

Effets des amendements basiques sur le sol et les cultures

3 Bien cerner l'effet recherché

Les amendements minéraux sont principalement utilisés pour contrôler l'acidité du sol et/ou dans l'espoir d'améliorer son état structural. Néanmoins, leurs effets sont multiples et certains peuvent s'avérer préjudiciables s'ils sont mal gérés.

Les amendements minéraux utilisés en agriculture sont constitués de composés issus de gisements (calcaire, marne, maërl...) ou du recyclage de produits de nature diverse (boues de papeteries, boues de stations d'épuration chaulées, gypse...). La dissolution des particules de l'amendement dans le sol libère la base qu'il contient (chargée négativement) et le cation associé (calcium, magnésium...). Les modifications observées dans le sol sont, le fait, soit des anions, soit des cations, voire des deux.

Neutraliser la toxicité de l'aluminium

La suppression de la toxicité de l'aluminium dans les sols trop acides ($\text{pH eau} \leq 5,5$) est la fonction première dévolue aux amendements basiques. Les bases (CO_3^{2-} , O^{2-} , HO^-) qu'ils contiennent réagissent avec les composés toxiques de l'aluminium : celui-ci précipite sous forme d'oxyde ou d'hydroxyde et est de ce fait inactivé. Dans le même temps, des H^+ sont consommés et le pH augmente.

Un effet fertilisant indirect

L'augmentation du pH suite à un amendement basique réduit la disponibilité des oligo-éléments bore, manganèse, zinc et, à un degré moindre, du cuivre. Dans les sols originellement acides et pauvres en ces oligo-éléments, les excès de chaulage sont dans bien des cas la première cause d'apparition des



La biodisponibilité des éléments minéraux est influencée par les apports d'amendements minéraux basiques.

Tableau 1 : Effet de l'amendement calcaire et d'un apport de bore sur la production du colza dans un sol sablo-limoneux acide chaulé 4 ans auparavant, à Jeu-les-Bois (36)

Dose d'amendement (t CaO/ha)		0	2,7	5,4	10,7
Production du colza (q/ha) en 1991	sans apport de bore	22,2	28,8	19,4	5,8
	avec apport de bore	35,2	36,2	39,6	39,5

→ Les amendements basiques réduisent la disponibilité des oligo-éléments comme le bore. Un excès de chaulage conduit à sa carence.

carences sévères chez les espèces sensibles (tableau 1). Ce risque conduit à conseiller de ne pas élever le pH eau de ces sols au-dessus de 6,5 après amendement.

Un tel niveau de pH suffit bien souvent pour que la disponibilité du molybdène, seul oligo-élément dont la disponibilité croît lorsque le pH augmente, suffise à satisfaire les besoins d'espèces

Ne pas dépasser un pH de 6,5 dans les sols prédisposés aux carences en oligo-éléments.

sensibles à la carence comme certaines crucifères (colza, choux fleur) ou légumineuses (luzerne, soja).

La disponibilité du phosphore dans le sol est également influencée par l'apport des amendements basiques en raison des modifications du pH et de la concentration de calcium dans la solution du sol.

Lorsque le sol est très acide, le phosphore est énergiquement

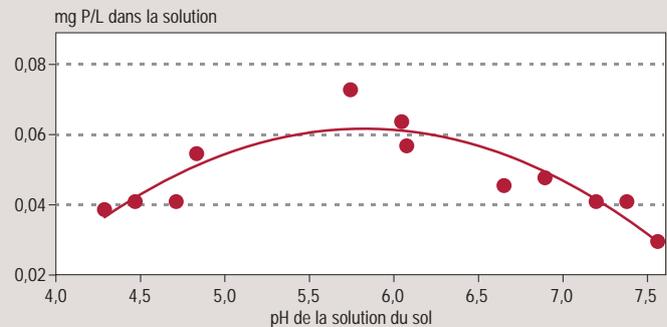
fixé par le fer et l'aluminium et, de ce fait, peu disponible. L'augmentation du pH par un amendement basique accroît la densité des charges négatives sur le système adsorbant et induit la libération d'anions phosphoriques, remplacés par les bases HO^- . Cependant, lorsque le calcium accompagne la base dans l'amendement, il réagit avec les ions phosphoriques pour former des phosphates de calcium qui évoluent vers les formes stables d'apatites. Au final, la disponibilité du phosphore dans les sols chaulés est la plus élevée pour des pH eau voisins de 6 (figure 1).

Un engrais magnésien à part entière

Les amendements calciques et magnésiens conduisent à une forte augmentation de la concentration de ces éléments dans le sol, qui accroît leur disponibilité pour les plantes. La présence de magnésium dans l'amendement permet de prévenir durablement les carences en cet élément. Le risque de carence en calcium est en revanche quasiment nul sous un climat tempéré. Toutefois, le prélèvement accru de calcium par les plantes atténue les effets néfastes de la toxicité aluminique.

Un excès de chaulage, conduisant à un pH supérieur à 6,5, peut aboutir à une carence en manganèse.

Figure 1 : Relation entre le pH et la concentration de phosphore dans la solution du sol 11 ans après l'apport de différentes doses de calcaire dans un sol d'Alabama (USA) (Harrison R.B. et Adams F. 1987. Soil Science Society of America Journal)



La disponibilité du phosphore est la plus élevée lorsque le pH du sol est voisin de 6.

Un effet momentané sur la minéralisation de l'azote

À l'instar des végétaux, les autres organismes vivants du sol, notamment les microorganismes, sont influencés par les modifications induites par les apports d'amendements.

Par exemple, la minéralisation de l'azote organique est momentanément accrue après un tel apport, d'autant plus que le sol est acide et que la dose d'amendement est élevée

(figure 2). D'assez courte durée, cet effet peut fournir des quantités non négligeables d'azote aux plantes dans les sols à forte teneur en matière organique. C'est dans les prairies peu fertilisées que ce phénomène semble s'exprimer le plus.

Un apport d'amendement basique augmente parfois la minéralisation de l'azote.

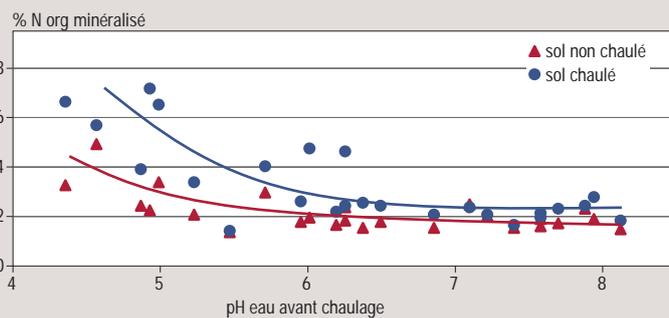
Il peut contribuer à accroître la fourniture d'azote par les sols de 30 à 60 kg N/ha l'année qui suit un apport d'amendement basique.

Cet effet résulte de la dispersion d'une fraction de la matière organique en raison de





Figure 2: Taux de minéralisation de l'azote organique (%) au cours d'une incubation de 3 semaines à 28 °C pour 25 sols du Royaume-Uni au pH initial très variable, avec ou sans apport de carbonate de calcium à raison de 1 % de la masse de terre (Cornfield AH, 1959, Journal of the Science of Food and Agriculture 10: 27-28)



Un apport d'amendements basiques sur un sol acide augmente la fourniture d'azote par le sol à la culture suivante.

l'accroissement important du pH au voisinage des particules d'amendement. Ces matières organiques deviennent ainsi accessibles aux enzymes qui assurent leur dégradation. Une fois celle-ci achevée, cet effet propre à l'apport d'amendement disparaît, quel que soit le niveau du pH dans le sol.

Favoriser l'installation des nodosités chez la luzerne

Les modifications de pH influencent également d'autres activités biologiques d'importance agronomique. L'installation de *Rhizobium meliloti* et le développement des nodules sur les

Le piétin échaudage, qui affecte les céréales à paille, se développe d'autant moins que le sol est acide.

racines de luzerne impliquent que le pH eau soit au moins de 6 au moment de l'installation de la culture : un impératif pour que la fixation symbiotique de diazote soit abondante. Cette limite ne s'impose pas pour la plupart des autres légumineuses et leurs bactéries symbiotiques associées.

Ne pas oublier les effets du chaulage sur certains pathogènes

Le développement de certains pathogènes est également influencé par le pH du sol, mais parfois de façon opposée. La hernie des crucifères est par exemple beaucoup plus fréquente dans les sols acides. À l'inverse, le piétin échaudage qui affecte les céréales à paille et la gale de la pomme de terre se développent d'autant moins que le sol est acide.

Sans toutefois permettre la maîtrise totale de ce type de parasitisme, la pratique du chaulage, ou le maintien d'une acidité suffisante du sol selon les cas, peuvent y contribuer. Dans le cas de successions culturales impliquant colza, céréales et pomme de terre, il paraît logique de privilégier les apports d'amendements basiques d'entretien juste avant l'implantation de la crucifère. ■

Le chaulage a un effet paradoxal sur la minéralisation de l'azote : son intensité varie peu avec le pH du sol mais un apport d'amendements basiques l'accroît momentanément.

Pierre Castillon

p.castillon@arvalisinstitutduvegetal.fr

Alain Bouthier

a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS-

Institut du

végétal



Améliorer l'état structural du sol ?

L'apport d'amendements minéraux basiques est aussi pratiqué dans bien des parcelles où aucun problème lié à l'acidité du sol ne se pose. La motivation première en est alors l'amélioration ou le maintien de l'état structural du sol pour prévenir sa prise en masse.

Cependant, ces effets favorables sont loin de s'exprimer dans tous les sols et les mécanismes qui y contribuent ne sont qu'incomplètement élucidés.

Ameublir une terre compactée et la rendre plus propice au développement des plantes ne peut se concevoir que par le biais de phénomènes mettant en œuvre des forces importantes telles qu'en sont capables le travail du sol, les alternances d'humectation et de dessiccation ou de gel et de dégel. La croissance des racines peut y contribuer ainsi que la présence dans le sol des vers de terre. On peut donc penser que le maintien d'un pH suffisamment élevé pour permettre une bonne croissance des racines et l'abondance de certaines espèces de vers de terre, tels les lombrics, peut y contribuer.

La préservation d'un état favorable dépend de la stabilité structurale du sol. Cette caractéristique est en premier lieu fonction de la texture du sol, de la nature minéralogique de ses constituants et de sa teneur en matière organique. Les cations porteurs de plusieurs charges, tout particulièrement le calcium, contribuent également au maintien des agrégats

à l'état floculé. Ce rôle de ciment qu'il joue impliquerait le maintien d'une concentration élevée dans la solution du sol de l'ordre de 1 mmol Ca^{2+} par litre, soit 40 mg Ca/L.

Dans les sols dépourvus de calcaire, le maintien d'une telle concentration implique l'apport régulier d'amendements calciques. Le gypse (sulfate de calcium hydraté), plus soluble que le calcaire mais dont l'effet sur le pH est faible voire acidifiant, s'avère le plus efficace dans ce cas.

Un rôle sur la dynamique de l'eau dans le sol ?

Malgré cela, des effets favorables du chaulage ont été observés sur la production des cultures d'hiver lorsque celui-ci s'avère très pluvieux. Le fait que ces gains de production concernent tout particulièrement les espèces sensibles aux excès d'eau comme l'orge, suggère l'existence d'un effet des amendements calciques basiques sur la dynamique de l'eau dans le sol. Une étude réalisée sur trois sols du centre de la France montre que le chaulage n'accroît pas toujours la stabilité structurale du sol (figure 3), mais peut fortement augmenter la vitesse d'humectation des agrégats (tableau 2).

L'état actuel des connaissances ne permet pas de formuler dans ce domaine un conseil précis définissant à la fois les états du sol souhaitables et les modalités de gestion des amendements minéraux les mieux appropriées.

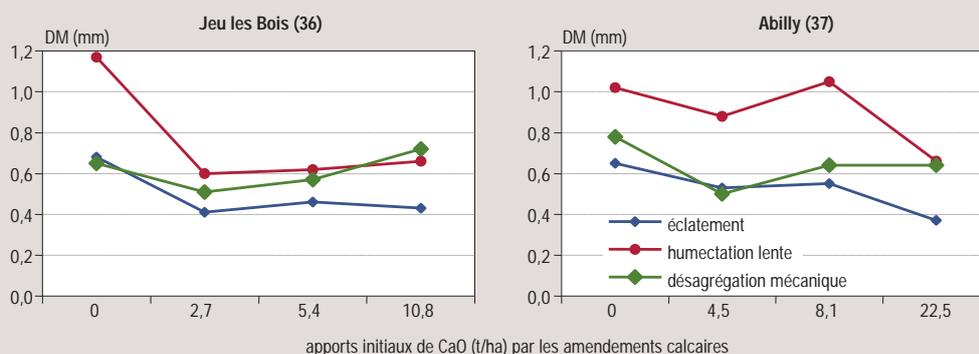
L'effet bénéfique des amendements minéraux sur l'état structural ne se manifeste pas dans tous les sols.

Tableau 2 : Durée nécessaire pour l'humectation complète par capillarité d'agrégats de 3 à 5 mm préalablement séchés. Sols issus de trois dispositifs expérimentaux du centre de la France avec apports d'amendements calcaires 13 à 15 ans auparavant (Garros V. 2000, mémoire de fin d'étude)

Lieu	Jeu-les-Bois (36)		Abilly (37)		Neuil (37)	
Dose CaO (t/ha)	0	10,8	0	22,5	0	21,7
Temps (mn)	150	20	45	12	12	10

→ Un apport d'amendement basique accélère la vitesse d'humectation du sol.

Figure 3 : Effet, 13 ans et 15 ans après leur apport, des amendements calcaires sur la stabilité structurale de deux sols du centre de la France (Garros V. 2000, mémoire de fin d'étude)



DM = diamètre moyen des agrégats de taille initiale 3 à 5 mm et soumis à 3 tests de désagrégation

Les amendements calciques ne sont pas toujours synonymes d'amélioration de la stabilité structurale.