

## QUELQUES DONNÉES SUR L'ALIMENTATION AZOTÉE DE LA FLÉOLE DANS LE CENTRE-EST

**C**OMME POUR LA PLUPART DES GRAMINEES FOURRAGERES, A L'EXCEPTION DU DACTYLE, LE DEVELOPPEMENT DE NOUVELLES RACINES CHEZ LA FLEOLE SE PRODUIT DES la fin de l'été, se poursuit en hiver et présente un maximum au printemps, tandis qu'au cours de l'été le système racinaire est peu fonctionnel. Il en découle pour l'alimentation minérale une période optimum à la fin de l'hiver et au printemps, un ralentissement au cours de l'été où les phénomènes d'absorption sont réduits, et une reprise importante à l'automne.

Pour étudier le rythme précis de l'absorption de l'azote dans le climat semi-humide du Centre-Est, un essai a été poursuivi pendant quatre ans en Haute-Saône, à Villers-Pater (\*).

### I. — ETUDES ENTREPRISES

Les données à préciser concernaient d'une part les doses, d'autre part les dates d'apport de l'azote pour différencier principalement l'action d'un épandage d'automne ou d'hiver (tous les apports ont été faits sous forme d'ammonitrate).

*par S. Mériaux,  
J.-M. Lefebvre  
et A. Libois.*

(\*) Nous tenons à remercier tout particulièrement M. HERBLOT, Secrétaire Général de la Chambre d'Agriculture et ses Collaborateurs, ainsi que M. MOUGIN, pour le précieux concours apporté à la réalisation de cet essai.

Dans ce but, les traitements ont été les suivants :

- 1) 25 N en hiver + 25 N à la 1<sup>re</sup> coupe + 30 N fin août
- 2) 45 N en automne + 45 N à la 1<sup>re</sup> coupe + 30 N fin août
- 3) 45 N en hiver + 45 N à la 1<sup>re</sup> coupe + 30 N fin août
- 4) 65 N en hiver + 65 N à la 1<sup>re</sup> coupe + 30 N fin août
- 5) 85 N en hiver + 85 N à la 1<sup>re</sup> coupe + 30 N fin août

L'essai (carré latin 5 × 5) a été mis en place en novembre 1961 sur une Fléole S 48 associée à un Trèfle blanc qui a d'ailleurs été rapidement éliminé. Cette expérience s'est poursuivie jusqu'au retournement de la prairie, fin 1965.

L'exploitation a été faite principalement en fauche, mais suivant un rythme de pâture.

Le premier apport d'azote a été effectué, selon les années, aux dates suivantes :

1961-1962	1 <sup>er</sup> décembre et 16 janvier
1962-1963	3 janvier et 7 mars
1963-1964	19 décembre et 5 février
1964-1965	11 décembre et 28 février

## II. — CONDITIONS DE MILIEU

### 1. — SOL.

Le sol limoneux répond à la composition moyenne suivante :

Sables grossiers .....	3	0/0
Sables fins .....	3	0/0
Limon grossier .....	42	0/0
Limon fin .....	33	0/0
Argile .....	19	0/0

pH .....	7,0
N .....	1,43 0/00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	0,15 0/00
Capacité d'échange .....	10,7 m.e./100 g
Ca éch. ....	11,5 »
Mg éch. ....	1,05 »
K éch. ....	0,39 »
Na éch. ....	0,20 »

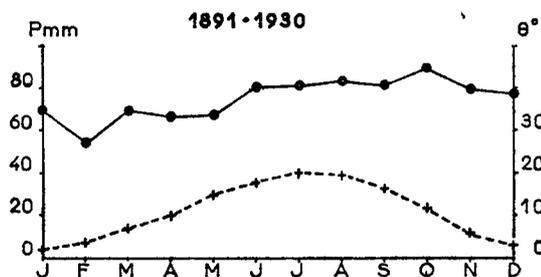
Les sols de ce type sont relativement froids et minéralisent tardivement.

Des apports de 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 150 kg de K<sub>2</sub>O ont été effectués uniformément sur l'essai.

## 2. — CLIMAT.

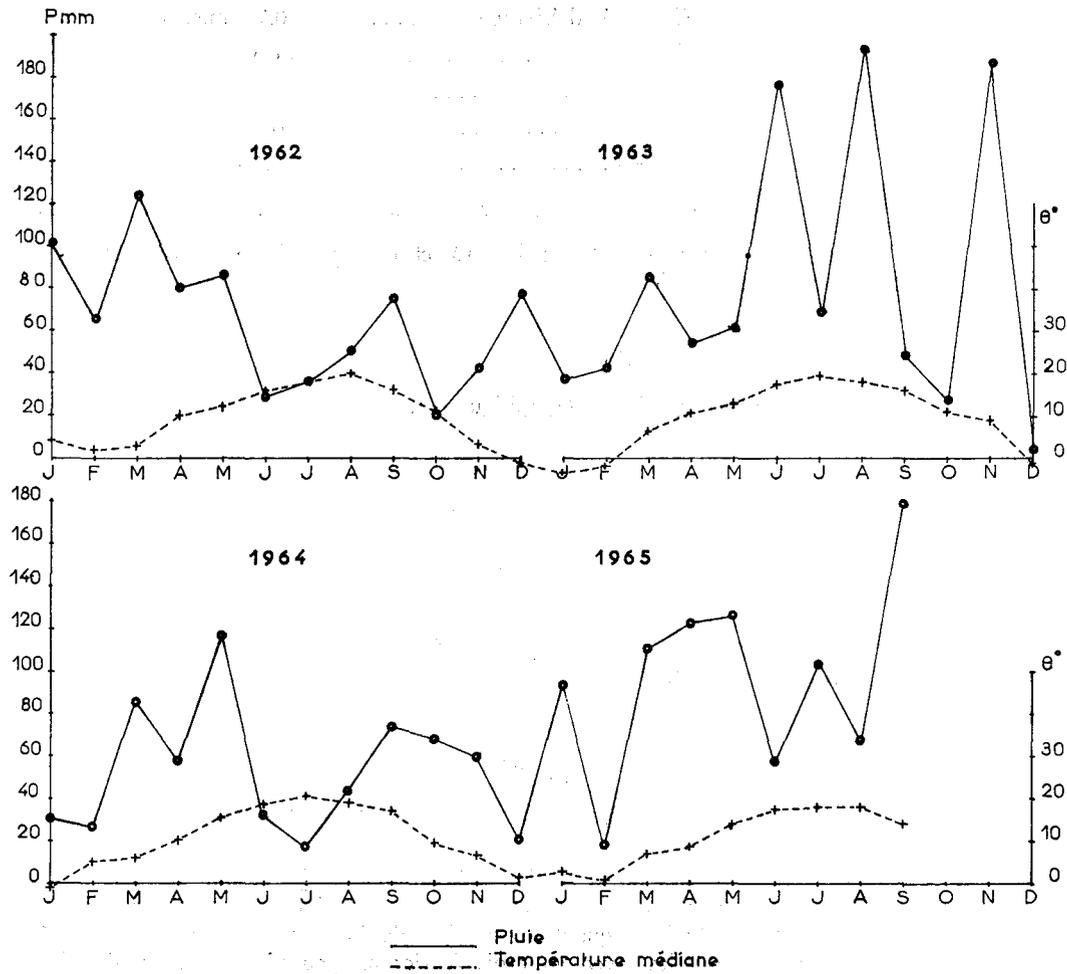
*Données générales* (graphique 1).

GRAPHIQUE 1.  
DIAGRAMMES OMBRO-THERMIQUES



Les données de la Station météorologique de Vesoul, sur une moyenne de quarante ans, montrent pour un total annuel de 895 mm, une répartition des pluies régulière quant au nombre de jours et à l'intensité des précipitations mensuelles, avec toutefois février un peu plus sec et, vraisemblable-

Graphique 2



ment, pour les mois d'été, des précipitations orageuses. Les températures sont modérées, tant en maximum qu'en minimum.

En l'absence de données concernant l'évapotranspiration potentielle, nous avons cherché à mettre en évidence le type de climat par le diagramme ombro-thermique de GAUSSEN pour le même laps de temps. La courbe des températures médianes reste très inférieure à celle des précipitations. Cette disposition est caractéristique des climats humides.

#### *Données particulières à l'essai (graphique 2).*

Les diagrammes établis font apparaître pour 1962 un hiver et un printemps pluvieux, un été sec (recoupement des deux courbes) suivi d'un hiver assez sec jusqu'en mars 1963. A l'été humide de 1963 a succédé un automne et un hiver relativement secs. Le printemps 1964 est normalement humide et l'été particulièrement sec (recoupement des deux courbes), tandis que l'été 1965 est très pluvieux.

### III. — RESULTATS CULTURAUX

Les rendements sont rappelés dans le tableau I.

A partir de ces chiffres, quelques observations peuvent être dégagées.

#### 1. — ACTION DES DOSES CROISSANTES D'AZOTE (traitements 1-3-4-5).

Les conditions climatiques influencent très fortement la nutrition azotée de la Fléole. Nous ne considérerons que les deux premiers cycles végétatifs car le troisième, aléatoire, correspond à une dose uniforme d'engrais.

##### a) Premier cycle végétatif.

En 1962, après un hiver et un printemps humides (566 mm depuis le 1<sup>er</sup> novembre dont 213,5 mm depuis le 1<sup>er</sup> mars) le premier cycle végétatif met en évidence l'action de l'azote jusqu'à 65 N.

En 1963, l'optimum de rendement est atteint pour la dose 45 N. Les pluies d'automne et d'hiver ont été beaucoup plus modérées et régulières

qu'en 1962 (314 mm depuis le 1<sup>er</sup> novembre, dont 185,1 mm depuis le 1<sup>er</sup> mars).

En 1964, la production apparaît comme une fonction de N apporté. L'hiver précédent a été normalement humide (357 mm depuis le 1<sup>er</sup> novembre dont 227,5 mm depuis le 1<sup>er</sup> mars).

**TABLEAU I**  
RENDEMENTS (en t/ha de foin sec)

		1	2	3	4	5	<i>p.p.d.s.</i>	
<i>1962</i>								
1 <sup>er</sup> coupe	(10.5.62)	3,836	3,232	4,482	4,686	4,649	0,611	
2 <sup>e</sup> coupe	(22.6.62)	5,370	5,414	5,806	5,618	5,717	N.S.	
3 <sup>e</sup> coupe	(24.8.62)	1,507	1,500	1,738	1,648	1,624	N.S.	
<i>Total :</i>		10,173	10,146	12,026	11,952	11,990	0,818	
(Indices de rendem.)		(100)	(95)	(112)	(111)	(112)	(7,6)	
<i>1963</i>								
1 <sup>er</sup> coupe	(17.5.63)	5,224	4,417	6,372	5,448	5,730	0,582	
2 <sup>e</sup> coupe	( 2.7.63)	1,863	2,388	2,875	2,939	3,106	0,773	
3 <sup>e</sup> coupe	(24.9.63)	3,479	2,968	3,506	3,333	3,117	N.S.	
<i>Total :</i>		10,566	9,773	12,753	11,720	11,953	1,056	
(Indices de rendem.)		(100)	(92,5)	(121)	(111)	(113)	(10)	
<i>1964</i>								
1 <sup>er</sup> coupe	(13.5.64)	3,563	3,505	4,064	4,792	5,230	1,039	
2 <sup>e</sup> coupe	( 1.7.64)	2,859	3,443	2,951	3,846	4,123	0,810	
<i>Total :</i>		6,422	6,948	7,015	8,638	9,353	1,220	
(Indices de rendem.)		(100)	(108)	(109)	(135)	(146)	(19)	
<i>1965</i>								
1 <sup>er</sup> coupe	(20.5.65)	4,405	4,479	4,987	6,914	5,973	1,046	
2 <sup>e</sup> coupe	(19.7.65)	1,262	1,648	1,549	1,836	2,076	0,479	
<i>Total :</i>		5,667	6,127	6,536	8,750	8,049	1,077	
22 (Indices de rendem.)		(100)	(108)	(115)	(154)	(142)	(19)	<i>Alimentation azotée</i>

En 1965, où le printemps a été très pluvieux (502 mm depuis le 1<sup>er</sup> novembre, dont 328 depuis le 1<sup>er</sup> mars) la dose d'azote la plus favorable au rendement se situe à 65 kg/ha.

b) *Deuxième cycle végétatif.*

En 1962, on n'observe pas d'action significative de l'azote, mais seulement une tendance à une production maximum pour 45 N.

En 1963, 1964 et 1965 le rendement est à peu près proportionnel à la dose d'azote apportée.

c) *Production annuelle.*

Elle reflète approximativement la production du premier cycle.

En 1962 et 1963, la dose 45 + 45 (+ 30) peut être jugée suffisante. En 1964, les deux coupes situées avant la sécheresse ont rentabilisé les doses fortes (85 + 85). En 1965, c'est la dose 65 + 65 qui produit le rendement maximum.

2. — *ACTION COMPAREE DES APPORTS D'AUTOMNE ET D'HIVER (traitements 2 et 3).*

a) *Premier cycle végétatif.*

L'apport précoce (de décembre à début janvier selon les années) est toujours moins productif que l'apport d'hiver (de janvier à début mars). Les différences sont significatives en 1962 et 1963.

Ces mêmes années, les rendements de l'apport de 45 N en automne sont significativement inférieurs à ceux d'un apport de 25 N effectué deux mois plus tard. L'azote d'apport précoce a donc été totalement inemployé par la Fléole.

En 1964 et 1965, les rendements 45 N décembre et 25 N février sont identiques. Une partie de l'azote de l'engrais est donc inutilisée par la plante.

b) *Deuxième cycle végétatif.*

En 1962 et 1963, les rendements de la parcelle 2 sont inférieurs à ceux de la parcelle 3, tandis qu'en 1964 et 1965, les résultats sont inversés.

#### IV. — COMPOSITION DE LA PLANTE

##### TENEUR EN N

La teneur en N du végétal est indiquée dans le tableau II.

Pour un même traitement, le taux de N décroît avec les années en raison de la disparition progressive du Trèfle et probablement du vieillissement de la Fléole. En outre, la teneur en N varie selon les cycles car elle est extrêmement dépendante du stade physiologique de la plante.

A l'exception du traitement 2, il se dégage du rapprochement entre la valeur du fourrage et les rendements une relation d'ensemble pour un cycle végétatif donné : pour une même date d'apport, quand le rendement croît, la teneur en N de la Fléole a tendance à s'élever, mettant ainsi en évidence le parallélisme des mécanismes d'absorption et de croissance.

TABEAU II

TENEUR EN N ET CELLULOSE DE LA PLANTE (% de la M.S.)

	1		2		3		4		5	
	N	cellu-lose								
1962										
1 <sup>re</sup> coupe.	2,99		3,25		3,22		2,85		3,29	
1963										
1 <sup>re</sup> coupe.	2,24	30,3	2,24	30,4	23,4	31,5	1,93	31,9	2,35	33,5
2 <sup>e</sup> coupe.	1,96	33,7	2,11	27,8	2,44	29,9	2,32	31,8	2,70	33,4
3 <sup>e</sup> coupe.	1,94	29,3	2,16	28,1	1,86	30,5	1,79	29,0	1,90	31,6
1964										
1 <sup>re</sup> coupe.	1,87	29,6	2,07	32,1	1,97	30,3	2,17	31,5	2,14	31,3
2 <sup>e</sup> coupe.	1,39	30,7	1,59	29,5	1,63	29,3	1,85	30,4	2,06	36,8
1965										
1 <sup>re</sup> coupe.	1,84	32,9	1,90	34,7	1,65	33,5	1,75	33,2	1,84	33,6
2 <sup>e</sup> coupe.	1,40	34,2	1,36	34,3	1,57	33,3	1,69	33,8	1,71	33,6

Alimentation azotée

Les fortes doses qui n'entraînent pas d'augmentation de rendement n'occasionnent pas davantage une accumulation d'azote dans les parties aériennes. Toutefois, si l'on considère le traitement 2 à apport précoce par rapport au traitement 3, bien que, au premier cycle, les rendements aient toujours été inférieurs, la teneur en N n'est inférieure qu'en 1963 et peut même, ainsi qu'on l'observe en 1964 et surtout en 1965, être un peu supérieure.

#### TENEUR EN CELLULOSE.

Les teneurs sont consignées dans le tableau II. L'imprécision de la méthode ne permet pas d'interpréter les résultats obtenus.

#### TENEURS EN ELEMENTS MINERAUX.

Les teneurs en P, Ca, Mg, K et Na sont indépendantes des traitements azotés et varient dans les limites suivantes :

	<i>Premier cycle</i>	<i>Autres cycles</i>
P .....	0,31 à 0,44	0,21 à 0,43
Ca .....	0,36 à 0,55	0,46 à 0,64
	(0,93 en 1962)	
Mg .....	0,10 à 0,15	0,03 à 0,16
K .....	3 à 3,6	2,7 à 3,6
Na .....	0,01 à 0,02	traces

L'examen de ces chiffres n'attire pas d'autre commentaire que celui de la teneur assez forte en K et très faible en Na.

## V. — DISCUSSION

### 1. — DOSE OPTIMUM D'AZOTE.

#### a) *Premier cycle :*

La dose d'azote qui occasionne les rendements les plus élevés dépend beaucoup des conditions de climat, ainsi que les valeurs suivantes le font apparaître :

<i>Dose optimum</i>	<i>Année</i>	<i>Précipitations du 1<sup>er</sup> février à la coupe</i>	<i>Somme des températures</i>		<i>Efficacité de N Rendem./N</i>
			<i>de l'épandage à la coupe</i>	<i>du 1<sup>er</sup> avril à la coupe</i>	
45	1963	227,4	697,0	509,0	5,74
65	1962	278,5	643,3	416,9	2,12
65	1965	280,0	772,5	530,5	6,27
85	1964	312,7	802,1	485,4	2,78

Les doses optimales d'azote se classent dans le même ordre que les précipitations du 1<sup>er</sup> février à la coupe. La somme des pluies depuis la date d'apport ou depuis le 1<sup>er</sup> mars et le 1<sup>er</sup> avril ne semble pas liée aux rendements.

Si l'on considère les températures, c'est la somme des températures médianes de l'épandage de l'azote à la coupe qui est le plus en corrélation avec le classement de l'optimum de dose.

La notion d'efficacité de l'azote est indépendante du régime des pluies. Elle semble toutefois varier dans le même sens que la somme des températures médianes du 1<sup>er</sup> avril à la coupe.

b) *Deuxième cycle :*

Les données climatiques intéressant le deuxième cycle sont rappelées ci-dessous :

<i>Dose optimum</i>	<i>Année</i>	<i>Précipitations du cycle</i>	<i>Somme des températures médianes du cycle</i>	<i>Température médiane/jour</i>	<i>Efficacité de N</i>
45	1962	101,4	594,8	13,8	2,18
85	1963	198,3	758,2	16,5	2,07
85	1964	62,6	881,2	17,9	2,11
85	1965	117,9	1.013,0	16,9	1,36

L'optimum de dose n'est pas relié aux précipitations telles qu'elles apparaissent dans ce tableau. Par contre, il varie dans le même sens que la somme

des températures du cycle ou la température moyenne du cycle. L'optimum de 45 correspond à une période relativement froide, tandis que pour l'optimum de 85, la somme des températures est supérieure à 750°, et la température moyenne supérieure à 16°.

L'efficacité de l'azote varie dans le sens contraire. Pour les sommes de températures importantes (1965), il s'abaisse. Ces données montrent bien la sensibilité de la Fléole aux températures élevées.

## 2. — INFLUENCE DE LA DATE DU PREMIER APPORT D'AZOTE.

Le tableau suivant rassemble quelques données du climat en relation avec l'action de l'azote selon la date d'apport (2 = apport précoce 3 = apport normal).

	Différence de rendement (t/ha) des traitements 3 et 2 (1 <sup>er</sup> cycle)	Somme des pluies et des températures entre les deux apports				
		P mm	Tempér. médiane	T. méd/j	Tempér. minimum	Tempér. maximum
1962	1,250	167,8	151,2 (+ 3,3)	—	6,1	308,6
1963	1,955	76,9	— 154,8 (— 2,5)	—	463,0	153,4
1964	0,559	41,3	— 50,9 (— 1,1)	—	235,7	133,8
1965	0,508	85,2	104,2 (+ 2,2)	—	50,1	258,5

L'examen de ces chiffres fait apparaître dans tous les cas des températures très basses, en général inférieures à celles qui sont requises pour l'activité physiologique.

Quand les pluies sont moyennement abondantes et la température basse, l'absorption d'azote par les racines est probablement très faible (1963). L'infériorité des rendements de ces parcelles à la deuxième coupe laisse supposer un certain lessivage.

Pour une température moyenne plus élevée, si l'importance des précipitations est grande, une partie de l'azote est enracinée et non absorbée (1962), ce qui est confirmé par les quantités de matière sèche produites au deuxième cycle.

En 1964, les pluies très rares n'ont pu occasionner le lessivage de l'azote qui, ayant été faiblement absorbé au cours du premier cycle en raison de la température, aurait été stocké et utilisé au deuxième cycle.

Quant aux conditions climatiques de 1965, elles permettraient une certaine absorption qui éviterait l'entraînement par les pluies.

### 3. — BILANS.

A partir des tableaux III et IV qui indiquent les exportations par traitement, les bilans ont été établis pour chacun des éléments :

TABLEAU III  
EXPORTATIONS EN N (kg/ha)

	1	2	3	4	5		
1962							
1 <sup>er</sup> coupe	114,7	105,0	144,3	133,5	152,9		
2 <sup>e</sup> coupe	105,2	114,2	141,7	130,3	154,3		
3 <sup>e</sup> coupe	29,2	32,4	32,3	29,5	30,8		
Total annuel	249,1	251,6	318,3	293,3	338,0		
1963							
1 <sup>er</sup> coupe	117,0	98,9	149,1	105,1	134,6		
2 <sup>e</sup> coupe	36,5	50,4	70,1	68,2	83,9		
3 <sup>e</sup> coupe	67,5	64,1	65,2	59,7	59,2		
Total annuel	221,0	213,4	284,4	233,0	277,7		
1964							
1 <sup>er</sup> coupe	66,6	72,5	80,0	104,0	111,9		
2 <sup>e</sup> coupe	39,7	54,7	48,1	71,1	84,9		
Total annuel	106,3	127,2	128,1	175,1	196,8		
1965							
1 <sup>er</sup> coupe	81,1	85,1	82,3	121,0	109,9		
2 <sup>e</sup> coupe	17,7	22,4	24,3	31,0	35,5		
28 Total annuel	98,8	107,5	106,6	152,0	145,4	Alimentation	azotée

TABLEAU IV

EXPORTATIONS EN ELEMENTS MINERAUX (kg/ha)

	Traitement	P	Ca	Mg	K	Na
1962 .....	1	41,8	70,1	14,3	345,1	6,1
	2	38,9	65,0	8,4	326,8	5,5
	3	48,5	76,8	9,2	397,4	7,6
	4	45,3	71,5	11,5	380,4	6,7
	5	50,2	83,3	16,5	408,7	7,9
1963 .....	1	39,0	58,6	11,5	324,9	0,5
	2	35,3	55,8	9,5	319,6	0,4
	3	46,1	71,4	12,0	398,7	0,6
	4	40,0	61,0	11,4	344,0	0,5
	5	46,2	63,5	13,3	398,0	0,5
1964 .....	1	17,6	30,1			
	2	19,7	28,4			
	3	21,9	28,0			
	4	26,9	34,1			
	5	29,8	43,7			
1965 .....	1	21,1	24,3			
	2	23,2	26,3			
	3	24,9	29,4			
	4	33,5	35,0			
	5	29,1	30,4			

a) Bilan de N.

Les courbes des exportations d'azote en fonction des apports se présentant comme des lignes brisées, il n'est pas possible de calculer leur équation. En conséquence, et en l'absence de dose  $N = 0$ , il faut admettre, pour estimer la fourniture d'azote du sol, que la dose la plus faible  $N_1 = (25 + 25 + \text{éventuellement } 30)$  a été en totalité utilisée par la plante.

Cette fourniture s'élève pour les quatre années respectivement à 109, 141, 56 et 49 kg par hectare.

Les coefficients d'utilisation de l'azote apporté, calculés pour chaque traitement et par an sont les suivants :

	1	2	3	4	5	<i>Traitement optimum pour le rendement annuel</i>
1962	100 %	70 %	100 %	77 %	84 %	3
1963	100 %	60 %	100 %	57 %	69 %	3
1964	100 %	79 %	79 %	90 %	83 %	5
1965	100 %	64 %	64 %	80 %	56 %	4

Ce tableau montre que les meilleurs coefficients d'utilisation sont en général en bonne corrélation avec l'optimum d'azote pour le rendement annuel.

Si l'on estime la fourniture d'azote minéral du sol par rapport au stock d'azote organique, elle correspond, de 1962 à 1964, respectivement à 3,9 %, 3,3 %, 1,3 % et 1,1 %.

#### b) *Bilan de P.*

La quantité de P de l'engrais est de 44 kg (100 kg de  $P_2O_5$ ). Les exportations annuelles sont plus élevées que pour la plupart des graminées. Elles sont voisines des apports en 1962 et 1963. Par contre, en 1964 et 1965, les quantités exportées sont moindres. Néanmoins, compte tenu de la réserve assez faible de ces sols en phosphore, la dose de 100 kg de  $P_2O_5$  semble un peu insuffisante.

#### c) *Bilan de K.*

Les exportations de K ne sont connues que pour 1962 et 1963. Elles sont importantes dans un régime de fauche tel que celui de l'expérience (320 à 410 kg de K, soit 384 à 492 kg de  $K_2O$ ). En regard, les apports sont faibles (125 kg de K ou 150 kg de  $K_2O$ ). La différence est fournie par libération du potassium lentement échangeable à partir des minéraux argileux du sol. Cette fourniture ne peut être prolongée sans risque de provoquer, sinon des symptômes de carence, du moins une limitation de la production végétale.

#### d) *Bilans de Ca, Mg, Na.*

Le bilan de Ca est largement assuré par la fourniture due aux engrais phosphatés, scories (160 kg de Ca pour 600 kg de scories) ou superphosphate (120 kg de Ca pour 600 kg de superphosphate).

30 Pour Mg, la faible quantité exportée (10 à 15 kg) est restituée par les

scories. Le sol lui-même est relativement riche et la faible teneur de la Fléole est due à ses caractéristiques d'absorption.

Na très faiblement absorbé n'entraîne que des exportations négligeables.

## VI. — CONCLUSION

Dans les conditions climatiques du Centre-Est, l'alimentation azotée de la Fléole semble se produire beaucoup plus à partir de février qu'au cours des deux mois qui précèdent.

Pendant la période de décembre et janvier, la température est en général trop basse pour permettre une bonne activité physiologique. L'azote apporté peut être entraîné par les pluies, comme il est probable au cours des hivers 1962-1963 et 1963-1964. Il peut aussi être réorganisé et minéralisé alors au cours du deuxième cycle, ainsi qu'en 1964 et 1965.

On peut en déduire que, dans les modalités de la fertilisation, la fourniture d'azote ne doit intervenir qu'au moment du départ de la végétation, ou vraisemblablement à la fin de l'automne, avant l'intervention des basses températures.

Quant aux doses optimales d'azote pour le rendement du premier cycle, elles sont d'autant plus élevées que les précipitations sont importantes et que la somme des températures est grande. Pour les cycles ultérieurs, l'augmentation de la température moyenne diminue la production. Il est à noter que, pour l'ensemble de l'année, le traitement optimum correspond à un apport d'azote d'autant plus grand que la minéralisation du sol est faible. Il semble, d'après les teneurs en N de la plante, que, mis à part l'apport d'automne, l'absorption de l'azote aille de pair avec la croissance de la plante.

La production de la Fléole peut d'ailleurs être limitée assez vite par la fertilisation phosphatée et potassique qui est parfois loin de compenser les exportations.

Il découle de cette étude que la fertilisation azotée de la Fléole est très liée aux conditions de climat qui régissent la dynamique de l'eau, l'activité microbienne du sol et les possibilités d'absorption de l'azote par les racines.

Suzanne MERIAUX, J.-M. LEFEBVRE, A. LIBOIS.

*Station d'Agronomie de Dijon,  
Centre de Recherches Agronomiques du Centre-Est.*