

TENEURS EN AZOTE SOLUBLE DU RAY-GRASS D'ITALIE SEMÉ EN AUTOMNE : ÉVOLUTION AU COURS DE LA CROISSANCE DE PRINTEMPS

POUR LE RUMINANT, L'EFFICIENCE ALIMENTAIRE DE L'AZOTE CONTENU DANS LE FOURRAGE DÉPEND DE PLUSIEURS AUTRES FACTEURS QUE DE LA SEULE teneur de l'herbe en matière azotée totale. La proportion en azote soluble intervient largement : azote soluble organique d'efficacité métabolique faible (une teneur élevée en azote soluble réduit la quantité des protéines digestibles dans l'intestin), azote soluble minéral sous forme de nitrates dont l'efficacité métabolique est nulle et qui peut, à très forte concentration, avoir des effets toxiques. C'est dans cette perspective que nous présentons ici l'évolution, au cours de la croissance de printemps, de la composition azotée du fourrage de plusieurs variétés de ray-grass d'Italie semées en automne et recevant trois niveaux de fertilisation azotée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Plusieurs variétés de ray-grass d'Italie ont été utilisées pendant deux années successives d'expérimentation à la ferme expérimentale des Verrines (Lusignan), en semis d'automne : deux cv. diploïdes, Adret, Tiara et quatre cv. tétraploïdes, Lipo, Romo, Tetrone, Sabalan (dans la deuxième année

par J. Salette
G. Lemaire,
J. Robichet et
L. Huguet

d'expérimentation, Romo a été remplacé par Maris Ledger). Les mesures étaient faites au cours de la croissance de la fin d'hiver et du printemps suivants. Trois doses d'azote ont été utilisées (50, 100, 150 kg N/ha) selon les modalités suivantes : aucun apport au semis en raison des reliquats importants du précédent cultural (maïs et blé respectivement pour chaque année) ; apport en fin d'hiver, sous forme de nitrate d'ammonium 33,5 % : 50 ou 100 kg/ha au 15 février, plus 50 kg trois semaines plus tard pour les parcelles devant recevoir la dose de 150 kg.

Quatre prélèvements successifs par fauche de sous-parcelles adjacentes sont faits jusqu'à la pleine épiaison pour estimer la croissance, et des prélèvements intermédiaires d'herbe sont également effectués avant la première récolte et entre chacune des coupes suivantes, ce qui permet de caractériser l'évolution qualitative du fourrage en cours de croissance par huit points successifs (tableau I).

TABLEAU I
DATES DE RÉCOLTES ET DE PRÉLÈVEMENTS
CORRESPONDANT À L'ANNÉE D'EXPÉRIMENTATION
ÉTUDIÉE ; ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION
DE MATIÈRE SÈCHE

- date des récoltes (avec pesée MS/ha et analyse échant.)	-	-	28 mars	-	19 avril	-	2 mai	10 mai
- date des prélèvements (analyse seulement)	14 mars	21 mars	"	4 avril	"	26 avril	"	"
- n° de prélèvement	1	2	3	4	5	6	7	8
- stade de végétation correspondant	végétatif : feuilles			épi à 10 cm		montaison		pleine épiaison
- production MS t/ha (moyenne des variétés)	N 50	-	1,90	-	3,94	-	5,20	5,70
	N100	-	2,23	-	4,60	-	5,54	6,18
	N150	-	2,68	-	5,02	-	6,04	6,86

Teneurs en azote soluble

Les échantillons provenant des récoltes et des prélèvements intermédiaires successifs sont analysés après séchage à 80°C jusqu'à poids constant, et broyage. On détermine en particulier :

— l'azote total, par la méthode Kjeldahl (minéralisation sulfurique avec catalyseur) ;

— l'azote soluble défini selon la méthode de mise en solution pratiquée : extraction par une solution tampon de pH 7 obtenue par mélange de solutions aqueuses de phosphates monopotassique et disodique (méthode utilisée à la Station d'Amélioration des plantes fourragères de Lusignan ; M. LILA, communication personnelle).

L'azote soluble, obtenu après filtration, comprend deux fractions dosées séparément :

a) l'azote minéral soluble, représenté exclusivement dans tous les échantillons par la forme nitrique ; il est dosé après réduction par l'alliage Dewarda puis distillation de l'ammoniac ;

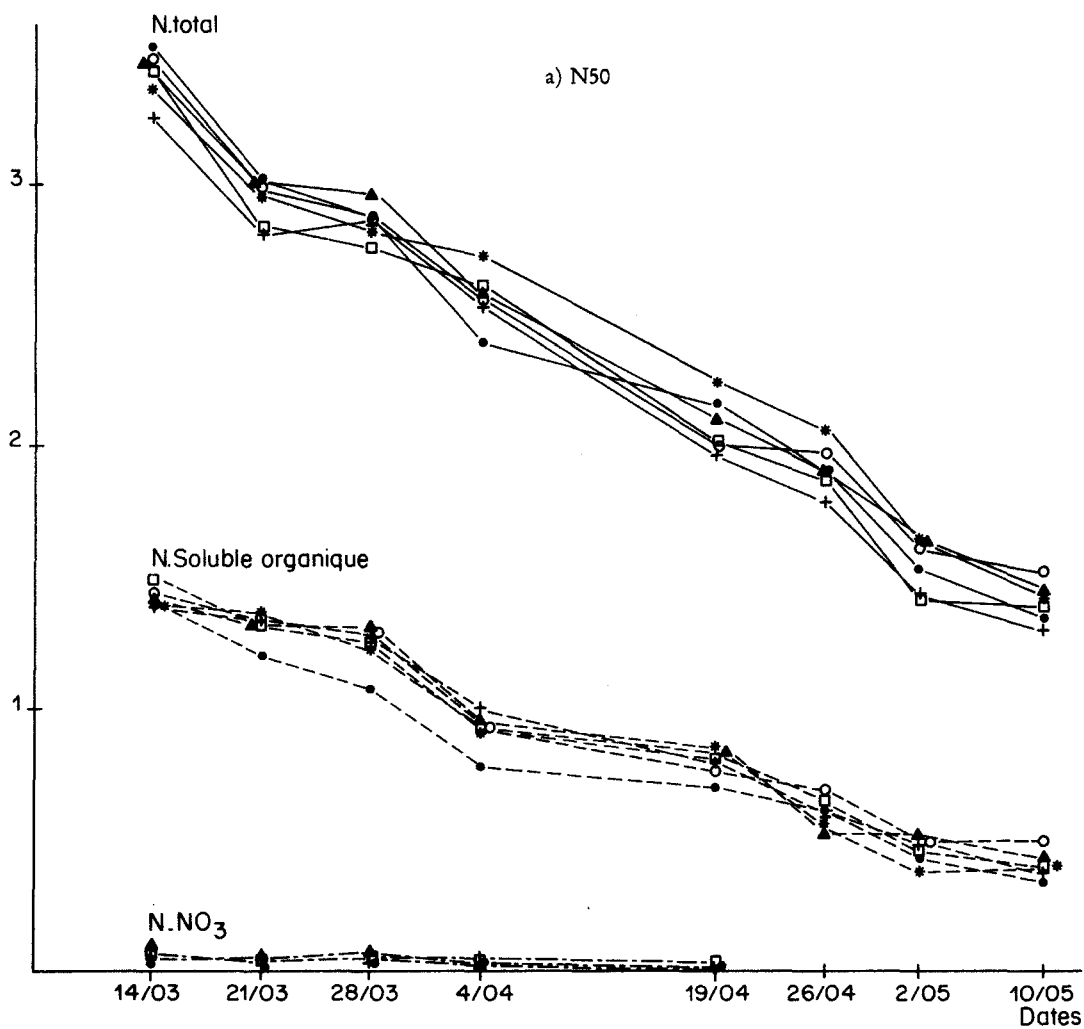
b) l'azote organique soluble, dosé après minéralisation sulfurique avec catalyseur.

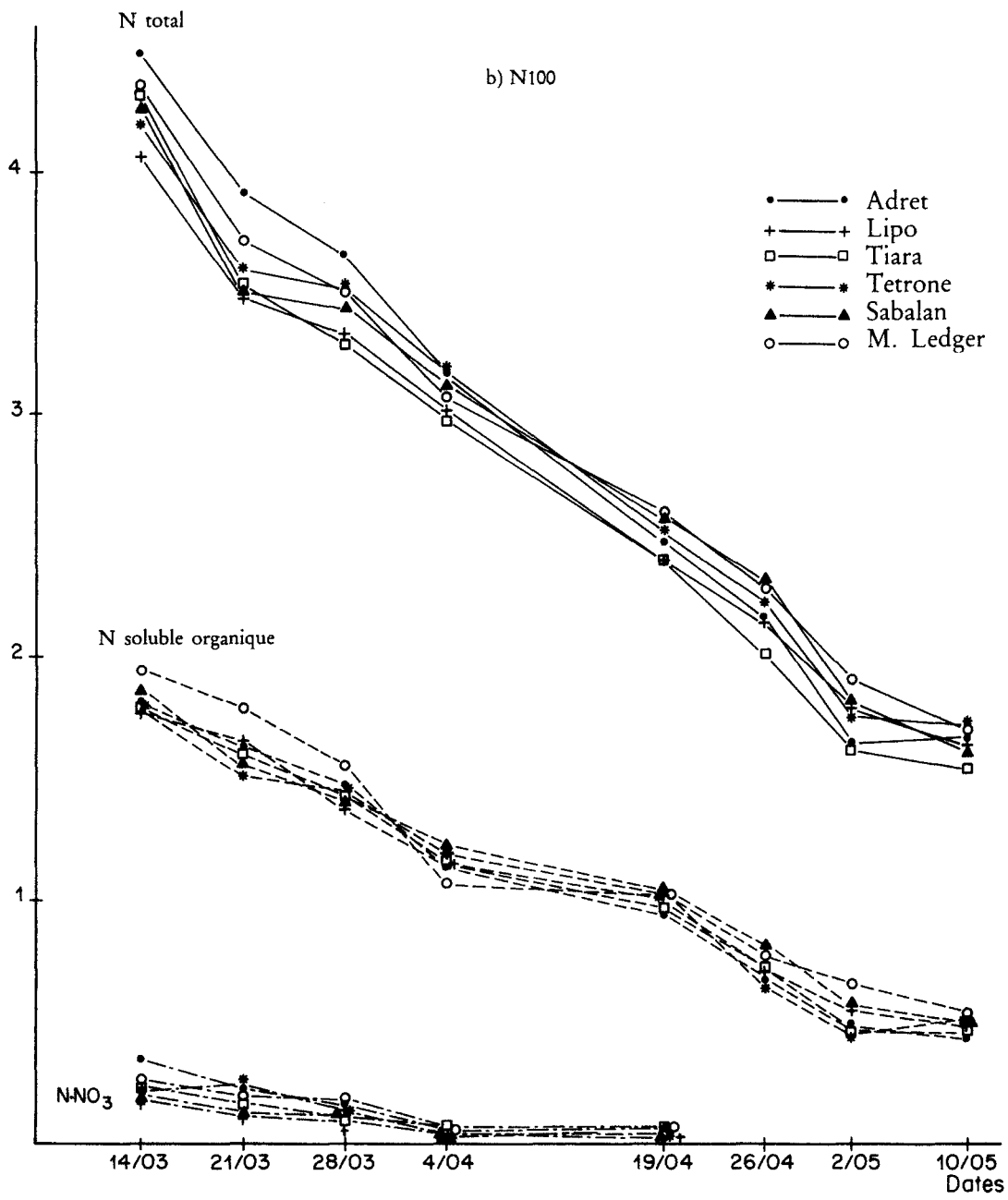
RÉSULTATS

1. Évolution des teneurs au cours de la croissance

La figure 1 donne pour chaque dose d'azote, l'évolution des teneurs en azote total, en azote organique soluble et en azote nitrique au cours de la croissance de printemps, d'après les analyses correspondant aux huit dates successives de prélèvement. On remarquera que les teneurs en nitrates ne sont excessives, par référence aux normes usuelles (0,25 % de N sous forme nitrique), que pour des stades très précoces : on ne trouve pas de nitrates à doses notables dans l'herbe provenant des parcelles N50 et on n'en trouve plus au-delà du 4 avril pour N100, alors que pour les parcelles N150 les teneurs en azote nitrique ne deviennent inférieures à 0,2 % qu'après le 26 avril. Nous n'avons constaté aucune différence significative entre les variétés étudiées ; les seules différences constatées ne sont que

FIGURE 1
 ÉVOLUTION AU COURS DU TEMPS
 DES TENEURS EN N TOTAL, N SOLUBLE ET N NITRIQUE
 POUR UNE CROISSANCE DE PRINTEMPS DE DIFFÉRENTES
 VARIÉTÉS DE RAY-GRASS D'ITALIE SEMÉES EN AUTOMNE
 (Lusignan)





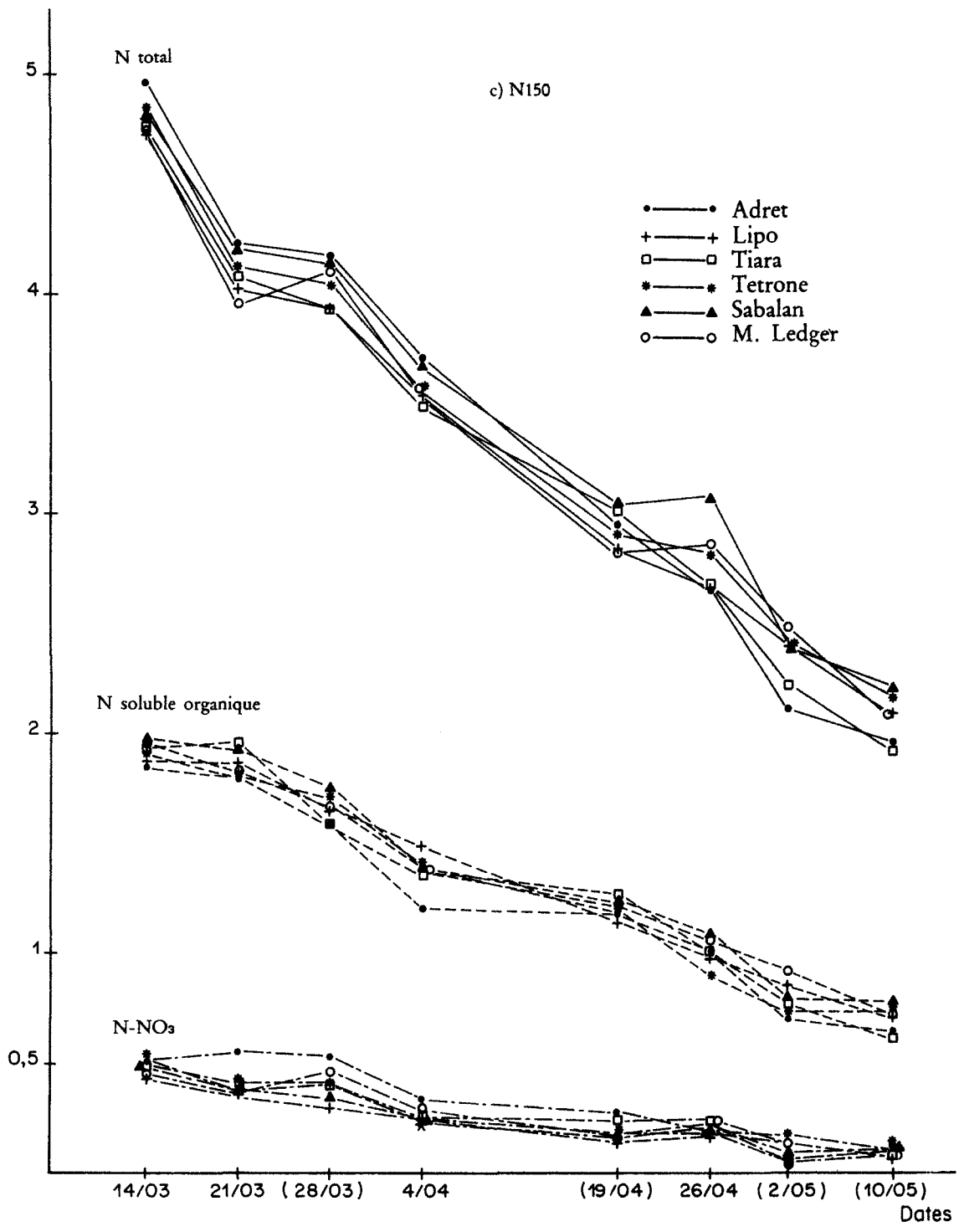
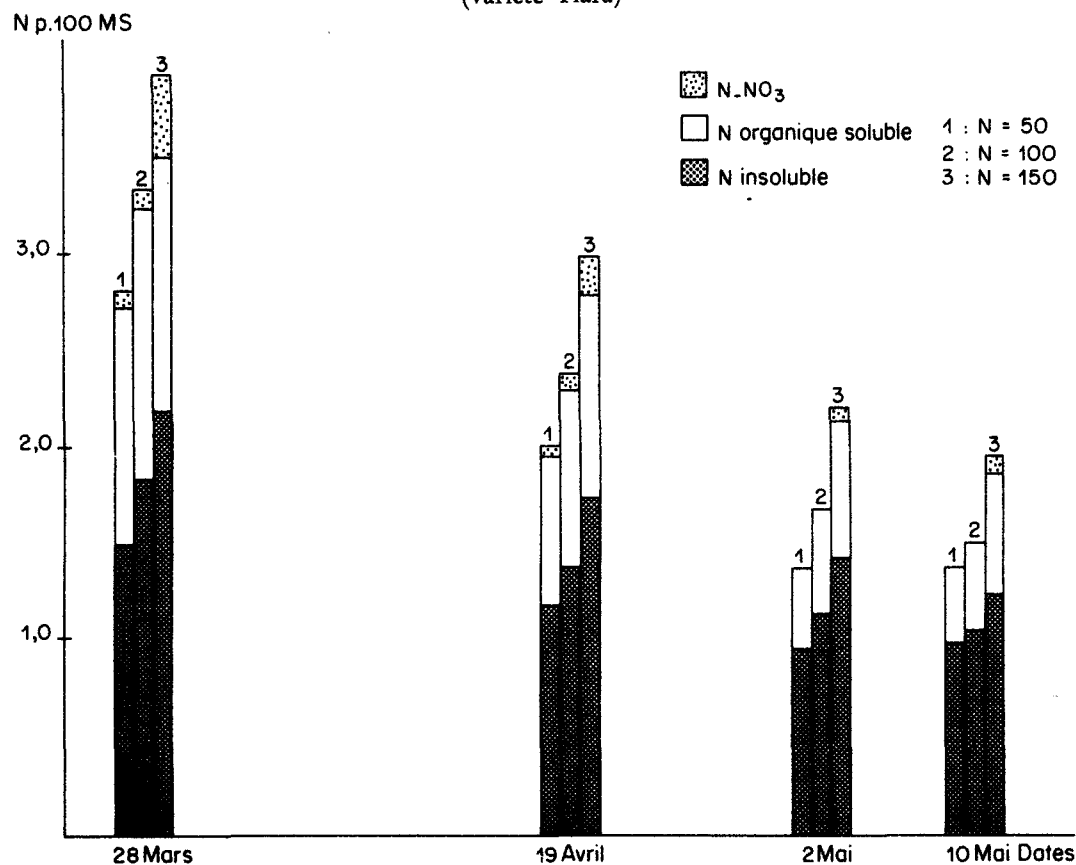


FIGURE 2
DISTRIBUTION DES TROIS FORMES D'AZOTE AU COURS DE
LA CROISSANCE DE PRINTEMPS : N-INSOLUBLE, SOLUBLE
ET NITRIQUE, EN FONCTION DE LA DOSE D'AZOTE ET POUR
4 DATES DE COUPE SUCCESSIVES
 (variété Tiara)



ponctuelles et ne se retrouvent ni tout au long de la croissance, ni chaque année.

La distribution des trois formes d'azote, aux quatre dates de fauche réalisées et pour les trois doses d'azote appliquées, est représentée sur la figure 2 : l'augmentation des formes solubles, mais aussi de la forme insoluble, en fonction de la dose d'azote apportée y apparaît clairement.

*Teneurs en azote soluble
du ray-grass d'Italie*

2. Relation entre les teneurs en azote sous forme soluble et les teneurs en azote total au cours de la croissance

On voit (figure 3) que la teneur en azote organique soluble (Ns) est liée à celle en azote total (Nt) par une régression linéaire. Il est intéressant de souligner que la même relation prend en compte à la fois la variation due au temps (c'est un effet âge : cf. dates de prélèvements successifs n° 1 à 8 indiqués au tableau I) et la variation due à la dose d'azote apportée par la fertilisation (segments de droite reliant les points de même date). L'équation d'ensemble est la suivante (cas d'une variété, Tiara, pour une année) :

$$N_s = 0,496 N_t - 0,265 \quad r = 0,98$$

La teneur en azote sous forme de nitrates (Nn) est également liée à (Nt) par une régression linéaire, mais qui dépend de la dose d'azote utilisée :

. pour N 50 :	$N_n = 0,029 N_t - 0,036$	$r = 0,97$
. pour N 100 :	$N_n = 0,099 N_t - 0,196$	$r = 0,93$
. pour N 150 :	$N_n = 0,156 N_t - 0,233$	$r = 0,96$

Les résultats de la deuxième année d'étude sont du même type, avec des écarts plus importants, notamment en début de croissance, probablement en raison de plus brusques variations climatiques (plusieurs jours de gelée). On n'a pas constaté de différences significatives entre les variétés étudiées.

La relation linéaire obtenue entre Nn et Nt est analogue à la relation de corrélation obtenue par nos collègues de Quimper dans une étude au stade pâturage de ray-grass semés au printemps (E. MORÉ et al., 1982).

3. Évolution du rapport « azote soluble/azote total »

Ce rapport diminue au cours de la croissance et plus particulièrement pendant la montaison (ici, à partir du 19 avril). La dose d'azote n'a pas

*Teneurs en azote soluble
du ray-grass d'Italie*

FIGURE 3
RELATION ENTRE LES TENEURS EN FORMES SOLUBLE ET
EN AZOTE TOTAL AU COURS DE LA CROISSANCE
DE PRINTEMPS
 (variété Tiara)

- a) relation azote nitrique - azote total
 b) relation azote soluble - azote total

Les numéros 1 à 8 correspondent aux dates des prélèvements successifs indiquées au tableau I.

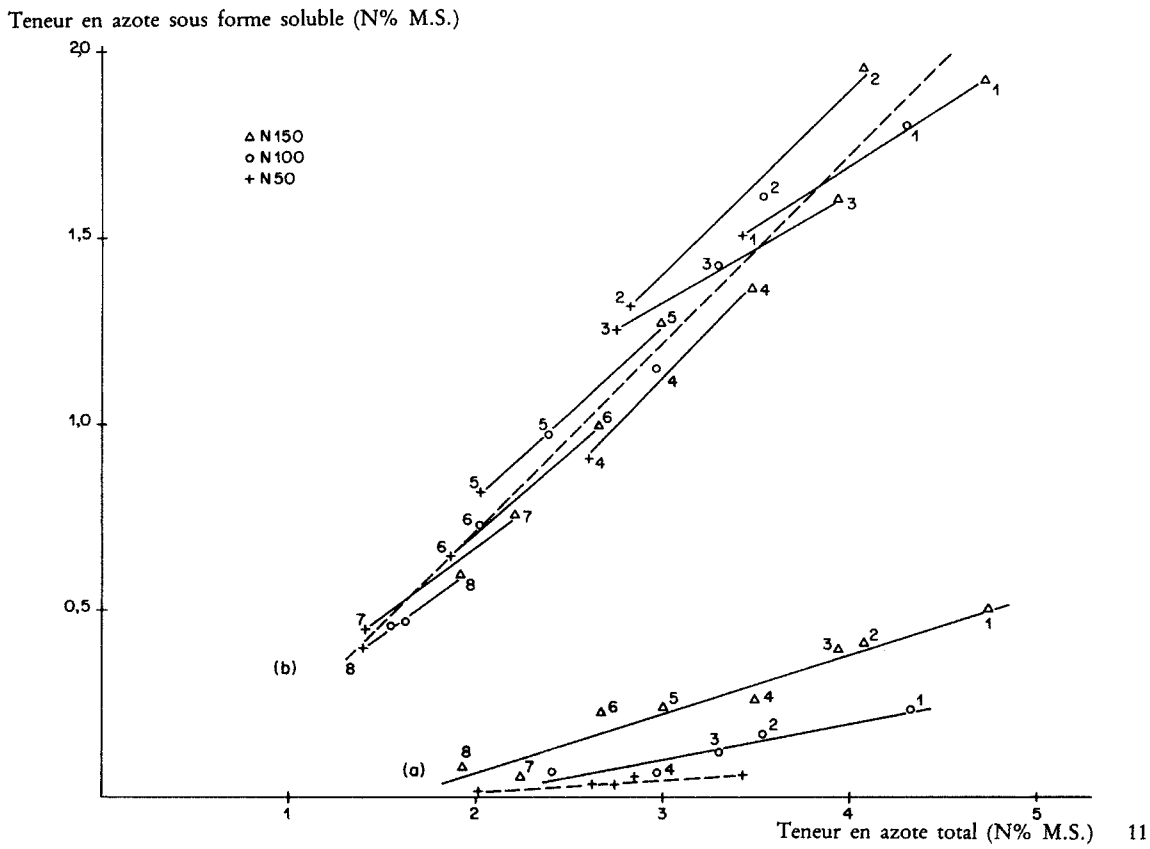
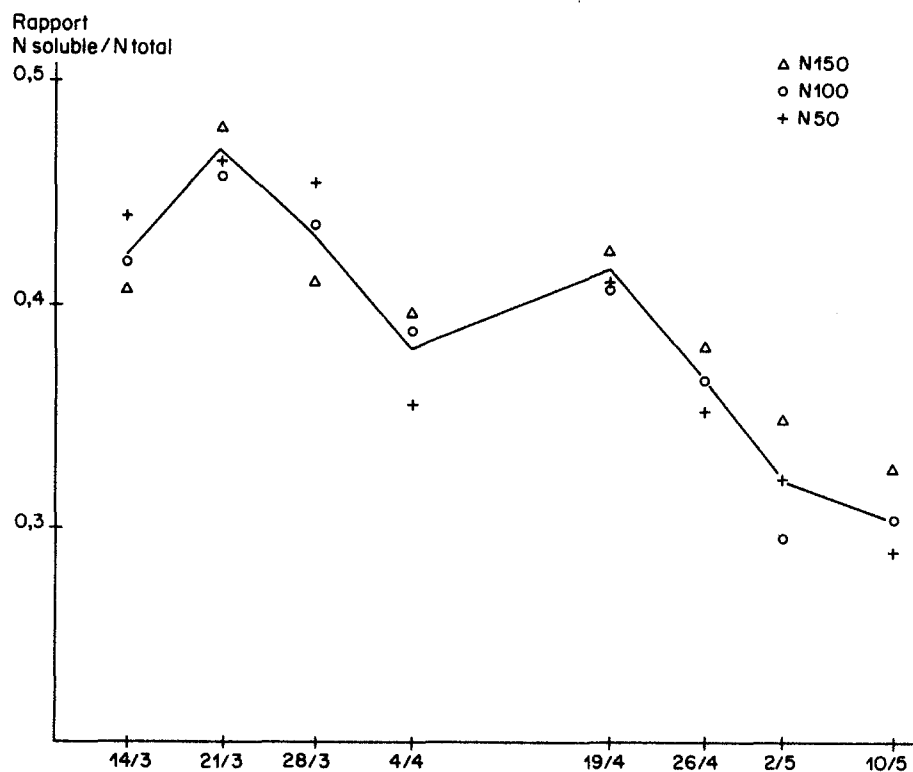


FIGURE 4
ÉVOLUTION DU RAPPORT AZOTE SOLUBLE/AZOTE TOTAL
AU COURS DE LA CROISSANCE DE PRINTEMPS
 (variété Tiara)



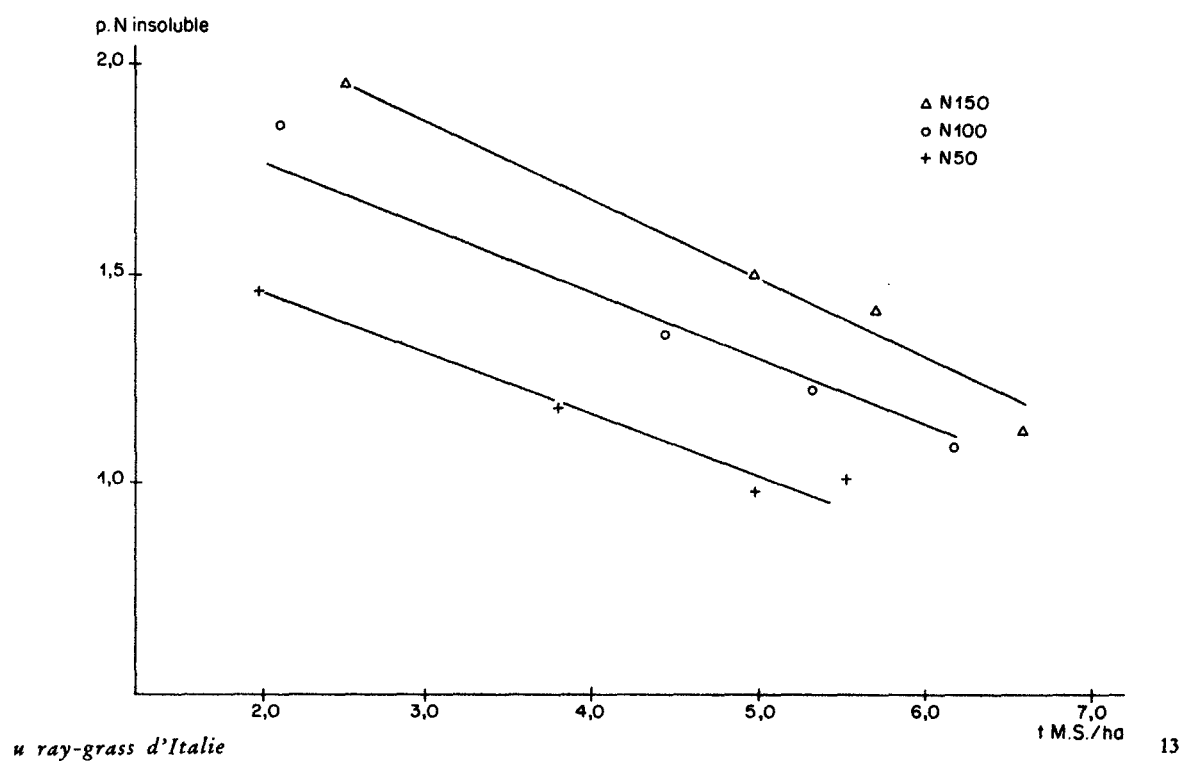
d'effet significatif sur le rapport « azote soluble/azote total » (figure 4). Par contre, le calcul du rapport « azote soluble/azote insoluble » montre une légère augmentation due à la seule dose N150. Cette augmentation peut être interprétée de la façon suivante : dans les conditions de notre essai (forts reliquats d'azote du précédent cultural), la dose N150 est au-delà de l'optimum de nutrition azotée, ce qui se traduit par une très faible augmentation de la production de fourrage (tableau I) mais par une augmentation relativement plus importante de la teneur en formes solubles d'azote.

Teneurs en azote soluble

4. Évolution des teneurs en azote insoluble

Ces teneurs augmentent avec les doses d'azote apportées en fertilisation ; elles diminuent avec l'âge. La figure 5 donne l'évolution des teneurs en azote insoluble en fonction de la matière sèche élaborée au cours de la croissance (dilution). Il n'a pas été relevé de différences significatives entre les variétés étudiées.

FIGURE 5
ÉVOLUTION DES TENEURS EN AZOTE INSOLUBLE
EN FONCTION DU DEGRÉ DE CROISSANCE, EXPRIMÉ PAR
LA MATIÈRE SÈCHE ÉLABORÉE AU COURS DU TEMPS
(variété Tiara)



5. Discussion

Il est important de donner des précisions sur la solution tampon servant à la mise en solution des formes d'azote : la formule utilisée ici diffère des solutions dérivées des formules à base de bicarbonate-phosphate, du type salive artificielle ; elle est plus simple de mise en œuvre pour des petites et moyennes séries d'analyse, et les résultats obtenus sont parfaitement comparables (M. LILA, communication personnelle). Par ailleurs, cette mise en solution libère également les nitrates qui peuvent être partiellement réduits lors de la minéralisation sulfurique, par les sucres réducteurs présents ; il s'en suit une légère majoration dans l'estimation de la teneur en azote soluble pour les échantillons correspondant à l'herbe la plus jeune.

L'azote insoluble, déterminé ici par différence (N total - N soluble - N nitrique) pourrait être déterminé avec plus de précision par un dosage supplémentaire sur la fraction insoluble de l'échantillon analysé, retenue sur le filtre. Cet « azote insoluble » ne doit pas être confondu avec la fraction « azote protéique » qui est déterminée usuellement en physiologie végétale comme fraction insoluble à la suite d'une mise en solution par l'alcool. La mise en solution par la solution tampon à pH 7 est beaucoup plus poussée : elle extrait une partie importante des protéines de plus faible masse moléculaire, alors que la fraction soluble de l'extraction à l'alcool n'en renferme pas.

La comparaison des deux méthodes (tampon pH 7 et alcool à 50°) sur une série de 18 échantillons de ray-grass d'Italie du présent essai a donné la relation suivante pour les teneurs en azote soluble (Ns) :

$$N_s(\text{alcool}) = 0,52 N_s(\text{tampon}) + 0,022 \quad (r = 0,86)$$

CONCLUSIONS

— Aucune différence significative entre les variétés n'a été mise en évidence pour les critères étudiés. Les productions de matière sèche obtenue sont également non différentes, sauf pour Lipo dont la meilleure production récoltable en fin de croissance est due à une très bonne résistance à la verse, vérifiée sur les deux années d'expérimentation.

Teneurs en azote soluble

— Les teneurs en nitrates de l'herbe en cours de croissance dépendent de l'âge et de la fertilisation ; elles ne sont excessives que pour la dose maximum d'azote (150 kg) et seulement dans les tous premiers stades de la croissance (en mars, stade végétatif feuillu).

— Les doses d'azote expérimentées augmentent la teneur en azote soluble de l'herbe mais aussi, et dans les mêmes proportions, sa teneur en azote insoluble.

— On a pu mettre en évidence des relations linéaires entre les teneurs en formes solubles d'azote et la teneur en azote total du végétal : elles traduisent une constante de comportement au cours de la croissance.

— Les teneurs en azote soluble, bien qu'évoluant en diminution avec l'âge, restent importantes, même avec le niveau d'azote le moins élevé.

— Le rapport « N soluble/N total » ne dépend pas significativement de la dose d'engrais azoté ; il diminue au cours de la croissance [de 0,45 à 0,30-0,35]. Le rapport « N soluble/N insoluble » n'est légèrement augmenté que par la dose N150 ; il est identique pour N50 et N100 ; il diminue au cours de la croissance [de 0,9 à 0,4].

J. SALETTE*, G. LEMAIRE*, J. ROBICHET*, L. HUGUET**

* *Laboratoire d'Agronomie de la prairie Angers-Lusignan,
Station d'Agronomie d'Angers, Beaucouzé (Maine-et-Loire),*

** *Station d'Amélioration des Plantes fourragères,
Lusignan (Vienne).*

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DEINUM B. et SIBMA L. (1980) : « Nitrate content of herbage in relation to nitrogen fertilization and management », *Proc. Int. Grassland Fed. Congress on the role of nitrogen in intensive grassland production*, Wageningen, Pudoc, 95-102.

DEMARQUILLY C., GRENET E. et ANDRIEU J. (1981) : « Les constituants azotés des fourrages et la prévision de la valeur azotée des fourrages », *Prévision de la valeur nutritive des aliments des Ruminants*, I.N.R.A. Publ. 129-154.

MORÉ E., COPPENET M., LE CORRE L. et SCOUARNEC P. (1982) : « Sur la teneur en azote nitrique du ray-grass d'Italie au stade du pâturage », *Fourrages*, 89, 49-61.

SALETTE J. (1982) : « The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization », *Proc. of the 12th Int. Potash Institute Congress*, Goslar, june 1982 ; 305 p. ; Ed. I.I.P. Berne, 117-144.

*Teneurs en azote soluble
du ray-grass d'Italie*