

Centre de conseils agricoles
Landwirtschaftliches Beratungszentrum

CHAULAGE DES SOLS – FICHE TECHNIQUE

Auteurs : Joël Grossrieder, Denis Morand, Pierre Aeby



I. Pourquoi devons-nous chauler nos sols ?

Dans les sols non-calcaires, l'acidification est un processus naturel qui ne garantit pas la fonctionnalité d'un sol pour l'utilisation agricole. Le degré d'acidité d'un sol peut être mesuré par la valeur pH ou bien par la capacité d'échange des cations et la saturation en bases. **La valeur pH correspond à la concentration de ions hydrogènes (H^+) dans le sol.** Dans des sols agricoles, la valeur pH recherchée se trouve entre 6.7 et 7.3, ce qui assure la disponibilité de la plupart des éléments nutritifs et permet un fonctionnement optimal de différents processus chimiques et biologiques. **La capacité d'échange des cations (CEC) correspond aux cations échangeables (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ et H^+) dans le sol et est ainsi une mesure de l'aptitude s'un sol à stocker les éléments nutritifs.** Avec des teneurs en argile et en humus plus élevées, la CEC augmente aussi car il y a plus de places chargées négativement. **La saturation en bases** correspond à la part de la CEC occupée par des ions nutritifs avec un effet basique (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+). Une saturation en bases >60% est généralement recherchée, idéalement elle se trouve à >70% dans les sols légers, à >80% dans les sols moyens et à >90% dans les sols lourds. Dans la majorité des cas, la valeur pH donne une bonne indication sur la réaction du sol et la disponibilité des éléments nutritifs. Pour certains cas avec des situations particulières, la CEC peut néanmoins être très utile afin d'approfondir d'éventuels problèmes.

II. Quels sont les effets de la chaux dans le sol ?

Afin de maintenir la valeur pH et la CEC (+ saturation en bases) dans la zone souhaitée, il convient d'apporter régulièrement des apports de chaux dans les sols non-calcaires. Les effets positifs suivants peuvent être obtenus avec des chaulages : **Effet calcaire chimique** : Par des apports de chaux, les ions H^+ avec effet acide sont remplacés sur le complexe argilo-humique par des ions Ca^{2+} , ils partent en solution et sont finalement liés, ce qui augmente la valeur pH et la saturation en bases. Des places chargées négativement sur le complexe argilo-humique deviennent libres pour des éléments nutritifs. Lorsque la valeur pH se trouve en zone acide, la disponibilité du phosphore (P), bore (B) et molybdène (Mo) peut être améliorée par un chaulage.

Pour d'autres éléments comme le fer (Fe), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu) ou le zinc (Zn), mais aussi pour le phosphore (P), la disponibilité peut aussi diminuer, lorsque la valeur pH se trouve en zone alcaline.

Effet calcaire physique : Les ions calcium (Ca^{2+}) libérés favorisent la formation d'agrégats. Ils forment des ponts entre les particules d'argile et d'humus chargées négativement, ce qui influence positivement la structure du sol. Ainsi les échanges d'air et d'eau sont indirectement améliorés dans le sol.

Effet calcaire biologique : Une valeur pH optimale et une bonne circulation de l'air et de l'eau favorisent la vie du sol. Cela stimule les processus de décomposition et de métabolisation, tels que la décomposition des résidus de récolte et la minéralisation.

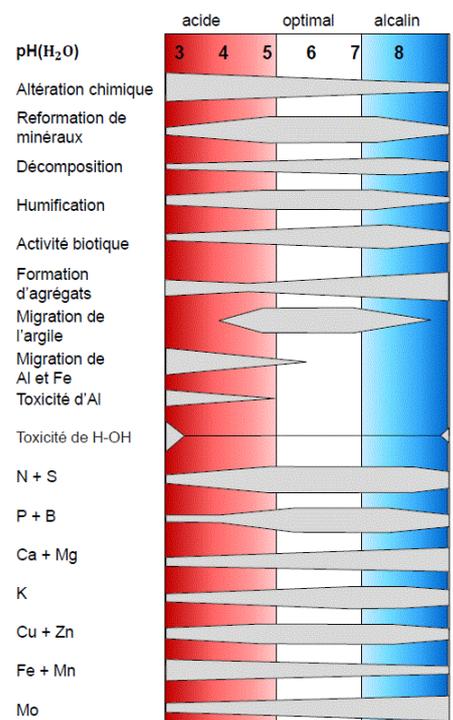


Fig. 1 : Relation entre le pH et la disponibilité des éléments nutritifs ainsi que les processus chimiques et biologiques dans le sol (source : PRIF 2017)

III. Quelle est l'influence de différents engrais sur la valeur pH ?

Lors de l'utilisation des engrais, il faut aussi considérer leurs effets sur la réaction du sol. Surtout les engrais contenant de l'ammonium (NH_4^+), de l'urée ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) et d'autres formes de N organique ainsi que du soufre élémentaire et organique ont un effet fortement acidifiant. Les engrais de ferme peuvent aussi influencer de différentes manières la valeur pH. L'apport de matière organique et son humification peut augmenter la capacité de tampon du sol, c'est-à-dire la capacité de lier des acides. D'autre part des acides sont libérés lors de la minéralisation et de la mise à disposition d'éléments nutritifs. En principe, la valeur pH peut être mieux tamponnée grâce à l'apport de compost et de fumier. Concernant le lisier, il faut différencier selon les espèces animales. Ainsi le lisier de bovins a un effet acidifiant, par contre le lisier de porcs a peu d'effet sur la valeur pH.

IV. Quels sont les types d'amendements calcaires et quels sont leurs effets sur la réaction du sol ?

Les amendements calcaires contiennent des éléments avec effet basique (Tab. 1). La rapidité d'action dépend de la formule chimique et de la finesse de mouture. Concernant la formule chimique, les oxydes de calcium et de magnésium agissent plus rapidement que les carbonates de calcium et de magnésium. La finesse de mouture est un facteur décisif de la réactivité avant tout pour les carbonates. En raison de l'agrandissement de la surface des particules, plus fine est la mouture, plus rapide est l'action de l'amendement calcaire. Si un effet rapide est souhaité, le produit devrait contenir au moins 90% de particules fines < 0.1 mm. L'effet des différents amendements sur la valeur pH est représenté par la valeur neutralisante (Tab. 1). Les ions calcium et magnésium contenu dans les amendements sont naturellement aussi des éléments nutritifs importants pour les plantes. Aussi bien la valeur neutralisante que la teneur en calcium et magnésium par unité de poids varient en fonction des différentes compositions chimiques des amendements.

Tab. 1: Eléments avec effet basique, valeur neutralisante (VN), conversion en équivalents CaO ainsi que teneur en calcium et magnésium

Nom	Formule chimique	VN	Équivalents CaO	kg Ca/tonne	kg Mg/tonne
Oxyde de calcium	CaO	1.00	CaO x 1	715	
Oxyde de magnésium	MgO	1.39	MgO x 1.39		603
Carbonate de calcium	CaCO ₃	0.56	CaCO ₃ x 0.56	400	
Carbonate de magnésium	MgCO ₃	0.67	MgCO ₃ x 0.67		288

V. Quel produit choisir ?

Le choix du produit dépend de l'effet souhaité. Si la valeur pH doit être relevée rapidement, on parle de chaulage de correction (1). Si la valeur pH doit être maintenue à long terme dans la zone souhaitée, des chaulages d'entretien (2) doivent être envisagés tous les 2-3 ans. En plus de l'effet basique, les amendements ont aussi un effet fertilisant (3). Il faut encore tenir compte de la disponibilité des produits et de leur prix lors de la planification. Dans la Tab. 2 se trouve une liste non-exhaustive de produits disponibles sur le marché.

Tab. 2: Amendements calciques et leurs teneurs (PRIF 2017)

Nom commercial	Formule chimique	Teneur (%)	Effet neutralisant, équivalents CaO% ⁽¹⁾	Action
Chaux Calcaire moulu Carbonate de calcium	CaCO ₃	>90	50	lente
Chaux d'algues marines	CaCO ₃ MgCO ₃	75-80 10	50	lente
Dolomie	CaCO ₃ MgCO ₃	50-60 40	45-50	lente
Chaux vive	CaO	75-90	75-90	rapide
Chaux vive-chaux magnésienne	CaO MgO	60 25	95	rapide
Chaux d'Aarberg	CaCO ₃	54	30	moyenne
Engrais calcique, sous-produit de l'extraction de gravier	CaCO ₃	Variable selon provenance et charge		lente

⁽¹⁾ Référence pour l'effet chaulant. Valeur neutralisante exprimée en équivalents CaO% déterminée par calcul = Teneur en % x (CaCO₃ x 0.56 + MgCO₃ x 0.67 + CaO x 1 + MgO x 1.39)

(1) Chaulage de correction : Pour un chaulage de correction, il convient de choisir des produits avec un effet rapide. Il est possible d'utiliser de la chaux vive ou de la chaux vive magnésienne (CaO/MgO). Ces chaux sont produites par thermolyse du calcaire durant laquelle se forment du gaz carbonique (CO₂) et de petits cristaux, ce qui augmente nettement la réactivité. Il est aussi possible d'utiliser des carbonates de calcium ou de magnésium (CaCO₃/MgCO₃) contenant au moins 90% de particules fines < 0.1 mm.

(2) Chaulage d'entretien : Lorsque l'amendement doit avoir un effet à long terme, comme souhaité lors d'un chaulage d'entretien, les produits choisis contiennent idéalement des carbonates de calcium et de magnésium (CaCO₃/MgCO₃). Pour les carbonates de calcium, provenant de calcaires broyés, utilisés pour le lavage lors de l'extraction de gravier ou par les sucreries (Chaux d'Aarberg), la vitesse d'action dépend d'une part du produit d'origine et d'autre part surtout de la finesse de mouture du produit. En principe, plus le produit est moulu finement, plus rapidement il agit, en fonction de la surface agrandie des particules.

Les produits plus grossiers entre 0.5 et 1 mm peuvent être épandus avec un semoir à engrais, mais leur vitesse d'action est nettement moins rapide.

(3) Effet fertilisant : le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) sont des éléments nutritifs importants. Par exemple, un hectare de luzerne exporte environ 200 kg de calcium par ha et par année. Dans la Tab. 1 figurent les kilogrammes de calcium et magnésium apportés avec une tonne d'amendement. Un calcaire moulu contenant 90% de carbonate de calcium (CaCO₃) amène ainsi environ 360 kg de calcium. En comparaison, 20 m³ de lisier de porc apportent environ 40 kg de calcium, 10 tonnes de fumier de poulets apportent environ 50 kg de calcium. La Chaux d'Aarberg contient par tonne environ 200 kg de calcium, 12 kg de phosphore P₂O₅, 6 kg de magnésium et 110 kg de matière organique. Le gips est un engrais calcium, mais il n'a aucun effet basique.

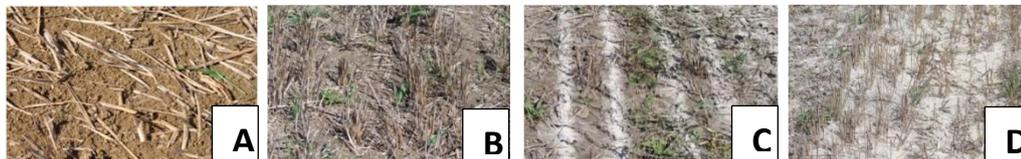


Fig. 2 : (A) La chaux de gravière est un sous-produit de l'extraction de gravier ou de concassage de calcaire, sa teneur varie selon la provenance. (B) La chaux granulée a moins de surface de contact avec le sol et a un effet plus lent que la chaux moulue. (C) Les produits moulus très finement doivent être épandus avec des tuyaux ou des barres d'épandage proches du sol afin de minimiser les pertes. (D) La Chaux d'Aarberg est moulue moins finement et peut aussi être épandue avec une épandeuse à disques.

VI. Comment calculer la quantité d'amendement nécessaire ?

La quantité de chaux nécessaire peut être estimée avec la valeur pH ou bien (selon l'analyse) avec la saturation en bases. Selon Tab. 3 et Tab. 4, la quantité est déterminée en équivalents d'oxyde de calcium (CaO). Avec des taux d'argile et d'humus plus élevés, la capacité tampon du sol augmente, il y a plus de ions H⁺ liés au complexe argilo-humique. Pour avoir un effet sur la valeur pH, il faut par conséquent amener plus de chaux lorsque la teneur en argile est plus élevée. Sur des prairies naturelles, il est plus judicieux d'amener des petites quantités tous les 2 ans, car la valeur pH a aussi un effet sur la composition botanique. Des quantités de chaux supérieures à 20 dt CaO/ha doivent être généralement fractionnées sur plusieurs années. De trop grosses quantités de chaux apportées en une fois peuvent avoir une influence négative sur la disponibilité du phosphore, des micro éléments et sur la vie du sol.

Tab. 3: Estimation des apports de chaux (dt CaO/ha) d'après le pH et la teneur en argile (source: PRIF 2017)

Teneur en argile et en humus	pH du sol	Chaulage de correction		Chaulage d'entretien	
		dt CaO/ha		dt CaO tous les 4-5 ans	dt CaO/ha et par année
		Grandes cultures, Légumes, Vignes, Vergers	Prairies permanentes	Prairies permanentes	Vergers
<10% argile	<5.3	20	10	-	2.5-3
	5.3-5.8	15	7.5	5-7	1-2.5
	5.9-6.2	10	5	5-7	0.5-1
	>6.2	0	0	-	0-0.75
10-20% argile	<5.3	25	12.5	-	3-4
	5.4-5.8	20	10	6-9	1.5-2.5
	5.9-6.2	15	7.5	6-9	0.75-1.25
	>6.2	0	0	-	0-1
20-30% argile	<5.3	30	15	-	3.5-4.25
	5.4-5.8	25	12.5	8-10	2.5-3.5
	5.9-6.2	20	10	8-10	1-1.5
	>6.2	0	0	-	0-1.25
>30% argile	<5.3	35	20	-	5-6
	5.4-5.8	30	17.5	9-12	2-5
	5.9-6.2	25	15	9-12	1-2
	>6.2	0	0	-	0-1.5
>10% humus		0	0	-	0

Quantité de produit à amener par ha = Apports de chaux dt CaO/ha (Tab. 3/4) / équivalents CaO (Tab. 2) * 100

Exemple : Calcaire moulu : 15dt CaO par ha / 50 * 100 = 30 dt calcaire moulu par ha

La CEC et la saturation en bases permettent de déterminer directement combien de ions H⁺ sont présents dans le sol et doivent être neutralisés. Le calcul des apports de chaux nécessaires est nettement plus précis avec ces facteurs. L'analyse de la CEC est judicieuse lorsqu'il y a des problèmes de disponibilité des éléments nutritifs, bien que le pH se trouve dans une zone normale.

Tab. 4: Détermination des apports de chaux (dt CaO/ha) en fonction de la saturation en bases et de la CEC (source: PRIF 2017)

Saturation en bases (%)			dt CaO/ha selon la CEC (cmol+ ou méq/100g sol)			
Terres assolées	Prairies permanentes	Vignes Vergers	<10	10-14.9	15-19.9	>20
>60	50	>60	0	0	0	0
50-59	40-49	50-59	7.3	12.5	15.5	20
40-49	30-39	40-49	10	13	21.5	28
<40	<30	<40	13	24.5	27.5	36

VII. A quel moment chauler ?

Le chaulage est possible durant toute l'année lorsque les conditions du sol sont favorables. Idéalement :

- sur les terres assolées: avant la mise en place de la culture ou sur les chaumes
- sur les prairies: à la fin de la saison ou entre deux coupes
- sur les pâturages: à la fin de la saison (odeur)

Ne pas chauler :

- durant les 12 mois avant les pommes de terre (danger de galle) et le tabac
- lorsque le chaulage est effectué directement avant les betteraves sucrières, il faut envisager une application foliaire de bore à cause de l'immobilisation
- en même temps que l'épandage d'engrais de ferme → pertes d'azote sous forme d'ammoniaque (NH₃)

VIII. Epandage

La mécanisation idéale dépend du produit choisi. Pour l'épandage de la Chaux d'Aarberg, un épandeur à disque est avantageux. Des produits granulés disponibles en sacs et big bags peuvent être épandus avec le semoir à engrais.



Fig. 4 : (A) Une chaux des gravières peut être appliquée avec une épandeuse à disque spécialisée. (B) L'épandage à l'aide d'un semoir à engrais pour la chaux sous forme de granulés. (C) Chaux d'Aarberg épandue à l'aide d'une rampe spécialisée additionnée d'une bâche de protection afin de diminuer la poussière. (D) L'épandeuse à rampe spécialisée avec pendillard permet d'appliquer les produits en poudre au plus près du sol afin de limiter les pertes.