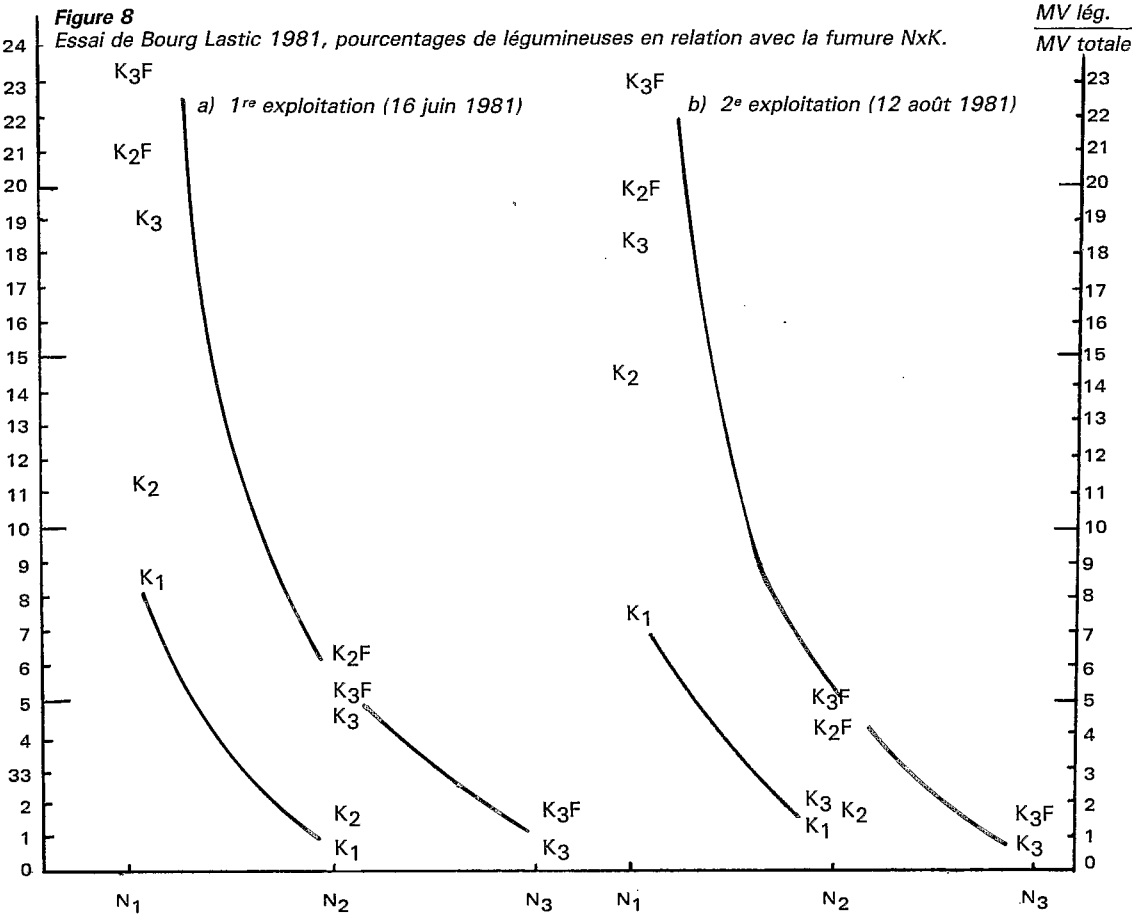
la douceur a fait démarrer la végétation, puis retour brusque du froid en avril avec des gelées de -3 à -5° sous abri.

Dans l'essai de Bourg Lastic, la houlque laineuse qui s'était installée dans les traitements N3 a gelé.

En 1^{re} exploitation 1981, il y avait des trous dans ces

parcelles et les rendements en ont été très affectés.

D'autre part, dans l'essai semé en 1979, le dactyle Prairial a été touché dans les parcelles ayant reçu la plus forte dose d'azote et la plus faible dose de potasse. La fétuque élevée Clarine n'a pas été touchée.



Conclusions

L'étude des essais dont il vient d'être question va se poursuivre, mais, sur prairie permanente, les deux lieux et les trois années d'observation permettent déjà de dégager quelques conclusions :

- 1) la potasse donne à la prairie un aspect «poussant» et les fortes doses augmentent la production en matière verte,
- 2) mais cette herbe «poussante» est plus riche en eau, de sorte que les doses de potasse influent à un moindre degré sur le rendement en matière sèche,
- 3) cependant, les apports importants de potasse permettent indirectement une augmentation du rendement, en permettant à des doses plus importantes d'azote d'être valorisées aussi bien en t/ha de matière sèche qu'en kg/ha de MAT,

- 4) le fractionnement des doses élevées de potasse n'a pas d'influence directe sur le rendement, mais il peut permettre d'éviter une consommation de luxe en 1^{re} coupe, et régularise les teneurs du fourrage en K tout au long de l'année,
- 5) les fortes doses de potasse favorisent l'apparition des légumineuses, surtout en présence de faibles doses d'azote ; l'intérêt du fractionnement qui apporte de la potasse en été, époque où les légumineuses sont particulièrement actives, apparaît,
- 6) la potasse est un élément de résistance aux conditions hivernales, alors que l'azote rend les plantes sensibles.

Table des matières

1. Etude sur prairie permanente pâturée.....	25
2. Etude sur prairies de fauche.....	28
2.1. 1 ^{er} essai de Laqueuille.....	28
2.1.1. Caractéristiques de l'essai.....	28
2.1.2. Les rendements observés.....	29
2.1.3. Composition minérale et prélèvements.....	30
2.1.4. Evolution du sol.....	33
2.1.5. Evolution de la végétation.....	33

Suite table des matières

2.2. 2 ^e essai de Laqueuille et essai de Bourg Lastic.....	34
2.2.1. Caractéristiques des essais.....	34
2.2.2. Les rendements observés.....	34
2.2.3. Composition minérale et prélèvements.....	35
2.2.4. Effets des traitements sur la composition floristique.....	36
Conclusions	37
Annexe : Essai de Laqueuille - composition botanique	38

Annexe

Essai de Laqueuille 1973-1978 (10 T) composition botanique

		Contributions spécifiques de présence (%)					
		13/6/1975	5/10/78				
		Moyenne	T1 N0K0	T4 N1K0	T6 N1K1	T8 N1K2	T10 N1K3
Dactyle	<i>Dactylis glomerata</i> L.	7,5	5,0	4,6	12,0	14,2	16,5
Fromental	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Mert et K.	2,5	0,5	3,7	10,6	9,7	5,2
Pâturin des prés	<i>Poa pratensis</i> L.	0,3	1,8	7,4	2,3	1,9	0,7
Pâturin commun	<i>Poa trivialis</i> L.	9,2	0,5		0,8	1,2	1,5
Fléole	<i>Phleum pratense</i> L.	0,1					
Graminées 4 et 5		19,6	7,8	15,7	25,7	27,0	23,9
Agrostide	<i>Agrostis vulgaris</i> With	9,0	10,4	19,4	11,4	14,2	13,5
Fétuque rouge	<i>Festuca rubra</i> L.	10,2	10,6	26,0	18,2	14,2	15,0
Avoine pubescente	<i>Avena pubescens</i> Huds	0,6					0,7
Triset	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) Ry.	8,2	8,6	6,5	12,1	9,7	6,0
Houlque molle	<i>Holcus mollis</i> L.	0,3				0,6	
Flouve	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	3,0	5,4	2,8	5,3	5,8	3,7
Crételle	<i>Cynosurus cristatus</i> L.	0,1			0,8		
Graminées 1-2 et 3		31,4	35,0	54,7	47,8	44,5	38,9
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i> L.	4,2	1,8		0,8	1,2	
Trèfle violet	<i>Trifolium pratense</i> L.	0,1	0,5				0,7
Vesce	<i>Vicia sepium</i> L.	0,2		0,9		1,2	1,5
Légumineuses		4,5	2,3	0,9	0,8	2,4	2,2
Grande Berce	<i>Heracleum spondylium</i> L.	1,7			0,8	0,6	0,7
Knautie	<i>Knautia arvensis</i> L.	3,0	2,3	2,8	2,3	1,2	2,2
Géranium	<i>Geranium sylvaticum</i> L.	2,3	0,5	0,9	2,3	1,9	5,2
Diverses «forte taille»		7,0	2,8	3,7	5,4	3,7	8,1
Alchemille	<i>Alchimilla vulgaris</i> L.	3,9	5,0	0,9	3,8	4,5	3,7
Ren. Tête d'Or	<i>Ranunculus auricomus</i> L.	1,6	6,8	5,6	1,5	0,6	0,7
Myosotis	<i>Myosotis</i> sp.	3,8					
Raiponce	<i>Phyteuma</i> sp.	5,8	0,5				3,7
Mousses	<i>Muscinées</i>	1,9	11,3	10,2	1,5	1,2	
Pissenlit	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	4,6	9,5	3,7	5,3	13,6	14,2
Rumex Oseille	<i>Rumex acetosa</i> L.	1,4	1,8		0,8		0,7
Bugle	<i>Ajuga reptans</i> L.	0,1	1,4	0,9			0,7
Jonquille	<i>Narcissus jonquilla</i> L.	2,8					
Conopode	<i>Conopodium denudatum</i> Koch	7,6					
Renoncule acre	<i>Ranunculus acris</i> L.	0,8	1,8		1,5		0,7
Ceraste cesp.	<i>Cerastium coespitosum</i> Gilib	0,8	0,9				
Saxifrage	<i>Saxifraga granulata</i> L.	1,5		0,9			
Fénoil alpin	<i>Meum athamanticum</i> Jacq.	0,8		0,9			
Véronique petit chène	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	0,3	2,3		0,8		0,7
Campanule sp	<i>Campanula</i> sp		6,8		2,3	1,2	0,7
Violette tric.	<i>Viola tricolor</i> L.		2,7	1,9	1,5		
Diverses «moyenne et faible taille»		37,7	52,7	25,0	19,0	21,1	25,8
Autres espèces	<i>Bellis perennis</i> L. <i>Plantago lanceolata</i> L. <i>Crocus</i> sp <i>Hypochoeris radicata</i> L. <i>Lathyrus pratensis</i> L.						

AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

DOSSIER K₂O

N° 21 - Février 1982



PROBLÈMES POTASSIQUES DANS DIVERS TYPES DE SOLS D'Auvergne

Journée d'études du 19 février 1982
de l'Association Française pour l'Étude des Sols (AFES)
à Theix (Puy de Dôme)

SOMMAIRE

	page
CR Introduction, par A. LOUÉ (SCPA).....	2
Présentation, par le Professeur P. LAPADU-HARGUES.....	3
Table des matières de cette présentation.....	8
Aperçu sur les principaux types de sols observés dans les régions occidentale et centrale du département du Puy de Dôme, par J. DEJOU (INRA).....	9
Table des matières de cet aperçu.....	12
Effet positif des fertilisations potassique et magnésienne dans les sols volcaniques du Massif Central, par J. DEJOU et F.X. de MONTARD (INRA).....	13
Table des matières de cet article.....	24
CR Action de la potasse sur des prairies d'altitude du Massif Central, par R. ARNAUD, F.X. de MONTARD, M. NIQUEUX (INRA) et A. LOUÉ (SCPA).....	25
Table des matières de cet article.....	37
Dynamique du potassium dans quelques sols développés sur roches éruptives acides de la Combraille, par J. MORIZET, J. DEJOU et L. Le BLEVENEC (INRA).....	39
Tables des matières de cet article et du suivant.....	48
CR Problèmes de nutrition potassique du maïs dans certaines «Terres Noires» de Limagne, par A. LOUÉ, J. QUÉMENER (SCPA) et le Service Agronomique de Limagrain.....	49



SCPA

B02719 x 1 -> 2721