

L'acidification des sols : origine, approche, enjeux et maîtrise

Influence des charges superficielles sur les propriétés physiques des sols.

Dans le sol, les particules les plus fines comme les matières organiques, les argiles et les oxydes ont la particularité de développer une grande surface spécifique et de posséder une charge électrique superficielle importante. La mesure de la capacité d'échange en cations (CEC) est un moyen d'accéder à cette charge électrique. La valeur de la CEC mesurée à un pH de référence, par exemple $pH = 7,0$ (CEC_7), permet de prévoir avec une grande précision la rétention de l'eau au point de flétrissement permanent des plantes. La mesure de la CEC effective (CEC_E), c'est à dire celle mesurée au pH du sol, indique que la capacité d'échange peut doubler de $pH = 5,5$ à $pH = 7, CEC_E$. L'augmentation de la CEC sous l'effet du chaulage est à l'origine d'une grande affinité du sol vis à vis de l'eau. L'intérêt du chaulage est aussi de saturer les sites d'échange avec du calcium, cation fortement agrégeant. Beaucoup reste cependant à faire pour comprendre les interactions avec l'eau, notamment pour la définition de tests de stabilité structurale.

Signification de la capacité d'échange en cations à un pH de référence ($pH = 7,0$)

Dans les sols, les constituants minéraux les plus réactifs sont les matières organiques, les argiles et les oxydes. Ces constituants possèdent la particularité de développer une grande surface spécifique au contact avec l'eau. La présence d'une charge électrique superficielle confère au sol la possibilité de retenir des ions, en particulier les cations nécessaires au développement des plantes. La mesure de la capacité d'échange est un moyen d'accéder à la charge électrique de surface des particules des sols. Parmi les méthodes il faut distinguer (i) celles dont l'objectif est de déterminer la charge électrique dans des conditions normalisées, par exemple à $pH = 7,0$ (CEC_7) et (ii) celles dont le but est d'approcher au mieux la charge électrique superficielle du sol en place (CEC effective, CEC_E). Les deux types de méthodes sont en fait complémentaires.

On sait que la valeur de la CEC dépend de la charge superficielle des argiles des oxydes, mais aussi de celle des matières organiques. Les contributions sont additives de sorte que :

$$CEC_{sol} = CEC_{Arg+Ox} + CEC_{MO}.$$

Des résultats récents ont montré qu'à $pH = 7,0$ (méthode standard) CEC_{MO} avoisine $275 \text{ cmole}^+/\text{kg}$ alors que pour des argiles de limons du nord de la France $CEC_{Arg} \approx 37 \text{ cmole}^+/\text{kg}$. Dans une étude statistique sur les sols de France, il apparaît que la valeur de la

CEC_7 des sols tend globalement à diminuer, notamment en relation avec la baisse des taux de matières organiques.

Importance de la CEC_7 sur la rétention de l'eau

Sur une collection d'échantillon de sols de France il a pu être montré que la rétention de l'eau au point de flétrissement permanent des plantes ($pF = 4,2$, - 16 bars) est fortement corrélée à la valeur de CEC_7 et ce, indépendamment de la teneur en argiles, en matières organiques ou en oxydes. Dans la rétention de l'eau, le poids des matières organiques est considérable puisque ces dernières retiennent en moyenne 8 fois plus d'eau que les argiles. Quels que soient les constituants, la relation CEC-teneur en eau démontre la prééminence de la charge électrique superficielle dans la rétention de l'eau à $pF = 4,2$, c'est à dire lorsque l'eau est retenue dans de très petits pores ($< 0,1$ micron).

Il en est autrement au voisinage de la capacité au champ car les coefficients de corrélation entre CEC_7 et la teneur en eau sont toujours médiocres. A la capacité au champ, la teneur en eau est surtout reliée à la porosité structurale, elle même en relation avec le travail du sol, l'activité biologique, etc... La densité apparente apparaît alors comme un très bon indicateur de la rétention de l'eau par le sol.

Signification et conséquences de la charge variable

La charge superficielle du sol en place ne peut être considérée comme constante lorsque le pH varie. C'est la raison pour laquelle il est important de déterminer la capacité d'échange effective (CEC_E) du sol. La comparaison $CEC_E - CEC_7$ indique que dans beaucoup de sols de France la CEC_E double entre pH ~5,5 et pH 7,0. L'augmentation de la CEC est d'abord liée aux charges variables des matières organiques et des oxydes, mais aussi, mais en partie seulement, aux argiles.

Le principal effet de l'augmentation de la charge électrique superficielle est de modifier l'affinité du sol pour l'eau. Le sol peut passer d'un comportement plus ou moins hydrophobe à un comportement beaucoup plus hydrophile. Les matières organiques ayant très peu de sites chargés aux bas pH, leur caractère hydrophobe est toujours très marqué. Aux pH très acides et notamment avec de l'aluminium échangeable, la structure du sol peut prendre la forme d'agrégats sphériques, caractéristiques de milieux très hydrophobes.

Le suivi de la CEC effective apparaît donc aujourd'hui un enjeu pour caractériser l'évolution actuelle des sols, en particulier de leurs propriétés physiques (infiltration,

stabilité structurale, comportement mécanique).

Rôle du calcium dans les propriétés physiques

Le chaulage contribue généralement à augmenter la charge électrique superficielle du sol, mais son rôle est aussi d'apporter du calcium. Les surfaces d'échange ayant une forte affinité pour ce cation, très rapidement la CEC du sol est en majorité saturée en calcium. Ceci prend une grande importance pour les milieux affectés par la salinité comme certains sols de Camargue ou des marais de l'Ouest.

Sur les propriétés physiques, le calcium joue un rôle majeur du fait qu'il est à l'origine de forces d'attraction très fortes avec les sites chargés, à l'échelle des particules d'argile. Ainsi, même en présence d'eau libre, de pluie par exemple, les forces d'attraction entre les particules sont supérieures à celles de leurs forces de répulsion.

Pour expliquer le rôle du chaulage sur les propriétés physiques, un aspect important semble être la compétition entre des forces de cohésion dues au calcium et le caractère hydrophile des surfaces, suite à l'augmentation des charges. La recherche s'intéresse actuellement à cette question afin de mieux comprendre et prévoir les propriétés physiques des sols.

A côté de la distribution en taille des particules, la prise en considération de la charge électrique superficielle du sol et des ions est un facteur important d'explication et de prévision des propriétés physiques des sols. Beaucoup reste à faire pour comprendre les relations entre des phénomènes macroscopiques et les propriétés physiques des sols.

Texte de Daniel Tessier, INRA, Unité de Science du Sol, 78026 Versailles, E-mail : tessier@versailles.inra.fr.

Pour en savoir plus :

Bigorre F., Tessier D. et Pédro G. (2000) Contribution des argiles et des matières organiques à la rétention de l'eau dans les sols. Signification et rôle fondamental de la capacité d'échange en cations. C.R. Acad. Sci. Paris, 330 :245-250

Tessier D., Bigorre F., Bruand A. (1999) La capacité d'échange en cations, outil de prévision des propriétés physiques des sols. C.R. Acad. Agri. Fr. 2 :37-49

Tessier D., Bruand A. Le Bissonais Y. et Dambrine E. (1996) Qualité physique et chimique des sols, implications pour l'agriculture et l'environnement. Etude et Gestion des Sols, 3-4:229-244.