

# Utilisation du soufre = baisse du PH

L'équilibre nutritionnel d'un sol est obtenu par des interactions complexes entre la pousse des plantes, les propriétés physiques et chimiques du sol, l'irrigation et les pratiques culturales, compte tenu du niveau de maintenance que l'on désire pour une graminée ou une association de graminées désirées dans un environnement spécifique.

La fourniture des éléments est liée étroitement au niveau du pH du sol.

Dans les pH extrêmes, les plantes ne peuvent trouver dans le sol les éléments nécessaires à leur pousse car dans la plupart des cas, on observe des blocages :

- a) cas du phosphore en dessous de pH 5,5,
- b) cas du fer au-dessus de 8

Le soufre est l'un des rares produits qui, en incorporation dans le sol, peut résoudre les problèmes des pH alcalins. On peut estimer, dans certaines régions, la proportion de sable alcalin pour la construction ou l'entretien à 80 %.

## QU'EST-CE QUE LE SOUFRE ?

Il est utilisé depuis très longtemps : les besoins des plantes en soufre sont reconnus depuis 200 ans environ et l'utilisation des engrais soufrés est pratique courante. Une plante absorbe autant de soufre que de phosphore et le soufre est l'un des seize éléments indispensables à un végétal.

Le soufre intervient pour la synthèse des protéines, des amines (méthionines) indispensables, la formation des tissus, la chlorophylle, la défense naturelle face aux cryptogames.

Le soufre permet une meilleure pousse et une augmentation du développement des micro-organismes du sol qui favorisent indirectement une pousse plus optimale des végétaux supérieurs.

Le premier symptôme visuel apparent d'une carence est un jaunissement interveinal des feuilles âgées, des feuilles basses et des jeunes pousses. En cas de carence générale, toutes les feuilles pâlisent, puis jaunissent ; les bouts de feuilles et les bords brûlissent et flétrissent.

Les symptômes sont similaires à un manque d'azote.

Les sources de soufre sont variables : pollution qui assure une fourniture aux plantes urbaines (qui tend à devenir faible : observation de déficiences fréquentes). Les autres sources sont les fertilisants (sulfates) et les apports de soufre élémentaire. On doit comptabiliser les apports dans les plans de fumure à des doses semblables aux apports de phosphore.

Les engrais contiennent du soufre en quantité variable (voir tableau) et notamment les azotes «longue durée». Les apports de soufre micronisé se font sous forme de petites billes (cristaux) qui contiennent de 20 à 99 % de soufre selon les produits. On l'utilisera à 4 fins utiles :

- 1) comme fertilisant suivant l'analyse 50 kg/hectare par an,
- 2) en prévention de maladies cryptogamiques,
- 3) pour réduire le paturin annuel,
- 4) pour baisser le pH.

Les avantages de l'application du soufre sont importants pour de nombreuses maladies ; par exemple, «ophiobolus graminis» et «fusarium nivale» sont traitées par une application de soufre élémentaire (98 % de pureté minimum) à raison de 23 kg à l'hectare sur greens de golfs et 90 kg à l'hectare pour les zones tondues plus haut. Ces problèmes sont graves surtout sur agrostis stolonifère. L'utili-

sation de sulfate d'ammoniaque peut arriver au même résultat à long terme.

Actuellement, ces deux maladies posent de graves problèmes (zone Sud-Ouest).

Le paturin annuel, quant à lui, est une graminée adventice qui colonise souvent les gazons de golf. Certains herbicides de préémergences peuvent être efficaces mais doivent encore être expérimentés. Le soufre peut réduire les infestations de «poa annua» : un apport de 160 kg à l'hectare par année peut réduire les populations de plus de 60 % après sept ans de traitement.

L'incidence du soufre est donc très importante. Cette méthode de traitement du «poa annua» ne sera pas forcément positive dans tous les cas. Le soufre est une bonne base de départ. L'influence du soufre est également très grande sur les algues en les faisant disparaître en partie. De même, les larves sont moins nombreuses dans les zones traitées : l'expérience ne dit pas si le changement de pH est la cause de la baisse de la population larvaire.

Le soufre est l'amendement le plus utilisé actuellement aux Etats-Unis.

Il est utilisé aussi bien en tant qu'amendement qu'en entretien, ou pour corriger un excès d'apport de calcium.

Le soufre réduit les pH trop alcalins, les rendant plus favorables à la pousse des graminées. Le pH peut en effet intervenir sur la solubilité des substances toxiques, comme l'Aluminium (inférieur à 5,3), la performance des pesticides, la structure et l'évolution organique.

Les carences en fer et en oligo-éléments caractérisent souvent les pH alcalins. Les toxicités aluminiques, et de manganèse, sont souvent observables en pH bas, notamment dans les sols très organiques.

### EFFETS DU SOUFRE SUR LE pH

Le pH caractérise la quantité d'ions  $H^+$  dans la solution du sol et s'exprime par une valeur allant dans les sols de 3,5 à 9 environ.

pH : - 10 g ( $H^+$ ) avec  $H^+$  en mole/litre.

Une concentration de 0,01 mole par litre de  $H^+$  a un pH de 3.

Une concentration de 0,001 mole par litre de  $H^+$  a un pH de 4...

Par ce fait, pH 5 : solution dix fois plus alcaline que pH 4 mais dix fois plus acide que pH 6.

La fourniture d'azote par la matière organique s'abaisse rapidement en pH acide ou alcalin, car les micro-organismes sont très sensibles aux écarts de pH, notamment les agents qui participent à la minéralisation.

Les plantes ont également des préférences de pH. Entre les pH 6,5 à 7,0, les éléments majeurs sont les mieux utilisés.

Paturin des prés :	6,0	–	7,7
Paturin annuel :	5,1	–	7,7
Paturin des bois :	5,8	–	7,7
Agrostis spp :	5,4	–	7,6
Ray-grass :	5,5	–	8,1
Fétuque élevée :	5,4	–	7,6
Fétuque rouge :	5,4	–	7,6

Nota : Si l'on se maintient dans les normes ci-dessus, on permet aux plantes une pousse optimale.

– A pH bas, risques de carence en calcium, magnésium et phosphore.

– A pH élevé, risques de déficiences en phosphore, fer, manganèse, cuivre et zinc.

Pour relever les pH, on utilise selon les résultats d'analyse, des calcaires broyés (Ca Co<sub>3</sub>) ou des dolomies (Ca Co<sub>3</sub> + Mg Co<sub>3</sub>). Ces produits serviront de réserve en rétablissant l'équilibre CAH – solution du sol. Les apports d'entretien contrebalanceront les effets d'alimentation du gazon, le lessivage et l'action des engrais acidifiants. Au sujet des amendements calciques, les formes carbonates sont à retenir sur les sols établis.

## UTILISATION SUR SOL NU : CONSTRUCTION

Pour baisser le pH d'un sol naturellement alcalin,

le soufre élémentaire est un amendement nécessaire surtout lié à son faible coût d'achat par rapport à la pureté du produit et à son action.

Le produit, une fois appliqué est oxydé par les micro-organismes du sol (surtout du genre Thiobacillus) et transformé en acide sulfurique, selon la formule : Soufre (S) + oxygène (3/2 O<sub>2</sub>) + Eau (H<sub>2</sub>O) → μ organismes → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

L'acide sulfurique neutralise le CaCO<sub>3</sub> dans les sols alcalins et augmente la production d'ions H<sup>+</sup>. La baisse du pH est un processus lent mais assez rapide en sol sableux. L'analyse déterminera la quantité de soufre nécessaire.

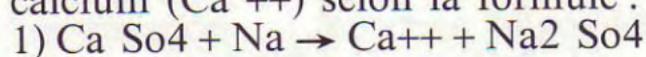
A titre indicatif, voici quelques quantités à incorporer dans un sol, lors de la construction :

### Des quantités similaires sur un gazon provoqueraient de graves brûlures

Le traitement des sols salés (qui ont en général un pH élevé) par le soufre, n'aide pas seulement à baisser le pH, mais sert surtout à lessiver Na<sup>+</sup> de la zone racinaire. Les sols salins et salés sont en général dispersés et défloculés et particulièrement imperméables à l'air et à l'eau, mais aussi aux fertilisants. C'est le cas de certaines vases lagunaires par exemple.

Par contraste, les sols riches en calcium soluble sont flocculés et perméables.

Les sols salés se traitent souvent en gypse ( $\text{Ca So}_4$ ) qui permet le remplacement du sel ( $\text{Na}^+$ ) par du calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) selon la formule :



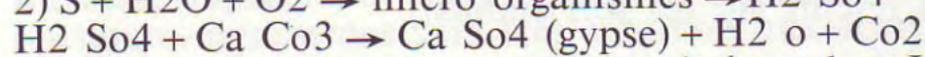
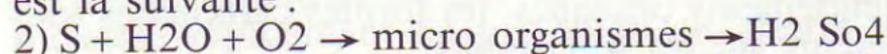
#### QUANTITE DE SOUFRE NECESSAIRE À L'HECTARE (en Kgs)

Changement de pH	sol sableux	Sol argileux	Sol organique
8,5 à 6,5	2200	3350	2800
8,0 à 6,5	1350	2200	1650
7,5 à 6,5	560	1200	960
7,0 à 6,5	120	340	170

(pour une profondeur de 18 cm)

Le sulfate de sodium est soluble, donc facilement lessivable, ce qui nécessite un très bon drainage et de l'eau courante dans les fossés à ciel ouvert en bord de mer.

Si un sol salé contient aussi du calcium, la réaction est la suivante :



Le gypse ainsi formé assure une baisse du pH selon la réaction chimique (1)

Ajouter du soufre fait augmenter aussi le taux de sulfate de sodium, sel lessivable. Aussi lorsque les apports sont faits, les réactions de transformation sont lentes (quelques mois) et le lessivage peut-être retardé.

Le soufre élémentaire est insoluble dans l'eau et son oxydation (transformation en  $\text{H}_2 \text{ So}_4$ ) dépendra largement de la taille des particules. Plus la mouture sera fine, plus l'action sera rapide. La forme poudreuse est la plus active, mais la forme granuleuse (plus récente) est plus facile d'emploi et se divise en fines particules en présence d'eau.

L'oxydation du soufre est réalisée par les micro-organismes qui doivent trouver dans le sol des conditions favorables d'environnement : eau, oxygène, chaleur, alimentation... La température est un facteur clé de la réussite des apports de soufre : l'oxydation est réduite de la mi-automne à la mi-printemps. Une température du sol de 13 à 15° est idéale.

Trop d'eau ou pas assez réduit également l'oxydation : le sol doit être ressuyé (capacité au champ, soit deux jours après une forte pluie dans une terre franche). Les bactéries aérobies autotrophes ont des besoins bien précis pour travailler dans l'optimum.

Le soufre élémentaire doit être mélangé au sol après application, puis suivi d'un arrosage. Le sol sera maintenu humide durant la période d'oxydation (soit plusieurs mois dans les sols très alcalins ou très salés) ; en général quelques semaines.

En cas de travail à l'acide sulfurique (à 93 %) mélangé à l'eau, l'oxydation est immédiate et la formation du gypse immédiate également. Ce produit contient 30 % de soufre. On emploie souvent cette méthode par incorporation directe au chisel du sol nu, suivi d'un arrosage. L'acide sulfurique attaque aussi béton, acier... Ce qui limite son emploi.

D'autres produits peuvent être utilisés : sulfate d'aluminium, sulfate d'ammoniaque, bi-sulfate de fer et d'ammoniaque, dioxyde de soufre, calcium polysulfaté, polysulfate d'ammoniaque.

### ENTRETIEN : POUR LES APPLICATIONS SUR GAZON ÉTABLI

L'idéal serait une incorporation, car du fait de la lenteur de l'oxydation, les effets de la baisse du pH se font sentir en surface dans un premier temps, après un épandage. Le gazon peut être affecté par ce problème.

Il faut être très prudent et l'application de soufre derrière une aération est préférable, car elle aide les mouvements descendants. Des applications légères et plus fréquentes sont préférables et le fractionnement en six, voire huit apports sur green est préférable.

Les applications sur green ne doivent pas dépasser 250 U/ha/an, avec des applications durant les périodes froides de la saison de pousse (début printemps, fin d'automne, dormance hivernal) ; en général des applications à 26 kg/ha répétées à 4 semaines d'intervalle.

### Dans tous les cas, il faut travailler à partir de résultats d'analyse

Il faudra éviter les applications par temps chaud et arroser pour empêcher les brûlures. Les gazons tondu plus haut (fairways) peuvent recevoir des doses plus élevées (225 kg/ha/an) par application et les conditions d'épandage sont les mêmes que sur les greens.

Les engrais participent aussi au maintien du pH dans les normes acceptables, ainsi que les plantes par production de matière organique.

Le soufre est donc d'une aide précieuse dans les sols alcalins ou salés ou rendus alcalins par excès de calcium lors d'épandage. Il faudra en outre, étudier chaque condition d'environnement et maîtriser correctement la mise en œuvre et l'analyse du sol. L'aide d'un laboratoire est une des clés de la réussite de l'opération.

Sulfate d'ammoniaque	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24,2 % de soufre	
Sulfate d'aluminium	Al <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 18H <sub>2</sub> O	14,4 % de soufre	11,4 % Al
Gypse	Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	18,6 % de soufre	32,6 % CaO
Dioxyde de soufre	SO <sub>2</sub>	50 % de soufre	
Sulfate de fer	Fe SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	11,5 % de soufre	
sulfate d'ammoniaque ferreux	Fe (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	16 % de soufre	16 % Fe
SCU			6 %