

*ESSAIS DE FERTILISATION MINÉRALE SUR PÂTURAGE
ET SUR PRAIRIE DE FAUCHE EN MONTAGNE
DU MASSIF CENTRAL HUMIDE*

I — DÉTERMINATION DES DOSES D'AZOTE
ET DE POTASSE OPTIMALES EN CONDITION
DE PÂTURAGE INTENSIF PAR DES OVINS

INTRODUCTION

LES ESSAIS RÉALISÉS DE 1967 À 1970 SUR LE DOMAINE I.N.R.A. DE LAQUEUILLE (R. ARNAUD, 1972) SUR PRAIRIES TEMPORAIRES DE DACTYLE, DE FÉTUQUE ÉLEVÉE et de fléole, en fauche et en pâture (ovins), avaient montré l'effet marqué de la fumure azotée sur la production mais aussi le risque de diminution de pérennité des prairies semées suite à l'application de doses élevées.

Une nouvelle série d'essais (1969-1978), les uns conduits en fauche sur prairie permanente, un autre en pâture sur prairie permanente, un autre en pâture sur dactyle Floréal, a été réalisée pour tenter de préciser les doses optimales d'azote, de phosphore et de potasse à appliquer.

Les essais pâturés, qui font l'objet de cette première partie, furent soumis principalement à des fertilisations azotées annuelles variant de 0 à 500 kg/ha de N et, en traitement subsidiaire, à deux niveaux d'apports

potassiques. L'objectif visé par l'application de doses très élevées d'azote est l'obtention d'un tracé assez complet de la courbe de réponse de la production prairiale à l'apport de cet élément et une détermination plus sûre du niveau optimum, probablement très inférieur à 500 kg/ha de N.

L'exposé du protocole et des résultats de *l'essai conduit en fauche* fait l'objet d'une deuxième partie qui sera publiée ultérieurement.

CLIMAT ET SOL

Laqueuille est situé à une altitude de 1 050 m sur le flanc nord-ouest du Massif du Mont-Dore, dans la zone volcanique du Massif Central. Le climat est de type océanique montagnard. La température moyenne annuelle n'atteint pas 7° C. La saison de pâture va du 15 mai à octobre ou début novembre, mais la période de pousse effective s'arrête souvent en septembre par suite de gelées précoces. La pluviométrie, généralement bien répartie, est en moyenne supérieure à 1 300 m, le minimum se situant en hiver. Toutefois, des déficits marqués ont été observés au printemps 1976 et en été 1978 (voir annexe 1).

Les caractéristiques du sol, de type andique sur substrat basaltique, sont indiquées dans l'annexe 2.

La prairie sur laquelle ont été installés les essais comportait une flore à base de fétuque rouge, d'agrostide vulgaire, de trisetite, de pâturin commun et de dactyle (annexe 3).

Le peuplement de fétuque rouge était constitué par un écotype à démarrage précoce comme l'a montré une étude en culture pure (R. ARNAUD et M. NIQUEUX, 1977). Avant l'installation des essais, cette prairie était exploitée principalement en régime de fauche : une pâture de déprimage en début mai, une fauche de foin en juillet, une fauche de regain en fin août-début septembre, et enfin une pâture tardive.

*Fertilisation minérale
en montagne volcanique*

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL UTILISÉ

1) Un essai de fertilisation azotée sur prairie permanente, avec 7 traitements différenciés et 4 répétitions, de 1969 à 1978

L'essai a été conduit sous un régime de fertilisation phosphopotassique uniforme de 120 kg/ha de P_2O_5 et de 120 kg/ha de K_2O .

Enclos d'un seul tenant, cet essai fut exploité de 4 à 6 fois par an, en pâturage par des ovins, avec des passages en 2 jours, parfois 3 ; les animaux étaient sortis la nuit. En fait, les conditions étaient très proches de celles d'un pâturage rationné sur 2 jours.

Les parcelles élémentaires de 24 m² subissaient un prélèvement de 2 m² avant chaque passage pour l'évaluation des rendements. Les lieux de prélèvement étaient déplacés à chaque fois de manière à ne faucher le même emplacement qu'une seule fois par an.

a) Phase 1969-1973

Les 7 traitements mis en place au cours de cette période sont les suivants :

- T1 : aucun apport d'azote minéral (N0) ;
- T2 : 25 kg/ha d'azote en fin d'hiver et 25 kg après chaque passage du troupeau (N25), sauf le dernier ;
- T3 : 50 kg d'azote en fin d'hiver et 50 kg après chaque passage (N50) ;
- T4 : 75 kg d'azote en fin d'hiver et 50 kg après chaque passage (N50) ;
- T5 : 75 kg d'azote en fin d'hiver et 75 kg après chaque passage (N75) ;
- T6 : 100 kg d'azote en fin d'hiver et 75 kg après chaque passage (N75) ;
- T7 : 100 kg d'azote en fin d'hiver et 100 kg après chaque passage (N100) ;

Les résultats de T4 sont très voisins de ceux de T3 et de même T6 est très voisin de T5. Pour cette raison, on fera peu ou pas état de T4 et T6 dans les résultats et les figures concernant cette phase.

b) Phase 1974-1977

Les parcelles T1 et T2, T3 et T4, T5 et T6 furent regroupées pour y appliquer respectivement les doses N25, N50 et N75 en début de printemps et après chaque passage, et on différença deux niveaux d'apports potassiques :

K80 : 80 kg/ha de K₂O ;
K200 : 200 kg/ha de K₂O.

c) Année 1978

En 1978, on appliqua un traitement uniforme à tout l'essai : N25 en fin d'hiver, N25 après chaque passage et 80 kg/ha de K₂O pour mesurer les arrière-effets des traitements antérieurs.

2) Un essai identique de fertilisation azotée sur dactyle Floréal, de 1969 à 1972

La comparaison avec l'essai « prairie permanente » ne fut pas poursuivie en 1973 par suite de la dégradation du peuplement de dactyle semé.

3) Deux séries de parcelles fauchées 2 ou 4 fois par an et ne recevant aucune fumure ni restitution

Ces parcelles servent de témoin.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'exposé des résultats est assez complexe :

— Tout d'abord nous présenterons assez longuement les résultats de
6 l'essai sur prairie permanente comportant 7 traitements :

*Fertilisation minérale
en montagne volcanique*

- l'influence des conditions climatiques sur la production de matière sèche ;
- l'influence des fertilisations azotée ou potassique sur la production de matière sèche et de matière azotée totale sur les exportations d'azote et sur l'évolution de la végétation et du sol, en considérant d'une part les résultats de T3 et T4, et ceux de T5 et T6 d'autre part.

— En deuxième lieu, les résultats de l'essai conduit avec le dactyle « Floréal » seront donnés assez brièvement.

Les résultats des parcelles « témoin » sont utilisés au fur et à mesure pour nourrir la discussion et la conclusion.

1) Résultats de l'essai sur prairie permanente : influence de la dose d'azote et de la potasse

a) Influence des conditions climatiques sur la production de Matière Sèche (M.S.)

La production totale annuelle a varié autour de 10 t/ha de M.S. sur les parcelles pâturées recevant une fumure azotée, avec d'assez fortes variations selon les conditions climatiques (figure 1). On remarque la forte chute des productions due à la sécheresse de 1976. Une sécheresse d'été a également diminué les rendements de 1978. Les productions élevées de 1972 sont mal expliquées par les conditions climatiques assez moyennes ; elles semblent en relation avec l'application exceptionnelle d'une fumure phosphopotassique élevée (300 – 300 kg/ha de P₂O₅ – K₂O) qui marque surtout aux 2^e, 3^e et 4^e passages.

La production moyenne par coupe (les 7 traitements confondus), calculée d'après les mesures effectuées avant le passage du troupeau, varie en fonction des conditions climatiques selon les équations suivantes correspondant aux deux périodes de fertilisation :

— de 1969 à 1973 (essai N) :

$$M.S. = 3215 + 1,79 \sum h - 30,7 \theta - 13,1 D.H. - 5,75 J$$

$$r^2 = 0,359$$

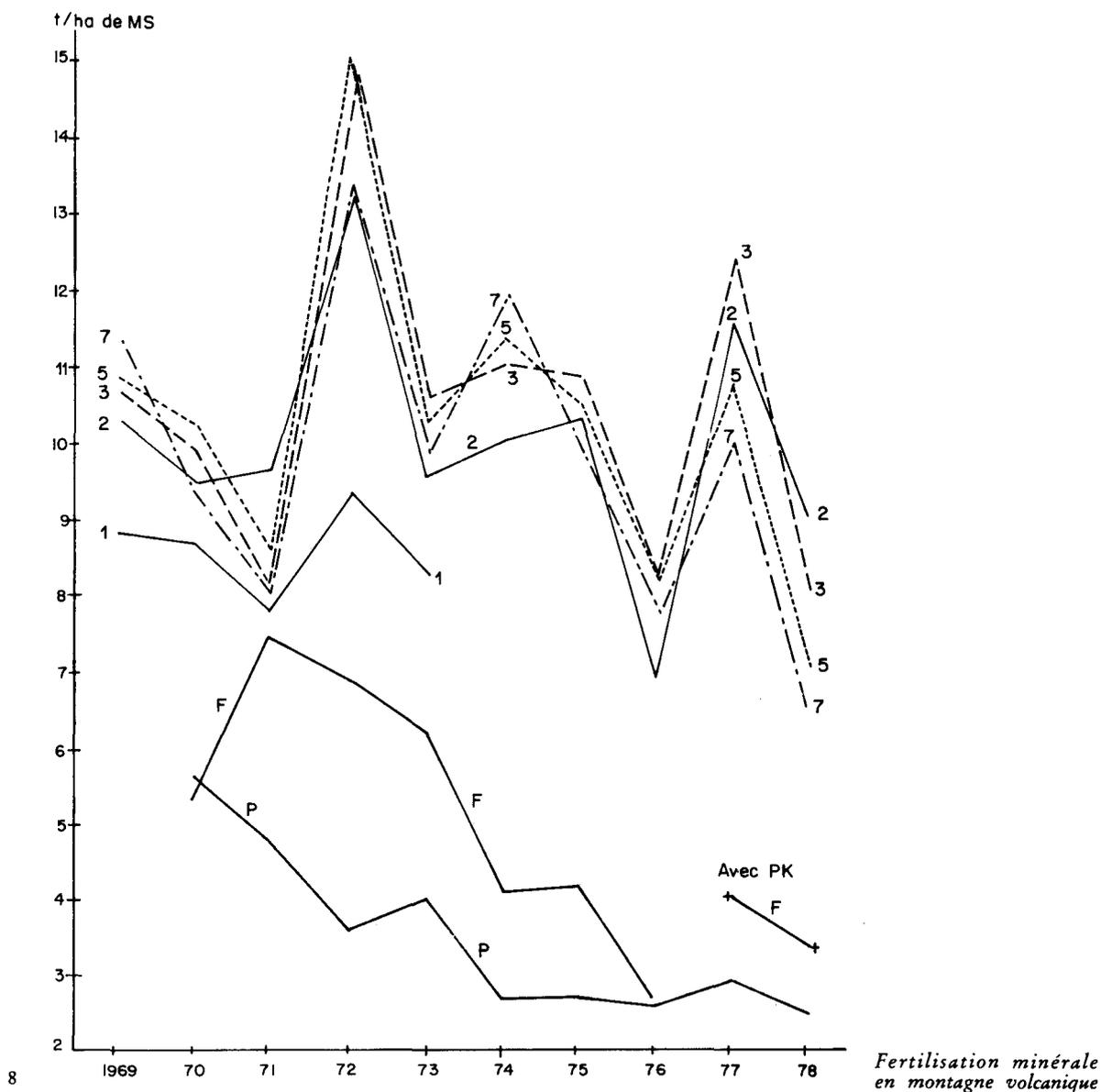
$$n = 189$$

FIGURE 1

ESSAIS PRAIRIE PERMANENTE : PRODUCTION ANNUELLE DE
MATIÈRE SÈCHE POUR LES PRINCIPAUX TRAITEMENTS

- F : Sans fumure, 2 coupes/an (fauche)
- P : Sans fumure, 4 coupes/an (coupes au rythme de pâture)
- 1 : T1, sans azote, avec PK
- 2 : T2, N25 par coupe, avec PK
- 3 : T3, N50 par coupe, avec PK
- 5 : T5, N75 par coupe, avec PK
- 7 : T7, N100 par coupe, avec PK

N.B. : en 1978, N25 sur T2, T3, T5, T7



— de 1974 à 1978 (essai N et K) :

$$\text{M.S.} = 3031 + 1,90 \Sigma h - 10,5 \text{ D.H.} - 6,9 J$$

$$r^2 = 0,380 \quad n = 175$$

avec :

M.S. : matière sèche mesurée avant chaque pâture, exprimée en kg/ha ;

Σh : sommes des heures d'ensoleillement durant la période de pousse (à compter du 1^{er} avril pour la première récolte) ;

θ : moyenne des températures moyennes journalières $\frac{\Sigma \theta \text{ positives}}{\text{Nb de jours}}$;

D.H. : déficit hydrique calculé dans l'hypothèse d'une réserve utilisée égale à 40 mm ;

J : date de récolte en nombre de jours écoulés depuis le 1^{er} janvier. Ce paramètre permet d'exprimer l'effet « saison ».

En fait, bien que la température n'apparaisse pas comme facteur actif dans la période 1974-1978, ces deux équations sont très proches mais le coefficient de détermination est relativement faible ; cette difficulté semble liée à des fluctuations aléatoires associées aux refus : la détermination de la production en pâturage réel, même rationné, est plus difficile qu'en fauche et plus imprécise. D'autre part, la végétation a évolué au cours du temps.

b) Action de la fertilisation azotée sur la production de Matière Sèche

La figure 1 montre qu'au cours des années successives le classement des productions de M.S. en fonction des doses d'azote s'est modifié :

— au début de l'essai, la production est d'autant plus importante que le fumure est élevée ;

— ensuite, le classement devient irrégulier et on observe une tendance à une chute de production des parcelles recevant une très forte fumure. On observe effectivement sur celles-ci une végétation fortement dominée par la fétuque rouge et trouée de plaques de sol nu ; et le pH y est plus bas d'une unité (tableau I). Un net arrière-effet est observable en 1978, année de

TABLEAU I

ANALYSE DE SOL (0 à 5 cm) - DIFFÉRENCIATIONS OBSERVÉES
SOUS L'EFFET DES TRAITEMENTS

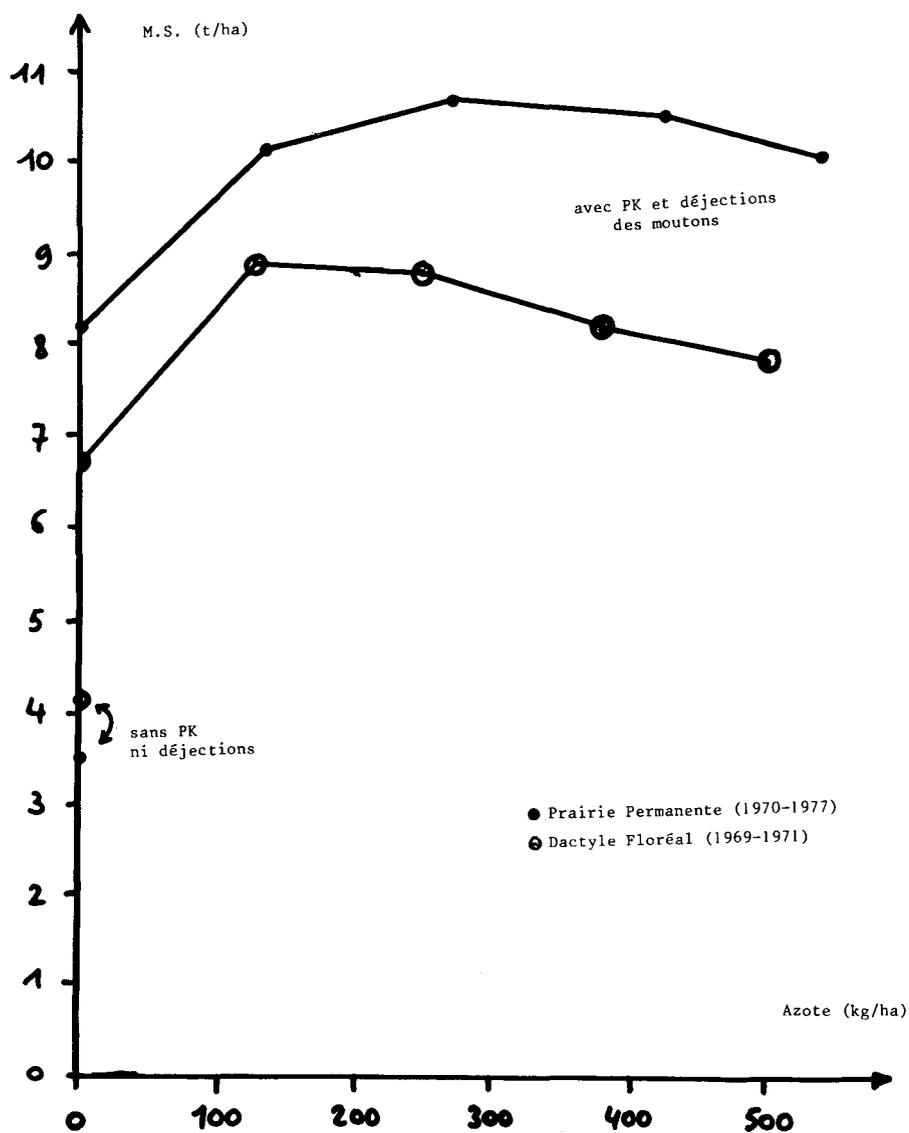
Les valeurs soulignées subissent des variations systématiques selon les traitements appliqués. En fin de troisième année (1971), le pH et les cations échangeables sont nettement différenciés selon le niveau des apports azotés. L'effet acidifiant des fortes doses d'ammonitrate est mis en évidence.

En fin d'essai (1978), la différenciation du pH et des cations échangeables est encore accentuée à l'exception du potassium ; le taux de carbone, le taux d'azote et le rapport C/N sont affectés : l'acidification liée aux forts apports accroît le C/N et augmente le taux de carbone plus que le taux d'azote.

Le pré de fauche attenant reçoit environ 80 - 80 - 80 kg/an de NPK. La récolte exporte beaucoup de matière organique de sorte que C, N et C/N sont bas. Les exportations d'éléments entraînent aussi un faible pH et un modeste niveau en Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺

Date de prélèvements	15 Septembre 1971				25 Octobre 1978					sur le pré de fauche attenant			
	Fin de la troisième année				Sur l'essai, après 1 an de traitement homogène (arrière-effet)								
Dose N par coupe	0	50	100		25	25	50	75	100		50 à 80		
Dose K ₂ O en kg/ha	0	80	80		80	240	80	80	240		80		
Horizon en cm	0-3	0-3	0-3	moy.	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	5-15	15-30	
C p. mille	152	136	146	145	<u>127</u>	<u>127</u>	<u>134</u>	<u>139</u>	<u>143</u>	122	92	65	
N p. mille	13.3	12.4	12.9	12.9	14.4	14.0	15.0	15.1	14.8	13.3	9.0	7.0	
C / N	11.8	11.1	11.5	11.2	<u>8.8</u>	<u>9.1</u>	<u>8.9</u>	<u>9.2</u>	<u>9.7</u>	9.2	8.9	8.9	
pH	<u>6.1</u>	<u>5.7</u>	<u>5.2</u>		<u>5.8</u>	<u>5.5</u>	<u>5.4</u>	<u>4.9</u>	<u>4.9</u>	5.2	5.3	5.2	
Ce C meq %	40.1				40.5					36.2	28.8	21.3	
Ca meq p. cent	<u>24.8</u>	<u>17.4</u>	<u>9.4</u>		17.9	<u>13.3</u>	<u>13.1</u>	<u>6.0</u>	<u>5.1</u>	9.7	3.2	1.1	
Mg "	<u>3.66</u>	<u>1.32</u>	<u>0.77</u>		1.24	<u>0.83</u>	<u>0.52</u>	<u>0.4</u>		0.80	0.19	0.11	
K "	<u>0.90</u>	<u>0.45</u>	<u>0.53</u>		0.686	0.541	0.522	0.649	0.590	0.546	0.195	0.094	
Na "	0.27	0.25	0.21		0.244	<u>0.153</u>	0.257	0.225	<u>0.115</u>	0.134	0.076	0.050	
P ₂ O ₅ p. mille	0.93	0.63	0.67			0.91		0.90	0.95				

FIGURE 2
 PRODUCTION ANNUELLE MOYENNE DE MATIÈRE SÈCHE EN
 FONCTION DE LA DOSE D'AZOTE ET DES RESTITUTIONS SUR
 PRAIRIE PERMANENTE ET DACTYLE FLORÉAL



*Fertilisation minérale
 en montagne volcanique
 des prairies pâturées*

Note : la production moyenne de la dose N0 est calculée par comparaison avec la production obtenue avec N25 entre 1969 et 1973.

traitement homogène (N25 par passage) : le classement des rendements y est inverse de celui des doses d'azote apportées les années précédentes.

Au cours de la période 1969-1973, le traitement sans fumure azotée (T1) a marqué les mêmes variations annuelles que les traitements avec fumure, mais avec une moindre amplitude.

Sur les parcelles fauchées sans restitutions, le rendement chute rapidement au-dessous de 3 t/ha de M.S. Une fumure minérale (0-36-120 kg/ha de N - P₂O₅ - K₂O, 126 kg/ha de CaO, 18 kg/ha de Mg) appliquée en 1977 n'a permis d'obtenir qu'un faible relèvement de l'ordre de 1 t/ha de M.S.

La figure 2 donne la production moyenne en fonction des doses d'azote. On n'observe une excellente réponse qu'à l'apport de 25 kg d'azote par passage (14 kg de M.S. par kg d'azote, pour un total de 144 kg d'azote par an en moyenne). Au-delà, la réponse est médiocre ou nulle (tableau II).

Toutefois, la meilleure productivité de l'azote est obtenue avec la dose N50 sur la première pousse ; les repousses ultérieures ne réagissent pas au-delà de la dose N25.

c) Action de la fertilisation azotée sur la production de Matières Azotées Totales

Les teneurs en M.A.T. (pondérées en tenant compte des teneurs et des productions par coupe sur la période 1969-1978) augmentent d'une façon presque linéaire avec les doses d'azote, de 20 à 25 % lorsque la dose appliquée augmente de 0 à 550 kg, soit environ 1 point par 100 kg d'azote apporté (M.A.T. % = 19,9 + 0,009 kg N, r = 0,99). Sans restitutions, les teneurs sont beaucoup plus faibles, inférieures à 17 %.

Il en résulte une production de M.A.T. croissante jusqu'à environ 400 kg/ha de N (figure 3).

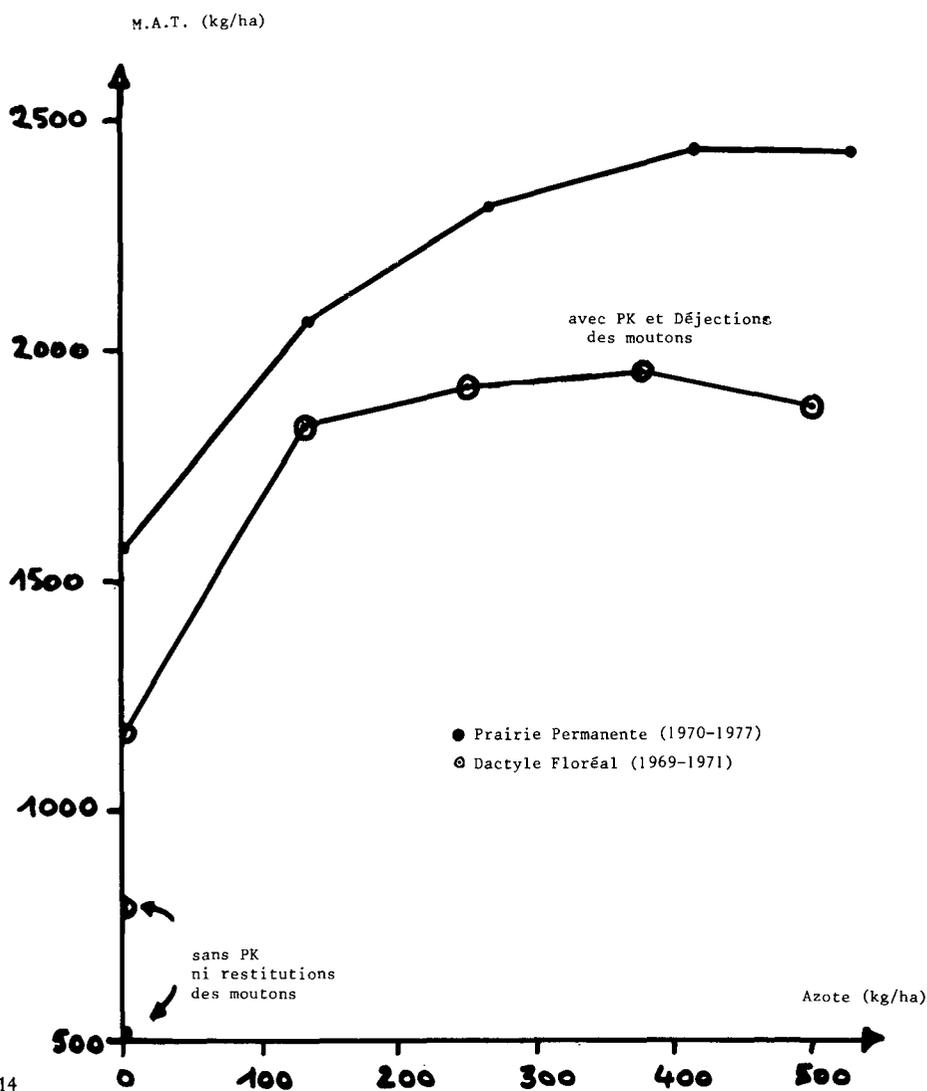
TABLEAU II
PRODUCTION CALCULÉE DE MATIÈRE SÈCHE
PAR KG D'AZOTE SELON LE NIVEAU DE FERTILISATION
(PRAIRIE PERMANENTE)

Ce tableau donne les gains de récolte que permet l'apport d'1 kg d'azote. La réponse à l'engrais azoté varie beaucoup avec l'activité saisonnière de la croissance de l'herbe et selon le niveau des apports azotés. On a donc distingué la première coupe et l'ensemble des coupes suivantes ainsi que les intervalles entre deux niveaux d'apports : entre 0 et 25, entre 25 et 50, entre 50 et 75 et entre 75 et 100 kg d'azote par coupe.

INTERVALLE DES DOSES D'AZOTE PAR COUPE	1970 - 1973		
	1ère exploitation (kg de M.S./kg de N)	Somme des Exploitations suivantes (kg de M.S./kg de N)	Sur l'Année (kg de M.S./kg de N)
0 à 25	$T_1 \xrightarrow{+25} T_2 : 6.8$	$T_1 \xrightarrow{+119} T_2 : 15.7$	$T_1 \xrightarrow{+144} T_2 : 14.1$
25 à 50	$T_2 \xrightarrow{+25} T_3 : 11.2$	$T_2 \xrightarrow{+119} T_3 : 0.2$	$T_2 \xrightarrow{+144} T_3 : 2.3$
50 à 75	$T_3 \xrightarrow{+25} T_5 : 0$	$T_3 \xrightarrow{+119} T_5 : 0.2$	$T_3 \xrightarrow{+144} T_5 : 0.3$
75 à 100	$T_5 \xrightarrow{+25} T_7 : -2.0$	$T_5 \xrightarrow{+119} T_7 : -2.8$	$T_5 \xrightarrow{+144} T_7 : -5.6$

INTERVALLE DES DOSES D'AZOTE PAR COUPE	1970 - 1977 (kg de M.S./kg de N)
25 à 50	$T_2 \xrightarrow{+135} T_3 : 4.0$
50 à 75	$T_3 \xrightarrow{+151} T_5 : -1.0$
75 à 100	$T_5 \xrightarrow{+118} T_7 : -5.4$

FIGURE 3
PRODUCTION MOYENNE DE MATIÈRES AZOTÉES TOTALES
PAR AN EN FONCTION DES APPORTS D'AZOTE ET DES
RESTITUTIONS SUR PRAIRIE PERMANENTE
ET DACTYLE FLORÉAL



minéral, on a constaté que la M.A.T. produite à l'hectare est en étroite relation avec la production de M.S. et la dose d'azote :

$$\text{M.A.T.} = 0,2 \text{ M.S.} + 0,91 \text{ N.A.P.} \quad r^2 = 0,944 \quad n = 175$$

avec :

M.A.T. : la production de Matières Azotées Totales en kg par ha ;

M.S. : la production correspondante de Matière Sèche en kg/ha mesurée avant chaque passage ;

N.A.P. : l'azote minéral apporté par passage en kg/ha.

Si l'on étudie les teneurs en azote aux différentes coupes, on peut, malgré une forte variation entre années, dégager deux caractéristiques intéressantes :

— Les teneurs les plus élevées apparaissent en moyenne sur la première exploitation ainsi que sur les exploitations d'automne. Les teneurs sont plus faibles sur les exploitations d'été (figure 4).

— Les teneurs observées différentes années pour une exploitation de rang donné avec une fertilisation donnée sont généralement en corrélation inverse avec la production de M.S., elle-même déterminée par les facteurs climatiques. Ceci n'est pas vrai en cas de déficit pluviométrique marqué (1976 et 1978) entraînant à la fois une faible production de M.S. et une faible teneur en M.A.T. Cet « effet de dilution » semble assez constant pour une exploitation donnée, quelle que soit la fertilisation azotée. Toutefois, les corrélations sont plus fortes aux doses faibles (tableau III).

d) Variations des exportations d'azote en fonction de la dose apportée

En l'absence de toute restitution, c'est-à-dire sur les parcelles conduites en fauche sans aucune fertilisation, les exportations d'azote baissent progressivement : de 150 kg/ha par an la première année, elles se stabilisent vers 50-60 kg à partir de la cinquième année.

En pâturage rationné, avec restitutions, les parcelles sans apports azotés exportent 262 kg/ha de N, soit un supplément d'exportation lié aux

FIGURE 4
 ESSAI PRAIRIE PERMANENTE : VARIATIONS DES TENEURS
 MOYENNES EN MATIÈRES AZOTÉES TOTALES AU COURS
 DE LA SAISON DE POUSSE (1970-1977)

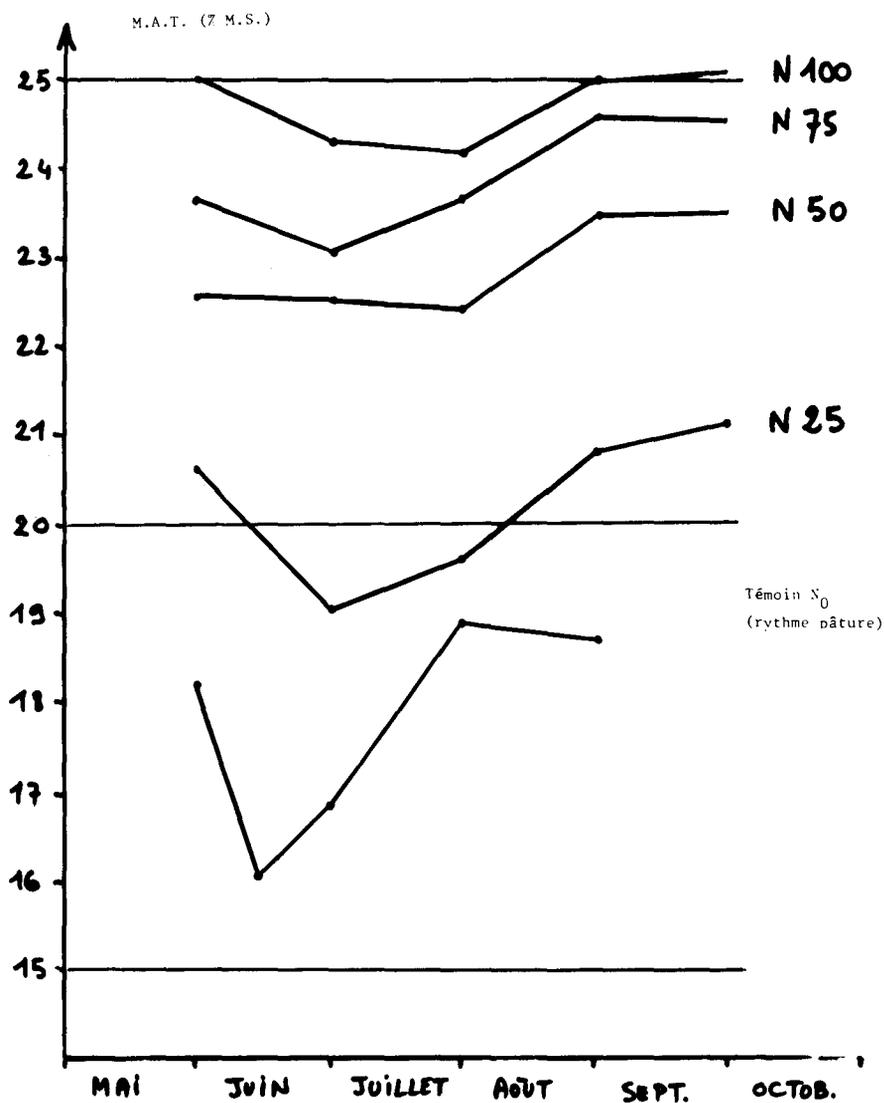


TABLEAU III
RELATION ENTRE LA TENEUR EN MATIÈRES AZOTÉES
TOTALES ET LA MATIÈRE SÈCHE SELON LE RANG
DE L'EXPLOITATION (PRAIRIE PERMANENTE)

<u>1ère EXPLOITATION</u>		r
T ₂	% M.A.T. = 28.86 - 2.84 M.S.	- 0.87 *
T ₃	% M.A.T. = 30.68 - 2.81 M.S.	- 0.93 ***
T ₅	% M.A.T. = 30.62 - 2.24 M.S.	- 0.91 ***
T ₇	% M.A.T. = 32.30 - 2.32 M.S.	- 0.92 ***
<u>2e EXPLOITATION</u>		
T ₂	% M.A.T. = 24.54 - 2.00 M.S.	- 0.73 *
T ₃	% M.A.T. = 26.84 - 2.00 M.S.	- 0.85 *
T ₅		N.S.
T ₇		N.S.
<u>3e EXPLOITATION</u>		
T ₂	% M.A.T. = 29.84 - 4.23 M.S.	- 0.94 ***
T ₃	% M.A.T. = 37.45 - 6.34 M.S.	- 0.95 ***
T ₅		N.S.
T ₇		N.S.
<u>4e EXPLOITATION</u>		
T ₂	% M.A.T. = 29.84 - 3.86 M.S.	- 0.80 *
T ₃	% M.A.T. = 30.89 - 3.56 M.S.	- 0.92 ***
T ₅	% M.A.T. = 34.41 - 4.37 M.S.	- 0.99 ***
T ₇	% M.A.T. = 31.71 - 3.18 M.S.	- 0.93 ***

restitutions d'environ 200 kg d'azote par rapport au cas précédent, avec sans doute aussi une meilleure nitrification de l'azote du sol et une plus grande activité du trèfle blanc.

Les apports d'engrais entraînent une variation de l'azote exporté dans l'herbe qui, si l'on considère que les autres sources restent égales, représenterait un taux d'utilisation de l'azote de l'engrais rapidement décroissant lorsque les doses augmentent.

<i>Traitements</i> (passage de)	<i>Doses</i> (passage de)	<i>Exportation</i> <i>supplémentaire</i> <i>annuelle</i> (kg/ha)	<i>Apport</i> <i>supplémentaire</i> <i>annuel</i> (kg/ha)	$\frac{\text{Exportation}}{\text{Apport}}$ (%)
T1 à T2	N0 à N25	78	134	58.2
T2 à T3	N25 à N50	47	134	35.1
T3 à T5	N50 à N75	13	152	8.6
T5 à T7	N75 à N100	- 4	118	0

Ainsi, avec ces fortes restitutions liées au pâturage, un supplément d'azote apporté au-delà de la dose de 50 kg par cycle est très mal valorisé.

Notons enfin que les fortes doses d'azote, N75 et N100 par passage, ne semblent pas entraîner de risques importants d'enrichissement du fourrage en nitrates, du moins dans ces conditions de pluviométrie abondante et bien répartie.

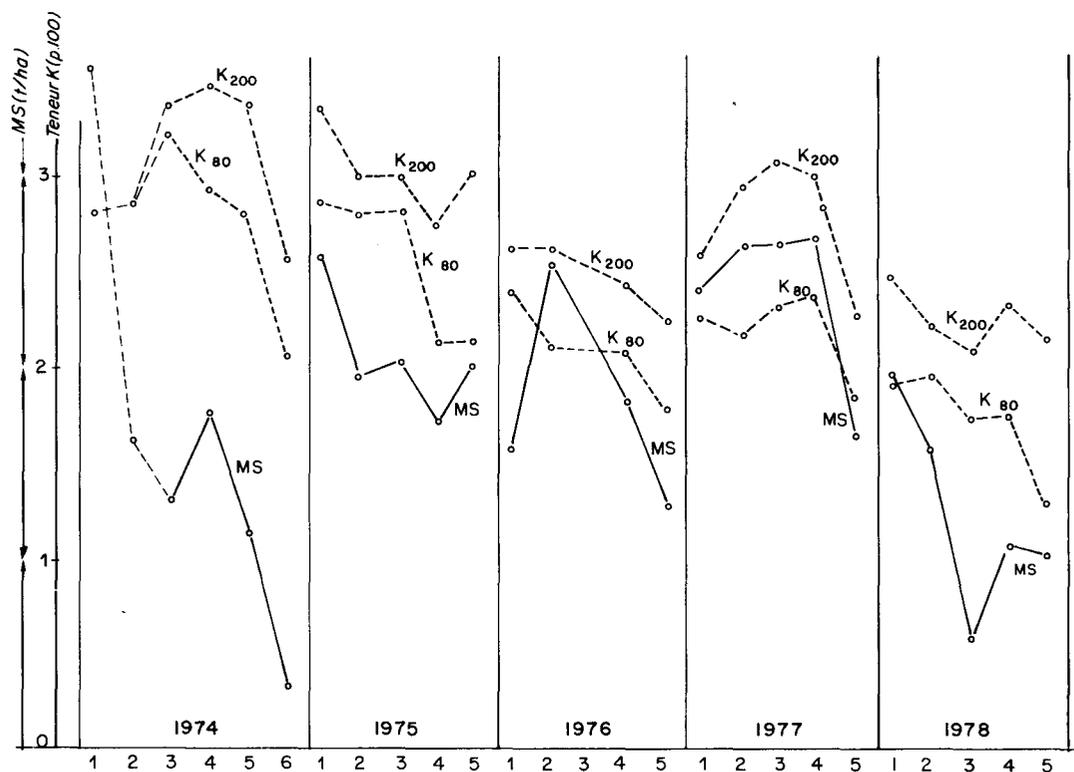
Les analyses faites sur les coupes des années 1971 et 1972 montrent des maxima de *teneurs en azote nitrique* de 0,23 % de la M.S. au 14/05/1971 et de 0,20 le 01/07/1972 pour les traitements N100 à chaque pousse.

e) Action de la potasse

Les sols volcaniques de Laqueuille sont très pauvres en potasse en dessous de l'horizon superficiel. Pour étudier une éventuelle action des doses élevées en potasse, l'essai prairie permanente a été modifié en 1973, par regroupement des traitements différant seulement par l'azote appliqué en fin d'hiver (parcelles choisies par tirage au sort) pour affectation à deux

*Fertilisation minérale
en montagne volcanique*

FIGURE 5
ESSAI PRAIRIE PERMANENTE : PRODUCTION DE MATIÈRE
SÈCHE ET TENEURS MOYENNES EN POTASSIUM
AUX DIFFÉRENTES COUPES



traitements potassiques : dose K80, 80 kg/ha de K_2O avant la pousse de printemps et dose K200, même application puis 80 kg/ha en août (1974, 1976) ou 2 fois 80 kg/ha après les 2^e et 3^e exploitations (1975, 1977).

Pour la production de M.S., les doses K80 et K200 ont donné des résultats identiques, ceci quelles que soient les doses d'azote. Aucun arrière-effet n'a été constaté en 1978, année de traitement homogène (N25). Les rendements en M.A.T. ne sont pas affectés non plus.

A la dose K200, les teneurs en potassium de la M.S. se trouvent comprises entre 2,5 et 3 %. Elles sont plus basses à la dose K80 et comprises entre 1,5 et 2,2 % (figure 5). Dans les deux cas, les chiffres les plus élevés correspondent à la dose N25 et les chiffres les plus faibles à la dose N100 par passage.

Sur les parcelles recevant N25 par passage, les exportations annuelles sont en moyenne les suivantes (période 1974-1977) : en K80, 287 kg/ha de K₂O pour un apport par les engrais de 80 kg/ha ; en K200, 336 kg/ha de K₂O pour un apport par les engrais de 200 kg/ha.

Pour éviter le prélèvement sur les réserves du sol, il faudrait un recyclage utile par les déjections des moutons de 207 kg/ha pour les parcelles K80, soit 72 % des prélèvements de la prairie, et de 136 kg/ha pour K200, soit 40 % des prélèvements.

Or on constate une stabilisation des teneurs vers 2,4 % en K200 et une baisse continue en K80 : la seconde hypothèse, à savoir celle du recyclage effectif à 40 %, paraît tout à fait plausible et montre, en négatif, l'effet du détournement partiel des restitutions vers le lieu où couchent les animaux durant la nuit.

Mais l'appauvrissement progressif des parcelles K80 n'est pas suffisant pour entraîner une baisse de production au cours des 4 années de mesure.

f) Evolution de la végétation de l'essai

— Evolution dans la période 1969-1973 (7 traitements azotés)

Durant cette période, des relevés botaniques ont été effectués chaque année. Pour l'interprétation statistique, les espèces ont été regroupées en un petit nombre de *groupes*.

On a exprimé l'évolution de chacun de ces groupes en fonction des traitements appliqués par la méthode des régressions linéaires multiples progressives avec test de F sur les augmentations progressives de la variante expliquée r^2 .

* Groupe des graminées faiblement et moyennement productives

$$\begin{aligned} Gmp &= 41,5 + 0,00617 \text{ N.CUM.} - 0,0998 \text{ N.A.P.} + 0,00128 \text{ N.A.P.}^2 \\ &\quad + 0,166 \text{ K.A.P.} - 0,114 \text{ D.H.} \\ r^2 &= 0,639 \qquad n = 42 \end{aligned}$$

avec :

Gmp : la somme des contributions exprimées en pour cent de la fétuque rouge, de l'agrostis vulgaire ainsi que des espèces suivantes, peu abondantes : avoine pubescente, trisettes, flouve, crénelle et houlque molle ;

N.CUM. : cumul des apports d'azote depuis le début de 1969 en kg/ha ;

N.A.P. : la dose d'azote appliquée *par coupe* en kg/ha ;

K.A.P. : la dose de potasse appliquée *par an* en kg/ha ; cette variable distingue l'année 1982 : épandage de 300 kg/ha de K₂O au lieu de 120 les autres années ;

D.H. : le déficit hydrique relatif en %.

La contribution de ce groupe passe par un minimum théorique pour N.A.P. = 39 kg/ha/coupe.

L'augmentation avec le cumul des apports azotés est surtout le fait de la fétuque rouge et correspond à une acidification du sol aux fortes doses azotées.

La sensibilité de ces espèces au déficit hydrique semble correspondre à un enracinement peu profond.

L'apport de potasse exceptionnel de 1972 (300 kg/ha de K₂O) paraît favorable à ce groupe ; mais on ne peut en tirer de conclusion ferme car on ne peut pas séparer cet effet d'un éventuel effet du climat de l'année.

* Groupe des graminées productives

$$Gp = 19,4 + 0,00906 \text{ N.CUM.} + 0,256 \text{ N.A.P.} - 0,00312 \text{ N.A.P.}^2$$

$$r^2 = 0,755$$

$$n = 42$$

Ces graminées productives sont principalement le dactyle et le pâturin commun, secondairement la fléole, le pâturin des prés et le fromental.

La contribution de ce groupe passe par un maximum pour N.A.P. = 41 kg/ha/coupe.

Le cumul des apports azotés est globalement favorable à ce groupe mais surtout au pâturin des prés et à la fléole.

On ne relève pas d'effet du déficit hydrique : l'enracinement est plus puissant que celui du groupe précédent.

La variable K.A.P. (effet 1972) n'influe pas non plus.

* Groupe des légumineuses

Ce groupe est surtout constitué par le trèfle blanc dont la contribution spécifique de présence diminue avec la dose d'azote, d'abord rapidement jusqu'à 50 kg par coupe, puis se stabilise vers 5 % au-delà de 75 kg.

$$\text{Leg} = 13,5 - 0,172 \text{ N.A.P.} + 0,00084 \text{ N.A.P.}^2$$

$$r^2 = 0,643 \quad n = 42$$

Le minimum de cette fonction correspond à la dose maximale d'azote utilisée dans l'essai, soit 100 kg par coupe.

On ne relève pas d'effet de la dose exceptionnelle de potassium apportée en 1972.

* Groupe des plantes diverses de forte taille

Ce groupe comprend principalement la knautie des champs et le géranium sylvatique, bien représenté dans la prairie de fauche où fut établi cet essai à l'origine.

$$\text{DIV.f.t.} = 2,92 - 0,00285 \text{ N.CUM.} + 0,0459 \text{ N.A.P.} - 0,006 \text{ K.A.P.} - 0,062 \text{ A.}$$

$$r^2 = 0,663 \quad n = 42$$

avec :

- DIV.f.t. : la contribution spécifique pour cent ;
N.CUM. : le cumul des apports d'azote depuis le début 1969 en kg/ha ;
N.A.P. : la dose d'azote par coupe en kg par ha ;
K.A.P. : la dose de potasse par an en kg par ha ;
A. : le nombre d'années écoulé depuis le début de l'essai.

Le premier facteur défavorable est la dose d'azote exprimée par le total cumulé des apports depuis le début de l'essai ; ceci est à relier à la baisse de pH observée lorsque ce total augmente. Par ailleurs, bien que ce facteur ne soit pas complètement dissociable de l'effet cumulé du pâturage (âge de l'essai), il reste un effet significatif de ce deuxième facteur.

Lorsqu'on a exprimé ces effets de cumul, l'influence favorable de la dose d'azote apportée par coupe apparaît : en résumé, à court terme la fertilisation azotée stimule ces plantes mais à long terme la compétition s'établit en faveur des graminées Gmp. La potasse est défavorable aux diverses graminées de forte taille ; ceci reflète son action favorable sur la catégorie concurrente Gmp.

* Groupe des plantes diverses de taille moyenne ou faible

Ce groupe est principalement constitué par le pissenlit. Les autres espèces sont l'alchémille vulgaire, la renoncule âcre, la véronique (*V. chamaedrys L.*), le plantain lancéolé, le saxifrage granuleux, la pensée tricolore.

Le seul facteur significativement actif sur ce groupe est la dose cumulée d'azote depuis le début de l'essai :

$$\text{DIV.m.f.} = 17,8 - 0,00842 \text{ N.CUM.}$$

$$r^2 = 0,790 \quad n = 42$$

On arrive ainsi en quelques années, sous les plus fortes doses (N75 et N100), à une extrême simplification de la flore au profit principalement de la fétuque rouge.

— *Evolution durant la période de 1974-1978 (traitements azote et potasse)*

Nous disposons d'un relevé de la couverture du sol le 4 mai 1977 et d'un relevé botanique final en octobre 1977 qui permettent de faire un bilan de l'influence des traitements qui diffèrent par deux facteurs : la dose d'azote de N25 et N100 par passage et la dose de potasse K80 ou K200.

α) La couverture du sol

L'effet néfaste des forts apports d'azote sur le maintien de la prairie a été mesuré par le pourcentage de surface dégarnie d'herbe, estimé le 4 mai 1977 à :

0 % dans les parcelles N25
traces dans les parcelles N50
8 % dans les parcelles N75
17 % dans les parcelles N100

Nous n'avons pas trouvé d'influence due à la dose de potasse.

β) Evolution de la flore

* Groupe des graminées faiblement et moyennement productives

La féтуque rouge répond seulement à la dose d'azote : sa contribution de présence augmente de 25 à 49 % lorsque la dose passe de N25 à N100.

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

* Groupe des graminées productives

24 La contribution du dactyle présente un maximum vers N.A.P. = 50 lorsque K.A.P. = 80 et vers N.A.P. = 65 lorsque K.A.P. = 200.

*Fertilisation minérale
en montagne volcanique*

La contribution maximale du pâturin des prés s'observe pour N.A.P. = 75 et K.A.P. = 80 ; celle du pâturin commun pour N.A.P. = 25 et K.A.P. = 200.

Bien qu'elle interfère sur la réponse du dactyle à l'azote, la dose de potasse a globalement peu d'influence sur ce groupe d'espèces.

* Groupe des légumineuses

Au mois d'octobre 1977, le trèfle blanc est peu abondant. Il n'est pas influencé par la dose de potasse. Sa contribution est de 7 % avec N25, 4 % avec N50 ; au-delà de ces doses, il disparaît.

* Groupe des plantes diverses

Parmi les plantes diverses, seules *Veronica chamaedrys* et le pissenlit ont quelque importance avec la dose faible N25 : 4 et 6 % respectivement ; ils disparaissent pratiquement aux doses supérieures.

Les plantes diverses de forte taille n'ont pas résisté au pâturage par les moutons.

* En conclusion

L'ensemble de la flore manifeste un effet puissant de la dose d'azote. La dose N100 est défavorable aux graminées productives au bénéfice du groupe des graminées faiblement ou moyennement productives et provoque une dénudation partielle du sol. Avec les fortes restitutions liées au régime de pâturage, le trèfle blanc se développe correctement en l'absence d'azote et présente encore une certaine abondance avec N25 ; il ne joue plus qu'un rôle insignifiant aux doses plus élevées. Les plantes classées comme diverses ont tendance à disparaître sous la dent du mouton, d'autant plus vite que la dose d'azote est plus élevée.

On n'a noté qu'une action très mineure de la dose de potasse ; en pâturage rationné, la dose K200 n'a pas changé les conditions de la compétition par rapport à la dose K80 : la végétation ne réagit pas à la différence des doses de potasse compte tenu des restitutions importantes.

γ) Evolution du sol

L'effet d'homogénéisation par le pâturage de l'ensemble de l'essai en un seul tenant est manifeste et est confirmé par l'analyse de sol (tableau I). Les ovins répartissent partout leurs restitutions et homogénéisent le sol

Toutefois, on observe en fin 1971 que les parcelles sans azote exportant moins ont, de ce fait, un sol nettement plus riche en potasse que les parcelles recevant N50 ou N100.

L'évolution du sol sous l'influence des apports azotés est fortement marquée par l'effet cumulatif des doses (tableau I).

Le phénomène qui se manifeste en premier est la baisse du pH sous l'influence des fortes doses d'azote ; ce phénomène se poursuit et s'accroît nettement dans les années suivantes et se traduit surtout par le lessivage du calcium et du magnésium avec les nitrates excédentaires. Le taux de potassium s'homogénéise très nettement, sans égard à la dose apportée : l'effet de restitution homogène par le pâturage en un seul parc, sans distinction de traitement, est très dominant. Le seul effet visible des apports de potasse supérieures est de diminuer le taux de sodium.

L'action, apparente dans le tableau, du pâturage rationné intensif de 1971 à 1978 sur le taux de matière organique n'est pas réelle car les conditions de prélèvement des échantillons ne sont pas tout à fait comparables aux deux dates. Par contre, les teneurs en carbone relevées en 1978 sont dépendantes linéairement de la dose d'azote (N.A.P.) apportée précédemment :

$$C = 122 + 0,218 \text{ N.A.P.} \quad r = 0,993 \quad n = 5$$

Un fort excédent de fumure azotée et l'acidification du sol qui en résulte paraissent ainsi favorables à une humidification accrue.

Les sols sont aussi enrichis en azote mais assez uniformément compte tenu de la restitution homogène des urines et des fèces sur l'ensemble de l'essai au cours de la pâture, ce qui est confirmé par les taux de potassium : les excédents d'azote de la fumure minérale joueraient ainsi un moindre rôle dans cet enrichissement que les restitutions organiques du bétail. On note toutefois des teneurs en azote plus élevées sous les doses N50, N75 et

N100 sans distinction de dose ; l'excédent est très probablement lessivé comme l'indiquent les faibles valeurs du pH avec N75 et N100.

Ainsi l'évolution du sol apporte quelques indications sur le devenir des excédents et des restitutions d'azote apportés.

2) Pâturage rationné sur prairie temporaire de dactyle Floréal : comparaison avec la prairie permanente

L'essai de dactyle, variété Floréal, installé en 1968, a reçu les mêmes 7 traitements différenciés que la prairie permanente de l'essai précédemment cité, immédiatement voisine, et a été pâturé par des moutons au même rythme en 1969, 1970 et 1971. En 1972, le dactyle Floréal commençant à se dégarnir, on appliqua une fumure uniforme (N25 par passage), de façon à mesurer d'éventuels arrière-effets.

a) Production de Matière Sèche

L'allure des courbes de production de Matière Sèche (figure 2) est analogue à celle obtenue sur prairie permanente, mais les rendements sont plus bas et le maximum, inférieur à 9 t, est atteint dès la première dose de fumure azotée (N25).

Les traitements sans fertilisation azotée ou à fertilisation faible se comportent d'une façon assez voisine pour la prairie permanente et le dactyle : ils ont une production assez stable durant la période 1969-1971.

Par contre, les parcelles de dactyle recevant la dose N100 subissent une très forte baisse de rendement : 11 t en 1969, 7,9 t en 1970 et 4,5 t en 1971 c'est-à-dire un niveau bien inférieur à celui de la prairie permanente dans le même temps.

En l'absence de restitutions et de toute fumure, les parcelles de dactyle fauchées, homologues du témoin en prairie permanente, produisent moins que ce dernier :

— au rythme « pâture » : 4,2 t/ha contre 5,0 t/ha en prairie permanente ;

— au rythme « fauche » : 5,8 t/ha contre 6,7 t/ha en prairie permanente (période 1970-1971).

Du point de vue de la répartition de la production au cours de la saison, le dactyle Floréal a eu en 1969 une production d'été nettement supérieure à celle de la prairie permanente après une production de printemps plus faible, assurant ainsi une complémentarité possible entre les deux types de production. Mais les deux années suivantes, cet avantage a été atténué.

Le passage de N0 à N25 entraîne une augmentation de rendement correspondant à 17,8 kg de M.S. par kg d'azote, supérieure à celle constatée pour la prairie permanente pendant la même durée (1969-1971) qui est seulement de 11,9 kg. Ceci est dû au bas niveau de production du dactyle sans apport azoté et à la présence de trèfle blanc dans la prairie permanente.

b) Production de Matières Azotées Totales - Utilisation de l'azote apporté

Les teneurs en Matières Azotées Totales (M.A.T.) sont très proches de celles observées sur la prairie permanente en fonction des doses d'azote apportées :

$$\text{M.A.T. \%} = 19,4 + 0,010 \text{ N (kg/ha)} \quad r = 0,988$$

Mais la production de M.A.T. (figure 3) n'augmente que très peu au-delà de la première dose d'azote du fait de la baisse régulière du rendement en M.S.

Pour une exploitation de rang donné, un effet de dilution de la M.A.T. en fonction de la production de M.S. apparaît comme pour la prairie permanente. Il semble même plus accusé.

Enfin, le taux apparent d'utilisation de l'azote apporté (différence entre l'exportation d'azote du traitement N25 et l'exportation du traitement sans azote N0, rapportée à l'azote fourni) apparaît équivalent à celui

*Fertilisation minérale
en montagne volcanique*

de la prairie permanente ou légèrement supérieur aux doses faibles : 67,8 % pour un apport de 125 kg d'azote par an (N25 par passage).

Les résultats de l'année d'homogénéisation 1972 confirment l'influence néfaste des doses élevées d'azote sur la pérennité : l'arrière-effet du traitement avec N25 vient en tête, la production y est significativement supérieure aux autres traitements, avec une production de 119 % de ceux-ci.

CONCLUSION

Ces essais sur prairie permanente et sur dactyle Floréal pâturés intensivement par des moutons au rythme de 4 à 6 passages par an, en climat de montagne, montrent qu'une fumure azotée d'un niveau relativement limité, de l'ordre de 25 à 30 kg par passage, amène une augmentation de production de l'ordre de 25 à 33 % par rapport à un témoin qui ne reçoit que la fertilisation phosphopotassique.

Le niveau de production obtenu, 9 t/ha de M.S. pour le dactyle, plus de 10 t pour la prairie permanente, est tout proche du maximum possible sous ce climat.

Des doses supérieures sont peu efficaces, puis dépressives à la fois sur le rendement et la pérennité de la prairie ; le dactyle Floréal manifeste une baisse de rendement dès la dose N50 par passage, la prairie permanente à partir de la dose N75.

L'effet des restitutions des animaux au pâturage, la dégradation de la végétation et l'acidification du sol sous de fortes doses d'azote expliquent qu'on atteigne le plafond de production avec seulement 25 à 50 kg d'azote à chaque passage à raison de 5 passages par an. Les restitutions d'azote effectivement utilisées par la végétation sont estimées de 150 à 200 kg/ha de N.

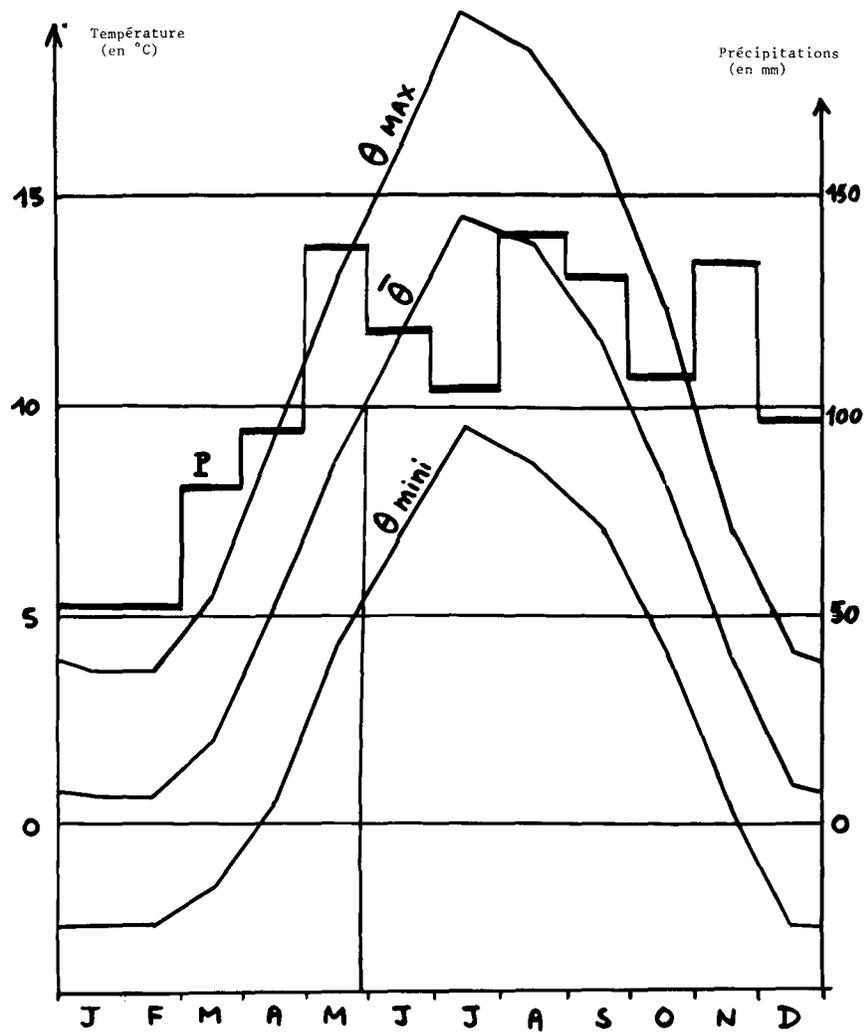
Une fumure potassique de 80 kg/ha de K₂O par an ne suffit pas à maintenir le niveau des teneurs en potassium, bien que les restitutions de potasse effectivement utilisées par la végétation soient estimées à environ 140 kg/ha. Une fumure de 200 kg/ha stabilise les teneurs vers 2,4 % mais

n'entraîne pas de supplément de rendement, même après 4 ans de traitements différenciés.

La prairie de dactyle Floréal fournit une production plus faible que celle de la prairie permanente avec une supériorité de production d'été certaines années seulement et une pérennité faible (4 ans). Il ne faudrait pas en tirer une conclusion générale relative à l'espèce : une prairie de dactyle Prairial installée à Laqueuille en 1967 était toujours en excellent état de production en 1980. La complémentarité du dactyle et de la prairie permanente a été en particulier montrée dans des essais réalisés à Marcenat (Cantal) dans un climat plus sec : ainsi, un dactyle Lucifer a fourni en été et en automne (du 30/7 au 10/10) de 25 à 60 % de plus que la prairie permanente (1974-1975), d'où la possibilité d'une charge supérieure de bétail (Marcenat 1976). Dans cette optique de complémentarité, le choix de la variété est de la première importance.

par F.X. de MONTARD,
Station d'Agronomie,
I.N.R.A., Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) ;
R. ARNAUD et M. NIQUEUX,
Station d'Amélioration des Plantes,
I.N.R.A., Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

ANNEXE 1
 MOYENNES CLIMATIQUES MENSUELLES (1957-1978)



ANNEXE 2
ANALYSE DU SOL AVANT L'INSTALLATION DES ESSAIS (1966)

	0 - 10 cm	.10 - 30 cm
Cailloux - Gravier p. 100 terre brute	0	50
Granulométrie p. 100 terre fine		
Argile	150	129
Limon	302	334
Sables 20- 50	73.5	87
50- 100	34	38
100- 200	51	54.5
500-1000	40	76
1000-2 mm	10	65
Mat. Organique p. 1000	228	136
pH eau	5.35	5.4
N. p. 1000	12.18	7.63
C. p. 1000	137.2	80.0
C / N	11.3	10.4
K ₂ O p. 1000	0.22	0.06
P ₂ O ₅ citrique p. 1000	0.39	0.33
Capacité d'échange (meq %)	36.8	34.7
Taux de saturation	16	11

ANNEXE 3
COMPOSITION BOTANIQUE
(contributions spécifiques de présence en %)

ORIGINE : JUIN 1969 TRAITEMENTS	MOYENNE DE L'ESSAI	JUILLET } Fin du 1er essai 1973 } (ESSAI N) (Traitement) 0 1 2 4 7 (Dose N =) 0 0 25 50 100							OCTOBRE } FIN du 2ème essai 1977 } ([1] (ESSAI N x K)) (Dose N =) 0 1' 2' 3' 4' 5' 6' 7' (Dose N =) 0 25a 25b 50a 50b 75a 75b 100b)										
GRAMINEES																			
DACTYLE	3			3	5	10	11	10			1	14	16	22	24	9	26	15	D. GLOMERATA L.
FLEOLE	+			3	2	1	9	3			-	-	-	-	-	-	-	PHLEUM PRATENSE L.	
FROMENTAL	6			-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	ARRENATHERUM ELATIUS (L.) Hort et K.	
PATURIN DES PRES	-			4	10	13	19	20			2	8	10	2	12	-	4	2	POA PRATENSIS L.
PATURIN COMMUN	6			-	1	3	4	1			0	4	7	3	3	-	2	0	POA TRIVIALIS L.
AVOINE JALMATRE	10			3	10	10	10	2			2	8	10	2	12	-	4	2	TRisetum FLAVESCENS(L.) Ry.
AVOINE PUBESCENTE	5			2	7	8	7	3			1	12	6	3	5	-	-	-	AVENA PUBESCENS Hud.
AGROSTIDE VILGATRE	8			10	12	7	3	10			14	9	11	18	7	18	6	20	AGROSTIS VILGARIS With.
FETUQUE ROUGE	10			18	20	25	27	40			15	26	25	38	40	55	48	50	FESTUCA RUBRA L.
HOUQUET MOLE	-			-	-	-	-	-			-	-	-	2	-	-	6	-	HOLCUS MOLIS L.
FLOUVE	4			7	1	2	4	3			4	1	6	0	2	5	2	4	ANTHOXANTUM ODORATUM L.
CRETELLE	1			1	1	1	1	-			1	2	1	-	2	-	-	-	CYMOSURUS CRISTATUS L.
LEGUMINEUSES																			
TREFLE BLANC	5			4	23	10	2	4			4	7	7	5	3	-	-	-	TRIFOLIUM REPENS L.
TREFLE VIOLET	1			-	-	-	-	-			1	-	-	-	-	-	-	-	TRIFOLIUM PRATENSE L.
VESCE VIOLETTE	2			+	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	VICIA SEPIUM L.
VESCE DES PRES	1			-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	LATHYRUS PRATENSIS L.
DIVERSES FOURRAGERES																			
PISSENLIT	7			11	5	6	2	-			6	7	3	2	-	-	-	2	TARAXACUM OFFICINALE Wrb.
PLANTAIN LANCEOLE	1			1	-	-	-	-			2	-	-	-	-	-	-	-	PLANTAGO LANCEOLATA L.
FENOUIL ALPIN	1			-	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	MEUM ATHAMANTICUM Jacq.
DIVERSES NON FOURRAGERES DE PETITE TAILLE																			
RENONCULE (OR)	2			3	2	-	1	1			2	2	2	2	-	-	2	-	RANUNCULUS AURICOMIS L.
VERONIQUE (PETIT CHENE)	1			6	1	-	2	-			11	4	3	-	-	-	-	-	VERONICA CHAMAEDRYS L.
RENONCULE ACRE	4			6	+	1	+	2			4	-	-	2	-	-	-	-	RANUNCULUS ACRIS L.
VIOLETTE TRICOLEURE	+			1	+	1	-	-			2	-	-	-	-	-	-	-	VIOLA TRICOLOR L.
ALCHEMILLE VILGATRE	1			2	+	+	-	-			9	1	1	-	-	-	-	-	ALCHEMILLA VILGARIS L.
BUGLE RAMPANT	+			1	-	-	-	-			3	-	-	-	-	-	-	-	AJUGA REPTANS L.
CERAISTE CESPITEUX	+			+	+	+	-	-			+	-	-	-	-	-	-	-	CERASTIUM CAESPITOSUM Gz.
DIVERSES NON FOURRAGERES DE TAILLE MOYENNE OU GRANDE (LA PATURE PAR LES MOUTONS LES FAIT DISPARAITRE)																			
GRANDE BERCE	+			1	-	-	+	1			-	-	-	-	-	-	-	-	HERACLEUM SPONDYLIVM L.
KNAUTIE DES CHAMPS	5			2	-	-	-	-			3	-	-	-	-	-	-	-	KNAUTIA ARVENENSIS L.
GERANIUM SVLVATIQUE	2			2	-	+	-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	GERANIUM SVLVATICUM L.
CENTAUREA NOIRE	+			-	-	-	-	-			+	-	-	-	-	-	-	-	CENTAUREA NIGRA L.
RUMEX OSEILLE	1			+	-	-	-	-			1	-	-	-	-	-	-	-	RUMEX ACETOSA L.
MUSCINEES	-			6	-	-	-	-			11	-	-	-	-	-	-	-	

Autres espèces, présentes en Juin 1969 seulement et sensibles à la pâture par les moutons : MYOSOTIS SP., JONQUILLE, STELLAIRE, SAXIFRAGE GRANULEUX, RATPONCE (PHYTEUMA SP.); ces espèces totalisent 13 p. cent des présences en début d'essai.

[1] 0 : souche sans aucune fertilisation - 1', 2' etc : pâture avec P.K., a = 80 K₂O, b = 240 K₂O