

POTENTIALITÉ FOURRAGÈRE ET FERTILISATION AZOTÉE

L'EXEMPLE DU CALVADOS

1. ASPECTS GÉNÉRAUX DE LA PRODUCTION FOURRAGÈRE

1.1. Introduction.

LES PRODUCTIONS FOURRAGÈRES OCCUPENT EN BASSE-NORMANDIE DES SURFACES TRÈS IMPORTANTES. LES SEULES PRAIRIES PERMANENTES RECOUVRENT PLUS D'UN million d'hectares, soit 75 % de la surface agricole utile (S.A.U.), et une grande partie des surfaces labourées se voient consacrées aux cultures fourragères sarclées ou non. Sous cet aspect, la région occupe une situation tout à fait particulière dans l'ensemble français.

Nous retiendrons, à titre d'exemple, le département du Calvados. Il reflète assez bien les conditions régionales, ainsi que les tendances se dessinant à l'heure actuelle.

1.2. Les conditions écologiques.

La proximité de la mer influence largement les conditions écologiques du Calvados ; envisagée sous l'angle des productions fourragères, cette situation ne peut être que favorable. Toutefois, il faut éviter de généraliser et sous-estimer la variété des situations de ce « département charnière », entre le Massif Armoricain (à l'ouest) et la Vallée de la Seine (à l'est).

Sans entrer dans les détails, le tableau I rappelle les caractéristiques les plus typiques des « petites régions agricoles » du département. Soulignons

la mosaïque des sols argilo-limoneux et même parfois très argileux du Pays d'Auge et du bassin limono-argileux de la Plaine de Caen dérivés des roches anciennes (schistes et granites) du Virois et surtout les très grandes variations pluviométriques entre la Plaine : 650 à 750 mm, et le Bocage : 1.000 à 1.200 mm par exemple.

TABLEAU I

CONDITIONS ECOLOGIQUES DES « REGIONS AGRICOLES » DU CALVADOS

Régions	Type de sol	Climat	Importances des diverses productions fourragères
Pays d'Auge 138.400 ha	Le Pays d'Auge n'a pas d'unité géologique : les formations argileuses se rencontrent (Callovien, Oxfordien) ainsi que des limons de Plateaux et des aluvions modernes. Les conditions topographiques compliquent souvent la mise en valeur de la région.	Les situations topographiques influencent les situations climatiques (T°). Les précipitations varient entre 850 mm (Honfleur) à 750-800 mm dans l'intérieur. mois le plus froid : 3,4, mois le plus chaud : 17.	Les surfaces en prairies permanentes sont très importantes, elles occupent 80 % de la S.A.U. Le maïs fourrage se développe et représente un élément important de la ration hivernale des bovins.
Plaine de Caen-Falaise 115.100 ha	Le substrat géologique est constitué principalement par des calcaires du Bathonien et du Bajocien, recouverts d'une couche de limon argileux plus ou moins épaisse, souvent fertile. Les pH sont de l'ordre de 6,5 à 6,8.	La T° moyenne annuelle se situe aux environs de 10°. Les précipitations varient suivant les stations, entre 650 et 750 mm. Le courant d'air marin balaye la Plaine de Caen assez loin des côtes.	La région représente plus de la moitié des terres de labour du département, et la quasi-totalité des cultures sarclées industrielles (betteraves, pommes de terre). Corrélativement, c'est ici que se rencontrent les plus faibles surfaces de prairies permanentes ; elles sont souvent de qualité médiocre (les fourrages sarclés : betterave et surtout maïs occupent des surfaces importantes).
Bessin 68.400 ha	Situé au Nord-Ouest du département, n'a pas lui non plus d'unité géologique. Au Nord se rencontrent les prolongements Bathonien et Bajocien de la Plaine de Caen, et au Sud apparaissent les schistes du Briovérien qui le relie au bocage. Les sols sont limono-argileux et même parfois très argileux.	La proximité de la mer marque fortement les températures. Les précipitations varient entre 800 et 850 mm.	Les prairies permanentes occupent 85 % de la S.A.U. Les productions fourragères diverses concernent les terres labourées pour plus d'un tiers (soit 9.600 ha). Le maïs a fait son apparition d'une façon assez marquée dans cette région, permettant d'améliorer sensiblement les conditions alimentaires hivernales des bovins.
Bocage 127.200 ha	Le Bocage Virois appartient à l'ensemble Armoricaïn beaucoup plus qu'à la Normandie. Les sols arables dérivent de formations géologiques anciennes : schistes cambrien et précambrien, granite. Ils sont plus ou moins argileux, souvent humides et mal pourvus en P et K. Les pH se situent entre 5 et 6.	Les températures sont plus rigoureuses que dans les autres régions du département. Les précipitations atteignent 1.000 à 1.200 mm, réparties régulièrement au cours de l'année.	Les exploitations agricoles sont souvent de petite taille, enfermées dans un réseau bocager très dense. Les prairies permanentes occupent 75 % de la S.A.U. La culture des ray-grass italien et anglais, fétuques et fléoles prennent une certaine importance. Comme dans le Pays d'Auge, la topographie représente parfois un facteur limitant.

1.3. Les conditions économiques.

A côté de conditions écologiques favorables, diverses circonstances d'ordre socio-économique ont fait que petit à petit le département s'est couvert de prairies. Actuellement, les 449.100 hectares de Surface Agricole Utile (S.A.U.) se répartissent ainsi (3) :

— Prairies permanentes .	316.300 ha, soit 70,4 % de la S.A.U.	} S.T.H.* 72,6
— Landes et parcours ...	9.900 ha, soit 2,2 % de la S.A.U.	
— Cultures fourragères non sarclées	24.034 ha, soit 5,3 % de la S.A.U.	
— Cultures fourragères sarclées	9.104 ha, soit 2,2 % de la S.A.U.	
— Céréales	69.600 ha, soit 15,5 % de la S.A.U.	
— Cultures sarclées	7.200 ha, soit 1,6 % de la S.A.U.	
— Cultures particulières (vergers, maraîchages)	6.100 ha, soit 1,3 % de la S.A.U.	
— Divers	6.862 ha, soit 1,5 % de la S.A.U.	

En fait, 359.338 hectares (soit 80,1 % de la S.A.U.) sont consacrés à l'alimentation du bétail et principalement des bovins. Ce chiffre ne tient pas compte des céréales autoconsommées, toujours difficiles à évaluer.

Un tel mode d'utilisation du sol détermine évidemment la structure du produit brut agricole départemental : le lait y représente 42 % et l'ensemble des produits animaux 77 % (3).

Tout ceci souligne, s'il en était besoin, la nécessité de « l'intensification fourragère ». Toute amélioration économique semble condamnée à passer par ce canal. Et pourtant, d'une façon générale, cette intensification reste bien modeste, comme en témoignent les chiffres suivants (tableau II).

TABLEAU II
RENDEMENTS MOYENS
DES DIFFERENTS TYPES DE PRODUCTION FOURRAGERE
OBSERVES DANS LE CALVADOS.
COMPARAISON AVEC LES RENDEMENTS CEREAALIERS (5)

Régions	Exprimés en U.F./ha			Exprimés en q/ha	
	Fourrages sarclés	Cultures fourragères non sarclées	Surfaces toujours en herbe	Blé	Orge
Bocage	7.500	4.500	3.016	37	36
Pays d'Auge	7.200	4.600	2.726	33	32
Bessin	7.200	4.500	2.926	41	39
Plaine de Caen	7.200	4.600	2.514	45	44
Moyenne du département	7.293	4.558	2.845	42,5	40

Confrontés aux rendements céréaliers moyens (en multipliant par 1 pour l'orge et 1,1 pour le blé), seuls les fourrages sarclés et les cultures fourragères temporaires soutiennent la comparaison. Exprimées en tonnes de Matière Sèche par hectare, les productions ci-dessus ne dépassent pas :

- Prairie temporaire (fourrages non sarclés) 8 à 9 tonnes
- Prairie permanente 5 à 6 tonnes

Et pourtant, les résultats obtenus par les stations d'essais locales montrent les possibilités considérables de production, des diverses régions du département. Citons à titre d'exemple quelques résultats obtenus au Lycée Agricole du Robillard, entre 1964 et 1971 (4, 13).

- Fétuque élevée Manade .. 9 à 15 tonnes de M.S. par hectare
- Dactyle Floréal 10 à 20 tonnes de M.S. par hectare
- Dactyle Chantemille 10 à 18 tonnes de M.S. par hectare
- Fléole Maintenon 12 à 16 tonnes de M.S. par hectare
- Ray-grass anglais 8 à 12 tonnes de M.S. par hectare

46 Les marges de progrès apparaissent comme énormes, de l'ordre de 50 % pour les prairies temporaires ; quant aux surfaces actuellement en herbe, leur

Potentialité fourragère

rendement (théorique) pourrait être plus que doublé (2 à 2,3). Il suffit de multiplier la production potentielle par les surfaces pour apprécier l'importance du manque à gagner !

2.1. Les conditions d'exploitation des prairies (autres que fertilisation).

L'analyse du décalage entre « le possible et le réel » doit passer au crible le maximum de données ; il est évidemment très difficile de présenter une synthèse des méthodes pratiquées et des contraintes rencontrées sur le terrain. L'analyse suivante ne retiendra que les principaux aspects, comme :

La durée de pâturage :

Elle atteint deux cent vingt à deux cent trente jours suivant les régions et les niveaux d'intensification. La mise à l'herbe s'échelonne du 30 mars, dans les cas les plus précoces, au 15 avril pour les plus tardifs (amplitude annuelle très forte). A ce sujet, la culture du ray-grass italien permet d'avancer la date de mise à l'herbe et d'améliorer les conditions alimentaires de cette époque. Toutefois, ce système ne trouvera sa véritable dimension que dans un système fourrager cohérent ; il n'est pas rare, en effet, de voir une mise à l'herbe très précoce sur le ray-grass italien suivie du passage des animaux sur des prairies permanentes, à peine au « stade pâture ».

Le retour aux étables se situe aux environs du 15 novembre, avec une tendance marquée au surpâturage d'arrière-saison, qui prend souvent une tournure catastrophique pour les prairies permanentes ou temporaires, lors des automnes pluvieux très fréquents en Basse-Normandie.

Des variations existent d'une région à l'autre, mais elles ne sont pas plus importantes que celles enregistrées à l'intérieur d'une même région, compte tenu des compensations apportées par le système fourrager et le niveau d'intensification. Le Bocage apparaît toutefois comme significativement plus tardif.

Le mode d'utilisation de la prairie :

En règle générale, les prairies spécialisées fauche existent rarement (cas des parcelles éloignées de la ferme, par exemple). Il s'agit le plus souvent de prairies pâturées ou pâturées et fauchées.

Une enquête récemment conduite dans le Bocage, auprès de soixante agriculteurs exploitant deux cent deux parcelles de prairies, donne les résultats suivants :

— uniquement pâturée	55 % des cas
— fauche-pâturure	43,8 % des cas
— uniquement fauchée	1,2 % des cas
	100 %

La clôture électrique progresse rapidement et permet d'améliorer les conditions de pâturage, au moins à l'aide d'un fil avant déplacé chaque jour ; le fil arrière n'est pas encore une règle générale. L'enquête précédemment citée fournit les éléments suivants :

— parcelles pâturées à la clôture électrique ..	71,5 % des cas
— parcelles pâturage tournant	4,5 % des cas
— parcelles pâturées en continu	24 % des cas
	100 %

Le mode de récolte :

Le foin reste le système le plus fréquent. L'époque de la fenaison est souvent tardive et la méthode traditionnelle (au sol). Il en résulte un produit de qualité bien médiocre (tableau III).

Plus encore que la médiocrité, c'est la stabilité dans cet état qui apparaît comme inquiétante ! Il faut bien reconnaître après cinq ans une curieuse similitude entre les résultats.

TABLEAU III
VALEURS QUALITATIVES DE QUELQUES FOINS
OBTENUES DANS LE DEPARTEMENT DU CALVADOS

Région du prélèvement	Année	Type de fourrage	Cellulose brute		U.F. par kg de M.S.	
			X	σ	X	σ
Bessin (2) ..	1966	Prairies permanentes	33	2,4	0,49	0,05
		Prairies temporaires	36	2,6	0,43	0,06
Ensemble du département (12)	1971	Prairies permanentes	—	—	0,45	0,07
		Prairies temporaires	—	—	0,49	0,07

L'ensilage d'herbe, moyen d'amélioration efficace et indissociable de l'intensification, progresse trop lentement.

La répartition des rendements :

L'examen de la répartition des rendements n'est pas sans intérêt, il fournit entre autres une indication au sujet des conditions d'alimentation estivale.

Dans le Bocage, les 50 % de la production sont atteints sur les prairies permanentes dès le mois de juin et même souvent de 58 à 62 %. Les prairies temporaires apportent peu d'amélioration dans ce domaine. Les mélanges fétuque-fléole atteignent 60 à 73 % de leur production fin juin-début juillet. Les ray-grass d'Italie jusqu'à 80 %. Par contre les semis de ray-grass d'Italie de printemps représentent une solution intéressante, méritant d'être diffusée. Dans ce cas, et d'une façon très schématique, leur production se répartit de la façon suivante :

- 20-25 % fin juin,
- 60-75 % juillet-août-septembre,
- 15 % arrière-saison.

Une meilleure répartition des productions saisonnières pose le choix des espèces cultivées, non seulement en fonction de leur production annuelle, mais bien de toutes leurs caractéristiques. La fléole, dans le cas présent, et malgré toutes ses qualités, ne contribue pas à modifier « la pointe de juin ». Ceci montre la nécessité de concevoir l'information au niveau du système fourrager de l'entreprise et non pas au niveau de la parcelle.

2.2. La fertilisation des productions fourragères dans le département du Calvados.

2.2.1. Aspects généraux :

La fertilisation représente l'un des volets les plus importants de l'intensification fourragère. Afin de situer le débat, nous rappellerons les principaux chiffres publiés en 1967 par l'Atelier Régional d'Etudes Economiques et d'Aménagement Rural de Basse-Normandie (tableau IV).

TABLEAU IV
FERTILISATION MOYENNE PRATIQUEE DANS LE DEPARTEMENT DU CALVADOS
(Production fourragère - Comparaison avec d'autres cultures) (11)

Régions agricoles	Bocage			Pays d'Auge			Bessin			Plaine de Caen			Département		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Types de cultures ..															
Cultures fourragères non sarclées	54	85	70	44	66	54	47	79	64	73	93	77	60	85	70
Prairies permanentes	18	42	24	10	20	5	11	31	15	27	74	52	15	37	19
Plantes sarclées fourragères	39	74	54	15	42	20	34	74	45	50	87	81	40	75	60
Blé	36	86	65	25	75	56	38	85	66	50	86	66	45	85	65
Pomme de terre ...	80	100	120	80	100	120	—	—	—	80	100	120	80	100	120
Jardins	20	55	50	20	55	50	20	55	50	20	55	50	20	55	50

(*) R.G.I. : ray-grass d'Italie.

De l'examen des éléments du tableau IV, il ressort que :

La notion « d'intensification », admise depuis longtemps par les agriculteurs de la Plaine de Caen, s'étend aux productions fourragères, exception faite toutefois de « la prairie permanente ». Elle reste, même dans cette région, conduite de façon très extensive.

Les cultures fourragères non sarclées (prairies temporaires) apparaissent comme convenablement fertilisées, quoique les chiffres moyens rendent bien mal compte de la réalité, en ne retenant pas la classe 0.

Il faut insister sur le côté extensif de la fertilisation des prairies permanentes en général. Elles occupent les deux tiers du département, sont à la base de l'économie locale, et elles ne reçoivent même pas, en moyenne, la fumure des jardins familiaux ; même si ce n'est qu'une image, elle se passe de tout commentaire !

Il peut être reproché aux chiffres précédents de ne pas dépasser la signification des moyennes. Des investigations plus ponctuelles et plus précises effectuées au niveau de l'exploitation et de la parcelle confirment la véracité des tendances mises en évidence.

Une enquête réalisée en 1967-1968-1969-1970 dans le Bessin et le Pays d'Auge (160 parcelles pour les deux régions) et le Bocage Virois (202 parcelles), auprès d'agriculteurs adhérant à des groupements de vulgarisation, donne les résultats suivants (uniquement sur prairies permanentes) (tableau V).

Exprimer des résultats d'enquête sous forme « d'éléments fertilisants indépendants » par hectare rend bien mal compte de l'absence totale de doctrine au niveau de la pratique. L'étude précédemment citée a permis de dénombrer, chez les soixante agriculteurs du Bocage Virois interrogés, quarante-six formules de fertilisation différentes (7).

TABLEAU V
RESULTATS D'UNE ENQUETE « FERTILISATION DES PRAIRIES PERMANENTES » EFFECTUEE DANS TROIS REGIONS AGRICOLE DU CALVADOS
(362 parcelles concernées)

Régions	Caractéristiques	% du nombre de parcelles énumérées		
		N	P	K
Pays d'Auge et Bessin (ensemble) 160 parcelles	ne reçoit jamais de fumure	21,5	25	44
	reçoit moins de 50 unités	11,5	7	19
	reçoit entre 50-100 unités	47	45	33
	reçoit plus de 100 unités	20	23	3,5
	TOTAL	100	100	100
Bocage Virois 202 parcelles	ne reçoit jamais de fumure	34,5	28,5	54,1
	reçoit moins de 50 unités	8,9	2,1	2,1
	reçoit entre 50-100 unités	29,3	10,5	28,8
	reçoit plus de 100 unités	27,2	58,7	14,9
	TOTAL	100	100	100

En parallèle à cette vision assez pessimiste, quoique réelle, des choses, notons l'évolution très sensible de la consommation des engrais et, entre autres, des engrais azotés (tableau VI).

TABLEAU VI
EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DES ENGRAIS AZOTES
DANS LE CALVADOS DE 1950-1951 A 1970-1971 (15)
(en tonnes d'azote pur)

<i>Années</i>	<i>Consommation</i>	<i>Accroissement annuel</i>
1950-1951	2.409	—
1960-1961	6.474	+ 17 %
1970-1971	16.979	+ 16 %

Les considérations précédentes prouvent que l'évolution de la consommation des engrais azotés concerne bien peu les surfaces fourragères.

2.2.2. *La fertilisation azotée et les potentialités fourragères :*

2.2.2.1. *Le cas de la prairie permanente :*

Dès 1953, les travaux conduits par PELLET en Normandie (1) montrent qu'en moyenne un épandage de 80 unités d'azote par hectare permet d'accroître la production annuelle de 1.000 U.F., mais il faut attendre 1963 et l'implantation par le S.P.I.E.A. (*) en Basse-Normandie d'environ 250 parcelles de démonstration (dont le tiers dans les régions herbagères du département du Calvados), d'une surface comprise entre 0,5 et 1 hectare, pour disposer d'une information solide.

Les essais poursuivis jusqu'en 1967 comparaient à un témoin N 0 une parcelle recevant 150 unités d'azote et, à un témoin N 50, une parcelle recevant également 150 unités d'azote ; la fumure de fond étant composée de 100 unités de P et K. Les résultats suivants peuvent être retenus comme des données moyennes (COSTREL de CORAINVILLE, 1968) (8) (tableau VII).

TABLEAU VII
RENDEMENTS MOYENS COMPARATIFS
OBTENUS DANS LE CADRE DES DEMONSTRATIONS DU S.P.I.E.A.
(1963-1967)

<i>Niveau d'azote</i>	<i>U.F./ha</i>	<i>M.S./ha</i>	<i>Amplitude U.F.</i>	<i>Observations</i>
N = 0	4.400	8,8 t	3.810 à 4.865	Composition floristique non définie
N = 150	5.682	11,3	5.070 à 5.580	
Production 1 kg N	8,5	17 kg	—	
N = 50	4.640	9,3	4.805 à 4.584	Idem Parcelles différentes des précédentes
N = 150	5.915	11,8	5.624 à 6.082	
Production 1 kg N	12,7	25 kg	—	

Cette première approche a été largement confirmée ensuite à l'aide d'une expérimentation plus fine conduite :

- de 1966 à 1970, par le S.P.I.E.A. à Briqueville, dans le Bessin,
- de 1968 à 1971, par l'E.D.E. à Maisons, dans le Bessin, à Trois-Monts, sur les schistes de la vallée de l'Orne, à Percy-en-Auge, en terrain argileux (Callovien),
- de 1968 à 1971, par le S.C.P.A. à Hotot-en-Auge, sur des argiles du Callovien.

Les essais, cette fois, comprennent un minimum de quatre répétitions. Ils intéressent non seulement la fertilisation azotée mais également P et K.

a) *Résultats d'un essai « fumure azotée et phosphatée » sur prairies permanentes recevant une fumure uniforme annuelle de 170 unités de K₂O (S.P.I.E.A.) :*

Il s'agit d'une prairie installée sur sol dérivé du Trias où *Agrostis stolonifera*, *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata* dominant la végétation (ordre décroissant) ; parmi les « plantes diverses », il faut noter : *Ranunculus acris* et *repens*, *Rumex sp.* et *Taraxacum officinalis*.

Les comparaisons portent sur quatre traitements (+ témoin) :

Témoin : ne recevant que la fumure potassique

- 1) P seul : 150 ou 200 unités P_2O_5 du superphosphate (3 ou 4 épandages)
- 2) N seul : 150 ou 200 unités N de l'ammonitrate
- 3) N + P : 150 ou 200 unités N de l'ammonitrate mélangées à
150 ou 200 unités P_2O_5 du superphosphate
- 4) NP : 150 ou 200 unités N }
150 ou 200 unités P_2O_5 } d'un binaire 20-20-0

Les tableaux VIII et IX résument les résultats obtenus entre 1966 et 1971 (16) (P. COSTREL DE CORAINVILLE, 1972).

TABLEAU VIII
RENDEMENTS EN TONNES DE MATIERE SECHE A L'HECTARE

Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	Moyenne des 6 années
Témoin ..	8,0	8,1	8,1	6,3	6,5	7,8	7,5
P seul ..	8,9	8,2	8,8	6,8	7,1	9,0	8,1
N seul ..	11,8	13,0	10,9	10,0	10,8	11,3	11,3
N + P .	12,3	13,5	12,0	10,6	12,4	13,4	12,4

TABLEAU IX
PRODUCTIVITE DU KILO D'ELEMENT FERTILISANT
(Nombre de kg supplémentaires de matière sèche produite par kg d'élément)

Années	1966	1967	1968	1969	1970	1971	Moyenne des 6 années en	
							M.S.	U.F.
Productivité de :							kg	
P seul	6,0	0,7	3,5	3,3	3,0	7,1	3,9	2,2
N seul	25,3	32,7	14,0	24,7	21,5	23,3	23,6	13,7
N dans N + P	28,7	36,0	19,5	28,7	29,5	37,1	29,9	17,1
N dans NP	30,7	34,0	19,5	25,8	26,5	37,3	29,0	16,7
P dans N + P par rap- port à N seul	3,3	3,3	5,5	4,0	8,0	13,8	6,3	3,6

Après six années d'essais, il peut être retenu que :

— L'association du phosphore à l'azote (ammonitrate + superphosphate)
comparée à l'azote seul (ammonitrate) ou au phosphore seul (superphosphate)

procure une augmentation de rendement moyen de 2,4 kg de matière sèche par an, aussi bien pour N que pour K.

— Exprimée en pourcentage des rendements de chacun de ces deux éléments, employés seuls, l'augmentation représente 10 % pour N et plus de 60 % pour P.

— Une prairie permanente de qualité moyenne peut valoriser très convenablement une fumure azotée annuelle de 150 à 200 unités ; en effet, dans le cas présent, elle permet une amélioration moyenne de plus de 4 tonnes/hectare.

b) *Résultats d'un essai fumure azotée croissante sur bonne prairie permanente de la région de Bayeux (Maisons 14) :*

Il s'agit, cette fois, d'une prairie permanente installée sur un sol de limons profonds. La flore de bonne qualité se compose de : *Alopecurus pratensis*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Pbleum pratensis*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Agrostis stolonifera*, un peu de *Trifolium repens* ; les plantes diverses les mieux représentées étant : *Ranunculus acris*, *Cirsium arvense*, *Taraxacum officinalis* et *Rumex sp.* Les graminées productives atteignent de 35 à 42 % des présences relatives totales (6, 12).

Toutes les parcelles impliquées dans l'essai reçoivent 120 unités de P (sous forme moitié scories à l'automne, moitié super au printemps) et 200 unités de K à l'automne (sous forme de CI K).

Le tableau X récapitule les rendements obtenus suivant les différents traitements.

TABLEAU X
RENDEMENT EXPRIME EN TONNES DE M.S./HECTARE
EN FONCTION DE LA DOSE DE FERTILISANT AZOTE
ET PRODUCTIVITE D'UN KILO D'ELEMENT FERTILISANT

Fumure :	T 1	T 2	T 3	P.P.D.S.	C.V. %	Productivité d'un kg d'azote supplémentaire par rapport à la fumure 60 unités/ha/an (kg de M.S. par kg d'élément fertilisant)		
	2 × 30 60 N	2 × 60 120 N	2 × 120 240 N			T2-T1	T3-T2	T3-T1
Année								
Essais :								
1968	12,1	13,4	15,2	0,54	6,6	21	15	18
1969	11,7	13,4	14,2	0,73	8,6	28	14,1	13,8
1970	11,9	13,9	15,4	0,60	7,5	32	12	19,4
Moyenne ..	11,9	13,5	14,9	—	—	27	13,7	17,1

En 1968-1969, un inventaire systématique de la végétation a été effectué sur l'ensemble des soixante parcelles de l'essai ; il n'est pas possible de tirer des conclusions définitives après une seule année (inventaire du mois de mai 1968 et du mois de mai 1969). Toutefois, notons que dès la seconde année *Poa pratensis* disparaît systématiquement des parcelles N = 240 ; quant au trèfle (*Trifolium repens*), déjà faiblement représenté lors de la mise en place de l'essai (3 à 7 %), il ne subsiste, en faible proportion, que dans les parcelles N = 60 (environ 30 % de la population de départ). *Lolium perenne* n'a pas connu une augmentation très spectaculaire (+ 7 à 14 %, quels que soient les traitements). *Pbleum pratense* a évolué régulièrement de + 4 à + 9 %. Par contre, *Dactylis glomerata* montre un dynamisme plus marqué en progressant jusqu'à + 17 % dans les parcelles N = 240. Mais c'est évidemment *Holcus lanatus* qui manifeste la plus forte nitrophilie : la population moyenne augmentant, en un an, de 130 % dans les parcelles N = 240.

Enfin, il faut noter que lorsque les graminées de la catégorie G1 atteignent ou dépassent 45 % du total, leur présence relative reste stable, quel que soit le traitement ; à l'inverse, c'est dans les parcelles où elles n'atteignent pas 40 % que leur progression a été la plus nette (6 à 7 %).

c) *Fertilisation azotée et possibilité de production d'un type de végétation donnée :*

La modification de l'équilibre floristique de la végétation prairiale sous l'influence de tel ou tel traitement est une chose, les possibilités de réponse immédiate à l'intensification en sont une autre.

Deux essais implantés dans le Bessin (*) et la Vallée de l'Orne (*) étudient les capacités de production des prairies permanentes situées dans deux milieux différents.

Le premier concerne une bonne prairie permanente du Bessin (à Maisons, près de Bayeux). Il compare trois doses d'azote (N = 60, N = 120, N = 240). Chaque traitement est répété cinq fois (parcelles de 20 m²). L'essai a été effectué deux années de suite en deux endroits différents ; l'objet n'étant pas d'étudier l'évolution de la flore, mais bien sa « réponse » à trois doses croissantes d'azote.

(*) Bessin : Limon de plateaux.
Vallée de l'Orne : sols dérivés des schistes du Briovérien.

TABLEAU XI

EXEMPLE DE POTENTIALITE D'UNE VEGETATION PRAIRIALE HOMOGENE
SOUmise A DIFFERENTS TYPES DE FUMURES AZOTEES (N = 60, N = 120, N = 240)

Année de l'essai ...	1968									1969								
	N = 60			N = 120			N = 240			N = 60			N = 120			N = 240		
Traitement	5			5			5			5			5			5		
Nbre de répétitions ..	5			5			5			5			5			5		
Variation extrême ..	\bar{X}	+	-															
Nom des espèces :																		
<i>Lolium perenne</i> ...	11,6	15,8	7,6	11,0	12,1	9,2	13,0	15,0	10,5	13,9	15,3	11,2	13,9	15,0	12,9	14,7	16,1	13,2
<i>Dactylis glomerata</i> ..	10,8	12,6	8,5	14,0	15,2	8,0	13,0	17,5	6,6	15,9	19,9	10,0	15,7	17,6	12,9	17,1	19,2	14,3
<i>Festuca pratense</i> ...	12,3	14,5	11,1	12,4	15,1	9,3	10,0	15,6	5,2	11,8	15,4	10,1	11,7	12,5	9,2	12,5	14,2	11,5
<i>Pbleum pratense</i> ...	0,9	1,7	0,0	0,6	3,2	0,0	1,2	1,8	0,0	0,6	3,2	0,0	0,6	3,5	0,0	1,3	3,4	0,0
Total G 1	35,6	—	—	38,0	—	—	37,2	—	—	42,2	—	—	41,9	—	—	45,6	—	—
<i>Poa pratensis</i>	12,3	12,8	10,7	13,2	15,2	10,6	14,0	15,7	12,9	9,6	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Poa trivialis</i>	11,6	14,2	9,6	11,0	13,5	7,4	11,3	15,2	7,8	8,0	14,5	0,0	17,2	17,6	16,0	15,6	16,7	13,4
<i>Alopecurus pratense</i> ..	14,5	15,8	12,6	15,2	18,5	10,6	15,1	17,5	11,9	17,6	19,2	11,6	18,0	19,6	16,0	18,1	19,3	16,0
<i>Holcus lanatus</i>	0,9	3,0	0,0	2,0	5,3	0,0	2,2	4,6	0,0	3,7	6,4	0,1	5,4	5,8	3,7	5,2	6,0	4,0
<i>Agrostis stolonif.</i> ...	3,9	4,6	1,4	1,3	1,6	0,0	0,2	1,3	0,0	3,4	6,7	0,0	1,8	3,7	0,0	2,4	3,6	0,0
Total G 2	42,7	—	—	42,7	—	—	42,8	—	—	42,3	—	—	44,4	—	—	41,3	—	—
<i>Anthoxanthum odor.</i> ..	0,5	2,8	0,0	0,5	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total G 3																		
<i>Trifolium repens</i> ..	3,5	6,4	1,4	3,0	5,3	0,0	1,0	1,7	0,0	0,0	4,3	0,0	1,0	3,7	0,0	0,3	1,3	0,0
<i>Ranunculus acris</i> ..	11,9	15,3	8,0	14,4	15,0	7,5	11,4	15,0	8,7	11,7	18,0	6,7	5,9	12,9	8,9	8,2	10,2	3,9
<i>Urtica dioica</i>	0,6	1,6	0,0	0,6	1,3	0,0	1,7	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,8	0,0	0,4	1,8	0,0
<i>Taraxacum officinale</i> ..	0,6	1,6	0,0	1,9	6,6	0,0	2,2	4,2	0,0	0,6	1,6	0,0	0,3	1,9	0,0	1,0	2,0	0,0
<i>Cirsium arvense</i> ...	2,4	4,2	1,5	1,5	4,0	0,0	0,9	1,8	0,0	1,0	1,8	0,0	1,7	1,9	0,0	1,4	3,7	0,0
<i>Rumex</i> sp.	0,8	1,5	0,0	0,3	1,7	0,0	0,6	1,9	0,0	2,8	3,7	1,6	1,7	1,8	0,0	1,8	3,5	0,0
<i>Achillea millefol.</i> ..	0,3	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total diverses ...	16,6	—	—	15,7	—	—	17,3	—	—	16,1	—	—	9,9	—	—	13,1	—	—
Rendement en t de M.S./ha	5,9			6,6			7,5			5,9			4,3			7,7		
Variations par rap- port au témoin ..	100			111			127			100			123			130		

Le tableau XI récapitule les inventaires floristiques effectués au mois de mai ; à la moyenne correspond « l'inventaire moyen » des cinq parcelles d'un traitement, les valeurs extrêmes (+ et —), pour chaque espèce, précisent les amplitudes observées.

Les inventaires montrent une composition floristique très comparable entre les parcelles (test de JACQUARD). Par ailleurs, il faut noter le bon équilibre entre les catégories G 1, G 2, G 3, légumineuses et diverses.

Les résultats obtenus par les différents traitements indiquent une potentialité supérieure d'environ 30 % lorsque l'on passe du traitement N = 60 au traitement N = 240, et cela dès la première année.

Cette constatation amène à remettre en cause la notion d'Indice global de qualité calculé en multipliant l'importance relative des diverses espèces par un indice agronomique spécifique, variant de 0 à 5 (DEVRIES, 1950, DELPECH, 1960, POISSONET, 1967) (21).

Une fois admise la valeur des différents indices, il devient très facile de calculer la note (N.A.) de chaque parcelle de la façon suivante :

$$\text{N.A.} = \frac{\text{Somme des produits (indice} \times \text{P \%)} \text{ de toutes les espèces}}{500} \times 100$$

N.A. : Note agronomique de la parcelle étudiée

Indices : Donnés par les tables (voir *Fourrages*, numéro de décembre 1971)

P % : Présence relative de chaque espèce.

500 : Note agronomique maximum (Indice 5 \times 100 des présences = 500)

A partir de ce calcul, certains pastoralistes estiment même qu'il est possible d'apprécier le chargement U.G.B. (*) et le rendement en U.F. (*) (21).

La transformation des données de la végétation en terme économique est évidemment très séduisante, d'autant plus qu'il s'agit d'un calcul simple basé

(*) U.G.B. : Unité gros bétail.
U.F. : Unité Fourragère.

sur l'idée suivante : une prairie composée des seules espèces bénéficiant de l'indice 5 atteindrait, en fonction de ce qui a été dit précédemment, la note 100 et permettrait l'entretien de 2 U.G.B. par hectare, soit 6.000 U.F. (la définition de l'U.G.B. correspondant à une vache de 600 kg consommant 3.000 U.F./an). Il devient alors facile de déterminer les valeurs correspondantes, soit :

$$\frac{2 \text{ U.G.B.}}{100} = 0,02 \text{ U.G.B./point de note agronomique}$$

$$\frac{6.000 \text{ U.F.}}{100} = 60 \text{ U.F./point de note agronomique}$$

Il suffit ensuite de multiplier la note agronomique (N.A.) obtenue précédemment pour déterminer le chargement en U.G.B. et le rendement en U.F.

Cette façon de voir les choses ne tient pas compte de nombreux facteurs, parmi lesquels il faut retenir (18) :

- les qualités organoleptiques des fourrages,
- le stade physiologique des plantes lors de la consommation,
- les techniques de pâturage,
- l'état sanitaire des plantes prairiales,
- etc.

Elle néglige également la *notion de potentialité d'une végétation donnée* et laisse entendre que la production restera fixe quelle que soit la méthode de mise en valeur.

Les éléments cités précédemment contredisent ce point de vue, ainsi d'ailleurs que le second essai implanté dans la Vallée de l'Orne, montrant qu'une prairie de composition botanique très proche pour ne pas dire identique permet des rendements variant de $\pm 25 \%$ suivant qu'elle est soumise à une fertilisation plus ou moins intensive (tableau XII).

TABLEAU XII
COMPARAISON DE PRODUCTIONS
DE PARCELLES DE COMPOSITIONS FLORISTIQUES VOISINES
SOUMISES A DES FUMURES CROISSANTES

Traitement	Témoin : fumure-type de l'exploitation	Fumure N moyen	Fumure N fort
Type de fumure ...	N 200 - P 120 K 120 (3 répétitions)	N 300 - P 120 K 120 (3 répétitions)	N 400 - P 120 K 120 (3 répétitions)
Espèces :	P %	P %	P %
<i>Dactylis glomerata</i> ..	6,0	6,0	7,0
<i>Lolium multiflorum</i> ..	7,0	8,0	6,0
<i>Lolium perenne</i>	9,0	9,6	7,0
<i>Pbleum pratense</i> ...	—	—	1,1
Total des bonnes graminées G1 ..	22,0	23,6	21,1
<i>Arrhenaterum ela.</i> ..	3,3	3,3	4,0
<i>Poa pratensis</i>	8,0	8,2	7,0
<i>Poa trivialis</i>	5,0	4,0	4,5
Total graminées G2	26,7	28,5	27,5
<i>Agrostis</i> sp.	1,3	1,0	1,6
<i>Holcus lanatus</i>	12,4	13,0	12,0
<i>Anthoxanthum odo.</i> ..	9,0	9,0	10,0
<i>Festuca rubra</i>	1,3	0,8	1,0
Total graminées G3	11,6	10,8	12,6
<i>Trifolium repens</i> ..	7,0	6,0	8,0
<i>Trifolium pratense</i> .	1,3	4,0	3,0
Total légumineuses	8,3	10,6	11,0
Diverses	29,0	27,0	28,0
Total des P % ...	100	100	100
Note agronomique ..	49,0	51,0	49,0
Rendement U.F. calculé à partir de la note agronomique .	2.940 U.F.	3.060 U.F.	2.940 U.F.
Variation par rapport au témoin	100	104	100
Rendement total ha (cumulé des trois exploitations)	8,2 t (*)	9,4 t (*)	10,2 t (*)
Variation par rapport au témoin	100	115	124

La conduite de deux essais de 1968 à 1971, l'un dans la Vallée de l'Orne (à Trois-Monts), l'autre dans le Pays d'Auge (à Percy-en-Auge), avait pour objet d'apporter des éléments de réponse à cette question.

Condition des deux essais :

La flore des deux prairies présente une qualité moyenne ; *Lolium perenne* atteint 8 et 10 % du total des espèces, les graminées productives entre 20 et 25 % et les plantes diverses (*Renonculus acris*, *Taraxacum officinalis*, *Plantago sp.*, etc.) 25 à 29 %. La fumure de fond se compose de 150 unités de P et K apportées en une fois.

Les résultats obtenus par les divers traitements figurent au tableau XIV.

TABLEAU XIV
REPONSE DE LA PRAIRIE PERMANENTE
A LA FERTILISATION AZOTEE AU-DELA DE 200 UNITES/HECTARE
(Rendement en tonnes de M.S./hectare)

Région	Dose : Année	200 unités	300 unités	400 unités	P.P.D.S.	C.V. %
Trois Monts	1968	8,2	9,4	10,2	0,96	4,5
	1969	11,7	13,4	13,5	1,2	4,2
	1970	9,4	9,9	9,5	1,4	6,6
	1971	9,0	10,0	10,0	—	(*)
	Moyenne	9,5	10,5	10,0	—	—
Pays d'Auge	1969	10,1	11,5	12,9	0,91	3,4
	1970	9,5	10,7	10,7	2,0	4,0
	1971	9,5	11,0	11,0	—	(*)
	Moyenne	9,7	11,0	11,5	—	—

(*) Dernière coupe rendement estimé, un troupeau de bovins ayant pâturé l'essai.

Les premiers résultats, malgré leur hétérogénéité, suggèrent une certaine analogie avec la courbe de réponse à l'azote du ray-grass anglais, ce qui est somme toute logique, cette dernière espèce étant l'une des mieux représentées et les plus productives de la flore prairiale.

D'autre part, quatre prairies exploitées par des agriculteurs ont été contrôlées pendant une année (carnets de pâturage), afin de pouvoir confronter les résultats calculés à partir de l'inventaire floristique et les rendements réellement produits (tableau XIII).

TABLEAU XIII
COMPARAISON DES DEUX METHODES DE DEFINITION
DU RENDEMENT D'UNE PRAIRIE

— *Calcul à partir de l'inventaire floristique.*
— *Contrôle par l'intermédiaire des carnets de pâturage.*

Parcelles	U.F. déterminé à l'aide des carnets de pâturage	Inventaire floristique		Différence
		Note agronomique	U.F. calculés	
1	3.150	44,6	2.742	408
2	3.500	44,6	2.676	824
3	3.700	47,6	2.856	844
4	4.230	50,0	3.000	1.230

Les résultats obtenus suivant les deux méthodes sont comparables dans le cas de faibles rendements (parcelle 1). Ensuite, et au fur et à mesure que les rendements augmentent, les amplitudes se creusent pour atteindre même le quart de la production totale dans le cas de la parcelle 4. La différence est cette fois considérable. Il serait évidemment souhaitable de disposer d'une série plus importante pour conclure. Tous les éléments convergent et il faut bien reconnaître que seule l'expérimentation permet d'évaluer les possibilités de production de la prairie.

L'écologie, lorsqu'elle s'applique à l'agriculture, ne peut pas se satisfaire des seules descriptions.

d) *La prairie permanente peut-elle valoriser une fertilisation supérieure à 200 unités d'azote ? (6, 9, 12)*

Une fumure de 150 à 200 unités d'azote apparaît à la lecture des précédents résultats comme un niveau satisfaisant, permettant de multiplier par 2 la moyenne des « statistiques ». Peut-on aller plus loin ?

La définition quantitative de la végétation prend ici toute son importance et, avant de conclure, il faudrait certainement prolonger l'expérimentation au-delà de quatre ou cinq ans, afin de compenser « l'effet année » et ensuite d'étudier le comportement et la productivité du groupement végétal stabilisé.

e) *Incidence de l'intensification sur les exportations de différents minéraux du sol :*

L'intensification amène rapidement l'agriculteur à repenser le bilan fertilisation de son entreprise et l'évolution des exportations est souvent très intéressante à méditer.

Pour illustrer cet aspect particulier, nous retiendrons un essai implanté dans le Pays d'Auge (Hotot-en-Auge) par la S.C.P.A. (*), depuis 1968, tableau XV.

Il s'agit d'une prairie permanente de bonne qualité où les graminées dominent largement la végétation prairiale. Elle recevait, avant la mise en place de l'essai, une fumure P_2O_5 sous forme de scories et environ, chaque année, 30 unités d'azote (10).

TABLEAU XV
RENDEMENT ET EXPORTATION DES ELEMENTS MINERAUX
EN FONCTION DE L'INTENSIFICATION
(Rendement exprimé en tonnes de M.S./hectare)

Dose :	N = 0	N = 50	N = 100	N = 150	Variations relatives entre N = 0 et N = 150
<i>Critères Rendement t de M.S./ha</i>	8,22	8,82	10,60	11,92	
<i>Exportation kg/ha</i>					
N	138	143	174	191	—
P ² O ⁵	65	69	82	92	+ 41
K ² O	198	220	266	301	+ 52
Ca 0	84	74	85	90	+ 7
Mg 0	21	22	26	29	+ 38

Les exportations de P_2O_5 et de K_2O augmentent de 40 à 50 %, MgO de 38 %. C'est là un aspect jamais abordé lors de la mise en place d'un plan de fumure, quoique théoriquement connu, et déjà en 1964 MAHOU (20) attirait l'attention sur le problème. Il indiquait les ordres de grandeur suivants, concernant surtout les prairies de fauche (production : 10 t de M.S./ha).

— azote	130-220 kg/ha
— P_2O_5	35- 75 kg/ha
— K_2O	137-260 kg/ha
— CaO	66-200 kg/ha
— MgO	28- 50 kg/ha

Une grande similitude peut être notée entre les prélèvements observés et les normes proposées. Il est intéressant de remarquer l'accélération qui s'opère pour produire au-delà d'une production de 7 t de M.S./ha.

2.2.2.2. Le cas des prairies temporaires :

Les références locales sérieuses, concernant les possibilités des productions des prairies temporaires, remontent à une dizaine d'années. L'implantation de la « microchaîne » de productions fourragères du Lycée du Robillard a largement contribué à faire connaître les possibilités des espèces sélectionnées. Les premiers résultats obtenus, publiés en 1967, soulignent les capacités génétiques des variétés et les aptitudes écologiques de la région à la culture de l'herbe (A. MALLET, 1967) (tableau XVI).

TABLEAU XVI
RESULTATS OBTENUS DE 1964 A 1967 INCLUS
SUR LA MICROCHAÎNE DU LYCEE AGRICOLE DU ROBILLARD (4)

<i>Espèces et variétés</i>	<i>Rendements moyens obtenus entre 1964-1967 en t/ha</i>	<i>Amplitudes observées en t/ha</i>
— Fétuque élevée « Manade »	19,3	15,5 à 21,3
— Dactyle 1/2 précoce « Floréal »	14	12,5 à 15,9
— Ray-grass anglais « Melle pâture »	15,7	12,5 à 19,4

A la même époque, le S.P.I.E.A. et l'E.D.E. du Calvados implantèrent des essais concernant les espèces considérées comme les plus productives : le ray-grass italien et la fétuque élevée.

a) *Le ray-grass italien :*

Parmi les résultats concernant cette espèce, il faut citer ceux obtenus par COSTREL DE CORAINVILLE dans le Bessin, en bonne terre de vallée. L'essai (quatre blocs de six parcelles) visait à apprécier la réponse à l'azote du ray-grass italien Rina (semé en 1964). Cinq traitements étaient comparés au témoin 0, soit des fumures croissantes théoriques de N = 100, 200, 300, 400, 500 unités par hectare et par an, réparties de la façon suivante : moitié de la dose en fin d'hiver et ensuite un quart après chaque exploitation (le protocole justifie les variations de fumure finale figurant au tableau XVII. La fumure de fond était composée de 120 unités de K₂O et 120 unités de P₂O₅ (8).

TABLEAU XVII
REPOSE A L'AZOTE DU RAY-GRASS ITALIEN RINA

<i>Dose totale d'azote apportée</i>	<i>Tonne de matière sèche à l'ha</i>	<i>Kg de matière sèche par kg d'N</i>
Année 1965 — (6 coupes)		
0	11,3	—
175	15,7	25,1
350	19,4	23,1
525	20,7	17,9
700	20,7	13,4
875	21,1	11,2
Année 1966 — (5 coupes)		
0	10,1	—
150	13,0	19,3
300	14,9	16,2
450	14,9	10,7
600	13,4	5,5
750	13,5	4,6
Production cumulée des 2 années		
0	21,4	—
325	28,7	22,5
650	34,3	20,0
975	35,6	14,6
1.300	34,1	9,8
1.625	34,6	8,2

Le traitement statistique des résultats donne un optimum pour la première année de 504 unités et de 352 pour la seconde.

Cet essai montre les possibilités impressionnantes du ray-grass italien (35 t de M.S. en deux années d'exploitation). De telles performances nécessitent un climat humide et doux et un sol fertile, capable de conserver des réserves en eau suffisantes tout au cours de l'année.

Les diverses régions agricoles du département ne sont pas aussi favorisées que le Bessin : en effet, pour une fumure de N = 300, les rendements obtenus dans la région de Bayeux se situeront entre 15 et 19 tonnes, alors que, dans la Vallée de l'Orne, ils évolueront entre 12 et 17 tonnes de M.S./hectare, avec des risques d'échec dans cette dernière région très sensible à la sécheresse (9, 11).

b) *La fétuque élevée :*

Elle apparaît, certainement, comme l'une des graminées les plus productives dans toutes les régions du département, atteignant non seulement dans les parcelles expérimentales mais également chez les agriculteurs des productions très élevées, comprises entre 15 et 20 tonnes de M.S./hectare.

Les possibilités de l'espèce ont été étudiées dans trois situations différentes :

- les limons argileux du Bessin (Maisons, 14),
- les terres argileuses de la Vallée de l'Orne (Trois-Monts),
- la région de Saint-Pierre-sur-Dives (Lycée agricole).

Nous retiendrons l'essai conduit par le S.P.I.E.A. de 1967 à 1971 dans le Bessin et celui de l'E.D.E. implanté en terres argileuses de la Vallée de l'Orne.

Il s'agit, dans le premier cas, d'une fétuque élevée, semée en août 1966 derrière orge, dans une bonne terre de la Vallée de l'Aure (Ferme du Carel, à Maisons, près de Bayeux) et exploitée depuis 1967 en fauche pour la déshydratation (16).

La fumure de fond, uniforme sur l'ensemble de l'essai, représente en kilos d'éléments :

- P₂O₅ : 170 à 200 unités chaque année,
- K₂O : 350 à 400 unités chaque année.

La fumure azotée, en unités d'N à l'hectare, se répartit de la façon suivante :

<i>Traitements</i>	<i>Témoin</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
— en fin d'hiver (fin février-début mars)	0	50	100	150
— après chaque coupe	0	25	50	75
<i>Quantités totales d'azote apportées par an :</i>				
— 1967, 1968, 1969, 1970, 1971 (5 coupes)	0	150	300	450
— 1968 (6 coupes)	0	175	350	525

TABLEAU XVIII
COURBE DE REPONSE A LA FERTILISATION AZOTEE
DE LA FETUQUE ELEVEE « MANADE »
(exprimée en tonnes de M.S. à l'hectare)

	<i>Témoin</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
1967	7,0	13,0	16,5	18,6
1968	10,5	14,7	18,4	19,5
1969	8,3	12,6	15,2	16,9
1970	6,7	11,1	14,0	15,5
1971	7,7	12,0	15,5	16,3
Production totale des 5 années	40,2	63,4	79,5	86,8
Rendement moyen annuel par traitement	8	12,7	15,9	17,4
Productivité par rapport au témoin du kg d'azote (exprimée en kg de M.S.)	—	30	25	20

La dose optimum de l'essai se situe à 460 unités de N après avoir connu un seuil légèrement inférieur : 430 en 1967, année de première production. En règle générale, elle a été régulièrement supérieure à 450 avec une exception toutefois en 1971, du fait du climat.

La productivité de l'engrais azoté a été très élevée, atteignant 25 kg de M.S. par kilo de fertilisant.

L'essai montre d'autre part l'incidence de l'intensification sur le niveau des exportations en oligo-éléments, celles du cuivre sont multipliées par trois, celles du manganèse et du magnésium font plus que doubler (tableau XIX).

TABLEAU XIX

COMPARAISON DES EXPORTATIONS D'ELEMENTS FERTILISANTS
ENTRE LES TRAITEMENTS EXTREMES N = 0 ET N = 450

Les chiffres ci-après concernent le témoin sans azote et le traitement C ayant reçu la dose la plus élevée d'azote (525 unités en 1968, 450 les autres années.

(P. COSTREL DE CORAINVILLE, 1972)

Années	Fertilisation annuelle Témoin	Exportations						
		N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Mg (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mn (g/ha)	Cu (g/ha)
1967	0	121	39	203	6	47	900	17,3
1968	0	257	84	327	12	31	1.727	44,7
1969	0	161	65	263	16	71	1.429	27,6
1970	0	171	52	—	—	44	—	—
1971	0	195	69	—	—	61	—	—
Moyenne		181	62	264	11	63	1.352	29,9
1967	450	462	87	502	20	146	2.450	127,6
1968	525	528	118	441	22	137	3.014	98,1
1969	450	435	96	339	24	150	2.555	73,9
1970	450	420	94	—	—	93	—	—
1971	450	494	109	—	—	88	—	—
Moyenne		468	101	427	22	123	2.673	99,9

TABLEAU XXI
REPONSE DE LA FETUQUE MANADE A TROIS DOSES DE FUMURE AZOTEE
(Rendement exprimé en tonnes de M.S./hectare)
(Essai bloc, trois répétitions)

<i>Années</i>	1968		1969		1970		1971	
	<i>t M.S./ha</i>	<i>Indice</i>						
200 unités	13,3	100	10,1	100	8,5	100	10,1	100
Indice	100		76		64		75	
300 unités	15,8	126	12,7	125	10,5	129	11,2	110
Indice	100		80		65		70	
400 unités	17,9	135	14,2	140	12,5	147	13,2	130
Indice	100		80		70		70	

Deux observations s'imposent à la lecture des chiffres précédents :

- La variation relative entre les traitements reste très comparable au cours des quatre années de l'essai (comparaison suivant les colonnes).
- Par contre, lorsque l'on retient comme base 100 le résultat obtenu pour un traitement donné, la première année de l'essai (comparaison suivant les lignes), il est remarquable de constater dès la seconde année un décrochement de la production s'accroissant la troisième année pour se stabiliser, semble-t-il, la quatrième.

« L'effet année » (*) ne doit pas être négligé dans cette affaire, mais d'autres hypothèses peuvent certainement être proposées : en particulier, la comparaison des résultats des deux essais Bessin et Vallée de l'Orne soulèvent la notion de fertilité du milieu. Enfin, dans l'essai Vallée de l'Orne, ne pourrait-on pas penser qu'un élément (oligo-éléments) joue le rôle de facteur limitant ?

Il serait intéressant de pouvoir analyser les variations de potentialité d'un milieu à l'autre et de déterminer économiquement les possibilités de compensations. Dans ce domaine, tout reste à faire !

2.2.3. Les résultats des essais sont-ils transposables dans la pratique ?

Les disproportions existant entre les rendements moyens observés globalement et les résultats d'essais amènent à se poser plusieurs questions :

- Les chiffres retenus sur le plan départemental reflètent-ils la réalité ?
- Les résultats des essais sont-ils transposables dans la pratique ?

(*) Nous entendons par « effet année » la variation des conditions climatiques (répartition et hauteur annuelle).

Nous avons déjà souligné le problème à l'occasion de l'intensification des prairies permanentes. Cette fois, les exportations prennent des proportions beaucoup plus grandes ; les chiffres habituellement admis concernent une production de 10 t de M.S. (tableau XX), dans le cas présent ils correspondent en gros au témoin 0 de l'essai.

TABLEAU XX
EXPORTATION
D'ELEMENTS FERTILISANTS GENERALEMENT ADMIS
POUR UNE PRODUCTION DE 10 TONNES DE MATIERE SECHE (20)

<i>Espèce</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K²O</i>	<i>Ca O</i>	<i>Mg O</i>
Ray-grass italien	173-200	65-76	170-321	113-156	52
Ray-grass anglais	200-250	70-120	250-300	96-120	25-30
Dactyle	143-219	40-75	200-296	35-140	20-40
Fétuque élevée	190-192	70-75	255-265	96-105	28-34
Fléole des prés	180-200	80-90	200-250	50-60	20-25

Enfin, la productivité considérable de la fétuque élevée Manade mérite d'être notée : elle atteint, avec les plus hautes doses d'azote, 17 t de M.S. en moyenne et près de 20 t lorsque, comme en 1968, une sixième coupe peut être effectuée.

Les résultats obtenus dans le cadre de l'essai de l'E.D.E. mis en place sur les terres argileuses de la Vallée de l'Orne (Trois-Monts, limite du Charmoutien) présentent une allure assez différente et la comparaison n'est pas sans intérêt. Le but était identique : étudier la courbe de réponse à l'engrais azoté de la fétuque élevée Manade semée en 1966. Mais, cette fois, dans un milieu sensiblement moins fertile que le précédent. La comparaison portait sur trois doses : N = 200, 300, 400, la fumure P et K étant annuellement de 150 unités. Le tableau XXI récapitule l'ensemble des résultats obtenus (6, 9, 12).

Une série d'enregistrements : carnets de pâturage, contrôle de production de matière sèche, tenus malheureusement par trop peu d'agriculteurs, permettent de retrouver l'éventail des productions ; ils confirment la valeur des essais dont les conclusions ont été transposées en « grandeur réelle » (tableau XXII).

La diffusion des résultats d'essais et de l'information en matière de fourrage auprès des agriculteurs ne serait-elle pas alors à revoir ?

Peut-on espérer améliorer la production des prairies permanentes et dans quelle proportion ? L'importance relative des graminées productives présentes dans la végétation permet de porter un jugement.

Lorsqu'elles atteignent ou dépassent 20-25 % du total, la réponse à l'intensification doit être suffisamment rapide.

Une étude effectuée à partir de cinq cents parcelles donne, pour les diverses régions du Calvados, la répartition suivante (14, 17) :

- Pays d'Auge : 76 % des parcelles inventoriées sont susceptibles d'intensification.
- Bessin : 85 % des parcelles inventoriées sont susceptibles d'intensification (exception faite de la zone sur schistes).
- Bocage et Bessin sur schistes : 32 % des parcelles inventoriées sont susceptibles d'intensification.

(La catégorie suivante 15-19 % de graminées productives regroupe près de la moitié des surfaces inventoriées.)

2.2.4. Valorisation de la fertilisation azotée :

Une étude récente de la station de Rothamsted, datée de 1969, montre la mauvaise utilisation générale des engrais azotés ; en fait, pour certains chercheurs, moins de 50 % de la dose moyenne d'azote appliquée se retrouve dans la production. Certains même sont plus pessimistes, estimant qu'un tiers seulement des fertilisants se trouvent valorisés par les cultures, le reste contribue à polluer un peu plus encore l'environnement, en particulier les nappes phréatiques (24).

TABLEAU XXII

RENDEMENTS DE DIVERSES PRODUCTIONS FOURRAGERES
 REELLEMENT OBSERVES CHEZ DES AGRICULTEURS DU BOCAGE ET DU BESSIN

Nature des cultures	Surface (ha)	Nbre parc.	Rendement et amplitude	Niveau de fertilisation			Régions agricoles
				N = 0	N = - 150	N = + 150	
<i>exprimé en Unités Fourragères/hectare</i>							
Prairies permanentes (*)	38,6	37	Moyenne	2.980	3.820	4.172	Bocage
			Extrême +	3.940	5.000	3.000	
			Extrême —	1.340	2.740	5.990	
Ray-grass italien (*)	11,4	6	Moyenne	—	—	5.240	virois
			Extrême +	—	—	4.000	
			Extrême —	—	—	6.300	
Prairies temporaires autres que ray-grass italien (*)	25	14	Moyenne	—	5.884	7.400	
			Extrême +	—	7.530	9.000	
			Extrême —	—	3.870	5.200	
Prairies permanentes (**)	58	30	Moyenne	2.700	—	—	Bessin
			Extrême +	1.000	—	—	
			Extrême —	4.500	—	—	
<i>exprimé en tonnes de M.S./ha</i>							
Fétuque élevée (***)	26,5	6	Moyenne	—	12 t	13 t	Bessin
			Extrême +	—	—	14,8 t	
			Extrême —	—	—	10,5 t	
Ray-grass italien (***)	31,5	7	Moyenne	—	8,9	10 t	
			Extrême +	—	—	12,4 t	
			Extrême —	—	—	6,6 t	

(*) Carnets de pâturage, tenus chez 2 agriculteurs du G.V.A. : BENY-VASSY, D. MANDRON.

(**) Carnets de pâturage C.E.T.A., Isigny (4).

(***) Contrôle production déshydrateuse, région de Bayeux.

Potentialité fourragère

a) *Fertilisation azotée croissante sur fétuque élevée Manade (9, 1) :*
(100, 200, 300, 400, 500, 600, 700)

L'essai est situé dans la Vallée de l'Orne, à Trois-Monts. Les exportations de N en kg par hectare ont été calculées après analyse (l'effet année entraînera quelques variations).

<i>Doses apportées</i>	<i>Exportations</i>	<i>%</i>
200	191	85
300	268	89
400	331	85
500	400	80
600	450	73
700	480	63

80 à 90 % de l'azote apporté par les engrais se retrouvent dans la plante entre le traitement N = 200 et N = 500, au-delà le chiffre tombe rapidement à 70-60 %.

La dose N = 400 apparaissant comme un optimum tant économique que technique a été étudiée suivant trois niveaux de fertilisation potassique (K₂O = 200, 300, 400).

L'augmentation de la fumure potassique ne modifie pas significativement les exportations de N.

<i>Doses apportées</i>	<i>Exportation N</i>	<i>%</i>
K ₂ O = 200	353	88
N = 400		
K ₂ O = 300	354	88
N = 400		
K ₂ O = 400	369	92
N = 400		

b) *Ray-grass italien* :

Des calculs identiques aux précédents ont été effectués pour un ray-grass italien recevant 300 unités de N/ha, fractionnées suivant trois méthodes :

<i>Traitement</i>	<i>Dose d'azote</i>		
	<i>T 1</i>	<i>T 2</i>	<i>T 3</i>
— Hiver	—	50	50
— Fin hiver	100	50	100
— Après 1 ^{re} coupe	50	50	50
— Après 2 ^e coupe	50	50	50
— Après 3 ^e coupe	50	50	25
— Après 4 ^e coupe	50	50	25
Total	300	300	300

Les différents traitements n'entraînent pas de différences très significatives au niveau du rendement ($\pm 1,5$ t de M.S./ha).

- T 1 : les exportations représentent 64 % des apports.
- T 2 : les exportations représentent 60 % des apports.
- T 3 : les exportations représentent 70 % des apports.

Le traitement T 2 valorise, semble-t-il, le moins bien l'apport de fertilisant.

Il existe peu de résultats intéressant la prairie permanente, les seuls disponibles concernent une prairie de qualité médiocre, soumise pendant l'année 1969-1970 à une fertilisation N = 400, apportée sous trois formes différentes :

- Ammonitrate
- Nitrate de chaux
- Moitié ammonitrate, moitié nitrate de chaux.

Les exportations représentent en moyenne et suivant les traitements :

- Ammonitrate : 85 % des doses apportées.
- Moitié ammonitrate, moitié nitrate : 81 % des doses apportées.
- Nitrate de chaux : 60 % des doses apportées.

En règle générale, la fertilisation azotée apparaît comme convenablement utilisée, au moins par les fétuques élevées ; il n'en va pas exactement de même pour la prairie permanente et le ray-grass italien. La seule quantité d'engrais à l'hectare n'est pas suffisante pour améliorer la production, encore faut-il qu'il soit apporté au moment opportun.

La connaissance de la physiologie des espèces prairiales prend ici toute son importance. Il faut bien reconnaître avec KERGUELEN que le fractionnement judicieux de la fumure, compte tenu des époques d'activité biologique des plantes, est aussi important à considérer que la dose totale d'engrais apportée chaque année (19).

3.1. Fertilisation azotée et qualité des fourrages.

Les répercussions de l'intensification ne seront pas uniquement quantitatives, mais également qualitatives ; les plantes soumises à une fertilisation azotée élevée risquent d'accumuler en plus ou moins grandes quantités de l'azote sous forme non protéique (nitrates), dont l'ingestion répétée par les animaux risque à terme d'être toxique.

Les essais conduits à la Station du Pin-au-Haras (R. LAISSUS, 1969) à partir d'écotypes locaux montrent que la vitesse de transformation de l'azote nitrique en azote organique dépend de l'espèce végétale fertilisée (22).

Les résultats ci-après, obtenus à partir d'une récolte effectuée le 15 novembre, donnent des ordres de grandeur, au moins pour les fourrages d'arrière-saison.

Les plantes avaient reçu une fumure identique, tout au cours de l'année, de 120 unités d'azote, ainsi répartie : 40 unités au printemps, 40 unités à la première coupe, 40 unités à fin septembre, après l'avant-dernière exploitation.

<i>Nom de l'espèce</i>	<i>Azote non protéique</i>
— Fétuque élevée	0,61 % de M.S.
— Houlique laineuse	0,43
— Fléole des prés	0,32
— Dactyle aggloméré	0,31
— Pâturin commun	0,25
— Fléole noueuse (<i>Phleum nodosum</i>)	0,23
— Ray-grass anglais	0,21
— Vulpin des prés	0,14
— Agrostis stolonifère	0,09
— Agrostis des chiens	0,09

Récemment, DEMARQUILLY a montré qu'une fertilisation de 40 à 100 unités d'azote par cycle modifiait peu la digestibilité de la matière organique et augmentait, en revanche, la digestibilité de l'azote sans toutefois modifier la liaison entre la digestibilité et la quantité. Par ailleurs, et suivant le même auteur, la fertilisation azotée a tendance à accroître légèrement les teneurs en cendre et en cellulose brute du fourrage (mais rarement de façon significative) (23).

Le cas de la prairie permanente apparaît évidemment plus complexe. En effet, la fertilisation va influencer non seulement la qualité des espèces composant le fourrage, mais également l'équilibre entre les composants floristiques de la prairie (cf. paragraphe 2.2.1. *b*).

La catégorie « plantes diverses » se trouve profondément modifiée. Le classement des résultats d'inventaire floristique des prairies du Bocage Virois, suivant les niveaux d'intensification, en est un témoin caractéristique.

C'est ainsi qu'entre les catégories « extensives » et « intensives » (tableau XXIII), les « plantes diverses » régressent de moitié, alors que, par exemple, les graminées productives sont multipliées par 5.

Ces modifications de composition floristique vont évidemment se répercuter au niveau de la valeur alimentaire du fourrage et en particulier de sa composition minérale. La mesure des « effets secondaires de la fumure azotée », suivant la méthode définie par J. LAMBERT, prend ici toute sa signification (25).

Il est très important de connaître la nature et l'ampleur des modifications, afin d'être en mesure de pallier d'éventuels inconvénients.

TABLEAU XXIII
IMPORTANCE DES DIFFERENTES CATEGORIES D'ESPECES PRAIRIALES
EN FONCTION DU NIVEAU D'INTENSIFICATION

Catégories	Importance des graminées G1			Importance des graminées G2			Importance des graminées G3			Importance des légumineuses			Importance des diverses		
	\bar{X}	+	-	\bar{X}	+	-	\bar{X}	+	-	\bar{X}	+	-	\bar{X}	+	-
Intensives	36,6	45,5	31,6	23,0	36,5	13,0	3,4	6,3	0,4	13,4	19,0	4,6	23,7	31,5	13,9
En cours d'intensification	25,5	29,8	25,0	27,3	38,3	18,5	6,4	15,5	0,8	11,3	14,4	6,2	28,9	41,0	19,5
Intensification médiocre I	21,7	24,9	20,1	26,6	40,8	8,3	9,0	15,6	3,0	12,6	18,2	3,2	30,8	46,1	22,4
Intensification médiocre II	17,6	19,8	15,0	24,6	49,0	1,1	10,8	17,2	1,7	12,4	21,6	1,7	34,0	46,2	14,5
Extensives	13,0	14,9	10,7	22,6	30,8	17,6	12,3	19,1	6,0	12,5	16,6	7,7	39,0	49,2	32,0
Très extensives	6,9	9,7	2,4	20,4	27,4	12,6	17,1	24,1	1,6	12,1	16,5	7,0	40,9	52,5	32,0

CONCLUSION

Le regroupement des essais et études effectués par divers organismes au cours des dix dernières années souligne une nouvelle fois l'importance des potentialités fourragères de la région et leur quasi-sous-utilisation.

Les productions enregistrées chez les agriculteurs, utilisateurs en grandeur réelle de ce qui a été mis au point dans le cadre de dispositifs expérimentaux, confirment largement les résultats des essais, tant au niveau de la production globale (multiplication par 2, même 3, du rendement fourrager moyen), que de sa répartition (utilisation du ray-grass italien, possibilité d'utiliser des variétés de précocité différente).

La fertilisation azotée apparaît comme l'un des éléments indispensables de l'intensification fourragère ; toutefois, il faut bien reconnaître que les essais conduits jusque-là concernent uniquement l'*augmentation globale du rendement*. De nombreux aspects restent à mettre au point, en particulier lorsque l'on atteint des niveaux élevés de fertilisants à l'hectare. Il importe, dans ces conditions, de raisonner en fonction des besoins les mieux approchés possible et de la physiologie des diverses espèces considérées.

Soulignons les performances spectaculaires obtenues avec la fétuque élevée. Elle valorise très bien, entre autres, les fumures azotées de haut niveau. Quant à la prairie permanente, elle semble en mesure de rentabiliser 150 à 200 unités d'azote dans beaucoup de cas.

L'intensification et les fortes productions amènent à étudier les véritables facteurs limitants du rendement, ce qui entraîne la mise en place d'une expérimentation beaucoup plus fine d'où les paramètres à effets multiples non contrôlables sont exclus.

Par ailleurs, il ne faudra pas sous-estimer les répercussions de l'intensification, tant au niveau des exportations des éléments minéraux (oligo-éléments), qu'à celui de l'animal (azote non protéique/azote total, variation de la qualité du fourrage liée à l'évolution du groupement végétal, etc.). Les informations disponibles à ce sujet sont extrêmement minces et de nombreuses questions restent à résoudre : espèces accumulatrices d'azote non protéique, durée minimum (en jours) entre l'apport d'engrais et la mise à l'herbe des animaux, etc.

D'une façon plus générale, les éléments précédents montrent la nécessité d'adapter les techniques aux conditions du milieu, afin de mieux l'explorer, tout en préservant sa fertilité. Il importe donc de *cadre le mieux possible l'expérimentation sur le plan écologique, en précisant toutefois que l'écologie n'est pas ici un but, mais le moyen d'analyser et de comprendre les phénomènes.*

Dans l'immédiat, un problème urgent se pose : répercuter dans la pratique, de façon efficace, les résultats acquis. Les méthodes de diffusion sont certainement à remettre en cause, mais également les conditions d'établissement des références. Elles restent trop souvent fragmentaires et non intégrées dans un programme fourrager où intervient l'animal. Une coordination plus efficace des moyens consacrés à l'étude des productions fourragères devrait permettre de surmonter ces difficultés.

En tout état de cause, les informations et références disponibles peuvent, dès maintenant, entraîner des progrès significatifs à condition, toutefois, qu'elles s'inscrivent dans une véritable politique en matière fourragère ayant pour objet la mise sur pied de systèmes de productions cohérents, adaptés aux exigences régionales.

M. VIVIER,

*Chambre Départementale d'Agriculture
du Calvados.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

A. — DOCUMENTATION CONCERNANT LES PRODUCTIONS
FOURRAGERES DU CALVADOS

- (1) PELLET R. (1953) : « Six années de pâturage tournant dans le Nord-Ouest de la France. » *B.T.I.* n° 84.
- (2) CHAMBRE DEPARTEMENTALE D'AGRICULTURE DU CALVADOS (1966) : « Aspects généraux de la production fourragère dans la région de Bayeux. » *Commission déshydratation* n° 1.
- (3) CHAMBRE DEPARTEMENTALE D'AGRICULTURE DU CALVADOS (1967) : « Eléments technico-économiques déterminant le programme le développement. » Brochure ronéotypée.
- (4) MALLET A. et Collègues (1967) : « Résultats obtenus au cours des années 1964-1965, 1966-1967 sur la microchaîne du Lycée Agricole du Robillard. » Note ronéotypée.
- (5) DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE (1968) : « La structure des exploitations agricoles du Cavados. » Premiers résultats 1967.
- (6) ETABLISSEMENT DEPARTEMENTAL DE L'ELEVAGE (1968) : « Compte rendu d'essais de fertilisation réalisée en 1968 dans le Calvados. »
- (7) ETABLISSEMENT DEPARTEMENTAL DE L'ELEVAGE (1968) : « Le bocage et la déshydratation. » Brochure ronéotypée.
- (8) COSTREL DE CORAINVILLE (1968) : « Démonstration de fumure azotée sur prairies permanentes. » Circulaire du S.P.I.E.A.
- (9) ETABLISSEMENT DEPARTEMENTAL DE L'ELEVAGE (1969) : « Compte rendu des essais de fertilisation réalisés en 1969. »
- (10) SOCIETE COMMERCIALE DES POTASSES ET DE L'AZOTE (1970) : « Rapport annuel des essais de fertilisation. » I - Nord-Ouest.
- (11) ATELIER REGIONAL D'ETUDE ECONOMIQUE (1970) : « Analyse 1967 des exploitations agricoles. » Département du Calvados.
- (12) ETABLISSEMENT DEPARTEMENTAL DE L'ELEVAGE (1970) : « Comptes rendus d'activités. »
- (13) MALLET A. et Collègues (1971) : « Rendement des productions fourragères du Lycée Agricole du Robillard. »
- (14) VIVIER M. (1971) : « Les prairies permanentes du Bessin et du Pays d'Auge. » *Technique et Economie Agricole du Calvados*, n° 17.
- (15) COSTREL DE CORAINVILLE (1972) « Circulaire et information technique du S.P.I.E.A. »
- (16) COSTREL DE CORAINVILLE (1972) : « La fumure azotée, expérimentation de 1964 à 1970. » Publication du S.P.I.E.A.

- (17) VIVIER M. (1972) : « Les prairies permanentes du Bocage Virois. » (En cours de publication.)
- (18) VIVIER M. (1971) « L'interprétation agronomique des inventaires botaniques des prairies permanentes, à l'aide des grilles floristiques et des indices spécifiques. » *Fourrages* n° 48.

B. — DOCUMENTATION CONCERNANT LES PROBLEMES GENERAUX

- (19) KERGUELEN M. (1960) : « Quelques aspects de la fertilisation des prairies temporaires. » *Fourrages*, n° 3.
- (20) MAHOU A. (1964) : « Technique et fertilisation des prairies. » *Fourrages* n° 19.
- (21) DAGET Ph. et POISSONET J. (1969) : « Analyse phytologique des prairies. » *C.E.P.E.*, Montpellier, n° 48.
- (22) LAISSUS R. et MARTY J. (1969) : « Premières observations sur la teneur en azote nitrique de quelques fourrages. » Note ronéotypée de la Station I.N.R.A. du Pin au Haras (Orne).
- (23) DEMARQUILLY C. (1970) : « Influence de la fertilisation azotée sur la valeur des fourrages verts. » *Annales de Zootechnie*, volume 19, 1970, n° 4.
- (24) BLACK M. (1971) : *Down to earth real principles for fertilizer practice*. Crosby Lockwood editor.
- (25) LAMBERT J. et Collègues (1971) : « L'indice de modification spécifique : une mesure des effets primaires et secondaires de la fumure azotée. » Publication du Laboratoire d'Ecologie des prairies de l'Université Catholique de Louvain (Belgique).