

Analyses de sol et pH_{eau}

Le chaulage, quelle stratégie adopter ?

Dans une précédente note technique, nous avons détaillé quelques éléments d'une analyse de sol dont le pH de l'eau (« Réaliser des analyses de sol, quels intérêts pour l'agriculteur et pour l'environnement ? » - Novembre 2015).

Nous vous proposons de rentrer dans le détail au sujet du pH_{eau} et du contrôle de l'acidité des sols agricoles.

Le pH_{eau}, un indicateur incontournable

Pour rappel, le pH exprime l'acidité d'un sol : pH < 7, sol « acide » ; pH = 7, sol « neutre » ; pH > 7, sol « basique ». Il joue un rôle fondamental sur l'assimilabilité des éléments nutritifs du sol et donc sur le potentiel de production d'une parcelle. Un sol dit « acide » ne permet pas aux engrais une efficacité optimale. Il en sera de même pour un sol trop « basique », comme par exemple pour la disponibilité de certains oligo-éléments (Bore, Manganèse, ...).

Le contrôle de l'acidité du sol est un incontournable pour maintenir le potentiel de production de la parcelle et pour que l'acidité ou l'acidification ne constituent pas un facteur limitant.

La mesure du pH_{eau} doit être réalisée de préférence à l'automne, période où la mesure est plus stable. Afin de connaître l'incidence des pratiques culturales sur l'évolution acido-basique de vos sols, cette analyse doit être réalisée au moins tous les 5 ans.

Les sols s'acidifient... Pourquoi et avec quelle dynamique ?

L'acidification des sols résulte de la production de proton H⁺, phénomène naturel. Les causes et l'importance de ce phénomène varient selon la nature du sol, la végétation en place et les successions de cultures, les conditions climatiques (lors de périodes pluvieuses avec une lame d'eau drainante importante, les phénomènes d'acidification sont accentués) et les pratiques agricoles.

Localement, la conduite courante des parcelles avec des apports d'engrais organiques raisonnés induit une diminution très lente du pH. Chaque année, en moyenne, on perd moins de 0.05 point.

Les pratiques agricoles peuvent donc permettre de limiter voir même d'éviter l'acidification ou dans le cas contraire, peuvent accentuer ce phénomène :



Certains mécanismes peuvent participer à diminuer l'acidité du sol :

- La décomposition de résidus végétaux et des produits résiduels organiques (restitution des résidus de récolte, mise en place de couverts végétaux)
- Le raisonnement de la fertilisation azotée et le choix de la formulation des engrais (forme nitrique)
- La bonne répartition et l'enfouissement rapide des engrais organiques



L'acidification peut être accentuée par :

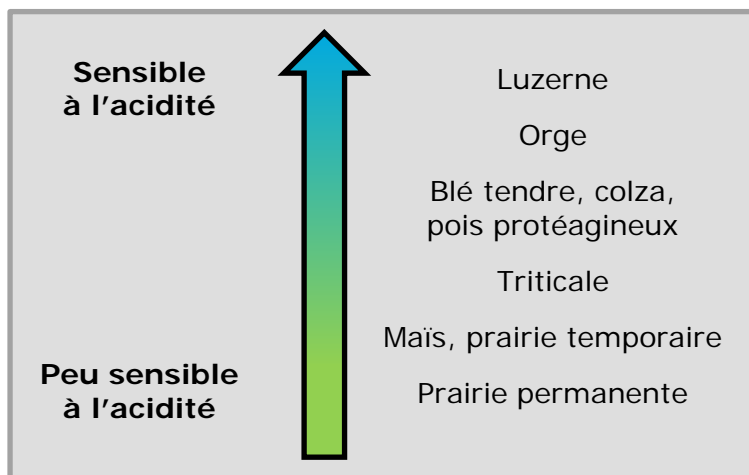
- La nitrification ou la volatilisation de l'azote ammoniacale des engrais azotés minéraux
- Le lessivage de nitrate issu de la nitrification de l'azote ammoniacal
- L'activité biologique du sol au printemps et en été (processus souvent temporaire généré par l'activité microbienne du sol et par les racines)

Toutes les cultures n'ont pas les mêmes exigences

La luzerne et les légumineuses sont les cultures les plus affectées par l'acidité. Parmi les céréales, l'orge est la plus sensible alors que le triticale ou le maïs le sont peu.

La luzerne est une espèce particulière exigeant un pH > 6 au moment de son installation, sans quoi la fixation symbiotique de l'azote de l'air par les nodosités ne se fera pas correctement.

Des interactions existent également avec la vie du sol, la plupart des microorganismes du sol (pathogènes ou utiles) ayant des gammes de pH favorables à leur développement.



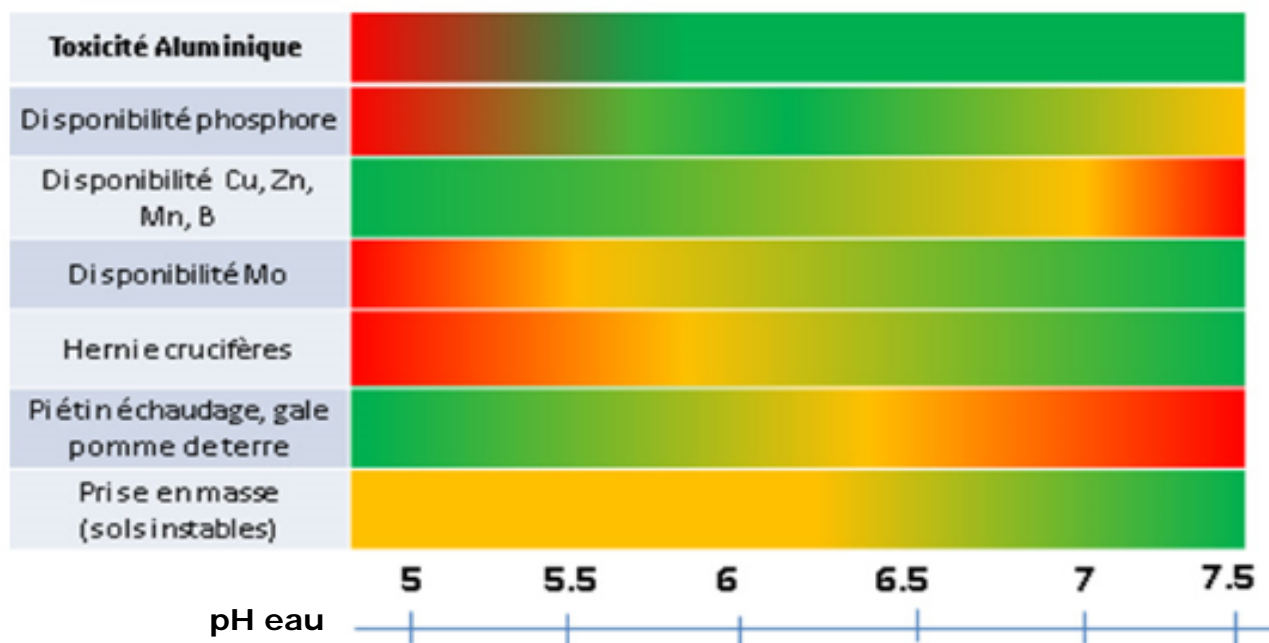
Pourquoi ?

Avec la baisse du pH, la concentration en ions aluminium augmente fortement et ceux-ci deviennent toxiques à partir d'un $pH_{eau} < 5.5$. Cela reste néanmoins variable selon la nature du sol et la culture en place.

La toxicité à l'aluminium entraîne une baisse de la croissance racinaire. Ces dernières s'épaississent, brunissent et se ramifient peu. Elles ne peuvent donc plus alimenter la plante correctement.

A l'inverse, des carence peuvent apparaître à pH trop élevé puisqu'une majorité des éléments voient leur solubilité diminuer au-delà de pH 6.

Influence du pH_{eau} du sol sur différentes propriétés chimiques et biologiques



Conséquences pour la production végétale



Le chaulage, un levier à actionner si nécessaire !

Le chaulage joue un rôle sur les trois composantes du sol : physique, chimique et biologique. Lorsqu'il est nécessaire, il va contribuer à améliorer la fertilité globale du milieu.



Exemple :
La porosité interne d'une motte permet le développement de la vie et des racines

Fertilité physique

Le chaulage peut avoir un impact positif sur la stabilité structurale du sol et ainsi modifier la dynamique de l'eau en provoquant la floculation des argiles. Concrètement au niveau du profil cultural, on peut observer :

- une amélioration de la perméabilité par une amélioration de la structure
- une limitation de la dégradation de la structure sous l'action des pluies

Fertilité biologique

En quelques mots, on peut retenir que le chaulage et donc l'élévation du pH permet :

- l'accroissement de la biomasse microbienne. Ces derniers vont permettre une meilleure dégradation et minéralisation de la matière organique du sol
- le développement de la population de vers de terre par la présence de calcium
- de limiter le développement de certaines maladies dans le sol (ex: hernie du chou sur colza ou piétin échaudage sur blé).
- l'amélioration des conditions de sol (aération, drainage), la minéralisation et l'accroissement de la masse racinaire source d'humus.



Exemple :
Indicateur de la biomasse lombricienne, la présence de turricules et de « cabane de vers de terre »



Exemple :
En présence d'ions aluminium, les racines sont épaisses et peu ramifiées
(source : Arvalis, Institut du Végétal)

Fertilité Chimique

Comme nous l'avons vu précédemment, en conditions acides ($\text{pH} < 5.5$), l'aluminium est solubilisé dans l'eau du sol, entraînant une toxicité à l'origine de la chute de rendements. Dans ces conditions, la disponibilité en éléments minéraux est faible (nitrates, magnésium, phosphore).

Avec des pH entre 5.5 et 7, l'assimilabilité de la plupart des minéraux est facilitée (phosphore, potassium, magnésium...)

Pour des $\text{pH} > 7$, l'assimilabilité des différents minéraux devient limitante pouvant induire des carences sur les cultures en place.

**Attention, chauler ne signifie pas « surchauler » !
Il faut chauler à bon escient pour optimiser les effets
sur le revenu de l'exploitation**

Les indicateurs clés pour déclencher et piloter le chaulage

La mesure du pH_{eau} à l'automne est le premier indicateur incontournable pour réaliser un diagnostic d'acidité.

La $\text{CEC}_{\text{METSON}}$ est le second indicateur permettant le pilotage d'un apport de chaux. Chaque sol a une $\text{CEC}_{\text{METSON}}$ précise qui correspond à la quantité de charges négatives portées par l'argile et l'humus, sur lesquelles les cations Calcium (Ca^{2+}), Magnésium (Mg^{2+}), Potassium (K^+), Sodium (Na^+) et Aluminium

(Al^{3+}) peuvent être fixés à l'état échangeable.

Plus un sol est riche en argile ou en matière organique, plus sa $\text{CEC}_{\text{METSON}}$ est importante. Cet indicateur permet donc une estimation de la dose d'amendement nécessaire à apporter pour redresser le pH. Plus la $\text{CEC}_{\text{METSON}}$ est élevée, plus la quantité d'amendement basique à apporter sera importante.

Les apports d'effluents d'élevages n'acidifient pas le sol

Les effluents d'élevages ont de manière générale un effet alcalisant plutôt qu'acidifiant. Ils contiennent de l'azote organique et ammoniacal ainsi que du soufre organique qui vont contribuer à l'acidification du sol (production de cations H^+). Mais cette acidification va être contrebalancée par la production d'anions organiques dont les effets vont être analogues à celui des bases (oxydes, carbonates) contenues dans les amendements minéraux basiques.

Le suivi de l'indicateur pH_{eau} est la seule méthode utilisable qui prend en compte les effets des effluents d'élevage.

(sources Arvalis, Institut du Végétal)

Ainsi les apports réguliers d'effluents d'élevage, comme on le rencontre dans une majorité de nos systèmes d'exploitation, permettent de lever le pied sur le chaulage, à condition de surveiller le pH_{eau} .

Les couverts végétaux contribuent eux aussi à limiter l'acidification

La présence de couverts végétaux va permettre de mobiliser l'azote nitrifié résiduaire (reliquat azoté) et ainsi de limiter son lessivage.

Les CIPAN, Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates vont piéger les ions nitrate et les mettre à l'abri du lessivage en période de drainage mais pas seulement.

Leur restitution au sol et leur décomposition va libérer des anions organiques qui vont contribuer à alcaliniser le sol. À l'inverse, leur exportation annulera cet impact positif tout comme l'exportation des pailles par exemple.



Pour plus d'informations ou un conseil personnalisé,

Thomas Lacroix, conseiller agronomie et environnement
Chambre d'Agriculture des Vosges au 03 29 06 39 69 ou 06 75 87 28 06
thomas.lacroix@vosges.chambagri.fr



Nos conseils

Analyses de sol et pH_{eau}

Le chaulage, quelle stratégie adopter ?

3 situations sont à distinguer

- pH satisfaisant → Impasse
pH relativement faible → Chaulage d'entretien
pH très faible → Chaulage de redressement

Type de sol	Sol très acide	Sol acide	Sol peu acide		Sol neutre	Sol basique
Ca/CEC	< 40 %	40 à 60 %	60 à 75 %	75 à 90 %	90 à 140 %	> 140 %
pH eau	< 5,4	5,4 – 5,8	5,8 – 6,2	6,2 – 6,5	6,5 – 7,2	> 7,2
Prairies permanentes	redressement	entretien	impasse	impasse	impasse	impasse
Prairies temporaires, Maïs, Céréales, Oléoprotéagineux	redressement	redressement	entretien	impasse	impasse	impasse
Orge, Luzerne	redressement	redressement	entretien	entretien	impasse	impasse

Source : Arvalis- Institut du végétal

Les types d'amendement

Les amendements calciques et magnésiens se distinguent par :

- Leur valeur neutralisante : capacité théorique de neutralisation de l'acidité d'un sol
- Le rapidité d'action qui dépend de la finesse et de la solubilité du produit (pulvérisé, concassé ou broyé)
 - Action rapide (semaines) : Chaux, craie broyée
 - Action moy. rapide (mois) : calcaire broyé, craie concassée
 - Action lente (années) : calcaire concassé

Rq : les produits à action rapide ne sont justifiés qu'en cas de redressement

Les grandes catégories d'amendements calciques et magnésiens et leurs propriétés

Type et appellation	CaO %	MgO %	Valeur neutralisante	Rapidité d'action	Coût indicatif
Produits crus :					
Calcaire pulvérisé	46 à 54	0 à 5	45 à 54	Action rapide	Coût moyen
Calcaire broyé	46 à 54	0 à 5	45 à 54	Action moyennement rapide	Coût faible
Dolomie pulvérisée	30 à 35	18 à 20	58 à 60	Action moyennement rapide	Coût moyen
Dolomie broyée	30 à 35	18 à 20	58 à 60	Action lente -Roche tendre	Coût faible
Calcaire concassé	>35		>35	Action lente -Roche tendre	Coût faible
Produits cuits :					
Chaux vive	90 à 95	0	92 à 94	Action très rapide.	Coût élevé (à réserver au redressement d'urgence)
Oxyfertil Ca	73	17	97	Faibles quantités/ha nécessaires	
Chaux vive magnésienne	48 à 50	30 à 32	92		
Amendement sidérurgique phosphate	40 à 45	4	40 à 45	Chaulage et apport de P	Coût moyen
Engrais neutralisants Ex : Scories	40 à 45	1 à 3	40 à 45	Action rapide Intérêt en entretien	Coût faible (disponibilité limitée)

La dose à apporter

La dose d'amendement à apporter va dépendre de :

- L'augmentation de pH recherchée
(on vise généralement maxi +0.5 point par amendement)
- La texture du sol avec le critère de la CEC_{METSON}
(plus la CEC sera importante et plus la dose à apporter sera élevée)

Besoins en équivalent CaO (kg/ha) selon les sols (CEC) pour modifier le pH

Type de sol	Limon et limon sableux				Limon argileux			
	Sables		Argiles		Sables		Argiles	
CEC (meq/100 g)	6	8	10	12	14	16	18	20
Entretien (/an)	320	360	400	440	480	520	560	600
Redressement	de 5 à 5,5	760	880	1000	1120	1240	1360	1480
	de 5,5 à 6	980	1140	1300	1460	1620	1780	1940
	de 6 à 6,5	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400

Source : d'après ARVALIS, Chambre d'Agriculture de la Nièvre

Exemple :

Pour un sol avec une $CEC = 10$ et un objectif de maintien du pH (stratégie d'entretien)
→ Il faudra apporter 400 kg de CaO/ha/an

Pour le même sol, $CEC = 10$ et un objectif de redressement du pH de 5 à 5.5
(stratégie de redressement) → Il faudra apporter 1 Tonne CaO/ha/an

Il faut également prendre en compte :

→ Les apports de matières organiques

La MO permet également le maintien du statut acido-basique du sol. Afin d'adapter la quantité d'amendement basique à apporter, il est important d'en tenir compte.

Exemple : $15 \text{ T fumier} * 3.8 \text{ kg CaO/T} = 57 \text{ Kg de CaO}$

→ L'impact du travail superficiel

La simplification du travail du sol et la réduction de la profondeur de travail ont pour effet de concentrer la vie biologique du sol dans les 5 à 10 premiers centimètres. Le risque d'acidification de l'horizon de surface est alors plus important. Un suivi régulier est donc nécessaire.

→ Impact des engrais azotés

La volatilisation des engrais azotés tout comme les pertes par lessivage ont une action acidifiante
 $10 \text{ u.N volatilisées ou lixiviées} = 20 \text{ u. de valeur Neutralisante (éq CaO)}$

Une fertilisation minérale raisonnée permet de réduire les risques d'acidification et donc le coût du chaulage.

Pour plus d'informations ou un conseil personnalisé,

Thomas Lacroix, conseiller agronomie et environnement
Chambre d'Agriculture des Vosges au 03 29 06 39 69 ou 06 75 87 28 06
thomas.lacroix@vosges.chambagri.fr

