

L'analyse d'herbe :

un outil pour le pilotage de la
fertilisation phosphatée et potassique
des prairies naturelles et temporaires



INSTITUT DE L'ÉLEVAGE • ITCF • INRA • ACTA
CHAMBRES D'AGRICULTURE 22-25-62-63-64-71-76 • COMIFER

L'analyse d'herbe : **un outil pour le pilotage de la** **fertilisation phosphatée et potassique** **des prairies naturelles et temporaires**

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE

ITCF

INSTITUT TECHNIQUE DES CÉRÉALES ET DES FOURRAGES

INRA

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

ACTA

ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE AGRICOLE

CHAMBRES D'AGRICULTURE

CÔTES-D'ARMOR, DOUBS, PAS-DE-CALAIS, PUY-DE-DÔME,
PYRÉNÉES-ATLANTIQUES, SAÔNE-ET-LOIRE, SEINE-MARITIME

COMIFER

COMITÉ FRANÇAIS D'ÉTUDE ET DE DÉVELOPPEMENT DE LA
FERTILISATION RAISONNÉE

Auteurs :

Lydie THÉLIER-HUCHÉ, INRA

Anne FARRUGGIA, INSTITUT DE L'ÉLEVAGE

Pierre CASTILLON, ITCF

Juin 1999

Sommaire

Préface 3

Préliminaires sur l'intérêt de la méthode 5

Bases physiologiques du diagnostic du végétal 7

Mise en œuvre pratique 15

États de nutrition des prairies et résultats du conseil 25

Conclusion 27

Bibliographie 28

Annexe 1 : interprétation des teneurs en fonction
des besoins des animaux 30

Annexe 2 : exemple de calcul et de présentation
des résultats 31

Préface

Une fertilisation phosphatée et potassique mieux raisonnée sur plus de 10 millions d'hectares de prairies, voilà l'enjeu de ce document, qui est le fruit d'un groupe de travail coordonné par Anne FARRUGGIA (Institut de l'Élevage), Lydie THÉLIER-HUCHÉ (INRA) et Pierre CASTILLON (ITCF), dans le cadre d'une action de l'enveloppe Recherche ACTA-MAP-MENRT gérée par l'ACTA •. Le COMIFER, via son groupe « P-K », a contribué à la relecture de ce document puis à sa publication, ce qui constitue à mes yeux une illustration parfaite de son rôle dont la mission est « d'organiser et de promouvoir une concertation permanente entre les secteurs d'activité concernés par la fertilisation raisonnée en vue d'encourager les progrès dans ce domaine ». Par ailleurs, je me réjouis que l'analyse de plante, via le diagnostic de nutrition proposée dans cette brochure, vienne en renfort de l'analyse de sol dont l'emploi seul est difficile dans les systèmes prairiaux. Enfin, je suis convaincu que ce document sera très utile aux techniciens dans leur souci de raisonner la fertilisation des prairies, maillon indispensable de la production raisonnée – elle-même fille des progrès de la connaissance en agriculture –, que nos concitoyens attendent et qui deviendra de plus en plus l'affaire de tous.

Gilles THEVENET

Président du COMIFER

• Les crédits attribués par les ministères chargés de l'Agriculture et de la Recherche ont pour objet d'inciter les instituts et centres techniques agricoles à travailler en commun sur des thèmes de recherche finalisés en liaison notamment avec les organismes de recherche d'amont.

Préliminaires sur l'intérêt de la méthode

Cette méthode, mise au point et diffusée par l'INRA depuis 1984 pour l'azote (SALETTE et LEMAIRE), et 1991 pour le phosphore et le potassium (SALETTE et HUCHÉ), a été testée et validée sur une large gamme de prairies françaises depuis 1994 par un groupe de travail national composé de personnes de l'INRA, de l'Institut de l'Élevage, de l'ITCF et des Chambres d'Agriculture des Côtes-d'Armor (22), du Doubs (25), du Pas-de-Calais (62), du Puy-de-Dôme (63), des Pyrénées-Atlantiques (64), de Saône-et-Loire (71) et de Seine-Maritime (76). Ce travail a bénéficié d'un appui financier de l'enveloppe Recherche ACTA-MAP-MENRT.



● **L'analyse de sol** permet d'évaluer la disponibilité des éléments minéraux pour les plantes, mais pour les prairies, plusieurs raisons rendent son emploi actuellement difficile. En effet, face au très fort gradient de concentration du phosphore et du potassium observé sous prairie, le mode d'échantillonnage du sol n'a pas été jusqu'à présent clairement codifié. De ce fait, l'interprétation demeure difficile. De plus, les tests analytiques, mis en œuvre jusqu'alors par les laboratoires d'analyse de routine, en particulier pour le phosphore, ne permettent pas de bien caractériser la biodisponibilité de ces éléments sous prairies.

● **L'analyse d'un échantillon d'herbe** représentatif de la biomasse aérienne reflète toute absorption insuffisante ou excessive de phosphore et de potassium. Elle rend compte de la disponibilité du phosphore et du potassium provenant du sol ou de la fertilisation minérale ou organique, et de l'aptitude de la prairie à les prélever.

L'analyse d'herbe permet ainsi le diagnostic de l'état de nutrition de la prairie à l'échelle de la parcelle. Elle offre la possibilité de contrôler, d'ajuster ou de définir une politique de fertilisation phosphatée et potassique des prairies naturelles ou temporaires.

Bases physiologiques du diagnostic du végétal

En conditions de croissance satisfaisante (absence de contraintes climatiques, pédo-climatiques ou nutritionnelles limitant la croissance du peuplement), la composition des tissus végétaux présente un certain équilibre entre les éléments N, P et K. « *Cet équilibre et son évolution au cours de la repousse caractérisent le comportement normal d'un peuplement en cours de croissance* » (SALETTE et HUCHÉ, 1991). L'écart à ce comportement reflète une absorption insuffisante ou excessive de l'élément considéré et prendra alors valeur de diagnostic.

Évolution des teneurs en azote, en phosphore et en potassium de la prairie au cours de la repousse

À chaque cycle de repousse de la prairie, la teneur en azote de l'herbe (N %) diminue au fur et à mesure que la quantité de biomasse (MS) produite augmente. Ce phénomène dit « de dilution » est variable quant à la valeur maximale atteinte et sa dynamique, en relation avec les fournitures d'azote par le sol et la vitesse de croissance de l'herbe permise par le climat.

Cependant, en condition azotée ni limitante ni excessive, la teneur critique en azote, c'est-à-dire la teneur minimum qui permet d'atteindre la croissance maximale, est déterminée par l'équation :

$$N \% = 4,8(MS)^{-0,32} \text{ (SALETTE et LEMAIRE, 1984).}$$

Exemple : lorsque la production d'herbe passe de 2 à 5 tonnes de matière sèche, la teneur critique en azote de l'herbe passe de :

$$\begin{aligned} & 4,8 \% \times (2)^{-0,32} = 3,85 \% \\ & \text{à } 4,8 \% \times (5)^{-0,32} = 2,71 \%. \end{aligned}$$

Cette équation a été établie sur graminées puis validée pour une large gamme de types de prairies temporaires et permanentes, y compris des prairies incluant des dicotylédones et des graminées peu productives (DURU, 1992 ; DURU et THÉLIER-HUCHÉ, 1997). Elle ne s'applique pas aux prairies contenant plus de 25 % de trèfle blanc au printemps.

Le rapport entre la teneur en azote mesurée et la teneur critique permet de définir un indice de nutrition azotée (INN), qui caractérise l'état de nutrition azotée de la prairie au moment du diagnostic :

$$\text{INN} = 100 \text{ N \%} / (4,8 \text{ MS}^{-0,32}) \text{ (LEMAIRE et al., 1989).}$$

Cet indice de nutrition azotée requiert la mesure de la quantité de biomasse présente au moment du prélèvement à partir du moment où celle-ci est supérieure à 1,5 t MS/ha (parties aériennes sectionnées à 4 ou 5 cm au-dessus du sol). Cet indice varie au cours du cycle de repousse en fonction de la dose et de la date d'apport de l'engrais azoté ainsi qu'avec le rythme et la quantité d'azote fourni par le sol.

Le phénomène de « dilution » observé pour l'azote existe également pour le phosphore et le potassium mais, comme le montre la FIGURE 1, les teneurs dépendent des disponibilités en azote pour la prairie. Il est donc difficile de faire un diagnostic de nutrition PK et de calculer, comme pour l'azote, des indices de nutrition phosphatée et potassique à partir des courbes de dilution.

Relation entre la teneur en azote et la teneur en phosphore ou en potassium

En conditions de croissance normale et de nutrition minérale satisfaisante, l'absorption des éléments minéraux par les végétaux doit s'ajuster à la vitesse d'élaboration des nouveaux tissus végétaux, donc à la dynamique d'absorption et de métabolisme de l'azote et du carbone (SALETTE et al., 1973 ; SALETTE et HUCHÉ, 1991). **Pour une offre donnée du sol en P et K**, les teneurs de l'herbe en ces deux éléments sont fonction de sa teneur en azote (FIGURE 2).

FIGURE 1

Courbe de dilution du potassium : croissance au printemps d'un peuplement de fétuque élevée avec deux niveaux de fertilisation azotée (N1 = 60 et N2 = 180 kg N/ha)

(SALETTE, 1982)

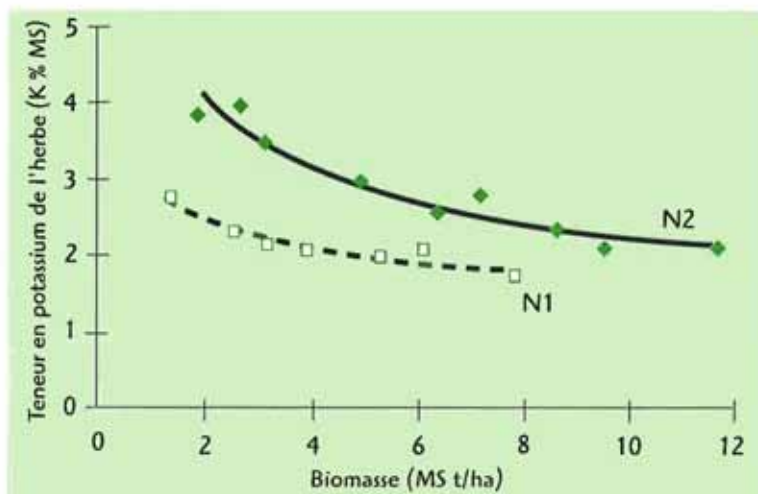
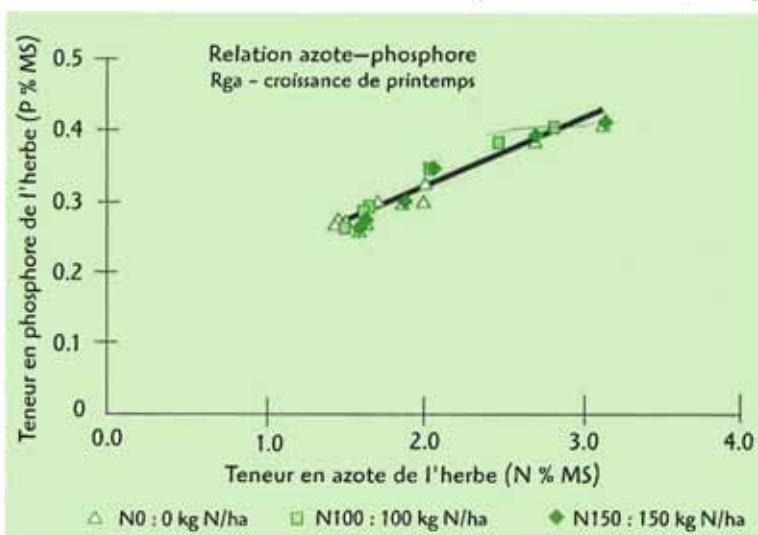


FIGURE 2

Évolution des teneurs en azote et en phosphore d'un ray-grass anglais au cours de la croissance de printemps

(SALETTE et HUCHÉ, 1991)



Ces relations peuvent, par simplification, être assimilées à des droites (SALETTE et HUCHÉ, 1991) dont les équations permettent de définir les teneurs en P et K non limitantes pour la croissance permise par l'azote :

$$P \% = 0,15 + 0,065 N \%$$

$$K \% = 1,6 + 0,525 N \%$$

En condition de nutrition satisfaisante en l'élément considéré, les teneurs en P ou K sont indépendantes du niveau de disponibilité en azote (FIGURE 2) et peuvent être utilisées comme référence d'un comportement normal. Le diagnostic se fait alors par mesure de l'écart au comportement normal, soit graphiquement à partir d'abaques (SALETTE et HUCHÉ, 1991), soit par calcul d'indices de nutrition, dont les équations sont les suivantes (DURU et THÉLIER-HUCHÉ, 1997) :

pour le phosphore : $iP = 100 P \% / (0,15 + 0,065 N \%)$

pour le potassium : $iK = 100 K \% / (1,6 + 0,525 N \%)$

Exemple : lorsque les teneurs de l'herbe en N, P (et non pas P_2O_5) et K (et non pas K_2O) sont respectivement de 2,23 %, 0,29 % et 2,21 %, alors :

$$iP = 100 \times 0,29 / (0,15 + 0,065 \times 2,23) = 98$$

$$\text{et } iK = 100 \times 2,21 / (1,6 + 0,525 \times 2,23) = 80.$$

L'expérience a confirmé la pertinence de tels indices qui conservent toute leur signification quel que soit le niveau d'intensification de la parcelle et le type de prairie (à l'exception des mélanges graminées-trèfle blanc présentant plus de 25 % de trèfle blanc au printemps).

Par ailleurs, dans une prairie dont le régime de fertilisation phosphatée et potassique (minérale et organique) est stable, les indices de nutrition P et K de l'herbe, qui résultent à la fois de l'effet de l'engrais apporté et de la disponibilité de l'élément dans le sol, varient peu d'une année à l'autre et d'un cycle de croissance à l'autre au cours de l'année sauf si la croissance est perturbée par un facteur limitant (sécheresse, excès d'eau...). Cela signifie que l'analyse d'herbe réalisée une année donnée est effectivement utilisable pour définir la politique de fertilisation des années suivantes

Les indices P et K permettent ainsi a posteriori de porter un jugement sur la pertinence de la fertilisation phosphatée et potassique et d'en proposer une éventuelle modification.

Estimation des réserves facilement mobilisables

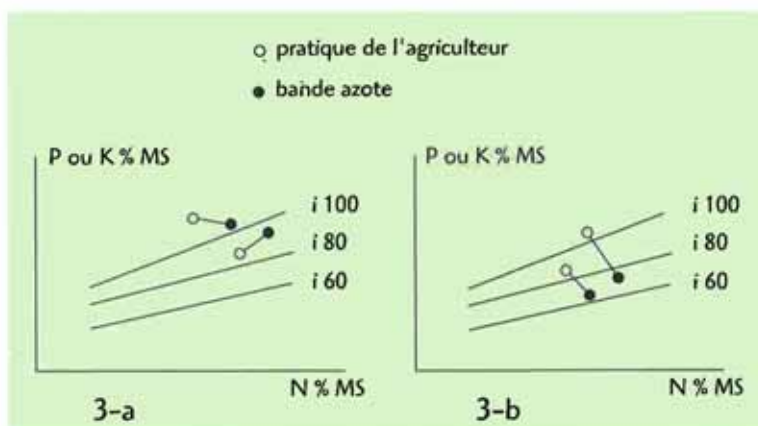
Le diagnostic de nutrition PK peut être affiné par l'estimation des réserves facilement mobilisables de phosphore et de potassium du sol. L'effet d'entraînement de l'azote sur l'absorption du phosphore et du potassium illustré sur la FIGURE 3 est en effet un outil puissant de diagnostic. Ainsi, un apport d'azote supplémentaire réalisé par l'agriculteur ou le conseiller va accroître la demande du peuplement prairial en phosphore et en potassium du fait de l'augmentation de la vitesse de croissance (SALETTE et HUCHÉ, 1991). Il va permettre de ce fait d'évaluer la capacité du sol à satisfaire cette demande supplémentaire (FIGURE 3). La bande de terrain sur laquelle cet apport supplémentaire est réalisé est, dans ce qui suit, dénommée « bande azote ».

FIGURE 3

Diagnostic réalisé avec une bande azote

3a. Les indices restent satisfaisants sur la bande azote : l'offre est largement suffisante

3b. Les indices chutent sur la bande azote : l'offre est limite et n'est pas suffisante pour satisfaire une demande supplémentaire



Interprétation agronomique des états de nutrition phosphatée et potassique de la prairie

La connaissance des teneurs en azote, phosphore et potassium de l'herbe suffit pour calculer des indices de nutrition P et K d'une prairie.

En pratique, l'état de nutrition phosphatée ou potassique de la prairie est considéré comme :

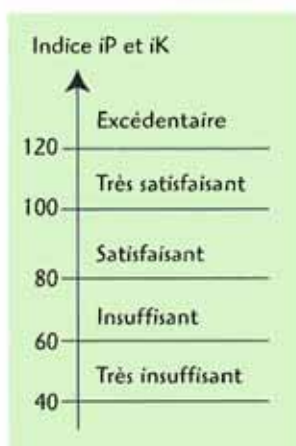
EXCÉDENTAIRE pour des indices > 120 . La suppression de la fertilisation P ou K n'entraînera pas de diminution de la production mais seulement éventuellement une diminution des teneurs.

SATISFAISANT pour des indices proches de la valeur 100, en différenciant l'état de nutrition très satisfaisant ($100 < i < 120$), de l'état de nutrition satisfaisant ($80 < i < 100$). Dans cette zone, une augmentation des apports n'entraîne pas de gain de production mais seulement une augmentation des teneurs.

INSUFFISANT pour des indices compris entre 60 et 80. L'effet dépressif sur la production dépend alors des conditions climatiques et du niveau de production recherché.

TRÈS INSUFFISANT pour des indices < 60 . L'effet dépressif sur la production est systématique. Un apport plus important entraîne une augmentation de la production d'herbe et des teneurs en P et/ou K.

FIGURE 4
Interprétation des indices i_P et i_K



Dans des systèmes où l'on ne recherche pas l'optimum de production, on pourrait être tenté de se satisfaire d'indices de nutrition faibles. Ceci peut être risqué pour le phosphore, d'une part pour l'animal, d'autre part vis-à-vis de la composition botanique de la prairie. Le rétablissement d'une flore satisfaisante demande en effet plusieurs années (THÉLIER-HUCHÉ *et al.*, 1996). Une biodisponibilité trop faible mise en évidence par les indices de nutrition phosphatée et potassique risque de pénaliser le développement ou le maintien des légumineuses, et de favoriser l'implantation d'espèces de qualité médiocre.

Il peut exister des situations où l'on se satisfait d'indices de nutrition faibles. Par exemple, certains types de végétation rustique dans des prairies naturelles (à base de graminées de type fétuque rouge) se maintiennent avec des niveaux d'indices P et K plus faibles que les seuils évoqués précédemment (DURU *et al.*, 1998).

Dans les prairies régulièrement fertilisées et fauchées, dès que cessent les apports d'engrais, les indices P et K de l'herbe diminuent, généralement plus vite pour le potassium que pour le phosphore.

Ceci n'est pas sans conséquence sur le choix de l'année de l'analyse par rapport à une pratique de fertilisation qui n'est pas systématiquement annuelle, si l'on veut être à même de donner un conseil de fertilisation pertinent.

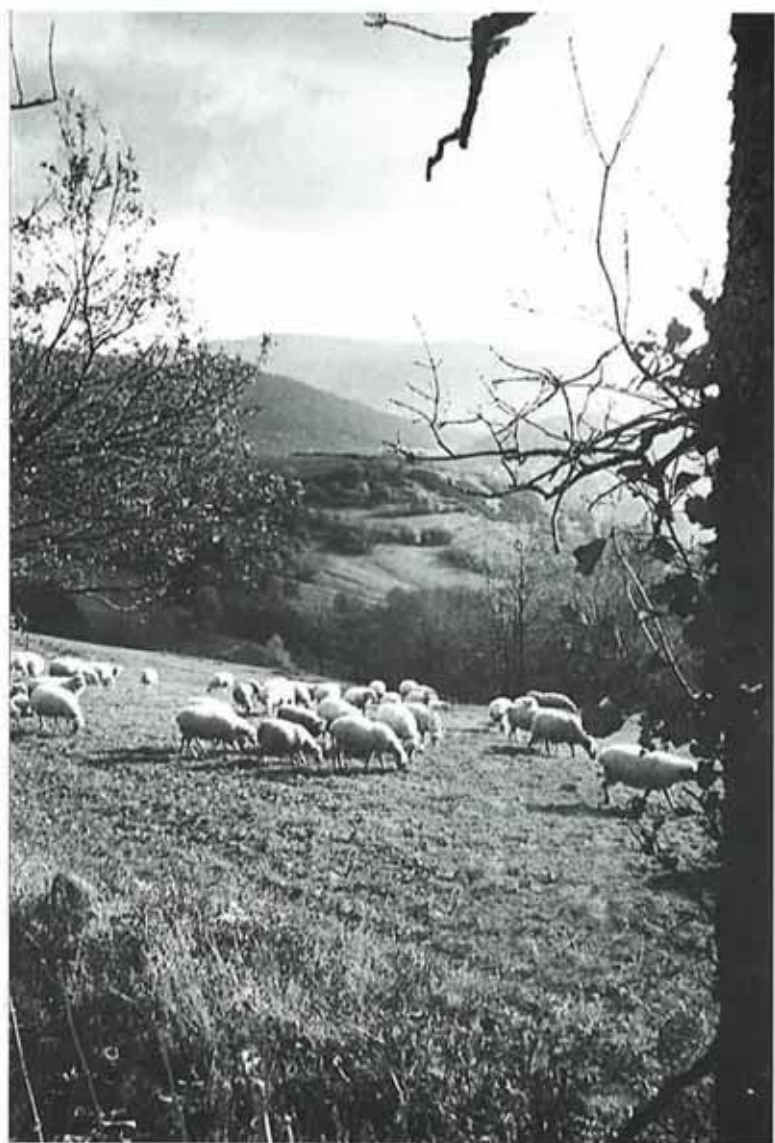


Photo Chambre d'Agriculture des Vosges

Mise en œuvre pratique

Type de prairies concernées

Ces relations ont été testées depuis une quinzaine d'années sur un nombre important de prairies. Le diagnostic par analyse d'herbe peut être réalisé quel que soit son mode d'exploitation :

- sur prairie temporaire implantée au moins depuis deux ans pour que le système racinaire soit correctement implanté et corresponde bien de ce fait à un état stable,
- sur prairie permanente à végétation complexe quelle que soit sa composition botanique.

Dans les associations graminées-trèfle blanc comportant une proportion de trèfle blanc supérieure à 25 % au printemps, le diagnostic n'est utilisable qu'à condition d'éliminer le trèfle de l'échantillon qui sera analysé.

Période de prélèvement

Des conditions climatiques défavorables (manque ou excès d'eau dans le sol, températures excessives) perturbent la croissance des plantes et l'absorption des éléments minéraux. Il convient donc de prélever des échantillons lorsque la croissance n'est pas fortement pénalisée, conditions généralement réalisées au printemps.

Le mécanisme de « dilution » des éléments minéraux au cours de la croissance ne commence pas en début de repousse mais seulement lorsque le couvert végétal est « fermé », soit pour un niveau de production de 1,5 à 2 t MS/ha. Aussi, le prélèvement d'herbe pour diagnostic doit être effectué lorsque la production fourragère a atteint au moins 2 tonnes MS/ha. Il peut être réalisé à des stades beaucoup

plus tardifs (jusqu'à la floraison) mais dans la pratique il est préférable de prélever à des niveaux de production compris entre 2 et 5 t MS/ha (1 cm d'herbe \equiv 220 à 250 kg MS/ha) qui permettent d'éviter de prélever de l'herbe en cours de sénescence.

Le diagnostic pour des parcelles d'herbe exploitées en pâturage précoce au printemps et en pâturage continu n'est possible que si une zone de la parcelle est mise en défens afin de pouvoir prélever l'herbe à un stade de croissance suffisant.

Dans le cas d'apports minéraux ou organiques épisodiques tous les deux, trois ou quatre ans par exemple, il est conseillé de réaliser le diagnostic la dernière année avant l'apport de façon à cerner la situation la plus défavorable.

Types de détermination concernés

Les déterminations minimales à demander au laboratoire sont la teneur en azote, phosphore et potassium de l'herbe mais il peut être demandé les déterminations des teneurs en magnésium, calcium et sodium qui permettront à l'éleveur d'apprécier la qualité du fourrage et d'adapter la complémentation minérale des animaux en conséquence. On trouvera en ANNEXE 1 des indications pour l'interprétation de ces teneurs.

Fréquence des analyses

Sur une même parcelle, il est conseillé de faire une analyse d'herbe tous les trois à cinq ans :

- au bout de trois ans, quand les résultats de l'analyse précédente ont entraîné des changements de pratiques de fertilisation,
- tous les cinq ans, si l'analyse précédente a conduit à maintenir les pratiques de fertilisation.

Type de diagnostic selon l'objectif recherché, mode opératoire et interprétation

Deux formules de diagnostic existent :

FORMULE 1

UN DIAGNOSTIC UNIQUEMENT SUR LA PRATIQUE DE L'AGRICULTEUR

OBJECTIF

C'est une formule légère en temps et en coût. Elle convient pour des parcelles à **conduite stable** dont on n'envisage pas de modifier les fonctions qui lui sont assignées. L'objectif est alors d'évaluer la pertinence d'une pratique de fertilisation.

MODE OPÉRATOIRE ET PRÉLÈVEMENT D'HERBE POUR ANALYSE

L'opération de diagnostic commence lorsque la production d'herbe sur pied est d'au moins 2 t MS/ha. On réalise alors un prélèvement de 20 poignées (parties aériennes, coupe à la cisaille à 4-5 cm au-dessus du sol) dans une zone représentative de la parcelle. On peut prélever les poignées sur deux diagonales de la parcelle tous les 10 ou 20 pas de façon à couvrir toute la parcelle. On mélange les poignées et on constitue un échantillon représentatif de 500 g environ de matière verte pour analyse au laboratoire.



Photo Institut de l'Élevage

L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE

Il est très délicat d'établir des grilles de conseil sans se référer aux pratiques de fertilisation de l'agriculteur, aux fonctions des parcelles et aux objectifs de production. A priori, on peut tout de même conseiller :

- de maintenir la pratique actuelle pour des indices de nutrition compris entre 80 et 100 ;
- de réduire les apports pour des indices > 100 ;
- de les augmenter pour des indices < 80.

Il est souvent difficile de gérer indépendamment les apports de P et de K en raison des apports organiques ou sous forme d'engrais complet ; pour ces derniers, on peut toutefois conseiller des changements de formulation permettant de réduire certains déséquilibres entre éléments.

FORMULE 2

UN DIAGNOSTIC SUR LA PRATIQUE DE L'AGRICULTEUR ET SUR UNE « BANDE AZOTE »

OBJECTIF

Cette formule permet de mettre en évidence l'état des réserves en phosphore et en potassium du sol et d'évaluer la possibilité de satisfaire une demande plus élevée en ces éléments minéraux résultant d'un apport azoté plus important qu'à l'habitude.

Elle convient pour des parcelles **nouvellement acquises ou bien lorsque l'on envisage un changement de fertilisation ou de mode de conduite**

Elle est plus coûteuse que la formule 1 car elle nécessite deux analyses : une sur la partie « agriculteur » et une sur la bande azote mais elle est aussi plus performante. Elle permet, dans les situations décrites ci-dessus, d'améliorer le diagnostic.

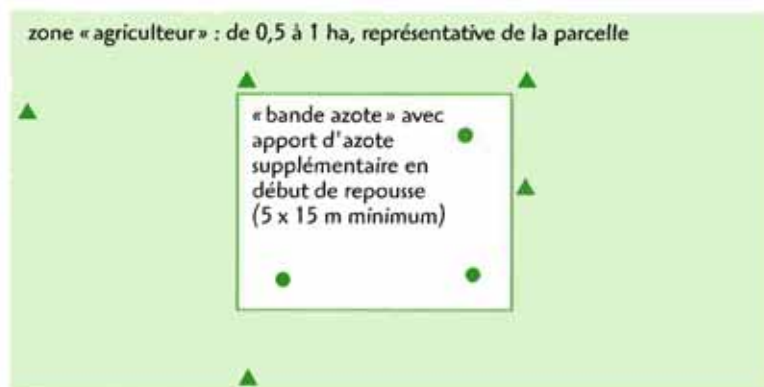
MODE OPÉRATOIRE ET PRÉLÈVEMENT D'HERBE POUR ANALYSE

Le diagnostic doit être prévu en début de cycle de croissance afin de délimiter une zone représentative de la parcelle (FIGURE 5), de dimension minimum de 5 m sur 15 m (bande azote) qui recevra un apport complémentaire d'azote de l'ordre de 100 unités N/ha (soit 2,2 kg d'ammonitrate à apporter sur la bande sur 15 m sur 5 m).

Bien évidemment, celle-ci n'a de raison d'être que si la fertilisation azotée pratiquée par l'éleveur est limitante pour la croissance de l'herbe.

FIGURE 5

Prélèvement d'herbe en vue d'un diagnostic par analyse du végétal avec bande azote : mode opératoire sur une parcelle



Si mesure de la production pour estimation de l'indice de nutrition azotée :

- Prélèvement de 0,5 m² sur la sous-parcelle ayant reçu un apport d'azote supplémentaire
- ▲ Prélèvement de 0,5 m² sur la zone représentative de la parcelle à analyser



Photo : Institut de l'élevage

On prélève séparément dans la « zone agriculteur » et dans la « bande azote » environ 20 poignées d'herbe (parties aériennes coupées à la cisaille à 4-5 cm au-dessus du sol) pour constituer deux échantillons représentatifs de 500 g environ. Le prélèvement des poignées peut se faire en ellipse autour de la bande azote tous les 10 ou 15 pas de façon à couvrir toute la parcelle (ou la zone homogène). Éviter les bordures ou toute autre source d'hétérogénéité (haies, abreuvoir...) en prenant une marge de 10-15m.

L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS D'ANALYSE

(voir un exemple en ANNEXE 2)

La connaissance des teneurs en N, P et K de l'herbe permet de calculer les indices de nutrition.

La FIGURE 6 explicite le conseil suite à l'examen des indices P ou K sur la parcelle « agriculteur » et la bande azote. Il a été établi pour des parcelles sur lesquelles on vise un bon niveau d'intensité d'utilisation de la biomasse produite. Ainsi, pour un indice « agriculteur » compris entre 80 et 100, – si l'indice se maintient sur la « bande azote », on conseille un maintien de la fertilisation d'entretien (dans tous les cas, elle doit être inférieure à 60 U de P_2O_5 et 150 U de K_2O) ;

– si l'indice chute sur la « bande azote » en-deçà du seuil 80, on conseille un apport de 30 à 60 U de P_2O_5 ou 60 à 150 U de K_2O ;

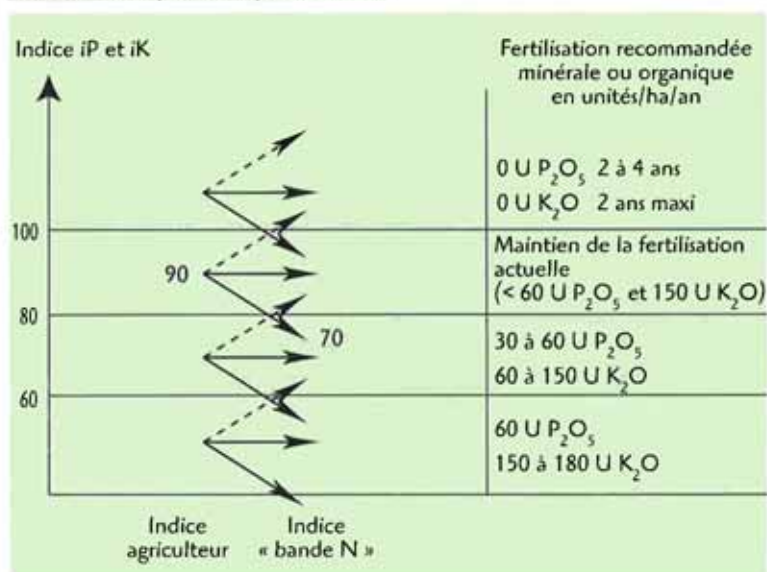
– si l'indice augmente sur la « bande azote » et devient supérieur à 100, on conseille une impasse pendant deux à trois ans suivant l'élément minéral considéré.

Le niveau des apports sera ajusté à l'intérieur des fourchettes préconisées en fonction des caractéristiques de la parcelle (mode d'exploitation, fonction, niveau d'intensification et pratiques de fertilisation antérieures).

Exemple : sur une parcelle pâturée qui reçoit 30 U de K_2O tous les ans et sur laquelle l'agriculteur a une exigence de production importante, l'indice potassium « agriculteur » est de 90 et passe à 70 sur la bande azote. On conseille un apport tous les ans de l'ordre de 60 unités de K_2O car on prend en compte, dans ce cas, les restitutions, la pratique de fertilisation antérieure et les exigences de l'éleveur pour sa parcelle.

FIGURE 6

Préconisations de fertilisation PK suite à diagnostic avec bande azote par analyse d'herbe



La durée de l'impasse est à raisonner avec le niveau de l'indice mais le suivi de parcelles pendant plusieurs années a montré que la dégradation de l'état de nutrition en l'absence d'apport est plus rapide pour le potassium que pour le phosphore.

Photo Institut de l'Élevage



Une impasse P peut être ainsi conduite pendant plusieurs années sans que l'on mette en évidence de baisse importante de l'indice P. Par précaution, une impasse K doit être limitée dans le temps à deux années. Sur sol sableux par exemple, il est préférable d'éviter les impasses en potassium de plus d'un an.

Après une impasse pendant quatre années, il est conseillé d'appliquer des niveaux de fertilisation dits d'entretien (< 60 U P₂O₅ et 150 U K₂O/ha) et de refaire, après quelques années, un nouveau diagnostic.

DÉTERMINATION DES INDICES DE NUTRITION AZOTÉE

OBJECTIF

Le calcul des indices de nutrition azotée est possible dans les deux formules 1 et 2 mais il nécessite la mesure de la production de matière sèche (= formule 1+ et 2+).

Cette détermination est conseillée dans le cadre de **l'acquisition d'un référentiel régional**. Elle peut être intéressante également lorsqu'un agriculteur manque systématiquement de fourrages pour évaluer l'intérêt d'une augmentation de sa fertilisation azotée (formule 1+) ou pour tester la réponse de la parcelle à un apport supplémentaire d'azote (formule 2+).

MODE OPÉRATOIRE

Celui-ci est relativement contraignant en temps et exige l'utilisation de minitondeuses et de matériel de pesée. On procède alors de la façon suivante :

FORMULE 1+

Choisir cinq emplacements dans une zone représentative de la parcelle. Sur chaque emplacement, prélever à la minitondeuse en coupant à 4-5 cm du sol (cisaille sur batterie, largeur de coupe 10 cm) l'herbe sur 0,5 m² à l'aide d'un cadre carré ou rectangulaire afin de bien délimiter la zone de prélèvement (PHOTO p. 19). Regrouper les cinq échantillons et les peser afin d'estimer la production de matière verte. Constituer ensuite par grappillage un échantillon

représentatif d'environ 500 g. Cet échantillon est pesé, séché à l'étuve pendant 48 heures à 80°C puis repesé sec pour mesurer la teneur en matière sèche du fourrage et ainsi calculer la matière sèche de la prairie.

FORMULE 2+

Choisir trois emplacements dans la « bande azote » et cinq emplacements dans le reste de parcelle (FIGURE 5 p. 19). Dans le cas de prairies à végétation complexe ou de prairies pâturées, il est préférable de choisir cinq emplacements dans chaque zone. Procéder ensuite de la même façon que précédemment pour chacun des deux échantillons d'herbe à traiter.

INTERPRÉTATION

Dans la pratique, l'interprétation des indices de nutrition azotée est la suivante :

- excédentaire pour des indices > 100 ;
- satisfaisant pour des indices compris entre 80 et 100 ;
- limitant pour la production pour des indices compris entre 60 et 80 ;
- très limitant pour des indices < 60.

Des travaux sont actuellement en cours pour mettre au point des outils plus opérationnels sur l'azote.

Conditionnement des échantillons d'herbe

Les échantillons doivent être acheminés rapidement au laboratoire s'ils sont envoyés frais ou congelés. Ils peuvent également être envoyés secs après mise en étuve pendant au moins 12 h à 60°C environ (attention à ne pas dépasser les 80°C). Le séchage peut également être réalisé à l'air libre et sous abri si les conditions météorologiques s'y prêtent. Il faut absolument éviter la fermentation qui risque de modifier les teneurs en azote et donc tous les indices.

Les échantillons doivent être correctement identifiés avant d'être envoyés au laboratoire pour broyage et analyse.



Photo Institut de l'Élevage

États de nutrition des prairies et résultats du conseil

États de nutrition minérale des prairies en France

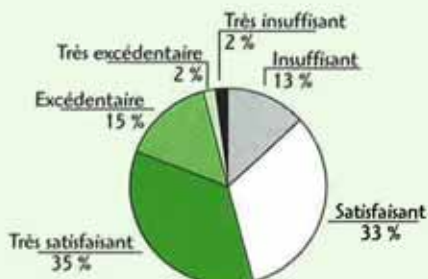
Des analyses d'herbe ont été réalisées pendant cinq années (1994-1998) sur un échantillon relativement important de prairies représentant une gamme très large de situations pédo-climatiques et de niveaux d'intensification (255 parcelles différentes dont 56 % en fauche-pâture, 30 % en fauche-regain et 14 % en pâture seule dans treize départements).

Les résultats font apparaître des états de nutrition souvent très satisfaisants en particulier pour le phosphore, puisque seulement 6 % des parcelles pour le phosphore et 17 % pour le potassium présentent un état de nutrition insuffisant à très insuffisant (FIGURES 7 ET 8).

FIGURE 7
États de nutrition phosphatée des parcelles du réseau national (255 parcelles)



FIGURE 8
États de nutrition potassique des parcelles du réseau national (255 parcelles)



Pertinence du conseil de fertilisation suite à un diagnostic

Le suivi des états de nutrition P et K dans les parcelles du réseau national a permis de vérifier l'année $n + 1$, la pertinence du conseil élaboré avec une bande azote à partir des prélèvements effectués l'année n . Ainsi, il est apparu que le taux de réussite du conseil était plus important pour le phosphore que sur le potassium. Le conseil portant sur le phosphore a été pertinent dans 92 % des parcelles alors qu'il l'a été dans 75 % des parcelles pour le potassium (TABLEAU 1).

La non pertinence du conseil pour le potassium concernait surtout des situations en sols sableux. Ceci a conduit à préconiser la prudence en matière d'impasse dans ce type de sol.

TABLEAU 1

Pertinence du conseil suite à un diagnostic avec bande azote (en pourcentage de parcelles par type de conseil : - + ou =)

	Fertilisation K préconisée				Fertilisation P préconisée			
	K-	K=	K+	Total	P-	P=	P+	Total
Conseil pertinent	79 %	61 %	85 %	75 %	94 %	90 %	86 %	92 %
Conseil non pertinent	21 %	39 %	15 %	25 %	6 %	10 %	14 %	8 %

K- ou P- : baisse de fertilisation ou maintien de l'impasse ;

K= ou P= : maintien du niveau d'apport de l'année précédente ;

K+ ou P+ : augmentation de l'apport (au moins + 30 kg P_2O_5 ou + 50 kg K_2O /ha) ou apport si impasse l'année précédente.

P- ou K- signifie que l'on avait conseillé une baisse ou une impasse de la fertilisation. Un conseil pertinent implique que l'indice est resté satisfaisant voire excédentaire l'année ($n + 1$) suite à ce conseil, alors qu'un conseil non pertinent indique que l'indice a baissé anormalement suite au conseil de baisse ou d'impasse.

Conclusion

La viande et le lait exportent très peu de phosphore et de potassium. En exploitation d'élevage spécialisée, les entrées de P et de K par les achats de concentrés, de condiments minéraux et de paille compensent largement les sorties par les produits animaux. La plus grande partie des éléments minéraux est recyclée sur l'exploitation par les engrais de ferme et les restitutions au pâturage. Une exploitation d'élevage devrait donc être en théorie autonome en phosphore et en potassium et l'éleveur peut éviter les achats d'engrais phosphatés et potassiques à condition de répartir correctement les déjections sur l'ensemble des parcelles de l'exploitation. Dans ce cadre, les indices lui permettent d'apprécier si les apports du système (engrais de ferme, restitutions au pâturage) suffisent à couvrir les besoins de ses prairies.

Membres du groupe de travail PK prairie :

Anne Farruggia (Institut de l'Élevage), Pierre Castillon (ITCF), Lydie Théliier-Huché (INRA Angers), M. Duru (INRA Toulouse), C. Jouany (INRA Toulouse), J.-L. Julien (LIAL), M.-M. Cabaret (CA 22), A. Baud (CA 25), J.-M. Lebrun (CA 62), C. Violleau (CA 63), L. Navarette (CA 64), C. Masson (CA 71), G. Lecocq (CA 76), E. Pottier (Institut de l'Élevage), M. Dobbels (Institut de l'Élevage).

Outre les membres de ce groupe et les membres du groupe PK du COMIFER, ce texte a bénéficié des remarques de relecture de M. Boutruche (CA 50), F. Dubois (CA 08), S. Duquet (CA 63), E. Hance (CRA Lorraine), M. Thébault (CA 35), J. Salette (INRA).

Bibliographie

DURU M., THÉLIER-HUCHÉ L., 1997. N and P-K status of herbage : use for diagnosis on grasslands. *In* Diagnostic procedures for crop N management. Les colloques de l'INRA, n° 82, 125-138.

DURU M., 1992. Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps. I. Établissement de références. *Agronomie*, 12, 219-233.

DURU M., 1992. Diagnostic de la nutrition minérale de prairies permanentes au printemps. II. Validation de références. *Agronomie*, 12, 345-357.

DURU M., BALENT G., GIBON A., MAGDA D., THEAU J.-P., CRUZ P., JOUANY C., 1998. Fonctionnement et dynamique des prairies permanentes. Exemple des Pyrénées centrales. *Fourrages*, 153, 97-113.

LEMAIRE G., SALETTE J., 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I. Étude de l'effet du milieu, II. Étude de la variabilité entre génotypes. *Agronomie*, 1984, 4 (5) 423-430 et 431-436.

LEMAIRE G., GASTAL F., SALETTE J., 1989. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. XVI International Grassland Congress, Nice, 179-180.

SALETTE J., DUMAS Y., SOBESKY O., 1973. Éléments d'écologie des herbages à Pangola dans divers milieux des Antilles françaises. II. Données sur des éléments minéraux chez *Digitaria decumbes* cultivées dans divers milieux. *L'agronomie tropicale*, 28, 833-834.

SALETTE J., 1982. The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization. Proc. of the 12th Intern. Potash Inst. Congr., Goslar, June 1982, 305 p., Ed. I.I.P., Berne, 117-144.

SALETTE J., LEMAIRE G., 1981. Sur la variation de la teneur en azote des graminées fourragères pendant leur croissance : formulation d'une loi de dilution. *CR Séances Acad. Sc.*, Paris, 292, 875-878.

SALETTE J., HUCHÉ L., 1991. Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par analyse de végétal : principes, mise en œuvre, exemples. *Fourrages*, n° 125, 3-18.

THÉLIER-HUCHÉ L., HUBERT F., SALETTE J., 1992. Diagnostic par analyse minérale du végétal : application à des prairies permanentes du Pays de Loire. In « L'extensification en production fourragère ». *Fourrages*, hors série, 168-169.

THÉLIER-HUCHÉ L., BONISCHOT R., CONTAT F., SALETTE J., 1996. Incidence à long terme d'une absence prolongée de fertilisation phosphatée sur prairie permanente. *Fourrages*, 145, 53-62.

Annexe 1

Interprétation des teneurs en fonction des besoins des animaux

L'analyse de l'herbe peut également concerner les déterminations des teneurs en calcium, magnésium et sodium pour un coût supplémentaire d'analyse modique. Ces teneurs donnent des informations sur la qualité du fourrage destiné aux bovins eu égard à leurs besoins.

Afin d'éviter des problèmes de carence, les teneurs souhaitables de l'herbe consommée pour les vaches laitières et allaitantes sont de 0,70 à 0,80 % MS pour le calcium et de 0,20 % MS pour le magnésium et le sodium (MESCHY, comm. personnelle).

Les liens entre la fertilisation calco-magnésienne et les teneurs en Ca ou en Mg de l'herbe n'étant pas directement établis, ces informations permettront donc uniquement d'adapter la complémentation minérale des animaux et non de justifier une pratique de fertilisation Ca ou Mg.

Les indices de nutrition P et K proposés reflètent des états de nutrition de l'herbe et non un état en relation avec les besoins en éléments minéraux de l'animal. Ainsi, une herbe à 0,3 % de phosphore peut être considérée (selon sa teneur en azote) comme présentant un état de nutrition phosphatée satisfaisant mais ne permet pas de couvrir les besoins en phosphore de l'animal.

Pour le potassium, les besoins de l'animal sont toujours couverts.

Pour les autres éléments, Ca, Mg Na, N et P, l'herbe consommée ne satisfait pas toujours les besoins des animaux.

TABLEAU 2
Couverture des besoins des vaches par l'herbe ingérée

Éléments	Teneur souhaitable pour la vache	Variation de teneurs dans les plantes
N	2,8	1,5 à 4,5 %
K	0,5	1 à 5 %
P	0,4	0,15 à 0,5 %
Ca	0,7	0,3 à 1,5 %
Mg	0,2	0,1 à 0,4 %
Na	0,15	0,01 à 1,5 %

Annexe 2

Exemple de calcul et de présentation des résultats

INRA - Station d'Agronomie
49071 Beaucozézé

Code parcelle	xy01
Nom	le petit pré

Résultats d'analyse d'herbe (NPK) sur prairies

Exploitation : Fauche-regain

Résultats

	Production t MS/ha	Teneur de l'herbe (% MS)			Indice de nutrition		
		N	P	K	INN	iP	iK
Nx	3,5	2,7	0,31	2,8	84	95	93
N+	3,8	3,1	0,36	2,5	99	102	77

Nx : Fertilisation azotée normale de l'agriculteur
N+ : Bande surfertilisée en azote

Grilles de commentaires des indices de nutrition

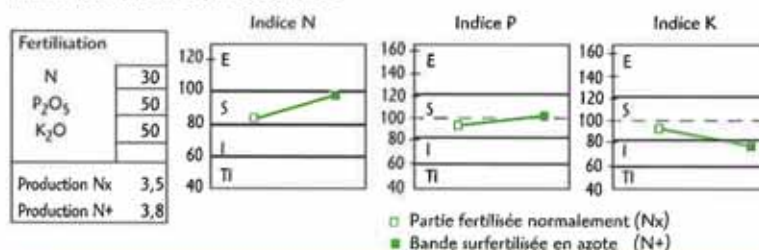
AZOTE (INN)

INN > 100	Excédentaire (E)
80 < INN < 100	Satisfaisant (S)
60 < INN < 80	Limitant (L)
INN < 60	Très limitant (TL)

PHOSPHORE (iP) et POTASSE (iK)

iP ou iK > 120	Excédentaire (E)
80 < iP ou iK < 120	Satisfaisant (S)
60 < iP ou iK < 80	Insuffisant (I)
iP ou iK < 60	Très insuffisant (TI)

Visualisation des résultats



Commentaires et conseil de fertilisation

(pour une bonne intensité d'utilisation)

Nutrition azotée satisfaisante : l'apport supplémentaire d'azote sur une partie de la parcelle ne permet qu'un faible gain de production.

Nutrition phosphatée satisfaisante et bonnes réserves en P : impasse en fertilisation P conseillée au moins une année.

Nutrition potassique satisfaisante mais faibles réserves en K facilement mobilisables pour la prairie : maintenir un apport manuel de l'ordre de 120 U K₂O/ha.

Illustration de couverture : École maternelle de Vicherey (88)
Photos : Institut de l'Élevage, Chambre d'Agriculture des Vosges
Maquette, mise en page : Nicole Beyt, ACTA
Impression : CENTR'IMPRIM Issoudun
Dépôt légal : 2^e trimestre 1999



CHAMBRES
D'AGRICULTURE
22 - 25 - 62 - 63
64 - 71 - 76

PRIX : 30 F TTC (4,57 euros)

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE ISBN 2-910393-08-9

ACTA ISBN 2-85794-181-1

