

MODALITÉS D'APPLICATION DE LA  
FERTILISATION AZOTÉE (MINÉRALE ET  
ORGANIQUE) EN FONCTION DES OBJECTIFS  
DE GESTION DE LA PRAIRIE PERMANENTE

**A** L'HEURE ACTUELLE, LA MAJORITÉ DES SURFACES TOUJOURS EN HERBE (S.T.H.) REÇOIT UNE FUMURE AZOTÉE NULLE OU TRÈS FAIBLE. LA PRAIRIE permanente (10 millions d'ha) reçoit en moyenne 32 kg N/ha avec des écarts allant de 8 à 60 kg N/ha selon les départements. Les parcours et pacages ne reçoivent généralement aucune fertilisation. Or, l'azote est un des premiers facteurs de l'intensification, l'apport d'azote se traduisant généralement par une augmentation de la production.

Mais, pour être réellement efficace et appliquée à bon escient, la fertilisation azotée doit être raisonnée :

— En fonction des *contraintes du milieu* : le sol, le climat, la flore, etc. sont autant de facteurs entraînant une très grande diversité dans les types de prairies. La fumure azotée doit être adaptée à ces contraintes.

— En fonction des *objectifs de production* : l'azote, « moteur » de la croissance de l'herbe doit être, pour l'éleveur, un moyen de gérer la production pour l'adapter aux besoins de son cheptel.

L'objet de cet article est de proposer une méthode de raisonnement de la fertilisation azotée de la prairie à travers les cinq points-clefs suivants :

- la fertilisation azotée du premier cycle au printemps ;
- la fertilisation azotée en été ;
- la fertilisation azotée à l'automne ;
- les engrais de ferme, source d'azote pour la prairie ;
- les formes d'engrais azotés.

## **I - LA FERTILISATION AZOTÉE DU PREMIER CYCLE AU PRINTEMPS**

### **1. Les mécanismes de la croissance de l'herbe au printemps**

L'étude de la croissance de l'herbe au printemps est maintenant bien connue et a fait l'objet dans cette revue de plusieurs publications. Il paraît cependant nécessaire de rappeler quelques points importants qui permettront de bien comprendre la suite de l'article.

On peut décomposer l'évolution de la croissance de l'herbe en trois phases :

- Une phase de croissance hivernale : l'augmentation de production est très faible ou nulle ; cette phase correspond à la reconstitution très lente de l'appareil foliaire par émission de nouvelles ébauches de talles et de feuilles.

- Une phase de croissance printanière : à partir d'un moment donné, dit « départ en végétation », la croissance reprend de façon accélérée et se maintient jusqu'à l'épiaison des graminées.

- Une phase de maturation qui va du début épiaison à la maturation des grains. Le maximum de production est atteint peu de temps après la floraison, moment où la croissance s'arrête.

Dans ce qui suit, nous nous intéresserons uniquement à la deuxième phase qui correspond aux époques d'exploitation de l'herbe (sauf foins très

tardifs) et, comme nous le verrons plus loin, à la période de meilleure efficacité de l'azote.

Cette phase de croissance printanière est très dépendante des conditions du milieu : climat, sol, nature de la flore. Il est possible de s'affranchir partiellement des effets du climat en mettant en relation la production de matière sèche (Rdt M.S.) et les sommes de températures en base 0 °C ( $\Sigma \theta$ ), on obtient ainsi une droite dont l'équation peut s'écrire :

$$\text{Rdt M.S.} = (\Sigma \theta - b)$$

- a représentant la vitesse de croissance ; c'est la *production de matière sèche par degré-jour* ;
- b représentant le point d'intersection entre la droite et l'axe des abscisses (production théorique = 0) et que l'on appelle *démarrage apparent de la végétation*.

Ces paramètres nous permettront de caractériser la croissance de la prairie et notamment de mettre en évidence l'effet de l'azote.

## 2. Les effets de l'azote sur la croissance

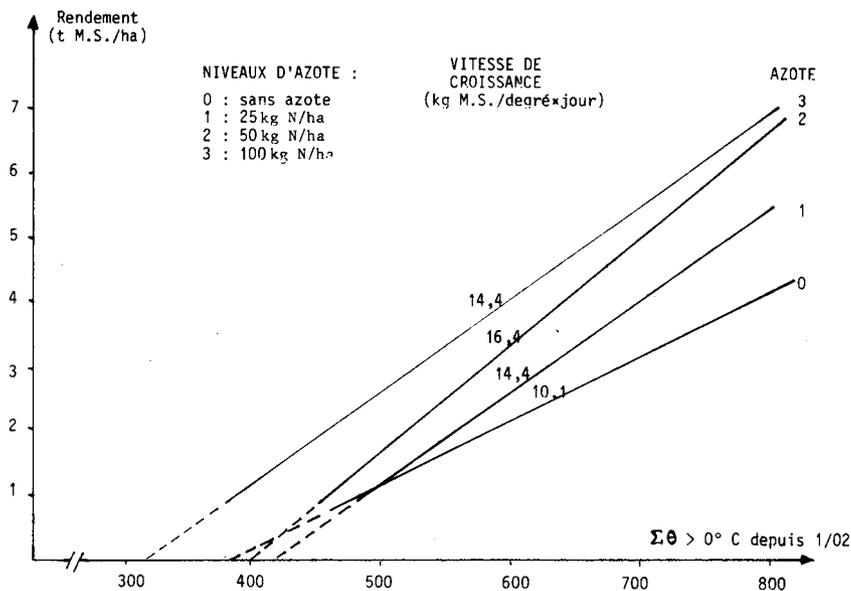
Lorsque l'on apporte des doses croissantes d'azote à une prairie, on observe un étagement des fonctions de croissance avec comme caractéristique principale *une augmentation de la vitesse de croissance* (coefficient a de la droite) (figure 1).

En apportant de l'azote à sa prairie, l'agriculteur va donc agir sur la vitesse de croissance de l'herbe et ceci entre deux limites (figure 2) :

— Une limite basse représentée par la production de la prairie en l'absence d'apport d'azote. Il s'agit de la production permise par les fournitures d'azote par le sol (minéralisation) que l'on peut appeler le *potentiel sol*.

— Une limite haute, en azote non-limitant : une dose d'azote plus élevée n'augmente plus le rendement. La production que l'on atteint dans ce cas est celle permise par le milieu et plus précisément par les conditions climatiques, c'est le *potentiel climat*.

**FIGURE 1**  
**INFLUENCE DE LA FUMURE AZOTÉE**  
**SUR LA VITESSE DE CROISSANCE**  
**DE LA PRAIRIE PERMANENTE AU PRINTEMPS**  
**(Haute Marne 1971 à 1975)**

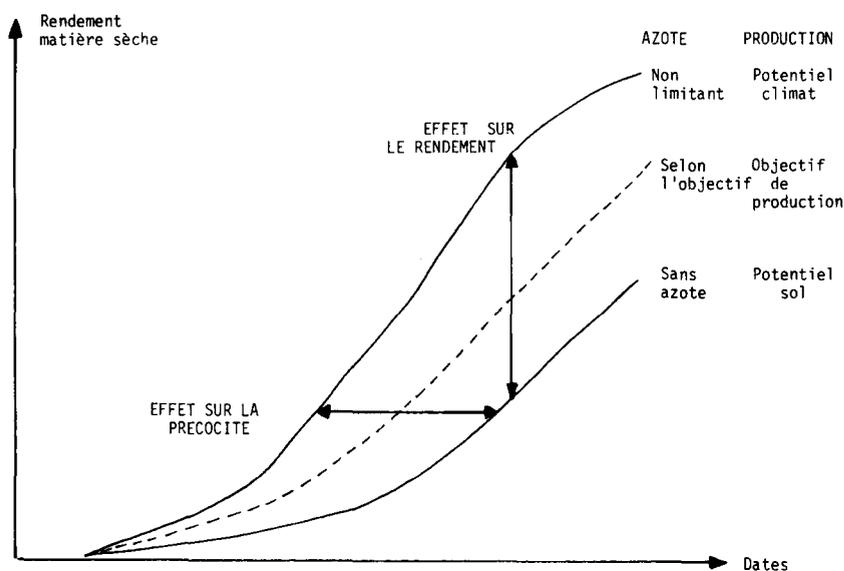


La fertilisation azotée est donc un outil entre les mains de l'éleveur qui lui permettra de « piloter » la croissance de l'herbe entre le potentiel-sol et le potentiel-climat. Dans la plupart des cas, il s'agira d'une situation intermédiaire, adaptée aux besoins du troupeau.

Dans la pratique, l'augmentation de la vitesse de croissance par l'apport d'azote se traduira par deux effets (figure 2) :

— Un *gain de production* : pour une exploitation à une époque donnée (ensilage début épiaison par exemple) l'apport d'azote va augmenter le rendement récolté.

**FIGURE 2**  
**EFFET DE L'AZOTE SUR LA PRODUCTION DE LA PRAIRIE**



— Un *gain de précocité* : pour une exploitation à un niveau de production donné (ex : mise à l'herbe dès que le rendement atteint 1 t M.S.) l'apport d'azote avancera la date d'exploitation. On peut ainsi augmenter le rythme d'exploitation et améliorer indirectement la qualité du fourrage car celui-ci est récolté à un stade plus jeune. Cet effet de l'azote sur la précocité d'exploitation est particulièrement intéressant dans le cadre de la gestion du pâturage au printemps. L'agriculteur pourra se servir de l'azote pour maîtriser la date de mise à l'herbe sur les différentes parcelles de façon à adapter la production aux besoins du troupeau.

Précisons par ailleurs que l'azote n'agit pas sur la précocité des stades physiologiques (épiaison), qui dépendent uniquement des conditions climatiques.

### 3. Comment définir la dose à apporter ?

Pour définir la dose à apporter, l'agriculteur devra prendre en compte le mode d'exploitation, les objectifs de production et les conditions de milieu.

#### *a) Le mode d'exploitation*

En règle générale, plus l'exploitation est précoce, plus les besoins en azote par tonne de matière sèche produite sont importants. En effet, au fur et à mesure de la croissance de la plante on observe un phénomène de dilution de l'azote c'est-à-dire que la teneur en azote qui est très élevée dans l'herbe jeune diminue au cours du développement. En conséquence :

- *pour la pâture* : les besoins sont élevés par rapport au rendement de matière sèche : 50 à 100 kg N pour 1 à 3 t de M.S. produits.
- *pour l'ensilage* ou l'affouragement en vert : les besoins sont moyens : 80 à 150 kg N pour 4 à 8 t M.S.
- *pour le foin* : les besoins sont faibles et on bénéficie des fournitures du sol par minéralisation : dose d'apport de 50 kg N. Dans certains cas le foin peut valoriser des doses plus élevées, comme pour l'ensilage, mais cela peut entraîner des problèmes de verse, de pourriture et nécessite souvent de sécher en grange.

#### *b) Les objectifs de production*

Comme indiqué précédemment les doses doivent être ajustées en fonction des objectifs de production. On pourra notamment jouer sur les doses d'apport pour la pâture. Des doses allant de 0 à 100 kg N font souvent varier la date de mise à l'herbe de plus d'un mois (tableau I).

Pour l'ensilage, par contre, on cherchera souvent une production maximale.

150 Pour le foin, les possibilités d'action sont plus limitées ; on observe généralement un rattrapage de la végétation en fin de cycle.

**TABLEAU I**  
**EFFET DE L'AZOTE SUR LA DATE DE MISE À L'HERBE**  
**SUR PRAIRIE PERMANENTE**  
**(Meurthe-et-Moselle, 1971-1975)**

Dose d'azote (kg N/ha)	0	25	50	100
Date de mise à l'herbe (1 t M.S.) (médiane)	2/05	26/04	15/04	6/04

*c) Les conditions de milieu*

Elles définissent le potentiel de production de la prairie :

- *L'excès d'eau* en hiver et au printemps retarde la croissance et limite la production. Dans les situations extrêmes, l'apport d'azote devient même inutile (impossibilité de pénétrer à temps sur la parcelle).
- *L'altitude* limite le potentiel de production en zone de semi-montagne à cause d'une période de pousse plus courte qu'en plaine.
- *La flore* : Une flore dégradée diminue les potentialités de la prairie et entraîne une mauvaise utilisation de l'azote. La bonne valorisation de la fumure azotée passe dans ce cas par des techniques d'amélioration (désherbage, rénovation).

La présence de *trèfle blanc* peut conduire à diminuer ou à supprimer l'apport d'azote. Néanmoins au printemps, le démarrage plus long du trèfle blanc par rapport aux graminées permet souvent de fertiliser normalement le premier cycle afin de bénéficier du potentiel de production des graminées, surtout pour les exploitations précoces.

- *La fertilisation phosphatée et potassique* et donc la richesse du sol est un élément déterminant pour la bonne valorisation de l'azote. Dans beaucoup de cas l'absence de fumure de fond entraîne une mauvaise efficacité des apports d'azote. Il en est de même pour le pH et d'autres facteurs liés au sol.

#### **4. Quand apporter l'azote ?**

D'une manière générale, l'apport d'azote doit être effectué quelque temps avant le démarrage visible de la croissance des plantes prairiales. Cette date dépend de la température et varie donc en fonction de l'année et de la région.

Pour la déterminer, on utilisera les sommes de températures en prenant comme référence la valeur du démarrage apparent de la végétation en azote non limitant, calculé dans la fonction de croissance (voir ci-dessus).

En l'absence de références précises, on admet les valeurs suivantes :

- prairie permanente précoce : 200°, base 0, à partir du 1<sup>er</sup> janvier,
- prairie permanente tardive : 300°, base 0, à partir du 1<sup>er</sup> janvier.

En cas d'excès d'eau sur la parcelle, il serait nécessaire de cumuler les températures du sol ; de toute manière attendre que le sol soit ressuyé avant d'apporter l'azote.

## **II - LA FERTILISATION AZOTÉE EN ÉTÉ**

### **1. La croissance de l'herbe en été**

En été, le déficit hydrique est le principal facteur limitant la croissance de l'herbe. Dans plusieurs régions, le déficit est tel qu'il empêche pratiquement toute production d'herbe pendant la période estivale (juin-juillet à septembre).

Les températures excessives ont aussi un effet inhibiteur de la croissance, même en l'absence de déficit hydrique. Le ray-grass anglais, par

exemple, voit sa croissance arrêtée au-delà de 25 °C alors que la fétuque élevée, le dactyle et la luzerne supportent des températures de 30 °C.

Par ailleurs, même en l'absence de déficit hydrique, le potentiel de production de la prairie est toujours plus faible qu'au printemps, en raison notamment de l'absence de montée en épis.

De nombreux travaux menés à l'I.N.R.A. et à l'I.T.C.F. ont tenté d'établir des modèles de prévision de la production en liaison avec le degré de satisfaction des besoins en eau de la prairie, exprimé par le rapport

évapotranspiration réelle  
évapotranspiration maximale.

La fonction de croissance est de la forme :

$$\text{Rdt M.S.} = a \frac{\Sigma \text{E.T.R.}}{\Sigma \text{E.T.M.}} + b$$

avec : E.T.M. =  $\Sigma K \times \text{E.T.P.}$  avec  $K = 1$  ;

E.T.R. est estimée par les bilans hydriques décadaires :

— tant que la réserve en eau n'est pas épuisée, on prend :  
E.T.R. =  $K \times \text{E.T.P.}$  ;

— lorsque la réserve en eau du sol est épuisée, on prend :  
E.T.R. = pluies.

a et b dépendent de l'espèce, du stade physiologique et d'autres facteurs climatiques.

De tels modèles sont intéressants dans la mesure où ils permettent, dans le cadre d'une analyse fréquentielle, de définir pour un lieu donné, les potentialités de production estivale et donc de fixer les modalités d'apport de l'azote.

## 2. Efficacité de l'azote et alimentation en eau

Des travaux réalisés par l'I.T.C.F. dans le Nord-Est de la France (Plateau Lorrain) ont permis d'établir des relations entre la vitesse de

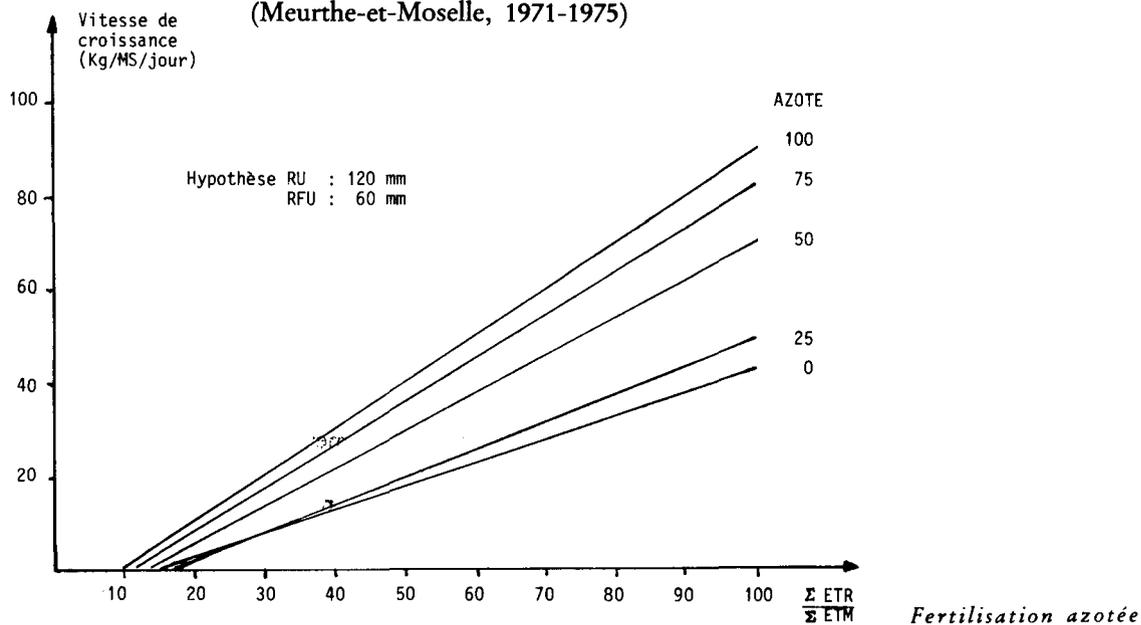
croissance journalière (kg M.S./ha/jour) et le degré de satisfaction des besoins en eau, en fonction du niveau de fertilisation azotée.

On met ainsi en évidence l'effet de la fumure azotée en présence d'un déficit hydrique plus ou moins marqué (figure 3).

Dans les conditions de l'expérimentation, on peut faire les observations suivantes :

- En présence d'un déficit très marqué (E.T.R./E.T.M. = 10-20 %) la croissance est pratiquement arrêtée et l'effet de l'azote quasi-nul.

**FIGURE 3**  
**EFFET DU DÉFICIT HYDRIQUE ET DE LA DOSE D'AZOTE**  
**SUR LA VITESSE DE CROISSANCE DES REPOUSSES ESTIVALES**  
**DE LA PRAIRIE PERMANENTE**  
 (Meurthe-et-Moselle, 1971-1975)



- Lorsque le déficit est moyen (de l'ordre de 50 %), la croissance est faible avec une réponse à l'azote jusqu'à 50 kg N/ha environ.

- Lorsque le déficit est nul ou très faible, la vitesse de croissance est maximale et la réponse à l'azote nette jusqu'à 75 kg N/ha.

### **3. Modalités d'apport de l'azote**

En pratique, compte tenu des éléments ci-dessus, on peut donner les recommandations suivantes :

- En zone de sécheresse très importante (pas de production d'herbe du 15/6 au 15/9) l'apport d'azote est inutile.

- En zone de sécheresse peu importante (généralement peu de production d'herbe entre le 15/7 et le 1/9), on pourra apporter 30 kg N/ha pour la pâture et 50 kg N/ha pour l'ensilage ou le foin.

- En zone humide (la prairie produit durant tout l'été sauf en année très sèche), on apportera 50 kg N/ha pour la pâture et 70 kg N/ha pour l'ensilage ou le foin.

Ces recommandations concernent les prairies à flore non dégradée et sans autre facteur limitant que le climat.

Dans le cas des prairies comprenant une proportion importante de trèfle blanc (au moins 20 % du rendement) on ne fera pas d'apport d'azote sur les repousses et particulièrement en été. En effet, le trèfle blanc atteint le maximum de son développement en été et tout apport d'azote diminuerait sa participation au profit des graminées.

## **III. LA FERTILISATION AZOTÉE À L'AUTOMNE**

### **1. La croissance de l'herbe à l'automne**

Vis-à-vis de l'exploitation de la prairie, on peut définir l'automne comme la période allant de la fin de la sécheresse estivale à l'arrêt de végétation hivernal. La durée de cette période varie considérablement d'une année à l'autre et suivant le lieu. Elle peut même être pratiquement nulle

dans certains cas : poursuite de la sécheresse estivale très tardivement (automne 1978) ou passage très précoce et très brusque à des températures basses entraînant l'arrêt végétatif (zones de montagnes).

Néanmoins, dans la majeure partie des cas, on observe une reprise de la croissance au cours des mois de septembre et d'octobre avec une production plus ou moins importante.

Il semble très difficile de modéliser la croissance de l'herbe à l'automne car elle est la conséquence, pour une bonne part, des arrière-effets des saisons précédentes. La sécheresse estivale, en particulier, peut occasionner des dégradations de flore ou, au contraire, des reprises de croissance spectaculaires (1976).

Par ailleurs, le potentiel de croissance est toujours plus faible qu'au printemps. Il semble qu'à cette époque le métabolisme des graminées soit plus orienté vers l'élaboration de talles que vers la croissance.

## **2. Les modalités d'application**

Dans la mesure où la végétation est active (températures douces et pluviométrie), on pourra faire un apport de 50 kg N/ha par exploitation. Les doses plus élevées sont généralement inutiles compte tenu du potentiel limité et des fournitures d'azote par minéralisation. Celles-ci peuvent être importantes car, compte tenu de son inertie thermique, le sol est plus chaud qu'au printemps, même lorsque la température de l'air est relativement basse.

En règle générale, l'apport d'azote après la dernière coupe est déconseillé, celui-ci n'ayant souvent pas d'effet significatif sur le rendement au printemps. Deux essais réalisés par l'I.T.C.F. en Haute Marne et en Meurthe-et-Moselle montrent (figure 4) que la production de la première coupe est toujours supérieure dans les parcelles n'ayant pas reçu d'azote à l'automne et où toute la dose a été apportée au départ en végétation.

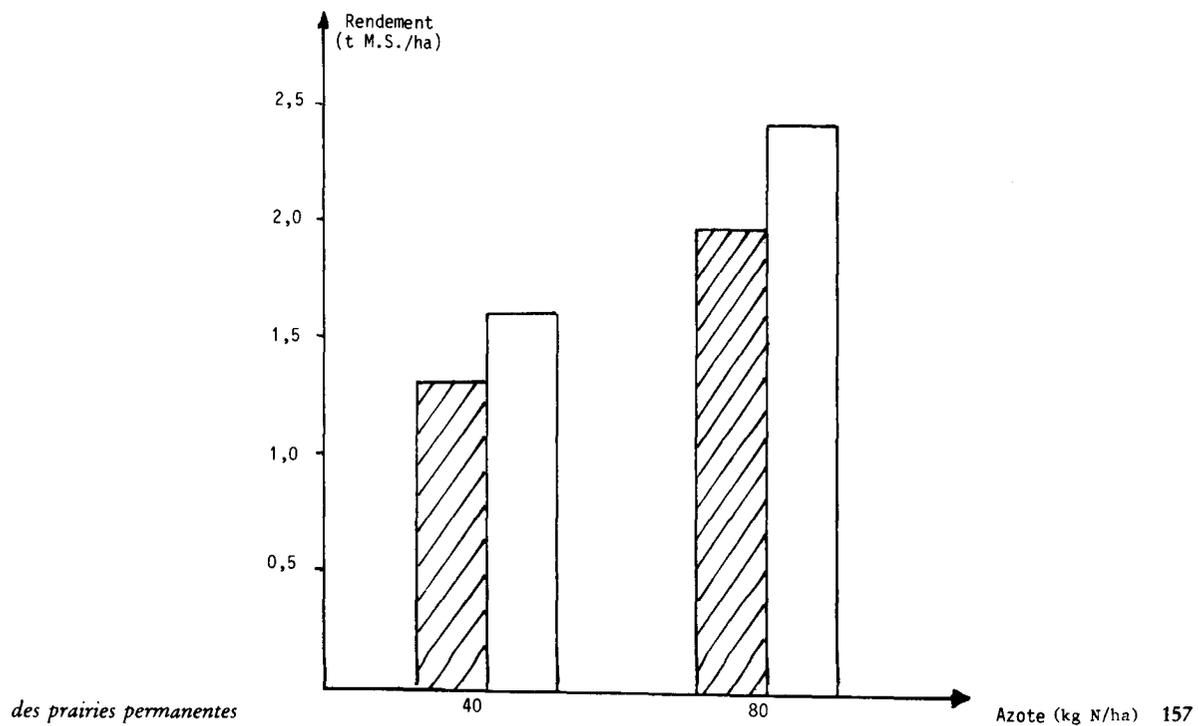
Néanmoins, dans les régions à hiver doux (climat océanique), on pourra adopter une position plus nuancée. En cas de prairie très dégradée (surpâturage, piétinement), un apport de 50 kg N/ha favorisera le tallage et peut permettre un rattrapage de la végétation avant l'hiver.

**FIGURE 4**  
**EFFET DE L'APPORT D'AZOTE À L'AUTOMNE**  
**SUR LE RENDEMENT DU PREMIER CYCLE AU PRINTEMPS**  
**(Haute Marne et Meurthe-et-Moselle, 1971-1975)**

Répartition de l'azote :

 Moitié à l'automne, moitié au printemps

 Totalité au printemps



#### IV. LES ENGRAIS DE FERME, SOURCE D'AZOTE POUR LA PRAIRIE

Les engrais organiques ou engrais de ferme (fumiers, lisiers, fientes,...) représentent une source d'azote importante. La prairie est la culture qui les valorise le mieux par une occupation continue du sol et par ses besoins élevés en éléments minéraux.

Les engrais de ferme peuvent donc remplacer en partie ou en totalité les engrais minéraux. Leur utilisation se heurte néanmoins à un certain nombre de problèmes et, en particulier, à la difficulté de connaître avec précision leur composition minérale.

##### *a) La composition*

Le tableau II indique les compositions moyennes des principaux types d'engrais de ferme. Ces chiffres sont très approximatifs car la composition varie considérablement selon la proportion de paille, l'espèce considérée, l'alimentation, le mode de stockage, la dilution, etc. On peut aussi se référer à des normes locales mais seules des analyses effectuées par un laboratoire spécialisé à partir de prélèvements soigneux peuvent assurer une bonne précision.

##### *b) Le devenir de l'azote*

L'azote contenu dans un engrais de ferme n'est pas entièrement et immédiatement utilisable par la culture :

- Une partie sera libérée immédiatement après l'épandage et dans l'année qui suit. Il s'agit d'azote ammoniacal et d'azote organique qui se minéralise facilement. Cet azote sera disponible pour la culture au moment de sa libération comme un engrais minéral. Ce sont les fournitures par *effet direct*.

- Une autre partie ne sera pas libérée la première année mais stockée sous forme d'humus dans le sol. Les années suivantes, cet humus minérali-

**TABLEAU II**  
**COMPOSITION DES PRINCIPAUX ENGRAIS DE FERME**

NATURE DU PRODUIT	ESPECE	TYPE D'ELEVAGE	TENEUR kg/t ou kg/m <sup>3</sup>			TENEUR EN M.S. (% prod. b)
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
FUMIER	Bovins		5,5	3,5	8,0	25
	Porcins		4,5	4,0	5,5	25
	Ovins		6,0	4,0	11,0	30
	Caprins		6,0	5,0	5,5	45
	Volailles		11,5	14,0	8,0	32
LISIER	Bovins	Vaches laitières :				
		- lisier en fosse	4,5	2,0	5,5	13
		- aires d'égouttage	6,0	3,0	4,0	18
		Taurillons	5,0	3,0	2,5	15
		Veaux	3,0	2,0	3,0	2
	Porcins	Engraissement	5,5	4,5	3,0	7,5
		Truies gestantes	5,5	6,5	2,5	10
		Porcelets sevrés	6,5	5,5	2,0	9
	Volailles	Poules pondeuses	11,0	10,5	6,0	25
		Poulets de chair	30,0	29,0	8,5	33
		Dindes	33,0	21,0	7,5	44
	Ovins		10,5	7,0	13,0	15
		Lapins	8,5	13,5	7,5	26
PURIN	Bovins		1,0	0,2	3,0	1

des prairies permanentes sera progressivement et libérera une partie de l'azote qu'il contient. Si la parcelle reçoit des apports réguliers d'engrais de ferme depuis très longtemps, la fraction d'azote libérée chaque année par minéralisation de l'hu-

mus sera équivalente à celle stockée chaque année. Ces libérations se produiront tous les ans, même en année sans apport. Ce sont les fournitures d'azote par *arrière-effet*, aussi appelé effet de « vieille graisse ».

- Le reste représente les *pertes* par volatilisation ou lessivage ; les pertes sont variables selon la date et les conditions d'épandage. Elles peuvent être importantes dans le cas d'un épandage en automne ou en hiver, car la fraction d'azote libérée ne peut pas être absorbée par la prairie.

Les fournitures d'azote par effet direct ou par arrière-effet correspondent à l'azote fourni à la culture pendant toute la durée de la végétation. Dans le cas particulier de la prairie, cette période comprend plusieurs exploitations. Or, la fumure azotée se raisonne coupe par coupe et il faudrait donc mieux connaître la dynamique des libérations d'azote tout au long de l'année.

En l'absence de connaissances précises sur ce sujet, on admettra les règles suivantes :

- Les fournitures par arrière-effet se répartissent régulièrement sur les différentes coupes.

- Les fournitures par effet direct se répartissent comme suit :

- fumiers : 50 % pour la coupe qui suit l'apport et le reste réparti sur les coupes ultérieures ou l'année suivante dans le cas d'un apport à l'automne.

- lisiers : 75 % pour la coupe qui suit l'apport et le reste réparti sur les coupes ultérieures ou l'année suivante dans le cas d'un apport à l'automne.

Les fournitures par effet direct se calculent ainsi :

$$\begin{array}{l} \text{Fournitures par} \\ \text{effet direct} \\ \text{(kg N/ha)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Dose totale} \\ \text{d'apport} \\ \text{(kg N/ha)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Coefficient} \\ \text{d'efficacité} \\ \text{directe}^* \end{array}$$

\* dépend du type de produit et de l'époque d'apport (voir Tableau III).

*TABLEAU III*  
**COEFFICIENTS D'EFFICACITÉ DIRECTE DE L'AZOTE  
DES ENGRAIS DE FERME POUR LA PRAIRIE**

Epoque d'épandage	Printemps Eté	Automne Hiver
Fumier bovin-ovin	0,24	0,18
Lisier bovins	0,42	0,26
Lisier porcs	0,54	0,30
Lisier volaille	0,60	0,33

Les fournitures par arrière-effet se calculent ainsi :

$$\text{Fournitures par arrière-effet (kg N/ha)} = \frac{\text{Dose totale d'apport}}{\text{Fréquence d'apport}^*} \times \frac{\text{Coefficient d'efficacité}}{\text{d'arrière-effet}^{**}}$$

\* apports tous les ans, tous les 2 ans, etc.

\*\* dépend du type de produit et du nombre d'années de régime d'apport régulier (voir Tableau IV).

*c) Les modalités d'apport*

Les époques les plus favorables aux apports d'engrais de ferme sur prairie sont au printemps après la première coupe ou en fin d'été pour la repousse d'automne. Ces périodes correspondent aux époques de forte minéralisation et donc d'efficacité maximale.

Les apports de fin d'hiver sont souvent déconseillés pour des raisons de portance, les apports d'été sont possibles en zone humide si la législa-

*TABLEAU IV*  
 COEFFICIENTS D'EFFICACITÉ D'ARRIÈRE-EFFET DE L'AZOTE  
 DES ENGRAIS DE FERME POUR LA PRAIRIE

Apports réguliers depuis...	10 à 20 ans	plus de 20 ans
Fumier bovin-ovin	0,32	0,63
Lisier bovin	0,18	0,36
Lisier porc	0,09	0,18
Lisier volaille	0	0,09

tion le permet et les apports d'hiver occasionnent des pertes importantes et une faible efficacité.

Dans tous les cas, la dose à apporter se raisonne en fonction des besoins de la prairie.

Le meilleur calcul est celui qui est effectué à partir de l'élément fertilisant qui sera le premier couvert (élément limitant), la complémentaction vis-à-vis des autres éléments se faisant par des apports d'engrais minéraux.

Cependant, l'apport de déjections peut être tel que la totalité des besoins soit entièrement couverte. Ce cas là ne peut concerner que les exploitations disposant de peu de surfaces d'épandage, car cette pratique entraîne des gaspillages d'éléments fertilisants.

De toute façon, même dans ce dernier cas, et pour une situation de production intensive, il ne faudrait pas dépasser les doses de 150 m<sup>3</sup>/ha/an pour des lisiers de porcs ou de bovins, doses qui correspondent à un apport d'azote efficace équivalent aux besoins. Apportée en plusieurs fois, et aux

périodes choisies, cette dose peut être considérée comme acceptable pour l'environnement.

Pour les prairies pâturées, en raison des risques sanitaires, ne pas dépasser 25 à 30 m<sup>3</sup>/ha par exploitation. Prévoir en outre un délai de 4 à 5 semaines entre l'apport et la pâture.

## V. LES FORMES D'ENGRAIS AZOTÉS

Le choix d'une forme d'engrais azoté sur prairie doit tenir compte de deux éléments :

- le prix ramené à l'unité fertilisante ;
- l'efficacité agronomique propre à chaque forme.

### a) Le prix à l'unité

Pour calculer le prix à l'unité, il faut tenir compte de la teneur en élément fertilisant (tableau V). Les prix variant d'une année à l'autre, il

TABLEAU V  
LES DIFFÉRENTES FORMES D'ENGRAIS AZOTÉS

		Teneur en N	Azote apporté sous la forme (en % du total de l'azote disponible)			Remarques et autres éléments
			Nitrique	Ammoniacal	Uréique	
			Action rapide	Action lente et prolongée		
Ammonitrates	(S)	33,5 %	50	50	0	Représentant la majorité du marché (environ 70 %)
Sulfate d'ammoniaque	(S)	20,5 %	0	100	0	Contient 23 % de soufre
Phosphate d'ammoniaque	(S)	14,0 %	0	100	0	Contient 48 % de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Nitrate de chaux	(S)	15,0 %	100	0	0	Contient 25 % de CaO
Urée	(S)	46,0 %	0	0	100	
Solutions azotées	(L)	36 à 39 %	25	25	50	Représentant environ 25 % du marché
Ammoniac anhydre	(C)	80,0 %	0	100	0	Doit être injecté dans le sol, nécessite du matériel spécifique

n'est pas possible de les indiquer ici. Il faut savoir cependant que les écarts de prix entre deux formes d'azote atteignent couramment 30 %.

Les produits les plus chers étant toujours les mêmes, on peut donner le classement suivant, allant du plus cher au moins cher :

Nitrate > ammonitrate > sulfate d'ammoniaque > solution azotée > urée > ammoniac anhydre.

*b) Les différences agronomiques entre formes d'engrais*

Comme le montre le tableau V, les engrais azotés sont des produits contenant une, deux ou trois sources d'azote : azote nitrique, azote ammoniacal, azote uréique.

— *La plante n'absorbe que la forme nitrique*, les autres formes sont utilisées après la transformation par les microorganismes du sol :  
urée → azote ammoniacal → azote nitrique.

**TABLEAU VI**  
**NOMBRE DE JOURS NÉCESSAIRE À LA TRANSFORMATION**  
**DE LA MOITIÉ DE L'ENGRAIS EN AZOTE NITRIQUE**

Nature de l'engrais	Température moyenne journalière			
	Inférieur à 4° C	5-8° C	9-12° C	13-17° C
Sulfate d'ammoniaque Phosphate d'ammoniaque Ammoniac Anhydre	Pas de transformation possible	21	17	10
Urée	Pas de transformation possible	27	22	14

— *La vitesse de transformation dépend de la température du sol.* Elle est d'autant plus rapide que la température est élevée : il n'y a pratiquement pas de transformation si la température est inférieure à 4 °C (tableau VI). Les formes uréïques et ammoniacales ne conviennent donc pas pour des applications de fin d'hiver.

— *L'efficacité de l'urée est inférieure à celle de l'ammonitrate* car il y a des pertes par volatilisation. Ces pertes sont de l'ordre de 10 à 20 %. Elles sont élevées dans les conditions suivantes :

- sol sableux ou limono-sableux, sols calcaires ;
- températures élevées, vent, sol sec ;
- dose d'azote apporté élevée.

D. ZIEGLER,  
*I.T.C.F. La Jaillièrre, La Chapelle-St-Sauveur (Loire Atlantique) ;*  
Ph. VIAUX,  
*I.T.C.F. Boigneville (Essonne).*

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUTRUCHE J., SALETTE J. et LEMAIRE G. (1982) : « Fertilisation azotée des prairies », *C.R. du Forum des Fourrages de l'Ouest*, p. 206-213.

GAILLARD B. (1984) : « La fertilisation azotée des prairies », *Recueil des communications du Forum des Fourrages de l'Est*, p. 160-167.

GAILLARD B. et LE BRIS X. (1984) : « Influence des facteurs climatiques sur la croissance de l'herbe des prairies du Nord-Est de la France », *Recueil des communications du Forum des Fourrages de l'Est*, p. 20-47.

LEMAIRE G. (1983) : « Herbe : exploitation d'automne et conséquences au printemps », *Cultivar*, 164, p. 131-133.

- LEMAIRE G. et RAPHALEN J.L. (1982) : « La production des prairies et les facteurs climatiques », *C.R. du Forum des Fourrages de l'Ouest*, p. 32-40.
- LEMAIRE G., SALETTE J. et LAISSUS R. (1982) : « Analyse de la croissance d'une prairie naturelle normande au printemps. I. La production et sa variabilité », *Fourrages*, 91, p. 3-16. « II. La dynamique d'absorption de l'azote et son efficience », *Fourrages*, 92, p. 51-65.
- ZIEGLER D. et VIAUX Ph. (1982) : *Valeur fertilisante des engrais de ferme*, I.T.C.F., brochure, 24 p.
- ZIEGLER D. et VIAUX Ph. (1984) : *Fertilisation des prairies*, I.T.C.F., brochure, 28 p.