

INTENSIFICATION FOURRAGÈRE A U P A Y S D ' A U G E

— EFFICIENCE DE LA FERTILISATION AZOTÉE

— INCIDENCE SUR LA QUALITÉ DE LA PRODUCTION
DE TROIS VARIÉTÉS DE FÊTUQUES ÉLEVÉES

A PRES AVOIR PRÉSENTÉ LES CONDITIONS DE MILIEU ET LES PRODUCTIONS GLOBALES OBTENUES AU COURS DE QUATRE ANNÉES D'EXPERIMENTATION AU LYCÉE AGRICOLE « Le Robillard » (cf. *Fourrages* n° 63), nous nous proposons d'exposer l'étude de l'efficacité de l'azote sur les rendements et celle de l'incidence de la fertilisation azotée sur la composition des fourrages récoltés. Nous tenterons également d'apprécier l'évolution des caractères physico-chimiques du sol entraînés par l'application des fumures intensives. L'ensemble des résultats d'analyses végétales effectuées au cours de cet essai est à la disposition des intéressés sur demande aux auteurs.

I. — RAPPEL DU PROTOCOLE.

Le matériel végétal est constitué par trois variétés de fêtuque élevée de précocité différente, la précocité constituant le premier facteur expérimenté :

- Manade (précoce).
- S 170 (intermédiaire).
- Ludion (demi-tardive).

La fumure.

La fumure azotée appliquée après chaque exploitation est le second facteur étudié, et ceci à cinq niveaux : 30, 60, 90, 120 et 150 unités.

Le niveau 30 unités a été doublé dans le but d'introduire une variante des apports d'azote hivernaux et constitue un sixième traitement.

Numéro du traitement	I	II	III	IV	V	VI
Unités N hivernal	30	60	60	90	120	150
Unités N à chaque exploitation	30	30	60	90	120	150

La fertilisation phospho-potassique a été calculée de façon à ne constituer à aucun moment un facteur limitant : 200 unités de P_2O_5 sous forme de superphosphate, 600 unités de K_2O sous forme de chlorure de potassium.

La première exploitation de l'année a été effectuée au stade « épi à 10 cm » de chacune des variétés, les exploitations suivantes sont intervenues toutes les six semaines.

II. — EFFICIENCE DE LA FERTILISATION AZOTÉE.

Technique d'étude.

Il s'agit de rendre compte de l'évolution de la production globale annuelle en fonction de la fumure azotée totale annuelle par ajustement des observations à un modèle polynomial. Le modèle parabolique traduisant cette évolution nous a semblé le mieux adapté. Une telle représentation permet de préciser deux points importants :

— *Le maximum de production estimé.*

Il faut souligner que le niveau d'azote correspondant se situe toujours dans l'intervalle expérimenté, lui conférant ainsi une certaine fiabilité.

— *L'approche d'une efficience de l'azote exprimée des façons suivantes :*

a) par le gain de matière sèche obtenu par 100 unités d'azote épandues, dans le cas où la production est à peu près proportionnelle à la quantité d'azote apportée (intervalle 0 - 300 unités environ) ;

b) par le niveau de fertilisation à partir duquel 1 kg d'azote supplémentaire permet l'obtention de x kg de M.S. en plus, dans le cas où la production est moins que proportionnelle à la quantité d'azote apportée (supérieure à 300 unités environ).

La précision de l'essai et l'adoption du modèle favorablement testé ont permis des estimations de production dont la précision au risque de 5 % est très acceptable. L'analyse statistique des résultats (*Fourrages* n° 63) a mis en évidence une interaction « variété-traitement » qui nous a conduit à étudier les « effets traitements » variété par variété. Ceci a permis de constater que les deux variétés les plus tardives ne réagissent pas aux niveaux d'azote de façon significative en 1968. Le taux de matière organique (6,25 %) et sa labilité accrue consécutive à un travail du sol récent (implantation de l'essai) permettent de penser que seules les variétés tardives ont pu bénéficier du surcroît de minéralisation. De la sorte, l'effet des faibles doses d'azote n'aurait pu être apprécié puisque « compensé » par une forte libération d'azote minéral du sol.

Sur l'ensemble des années étudiées, il n'est pas possible de fournir une représentation unique de l'évolution des rendements en fonction de la fertilisation azotée, étant donné leur variabilité annuelle liée au climat et à l'influence prépondérante de ce dernier sur le sol et la plante.

Précisons enfin que si l'azote est le seul facteur d'intensification mis en jeu dans cet essai, les niveaux d'apport de potasse et d'acide phosphorique sont tels qu'ils permettent une bonne expression des potentialités des variétés testées.

Résultats :

Les équations de régression et les courbes de production pour les quatre années 1968, 1969, 1970 et 1971 sont données dans les tableaux et figures des pages suivantes, pour chacune des trois variétés de fétuque élevée.

I A
TABLEAU I A
COURBES DE PRODUCTION : VARIETE MANADE

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = t/\text{ha de M.S.}$$

$$x = \frac{\text{unités N}}{100}$$

<i>Année</i>	<i>Equation de régression</i>	<i>Intervalle de confiance des coefficients (P = 0,05)</i>	<i>Réponse espérée pour une unité d'azote supplémentaire (kg/ha de M.S.)</i>	<i>Dose maximale d'azote nécessaire pour observer cette réponse</i>	<i>Production totale permise par cette dose Intervalle de confiance (t/ha de M.S.)</i>
1968	$y = - 0,169 x^2 + 2,535 x + 13,564$	a : ± 0,13 b : ± 1,45 c : ± 3,15	12 10 8 6	393 452 510 569	20,91 ± 1,02 21,55 ± 1,12 22,09 ± 1,17 22,50 ± 1,17
1969	$y = - 0,220 x^2 + 3,410 x + 7,186$	a : ± 0,09 b : ± 0,95 c : ± 2,07	12 10 8 6	501 546 591 637	18,74 ± 0,77 19,24 ± 0,77 19,65 ± 0,77 19,97 ± 0,72
1970	$y = - 0,209 x^2 + 3,480 x + 5,273$	a : ± 0,12 b : ± 1,34 c : ± 2,91	12 10 8 6	543 590 638 686	17,98 ± 1,09 18,51 ± 1,09 18,94 ± 1,04 19,28 ± 0,98
1971	$y = - 0,247 x^2 + 3,795 x + 4,519$	a : ± 0,09 b : ± 0,97 c : ± 2,10	12 10 8 6	524 564 605 645	17,62 ± 0,79 18,06 ± 0,79 18,43 ± 0,77 18,71 ± 0,75

COURBES DE PRODUCTION
Variété MANADE

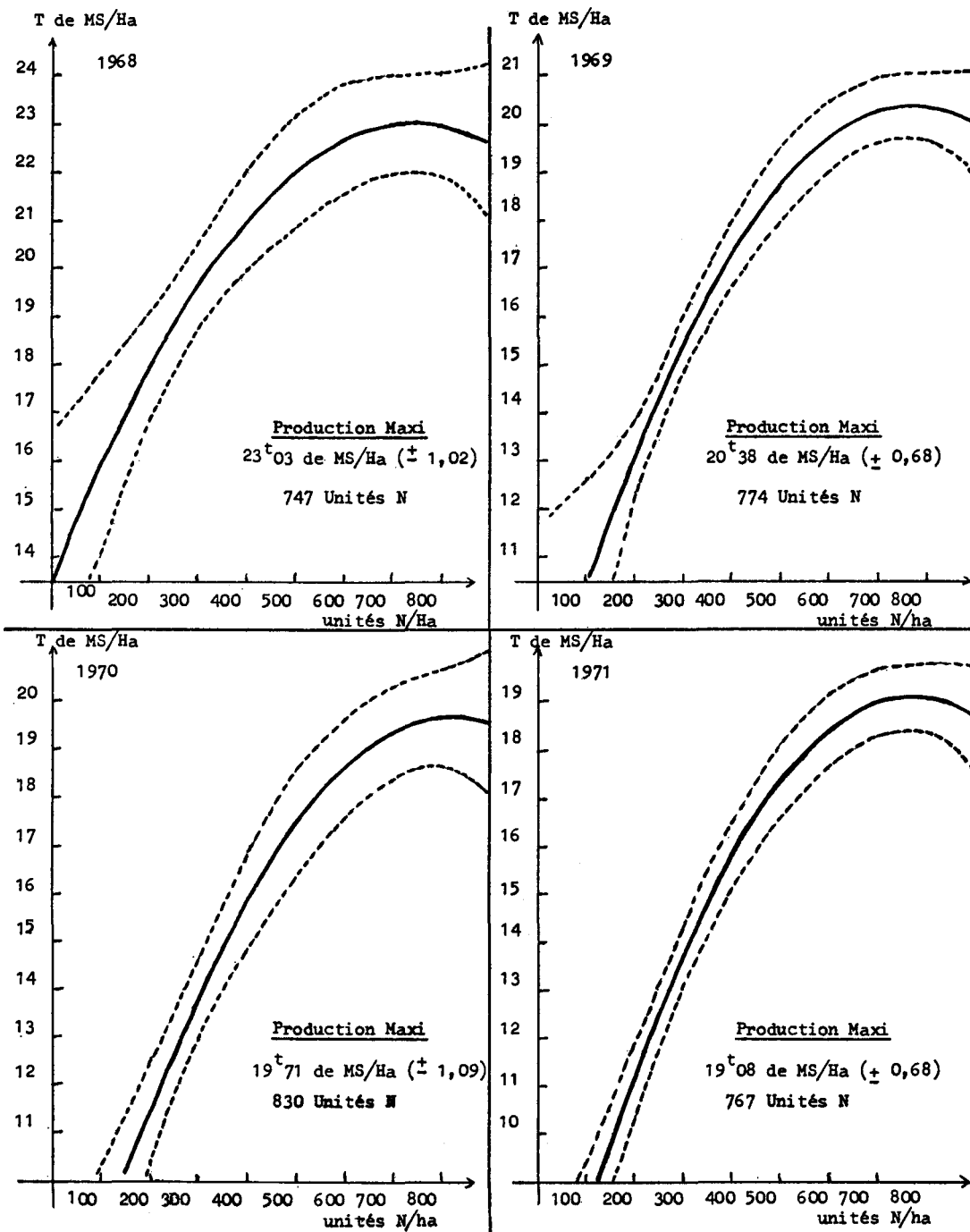


TABLEAU I B

I B

COURBES DE PRODUCTION : VARIETE S 170

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = t/\text{ha de M.S.}$$

$$x = \frac{\text{unités N}}{100}$$

<i>Année</i>	<i>Equation de régression</i>	<i>Intervalle de confiance des coefficients (P = 0,05)</i>	<i>Réponse espérée pour une unité d'azote supplémentaire (kg/ha de M.S.)</i>	<i>Dose maximale d'azote nécessaire pour observer cette réponse</i>	<i>Production totale permise par cette dose Intervalle de confiance (t/ha de M.S.)</i>
1969	$y = -0,128 x^2 + 1,748 x + 12,576$	a : ± 0,09 b : ± 0,97 c : ± 2,10	12 10 8 6	212 290 367 445	15,71 ± 0,70 16,56 ± 0,60 17,26 ± 0,64 17,80 ± 0,75
1970	$y = -0,198 x^2 + 2,944 x + 7,019$	a : ± 0,08 b : ± 0,84 c : ± 1,82	12 10 8 6	439 490 540 591	16,14 ± 0,64 16,69 ± 0,66 17,15 ± 0,68 17,50 ± 0,66
1971	$y = -0,312 x^2 + 3,468 x + 7,850$	a : ± 0,22 b : ± 2,02 c : ± 3,81	12 10 8 6	362 394 426 458	16,32 ± 1,24 16,67 ± 1,30 16,96 ± 1,34 17,19 ± 1,36

COURBES DE PRODUCTION Variété S 170

1968 : pas d'effet traitement
Azote sur variétés intermédiaires
et tardives

Hypothèse : les teneurs du sol en azote
total (3,9 %) et en matières
organiques (6,25 %) sont assez
fortes.
Les travaux du sol dus à l'im-
plantation de l'essai sont ré-
cents et on a pu avoir une forte
libération d'Azote qui a compen-
sé les faibles apports au niveau
des traitements Azotés les plus
bas.

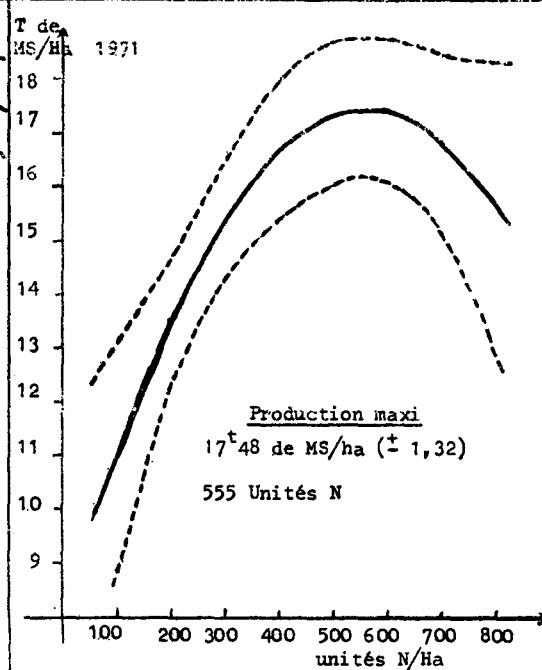
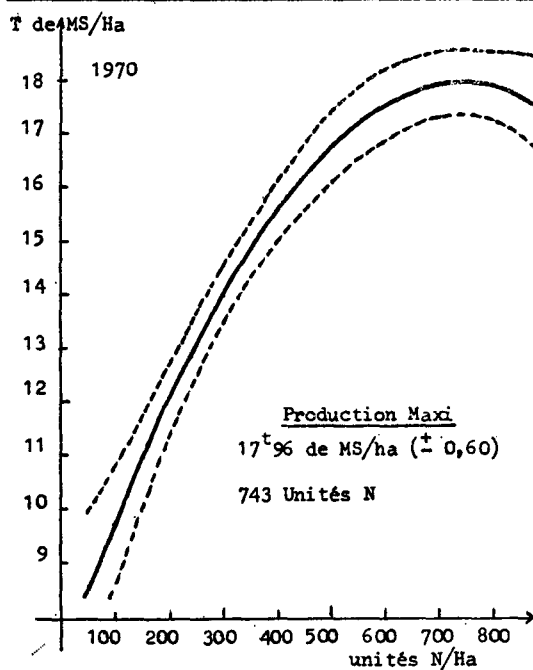
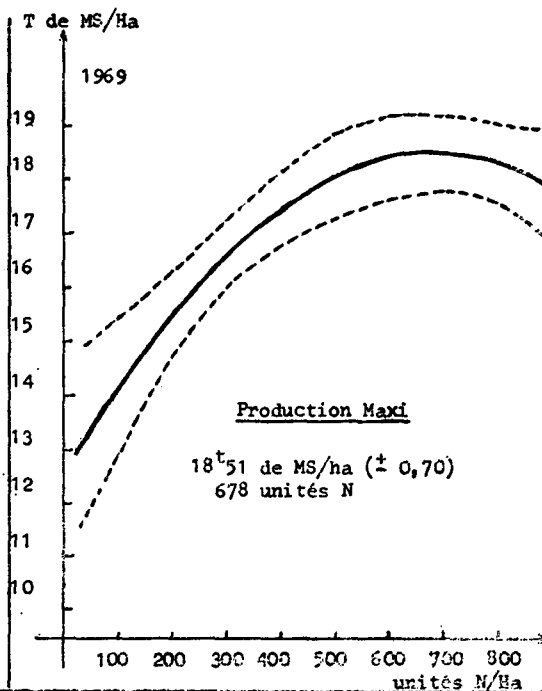


TABLEAU I C

I C

COURBES DE PRODUCTION : VARIETE LUDION

$$y = ax^2 + bx + c$$

 $y = t/\text{ha de M.S.}$

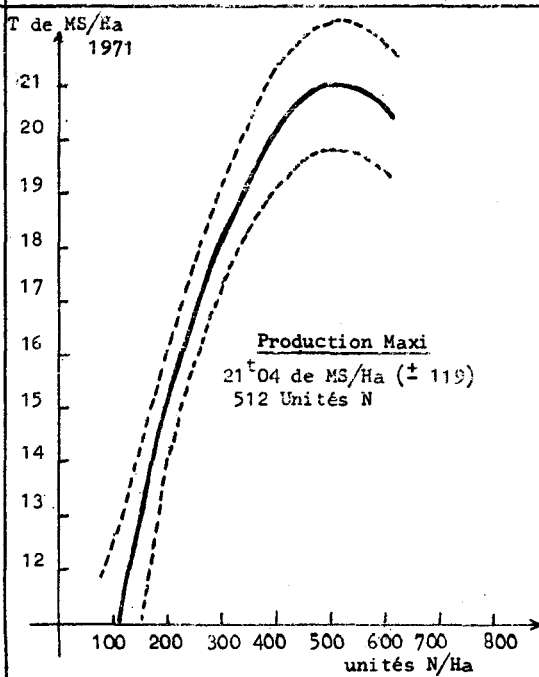
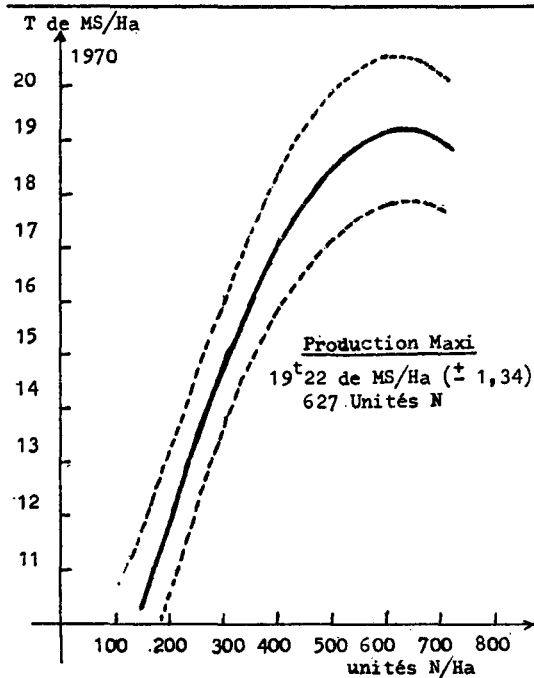
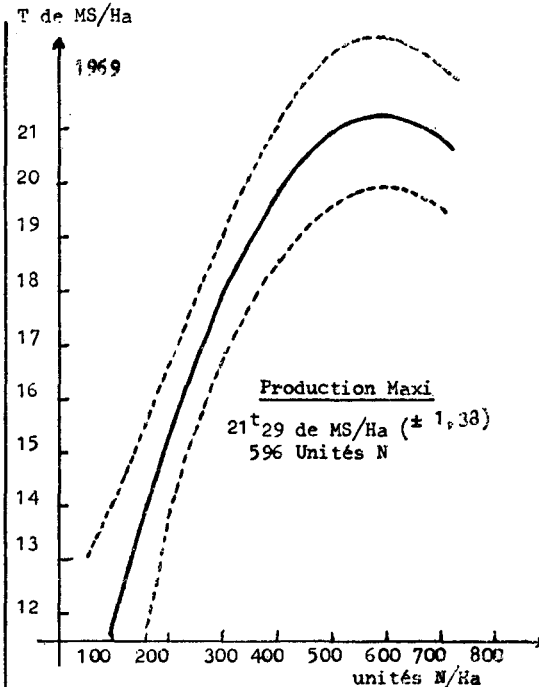
$$x = \frac{\text{unités N}}{100}$$

Année	Equation de régression	Intervalle de confiance des coefficients (P = 0,05)	Réponse espérée pour une unité d'azote supplémentaire (kg/ha de M.S.)	Dose maximale d'azote nécessaire pour observer cette réponse	Production totale permise par cette dose Intervalle de confiance (t/ha de M.S.)
1969	$y = -0,383 x^2 + 4,573 x + 7,667$	a : ± 0,16 b : ± 1,73 c : ± 3,76	12 10 8 6	439 465 491 517	20,35 ± 1,32 20,64 ± 1,36 20,87 ± 1,38 21,06 ± 1,41
1970	$y = -0,403 x^2 + 5,056 x + 3,365$	a : ± 0,16 b : ± 1,72 c : ± 3,74	12 10 8 6	477 502 527 552	18,32 ± 1,36 18,59 ± 1,38 18,82 ± 1,41 18,99 ± 1,41
1971	$y = -0,605 x^2 + 6,204 x + 5,142$	a : ± 0,20 b : ± 1,79 c : ± 3,37	12 10 8 6	412 429 446 462	20,44 ± 1,17 20,62 ± 1,19 20,77 ± 1,19 20,89 ± 1,19

COURBES DE PRODUCTION
Variété LUDION

1968 : pas d'effet traitement
Azote sur variétés intermédiaires et
tardives

Hypothèse : les teneurs du sol en azote
total (3,9 %) et en matières
organiques (6,25 %) sont assez
fortes.
Les travaux du sol dus à l'im-
plantation de l'essai sont ré-
cents et on a pu avoir une forte
libération d'Azote qui a compen-
sé les faibles apports au niveau
des traitements Azotés les plus
bas.



A) MAXIMA DE PRODUCTION

La première remarque que l'on peut formuler est le niveau élevé des maxima de production atteints, quelles que soient les variétés expérimentées (17 à 23 t de M.S./ha), avec des quantités d'azote épandues elles-mêmes élevées (500-800 unités/an).

Ces maxima sont variables à la fois en fonction des années et des variétés. Parmi ces dernières, Manade et Ludion expriment des potentialités supérieures à S 170, mais il faut noter que la variété la plus précoce (Manade) nécessite un niveau de fumure plus important pour une production maximale du même ordre que Ludion. De plus, la précision obtenue sur les productions maximales de Manade est en moyenne la plus forte et suggère la réflexion suivante : dans les conditions de l'essai, la valorisation de l'azote épandu paraît mieux réalisée par la variété précoce et conduit à une production globale de matière sèche plus fiable, la production des variétés tardives paraissant davantage soumise aux variations du milieu (climat, libération d'azote du sol, etc.).

B) EFFICIENCE DE L'AZOTE

TABLEAU II
EFFICIENCE DE L'AZOTE
PRODUCTION DANS L'INTERVALLE D'INTENSIFICATION 0-300 UNITES D'AZOTE
(t/ha de M.S.)

Variété	Année	Production obtenue avec 150 N	Production supplémentaire estimée par 100 N, dans l'intervalle 0-300 N	Augmentation en % de la production dans l'intervalle par rapport au témoin 150 N
Manade	1968	16,98	2,03	11,9
	1969	11,80	2,75	23,3
	1970	10,02	2,85	28,4
	1971	9,65	3,06	31,7
S 170	1969	14,91	1,36	9,1
	1970	10,98	2,35	21,4
	1971	12,35	2,53	20,5
Ludion	1969	13,66	3,42	25,0
	1970	10,04	3,85	38,3
	1971	13,08	4,39	33,5

Intervalle d'intensification 0 - 300 unités d'azote, où la production est sensiblement proportionnelle à l'apport d'azote :

— *Production au niveau moyen de 150 unités d'azote.*

On peut remarquer que pour la dose d'azote expérimentée la plus faible (150 unités), les productions en matière sèche sont d'un niveau élevé (12 t/ha de M.S. en moyenne).

De même que pour les productions maximales, avec 150 unités d'azote par an, il y a des variations annuelles et variétales notables : la variété précoce Manade a une production à ce niveau qui diminue d'année en année, par contre les variétés tardives S 170 et Ludion ont des productions qui paraissent plus soumises aux aléas annuels.

— *Évolution de la production de 0 à 300 unités d'azote.*

De façon générale, l'efficacité de l'azote exprimée en tonnes de matière sèche obtenues par 100 unités d'azote dans l'intervalle considéré, augmente régulièrement d'année en année, mais il faut souligner que cette augmentation n'est pas due aux gains de production obtenus avec 300 unités d'azote, mais est plutôt imputable à la diminution de la production du niveau théorique sans azote.

L'explication de ce phénomène global semble résider en la diminution d'année en année de l'azote minéral disponible pour l'alimentation de la plante en provenance du sol, se traduisant par une augmentation de l'efficacité de l'azote apporté par les variétés Manade et Ludion.

Niveaux supérieurs à 300 unités d'azote où la production est moins que proportionnelle aux apports d'azote.

Des niveaux de fertilisation devenant élevés (par rapport aux pratiques courantes) conduisent néanmoins, quelles que soient les variétés, à des productions de matière sèche par unité d'azote supplémentaire épandue encore intéressantes (tableaux 1 a, 1 b, 1 c).

Cependant, la rentabilité technique de l'azote dans cette gamme d'intensification devient plus variable et aléatoire ; on peut rapidement passer de 6 à 12 kg de matière sèche produite par unité d'azote supplémentaire épandue pour une faible variation de la quantité totale d'azote épandue.

A ce niveau, on peut penser que la différence dans l'efficacité de l'azote n'est plus due à sa quantité, mais à la qualité et à l'à-propos de son utilisation.

Il serait, en effet, vain d'espérer tirer profit d'une fertilisation supérieure à 300 ou 400 unités d'azote si les autres facteurs mis en jeu sont mal maîtrisés.

Une bonne compréhension du milieu et de ses réactions (sol, climat), une connaissance des aptitudes du végétal utilisé dans ce milieu, la maîtrise des autres techniques de la production (fertilisation phosphopotassique, irrigation ou drainage, désherbage...) doivent conduire à une valorisation optimale des quantités de matière sèche obtenues.

III. — INFLUENCE DE LA FERTILISATION AZOTEE SUR LA QUALITE DES FETUQUES ELEVEES.

Il s'agit de déterminer l'influence du niveau de fertilisation azotée sur la composition chimique des fétuques élevées, telles qu'elles ont été récoltées dans le cadre de l'essai.

Il nous a paru opportun d'insister sur certaines variations importantes liées à la fertilisation azotée ; celles-ci étant comparables d'une année à l'autre, nous avons opté pour une représentation graphique des teneurs moyennes observées pour quelques niveaux de fumure sur l'ensemble de la durée de l'essai.

A) Teneur en azote du fourrage.

Les différences variétales ainsi que les différences annuelles au sein d'une même variété sont assez importantes. Cependant, il faut surtout retenir qu'une augmentation de la fumure azotée permet toujours, et quelque soit le cycle, d'enrichir le fourrage récolté en azote total.

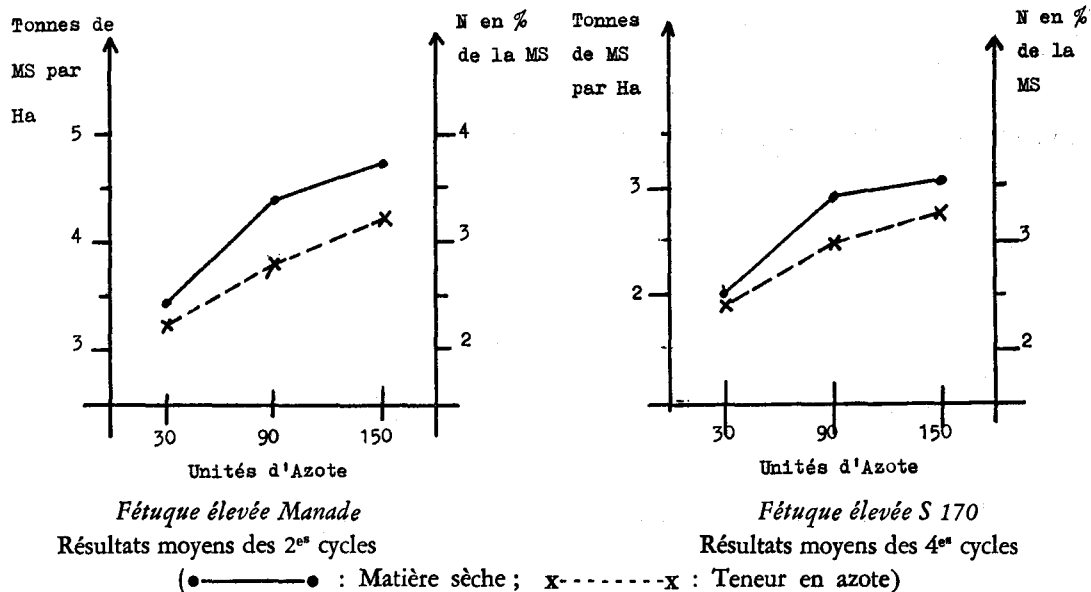
Cet enrichissement ne se fait pas d'une manière constante : au-delà de 90 unités épandues à chaque cycle (traitement IV), l'augmentation de la teneur en azote devient moins que proportionnelle à l'apport d'engrais azoté.

Une étude rapide de l'évolution de la production de matière sèche pour certains cycles, comparée à l'évolution de la teneur en azote, laisse apparaître deux phénomènes importants que nous illustrons ci-dessous :

1) De 30 à 90 unités d'azote épandues, l'augmentation de rendement en matière sèche est plus importante que l'augmentation de la teneur en azote ; il y a effet de dilution.

2) De 90 à 150 unités d'azote épandues, le rendement en matière sèche augmente moins que la teneur en azote ; il y a effet de concentration.

GRAPHIQUE 1
EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE MATIERE SECHE
ET DE LA TENEUR EN AZOTE DE CETTE MATIERE SECHE
EN FONCTION DE LA FERTILISATION AZOTEE



Ces effets de dilution et de concentration interviennent fréquemment, mais à des niveaux d'intensification variables au cours de l'année. L'étude de ces phénomènes cycle par cycle ainsi que leurs implications éventuelles pour la conduite d'une fertilisation azotée est en cours.

Cependant, en pratique, une fumure de l'ordre de 60 unités d'azote par cycle sur une fétuque élevée est des plus raisonnables en vue d'un pâturage, mais il est possible d'épandre 90 à 100 unités en vue d'obtenir un ensilage ou un foin plus riche en matières azotées.

En y ajoutant le surplus de production de matière sèche, une telle conduite de fumure peut être la source de matières azotées produites sur une exploitation. 39

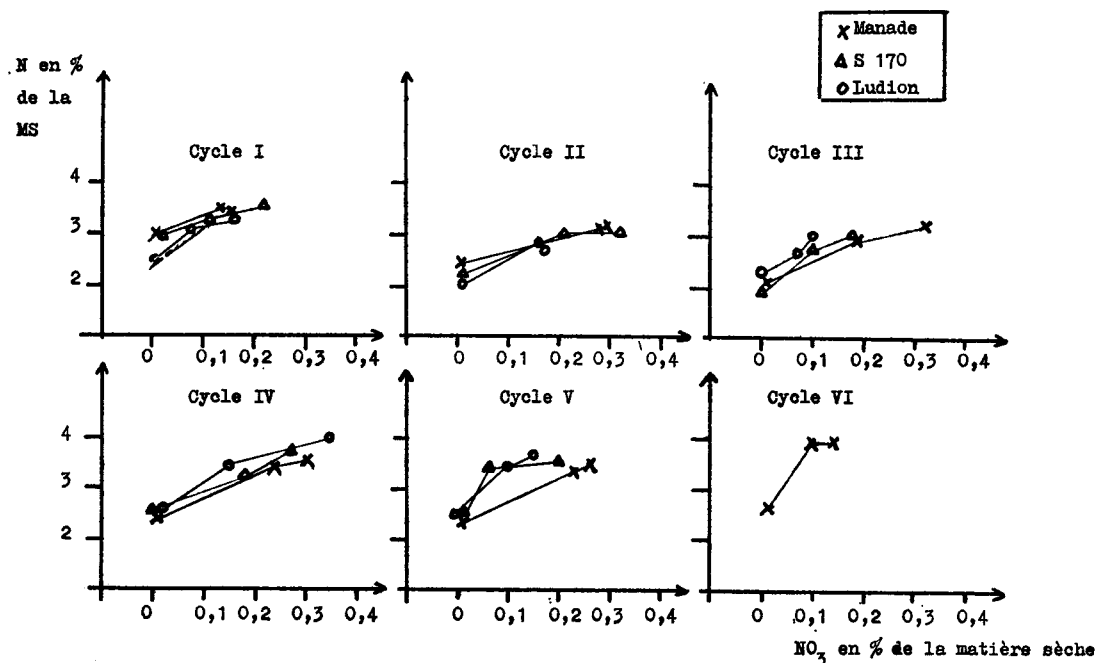
B) Teneur en nitrate du fourrage (exprimée en NO_3).

Une teneur en nitrate supérieure à 0,50 % de la matière sèche est considérée comme pouvant être toxique pour les animaux.

Le graphique représente, pour chaque cycle et pour chacune des trois fé-tuques élevées, l'évolution de la teneur en nitrate en fonction de la teneur en azote du fourrage.

GRAPHIQUE N° 2

EVOLUTION DE LA TENEUR EN NO_3 SELON LA TENEUR EN N
(Cycle par cycle - 1971)



Les données correspondent aux trois traitements suivants :

- traitement II : 60 unités avant le 1^{er} cycle,
30 unités avant les cycles suivants ;

- traitement IV : 90 unités avant chaque cycle ;
- traitement VI : 150 unités avant chaque cycle.

Il est nécessaire de rappeler que la première coupe avait lieu au stade « épi à 10 cm » des variétés, et que les coupes suivantes étaient espacées d'environ 6 semaines, ce qui ne correspond pas à une exploitation rationnelle en pâturage, du moins pour les cycles de printemps.

Trois remarques essentielles sont à faire dans le cas de cet essai sur fétuque élevée :

1° une fumure azotée correspondant à celle du traitement II donne lieu à des doses de nitrate négligeables ;

2° l'apparition des nitrates dans le fourrage est directement liée aux quantités d'azote épandues : avec 150 unités, il y a toujours plus de nitrates qu'avec 90 unités ;

3° dans aucun des cas, une teneur en nitrates égale ou supérieure à 0,50 % de la matière sèche n'a été atteinte. Les maxima observés sont de 0,32 et 0,35 % avec une fumure de 150 unités.

Il est donc permis de penser qu'avec des fumures raisonnables de l'ordre de 60 à 90 unités d'azote pour chaque exploitation, les dangers de toxicité des nitrates pour les animaux doivent être pratiquement nuls.

C) Teneur en extractif non azoté (graphique n° 3).

Dans ce cas précis, l'extractif non azoté résulte du calcul suivant :
E.N.A. 100 — Matières azotées totales ($N \times 6,25$) + cellulose brute + cendres

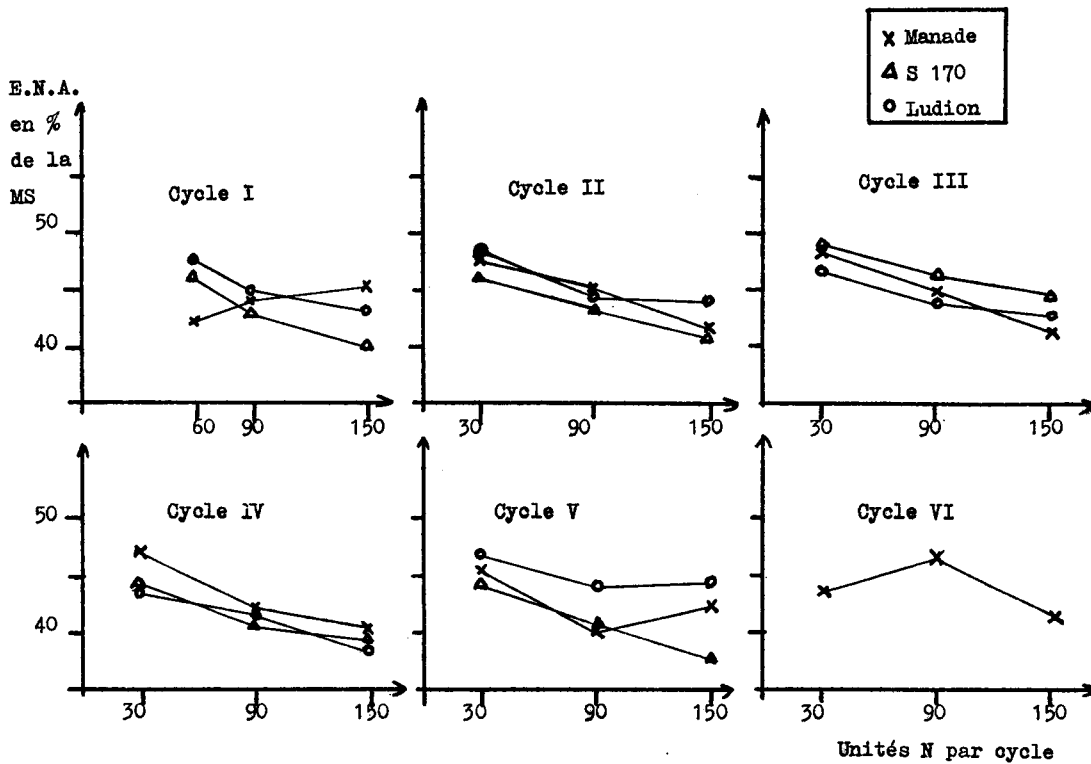
Cette fraction du fourrage comprend donc les sucres solubles, les matières grasses, les hémicelluloses, la lignine, les substances pectiques, etc., ce qui semble lui conférer un certain rôle énergétique, toutefois limité.

Les résultats présentés laissent apparaître des variations importantes dont l'intensification azotée n'est pas la moindre cause. Une diminution de 10 à 20 % de la teneur en extractif non azoté du fourrage est enregistrée dès que l'on passe d'une fertilisation de 30 unités à 90-120 unités d'azote.

Il apparaît donc que les fourrages obtenus dans ces conditions d'intensification soient moins riches en extractif non azoté, ce qui n'implique pas qu'ils

soient moins énergétiques, car simultanément ils sont plus riches en matières azotées.

GRAPHIQUE N° 3
 EVOLUTION DE LA TENEUR EN EXTRACTIF NON AZOTE
 SELON LES TRAITEMENTS AZOTES
 (Cycle par cycle)



Des précisions sur les éventuelles modifications de la digestibilité permettraient sans aucun doute de cerner l'importance des variations de la valeur énergétique, s'il en existe.

D) Teneur en cellulose brute.

Les variations d'une année à l'autre pour un même cycle sont plus importantes que celles dues à l'intensification azotée, ce qui indique que bien que les coupes aient eu lieu chaque année pratiquement aux mêmes dates, les facteurs du milieu entraînent des modifications notables de la composition du fourrage récolté. Cependant, il faut souligner que dans la plupart des cas on constate une diminution de la teneur en cellulose brute dans les fétuques élevées les plus abondamment fertilisées. Ceci permet de penser que leur digestibilité s'en trouve accrue.

E) Teneur en minéraux.

— *Cendres.*

De même que pour la cellulose brute, les variations d'une année à l'autre pour un même cycle sont très fortes, mais il est difficile pour cet élément de définir avec nos résultats le rôle exact de l'intensification azotée tant les écarts sont soit faibles, soit contradictoires.

— *Phosphore* (graphique n° 4).

La fumure phosphatée annuelle et uniforme était de 200 unités, donc théoriquement pléthorique, malgré les faibles réserves du sol en phosphore assimilable.

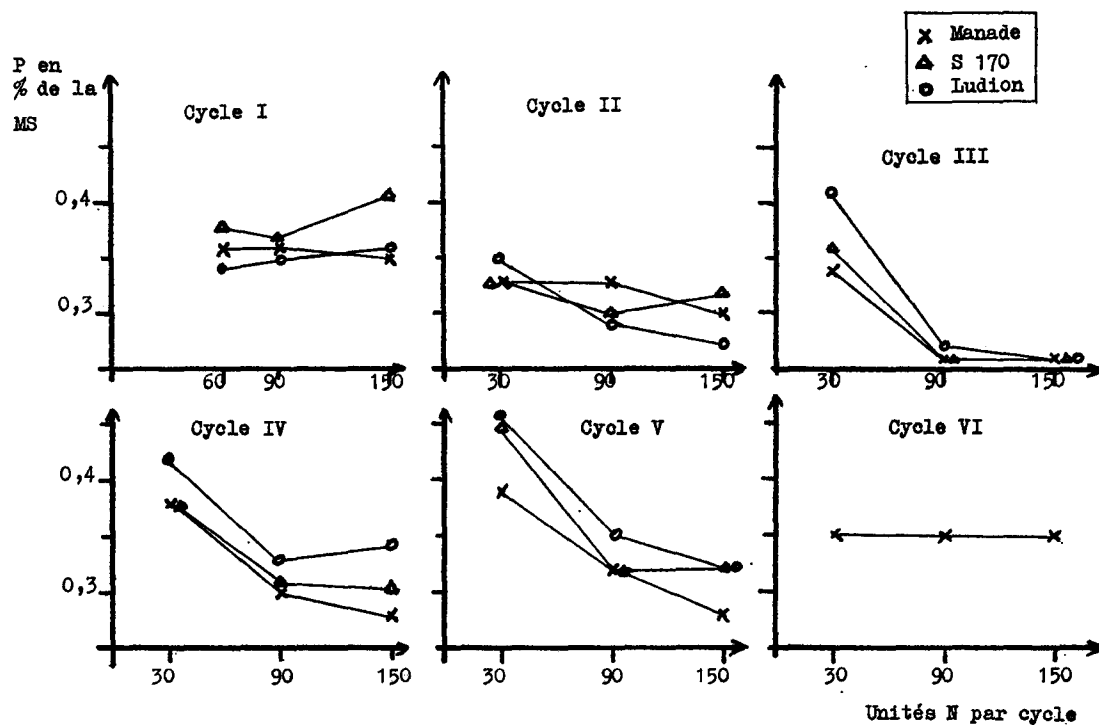
Ceci se traduit par des teneurs du fourrage en phosphore quelquefois élevées par rapport aux données moyennes trouvées habituellement (0,30 à 0,35 % de la M.S.). Pourtant, il faut remarquer que l'intensification par la fumure azotée a une influence importante sur la richesse des fourrages en cet élément.

Le premier cycle se démarque totalement des suivants, les teneurs y sont élevées, mais constantes ou en légère augmentation suivant l'intensification azotée.

Par contre, pour les cycles suivants, un apport de 90 unités d'azote comparé à un apport de 30 unités entraîne une diminution de la richesse en phosphore des fourrages de l'ordre de 20 à 40 % et il est fréquent de trouver des teneurs en phosphore inférieures à 0,3 %.

GRAPHIQUE N° 4

EVOLUTION DE LA TENEUR EN PHOSPHORE SELON LES TRAITEMENTS AZOTES
(Cycle par cycle)



S'agit-il d'un phénomène de dilution, ou d'une incapacité de la plante à absorber le phosphore de la solution du sol, ou d'une non-libération en quantité suffisante du phosphore par le sol ?

Le problème est actuellement posé, et un essai est en place pour tenter d'apporter quelques informations à ce sujet.

— *Calcium.*

En 1968, première année d'exploitation de l'essai, les teneurs en calcium sont quelquefois de 1,5 à 2 fois supérieures à celles de 1970 et 1971. Nous retrouverons sans doute l'effet des scories utilisées en fumure de fond lors de l'installation de l'essai en 1967. Par ailleurs, d'une manière quasiment générale, l'augmentation de la fumure azotée a conduit à une légère augmentation de la teneur en calcium du fourrage, ceci pouvant être dû à une faculté d'absorption moins élevée aux faibles doses azotées, les ions monovalents étant alors préférentiellement absorbés.

— *Potassium.*

Les teneurs élevées s'expliquent par l'ampleur de la fumure potassique (600 unités K_2O/an). Il y a eu consommation de luxe pour cet élément conduisant à des exportations annuelles très fortes. L'intensification azotée n'a pas amené de modifications notables des teneurs en potassium des fétuques élevées.

— *Mg, Si O₂, Na*

Pour ces éléments, nous ne disposons que d'une année de résultats, ce qui est insuffisant pour appréhender l'influence de l'intensification azotée. Seule la teneur en sodium semble varier d'une manière constante et dans le même sens que les apports d'azote.

En résumé, une intensification azotée sur fétuque élevée amène au niveau de la qualité du fourrage aux constatations suivantes :

- enrichissement notable en azote total ;
- formation de nitrates, mais n'atteignant jamais une concentration considérée comme toxique pour les animaux, dans le cadre du rythme d'exploitation de l'essai ;
- diminution de la teneur en phosphore au cours des exploitations estivales ;
- diminution de la teneur en extractifs non azotés.

Toutes ces observations constituent des tendances générales fortement influencées par les conditions annuelles du milieu.

IV. — CONSEQUENCES DE L'INTENSIFICATION SUR L'ETAT PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL.

A l'aide d'un certain nombre de mesures effectuées en début et en fin d'expérimentation (avant retournement de la prairie) pour quelques traitements, nous avons tenté d'apprécier l'évolution de caractéristiques physico-chimiques induites par la fertilisation azotée (tableau III). Le faible nombre de répétitions de ces données ne permet de dégager que des tendances.

— Matière organique.

Il s'agit ici de la matière organique totale. Au niveau du carbone, on observe une diminution sensible des teneurs, beaucoup plus marquée en profondeur (20-40 cm) qu'en surface (0-20 cm). La fumure azotée ne conduit pas à différencier ces teneurs dans la zone superficielle ; par contre, une légère diminution de celles-ci apparaît en profondeur en relation avec des niveaux élevés d'azote.

Les différences entraînées par l'intensification sont beaucoup moins importantes sur les teneurs en azote total du sol et ceci conduit, vis-à-vis des mesures exécutées en 1967, à une diminution sensible du rapport C/N. En 7 ans, il passe de 9,3 à 8,6 en surface et de 8,6 à 7,9 en profondeur.

Bien que ne possédant pas d'analyses plus fines sur la proportion relative des fractions libre et liée de matière organique, il semble, au vu de l'ordre de grandeur des C/N, qu'on puisse assimiler la plus grande partie de la matière organique de ce sol à un humus stable. Des apports d'azote minéral associés au *renouvellement rapide de racines* jeunes dont le *rythme d'exploitation est la cause*, favorisent une minéralisation prépondérante du carbone. Sur les vingt premiers centimètres, son taux de minéralisation annuel estimé est de l'ordre de 1,6 %, correspondant à un taux moyen habituellement admis pour une matière organique stable. Il apparaît néanmoins que ce type de prairie temporaire, dans nos conditions de milieu, n'est pas capable, par l'intermédiaire de son seul système racinaire, de maintenir le bilan organique en équilibre, les différents niveaux élevés de fertilisation ne semblant pas en cause.

TABLEAU III

INFLUENCE DE LA FERTILISATION AZOTEE SUR L'EVOLUTION PHYSICO-CHEMIE D'UN SOL DE PRAIRIE

(« Le Robillard »)

Profondeur	1974			Moyennes 0-20 cm		1974			Moyennes 20-40 cm	
	0-20 cm					20-40 cm				
Apports annuels d'azote/ba ... (/N coupe)	180 (30)	540 (90)	900 (150)	1974	1967	180 (30)	540 (90)	900 (150)	1974	1967
C ‰	32,2	32,0	32,8	32,7	36,3	16,1	13,6	13,3	14,3	20,6
N ‰	3,8	3,7	3,7	3,7	3,9	2,0	1,7	1,7	1,8	2,4
C/N	8,5	8,6	8,8	8,6	9,3	8,0	8,0	7,8	7,9	8,6
pH eau	7,5	7,7	7,4	7,5	7,6	8,0	8,0	8,0	8,0	7,8
P ₂ O ₅ (J.H.) ‰	0,24	0,15	0,24	0,21	0,13	0,02	0,02	0,05	0,03	0,05
K ₂ O en ‰	0,58	0,25	0,36	0,39	0,29	0,13	0,14	0,16	0,14	0,16

— *Phosphore.*

On assiste par rapport à 1967 à une augmentation sensible de la teneur en P_2O_5 de l'horizon 0-20 cm alors que la teneur de la couche sous-jacente n'est pratiquement pas modifiée, restant à un niveau extrêmement faible. Si l'on tente un bilan global du phosphore, on constate que la fumure phosphatée annuelle (200 unités P_2O_5 /an) permet non seulement de satisfaire les exportations par le végétal mais encore d'enrichir la couche superficielle du sol. Etant donné la variabilité élevée des mesures, il est difficile d'apprécier l'effet direct de la fertilisation azotée sur les différences de teneur observées.

— *Potassium.*

Dans ce sol, dont la teneur en potassium échangeable est à un niveau correct, on constate, avec une fumure potassique de 600 unités/an et une consommation de luxe importante, un enrichissement de la couche superficielle. Dans ce cas, la fumure azotée n'est certainement pas le seul facteur à prendre en compte pour tenter d'expliquer les différences observées. Cependant, le niveau 60 unités d'azote conduit à une teneur en potasse double par rapport au niveau 90 unités.

Il semblerait, au vu de la localisation et de la morphologie du système racinaire (cf. *Fourrages* n° 63), que des alternances de dessiccation et d'humectation dans un volume exploré réduit favorisent une libération de potassium à partir des feuilletts argileux, en surface.

En résumé, sept années d'essai apportent au niveau du sol les informations suivantes :

- diminution du taux de carbone organique sans diminution notable de l'azote quels que soient les traitements. Corrélativement, diminution du rapport C/N ;
- enrichissement en P et K de la couche superficielle du sol grâce à des fumures confortables ;
- au niveau physique (voir *Fourrages* n° 63), diminution de la compacité du sol pour les niveaux d'azote les moins élevés (60 N/cycle).

CONCLUSION.

Les différents points abordés dans cette étude font ressortir les nombreuses modifications entraînées par une intensification azotée sur fétuque élevée.

Nous obtenons ainsi des productions de fourrage dont la quantité et la qualité varient selon les fumures.

Mais la question est de savoir quel niveau de fertilisation azotée permet un compromis satisfaisant pour une exploitation rationnelle du végétal dans une entreprise agricole.

L'étude suggère qu'une fumure azotée régulière de l'ordre de 60 unités par exploitation constitue un niveau raisonnable aussi bien pour la production de matière sèche que pour la qualité du fourrage récolté. Une adaptation locale est toujours nécessaire en fonction des conditions de sol, de climat et du système de culture adopté.

Jean-François FOURBET,
I.N.R.A. S.E.I., Grignon (78).

Michel HNATYSZYN,
*Lycée agricole « Le Robillard »,
St-Pierre-sur-Dives (14).*

Analyses fourragères :
Station agronomique, Lucé (28).