

# Prendre en compte tous les indicateurs de l'acidité des sols pour l'interprétation et le conseil

Résumé détaillé



Bruno Félix-Faure

- Responsable Agronomie, Grandes Cultures et Prairies de GALYS, laboratoires d'analyses agricoles (analyses : de sol, de reliquat d'azote minéral, de végétal, d'amendement organique et de matières fertilisantes).  
GALYS (siège social) - 14 rue André Boulle - 41000 Blois
- Animateur du Groupe Chaulage du COMIFER  
[Bruno.felixfaure@galys-laboratoire.fr](mailto:bruno.felixfaure@galys-laboratoire.fr)



Matthias Carrière

- Ingénieur régional sud au sein du groupe Agro-Systemes/Laboratoire SA, référent technique agronomie, fertilisation.  
SAS Laboratoire / AGRO-Systèmes – 270 avenue de la Pomme de Pin – 45160 ARDON  
[mcarriere@agro-systemes.com](mailto:mcarriere@agro-systemes.com)



Sébastien Kalt

- Ingénieur pour les analyses de terre, chargé des problématiques fertilisation - Chaulage sur les Grandes Cultures.  
LCA (siège social) La Rochelle ZI Chef de Baie - 1 rue Champlain 17074 La Rochelle  
[sebastien.kalt@laboratoirelca.com](mailto:sebastien.kalt@laboratoirelca.com)

- Communication présentée par Bruno Félix-Faure

- La présentation s'articule autour de quatre points : 1<sup>er</sup> point : Les indicateurs de l'acidité, 2<sup>ème</sup> point : Parmi ces indicateurs lesquels sont les plus pertinents, 3<sup>ème</sup> point : Dans certaines situations, des cas de discordance entre indicateurs peuvent s'observer. Quelles en sont les causes possibles et 4<sup>ème</sup> point en conclusion : Quels sont les éléments à prendre en compte pour raisonner le chaulage, notamment dans des situations où les indicateurs de l'acidité présentent une discordance.

## • Les indicateurs de l'acidité :

- **Le pH<sub>eau</sub>** : la mesure du pH consiste à mesurer la concentration en ions H<sup>+</sup> (protons), soit  $\text{pH}_{\text{eau}} = -\log_{10} [\text{H}^+]$ .

Au laboratoire cette mesure se réalise avec 1 volume de sol dans 5 fois son volume d'eau. Le sol est séché et tamisé à 2 mm. La norme implique 1 h d'agitation, puis attente de 1h avant mesure au pH mètre (à 20 °C). En France nous utilisons le paramètre pH eau. Nos voisins européens utilisent le pH<sub>CaCl2</sub>.

Dans le sol, les flux de protons sont permanents et le pH en est donc la résultante. La production de protons (H<sup>+</sup>) par les différentes réactions biologiques du sol est très active là où se trouvent localisées la matière organique et l'activité racinaire. Le sol, grâce à son pouvoir tampon, va s'opposer à ces variations de pH (élévation de pH suite à un chaulage, diminution de pH suite à des phénomènes d'acidification). Argile et matière organique constituent le principal pouvoir tampon dans une gamme de pH<sub>eau</sub> de 5,5 à 7,0. En sol calcaires les carbonates vont également jouer ce rôle de pouvoir tampon et en sol acide, l'altération des argiles (minéraux aluminosilicates) libérant de l'aluminium échangeable joue également ce rôle de pouvoir tampon.

Le pH<sub>eau</sub> subit une variation saisonnière qui peut être importante. Un suivi pH réalisé sur une parcelle du Sud-Ouest en sol limoneux, montre que cette variation peut aller jusqu'à 1 point de pH dans les sols peu tamponnés (faible CEC).

Le pH<sub>eau</sub> est plus élevé en période hivernale. Inversement au printemps, sa valeur s'abaisse pour atteindre un minimum en juin. L'activité biologique variable suivant la température du sol, la présence ou non d'une culture avec un système racinaire actif, les apports d'azote sous forme ammoniacale (uréique également) vont être à l'origine de ces variations de pH.

- **Le pH<sub>KCl</sub>** : sa mesure laboratoire correspond à celle du pH réalisée avec 1 volume de sol dans 5 fois son volume d'une solution de chlorure de potassium (KCl) à 1 mol/l. Le pH<sub>KCl</sub> subit une variation saisonnière identique au pH<sub>eau</sub>. Il est faux de dire que le pH<sub>KCl</sub> indique la valeur minimale que le pH<sub>eau</sub> atteindra après acidification.

▪ **L'aluminium échangeable** : La méthode analytique consiste en une extraction dans une solution de KCl, puis titration ou spectrométrie. Lorsque le  $\text{pH}_{\text{eau}}$  prend des valeurs inférieures à 5,8 – 5,5 les composés aluminiques subissent une dissolution (cas des argiles ou phyllosilicates d'aluminium, oxydes ou hydroxyde d'aluminium).

Cette dissolution entraîne une libération dans la solution d'ions d'aluminium :  $\text{Al}(\text{OH})_2^+ + \text{H}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$

Les ions  $\text{Al}^{3+}$ , plus facilement échangeables, peuvent prendre les places occupées par les cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  sur le système adsorbant. Ces ions  $\text{Al}^{3+}$  sont toxiques pour les racines. Le seuil de toxicité aluminique se situe autour de 50 mg d'Al. échangeable/kg. Dans les sols à forte teneur en matière organique une fraction de l'aluminium complexé (non toxique) est dosée.

Dans des situations de sols très acides, le calcul du Besoin En Base (BEB) se devrait d'intégrer à la fois :

Le  $\text{BEB}_1$  pour neutraliser l'Al éch., puis le  $\text{BEB}_2$  pour remonter le pH ou le taux de saturation (selon la méthode).

A titre d'exemple : 930 unités VN/ha sont nécessaires pour éliminer 100 mg/kg d'Al<sup>3+</sup> (pour 3000T de terre/ha)

▪ **Le taux de saturation** ( $S/\text{CEC} = \text{Somme des cations} / \text{CEC-Metson (en \%)}$ ) nécessite le dosage des cations échangeables (Calcium, Magnésium, Potassium, Sodium) et la mesure de la CEC selon la méthode Metson (réalisée à pH 7,0 et non au pH du sol). pH et  $S/\text{CEC}$  sont assez bien corrélés.

Les sols très acides sont désaturés avec des  $S/\text{CEC}$  très faibles. Inversement les sols calcaires (même très légèrement) sont saturés avec des taux de saturation supérieurs à 100% (quelques g/kg de  $\text{CaCO}_3$  suffisent pour avoir  $S/\text{CEC} > 100\%$ ). En-dessous de pH 7,0 le dosage classique des carbonates (calcaire total) n'est pas suffisamment sensible pour quantifier une présence éventuelle de carbonate.

Une étude réalisée sur l'année 2012 avec 5 654 échantillons (en provenance de la coopérative AXEREAAL : Zone Centre départements : 18-28-36-37-41-45) a permis d'étudier la relation pH en fonction de  $S/\text{CEC}$ .

Une 1<sup>ère</sup> approche sous forme de nuage de points semble indiquer dans un 1<sup>er</sup> temps une dispersion assez importante rendant peu discernable la corrélation pH –  $S/\text{CEC}$ . La présence de 23% de sols calcaires (Calc.tot.> 5g/kg) explique le fort pourcentage d'analyses avec  $S/\text{CEC} > 100\%$ . Nous notons qu'une proportion d'analyses (9% du total) présente un pH > 7,0 mais avec un  $S/\text{CEC} < 100\%$ . En ne sélectionnant que les analyses prélevées en hiver cette proportion augmente jusqu'à 24% (pH plus élevé en hiver). A l'inverse, des analyses présentant un pH < 7,0 mais avec  $S/\text{CEC} > 100\%$  se rencontrent surtout sur la période printemps-été-automne.

L'approche "nuage de points" a l'inconvénient de mettre en avant la dispersion, car l'empilement des points n'est pas perceptible. C'est pourquoi une autre approche a été réalisée en recherchant par "tranche" de CEC les pH médians, ainsi que les 1<sup>ers</sup> et 3<sup>èmes</sup> quartiles (entre lesquels se trouvent 50% des analyses). La relation pH fonction ( $S/\text{CEC}$ ) se dessine alors très clairement.

Le même type d'étude a été réalisé sur la zone Bretagne à partir de 87 000 échantillons (en provenance de la coopérative TRISKALIA). L'approche "nuage de points" met là aussi en avant la dispersion, alors que l'approche à partir des pH médians et des quartiles montre bien la relation pH fonction de  $S/\text{CEC}$ . Une approche plus fine par PRNA (Petites Régions Naturelles Agricoles) permet d'améliorer la relation pH fonction de  $S/\text{CEC}$  avec des coefficients de corrélation ( $R^2$ ) de l'ordre de 0,80-0,85.

• **pHeau –  $S/\text{CEC}$  – Al éch.** : 3 indicateurs de l'acidité pertinents, sachant les limites de chacun.

- Le pH, l'indicateur le mieux référencé, doit nécessairement se raisonner en intégrant la date de prélèvement.

-  $S/\text{CEC}$  assez bien corrélé avec le  $\text{pH}_{\text{eau}}$ , moins sujet aux variations saisonnières, nécessite par contre une certaine prudence d'utilisation dans les situations à faible CEC où l'indicateur  $S/\text{CEC}$  est alors de précision médiocre.

- Al éch. s'avère intéressant dans les sols très acides où il traduit les risques de toxicité aluminique. Dans les sols à forte teneur en matière organique son interprétation est plus délicate.

• **Cas de discordance entre indicateurs de l'acidité, les causes possibles :**

- La remontée plus ou moins importante du pH durant les mois d'hiver peut expliquer la proportion plus importante de discordance entre indicateurs pH et  $S/\text{CEC}$  pour des prélèvements hivernaux.

- Dans certaines situations, en lien avec l'historique des apports de  $\text{CaCO}_3$ , la présence de carbonates résiduels (non dosés par la méthode classique du calcaire total) va entraîner une surestimation de la teneur en CaO échangeable et par là même de  $S/\text{CEC}$ .

- Dans le cas de CEC faible (sol sableux ou sablo-limoneux), la précision de l'indicateur  $S/\text{CEC}$  risque d'être médiocre et celui-ci peut être surestimé ou sous-estimé d'où des discordances avec l'indicateur pH.

• **Conclusions : quelles décisions pour un conseil ?**

Dans le raisonnement du chaulage il est donc indispensable de :

- Prendre en compte la date de prélèvement et l'historique des apports d'amendements minéraux calcaiques basiques.

- En sol sableux ou sablo-limoneux ( $\text{CEC Metson} < 60 \text{ meq/kg}$  ou  $6 \text{ cmol}^+/ \text{kg}$ ), se baser sur l'indicateur  $\text{pH}_{\text{eau}}$ .

- En sol très acide ( $\text{pH}_{\text{eau}} < 5,5$ ), compléter le diagnostic par le dosage de l'aluminium échangeable.

- En cas de discordance de diagnostic entre deux indicateurs, après contrôle laboratoire et avoir jugé de la cohérence des résultats par rapport aux analyses précédentes, le conseil sera basé sur une politique intermédiaire.

La pratique de l'amendement sera un compromis entre le coût économique (risque d'en apporter trop) et le risque d'inefficacité (risque d'en apporter pas assez).