

ESSAI DE FRACTIONNEMENT DES FUMURES PHOSPHATÉE ET POTASSIQUE SUR PRAIRIE TEMPORAIRE IRRIGUÉE

INTRODUCTION

Rappel de quelques observations — Hypothèse de travail

LORSQUE L'ON CONSIDERE LES COURBES DE RENDEMENTS CUMULES DES EXPLOITATIONS SUCCESSIVES EFFECTUEES SUR DIVERS ESSAIS FOURRAGERS REALISES EN CULTURE irriguée à Montpellier, on observe que la moitié du fourrage annuel total est obtenue à une date voisine du 15 juin. De même, le poids d'éléments fertilisants exportés au cours de cette première moitié de l'année représente 45 à 50 % du total des exportations annuelles. Cette fraction minérale prélevée au sol est souvent supérieure, notamment pour l'azote et la potasse, à celle restituée par la fumure. Les bilans exportation-fumure deviennent très rapidement négatifs.

Quant à la réponse de la prairie irriguée à l'apport des fumures, nous observons qu'elle est généralement spectaculaire dans le cas de l'azote et passe parfois inaperçue pour P et K.

*par P. Micaleff
et M. Bouat.*

Afin d'apporter une contribution à l'étude de la fumure de la prairie temporaire en culture irriguée, deux essais ont été réalisés au Domaine de Lavalette de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique par la Station d'Amélioration des Plantes de Montpellier de l'I.N.R.A. en collaboration avec le Service Agronomique de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace. Ces deux essais avaient pour but d'étudier si :

- 1° l'addition d'une fumure P K en cours de végétation à une fumure azotée copieuse était nécessaire ;
- 2° une technique plus rationnelle de la fumure P K, tenant compte notamment des besoins physiologiques saisonniers présumés des plantes, pouvait augmenter l'efficacité de cette fumure.

Un premier essai sur un mélange fourrager Luzerne + Dactyle irrigué (1) a montré qu'une addition systématique d'acide phosphorique et de potasse à la fumure azotée s'était traduite par un léger supplément de rendement (différence significative des gains cumulés après trois années d'essai : 6 % du rendement global) mais qu'elle n'avait pas empêché une baisse très sensible du taux de la potasse échangeable quoique le sol en fût bien pourvu au départ.

Le deuxième essai mis en place en 1960 sur l'association Fétuque élevée + Luzerne devait répondre à la deuxième question posée ci-dessus. Il constitue l'objet essentiel de cette étude.

CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

Sol : L'essai fut établi sur un sol argilo-calcaire CO_2 Ca = 50 %, argile = 23 %, sans doute assez riche en fer libre, moyennement pourvu en P_2O_5 et bien pourvu en K_2O .

Semis : Après avoir reçu la fumure de fond : N = 40, P_2O_5 = 120, K_2O = 120 unités/ha, la parcelle fut semée le 29 septembre 1959 en lignes alternées de Fétuque élevée Manade (Vilmorin) et de Luzerne Du Puits (Tourneur).

Les densités respectives de chaque espèce dans le mélange ont été de 16 et 9 kg de semences à l'hectare. Au printemps 1960, l'essai a été mis en place selon le dispositif expérimental des blocs de Fisher à quatre répétitions.

Traitements : La fumure azotée a été apportée uniformément sur la base de 50 à 80 unités au stade A (*janvier-février*), puis 50 unités après chaque coupe.

La fumure phosphatée a été épandue soit en une seule application de 120 unités de P_2O_5 en *janvier* (traitements I et II) soit à raison de 30 unités après chaque coupe (traitements III et IV).

La fumure potassique a également été apportée soit en une seule application en *janvier* de 240 unités de K_2O (traitement I), soit par fractions de 60 unités après chaque coupe (traitements II et III) ou de 30 unités après chaque coupe et de 30 unités entre deux coupes successives lors d'une irrigation (traitement IV). Le tableau I indique le nombre et les doses des fumures de chacun des traitements pendant la durée de l'essai.

Nature des engrais : Choisies avec le souci de ne pas introduire d'anions tels que Cl ou SO₄ qui auraient pu avoir une interaction avec P et K, les formes suivantes d'engrais furent utilisées : « Ammonitrite » pour l'azote, « Superphosphate » et « Orthophosphate » de potasse pour P_2O_5 , « Bicarbonate » et « Orthophosphate » pour K_2O .

Chaque épandage, réalisé en couverture sur le sol, fut suivi d'une irrigation de 50 à 60 mm, soit 500 à 600 m³ d'eau par hectare.

Irrigation : Les essais d'irrigation effectués à Montpellier ont montré qu'une bonne alimentation en eau de la prairie était obtenue lorsque cette dernière recevait, au cours de la phase d'intense activité végétative, des apports périodiques d'eau de pluie ou d'irrigation. Une périodicité de dix jours et un volume de 500 à 600 m³ par hectare et par arrosage semblent convenir pour de très nombreuses situations et plusieurs types de sol. Ces deux paramètres ont servi de base pour la conduite de l'irrigation dans l'essai.

En opérant de la sorte, on a observé que le taux d'humidité du sol dans la zone d'intense activité du système racinaire s'est constamment maintenu au-dessus de celui qui correspond à un niveau hydrique considéré habituellement comme acceptable, soit 70 % de l'humidité équivalente moyenne du sol.

Les arrosages ont été uniformes pour tous les traitements. Les quantités d'eau (irrigation + pluies) reçues par les plantes sont indiquées sur le tableau II.

TABLEAU I
FUMURES (en unités/hectare)

Fond 1959 : Identique pour les quatre traitements — N = 40 P₂O₅ = 120 K₂O = 120

	<i>Année 1960</i>			<i>Année 1961</i>			<i>Année 1962</i>			<i>Total général</i>
	<i>Nombre apports</i>	<i>Dose</i>	<i>Total</i>	<i>Nombre apports</i>	<i>Dose</i>	<i>Total</i>	<i>Nombre apports</i>	<i>Dose</i>	<i>Total</i>	
<i>N identique pour les 4 traitements</i>	5 2 x 3 x	40 50	230	6	50	300	5 1 x 4 x	08 50	280	850
Traitements										
I { P ₂ O ₅ ...	1	120	120	1	120	120	1	120	120	480
K ₂ O	1	240	240	1	240	240	1	240	240	840
II { P ₂ O ₅ ...	1	120	120	1	120	120	1	120	120	480
K ₂ O	4	60	240	6	60	360	4	60	240	960
III { P ₂ O ₅ ...	4	30	120	6	30	180	4	30	120	540
K ₂ O	4	60	240	6	60	360	4	60	240	960
IV { P ₂ O ₅ ...	4	30	120	6	30	180	4	30	120	540
K ₂ O	7 6 x 1 x	30 60	240	12	30	360	8	30	240	960

TABLEAU II

IRRIGATION ET PLUVIOMETRIE (en mm)

Années	Nombre d'arrosages	Volume total des arrosages	Pluviométrie annuelle	Eau reçue par la culture (en mm)
1960	10	535	832,4	1.367,4
1961	13	685	747,2	1.432,2
1962	10	690	809,2	1.499,2

Récolte et analyses : La récolte a été effectuée au stade « début floraison » de la Fétuque pour la première coupe. Les fauches suivantes ont été faites en considérant le stade « début floraison » de la Luzerne.

Toutes les analyses chimiques ont été effectuées par les laboratoires de la Société Commerciale des Potasses d'Alsace à Mulhouse. Les méthodes officielles d'analyse ont été employées pour toutes les déterminations.

La valeur fourragère en U.F. par kg de matière sèche a été calculée par référence aux coefficients donnés dans les tables pour du foin non chauffé. On doit noter que l'échantillon analysé était constitué en réalité par de l'herbe fraîche desséchée à l'étuve. Il en résulte que les chiffres de rendements mentionnés au tableau V indiquent les potentialités d'une prairie qui aurait produit du foin. Dans le cas d'une consommation en vert (zéro-grazing, pâturage), les potentialités seraient bien supérieures à celles figurant au tableau précité, la majoration pouvant atteindre jusqu'à 25 et 30 %.

Évaluation de la flore ; son évolution : La fréquence de chacun des constituants de la flore a été estimée chaque année. Son évaluation par comptage de plants étant très malaisée, il a été employé une méthode simplifiée qui consiste à mesurer les « vides » laissés entre deux touffes successives. Par « vides », il faut entendre la portion de ligne mesurée entre deux touffes successives de Luzerne ou de Fétuque, les valeurs inférieures à 10 cm n'étant pas décomptées. On a ainsi opéré dans chaque parcelle sur trois segments de 30 mètres chacun, soit 90 mètres au total.

Le tableau III montre que le peuplement en Luzerne a peu évolué à partir de 1961 : les différences entre traitements sont faibles.

Fractionnement de la

TABLEAU III

EVOLUTION DE LA FLORE

(Pourcentage moyen des vides dans chaque traitement)

Dates des comptages	I		II		III		IV	
	Fétuque	Luzerne	Fétuque	Luzerne	Fétuque	Luzerne	Fétuque	Luzerne
3 décembre 1960 .	10,0	15,0 (1)	10,5	15,0 (1)	11,5	15,0 (1)	16,2	15,0 (1)
3 février 1962 ...	29,7	39,4	33,6	36,7	24,6	42,8	38,1	41,0
13 mars 1963	16,6	44,6	20,6	37,0	15,0	39,7	17,0	45,7

(1) Ces chiffres résultent d'une estimation visuelle et non de comptage.

Incidences climatiques: L'année 1961 est restée, à peu d'exceptions près, constamment plus chaude que les autres ; les variations de la température ont été régulières.

L'année 1960 a été peu différente de la précédente pendant la période s'étalant de *mars* à *juin*. Elle a été bien plus froide par la suite.

L'année 1962 a été la plus froide jusqu'à *mi-juin*. Elle s'est réchauffée en *juillet-août*.

Ces trois années sont donc sensiblement différentes, notamment du point de vue de la répartition annuelle des sommes de températures.

Par ailleurs, grâce aux apports d'eau d'arrosage complétant la pluviosité naturelle, le facteur eau a été corrigé et adapté aux besoins d'une bonne culture prairiale. De ce fait, les quantités d'eau reçues au cours des trois années sont du même ordre (*cf.* tableau II).

L'incidence climatique sur la production a été très nette. Par exemple, en 1962, année où l'on a noté des rendements très bas, la fauche a débuté très tard et les rythmes de coupe ont été plus espacés qu'en 1961.

Si l'influence du rythme de coupe ne ressort pas nettement, par contre celle de la date des premières exploitations paraît évidente et doit retenir plus particulièrement notre attention.

Le graphique 1 des rendements cumulatifs montre que les courbes représentatives des rendements des récoltes cumulées de chaque coupe en 1961 et 1962 convergent en un point dont l'abscisse est voisine du 20 juin et l'ordonnée représente 50 % du rendement total annuel.

Ainsi, la moitié du tonnage total annuel récolté a été obtenu en fin de printemps dans les deux cas, et ce malgré de très fortes différences entre les caractéristiques climatiques respectives des deux années, et malgré des niveaux de rendements très différents (celui de 1961 étant sensiblement le double de celui atteint en 1962 par la même prairie soumise aux mêmes traitements).

Dans le Sud de la France, *en culture irriguée*, sur plusieurs associations binaires graminées-légumineuses, nombreux sont les diagrammes de rendements cumulés qui présentent des points de convergence relativement bien groupés autour du point défini plus haut.

Explicitement, sur le plan du rendement annuel, on peut alors supposer que « les jeux paraissent faits » dès la fin du printemps puisque, par la suite, on ne pourra escompter, même en bonne culture, une masse de foin supérieure à celle déjà rentrée.

Il est évident que la production de foin dépend, entre autres facteurs, des deux paramètres suivants : durée de végétation et « intensité végétative » de cette dernière. La date du 20 juin étant pratiquement une « constante d'arrivée », toute extension de la période de végétation suppose que la date de départ de cette dernière soit avancée. On voit donc ici l'importance que peuvent prendre les particularités climatiques de première saison puisqu'elles agissent avec force à la fois sur le départ et sur l'activité de la croissance. On comprend donc aussi tout l'intérêt qu'il y a à mettre *très précocement en œuvre* toute technique culturale susceptible d'atténuer, corriger, remédier au maximum aux effets d'un climat, d'une alimentation, d'une exploitation, et, en général, de toutes causes défavorables à la pousse de la jeune herbe, ou de profiter au maximum et *précocement* des conditions qui lui sont satisfaisantes.

Une mention particulière doit être réservée au facteur eau. Ce dernier peut et doit être corrigé très tôt, en février-début mars, en cas d'insuffisance de la pluviosité naturelle. Il est illusoire de croire que l'irrigation d'été, même très copieuse, pourrait compenser les erreurs du printemps. Nous résumons ceci en disant que, dans le domaine de la production d'herbe, *il semble que le temps perdu au début du printemps ne se rattrape jamais.*

INTERPRETATION DE L'ESSAI

Après avoir étudié les effets du fractionnement de la fumure phosphotassique sur le végétal, puis sur le sol, nous essaierons de dégager, en guise de conclusion, les conséquences agronomiques de cette technique de fumure.

Dans le premier point nous étudierons le rendement fourrager des récoltes, la composition floristique des foins récoltés et analyserons leur qualité. Rendements et analyses chimiques permettront de dresser les tableaux des exportations des éléments nutritifs du sol. Nous en déduirons des bilans de fumure, chapitre de transition destiné à étayer certaines hypothèses sur la variation des caractéristiques essentielles du sol induite par le fractionnement de la fumure.

I. — Action du fractionnement sur le végétal.

A. — ETUDE DES RENDEMENTS

Les rendements en matière sèche figurent au tableau IV.

La précision de l'essai a été très bonne (coefficient de variation = 2,5 %).

Les rendements globaux, totalisation de toutes les récoltes d'un même traitement, diffèrent peu, et ce, qu'il s'agisse de matière verte, de matière sèche, de protides ou d'U.F. Il n'existe aucune différence significative entre les traitements. Bien que les rendements annuels ne soient pas affectés de façon significative par le mode de fractionnement, on constate toutefois que le rendement du traitement III (fractionnement de K_2O et de P_2O_5) est légèrement supérieur aux autres, alors que le traitement II (fractionnement de K_2O seulement) leur est inférieur. Il ne s'agit ici que d'une très faible tendance (écart de 5,2 % du témoin I).

Les rendements annuels pour un même traitement varient du simple au double selon l'année, ce qui traduit l'influence indéniable du climat.

Statistiquement, une seule coupe (la troisième en 1961) sur quinze interprétées a donné des résultats significativement différents. Cette constance de non-signification dans un essai aussi précis ne peut être imputée qu'à une indifférence de la prairie vis-à-vis du fractionnement de la fumure phosphotassique pour le type de sol étudié.

TABLEAU IV

RENDEMENTS EN MATIERE SECHE
(kg/ha)

Traitements	I				II			
	1960	1961	1962	Total	1960	1961	1962	Total
Années								
Coupes : 1 ..	3.700 (1)	5.050	3.531	12.281	3.700 (1)	5.520	3.483	12.703
2 ..	6.110	6.800	2.536	15.446	6.143	5.900	2.647	14.690
3 ..	3.329	4.800	1.446	9.575	3.330	4.440	1.560	9.330
4 ..	1.680	3.257	2.322	7.259	1.703	3.323	2.640	7.666
5 ..		1.884	2.762	4.646		1.901	2.593	4.494
6 ..		2.947		2.947		2.705		2.705
	14.819	24.738	12.597	52.154	14.876	23.789	12.923	51.588

Traitements	III				IV			
	1960	1961	1962	Total	1960	1961	1962	Total
Années								
Coupes : 1 ..	3.700 (1)	5.470	3.363	12.533	3.700 (1)	5.410	3.542	12.652
2 ..	6.332	6.400	2.820	15.552	6.093	6.200	2.738	15.031
3 ..	3.467	5.030	1.743	10.240	3.269	4.750	1.581	9.600
4 ..	1.723	3.317	2.535	7.575	1.897	3.424	2.504	7.825
5 ..		1.801	2.631	4.432		1.722	2.619	4.341
6 ..		3.064		3.064		2.729		2.729
	15.222	25.082	13.092	53.396	14.959	24.235	12.984	52.178

Observations : (1) première coupe de 1960 estimée.

Les différences entre traitements, quoique non significatives, tendent à diminuer au cours de la période d'intense activité de la Luzerne et à augmenter lorsque la graminée donne à plein. Il n'est pas possible de préciser si cette dernière espèce est seule en cause ; cependant, tout se passe comme si elle réagissait aussi bien, sinon plus que la légumineuse aux engrais P K. Cette observation est assez surprenante, puisque l'on considère habituellement que la légumineuse profite plus d'une telle fertilisation que la graminée. Il n'est pas exclu, d'autre part, que les interférences biologiques entre plantes soient de nature à masquer l'action de l'effet principal recherché.

Aussi, en définitive, nous nous contenterons de dire que dans cette association Fétuque élevée + Luzerne, en culture irriguée intensive, le rendement n'a pas été influencé par le fractionnement des fumures phosphatée et potassique, quel que soit leur mode de fractionnement.

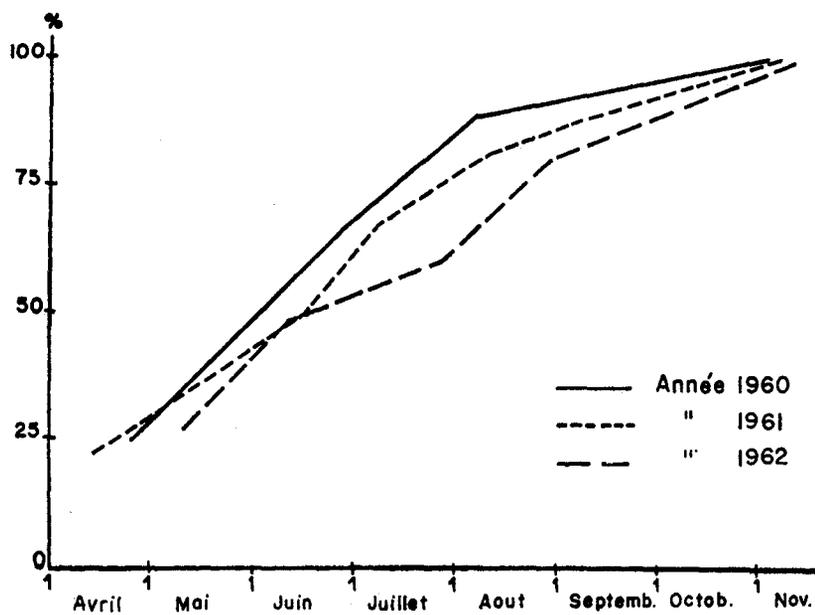
Répartition des récoltes dans le temps : La répartition des récoltes dans le temps est indépendante du fractionnement.

Le tableau suivant (p. 26) indiquant les dates fictives correspondant aux ordonnées 25, 50, 75 % du tonnage total annuel (voir graphique ci-dessous)

RENDEMENT DES RECOLTES CUMULEES

(en % du total annuel)

Graphique 1



fumure de base

peut donner aux agriculteurs-éleveurs des indications utiles pour l'élaboration de leur plan d'approvisionnement. Par exemple, les quantités rentrées à la *mi-juin* sont sensiblement égales à celles qui seront ultérieurement récoltées, alors qu'après le 1^{er} août il ne faudra escompter qu'une production égale, tout au plus, au tiers de la quantité d'herbe produite.

PREVISION DE RECOLTE (en % du total annuel)

% de récolte	Dates d'obtention		
	1960	1961	1962
25 %	23 avril	20 avril	Fin avril-début mai
50 %	3 juin	10 juin	20 juin
75 %	12 juillet	25 juillet	20 août

Composition floristique des foins récoltés : La séparation et l'analyse des constituants du foin ont été faites chaque année. En 1962, troisième année de culture, la graminée U.F. est généralement mieux représentée (sauf en août) dans le témoin (P et K non fractionnés) qu'ailleurs. Le super-fractionnement de la potasse paraît le moins favorable à la Fétuque. Toutefois, les écarts entre traitements sont très faibles et non significatifs. En définitive donc, *le fractionnement n'a pas eu d'effet sur la fréquence des constituants.*

A noter la bonne composition floristique du foin récolté puisque la graminée a fourni, pour sa part, plus de 35 % en moyenne du tonnage de foin récolté (une seule exception en août 1960).

L'association Fétuque élevée-Luzerne s'est bien comportée et paraît très intéressante. Ceci a d'ailleurs été souvent vérifié dans la zone méridionale, tant en culture sèche qu'en culture irriguée.

B. — ETUDE DE LA QUALITE DES RECOLTES

1^o *Valeur fourragère des foins :* Les tableaux V et VI donnent la teneur moyenne de quatre échantillons d'un même traitement.

La composition minérale et organique des foins, en un instant considéré, est sensiblement la même pour les quatre traitements « fumure ». Il en est de même des moyennes annuelles ou générales.

TABLEAU V
ESSAI DE FUMURE PHOSPHO-POTASSIQUE - FETUQUE-LUZERNE
(MONTPELLIER-LAVALLETTE)
ANALYSE FOURRAGERE
MATIERE CELLULOSIQUE
(Teneur en éléments organiques en % de la matière sèche absolue)
t = éléments totaux — d = fraction digestible

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1 t ..		28,6	30,2		29,2	30,7
d ..		16,3	17,2		16,6	17,5
2 t ..	32,7	35,5	29,8	35,1	34,0	28,5
d ..	18,6	20,2	17,0	20,0	19,4	16,2
3 t ..	37,7	34,5	26,4	37,2	34,5	26,1
d ..	21,5	19,7	15,0	21,2	19,7	14,9
4 t ..	33,2	31,1	26,9	32,5	30,9	28,0
d ..	18,9	17,7	15,3	18,5	17,6	16,0
5 t ..		21,6	25,7		20,2	24,6
d ..		16,6	14,6		16,5	14,0
6 t ..		24,9			24,0	
d ..		16,4			15,8	
<i>Moyenne annuelle</i>						
t ..	34,5	29,4	27,8	34,9	28,8	27,5
d ..	19,7	17,8	15,8	19,9	17,6	15,7
<i>Moyenne des trois années</i>						
t ..		30,4			30,6	
d ..		17,7			17,7	

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1 t ..		29,5	30,3		27,9	30,7
d ..	33,3	16,8	17,3		15,9	17,5
2 t ..	19,0	35,8	29,0	38,6	34,6	28,6
d ..	35,4	20,4	16,5	19,2	19,7	16,3
3 t ..	20,2	34,2	26,4	37,2	35,2	25,9
d ..	31,3	19,5	15,0	21,2	20,1	14,8
4 t ..	17,8	31,8	27,1	31,6	32,4	25,5
d ..		18,1	15,4	18,0	18,5	14,5
5 t ..		21,6	25,4		21,2	25,7
d ..		13,9	14,5		16,9	14,6
6 t ..		22,2			22,7	
d ..		14,7			15,0	
<i>Moyenne annuelle</i>						
t ..	33,3	29,2	27,6	34,1	29,0	27,3
d ..	19,0	17,2	15,7	19,5	17,7	15,5
<i>Moyenne des trois années</i>						
t ..		30,0			30,1	
d ..		17,3			17,6	

fumure de base

EXTRACTIF NON AZOTE

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1 t ..		46,3	45,3		46,1	42,5
d ..		28,7	28,1		28,6	26,4
2 t ..	40,9	38,8	41,2	39,8	40,0	40,9
d ..	25,4	24,1	25,5	24,7	24,8	25,4
3 t ..	35,0	33,4	41,2	36,1	34,0	41,6
d ..	21,7	20,7	25,5	22,4	21,1	25,8
4 t ..	39,0	38,7	39,3	38,8	38,8	39,1
d ..	24,2	24,0	24,4	24,1	24,1	24,2
5 t ..		36,0	45,4		37,1	48,0
d ..		22,3	28,1		23,0	29,8
6 t ..		41,8			41,1	
d ..		31,4			30,8	
Moyenne annuelle						
t ..	38,3	39,2	42,5	38,2	39,5	42,4
d ..	23,8	25,2	26,3	23,7	25,4	26,3
Moyenne des trois années		40,0			40,0	
t ..						
d ..		25,1			25,1	

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1 t ..		46,5	40,4		47,0	44,4
d ..		28,8	25,0		29,1	27,5
2 t ..	41,2	38,3	41,8	40,8	39,9	42,8
d ..	25,5	23,7	25,9	25,3	24,7	21,5
3 t ..	37,6	33,9	40,6	35,1	33,1	40,7
d ..	23,3	21,0	25,2	21,8	20,5	25,2
4 t ..	39,6	38,4	40,2	39,3	37,4	40,2
d ..	24,6	23,8	24,9	24,4	23,2	24,9
5 t ..		40,2	45,3		34,9	44,8
d ..		24,9	28,1		21,6	27,8
6 t ..		44,5			43,0	
d ..		33,4			32,3	
Moyenne annuelle						
t ..	39,5	40,3	41,6	38,4	39,2	42,6
d ..	24,5	25,9	25,8	23,8	25,2	26,4
Moyenne des trois années		40,4			40,0	
t ..						
d ..		25,4			25,1	

MATIERE GRASSE

Traitements	I			II		
Années	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Coupes : 1 t ..		0,6	1,5		0,4	1,5
d ..		0,2	0,6		0,2	0,6
2 t ..	0,6	0,9	2,0	0,6	0,9	3,5
d ..	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	1,4
3 t ..	0,9	1,0	2,6	0,3	0,9	2,3
d ..	0,4	0,4	1,0	0,1	0,4	0,9
4 t ..	1,5	1,8	2,5	1,4	1,7	1,7
d ..	0,6	0,7	1,0	0,6	0,7	0,7
5 t ..		0,9	1,7		1,1	1,8
d ..		0,4	0,7		0,4	0,7
6 t ..		2,4			3,0	
d ..		1,2			1,5	
<i>Moyenne annuelle</i>						
t ..	1,0	1,3	2,0	0,8	1,3	2,1
d ..	0,4	0,6	0,8	0,3	0,6	0,8
<i>Moyenne des trois années</i>						
t ..		1,43			1,40	
d ..		0,6			0,6	

Traitements	III			IV		
Années	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Coupes : 1 t ..		0,8	1,5		0,9	1,3
d ..		0,3	0,6		0,4	0,5
2 t ..	0,3	1,4	3,0	0,3	0,8	1,8
d ..	0,1	0,6	1,2	0,1	0,3	0,7
3 t ..	0,9	0,9	2,5	1,5	0,8	2,0
d ..	0,4	0,4	1,0	0,6	0,3	0,8
4 t ..	2,2	1,5	1,8	1,6	1,6	2,2
d ..	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6	0,9
5 t ..		1,1	2,3		0,8	2,1
d ..		0,4	0,9		0,3	0,8
6 t ..		2,3			1,9	0,7
d ..		1,2			1,0	
<i>Moyenne annuelle</i>						
t ..	1,1	1,3	2,2	1,1	1,1	1,8
d ..	0,4	0,6	0,9	0,4	0,5	0,7
<i>Moyenne des trois années</i>						
t ..		1,53			1,37	
d ..		0,6			0,5	

fumure de base

MATIERE AZOTEE

Traitements	<i>I</i>			<i>II</i>		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1 t ..		14,0	18,8		14,0	15,1
d ..		7,8	7,2		7,8	8,5
2 t ..	14,5	14,1	15,8	14,2	13,8	15,8
d ..	8,1	7,9	8,8	8,0	7,7	8,8
3 t ..	15,5	18,4	19,6	15,5	18,0	19,4
d ..	8,7	10,3	11,0	8,7	10,1	10,9
4 t ..	15,0	17,6	18,3	15,9	17,9	18,8
d ..	8,4	9,9	10,2	8,9	10,0	10,5
5 t ..		21,6	14,1		20,2	13,2
d ..		12,1	7,9		11,3	7,4
6 t ..		17,7			18,5	
d ..		12,0			12,6	
<i>Moyenne annuelle</i>						
t ..	15,0	17,2	16,1	15,2	17,1	16,4
d ..	8,4	10,0	9,0	8,5	9,9	9,2
<i>Moyenne des trois années</i>						
t ..		16,1			16,2	
d ..		9,1			9,2	

Traitements	<i>III</i>			<i>IV</i>		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1 t ..		13,0	17,3		13,6	13,4
d ..		7,3	9,7		7,6	7,5
2 t ..	14,2	14,0	14,5	14,7	13,9	15,3
d ..	8,0	7,8	8,1	8,2	7,8	8,6
3 t ..	15,7	18,2	20,0	15,1	18,2	20,7
d ..	8,8	10,2	11,2	8,5	10,2	11,6
4 t ..	15,2	17,7	18,6	15,9	17,9	19,2
d ..	8,5	9,9	10,4	8,9	10,0	10,8
5 t ..		21,6	14,3		21,2	14,3
d ..		12,1	8,1		11,9	8,0
6 t ..		17,4			18,8	
d ..		11,8			12,8	
<i>Moyenne annuelle</i>						
t ..	15,0	17,0	16,5	15,2	17,3	16,5
d ..	8,4	9,9	9,5	8,5	10,1	9,3
<i>Moyenne des trois années</i>						
t ..		16,2			16,3	
d ..		9,3			9,3	

TABLEAU VI

ESSAI DE FUMURE PHOSPHO-POTASSIQUE - FETUQUE-LUZERNE
(MONTPELLIER-LAVALETTE)

ANALYSE FOURRAGERE

(Teneur en éléments minéraux des récoltes, en % de la matière sèche absolue)

N

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		2,24	2,01		2,26	2,40
2	2,32	2,26	2,52	2,27	2,23	2,53
3	2,47	2,94	3,14	2,47	2,89	3,10
4	2,40	2,81	2,90	2,54	2,88	3,05
5		3,46	2,25		3,24	2,11
6		2,85			2,95	
Moyenne annuelle	2,40	2,76	2,56	2,43	2,74	2,64
Moyenne générale		2,57			2,60	

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		2,08	2,76		2,19	2,15
2	2,27	2,23	2,32	2,35	2,83	2,48
3	2,51	2,91	3,20	2,41	2,90	3,30
4	2,43	2,83	2,97	2,53	2,87	3,06
5		3,46	2,32		3,39	2,28
6		2,78			3,01	
Moyenne annuelle	2,40	2,72	2,71	2,43	2,77	2,65
Moyenne générale		2,61			2,62	

fumure de base

P

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,27	0,30		0,26	0,30
2	0,25	0,23	0,28	0,23	0,23	0,30
3	0,25	0,29	0,27	0,26	0,29	0,28
4	0,26	0,24	0,32	0,28	0,25	0,31
5		0,28	0,29		0,28	0,30
6		0,27			0,28	
Moyenne annuelle	0,25	0,26	0,29	0,26	0,27	0,30
Moyenne générale	0,27			0,28		

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,27	0,30		0,27	0,29
2	0,24	0,24	0,30	0,25	0,24	0,30
3	0,26	0,30	0,28	0,26	0,29	0,29
4	0,28	0,24	0,31	0,28	0,24	0,31
5		0,30	0,31		0,30	0,31
6		0,31			0,31	
Moyenne annuelle	0,26	0,28	0,30	0,26	0,28	0,30
Moyenne générale	0,28			0,28		

K

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		3,34	2,97		3,24	2,97
2	3,13	2,90	3,05	2,93	2,97	3,15
3	3,17	3,65	2,80	3,18	3,67	2,85
4	2,87	2,96	4,00	3,04	2,96	3,65
5		3,59	3,38		3,48	3,30
6		3,77			3,65	
Moyenne annuelle	3,06	3,37	3,24	3,05	3,33	3,18
Moyenne générale	3,22			3,19		

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		3,27	2,96		3,25	3,05
2	3,10	2,87	3,20	3,18	2,84	3,30
3	3,10	3,72	2,90	3,31	3,74	2,75
4	3,02	2,98	3,80	3,08	3,01	3,95
5		3,66	3,40		3,84	3,45
6		3,60			3,77	
Moyenne annuelle	3,07	3,35	3,25	3,19	3,41	3,30
Moyenne générale	3,22			3,30		

Ca

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,76	0,66		0,76	0,68
2	1,19	1,11	1,30	1,23	1,08	1,27
3	1,32	1,21	1,28	1,30	1,11	1,27
4	1,13	1,28	0,96	0,94	1,33	1,19
5		1,32	0,87		1,35	0,81
6		0,75			0,75	
Moyenne annuelle	1,21	1,07	1,01	1,16	1,06	1,04
Moyenne générale	1,10			1,09		

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,74	0,74		0,85	0,72
2	1,07	1,16	1,08	1,18	1,30	1,31
3	1,36	1,20	1,30	1,23	1,23	1,29
4	0,94	1,30	1,20	1,16	1,37	1,03
5		1,44	0,97		1,56	0,78
6		0,72			0,78	
Moyenne annuelle	1,12	1,09	1,06	1,19	1,18	1,02
Moyenne générale	1,09			1,13		

Mg

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,16	0,21		0,16	0,20
2	0,24	0,19	0,22	0,18	0,20	0,22
3	0,21	0,21	0,31	0,22	0,24	0,29
4	0,20	0,23	0,40	0,27	0,23	0,36
5		0,25	0,32		0,25	0,32
6		0,34			0,33	
Moyenne annuelle	0,22	0,23	0,29	0,22	0,24	0,28
Moyenne générale	0,25			0,25		

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,14	0,20		0,16	0,21
2	0,24	0,19	0,26	0,22	0,19	0,24
3	0,19	0,22	0,28	0,22	0,22	0,28
4	0,26	0,22	0,36	0,20	0,21	0,35
5		0,26	0,30		0,26	0,32
6		0,32			0,32	
Moyenne annuelle	0,23	0,23	0,28	0,21	0,23	0,28
Moyenne générale	0,25			0,24		

Na

Traitements	I			II		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,09	0,10		0,09	0,08
2	0,06	0,08	0,09	0,06	0,09	0,08
3	0,06	0,09	0,11	0,06	0,11	0,10
4	0,13	0,11	0,14	0,13	0,10	0,15
5		0,12	0,14		0,13	0,14
6		0,19			0,17	
Moyenne annuelle	0,08	0,11	0,12	0,08	0,12	0,10
Moyenne générale	0,10			0,10		

Traitements	III			IV		
	1960	1961	1962	1960	1961	1962
Années						
Coupes : 1		0,08	0,07		0,08	0,07
2	0,06	0,08	0,08	0,06	0,09	0,07
3	0,06	0,09	0,10	0,06	0,09	0,11
4	0,13	0,09	0,14	0,14	0,10	0,14
5		0,14	0,16		0,13	0,16
6		0,18			0,17	
Moyenne annuelle	0,08	0,11	0,11	0,08	0,11	0,11
Moyenne générale	0,10			0,10		

Le fractionnement n'a donc pas eu d'effet sur la valeur alimentaire du foin.

On note des variations saisonnières des teneurs parfois très importantes. Elles sont le reflet du stade physiologique de chacune des plantes au moment de la fauche, ainsi que de la proportion relative de chaque espèce dans le mélange. La matière azotée croît sensiblement de la *mi-juin* à la *mi-août* car le foin est plus riche en Luzerne.

La matière cellulosique atteint un maximum en *juin-juillet*, sauf en 1962 où elle a constamment décré. Le poids de matière azotée digestible par kg de matière sèche est d'environ 100 g pour l'ensemble de l'essai (variation de 72 à 128 grammes). Le rapport M.A.D./U.F. oscille entre 150 et 200. On voit donc que ce foin, assez riche en protides et en énergie, pourrait convenir pour différents types d'élevages (viande, lait, bovins, ovins).

A partir de la seconde année, les teneurs en P et K ont évolué parallèlement et, semble-t-il, assez indépendamment des teneurs en azote qui,

elles, ont reflété les variations de proportion entre les deux constituants du mélange. Il n'y a pas de différence correspondant aux divers traitements. Par contre, les moyennes annuelles ont augmenté de 1960 à 1963, régulièrement et d'une façon nette pour P (0,26 % à 0,30 %), irrégulièrement et faiblement pour K (3,09 % à 3,24 %).

Les teneurs en Ca ont présenté des variations annuelles parallèles à celles en azote sans qu'apparaisse une évolution dans le temps. Elles augmentent, elles aussi, avec la proportion de Luzerne.

Les teneurs en Mg et Na semblent croître régulièrement lorsque l'année s'avance. De plus, leurs moyennes annuelles ont augmenté.

2° *Valeurs fourragères des constituants du foin* : Pour chaque élément chimique considéré, les teneurs trouvées tant pour la Luzerne que pour la Fétuque varient très peu d'un traitement à l'autre. Par contre, des différences assez importantes apparaissent entre les taux respectifs d'un même élément dans l'une et l'autre espèce :

- la Luzerne est constamment plus riche en N et surtout en Ca que la graminée ;
- cette dernière contient plus de MgO et de K ;
- Luzerne et Fétuque ont sensiblement même teneur en P et Na ;
- l'influence de l'année n'est pas nettement caractérisée (sauf pour Na).

De même, *des différences très sensibles existent entre les teneurs en un même élément dans deux coupes différentes*. Il ne semble pas exister de relation simple entre la teneur et le numéro de la coupe, c'est-à-dire l'âge des plantes. Il est plus probable que les variations de teneur sont dues en grande partie aux différences qui peuvent exister entre les stades végétatifs effectifs de l'une et l'autre espèce au moment de la fauche. La vitesse de croissance, variable pour chaque cycle parce que fonction du climat, doit jouer un rôle non négligeable ; par exemple, en période d'activité végétative explosive, il n'est pas rare de constater une augmentation de la teneur en M.A.D.

C. — EXPORTATION PAR LES RECOLTES ET BILAN DES ELEMENTS MINERAUX

Les exportations par les récoltes étant égales au produit de la masse de matière sèche récoltée par le taux de l'élément chimique considéré, facteurs ayant en moyenne peu varié d'un traitement à l'autre, il est normal que

TABLEAU VII
BILAN DES FUMURES

	Traitements	Apports	Exportations	Gains		Déficits	
Azote	I	850	1.308			458	
	II	850	1.297			447	
	III	850	1.343			493	
	IV	850	1.322			472	
Phosphore ..	I	211	139	72	<i>en</i> P_2O_5 162		
	II	211	137	74	166		
	III	237	147	90	202		
	IV	237	142	95	214		
Potassium ...	I	697	1.680			983	<i>en</i> K_2O 1.180
	II	796	1.616			820	984
	III	796	1.717			921	1.105
	IV	796	1.702			906	1.087

les exportations telles qu'elles figurent sur le tableau VII « Bilan des fumures » ci-dessus diffèrent peu selon les diverses modalités d'emploi de la fumure.

Il convient de mentionner les points suivants :

- les exportations sont les plus faibles en *août* et en *septembre* ;
- la prairie a consommé des quantités très importantes d'azote et de K_2O . La seule partie aérienne du végétal a exporté respectivement 400 à 660 unités d'azote et de potasse à l'hectare et par an, quantités très supérieures à la fumure traditionnelle et aux apports prévus dans cet essai ;
- il en est résulté des bilans en N et K_2O très largement déficitaires ;
- par contre, les besoins en P_2O_5 ont été satisfaits.

II. — Incidences du fractionnement sur les caractéristiques essentielles du sol.

Les analyses effectuées en 1960, avant la mise en route de l'essai, indiquaient que le sols étaient saturés en Ca, mais renfermaient peu de Mg. A la fin de l'essai, les teneurs en Ca et surtout Mg échangeables étaient plus élevées, tandis que le pH initialement de 8,2 était passé à 8,6.

Il est probable que ce sont les eaux d'irrigation qui ont fourni les quantités correspondantes de ces deux éléments. Comme, pendant cette période, les fourrages se sont progressivement enrichis, non seulement en Mg, mais encore en Na, on peut supposer que les eaux ont également apporté du sodium.

En ce qui concerne les éléments N, P, K, les teneurs trouvées ont été le plus souvent plus basses en 1963 qu'en 1960, mais de façon fort inégale.

Les variations en N total sont inférieures à 10 %, particulièrement pour les échantillons de surface. Pour ceux-ci, elles sont une fois positives, une fois nulles et deux fois négatives. Dans ce cas, elles ne représentent que 3,7 % de la teneur d'origine. Il semblerait donc que l'on puisse admettre que la culture a assuré un bilan humique sensiblement nul dans les couches superficielles.

Pour les sous-sols, la variation est négative dans trois cas sur quatre, ce qui laisse supposer que le bilan humique du sous-sol est resté négatif, mais il faudrait effectuer des mesures sur une période de plusieurs années pour vérifier si cette tendance est réelle et savoir si elle peut amener à la longue des modifications de structure défavorables.

Les variations des teneurs en P_2O_5 assimilable sont faibles. L'excédent du bilan correspondrait en moyenne à une augmentation de + 0,06 % dans le sol, alors qu'on observe une baisse de l'ordre de 0,01 %. Il y a donc dans ce sol une rétrogradation importante, mais qui ne correspond pas à une perte d'assimilabilité complète, puisque les teneurs en P des fourrages ont eu tendance à s'élever.

Au début de l'essai, il n'y avait qu'une faible différenciation des sols et des sous-sols, au point de vue de la teneur en K échangeable (moyennes : sol = 0,42 % \pm 0,04 %, sous-sol = 0,39 % \pm 0,03 %). A la fin de l'essai, les teneurs des sols n'avaient que peu varié (moyenne : 0,44 % \pm 0,04 %),

TABLEAU VIII

VARIATIONS (Δ) DE LA TENEUR DU SOL DE 1960 A 1963
EN ELEMENTS FERTILISANTS

Traitements	I			II		
	Sol : $\Delta 2$	Sous-sol : $\Delta 2$	P/ha corresp.	Sol : $\Delta 1$	Sous-sol : $\Delta 2$	P/ha corresp.
Eléments						
N total a ..	8 %	8 %				
b ..	+ 0,10	— 0,10	— 350	0	0	0
P ₂ O ₅ assimilable a ..	10 %	18 %		10 %	6 %	
b ..	— 0,02	— 0,03	— 280	— 0,02	— 0,01	— 140
K ₂ O échangeable a ..	5 %	36 %		13 %	17 %	
b ..	— 0,02	— 0,13	— 986	+ 0,05	— 0,06	— 245
CaO échangeable a ..	4 %	1,5 %		12 %	3 %	
b ..	+ 0,36	— 0,14	+ 280	+ 1,07	+ 0,27	+ 5.635
MgO échangeable	+ 0,18	+ 0,14	+ 1.610	+ 0,20	+ 0,16	+ 1.820
pH	+ 0,4	+ 0,4		+ 0,3	+ 0,3	

Traitements	III			IV		
	Sol : $\Delta 1$	Sous-sol : $\Delta 2$	P/ha corresp.	Sol : $\Delta 1$	Sous-sol : $\Delta 2$	P/ha corresp.
Eléments						
N total a ..	4 %	8 %		1 %	11 %	
b ..	— 0,05	— 0,10	— 875	— 0,05	— 0,15	— 1.225
P ₂ O ₅ assimilable a ..	6 %	6 %		6 %	6 %	
b ..	+ 0,01	— 0,01	— 35	+ 0,01	— 0,01	— 35
K ₂ O échangeable a ..	6 %	39 %		4 %	26 %	
b ..	+ 0,02	— 0,17	— 1.120	+ 0,02	— 0,11	— 700
CaO échangeable a ..	10 %	0,3 %		1 %	7 %	
b ..	+ 0,93	— 0,03	+ 3.000	+ 0,13	+ 0,66	+ 5.075
MgO échangeable	+ 0,19	+ 0,09	+ 1.295	+ 0,22	+ 0,19	+ 2.100
pH	+ 0,3	+ 0,2		+ 0,2	+ 0,2	

Observations :

a) Valeurs relatives des Δ en % du taux initial (1960) du sol en élément considéré = $\frac{\Delta}{\text{taux 1960}} \times 100$.

b) Valeur de la variation de teneur Δ en % de la terre fine = $\text{taux \% 1963} - \text{taux \% 1960}$.

F/ha = Poids en kg par hectare de l'élément mentionné dans la première colonne = 3.500 ($\Delta 1 + 2 \Delta 2$).

$\Delta 1$ = Variation du sol.

$\Delta 2$ = Variation du sous-sol.

alors que celles des sous-sols avaient fortement baissé (moyenne : 0,27 % \pm 0,04 %).

Pour trois des traitements, les déficits des bilans de K échangeable sont du même ordre de grandeur que ceux des bilans culturaux, ce qui laisse supposer qu'il n'y a pas à compter sur une très large contribution de réserves dissimulées à l'alimentation potassique des récoltes. On peut ainsi craindre que le sol ne s'épuise assez vite, même avec de fumures apparemment fort importantes.

Le problème des répercussions possibles des forts prélèvements en potassium réalisés par une culture fourragère sur les besoins en K_2O des cultures suivantes mériterait une étude approfondie dans les zones irriguées. En attendant qu'il soit résolu, la prudence commande de ne pas négliger cette fumure, quand bien même aucune augmentation corrélative de rendement ne serait constatée dans l'immédiat. En première approximation, on peut estimer que l'on peut apporter le potassium sous quelque forme que ce soit, pourvu que soit respectée la loi de restitution.

CONCLUSION

Cet essai, qui a pu être mené à bien grâce à la collaboration active du Service Agronomique de la S.C.P.A. et de la Station d'Amélioration des Plantes de Montpellier, a donné des résultats très intéressants.

Les hauts rendements obtenus par la prairie, la bonne qualité du foin récolté, permettent de bien augurer des possibilités d'élevage dans les secteurs irrigués du Bas-Languedoc, toutes autres considérations mises à part.

L'association Fétuque élevée + Luzerne a eu un excellent comportement. Le divers modes d'apport de la fumure phospho-potassique ont abouti aux mêmes rendements fourragers ; cette constance se retrouve aussi dans la qualité des foins.

La fumure annuelle apportée (300 unités de N, 150 unités de P_2O_5 , 300 unités de K_2O) à l'hectare, bien qu'importante et supérieure à celle habituellement consentie par la plupart des agriculteurs, n'a pas couvert les exportations d'azote et surtout de potasse par les récoltes. Il en est résulté une baisse sensible de la richesse du sol, ce qui, en toute logique, devrait avoir pour conséquence une diminution de la fertilité à plus ou moins longue échéance.

Cet essai démontre l'utilité d'une fumure complète N, P, K dans une agriculture soucieuse de maintenir l'intégrité du « *capital sol* » et fait apparaître l'importance considérable des restitutions nécessaires en culture fourragère irriguée. S'il existe des réactions faiblement différentielles du sol au fractionnement P K, ce dernier n'agit nullement sur les rendements et qualité du foin.

La dose d'engrais nécessaire peut être épandue indifféremment en un seul apport ou par des apports fractionnés à des dates ne tenant pas compte de la physiologie des plantes.

Cette plasticité d'emploi peut être considérée comme un élément favorable à la gestion de l'exploitation puisque cette dernière peut fixer à sa guise son « *planning* » de travaux au gré des seules convenances techniques.

P. MICALLEFF,

Station d'Amélioration des Plantes, Montpellier,

M. BOUAT,

*Services Agronomiques de la S.C.P.A.,
Montpellier,*

avec la collaboration de :

M. PUCH,

Technicien de l'I.N.R.A., Montpellier.