

Stratégies de chaulage

4 Tout un compromis !

L'objectif du chaulage est de maintenir le pH dans une plage comprise entre 5,6 et 6,5. La stratégie dépend du statut acido-basique initial des parcelles. Les doses et les formes d'apport en découleront.

Les amendements minéraux sont avant tout utilisés pour maintenir le pH eau au-dessus de 5,5 au moment de l'implantation de la culture. Lorsque celui-ci est inférieur, un chaulage de « redressement » s'impose. Par sécurité, un pH légèrement inférieur à 6 peut conduire à déclencher un apport « d'entretien ».

Lorsque le pH est proche de la neutralité, le chaulage peut être utilisé pour améliorer l'état structural du sol. Dans ce cas, un apport de gypse (amendement calcique ayant peu d'effet sur le pH) serait préférable à celui d'un amendement basique pour éviter d'élever le pH à un niveau, soit préjudiciable pour la disponibilité

de certains oligo-éléments, soit favorable à la prolifération de certains parasites (piétin échaudage, gale).

Pour des raisons diverses (disponibilité locale de gypse et/ou difficultés d'épandage, nécessité de recycler certains sous-produits tels les écumes de sucreries ou des déchets ayant des propriétés d'amendement basique...), la pratique la plus courante reste néanmoins l'apport d'amendement calcique basique.

La dose d'amendement dépend de l'augmentation de pH recherchée et du pouvoir tampon du sol.

Compte tenu des variations saisonnières du pH du sol, la période de prélèvement doit de préférence être toujours identique afin de mesurer son évolution.

Deux indicateurs clés pour gérer le chaulage

Le pH eau et la Capacité d'Échange Cationique (CEC) sont les indicateurs incontournables pour décider d'un apport d'amendements.

La mesure du pH du sol est réalisée couramment selon deux méthodes : le pH eau (pH d'une suspension de terre dans l'eau) et le pH KCl (pH d'une suspension de terre dans une solution de chlorure de potassium). Le second donne, dans les sols sous climat tempéré, des valeurs inférieures au pH eau de 0,5 à 1 unité. Toutefois, ces deux mesures sont redondantes et le pH eau, le mieux référencé en France, suffit à lui seul pour le diagnostic.

Le taux de saturation (rapport entre la somme des cations échangeables et la capacité d'échange cationique) dépend du pH, mais la relation entre le pH et le taux de saturation peut fortement varier d'un sol à l'autre. Il est beaucoup moins pertinent que le pH pour évaluer le risque lié à l'acidité.

La dose d'amendement nécessaire pour le redressement d'un sol trop acide dépend du pouvoir tampon du sol vis-à-vis du pH. La CEC_{Metsen} permet une estimation satisfaisante lorsque pratiquement tout l'aluminium est précipité, c'est-à-dire lorsque le pH eau est supérieur à 5,5.





© P.V. Prolin, ARVALIS-Institut du végétal

Éviter la prise en masse des sols

Cet objectif d'amélioration de l'état structural des sols est recherché dans deux grands types de situations :

- pour limiter la prise en masse du sol, préjudiciable aux cultures lors des hivers très pluvieux, dans les sols limoneux ou limono sableux, battants mais drainés, pauvres en matière organique et dont la capacité d'échange cationique est faible ($CEC_{Metson} < 7$ cmolc/kg).

Pour espérer améliorer la structure d'un sol sans aggraver le risque de carences en oligo-éléments, le bon compromis consiste à maintenir le pH eau proche de 6,5.

Quelques travaux montrent qu'un apport d'amendements calciques basiques induisant des pH supérieurs à 7 peut, dans ce cas, accroître la production des cultures

L'implantation d'une luzerne doit se faire sur des sols ayant un pH au moins égal à 6 pour favoriser l'installation des nodules.

d'hiver comme l'orge, le colza et le blé (figure 1). La recherche d'un compromis permettant l'obtention d'un état calcique favorable, sans aggravation du risque de carences minérales, conduit dans de telles situations à maintenir le pH eau au voisinage de 6,5.

- dans les limons battants recevant des cultures, telle la betterave, très sensibles à la battance peu après le semis. Les états du sol recherchés dans les régions concernées (pH eau $> 7,3$ et teneur minimale de 0,3 % de calcaire) impliquent des apports réguliers d'oligo-éléments, bore notamment.

Le chaulage de redressement pour corriger un sol trop acide

Lorsque le pH eau du sol est inférieur à 5,6, un chaulage de redressement est nécessaire pour l'amener rapidement dans la gamme souhaitable. La dose d'amende-

ment dépend de l'augmentation de pH recherchée et du pouvoir tampon du sol.

Les résultats d'une vingtaine d'expérimentations sur le chaulage mis en place dans différentes régions françaises fournissent des ordres de grandeur des quantités d'unités neutralisantes qu'il faut apporter (tableau 1).

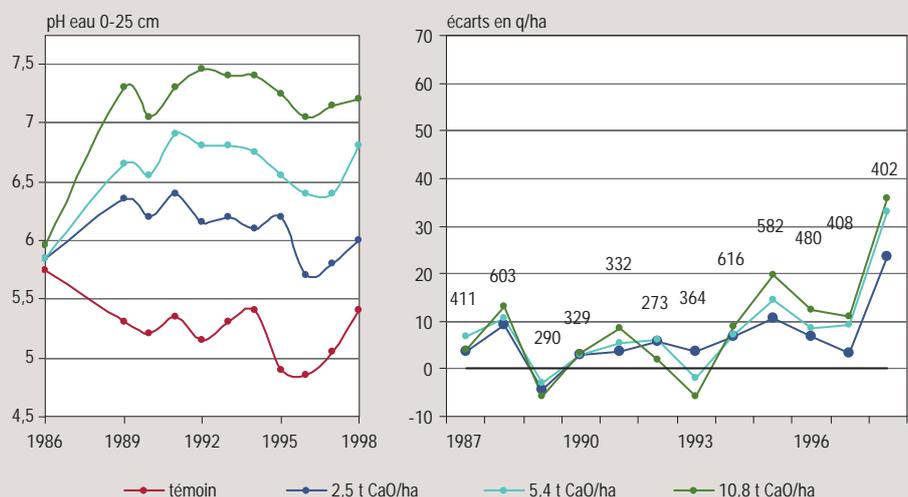
Dans le cas des sols très acides, la dose permettant d'élever le pH eau au-dessus de 6,0 peut être fractionnée en deux apports successifs mais le premier doit être suffisant pour assurer, dès la première année, une remontée du pH au-dessus de 5,5.

Le chaulage d'entretien pour compenser l'acidité introduite dans le sol

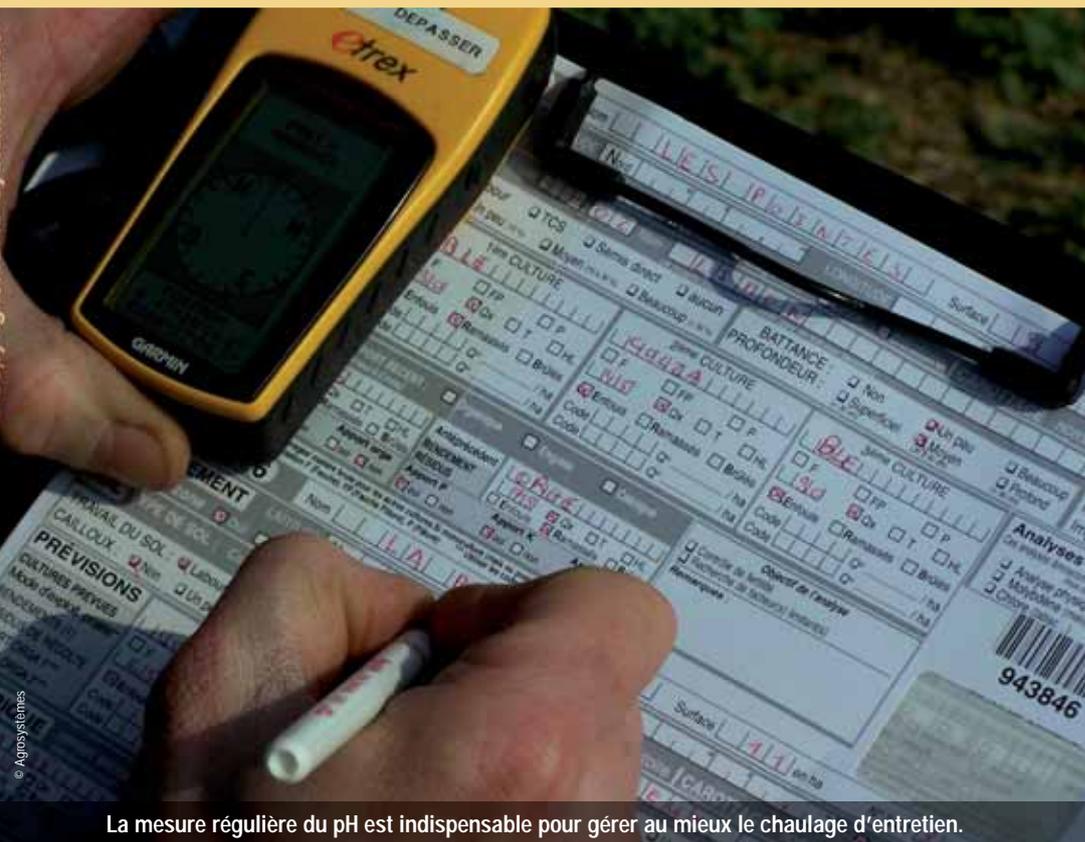
Pour maintenir le pH eau au-dessus du seuil critique de 5,5, les apports d'amendements basiques doivent neutraliser l'acidité produite ou apportée. Sur la base de références anciennes, on considère qu'il faut 150 à 350 kg CaO/ha selon les conditions climatiques et le système de culture (voir article 1 du dossier).

Le suivi du pH des sols depuis plusieurs décennies, comme celui

Figure 1 : Evolution du pH eau du sol (0-25 cm) et des écarts de rendement de l'orge d'hiver (essai en rotation colza/blé/orge où chaque culture de la rotation était présente chaque année) par rapport au témoin non chaulé, dans un sol drainé, sablo limoneux sur argile ($CEC_{Metson} = 3$ cmolc/kg, MO = 1,3 %) à Jeu-les-Bois (36)



La productivité de l'orge d'hiver répond favorablement aux apports d'amendements calciques.



La mesure régulière du pH est indispensable pour gérer au mieux le chaulage d'entretien.

réalisé sur l'exploitation de La Jaillière (encadré 2), montre que des doses moyennes annuelles de 100 à 150 kg CaO/ha suffisent dans les contextes de polycultures élevages de l'ouest de la France, pour compenser l'acidification.

Les suivis réalisés sur des parcelles non chaulées, dans les essais de longue durée, montrent des évolutions variables et difficilement prévisibles du pH. Sa mesure régulière est donc indispensable pour gérer au mieux le chaulage d'entretien (figure 2).

À quelle fréquence ?

Outre les considérations économiques, la fréquence des apports dépend de la nature du produit utilisé, des facteurs d'acidification et du pouvoir tampon du sol. Lorsque celui-ci est faible, les produits d'action rapide doivent être apportés à faible dose mais fréquemment afin de limiter l'amplitude de variation du pH et les risques de carence en oligo-éléments associées. Pour les sols sableux, des apports annuels ou tous les deux ans de ce type de produits sont préférables. Ailleurs, des apports tous les 3 à 5 ans conviennent.

Tableau 1 : Quantités d'unités neutralisantes (kg CaO/ha) nécessaires pour augmenter le pH eau de 0,5 unités sur 0-25 cm, en fonction du pH initial et de la CEC_{Metson} (valeurs moyennes obtenue à partir d'expérimentations réalisées en France)

kg CaO/ha pour augmenter le pH de 0,5 unités	Valeur de la CEC Metson en cmol c/kg		
	5	10	15
pH eau initial = 5,0	500	1 000	1 300
pH eau initial = 5,5	700	1 300	1 700

→ Pour connaître la quantité d'amendement nécessaire, il faut diviser le nombre d'unités neutralisantes par la valeur neutralisante du produit, précisée sur son étiquette. Par exemple, pour apporter 1500 kg CaO/ha avec un amendement calcaire cru ayant une valeur neutralisante de 55, il faudra apporter 1500/0,55 soit 2720 kg/ha de produit.

Une large gamme d'amendements

Les amendements minéraux disponibles sur le marché présentent une grande diversité de caractéristiques physiques (granulométrie, dureté...) et chimiques (nature de la base et des cations, solubilité...). Leurs prix à l'unité neutralisante sont très variés.

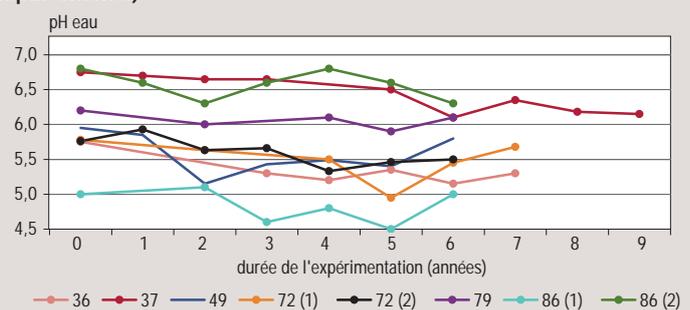
La nature du produit dicte sa vitesse d'action.

On distingue les produits cuits à base d'oxydes de calcium et/ou d'oxydes de magnésium et les produits crus à base de carbonates de calcium et/ou de magnésium. Ces derniers peuvent être plus ou moins fins (pulvérisés, broyés ou concassés) et diffèrent par leur vitesse d'action.

Les produits à action rapide tels que les chaux et les calcaires pulvérisés ne s'imposent que dans les situations nécessitant un redressement d'urgence, c'est-à-dire lorsque le pH eau est inférieure à 5,5 et que le délai entre l'apport et l'implantation de la culture suivante est court (quelques semaines). Pour des redressements moins urgents ou pour un entretien, les amendements à action moyennement rapide ou lente conviennent.

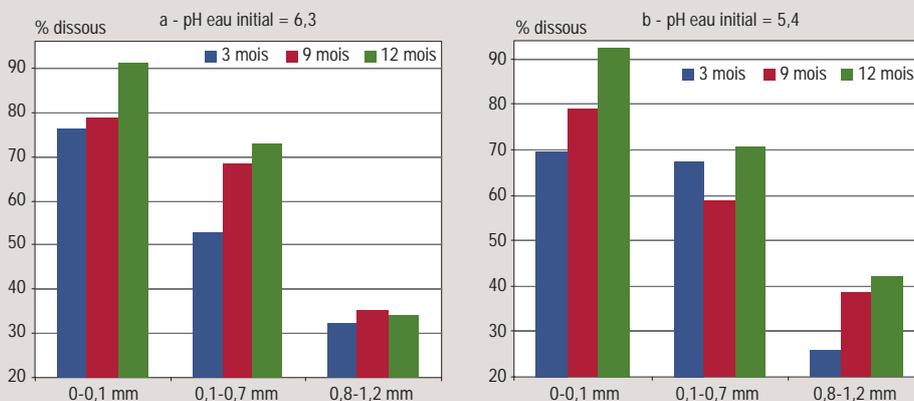
Les produits d'action lente sont même préférables lorsqu'il s'agit de ne pas élever le pH au-dessus

Figure 2 : Evolution du pH eau de parcelles non chaulées dans huit expérimentations de longue durée réalisées dans le Centre-Ouest de la France (les numéros dans la légende correspondent aux différents départements)



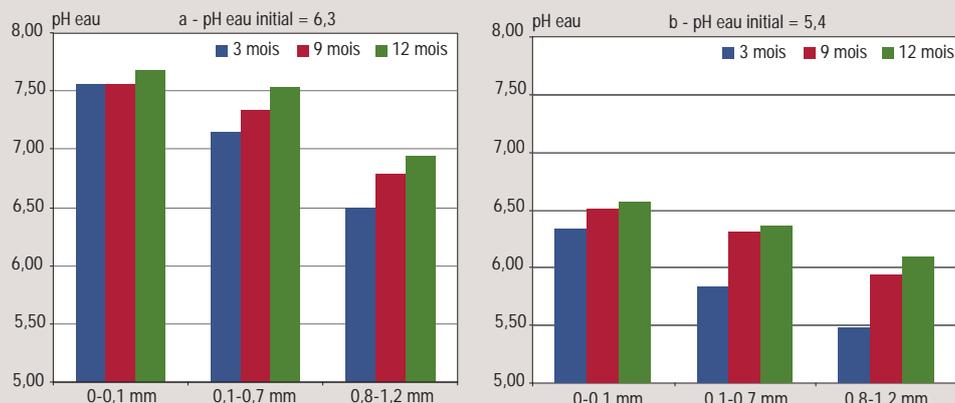
En l'absence de chaulage, le pH peut évoluer de façon imprévisible.

Figure 3 : Evolution du taux de dissolution du calcaire apporté à raison de 2000 kg CaO/ha, en fonction de la granulométrie des produits, au cours des 12 mois suivant un apport en avril 2009 sur des sols limoneux (a) à La Jaillière (44) et (b) à St Jean-de-Brévelay (56)



Dans un sol acide, des amendements grossiers ne conviennent pas pour un redressement rapide mais suffisent pour un entretien.

Figure 4 : Evolution du pH eau après un apport de calcaire à raison de 2000 kg CaO/ha, en fonction de la granulométrie des produits, au cours des 12 mois suivant un apport en avril 2009 sur des sols limoneux (a) à La Jaillière (44) et (b) à St Jean-de-Brévelay (56)



Dans les limons battants, un apport d'amendement calcique peut améliorer la structure du sol, mais il implique parfois l'apport de certains oligo-éléments.



© Sulky

de 6,5. Il suffit dans ce cas que la dissolution du produit libère chaque année la quantité suffisante de base pour neutraliser l'acidité introduite dans le sol.

Ce point de vue est corroboré par deux expérimentations réalisées par ARVALIS - Institut du végétal en 2009. Elles ont montré que la vitesse de dissolution des carbonates dépend de la granulométrie du produit mais est peu influencée par la dose d'apport ou par le pH du sol lorsque celui-ci est modérément acide (figure 3). L'augmentation du pH du sol rendait très bien compte de la fraction dissoute quelle que soit la finesse des amendements (figure 4).

Bien incorporer les produits

Les expérimentations, en pot comme en plein champ, ont montré que les vitesses d'évolution du pH après un apport de redressement bien incorporé dans des sols très acides, différaient peu entre des carbonates pulvérisés et broyés.

La qualité de l'incorporation du produit est donc aussi importante que sa nature en raison d'une action limitée à la proximité du granule. Le mélange dans le volume de terre à corriger doit être aussi homogène que possible pour que la correction de l'acidité concerne

Suivi des pratiques de chaulage : 20 ans d'expérience en système polyculture élevage de l'Ouest

ARVALIS - Institut du végétal gère depuis les années 1980 l'exploitation de polyculture-élevage de La Jaillière, en Loire-Atlantique. Les sols des 180 ha cultivés sont des limons sur schiste, en majorité drainés, avec des teneurs en argile qui varient de 13 % à 28 % selon les parcelles. En 2006, la teneur moyenne en matière organique était de 2,8 % et le pH moyen de 6,4. Pour illustrer l'évolution des pratiques de chaulage sur l'exploitation et leurs conséquences sur quelques indicateurs, nous nous appuyons sur deux parcelles dans lesquelles se succèdent maïs fourrage et blé depuis plus de 20 ans (les pailles de blé sont enlevées et la culture de maïs reçoit un apport de fumier de bovins).

Des pratiques calées sur les mesures du pH

En 1987, le pH moyen de ces deux parcelles était de 6,2. Au cours de la période 1989-1998, elles ont reçu un chaulage d'entretien de 550 unités de CaO tous les trois ans. À partir de 1998, il n'y a plus eu d'apport d'amendement minéral en raison du pH atteint. Depuis, le pH tend à diminuer mais lentement (tableau 2). Depuis le dernier chaulage en 1998, l'apport de fumier a été réduit en

moyenne de 2 t/ha/an tandis que la fertilisation azotée minérale du blé et du maïs était augmentée en moyenne de 20 kg N/ha.

Le rendement du maïs est resté stable tandis que le rendement moyen du blé a augmenté de 3 q/ha (tableau 3). Bien que variables selon les années, les productions atteignent des niveaux élevés lorsque les conditions climatiques sont favorables.

Du côté des pertes de calcium et d'azote

Ces deux parcelles font aussi l'objet de mesures des quantités de calcium et d'azote entraînées par les eaux de drainage et de ruissellement. Celles-ci ont atteint en moyenne 92 kg de Ca et 32 kg N par hectare et par an pour une lame d'eau de 255 mm de 1990 à 2000 contre 71 kg de Ca et 21 kg N/ha/an pour une lame d'eau de 251 mm de 2001 à 2009.

Des analyses sont effectuées tous les 5 ans pour suivre l'évolution des pH et des teneurs en éléments minéraux du sol. Si le pH continue de baisser pour passer en dessous du seuil de 6,0, la reprise du chaulage est envisagée avec des apports d'entretien de 500 à 600 unités de CaO tous les 5 ans.

Tableau 2 : Évolution du pH eau moyen (0-25 cm) de deux parcelles de l'exploitation de La Jaillière (44)

Année	1987	1994	2000	2004	2009
pH eau	6,2	6,3	6,6	6,5	6,4

Tableau 3 : Productions moyennes des cultures de deux parcelles de l'exploitation de La Jaillière (44)

Périodes	Production moyenne des cultures		Apport moyen de fumier (t/ha)	Apport moyen d'azote minéral (kg N/ha)	
	Blé (q/ha)	Maïs (t/ha)		Blé	Maïs
1989-2000	79,6	13,7	17	150	50
2001-2009	83,0	13,5	15	170	70

➔ La productivité du blé a atteint 98 q/ha en 2005 (année sèche) et celle du maïs fourrage 18 t/ha de matière sèche en 2007 (année humide), ce qui témoigne de conditions de sol favorables pour ces cultures.



© J.-P. Gillet, ARVALIS-Institut du végétal

La ferme d'application d'ARVALIS – Institut du végétal de Loire-Atlantique suit le pH de ses parcelles depuis 20 ans.

la masse de terre la plus importante avant l'implantation de la culture qui suit. Pour cela, une pré-incorporation, par un ou deux passages d'outil de déchaumage, est recommandée avant l'incorporation en profondeur par le labour. Un sol relativement sec est préférable pour garantir la qualité de ce pré-mélange.

La qualité de l'incorporation est aussi importante que la nature de l'amendement.

Pour le chaulage d'entretien, les conditions d'incorporation ont moins d'importance, quelle que soit la nature du produit utilisé.

Alain Bouthier

a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

Pierre Castillon

p.castillon@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean-Paul Gillet

jp.gillet@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS-Institut du végétal



PA on line

Abonnés au service web, retrouvez cet article sur www.perspectives-agricoles.com, avec, pour aller plus loin, une version plus détaillée de ce dossier comprenant une approche de la gestion du chaulage sur les prairies permanentes ou temporaires de longue durée.