

## VALEUR MINÉRALE DE L'HERBE (OLIGO-ÉLÉMENTS) - INFLUENCE DU SOL ET DE LA FUMURE SUR LA COMPOSITION MINÉRALE

**O**UTRE LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS MINÉRAUX (CALCIUM - PHOSPHORE - MAGNESIUM - SODIUM...) LA RATION DOIT FOURNIR D'AUTRES ÉLÉMENTS INDISPENSABLES A TRES petites doses : les oligo-éléments.

Certains sont nécessaires à la fois aux végétaux et aux animaux : le Fer, le Cuivre, le Manganèse ; d'autres seulement, semble-t-il, aux animaux : le Cobalt ; d'autres enfin seulement aux végétaux : le Bore, le Molybdène (dont seuls les excès toxiques sont signalés vis-à-vis des animaux).

### I. — LES NORMES D'APPORTS EN OLIGOELEMENTS DANS LA RATION

Nous les exprimerons en milligrammes par kilogramme de matière sèche, chiffres correspondant aux minima admissibles.

*Fer* : Inutile de donner des chiffres, l'herbe contenant *toujours* assez de fer.

*Cuivre* : 3 à 5 mg/kg M.S. dans les conditions normales.

Toutefois, les teneurs doivent être plus élevées, voisines sans doute de 7-9 mg dans le cas de pâturage d'herbe jeune, riche en eau : les diarrhées

de pâturage occasionnent en effet des pertes de Cuivre (et de Sodium) par accroissement de la rapidité du transit intestinal, cause de mauvaise assimilation.

Les teneurs devraient aussi être élevées si l'herbe est trop riche en Molybdène : cet élément, antagoniste du Cuivre, ne devrait pas dépasser des teneurs de 3 mg/kg M.S. au grand maximum.

La carence en Cuivre se manifesterait par une décoloration des poils, notamment autour des yeux, une baisse de la production laitière et, dans les cas graves, par une fragilité anormale des os.

*Cobalt* : 0,07 mg/kg M.S. Les carences marquées correspondraient à un manque d'appétit, un aspect laineux des poils (chez les bovins), des retards de croissance, de l'anémie.

*Manganèse* : Les auteurs ne sont pas tous d'accord sur les normes.

Les chiffres généralement avancés en France : 25 mg/kg M.S., ne pourraient correspondre, d'après les auteurs hollandais (GRASHUIS), qu'à des besoins d'entretien ou aux besoins d'animaux peu productifs en régime extensif d'exploitation de l'herbe.

La teneur de sécurité, d'après les Hollandais, se situerait autour de 150 mg/kg de M.S. pour un régime intensif d'utilisation de l'herbe (vaches laitières).

Les carences en Manganèse se manifesteraient par des accidents musculaires, une raideur des articulations, notamment au niveau du jarret, et des phénomènes de stérilité.

## II. — VARIATIONS DES TENEURS EN OLIGOELEMENTS

### A) Variations entre espèces végétales

Les légumineuses et plantes diverses dicotylédones (plantain, pissenlit, par exemple) contiennent en moyenne *plus de Cuivre* et de *Cobalt* que les Graminées, mais *moins de Manganèse*.

En réalité, la teneur en minéraux des Graminées dépend beaucoup plus des stades de végétation que celle des Légumineuses. Aux stades feuillus correspondant au pâturage, les Graminées sont généralement bien pourvues en tous les minéraux.

### B) Variations en fonction des stades de végétation

Elles sont particulièrement marquées chez les Graminées : les teneurs sont maximales aux stades feuillus, particulièrement au début du printemps et à l'automne, et minimales à l'épiaison.

Donnons quelques exemples (Tableau I).

TABLEAU I  
VARIATION DES TENEURS EN OLIGO-ELEMENTS (mg/kg de M.S.)  
SELON LES STADES DE VEGETATION

	Dactyle S.37					
	Premier cycle				2° cycle	3° cycle
	22/4	5/5	15/6	3/7	4/8	21/9
Cuivre .....	10	5,7	5,3	5,9	5,0	9,1
Manganèse .....	54	24	22	16	49	56

  

	Fétuque élevée S.170					
	Premier cycle				2° cycle	3° cycle
	22/4	5/5	15/5	2/7	26/7	16/9
Cuivre .....	44	8	9	7	5	5,4
Manganèse .....	49	27	60	23	26	54

Les teneurs en Cuivre de 40-45 mg/kg de M.S. au début du premier cycle sont exceptionnelles : la teneur normale est de 12 à 20, et s'abaisse à 5-7 à l'épiaison, tout au moins d'après nos observations sur notre terrain d'Isneauville, près de Rouen (sol de limon des plateaux, apparemment assez fertile).

Les variations de la teneur en Manganèse sont plus ou moins parallèles, mais l'on observe des sautes de teneurs peu prévisibles : remarquons que les teneurs de nos fourrages sont faibles (terre à pH alcalin).

### C) Variations en fonction des sols et de la fertilisation

La richesse d'un fourrage en un élément minéral n'est que *pour une toute petite part* fonction de la richesse du sol en cet élément : elle résulte en effet de trois influences simultanées :

a) La richesse du sol, c'est-à-dire les « réserves » en un élément minéral 65

et les possibilités de cession de celui-ci au végétal par unité de temps (mobilité) ;

b) Le stade de végétation moyen des graminées présentes : il est interdit formellement de comparer deux fourrages de compositions botaniques différentes ou à des stades de végétation différents pour en tirer une quelconque information sur l'influence de la « richesse » du sol ;

c) L'intensité de la production (quantités de fourrages produites).

Un sol pauvre peut porter des fourrages tout à fait normaux, quand ceux-ci sont à des stades jeunes et feuillus et peu abondants (système extensif), car les quantités d'éléments minéraux cédées par le sol sont diluées dans des quantités faibles de fourrages.

Il n'en sera évidemment pas de même si l'on force la production, par exemple par une forte fumure azotée sur des sols pauvres en d'autres éléments (tels que le Phosphore) : une telle fumure déséquilibrée conduit à une baisse de la minéralisation des fourrages, pouvant faire apparaître des carences très marquées *dans les foins*.

#### 1) Cuivre

Les plus basses teneurs en Cuivre que nous ayons notées correspondaient à des *foins*, soit sur des sols normaux en culture très intensive (à Isneauville, par exemple, où nous avons noté fréquemment des teneurs entre 3 et 5 mg/kg M.S. à l'épiaison), soit sur des sols carencés à priori (tourbières) : nous avons trouvé un Ray Grass d'Italie ne contenant que 1 mg de Cuivre par kg de M.S. (Lande de Lessay, dans la Manche).

Peut-être pourrait-on observer d'autres faibles teneurs en Cuivre à des stades feuillus, sur sols particulièrement carencés (sur granulites ou sur certaines défriches de terres de bruyère) ?

#### 2) Molybdène

L'assimilabilité du Molybdène croît avec le pH : la plupart des cas de toxicité ont été observés sur sols alcalins (quelques cas en France dans le Bassigny).

Toutefois, WALSH et NEENAN ont signalé en Irlande des sols acides qui portaient des fourrages très riches en Molybdène où, par conséquent, les accidents étaient aggravés par les chaulages.

### 3) Manganèse

La teneur en Manganèse des fourrages augmente avec l'acidité du sol et les Hollandais donnent des teneurs moyennes (sans doute pour des prairies permanentes à dominance de Ray Grass anglais, pris à des stades très feuillus) :

- 150 mg/kg de M.S. à pH 5,7
- 50 mg/kg de M.S. à pH 6,7 environ.

Le pH idéal se situerait donc pratiquement entre 5,2 et 6,2 : il semblerait souhaitable de maintenir les prairies en pH nettement acides, quand le sol l'est naturellement — sauf, évidemment, lorsque l'on veut implanter des prairies temporaires à base de *Luzerne*.

Il serait bon, sur sols calcaires ou très chaulés, de prévoir des compléments minéraux comportant des sels de Manganèse.

La teneur en Manganèse des fourrages ne varie pas seulement en fonction du pH, mais aussi en fonction de la teneur en Manganèse du sol : aux mêmes pH, un sol tourbeux produit des fourrages moins riches en Mn, qu'un sol argileux (schisteux par exemple).

## III. — INFLUENCE GENERALE DU SOL ET DE LA FUMURE SUR LA COMPOSITION MINERALE DE L'HERBE

### A) Influence directe — équilibres et antagonismes

Nous avons déjà indiqué quelques règles en tenant compte de la richesse du sol, des quantités de fourrages produits et du stade de végétation.

Donnons quelques autres lois générales.

L'apport d'un élément essentiel, qui jusque-là limitait le rendement, ne provoque pas automatiquement une augmentation de la teneur en celui-ci dans le fourrage ; en effet, la croissance devient proportionnelle aux premières doses apportées et la teneur ne varie pas : elle ne peut augmenter que pour des apports provoquant des rendements moins que proportionnels.

L'on observe d'autre part des équilibres entre l'absorption des cations (Calcium, Magnésium, Potassium, Sodium, Azote ammoniacal) et des anions (Azote nitrique, Acide Phosphorique, Soufre, Chlore) et des compétitions ou antagonismes entre cations ou entre anions.

Ainsi, les apports élevés de Potasse (cation très facilement absorbé par les plantes) réduisent l'absorption des autres cations (Calcium, Magnésium, Sodium).

Des apports d'Acide Phosphorique soluble (anion  $PO_4$ ) induisent souvent une absorption accrue de Calcium ou d'Azote ammoniacal.

#### B) Influences indirectes

Ces règles restent théoriques, car l'application des fumures modifie souvent la composition botanique des surfaces fourragères.

De telles conséquences sont bien connues :

L'application d'Azote favorise généralement les graminées et provoque ainsi indirectement une baisse des teneurs en Calcium, en Cuivre — souvent en Magnésium et en Azote — si l'on analyse les foins et non le fourrage au stade purement feuillu.

L'application de Potasse et d'Acide phosphorique favorise au contraire les légumineuses et provoque l'effet inverse.

L'apport d'amendements calcaires ne modifie pas en général la composition minérale de l'herbe : la libération de Potasse et d'Acide phosphorique des réserves du sol, qui favorise les légumineuses, est généralement compensée par une libération d'Azote (nitrification) qui favorise au contraire les graminées.

#### C) Quelques exemples

Il est très difficile de trouver dans la littérature des comptes rendus d'essais parfaitement valables pour montrer l'influence du sol et de la fertilisation sur le rendement ou la composition chimique des fourrages : souvent on compare des fourrages de parcelles de compositions botaniques différentes — ou des fourrages pris à des stades de végétation différents — ou encore on se trouve devant la difficulté de démêler les influences directes et les influences indirectes de la richesse du sol en tel ou tel élément ou de la fertilisation.

Signalons en particulier que la variabilité de la composition minérale en fonction des stades de végétation ou des espèces végétales dépasse grandement celle qui résulterait d'une plus ou moins grande richesse du sol.

Donnons cependant quelques exemples rapides concernant le *Phosphore* et le *Calcium*.

Au domaine expérimental du Haras du Pin (Orne), nous avons analysé deux Ray Grass d'Italie, coupés au même stade de végétation, sur deux sols différents.

TABLEAU II

Sols :	1	2
pH .....	5,2	6,8
saturation en bases % .....	68	97
P205 MORGAN mg/kg .....	60	12
<i>Fourrages</i> (R.G. It. RINA coupé le 9 mars) :		
Calcium % M.S. ....	0,84	0,73
Phosphore % M.S. ....	0,52	0,34

Il semble bien, sur cet exemple très sommaire, que la teneur du sol en Calcium (saturation en bases, surtout en Calcium), en relation d'ailleurs avec le pH, influe assez légèrement sur la teneur en Calcium du fourrage et qu'il existe aussi une relation nette entre Phosphore du sol et Phosphore du fourrage (la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> du sol n° 1 est exceptionnellement forte).

### 1) Variations de la teneur en Phosphore

A stade de végétation égal, à intensivité comparable, la richesse du fourrage en Phosphore est en relation avec la teneur en Acide phosphorique assimilable des sols et avec la fertilisation : en sols pauvres, la fertilisation phosphatée améliore la teneur en Phosphore des fourrages, faisant passer dans des foins, par exemple, des teneurs inférieures à 0,20 % (2 gr/kg de M.S.) à des teneurs plus correctes comprises entre 0,2 et 0,3 (teneurs difficiles à dépasser dans le cas des graminées à l'épiaison).

Une difficulté sérieuse demeure : celle de la détermination de l'Acide phosphorique vraiment « assimilable » des sols.

La méthode MORGAN (extraction par le mélange Acétate de sodium-Acide acétique) donne souvent pour pauvres en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> des sols bien pourvus, notamment dans le cas des sols légèrement acides ayant reçu depuis longtemps de fortes doses de Scories ou Phosphates naturels : un sol « riche » selon la méthode MORGAN est vraiment « riche » — un sol donné pour

pauvre ne l'est pas forcément et souvent l'extraction par l'acide citrique (méthode GAROLA) donne de meilleurs résultats.

Quoi qu'il en soit, laissons ces discussions aux agronomes qualifiés.

La plupart de nos prairies intensives ne manquent d'ailleurs pas d'acide phosphorique, cette fumure étant généralement moins négligée que la fertilisation azotée par exemple et les carences en Phosphore dans les échantillons d'herbe *feuillue* intensive au stade «pâturage» sont rarissimes (pour notre part, nous n'en avons guère observé), sauf peut-être en périodes très sèches.

Contrairement à un certain folklore, il ne nous a pas paru exister de relations entre le pH des sols et la teneur en Phosphore des fourrages, dans le cas de prairies temporaires bien fertilisées : il est d'ailleurs évident que sur sols acides pauvres ou calcaires, où l'on peut craindre les carences en Phosphore, les exploitants fertilisent en conséquence.

## 2) Variations de la teneur en Calcium

Ces variations nous ont paru assez anarchiques, mais nous n'avons jamais trouvé de teneurs inférieures aux normes de 0,3 % (3 gr/kg de M.S.).

Nous avons noté des teneurs comprises entre 0,3 et 0,6 % sur quelques graminées *pures* au stade feuillu, en culture très intensive (souvent avec des teneurs très élevées en Potassium), sur quelques rares foins, sur des espèces de vases salées, par exemple la Glycérie maritime : il est probable que plusieurs espèces de graminées croissant naturellement sur des milieux très riches en calcaire possèdent des mécanismes leur permettant de réduire fortement l'absorption du Calcium par leurs racines.

Les prairies naturelles comportant souvent une assez forte proportion de légumineuses ou plantes diverses donnent des fourrages plus riches en Calcium que des prairies temporaires à forte dominance de graminées.

Enfin, nous n'avons pu noter, d'après nos analyses, l'influence défavorable sur les teneurs en Calcium de pH bas ou même très bas (jusqu'à pH 4,2) : les fourrages analysés en provenance de ces sols présentaient des teneurs en Calcium (et même généralement en autres minéraux) très normales, mais il s'agissait essentiellement de prairies temporaires ou naturelles fertilisées de manière rationnelle.

M. KERGUELEN,

Laboratoire des Plantes Fourragères,  
I.N.R.A., Rouen.

Sol et composition  
minérale