

# ASPECTS TECHNIQUES ET ÉCONOMIQUES DE LA FERTILISATION AZOTÉE DES PRAIRIES PERMANENTES DANS LES FERMES DES PAYS-BAS

## 1<sup>re</sup> partie : ASPECTS TECHNIQUES

**A**U COURS DES DIX A QUINZE DERNIÈRES ANNÉES, L'EMPLOI D'ENGRAIS AZOTES SUR PRAIRIES A CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉ AUX-PAYS-BAS. EN 1950, ON UTILISAIT EN MOYENNE 50 kg/ha d'N, alors qu'en 1965, on apportait environ 150 kg/ha d'N. Cet accroissement appréciable semble être dû partiellement à une application supérieure faite au printemps, afin de pouvoir réaliser une récolte de foin ou d'ensilage, mettre les animaux plus tôt à l'herbage ou charger plus fortement les pâtures au printemps. Cependant, l'accroissement des fertilisations azotées est notable également en été, où l'on désire obtenir plus d'herbe à pâturer ou à récolter pour jouer le rôle d'aliment grossier en hiver. Les exploitations très intensives utilisent jusqu'à 400 kg/ha/an d'N. Les chercheurs néerlandais se sont intéressés, ces dernières années, à l'étude de l'effet de la fertilisation azotée. Ce rapport, dans sa première partie, traite des méthodes d'étude utilisées pour la détermination des effets de la fertilisation azotée sur la production des prairies. Dans la seconde partie, les résultats de ces études sont exposés. Enfin, des données économiques détaillées, recueillies au niveau de l'exploitation, sont présentées. Elles sont basées sur les résultats obtenus dans des essais suivis selon une méthode particulière.

### **Matériel et méthode.**

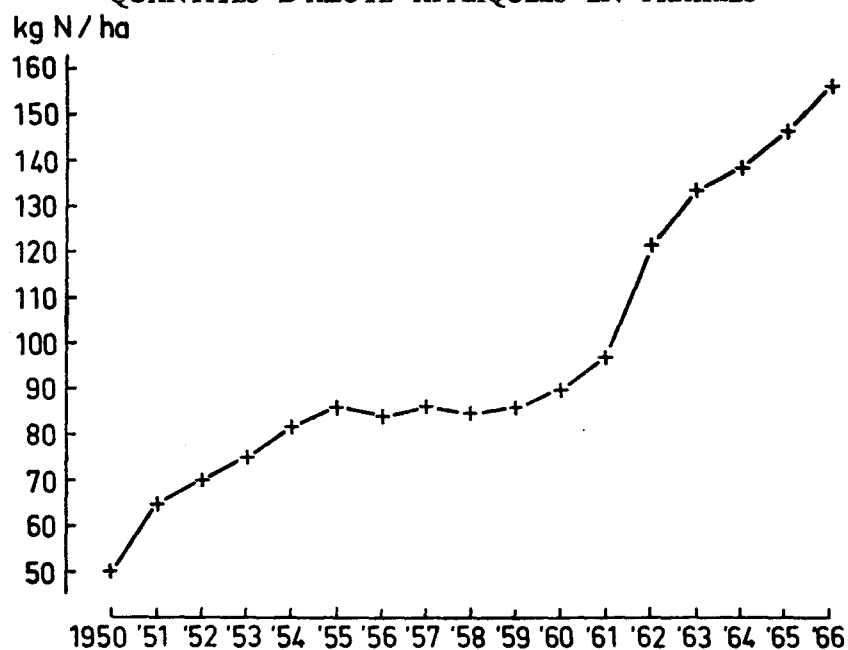
L'influence de l'apport d'engrais N sur la production fourragère est généralement exprimée en termes d'accroissement de rendement en M.S. ou U.A. par kg d'N supplémentaire fourni.

Si l'on s'intéresse aux modalités d'expression de cet accroissement, on considère généralement qu'il est important au printemps. Par contre, le nombre des données enregistrées en production d'été est beaucoup plus faible. Qui plus est, ces données ont été recueillies dans des essais coupés plusieurs fois par an, ou dans lesquels les traitements « fumure azotée » ont été appliqués de manière « extensive » (faible apport de printemps). Les conditions d'obtention de ces résultats expérimentaux diffèrent sensiblement de celles que l'on peut rencontrer dans une exploitation agricole intensive. Dans ce dernier cas, en effet, l'on applique une fertilisation azotée importante au printemps et souvent 150 à 200 kg N/ha sont apportés avant juillet-août. Par ailleurs, les parcelles expérimentales recevant les divers traitements « fumure », sont généralement coupées le même jour, donc pas obligatoirement à l'instant le plus favorable pour chacun des traitements. On peut donc douter de l'intérêt de la transposition de tels résultats, dans les conditions de la pratique, en particulier lorsqu'il s'agit de données relatives aux effets observables en été.

A cause de ces objections, notre Institut a mis en place en 1960, à Wageningen, un dispositif expérimental très différent des dispositifs classiques, afin d'étudier les effets de la fertilisation azotée. Les parcelles élémentaires ont 600 m<sup>2</sup>, ce qui permet de les faire pâturer chacune séparément. Les exploitations sont réalisées de la façon suivante : une coupe pour mise en conservation lorsque la quantité d'herbe disponible atteint 18 t/ha (3 t de M.S.), et les pâtures sont effectuées lorsque les repousses fournissent 10 t de M.V./ha (1,7 t environ de M.S.). La détermination des quantités de fourrage disponibles avant la pâture (cinq à six génisses pendant deux à trois jours) est effectuée à l'aide de trois prélèvements coupés de 10 m<sup>2</sup>. Au cours des quatre premières années, les quantités d'azote apportées ont été, avant chaque exploitation, de 0, 20, 30, 35, 40, 50 ou 60 kg /N/ha). A partir de 1964, la répartition des fumures fut modifiée : un apport de printemps et des apports plus faibles, plus tard en saison.

46 Au total, pour l'année, ils atteignirent 0, 100, 150, 200, 250, 350 et 450 kg/ha d'N.

Graphique n° 1  
 QUANTITES D'AZOTE APPLIQUEES EN PRAIRIES



Dans ce dispositif, les échantillons prélevés pour l'estimation des quantités de fourrage disponibles étaient pris sur des emplacements variables. Par ailleurs, le système d'exploitation : une ou deux coupes par an (selon l'importance de la fumure) et des pâtures ultérieures, correspond à ce qui se passe en pratique. Ces modalités d'utilisation étaient par ailleurs correctes, puisque les coupes et les pâtures se réalisaient lorsque les quantités d'herbe disponibles atteignaient respectivement 18-20 t M.V./ha ou 10 t M.V./ha environ.

Un inconvénient de cette méthode est dû à ce que les déterminations des rendements des divers traitements ne se font pas à la même date, ce qui supprime la possibilité de comparer directement l'effet de divers apports d'N. On ne peut pas l'exprimer, par exemple, en termes d'accroissement de production de M.S. ou d'U.A. par kg d'N supplémentaire fourni, puisque les

temps de pousse des divers traitements ne sont pas identiques. L'influence des apports d'N peut cependant se mesurer en rendements annuels en M.S. ou U.A. Le nombre de jours nécessaires pour l'obtention d'une quantité d'herbe déterminée, par type de fumure, est cependant connu et des comparaisons basées sur ces données peuvent être faites.

#### **Efficacité de l'azote.**

L'efficacité de l'azote dépend généralement des facteurs suivants :

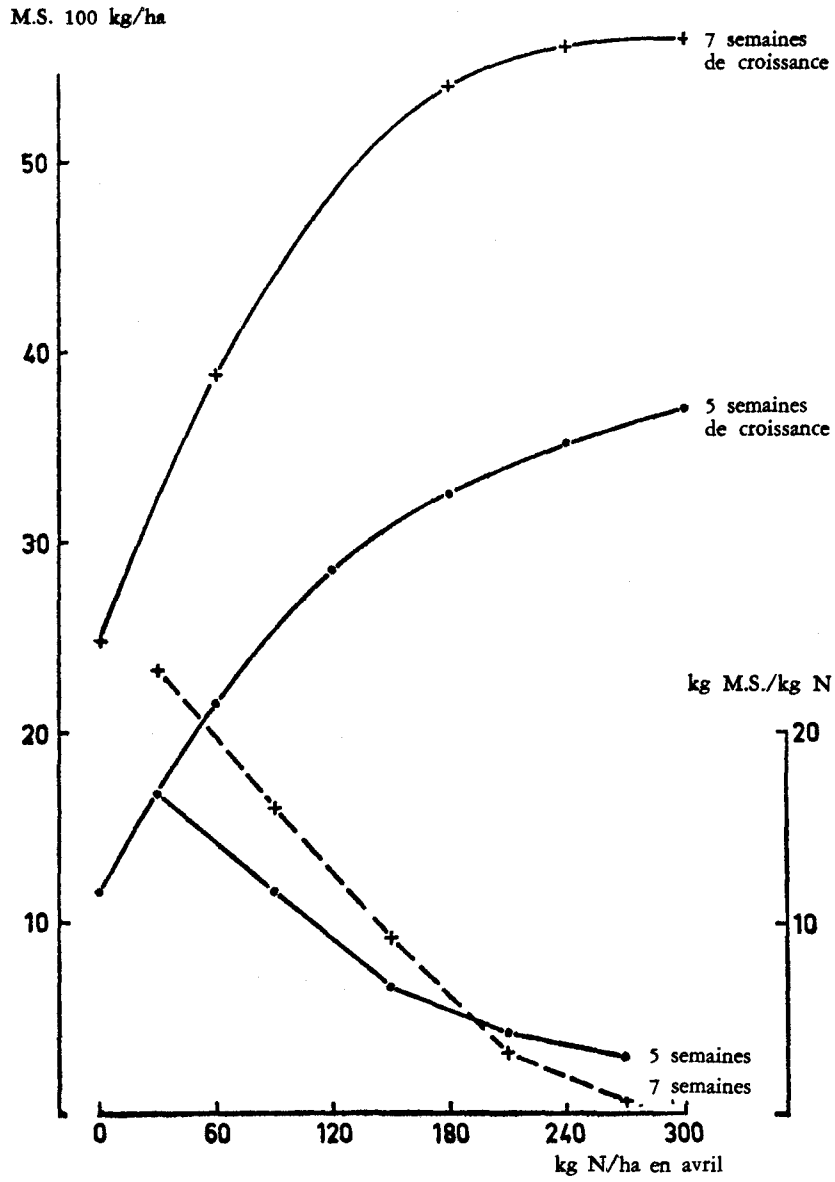
- a) niveau d'apport d'N par coupe ;
- b) période d'application ;
- c) durée de la saison de végétation ;
- d) type de sol ;
- e) disponibilité en eau ;
- f) conditions climatiques.

Pour la première exploitation en pâture (début mai : 10 t de M.V. ou 1,7 t M.S./ha), l'efficacité de l'azote à des doses moyennes d'apport (inférieur ou égal à 100 kg N/ha), est de l'ordre de 18 à 20 kg M.S./kg N. Si l'on récolte à un stade plus avancé (dix à quinze jours plus tard) alors que le rendement total est de l'ordre de 3 t M.S./ha (stade ensilage), il atteint 25 à 27 kg M.S./kg N ; plus tard encore (niveau de production voisin de 4 t M.S./ha), il est de l'ordre de 30 kg M.S./kg N. Pour des apports inférieurs ou égaux à 100 kg N/ha/coupe, on note peu de différences d'efficacité de la fumure, au printemps, selon les types de sols. En été, celle-ci est plus faible sur les sols riches en matière organique que sur les autres. On note également des variations dans l'efficacité de l'N et ceci, à divers stades de végétation, selon que l'on est au printemps ou en été. Pour ce qui est de l'herbe à pâturer, elle réagit de façon plus homogène (sauf peut-être sur sols tourbeux, en été), alors que le surplus de production par kg d'N supplémentaire d'herbe à ensiler ou à faner, est généralement plus faible en été qu'au printemps (VAN BURG, 1960).

Les disponibilités en eau jouent évidemment un rôle important : l'efficacité de N est moins nette au cours des étés secs, plus particulièrement sur les sols « sensibles ». Ceci se retrouve également dans les circonstances opposées: sols mal drainés, ou submergés, au printemps. De fortes chutes de pluies succédant à une application peuvent atténuer l'efficacité de l'azote par lessivage. Enfin, les gelées nocturnes importantes de printemps limitent l'effet de N.

Graphique n° 2

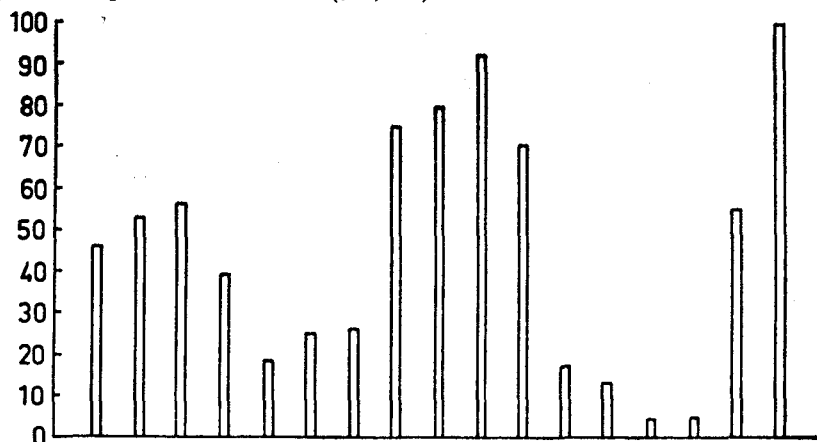
ESSAIS Dr VAN BURG - STIKSTOF - 1960



Graphique n° 3

ESSAI 1 B 380 - 1959 Dr VAN BURG

mm de précipitations  
pendant la période de croissance (31 jours)



Graphique n° 4

kg M.S./kg N  
(période de croissance de 31 jours)



Date de l'application d'azote

- + — + = à l'irrigation (6 mm d'eau supplémentaires par jour)  
o - - - o = sans irrigation (précipitations naturelles seulement)

Pour des apports supérieurs à 200 kg/ha/an d'N, l'efficacité de N diminue nettement. Ici, le type de sols joue un rôle très important : cette réduction d'effet est rapidement perçue sur des sols tourbeux, alors qu'elle ne se manifeste qu'à des niveaux beaucoup plus élevés d'apports sur les sols argileux et sablonneux. Ces remarques s'appliquent aussi bien à l'apport global (OOSTENDORB et BOXEM) qu'à l'effet « net » (BOSCH, 1965).

#### **Période de croissance entre deux exploitations.**

Les résultats d'un champ expérimental établi sur sol sablonneux au cours des années 1960-1963 ont été utilisés pour obtenir des données utilisables en programmation.

Comme on l'a déjà signalé, une comparaison directe de l'effet de différents niveaux de fertilisation est impossible, avec les dispositifs adoptés. Il est cependant possible de calculer le nombre de jours de croissance nécessaires, aux différentes époques de l'année, pour obtenir une certaine quantité d'herbe, et ceci après application de divers niveaux de fertilisation. Les trois systèmes d'utilisation suivants ont été retenus :

— pâture .....	1,7 t/ha M.S. disponible
— ensilage .....	3,0 t/ha M.S. disponible
— foin .....	4,0 t/ha M.S. disponible

Cette notion de durée entre deux exploitations est utile au niveau de l'exploitation. Les tableaux ci-après donnent les résultats obtenus, pour ces diverses hypothèses, aux différents mois de la saison, après apports de quantités variables d'engrais par coupe, et pour les types de récolte suivants : pâture, ensilage préfané, foin, ensilage récolté à la machine à fléau. Dans ce tableau, on a corrigé le nombre de jours en tenant compte des pertes de temps de repousse caractéristiques d'un mode d'exploitation, c'est-à-dire jours nécessaires pour le pâturage, la coupe des refus, le ressuyage du sol. Enfin, les dates de première récolte ont été modifiées et les nombres de jours nécessaires sont calculés à partir de ces dates.

De telles données sont utilisées par VAN BOVEN, dans son rapport relatif aux aspects économiques de la fertilisation azotée des prairies.

**TABLEAU I**  
**NOMBRE DE JOURS NECESSAIRES**  
**POUR OBTENIR UNE REPOUSSE A PATURER**  
*(1.700 kg de M.S./ha - Perte de 5 jours pour la pâture et la coupe des refus)*

Kg N/ha .....	0	20	40	60
Date 1 <sup>re</sup> coupe .....	27 mai	18 mai	11 mai	6 mai
Nombre de jours de croissance :				
Mai .....	46	37	30	25
Juin .....	50	41	34	29
Juillet .....	52	44	37	33
Août .....	50	42	36	32
Septembre .....	—	49	44	41

**TABLEAU II**  
**NOMBRE DE JOURS NECESSAIRES**  
**POUR L'OBTENTION D'UNE REPOUSSE A ENSILER**  
*(3.000 kg M.S./ha - Perte de 4 jours pour redémarrage)*

Kg N/ha .....	20	40	60	80
Date 1 <sup>re</sup> coupe .....	28 mai	22 mai	16 mai	12 mai
Nombre de jours de croissance :				
Mai .....	46	40	34	30
Juin .....	51	45	40	36
Juillet .....	57	51	46	42
Août .....	55	48	44	41

**TABLEAU III**  
**NOMBRE DE JOURS NECESSAIRES**  
**POUR L'OBTENTION D'UNE REPOUSSE A COUPER**  
**POUR POST-SECHAGE**  
*(4.000 kg M.S./ha - Perte de 6 jours pour redémarrage)*

Kg N/ha .....	20	40	60	80
Date 1 <sup>re</sup> coupe .....	4 juin	29 mai	24 mai	20 mai
Nombre de jours de croissance :				
Mai .....	54	48	43	39
Juin .....	60	54	50	46
Juillet .....	67	61	57	53
Août .....	62	57	54	52



**TABLEAU IV**  
**NOMBRE DE JOURS NECESSAIRES**  
**POUR L'OBTENTION D'UNE REPOUSSE D'HERBE A ENSILER**  
**RECOLTEE A LA FAUCHEUSE A FLEAU**  
*(4.400 kg M.S./ha - Perte de 2 jours pour le redémarrage)*

Kg N/ha .....	20	40	60	80
Date 1 <sup>re</sup> coupe .....	7 juin	1 <sup>er</sup> juin	27 mai	23 mai
Nombre de jours de croissance :				
Mai .....	53	47	42	38
Juin .....	59	53	49	45
Juillet .....	66	60	56	52
Août .....	61	56	53	51

## 2° partie : ASPECTS ÉCONOMIQUES

Dans les années qui ont suivi la guerre, les coûts de la terre et du travail ont relativement plus augmenté que les prix des produits. De ce fait, il était tentant, sur le plan économique, d'accroître la productivité du sol et du travail dans les exploitations herbagères aux Pays-Bas.

Les améliorations techniques en matière de mécanisation, de conception des bâtiments et les possibilités d'accroître la production fourragère en employant de fortes doses d'engrais azoté ont permis à l'agriculteur, chef d'entreprise, d'augmenter le nombre de vaches laitières entretenues par unité de surface, ou par unité de travailleur sur une surface déterminée.

Pour atteindre l'efficacité la plus élevée d'utilisation de ses machines et de sa main-d'œuvre, sur une surface d'herbage donnée, l'agriculteur doit tenir compte de l'allure de la courbe de croissance de l'herbe car celle-ci présente un maximum en début d'été (mai-juin), décroît en été (juillet), puis prend à nouveau une allure croissante à partir d'août.

Le résultat de ce fait est que l'équipement mécanique et les hommes eux-mêmes sont soumis à une surcharge importante en début d'été, lorsque la production des herbages est maximale, mais que les éléments de l'entreprise sont sous-occupés en été.

On a, par ailleurs, trouvé qu'un fort chargement de bétail à l'hectare de prairie permanente et une quantité suffisante de réserve en fourrage gros-

sier pour l'hiver (foin et ensilage) ont un effet favorable sur la situation économique des exploitations herbagères aux Pays-Bas. Cette situation peut encore s'améliorer si la courbe de croissance de l'herbe est maintenue au niveau le plus élevé tout au long de l'année.

Or, cette courbe de croissance peut être influencée par l'apport d'azote. Il est très important pour l'agriculteur, chef d'entreprise, de bien connaître l'effet de cette fertilisation. Il doit en effet savoir, non seulement à quelle époque il peut atteindre son efficacité maximale, mais aussi les répercussions de son emploi à d'autres saisons, par exemple au milieu de l'été, alors que la main-d'œuvre et l'équipement sont sous-employés. L'effet d'apport d'azote peut, à cette époque, être techniquement moins bon qu'en début d'été et, malgré tout, rester économiquement justifié.

L'effet des applications d'N peut être expérimentalement mesuré, à diverses époques de la saison de végétation, bien que, dans la pratique, cela soit difficilement transposable. Cependant, si nous pensons en termes de résultats connus sur l'effet technique de l'azote au cours de la saison, nous pouvons nous demander comment ces résultats peuvent être présentés de telle sorte qu'ils servent à la détermination de l'efficacité économique maximale de la fumure apportée.

Ces données pourraient être exprimées sous forme d'une fonction de production. Cependant, nous ne pensons pas que ceci pourrait mener à l'obtention des résultats désirés, car le nombre de variables de cette fonction est très grand, le rendement total en herbe dépendant :

- a) de la quantité totale d'engrais N apportée pendant toute l'année ;
- b) du nombre d'applications d'N ;
- c) de l'importance de chaque application ;
- d) de l'époque ou des époques d'application ;
- e) des arrière-effets des apports antérieurs ;
- f) de la relation qui peut se manifester entre l'application antérieure d'engrais azoté et la suivante, à une époque déterminée.

Bien qu'il ne soit pas impossible qu'à l'aide de méthodes mathématiques modernes et d'un équipement correct en calculateurs, l'optimum d'une fonction de production puisse être défini, ce résultat serait bien difficile à utiliser pratiquement. En effet, dès que l'on tente d'exprimer cette fonction de production (ou une série de telles fonctions) en termes financiers, les

difficultés apparaissent. La valeur de chaque facteur ne peut être déterminée séparément en terme monétaire mais est conditionnée par l'ensemble des activités d'une exploitation agricole, activités dépendant les unes des autres.

A côté de la fonction de production traitant de la croissance de l'herbe, interviennent bien d'autres facteurs de grande importance, tels que les exigences alimentaires des animaux, le gain de poids et la production laitière de ces animaux, les besoins en travail de toutes les activités de l'exploitation, enfin les besoins en investissements. Peut-être n'ai-je pas cité tous les facteurs en jeu. Il nous suffit en fait de prouver que même s'il est possible de déterminer une fonction de production en termes techniques, il est impossible d'évaluer tous ses facteurs en termes financiers.

Il est donc préférable de déterminer un optimum économique global, pour une exploitation herbagère. Les méthodes de programmation serviront à cette détermination. Cet optimum décrira le meilleur mode d'application d'azote, dans les conditions caractéristiques d'une exploitation donnée et précisera également les époques les plus favorables d'apport. Différents niveaux d'efficacité des apports d'azote peuvent en effet donner satisfaction, selon le type de fourrage que l'on désire produire (période de production, mode d'utilisation : pâture, ensilage ou foin).

Par conséquent, nous avons construit un modèle à l'aide d'une programmation linéaire, pour une exploitation herbagère.

La période de production a été divisée comme suit :

- 25 avril au 1<sup>er</sup> juillet ;
- 1<sup>er</sup> juillet au 1<sup>er</sup> septembre ;
- 1<sup>er</sup> septembre au 1<sup>er</sup> novembre.

Il ne semble pas utile de diviser la période de pâturage en séquences plus courtes, à moins que l'on ne dispose de résultats suffisants. Ce problème devrait retenir notre attention, au cours des années à venir.

L'entretien d'une unité de production animale (une vache laitière et sa suite) est considéré comme une activité. Naturellement, ce poste pourrait être subdivisé en une activité « vache laitière »,

» » « veau de zéro à un an »,

» » « jeune bovin de un à deux ans ». Ceci n'est

pas essentiel, mais présente un intérêt pratique. Pour l'instant, ces subdivisions ne peuvent pas être prises en compte.

Par ailleurs, la « disposition d'un hectare d'herbage » a été introduite comme une activité dans le programme : ceci fait que la surface de l'exploitation y figure en tant que variable.

Pour chaque séquence de la période de production d'herbe, les activités suivantes ont été introduites et, en fait, toujours répétées :

Pâturage après application de	0 kg d'N/ha
» » »	20 kg »
» » »	40 kg »
» » »	60 kg »
Récolte de foin après application de	40 kg d'N/ha
» » » »	60 kg »
Récolte pour ensilage après application de	40 kg d'N/ha
» » » »	60 kg »

Les effets d'application d'N ont été estimés en fonction du nombre de jours nécessaires pour atteindre un certain niveau de production.

La récolte de l'ensilage fut envisagée soit après coupe à la machine à fléau, soit après pré-fanage.

L'activité « achat de concentrés » couvre les exigences de supplémentation des animaux, exprimés par « unité de production animale ».

Parmi les contraintes, on a fait figurer celle qui consiste à s'assurer du fait que la quantité d'herbe à pâturer est toujours suffisante en été et que les réserves sous forme de foin pour ensilage, et/ou concentrés sont également suffisantes en hiver.

Naturellement, le facteur « travail » est également considéré comme contrainte. Le modèle « optimum » défini par le programme, compte tenu d'une quantité de main-d'œuvre, d'équipement en machinisme et en bâtiments, d'un mode de conduite de l'exploitation déterminée, fournit :

- 1) la surface nécessaire ;
- 2) le nombre d'unités de production animale sur l'exploitation ;
- 3) la quantité totale d'azote à fournir ;
- 4) le mode d'application de la fumure (dates et quantités par époque) ;

- 5) les dates et les fréquences de récolte de fourrages sous forme de foin et d'ensilage ;
- 6) les rations d'hiver ;
- 7) la production fourragère totale exprimée en U.A./ha.

Si nous réussissons à mettre en application les modèles définis ci-dessus, nous estimons que nous aurons franchi une étape supplémentaire pour l'évaluation de la fumure azotée à utiliser dans les exploitations herbagères.

S. BOSCH et B. VAN BOVEN,  
*Institut de Recherches et de Vulgarisation  
Wageningen (Pays-Bas).*