



Compte rendu réunion Groupe Chaulage du 15 mars 2011

Présents : Stéphanie SAGOT (LDAR), François-Xavier GAUMONT (MEAC), Bruno FELIX-FAURE (GALYS), Sébastien KALT (LCA), Olivier PELTIER (LHOIST), Nicolas PERNOLET et Jean-Pierre CACHON (GRCETA02) Jean-François STEINMANN (Agri Avenir VDN)

Excusés : Alain BOUTHIER (ARVALIS), (INVIVO)

-Le groupe Chaulage ne prévoit pas d'intervention au Congrès de Reims cette année. Une intervention sur le bilan de protons est encore trop précoce. Un travail important reste à faire pour étayer cette approche.

-Poster au Congrès Reims : consensus du groupe pour présenter un style « bêtisier ». Rassembler les éléments erronés qui circulent concernant le chaulage (le calcium qui chaule, état calcique, entretien calcique ...) en un poster pédagogique, point de départ pour une discussion avec les intéressés...

-Discussion autour de l'article sur le chaulage produit par Arvalis dans Prespective Agricole janvier 2011.

L'ensemble de l'article, bien rédigé, met en avant l'importance et le raisonnement du chaulage. Les aspects relation chaulage et activité biologique jusqu'à maintenant non reconnu par Arvalis sont abordés.

L'aspect rôle physique du chaulage, notamment sur la battance, est plus nuancé (mémoire de Garros), mais a le mérite d'être abordé.

La figure de « transformation de l'azote dans le sol et le flux de protons » ayant pour origine la brochure, travail du Groupe Chaulage, n'apparaît pas dans l'article.

Le maintien d'un niveau bas de pH au dessus de 5,6 (toxicité aluminique) interroge :

L'article aborde les variations saisonnières du pH (de + d'un point).

Les variations intraparcellaires et la précision de la mesure laboratoire sont des facteurs qu'il convient évidemment d'intégrer dans un raisonnement.

D'où cette interrogation du groupe : pourquoi viser un pH minimum de 5,6 au risque de frôler la toxicité aluminique, voire d'y basculer sur certaines zones de la parcelle ? Avec ce type préconisation, certains agriculteurs, déjà oublieux des fondamentaux de l'agronomie, risquent de repousser dans un temps lointain leur décision de chauler et de s'abstenir de tout contrôle analytique pour leurs parcelles.

Concernant l'approche « produits », la vision des VN apportés n'est pas la seule condition. Il faut y intégrer le flux de VN libéré par l'amendement. Celui-ci doit-être suffisant pour neutraliser le flux de protons. C'est un équilibre dynamique et pas seulement un bilan.

-Présentation par FXG du journal IPA et des résultats d'essais LDAR et INVIVO, qui apportent les preuves de cette équilibre dynamique. Une recherche de modélisation est en cours de réalisation.

Le calcul (tableur informatique verrouillé) de l'IPA est audité par Qualité France.

-Remarque de JP Cachon, toutes ces méthodes partent d'une situation de sol à stock nul (en carbonates, c'est-à-dire de zones hors rotation betteraves et endives).

Quand est-il pour la gestion des sols avec un stock de carbonates ?

-Problème du BEB en sols sableux humifères et la proposition d'une formule de calcul en fonction du pH souhaité.

Règle de calcul (voir page 84 de la brochure du groupe) $BEB = (Argile + KMO) \times (\text{delta SAB})$
FXG met à l'essai plusieurs formules

-Présentation du Bilan de protons, sous forme informatique par FXG :

Voir le modèle

-Certains laboratoires souhaitant réécrire leur conseil chaulage en intégrant les dernières préconisations du groupe se heurtent à plusieurs difficultés :

Quelles formules de calcul de doses d'apport adoptées (aucune n'apporte pleine satisfaction) ?

Le conseil est d'autant plus pertinent qu'il est construit à partir de plusieurs indicateurs, en l'occurrence le pHeau et le taux de saturation. Mais comment prendre en compte ces informations, si les conseils émanant de l'une ou de l'autre (parfois) se contredisent.

→ En résumé ci-dessous, le projet bâti par FX Gaumont suite à nos échanges :

- **Statut acido basique : Diagnostic et Besoin en bases**

Gestion de la cohérence entre plusieurs indicateurs

Projet FX Gaumont Avril 2011

(Ce n'est pour l'instant que la proposition d'un projet à retravailler par le Groupe Chaulage du COMIFER)

Ce projet s'adresse surtout à des « experts » (laboratoires, conseillers spécialisés en agronomie, enseignants en agronomie ...)

Cette note complète la brochure publiée par le COMIFER en 2009 « Chaulage, des bases pour le raisonner » et part du principe que la valeur souhaitable des indicateurs de l'acidité pris isolément ont déjà été déterminées.

Cependant, quand plusieurs indicateurs du Statut Acido Basique (SAB) sont mesurés, les laboratoires d'analyse de terre ou les services de conseil se trouvent souvent embarrassés pour interpréter ou utiliser conjointement l'un et l'autre, surtout quand ils semblent ne pas converger. Cette note présente une possibilité de gestion des incohérences apparentes avec un compromis technico-économique limitant la prise de risque.

Nous précisons d'abord que les incohérences analytiques entre indicateurs sont possibles, même avec un laboratoire qui travaille bien, et ce pour plusieurs raisons :

- 1) Incertitude sur les valeurs analytiques. Il ne faut jamais oublier qu'une valeur analytique est assortie d'une incertitude liée :
 - au prélèvement (10 % est un minimum, même avec un nombre important de prélèvements élémentaires, et à fortiori si ce nombre est réduit).
 - A la précision des méthodes analytiques. Les méthodes normalisées utilisées donnent le niveau de précision possible (répétabilité, reproductibilité).

- 2) Variations saisonnières de l'indicateur : le pH y est très sensible, surtout en sols à faible CEC, jusqu'à 1 point de pH entre le plus haut (hiver) et le plus bas (été). Le taux de saturation varie aussi un peu, mais considérablement moins que le pH.

- 3) Surestimation du Calcium échangeable dans les terres contenant naturellement du calcaire ou ayant reçu des amendements calcaires. Dans ce cas, la méthode du calcium échangeable (extractif acétate d'ammonium) extrait aussi une partie du calcaire total (en sol à pH<7,0, il peut y avoir des carbonates résiduels, non dosés, car en dessous des limites de quantification du laboratoire) . C'est en particulier dû au fait que le passage en cage écureuil avec barreaux pour réduire l'échantillon de terre à 2 mm affine les particules et augmente artificiellement le calcium « échangeable », normalement uniquement sous forme ionique adsorbée (Travaux de Jean Luc Julien).

- 4) Sous estimation de la CEC dans les sols calcaires, puisque la CEC_{metson} est mesurée à pH 7,0, valeur imposée par la méthode. Si le sol a un pH plus élevé que 7,0, la CEC mesurée à pH 7,0 est sous estimée car les charges venant de la matière organique dues à l'ionisation de la fonction carboxyle $R - C = O - OH / R - C = O - O^- + H^+$ augmentent avec le pH.
 Le cumul des cas 3) et 4) explique pourquoi on peut avoir un Taux de Saturation ($TS = [Ca + Mg + K + Na \text{ échangeables en cmole/kg}] \times 100 / CEC_{metson}$ cf. NF X 31-130) très supérieur à 100 %.

- 5) Sur estimation de la CEC dans les sols où le pH souhaitable est inférieur à 7 pour la même raison qu'au 4), mais en sens inverse.

- 6) La relation entre le pH et le TS a toujours la même forme (courbe en S), mais les types de sol locaux peuvent présenter des courbes plus ou moins décalées en hauteur.

- 7) Les déterminations étant faites sur un sous échantillon, une homogénéisation initiale insuffisante, ou une forte hétérogénéité du sol peut conduire à un sous échantillonnage non représentatif et des valeurs non cohérentes entre elles.

- 8) La conservation prolongée au chaud d'un échantillon de terre humide (sac plastique dans un coffre de voiture ...) peut amener des modifications substantielles dans l'échantillon (minéralisation, fermentations aérobies ou anaérobies, ...) ayant une influence sur la dissolution du calcaire contenu et pouvant biaiser les indicateurs du SAB par rapport au sol initial.

Nous rappelons que le pH, l'aluminium échangeable ou le taux de saturation ne sont que des indicateurs analytiques visant à estimer un état d'acidité in situ, que ces méthodes analytiques ne peuvent pas cerner sans artefact. Ce sont autant de photos d'une même réalité, prises sous des angles différents d'un objet invisible : le statut acido-basique. Aucun indicateur usuel actuel ne peut prétendre être à lui seul « la » bonne photo. Ce sont tous des estimateurs indirects du SAB.

La présente note ne traite pas du statut acido basique souhaitable, qui reste dépendant du système de culture et des objectifs économiques de l'exploitant.

Nous nous limitons ici à la problématique de l'acidité des sols.

Nous ne parlons pas de l'interprétation de l'analyse de terre pour les autres propriétés des amendements : alimentation calcique des plantes, stabilité structurale, activité biologique des sols,

Nous proposons de gérer l'interprétation du SAB par questions successives, partant du principe que le pH_{eau} est toujours réalisé.

- **Si le pH_{eau} actuel est inférieur à 5,0**, la présence d'aluminium échangeable est plus que probable, et le besoin en bases ne peut pas être calculé en fonction du différentiel de pH (souhaité – actuel). En effet, dans cette situation, le tampon aluminium fait que la réponse à l'apport d'amendement ne se verra sur le pH qu'à partir du moment où tout l'aluminium échangeable aura disparu.

Dans cette situation critique, une mesure de l'aluminium échangeable est actuellement la moins mauvaise manière d'évaluer le Besoin En Bases (BEB), qui sera calculé à partir des charges à neutraliser mises en évidence par la mesure de l'aluminium échangeable. Une fois supprimée la présence d'aluminium échangeable, on pourra revenir aux cas suivants habituels.

- **Si le sol a une faible $\text{CEC}_{\text{metson}}$ (inférieure à 5 cmole/kg)**, soit du fait d'une faible teneur en matière organique, soit du fait d'un sol à caractère sableux ou filtrant (peu d'argile), seul le pH eau peut être utilisé pour le diagnostic et le calcul du besoin en bases. En effet, l'utilisation de l'indicateur Taux de Saturation (TS), bien qu'agronomiquement adaptée, ne permet pas une précision méthodologique suffisante, du fait qu'il est obtenu à partir de 4 ou 5 déterminations ($\text{CEC}_{\text{metson}}$, Ca, Mg, K et Na échangeables) dont les incertitudes se cumulent. On fera toutefois attention, dans ce type de sol, à bien prendre en compte la variabilité spatiale et temporelle très forte du pH, qui peut conduire à des diagnostics et conseils très différents selon le moment où l'on fait l'analyse. (Approche qui a été adoptée dans la fiche technique de la brochure chaulage, cas des sols sableux)

- **Si le sol a une $\text{CEC}_{\text{metson}}$ moyenne à forte (supérieure à 5 cmole/kg)**, nous recommandons de prendre en compte les deux indicateurs pH et TS, car l'appréciation sera toujours meilleure avec deux indicateurs au lieu d'un seul. En cas de divergence, une approche médiane basée sur une prise de risque limitée est proposée plus loin. Au lieu de prendre le Taux de Saturation (TS), il est également possible de prendre Ca/CEC, (Les menus analytiques n'intègrent pas systématiquement le Na et dans ce cas la Σ des 4 cations n'est pas possible). Mais il serait mieux de prendre Ca + Mg (dans certains sols, la teneur en magnésie peut-être conséquente et participer de façon notoire à la saturation de la CEC)

Relation entre pH_{eau} et Taux de Saturation (TS)

Au groupe chaulage du COMIFER, à la suite de l'étude d'un panel de 36.000 analyses de terre provenant de différents sols et régions, nous avons pu définir statistiquement (courbes $pH = f(TS)$ et $TS = f(pH)$) des points de correspondance « moyens » qui sont :

Taux de Saturation (S/CEC_{metson})	pH_{eau}
55	5,5
70	5,8
100	6,5
150	7,2

Tableau 1 : Points de correspondance « moyens » entre pH_{eau} et Taux de Saturation

Nous avons ensuite recherché l'équation d'une courbe passant par ces points. Le résultat est une courbe en forme de S aplati de type arc tangente.

$$pH = (\text{ATAN}(((TS) - 70) / 54) * 1,45) + 5,8$$

avec :

$$pH = pH_{\text{eau}}$$

TS = Taux de Saturation

ATAN = fonction arctangente (sous excel, fonction en radians)

Cette fonction peut être considérée comme quasi linéaire sur un intervalle restreint (5,5 à 6,8).

Cette courbe est similaire dans sa forme à celle que l'on obtient en mesurant le pH suite à des apports croissants de valeur neutralisante. En particulier, on y retrouve bien les tampons aluminium et carbonate à droite et à gauche, où la courbe s'infléchit, c'est-à-dire où les variations de pH par unité de VN apportée deviennent plus faibles.

Localement, cette courbe peut être légèrement décalée en hauteur.

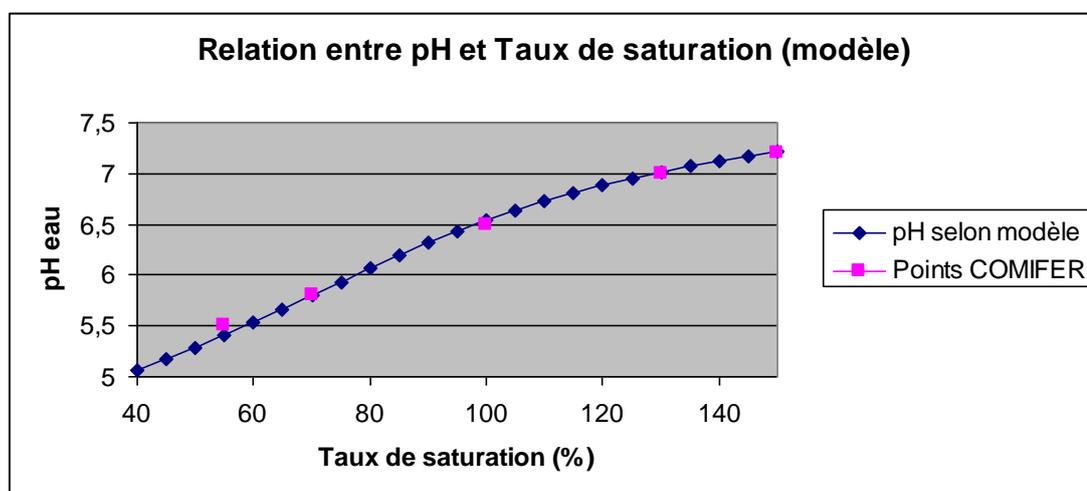


Figure 1 : Courbe type $pH = f(TS)$

Pour un laboratoire travaillant dans une zone géographique bien identifiée, il est possible de recalculer localement cette courbe et d'y définir ensuite des valeurs souhaitables cohérentes par système de culture, pour l'interprétation du pH et du Taux de Saturation.

Nous définissons ensuite une « enveloppe » autour de cette courbe type, à l'intérieure de laquelle nous considérons les variations comme « normales » ou « possibles ». Vu les variations annuelles du pH, une valeur de $\pm 0,3$ point de pH nous paraît raisonnable. Compte tenu de ces mêmes variations, nous préférons utiliser les formules de calcul du BEB de redressement qui utilisent le différentiel de taux de saturation.

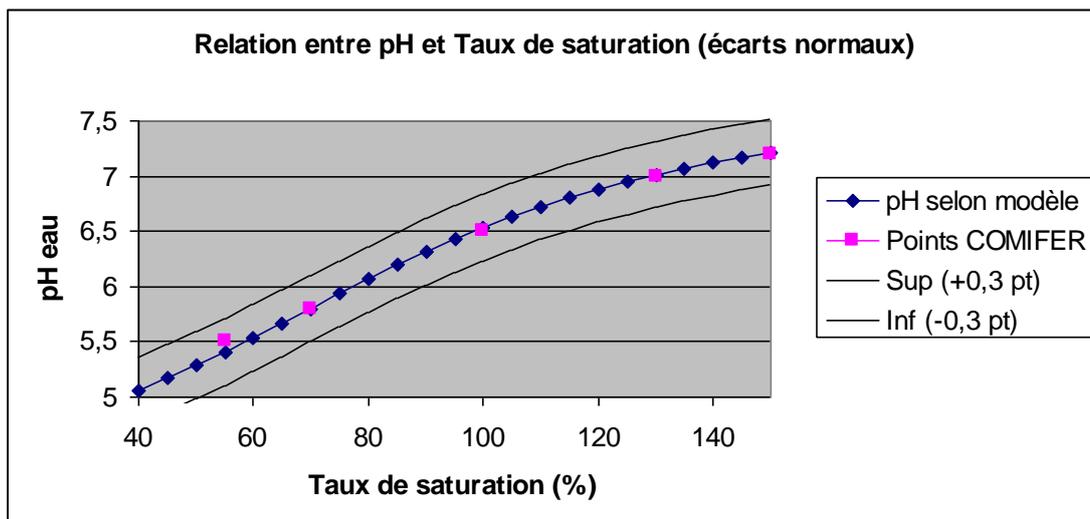


Figure 2 : Enveloppe autour de la courbe type

Il ya toujours des analyses individuelles qui s'écartent plus ou moins de cette enveloppe. L'agronomie n'est pas une science exacte, mais d'un point de vue statistique, cette relation entre pH et Taux de Saturation est avérée.

A l'intérieur de cette enveloppe, on peut considérer qu'il n'y a pas de divergence significative des indicateurs.

9 cas sont possibles par rapport à l'interprétation des indicateurs pris individuellement. Ces cas sont identifiés dans le tableau suivant :

	TS insuffisant	TS correct	TS élevé
pH insuffisant	A	B	C
pH correct	D	E	F
pH élevé	G	H	I

Tableau 2 : Identification des différents cas possibles

Les notions de « insuffisant », « correct », « élevé » sont censées se référer à des valeurs locales cohérentes de pH et de Taux de Saturation.

Les cas A, E, I sont cohérents.

Les autres cas nécessitent une interprétation plus fine et nous recommandons un conseil médian, ainsi qu'indiqué ci après, voire un blocage du moteur d'interprétation avec consultation de l'agronome.

Cas A : Indicateurs cohérents
TS insuffisant, pH insuffisant
SAB insuffisant pour le système
Chaulage de redressement nécessaire
BEB redressement = $CECm. \times [TS \text{ souhaité} - TS \text{ actuel}] \times \text{quantité de terre fine}$

Cas B : Petite incohérence
TS correct, pH insuffisant
Regarder la période de l'analyse.
Si été (pH plus bas), c'est possible
BEB entretien annuel = f(bilan de protons)
Si autre cas (hors été ou hors enveloppe - 0,3/+0,3)
Redressement « allégé » (divisé par 2)
BEB redressement = calcul basé sur $[pH \text{ souhaité} - pH \text{ actuel}]/2$
On peut aussi faire le calcul avec le différentiel de taux de saturation
en prenant les équivalences de pH et TS sur la courbe de correspondance locale

Cas C : Incohérence forte
TS élevé, pH insuffisant
Bloquer l'interprétation de l'analyse.
Peut refléter un échantillon très hétérogène
Refaire l'analyse
Solliciter l'agronome

Cas D : Petite incohérence
TS insuffisant, pH correct
Si pH dans l'enveloppe - 0,3/+0,3
Entretien
BEB entretien = f(bilan de protons)
Si pH hors enveloppe - 0,3/+0,3
Redressement « allégé » (divisé par 2)
BEBredressement = calcul basé sur $[TS \text{ souhaité} - TS \text{ actuel}]/2$

Cas E : Indicateurs cohérents
TS correct, pH correct
SAB correct pour le système
Chaulage d'entretien
BEB entretien annuel = f(bilan de protons)

Cas F : Petite incohérence
TS élevé, pH correct
Présence probable de traces de calcaire total
Entretien « allégé » (divisé par 2)
BEB entretien annuel = f(bilan de protons)/2

- Cas G : Incohérence forte
 TS insuffisant, pH élevé
 Bloquer l'interprétation de l'analyse.
 Peut refléter un sol ayant été chaulé avec un produit grossier dur
 ou un échantillon très hétérogène
 Refaire le pH et analyser le calcaire total.
 Solliciter l'agronome.
 Si la valeur du pH redevient cohérente avec le TS, cf. cas A
 Si la valeur du pH se rapproche de la cohérence, cf. cas D
 Si la valeur du pH reste identique, refaire le TS
 En présence de calcaire total visible, on peut procéder à une nouvelle analyse,
 mais sans broyage préalable en cage écureuil
- Cas H : Petite incohérence
 TS correct, pH élevé
 Présence probable de calcaire total peu soluble
 Entretien « allégé » (divisé par 2)
 $BE_{\text{Entretien annuel}} = f(\text{bilan de protons})/2$
- Cas I : Indicateurs cohérents
 TS élevé, pH élevé
 SAB supérieur au niveau nécessaire
 Pas de chaulage (en ce qui concerne l'acidité du sol)
 Suivre l'évolution du SAB par analyse.

Nous ne souhaitons pas que ces incertitudes découragent les agriculteurs de faire des analyses de terre car la connaissance éclairée de ces possibilités de divergence doit permettre d'avoir un nouvel éclairage et de formuler un diagnostic plus pertinent.

Remarques rendues par courriel des membres actifs :

Au risque de me répéter et/ou de paraître pour un extra terrestre betteravier la notion de stock de carbonate associée aux nouvelles méthodes d'analyses permettant de descendre au dessous du pour mille, les informations d'historique du chaulage et de pH de surface doivent aussi être utilisé pour juger de la cohérence des pH et taux de saturations observés. JP CACHON

3): dire aussi que l'acetate d'ammonium dissout artificiellement une partie du CaCO₃

5) : ce n'est pas de une « erreur » puisque l'on fait le S/T

P5 : nous avons aussi évoqué une courbe Ca+Mg/T qui pourrait être plus pertinente

P7 : il me semble que nous devrions prendre +/- 0.2 pt pHeau (précision labo) et la somme des incertitudes Ca+Mg+K+CECm pour ce graph

Pour en reparler – Olivier Peltier

Le groupe Chaulage du COMIFER
 Printemps 20.04.2011

Dates à retenir :

- Prochaine réunion du groupe chaulage le **07/06/11** (Paris la Défense)

L'ordre du jour → à préciser semaine 21

Suite des travaux avec FXG.

Synthèse de l'AG COMIFER du 01/04.

Travailler sur le poster du Congrès de Reims.

- Le **20/09/11** (on avait parlé de Estrées Mons, il faudra confirmer...)

- Journée phosphore Bordeaux le **16/06/11**

- Congrès COMIFER-GEMAS à Reims **23-24 novembre**