

CHAULAGE

Pourquoi investir dans la fertilité de son sol ?

Il existe différents types d'intrants :

- les intrants à « **effet de seuil** », basés sur le respect de seuils d'intervention. Selon le contexte, leur réponse peut être nulle ou très forte. Par exemple : les insecticides ou les régulateurs de croissance ;
- les intrants à « **fonction de production** » ont une action directe sur le rendement. Leur bonne utilisation permet d'optimiser la marge brute en évitant les dépenses excessives. Par exemple : les semences, l'azote et les fongicides ;
- les intrants « **patrimoine** » dont l'impact sur le rendement s'exprime sur le long terme. Ils demandent à être gérés tout au long de la rotation. Par exemple : la fumure de fond (phosphore, potasse, magnésium), le chaulage.

Analyser ses sols régulièrement pour piloter le chaulage avec la Chambre d'agriculture de Saône-et-Loire en partenariat avec le Laboratoire CESAR

Le raisonnement des itinéraires techniques se focalise essentiellement sur les deux premiers types d'intrants. Or, il est important de ne pas oublier la gestion de son « Capital Sol » (3^{ème} type d'intrant) pour maintenir une bonne productivité des parcelles.

Focus sur le chaulage

Le rôle principal du chaulage est de contrôler l'acidification naturelle du sol. Celle-ci est due à :

- L'oxydation de la matière organique (minéralisation)
- L'activité des racines
- La nitrification des engrais azotés ammoniacaux
- La dissolution dans l'eau du CO₂ de l'air

Impact du chaulage sur les propriétés du sol

Le chaulage joue à la fois sur les composantes physique, chimique et biologique du sol et contribue au maintien de la fertilité globale du milieu. Contrairement aux engrais minéraux (azote, phosphore...) qui peuvent être des "facteurs limitants" du rendement, le chaulage agit davantage sur les conditions générales de fonctionnement du système "sol-plante-climat", avec de nombreuses interactions. Le chaulage, à l'image du drainage, est donc à raisonner dans la durée, au niveau global de l'exploitation.

Les amendements minéraux basiques (chaux, carbonates de calcium...) modifient directement les propriétés du sol par 3 effets mesurables sur des échantillons en laboratoire, à savoir :

- Une amélioration de la floculation des argiles et des matières organiques (meilleure stabilité structurale),
- Un accroissement des sites disponibles pour le stockage d'éléments nutritifs sur la CEC,
- Une élévation du pH.

Effet du calcium

Dans la plante	Dans le sol
<p>Le calcium est un élément indispensable aux végétaux : synthèse de la pectine de la paroi cellulaire, formation du noyau et des mitochondries</p> <p>Les besoins sont modestes sauf pour quelques cultures (soja, luzerne...) et sont facilement satisfaits. Les carences sont très rares.</p> <p>Par contre, lorsque le calcium est présent en quantité importante il peut bloquer l'assimilation d'autres éléments minéraux, par exemple le fer (nécessaire à la formation de la chlorophylle) ou le phosphore.</p>	<p>Cet élément favorise également la cohésion entre les argiles et la matière organique du sol et par conséquent améliore la résistance à la dégradation structurale. Une attention particulière doit donc être apportée aux sols limoneux dont l'instabilité structurale se manifeste par la formation d'une croûte de battance ou la prise en masse après une pluviométrie importante.</p> <p>Comme la plupart des éléments, le calcium est présent dans le sol sous trois formes (Vilain, 1989) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La forme combinée : carbonates, silicates, phosphates de calcium. ▪ La forme adsorbée sur le Complexe Argilo-Humique (CAH) : Ca^{2+}. ▪ La forme libre (Ca^{2+}) dans la solution du sol.

Effet du pH

Sur les mécanismes physico-chimiques	Sur l'activité biologique
<p>Lorsque le pH passe en dessous de 5,5, la solubilisation de l'aluminium fixé sur les éléments minéraux entraîne une toxicité responsable de chutes de rendement, voire de pertes de pieds. Le seuil à partir duquel la présence d'aluminium échangeable dans le sol pénalise la culture est de 50 mg/kg. Il existe également une toxicité liée au manganèse. La disponibilité en azote, magnésium et phosphore est faible.</p> <p>Au-delà de pH 6,5, des oligo-éléments comme le cuivre, le zinc, le manganèse ou le bore sont susceptibles d'être rétrogradés, provoquant des carences induites dans les cultures sensibles. Il est donc inutile de chauler pour augmenter le pH à plus de 6,5.</p> <p>Cependant, en limon battant, le phosphore est davantage bio disponible lorsque le pH est supérieur à 6,5.</p>	<p>L'activité des vers de terre et des micro-organismes intervenant notamment dans la nitrification (transformation de l'azote ammoniacale des engrais en nitrates) est optimale pour des pH supérieurs à 6.</p> <p>Certaines maladies comme la hernie des crucifères, le piétin échaudage sont favorisées dans les sols acides. De plus, les bactéries type <i>azotobacters</i> nécessaires à la fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses sont défavorisées par de faibles pH.</p> <p>La minéralisation de l'humus quant à elle, est peu dépendante du pH mais est sensible à la présence d'aluminium.</p>

La plage optimale à rechercher est donc $6 < \text{pH} < 6,5$.

Quelle stratégie envisager ?

Regarder la teneur en calcaire total CaCO₃ (en %, ‰ ou g/kg)

- Si elle est supérieure à 1 %, le sol est calcaire et le chaulage est inutile.
- Si elle est comprise entre 0,2 % et 1 %, la réserve est suffisante à court terme (2 à 5 ans).
- Si elle est inférieure à 0,2 %, un chaulage d'entretien est probablement nécessaire et il faut regarder le pH du sol et le rapport Ca/CEC.

Regarder le pH eau du sol et le rapport Ca/CEC

pH eau : il varie en fonction de la saison et de l'état hydrique du sol. Les analyses sont donc à faire **toujours à la même période**, tous les 3 à 5 ans : soit en hiver quand les sols sont régulièrement humides (profiter de la période des RSH) ; soit en été, lorsqu'ils sont secs.

$$\frac{Ca}{CEC} \text{ (en \%)} = \frac{357 * CaO \text{ (en ‰)}}{CEC \text{ (en meq/100g)}}$$

A noter que les résultats d'analyses peuvent aussi indiquer le **pH KCl**. Celui-ci est toujours inférieur au pH eau. Dans les sols qui s'acidifient, il correspond à la valeur vers laquelle le pH eau tendra si rien n'est fait. Si le pH KCl présente plus de 0,8 point d'écart au pH eau, un chaulage d'entretien est sans doute nécessaire.

- **Le pH est inférieur ou égal à 5,8 et/ou le rapport Ca/CEC est inférieur à 60 %.**

Un chaulage de redressement est impératif. Utiliser un produit permettant de remonter rapidement le pH (chaux, calcaire dur pulvérulent, craie broyée...).

Les quantités de CaO à apporter sont fonction du pouvoir tampon (c'est-à-dire de la CEC), et de la modification de pH souhaitée.

Quantité de CaO (kg/ha) à apporter pour augmenter le pH de :	Valeur de la CEC (en meq/100g) (type de sol indicatif)		
	4-7 (sol sableux)	7-16 (sol limoneux)	16-20 (sol argileux)
5 à 5,5	640 – 820	820 – 1360	1360 – 1600
5,5 à 6	820 – 1060	1060 – 1780	1780 – 2100

Source : Arvalis – Institut du végétal, CA58

- **Le pH est compris entre 5,8 et 6,5 et/ou le rapport Ca/CEC est compris entre 60 et 90 %.**

Un chaulage d'entretien est à envisager à l'échelle de la rotation. Utiliser un produit à action lente ou moyennement rapide (craie concassée, calcaire broyé).

Quantité de CaO (kg/ha) à apporter pour un chaulage d'entretien :

Valeur de la CEC (en meq/100g)		
4-7 (sol sableux)	7-16 (sol limoneux)	16-20 (sol argileux)
280 – 340	340 – 520	520 – 600

Source : Arvalis – Institut du végétal, CA58

Différents produits disponibles

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	Coût faible
Calcaire concassé	>35		>35	Roche tendre	Coût faible
Produits cuits :					
Chaux vive	90 à 95	0	92 à 94	Action très rapide. Faibles quantités/ha nécessaires	Coût élevé (à réserver au redressement d'urgence)
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)

Dans la pratique, **le recours au calcaire broyé (chaux humide) est suffisant.**

Pour les apports d'entretien, **privilégiez les ressources locales qui s'avèrent les plus compétitives** (coût de transport plus faible). A valeur neutralisante égale et à solubilité carbonique équivalente, préférer l'amendement dont le coût de l'unité neutralisante est le moins cher.

Les **matières organiques** contribuent également au maintien de l'équilibre acido-basique du sol. Par exemple, un fumier frais compte 3,8 kg de CaO par tonne soit un apport de 57 kg/ha de CaO pour 15 T/ha.

Il est important d'en tenir compte afin d'adapter la quantité à apporter et ainsi limiter le coût du chaulage.

Les **couverts végétaux** jouent aussi un rôle important : en captant les nitrates, ils limitent une partie de la nitrification de l'azote ammoniacale qui est un des facteurs de l'acidification des sols. D'autre part, leur restitution permet d'alcaliniser le sol via les processus de dégradation.

Comment s'y retrouver dans les amendements calciques ?

Valeur neutralisante

Les amendements calciques et magnésiens se distinguent par leur **valeur neutralisante (VN)**. Elle correspond à la quantité de CaO qui a la même capacité de neutralisation que 100 kg du produit considéré.

$$VN = \% \text{ MgO de l'engrais} * 1.4 + \% \text{ CaO de l'engrais}$$

Rq : le calcium et le magnésium n'ont aucun effet sur le pH. Ce sont les éléments minéraux qui leur sont associés (les bases) qui peuvent présenter un intérêt dans la neutralisation de l'acidité.

Pour connaître la quantité de produit à apporter, il faut ensuite appliquer la formule suivante :

$$\text{Quantité d'amendement (kg/ha)} = \frac{100 * \text{Quantité de CaO à apporter (kg/ha)}}{VN \text{ de l'amendement}}$$

Exemple d'une craie avec une VN de 45, pour un chaulage de redressement où nous voulons apporter 1 000 kg de CaO/ha, il faudra $\frac{100 * 1000}{45} = 2200 \text{ kg/ha}$ de craie, soit 2,2 t/ha.

Finesse de mouture et rapidité d'action

En complément de la nature de l'amendement (chaux, calcaire, craie...), la finesse de mouture permet de connaître la rapidité d'action de l'amendement.

3 classes sont définies pour la finesse de mouture :

- **Amendement pulvérisé** : plus de 80 % du produit passe au tamis de 0,315 mm
- **Amendement broyé** : plus de 80 % du produit passe au tamis de 4 mm (et moins de 80 % au tamis de 0,315 mm)
- **Amendement concassé** : moins de 80 % du produit passe au tamis de 4 mm

3 catégories pour la vitesse d'action :

- **Action rapide** (quelques semaines) : chaux / craie broyée
- **Action moyennement rapide** (quelques mois) : calcaire broyé / craie concassée
- **Action lente** (plusieurs années) : calcaire concassé

Les amendements à granulométrie fine (< 0,1 mm) auront une forte rapidité d'action. Ils auront un intérêt dans les situations où il faut corriger rapidement le pH.

Les amendements à granulométrie comprise entre 0,1 et 0,5 mm auront une rapidité d'action plus lente (de l'ordre de quelques mois).

Les amendements à granulométrie grossière (> 0,5 mm) auront une rapidité d'action beaucoup plus longue (en année). Ils sont à privilégier dans les apports d'entretien.

Modalités d'apport

L'époque d'apport n'a pas d'importance, contrairement aux **conditions d'incorporation** :

- Le sol doit être suffisamment portant ;
- L'amendement est à incorporer de façon homogène sur l'ensemble de l'horizon labouré. Ainsi, un déchaumage préalable est conseillé avant un labour ;
- Ne jamais apporter d'amendement entre deux blés car cette pratique favorise le développement du piétin échaudage. Cependant il est conseillé de chauler avant une culture de betteraves, d'orge ou de luzerne car ce sont des cultures exigeantes en termes de pH.

En pratique, les apports d'automne sont les plus fréquents. Cependant ils sont à éviter en sols sableux car les pluies hivernales augmentent le risque de lessivage des éléments solubilisés. Les apports en végétation sont beaucoup moins efficaces.

La **simplification du travail du sol**, notamment la réduction de la profondeur travaillée, a pour effet de concentrer l'activité biologique dans les 5 à 10 premiers centimètres du sol. Ce phénomène a tendance à acidifier davantage l'horizon de surface. Un suivi régulier de cette couche superficielle est primordial pour maintenir la stabilité structurale et l'activité microbienne.

Des apports réduits et réguliers d'entretien peuvent être justifiés notamment dans les situations de semis direct.

Identifier les symptômes d'acidité

Il est important de regarder la répartition des symptômes dans la parcelle et sur les plantes.

A l'échelle de la parcelle

Des foyers de plusieurs dizaines de m² apparaissent à partir du tallage. Ils ont tendance à s'amplifier au fil des années.



A l'échelle de la plante

Les plantes touchées présentent un port dressé et restent chétives. Elles ne dépérissent pas.

Dans la plupart des situations, cette acidité perturbe l'alimentation en phosphore et en magnésium, ce qui explique que les vieilles feuilles peuvent présenter des rougissements de feuilles (carence en phosphore) ou des jaunissements (carence en magnésium).

La croissance et le tallage sont altérés.



Les plantes présentent des racines épaissies et peu ramifiées.

La concentration en ion aluminium croît avec la diminution du pH. En règle générale, cet élément devient toxique lorsque le pH descend en dessous de 5,5. Cela crée un milieu défavorable à la croissance des racines qui s'épaississent, brunissent et ramifient peu. L'alimentation minérale et hydrique de la plante est ainsi perturbée (d'où apparition de carences).



Sources : Guide Fertilité du sol 2016-2017 CA BFC, Arvalis Institut du Végétal, Bulletins Equipe PV CA89

Action réalisée dans le cadre du programme régional de recherche & expérimentation en grandes cultures des Chambres d'Agriculture de Bourgogne Franche-Comté avec le soutien financier de



Retrouvez la Fiche - Le point sur la réglementation phytosanitaires et le Bulletin de Santé du Végétal sur : <https://bourgognefranche-comte.chambres-agriculture.fr/>

- Avant toute utilisation de produits phytopharmaceutiques, ne pas oublier de bien lire l'étiquette présente sur le produit.

Crédit photographique : Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire

Rédaction : Equipe Grandes Cultures - Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire - 59 rue du 19 mars 1962 – CS 70610 – 71010 MACON
CEDEX - Tél. 03 85 29 55 00 – Fax 03 85 29 56 77