

UTILISATION DE LA CHAUX AGRICOLE

Manuel du technicien



2023 – Version 1

Remerciements

La réalisation de ce document a été rendue possible grâce à la mobilisation des acteurs étatiques et non étatiques de Guinée.

L'équipe FOLUR/IFC tient à exprimer sa gratitude envers l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), le Service National des Sols (SENASOL) et l'antenne guinéenne de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour leur contribution au présent document et leur soutien dans l'organisation d'un webinaire qui s'est tenu en avril 2023, portant sur le thème « Chaulage : un outil efficace pour lutter contre l'acidité des sols et augmenter les rendements ».

L'équipe FOLUR/IFC souhaite également exprimer sa reconnaissance envers la société Carrières et Chaux du Mali (CCM), qui a joué un rôle essentiel dans la production du document original, adapté ensuite au contexte guinéen.

© International Finance Corporation 2023 Tous droits réservés.

2121 Pennsylvania Avenue, N.W.

Washington, D.C. 20433

Internet: www.ifc.org

Le contenu du présent document est protégé par le droit d'auteur.

La reproduction ou la distribution partielle ou intégrale du présent document sans autorisation préalable peut constituer une infraction à la législation en vigueur.

IFC ne garantit pas l'exactitude des données contenues dans cette publication et décline toute responsabilité quant aux conséquences de leur utilisation.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

A. L'AGRICULTURE EN GUINEE	5
1. Généralités	5
2. Une utilisation faible des engrais	7
3. Des terres fragiles	7
B. L'ACIDIFICATION DES SOLS	9
1. Le pH	9
2. Étendue de l'acidité des sols en Guinée.....	9
3. Les causes de l'acidité des sols	10
4. Conséquences de l'acidité et solutions	12
C. MESURER L'ACIDITÉ DES SOLS	14
1. Objectif des tests de sol	14
2. Mesure de pH au laboratoire et in situ	14
3. Le papier pH : techniques d'utilisation	15
D. LE CHAULAGE : GÉNÉRALITÉS	18
1. Définition du chaulage	18
2. La dolomie	20
3. Les types de chaulage	20
4. Les indicateurs de gestion du chaulage	21
E. LE CHAULAGE : APPLICATION	23
1. Lire une étiquette de chaux agricole	23
2. La valeur neutralisante VNR	23
3. Rapidité d'action : finesse et solubilité	24
4. Les catégories d'amendements	25
5. Les doses recommandées	26
6. Prise en compte du pH	28
7. ... de la texture du sol	28
8. ... des apports en matière organique	29
9. ... de la pureté	30
10. Quand réaliser le chaulage?	30
F. LE CHAULAGE APPLIQUÉ À LA RIZICULTURE .	32
1. La riziculture de mangrove	32
2. La riziculture pluviale	33
3. Propositions d'actions	33
G. LES CHAMPS-ÉCOLE	35
1. Bien-fondé des démonstrations et étapes.....	35
2. Résultats d'essais de chaulage	37
3. Les bénéfices globaux du chaulage.....	37

INTRODUCTION

En Afrique, l'agriculture emploie environ deux tiers de la main-d'œuvre du continent et contribue en moyenne de 30 à 60 pour cent au Produit intérieur brut (PIB) des paysⁱ.

Cependant, les sols y sont soumis à de rudes épreuves (exportation massive des éléments nutritifs par les cultures, exposition des sols lors des récoltes, utilisation inadéquate des engrais chimiques et pesticides, forte érosion, monocultures, etc.). Ils ne sont pas aussi sains et productifs qu'ils devraient l'être. Au contraire, ces pratiques agricoles non durables conduisent à la dégradation des terres agricoles : 56 % d'entre elles sont concernées par l'aciditéⁱⁱ.

La Guinée n'échappe pas à ce constat.

Cela réduit fortement la productivité des sols et la production agricole, ainsi que les efforts initiés pour parvenir à la sécurité alimentaire.

Il est aujourd'hui primordial de réhabiliter ces sols acides pour contribuer à améliorer la santé des sols agricoles. Cette réhabilitation est aussi nécessaire pour développer des systèmes agricoles résilients face aux changements climatiques.

Rares sont les agriculteurs, surtout les petits exploitants, qui connaissent l'état de la fertilité de leur sol, notamment s'il y a présence d'acidité.

Pourtant, les tests sont simples à effectuer, à petite échelle : les bandelettes de papier pH donnent une indication instantanée au producteur. Une fois ces tests réalisés, l'épandage de la chaux agricole et l'adoption de bonnes pratiques agricoles s'avèrent être des solutions particulièrement efficaces pour lutter contre l'acidité des sols, avec des résultats probants.

Le chaulage, développé en Europe depuis l'antiquité, commence à susciter un réel intérêt en Afrique. L'Éthiopie, le Kenya, la Tanzanie et le Rwanda ont lancé des plans stratégiques pour la réhabilitation/restauration des sols acides, soutenus par des investissements publics substantiels. Ces derniers sont souvent accompagnés d'investissements privés croissants — quoiqu'encore modestes — de la part de l'industrie de la chaux.



Ce manuel est destiné aux techniciens agricoles et à toutes les personnes intéressées par la correction de l'acidité des sols, ainsi que par les techniques de tests et d'application de la chaux agricole.

Il est adapté au contexte guinéen, en particulier à la culture du riz.

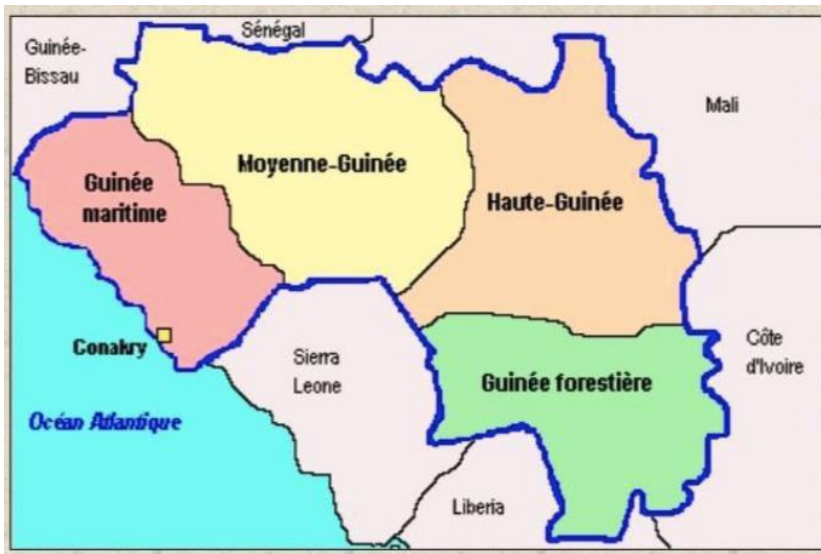
A. L'AGRICULTURE EN GUINÉE

1. Généralités

Situation géographique

Situation générale : La Guinée est un pays côtier d'Afrique de l'Ouest. Il s'étend sur une superficie de 245 857 km².

Le pays comprend quatre régions naturelles :



La Guinée compte 13,5 millions d'habitants (2021) . Le taux de croissance démographique est d'environ 2,4 % par an. Plus de quatre habitants sur 10 vivent en dessous du seuil de pauvreté et presque un sur deux souffre d'insécurité alimentaire.ⁱⁱⁱ

L'agriculture au cœur de la société et de l'économie

Les terres agricoles représentent 59% du territoire.

L'agriculture est la principale source d'emploi du pays et joue un rôle essentiel dans la réduction de la pauvreté et le développement rural. Elle fournit un revenu à 57 % des ménages ruraux et un emploi à 52 % de la main-d'œuvre.

Les agriculteurs guinéens pratiquent essentiellement une agriculture de subsistance, cultivant de petites parcelles de terre pour se nourrir et nourrir leurs familles. Pourtant, l'insuffisance des infrastructures et le faible accès aux services de vulgarisation agricole, aux technologies et aux intrants, sapent la productivité potentielle.

La demande de nourriture dépasse la production nationale, ce qui oblige le pays à se tourner vers les marchés alimentaires internationaux pour combler le déficit. Dans le même temps, la demande internationale croissante de certains produits de base, tels que l'huile de palme, liée à l'agriculture commerciale, est associée à l'expansion des terres agricoles, souvent de manière non durable car basée sur la monoculture.^{iv}

La culture du riz

Le riz est un produit de base essentiel en Guinée en général et en Haute Guinée en particulier. Le riz est de loin la principale culture : 80% des exploitations agricoles, 67% des superficies emblavées, 65% des besoins céréaliers, 37% de la population active, 23% du PIB primaire et 6% du PIB national^v.

La Guinée, située au milieu de la « ceinture rizicole » de l'Afrique de l'Ouest, présente un ensemble diversifié d'environnements de production, chacun avec un ensemble différent de problèmes affectant les avantages potentiels de l'intensification de la production.

Les rendements en riz sont très faibles et stagnent depuis de nombreuses années (1,5 t/ha pour le riz pluvial). La productivité du riz en Guinée est loin derrière la moyenne de l'Afrique de l'Ouest et de ses voisins immédiats comme le Sénégal. Seuls environ 5 % des producteurs de riz utilisent des variétés de semences améliorées, et ils sont encore moins nombreux à recourir aux engrais.

Le riz est également la principale importation alimentaire. De 2013 à 2018, la quantité importée est passée de 406 200 tonnes à 791 600 tonnes/an (environ 50% de la consommation nationale). La consommation de riz par habitant est passée de 92 kg en 2013 à 115 kg en 2019^v.

Le gouvernement guinéen veut atteindre l'autosuffisance alimentaire de sa population par une politique centrée sur la productivité du riz en prenant garde : l'extension des rizières est une menace majeure pour les espaces naturels tout au long du bassin des grands fleuves. En 2015, la Haute Guinée était déjà la région de Guinée produisant le plus de riz (35% de la production totale), c'est aussi la région où l'expansion est la plus probable ^{iv}.

Les systèmes de riziculture

En Guinée, la riziculture est pratiquée sur un large éventail de conditions topographiques et hydrologiques. Il existe quatre grands ensembles de riziculture :

- **La riziculture pluviale**, la plus répandue : 65 % des superficies pour un rendement d'environ 1 t/ha. Ce type de riziculture se rencontre sur les coteaux, les flancs de montagnes jusqu'au sommet, les collines, les plateaux et sur brûlis de forêts après un défrichement récent. Ce système est en crise de fertilité.
- **La riziculture de bas-fond**, qui représente 10 % des superficies rizicoles. Selon le degré de maîtrise de l'eau, il existe deux systèmes de cultures : le système aménagé et le système non aménagé. Les rendements se situent entre 1,5 et 2,5 t/ha.
- **La riziculture de plaines alluviales**, localisée le long des grands fleuves comme le Niger, le Milo ou le Tinkisso. C'est une riziculture tributaire des facteurs climatiques (insuffisance ou excès de précipitations, date d'arrivée ou de retrait des crues) et du faible niveau d'intensification. Ce système est surtout répandu en Haute Guinée et dans les préfectures de Gaoual et de Koundara (Moyenne Guinée). Il représente 9 % des superficies et ses rendements varient entre 500 kg et 2 t/ha en fonction des crues du Niger et de ses affluents.
- **La riziculture de mangrove**, qui représente 16 % des superficies rizicoles, avec des rendements qui se situent entre 1,5 et 3,5 t/ha. La fertilité de ces zones peut être stable si l'eau de mer, riche en limon, est admise dans les parcelles en

saison sèche. Ce système est pratiqué le long du littoral par les populations autochtones. Il est traditionnel chez les populations Baga qui quadrillent les zones de mangrove avec des diguettes séparant les casiers rizicoles et empêchant l'intrusion d'eau salée.

Les principales contraintes du riz

Le riz guinéen fait face à de multiples contraintes :

- ✓ Contraintes biotiques : enherbement et maladies (pyriculariose, helminthosporiose, panachure jaune, etc.)
- ✓ Contraintes abiotiques : sécheresse, toxicité ferreuse, salinité, submersion etc.

À cela s'ajoutent les coûts élevés de production, la non-utilisation d'intrants de qualité (variétés améliorées, engrais et herbicides), et le faible niveau de mécanisation de l'agriculture.

Les cadres de référence des politiques et stratégies agricoles

Le développement des cultures vivrières notamment du riz demeure un axe stratégique de la Politique Nationale de Développement Agricole (PNDA) dans le cadre de la réalisation des objectifs de sécurité alimentaire de la Guinée.

Une telle option se fonde sur l'importance du riz comme aliment de base en Guinée et sur la nécessité de préserver les populations rurales productrices de la vulnérabilité alimentaire.

Au regard de ce qui précède et en harmonie avec les objectifs de la Coalition pour le Développement de la Riziculture en Afrique (CARD), la stratégie nationale du riz, se fixe comme objectif l'autosuffisance du pays en riz à l'horizon 2025 et l'exportation du surplus sur les marchés sous-régional et international. Dans cette perspective, il s'agira d'assurer une offre en riz suffisante en quantité et en qualité, et assez rémunératrice pour les producteurs^v.

2. Une utilisation faible des engrais

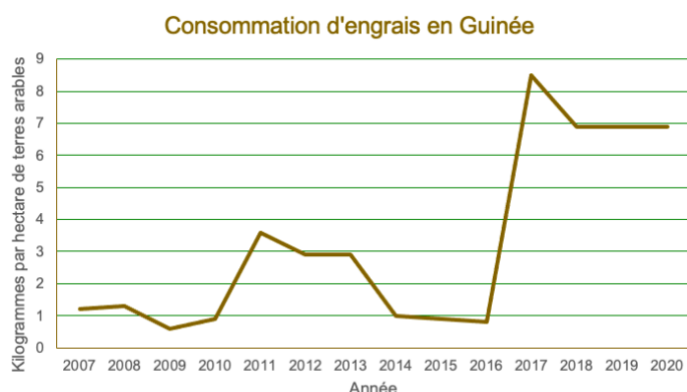
La faible utilisation des intrants, la salinisation des sols et le caractère aléatoire des précipitations poussent le plus souvent les producteurs à adopter des pratiques culturales non durables, notamment l'agriculture extensive pour augmenter leurs productions agricoles.

Seulement, il est de plus en plus difficile de compter sur les stratégies d'extensification pour soutenir la croissance agricole et subvenir aux besoins de la population guinéenne, notamment à cause du changement climatique, de la croissance démographique et du déclin de la fertilité des sols.

La voie préconisée est l'intensification de la production agricole à travers une augmentation de la productivité. Cette stratégie nécessite un recours à l'utilisation des engrais minéraux, qui constituent le meilleur moyen pour restaurer la fertilité des sols et accroître les rendements des plantes cultivées.

L'application moyenne des engrais azotés et phosphatés par hectare de terre agricole, en croissance depuis plusieurs années, est d'environ 6,8 kg par hectare^{vi}.

Ce chiffre est loin de l'objectif de 50 kg/ha fixé par les gouvernements africains à travers le Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture Africaine (PDDAA).



Source : Banque mondiale

3. Des terres fragiles

La fertilité des sols des terres potentiellement cultivables, estimée à 6,2 millions d'hectares, est constamment dégradée.

En Guinée, 1,6 million de personnes vivaient sur des terres agricoles dégradées en 2010, soit une augmentation de 25 % en dix ans, ce qui porte la part des résidents ruraux qui habitent sur des terres agricoles dégradées à 22 % de la population rurale totale.

La dégradation des terres peut avoir une incidence considérable sur les moyens de subsistance des populations en les empêchant d'accéder aux écosystèmes vitaux.^{iv}

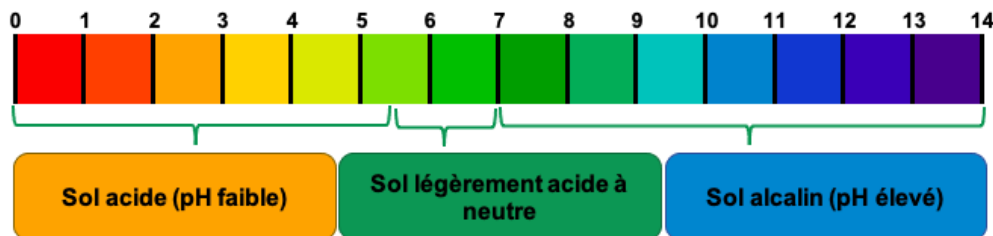


Manifestation de l'acidité des sols sur une rizière.

B. L'ACIDIFICATION DES SOLS

1. Le pH

Le pH (ou potentiel hydrogène) du sol est une mesure du niveau d'acidité ou de basicité d'un sol. Il varie entre 0 et 14 sur une échelle logarithmique.

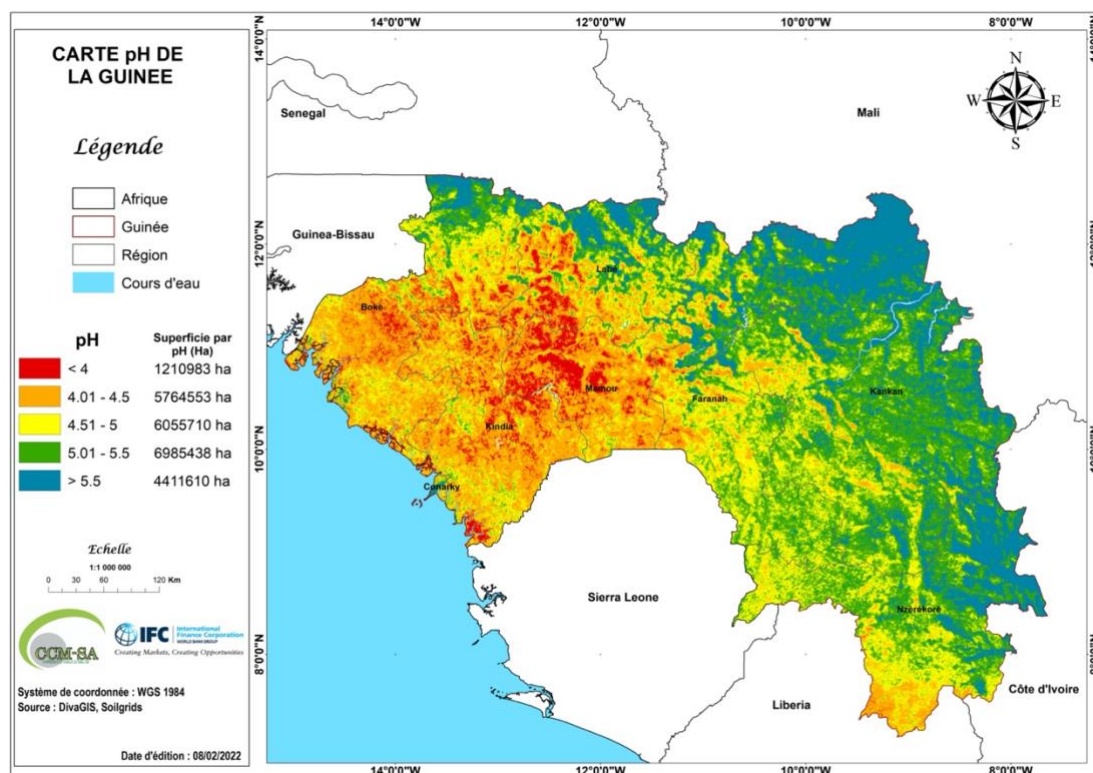


Le pH d'un sol est une mesure importante, car il indique la disponibilité des nutriments dans le sol, l'activité microbienne et la croissance des plantes.

Pour aller plus loin : Ions acides et ions basiques

- ✓ Plus un sol est acide, plus les ions hydrogène H^+ seront nombreux et, dans une certaine mesure, les ions aluminium (Al^{3+}), fer (Fe^{2+}) et manganèse (Mn^{2+}).
- ✓ Dans un sol basique, les cations basiques calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), potassium (K^+) et sodium (Na^+) sont abondants.
- ✓ Lorsque les ions acides et les ions basiques sont équilibrés, le milieu du sol est dit neutre et stable, jusqu'à ce que d'autres facteurs interviennent et déstabilisent à nouveau le fragile équilibre.

2. Étendue de l'acidité des sols en Guinée



3. Les causes de l'acidité des sols

L'acidification des sols résulte d'un ensemble de processus complexes enclenchés à la fois par des phénomènes naturels et par l'activité humaine. Elle est liée à l'activité biologique naturelle des sols. Dans le monde, l'acidité affecte 30 % des sols et 75 % des sous-sols des terres non recouvertes par la glace.

L'acidification des sols dépend de leur nature, de la végétation, des conditions climatiques et des facteurs externes, notamment des pratiques agricoles : choix des cultures, exportations des résidus et formes d'engrais apportées.

La simplification du travail du sol ou le zéro labour a tendance à acidifier davantage la couche superficielle du sol, où s'accumulent les engrais azotés dans les systèmes de production intensive. Un suivi régulier de cette couche superficielle est primordial^{vii}.

Les principales causes naturelles ou anthropiques de l'acidification des sols sont les suivantes :

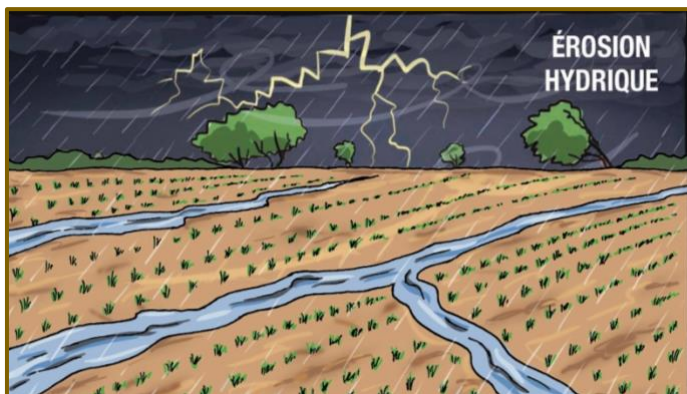


- **Utilisation d'engrais azotés**, en particulier lorsqu'ils sont appliqués de façon inadéquate, au-delà des besoins des cultures, notamment dans les systèmes agricoles intensifs pratiquant la monoculture. La volatilisation des engrais azotés et les pertes par lessivage des nitrates ont une action acidifiante. Une fertilisation azotée efficace et raisonnée réduit l'acidification.



- **Exportation des débris végétaux après récolte et/ou des résidus de culture (pour le fourrage ou le brûlis par exemple)**. Durant sa croissance, la plante utilise certains nutriments (calcium, magnésium et potassium) qui sont stockés dans les feuilles, la tige et les graines. Après récolte, si ces différentes parties de la plante sont laissées sur place, ces nutriments sont restitués au sol et contribuent à l'alcaliniser. Par contre, l'exportation des résidus contribue à appauvrir et à acidifier le sol.

- **L'apport d'engrais organiques en excès**. L'activité des micro-organismes et des racines peut alors acidifier le sol.



POUR LES RIZIÈRES AMÉNAGÉES

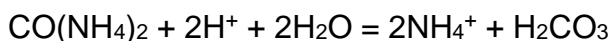
Lixiviation, ruissellement, irrigation mal maîtrisée, saisons des pluies longues, pluies acides. Ils favorisent l'acidification du sol en entraînant les éléments basiques en profondeur. Dans ces cas-là, l'aluminium (parfois le manganèse) peut devenir très disponible au point d'être toxique : on parle de toxicité aluminique. D'autres éléments comme l'azote, le calcium, le phosphore, le magnésium et le potassium deviennent alors moins faciles à absorber par les cultures. Les sols facilement lessivables comme les limons, le sable, le grès et certains granites seront plus sensibles à ces phénomènes.

Pour aller plus loin : Nitrification, volatilisation

- ✓ Les engrais azotés contribuent à l'acidification, par la nitrification. L'ammonium (NH_4^+) se transforme en nitrates (NO_3^-) en produisant deux protons H^+ , selon l'équation :



- ✓ Selon la forme chimique des engrais (urée ou engrais ammoniacal notamment), l'acidification sera plus ou moins accentuée.



L'ion NH_4^+ est converti en nitrate selon la formule ci-dessus, avec quatre ions d'hydrogène libérés par les deux ions d'ammonium.

- ✓ La volatilisation des ions NH_4^+ en NH_3 est aussi acidifiante, puisqu'il y a production de protons H^+ .

Pour aller plus loin : La toxicité aluminique

Lorsque la quantité d'ions Al^{3+} (ou $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ ou $\text{Al}(\text{OH})_2^+$) devient trop importante, ils entrent en réaction avec les bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+) en formant des composés complexes qui créent des sortes de « bouchons » empêchant les autres éléments (phosphore, magnésium, potassium, calcium) d'être disponibles pour la plante. Les racines de la plante n'ont alors plus la possibilité de se développer.



pH 6,8

Conséquences de la toxicité aluminique sur le développement racinaire de plants de maïs.



pH 5,2

Pour aller plus loin : Minéralisation de la matière organique

La minéralisation de la matière organique, c'est-à-dire la transformation des molécules complexes en molécules plus simples, n'implique pas que ces dernières soient disponibles pour les plantes. Le rapport carbone/azote est déterminant dans le choix de l'engrais organique à apporter. La valeur optimale de ce rapport devra se situer entre 10 et 25 pour que le sol puisse nourrir correctement la plante.

4. Conséquences de l'acidité et solutions

Dans un sol acide, les cultures et les parcelles présentent généralement les symptômes suivants :

- Une faible vigueur de la plante,
- Une entrave à la croissance des plantes,
- Une faible nodulation des légumineuses,
- Un ralentissement de la croissance des racines,
- La persistance des mauvaises herbes tolérantes à l'acide,
- Une décoloration jaune/rouge des feuilles,
- Une incidence accrue des maladies,
- Une faible densité des cultures.

Ces effets néfastes sont dus au fait que la plante ne parvient pas à prélever les nutriments dont elle a besoin : potassium, phosphore et azote notamment. Ces derniers sont souvent présents, mais ne sont pas disponibles, à cause de l'une ou plusieurs des raisons énumérées plus haut. Ces phénomènes sont dynamiques et complexes.

L'activité biologique du sol est aussi fortement perturbée par l'acidité des sols, car cette dernière influence la composition de la microflore (bactéries, champignons) et l'activité de certains vers de terre du sol.

Enfin, l'acidité des sols est une cause majeure de la baisse de rendement des cultures et donc de la baisse des revenus agricoles.

Dans l'optique de circonscrire le problème d'acidité afin d'améliorer la fertilité, des solutions existent pour préserver les propriétés physico-chimiques des sols :

- ✓ Le recours aux semences tolérantes à l'acidité des sols
- ✓ Les amendements organiques (matière organique, chaux agricole, etc.)
- ✓ Les amendements minéraux basiques (AMB)

La chaux, qui nous intéresse dans ce document, fait partie des amendements minéraux basiques.

Le chaulage permet :

- ✓ D'augmenter le pH du sol
- ✓ D'améliorer la structure (propriétés physico-chimiques) du sol et de sa productivité.
- ✓ D'éliminer les éléments gênants tels que les mauvaises herbes, les champignons et micro-organismes pathogènes, etc.

- ✓ D'améliorer l'activité biologique du sol
- ✓ D'améliorer l'efficacité des engrais minéraux.



Le chaulage contribue à la réduction de l'acidité des sols et à l'amélioration de la productivité des cultures.

C. MESURER L'ACIDITÉ

Ce chapitre technique aborde les points suivants :

- ✓ Les différents outils existants pour tester un sol.
- ✓ Les étapes nécessaires pour un test de sol au moyen de bandelettes pH.

1. Objectifs des tests de sol

Pour évaluer le degré d'acidité d'un sol, il est nécessaire au préalable de mesurer son pH. Cette mesure suffit à effectuer un diagnostic d'acidité pour déterminer s'il est nécessaire de chauler ou non.

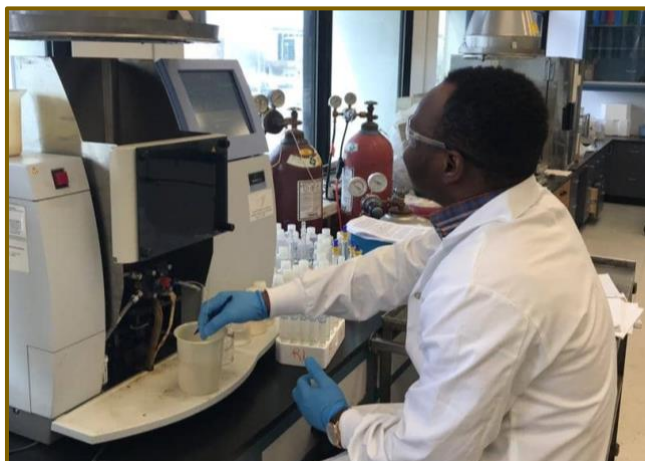
La mesure au papier pH est généralement fiable, la marge d'erreur est faible.

2. Mesures de pH au laboratoire et in situ

La première manière de mesurer le pH consiste à effectuer une analyse au laboratoire :

✓ Avantages : la mesure du pH est précise, ce qui est intéressant lorsqu'un chaulage est envisagé sur de grandes surfaces.

✓ Inconvénients : la démarche est coûteuse ; les échantillons doivent être transportés jusqu'au laboratoire ; enfin, l'analyse peut prendre plusieurs jours.



La deuxième méthode consiste à recourir à des kits mobiles. Ces « laboratoires dans une boîte » utilisent des mini-versions des appareils de mesure de laboratoire pour des séries d'analyses visant à évaluer les paramètres du sol : pH, nitrate, soufre disponible, phosphore disponible, potassium disponible, carbone actif du sol (matière organique), conductivité électrique (indicateur des niveaux de fertilité générale et de la salinité), ainsi que certaines propriétés physiques des sols comme la texture, entre autres. Tous les instruments fonctionnent avec des batteries et utilisent l'eau potable (localement disponible dans des bouteilles en plastique) pour permettre l'analyse de sol dans les endroits les plus reculés et donner des résultats sur le champ.

✓ Avantages : le kit peut être transporté directement sur site ; il peut être composé d'une sonde unique ou bien d'un diagnostic complet du sol, etc.

✓ Inconvénients : le kit doit être manipulé par un(e) spécialiste ; la démarche reste coûteuse pour le producteur (comme au laboratoire).



Les kits d'analyse mobile permettent d'effectuer une panoplie de mesures de différents paramètres. Ils comprennent un pH-mètre.

Le pH-mètre est un boîtier de mesure du pH. Il se compose d'une électrode double, connectée à un boîtier électronique affichant sur un écran la valeur de pH mesurée. Cet appareil de mesure donne une indication plus précise du pH d'une solution que le papier pH.

Son étalonnage est indispensable à l'aide de deux solutions tampons, avant utilisation :

- ✓ Une première solution présentant un pH neutre (= 7)
- ✓ Une seconde solution ayant un pH acide (= 4) ou un pH basique (= 9).

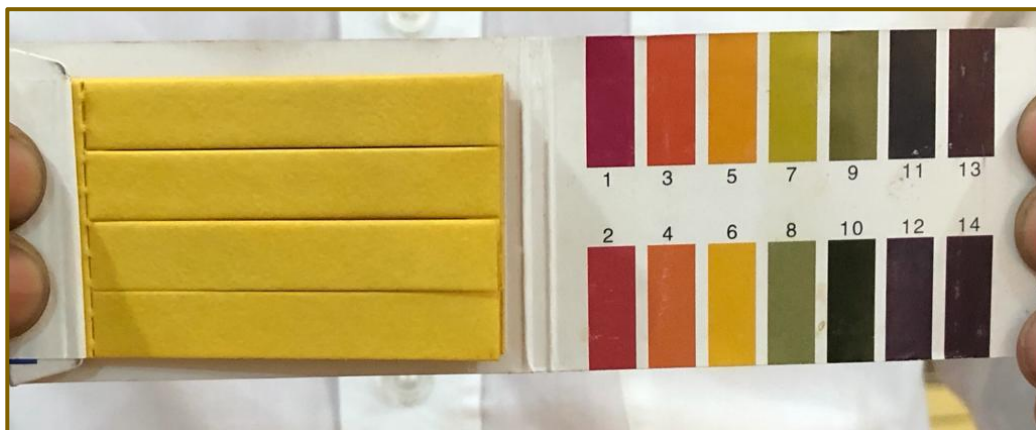
Après étalonnage, l'électrode est rincée avant d'être trempée dans la solution boueuse (sol+eau) à tester.

La lecture du résultat est quasiment immédiate, simple et fiable.

3. Le papier pH : techniques d'utilisation

La méthode la plus couramment utilisée et la moins coûteuse est l'utilisation du papier pH.

Le papier pH est une bandelette de papier, imbibée d'un mélange d'indicateurs. Il permet de mesurer globalement l'acidité ou la basicité d'un corps ou d'une solution.



Lorsque l'on trempe la bandelette dans une solution, elle change de couleur selon le pH du sol.

Méthode d'utilisation



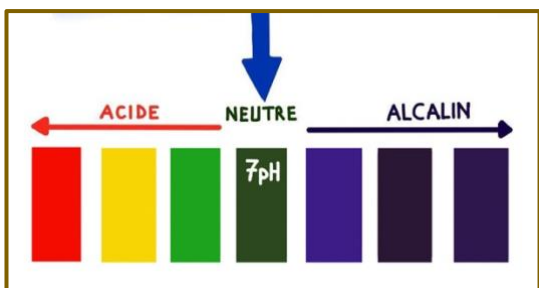
Prélèvement d'échantillons de sol

- ✓ Sélectionner plusieurs points de la parcelle. Par exemple, là où les rendements sont le meilleur, moyen et le plus faible.
- ✓ Prélever une poignée de terre à 4-5 cm de profondeur (il est inutile d'aller plus en profondeur).
- ✓ Placer les échantillons dans des récipients très propres.
- ✓ Éliminer les déchets de chaque échantillon à analyser.

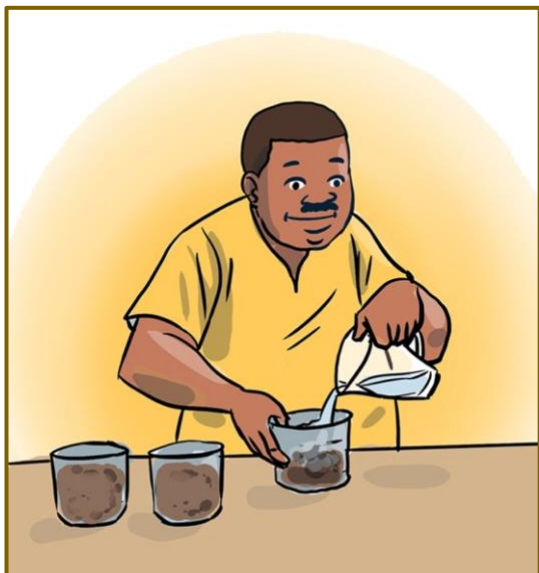


Prélèvement d'eau et vérification de son pH

- ✓ Puiser de l'eau propre issue d'une rivière ou d'un puits.
- ✓ En verser un peu dans un récipient très propre.
- ✓ Tremper la bandelette de papier pH pendant 5 à 10 secondes.
- ✓ Sortir la bandelette et la secouer.

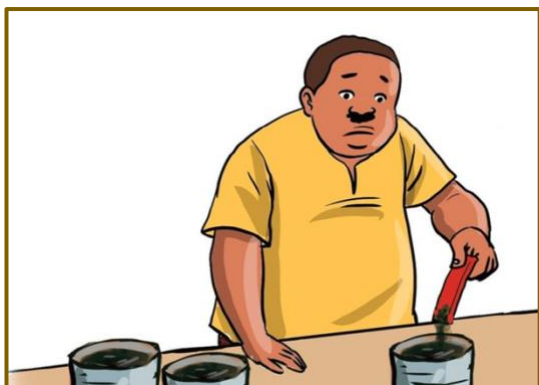


- ✓ Le papier pH doit afficher une valeur proche de 7 à la lecture. Si ce n'est pas le cas, il faut éviter d'utiliser cette eau.

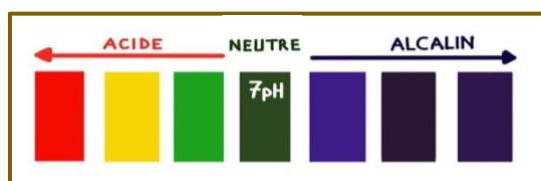


Test des échantillons de terre

- ✓ S'assurer que le pH de l'eau a été évalué au préalable.
- ✓ Verser l'eau dans les récipients contenant l'échantillon.
- ✓ Mélanger le contenu de chaque récipient jusqu'à homogénéisation, sans laisser décanter. Utiliser un bâton pour mélanger.



- ✓ Tremper la bandelette de papier pH pendant 5 à 10 secondes dans le mélange boueux.
- ✓ Sortir la bandelette et la secouer.



- ✓ La couleur que prend le papier indique le niveau d'acidité, de neutralité ou d'alcalinité du sol (acide, neutre ou alcalin).
- ✓ Lire et noter ce chiffre.
- ✓ Faire de même avec une nouvelle bandelette pour chaque échantillon.

Pour aller plus loin : Fondements de la notion de pH

Un pH de 6 est 10 fois plus acide qu'un pH de 7, mais un pH de 5 est 100 fois plus acide qu'un pH de 7.

En effet, le potentiel hydrogène est fonction de la quantité d'ions hydrogène selon les formules logarithmiques suivantes : $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ et $\text{H}^+ = \log[10^{-\text{pH}}]$

Plus les ions H^+ sont nombreux dans une solution, plus le pH est bas et inversement.



A RETENIR

- ✓ Il est plus pratique de tester le sol avec un papier pH pour décider de chauler ou non.
- ✓ Pour une meilleure précision des résultats, il peut être intéressant de se référer à un laboratoire.
- ✓ Ne jamais oublier de tester l'eau qui va être utilisée avant de tester l'échantillon de sol.

D. LE CHAULAGE : GÉNÉRALITÉS

1. Définition du chaulage

Le chaulage est une technique agricole consistant à diminuer l'acidité d'un sol en y apportant des produits contenant du calcium seul (calcaire, chaux calcique) ou du calcium et du magnésium (dolomie, chaux dolomitique) en vue d'améliorer sa fertilité et d'élever l'efficacité des engrais minéraux.

L'effet recherché à travers le chaulage des sols acides est de réduire l'acidité du sol en augmentant le pH à un niveau favorable à l'amélioration de la croissance des plantes dans les terres agricoles et les forêts aménagées.

Il existe couramment quatre types de chaux :



- ✓ **Le calcaire (carbonate de calcium, CaCO_3)** : il est le moins cher et est directement obtenu à partir du broyage de roches provenant de gisements calcaires naturels. Il ne nécessite pas de traitement ultérieur et n'est pas corrosif.



- ✓ **Le calcaire dolomitique ou dolomie** : il contient à la fois du carbonate de calcium et de magnésium. Il provient aussi du broyage de roches issues de gisements naturels. Il doit présenter des caractéristiques particulières pour être qualifié de dolomie (voir plus bas).



- ✓ **La chaux brûlée ou chaux vive** : c'est une poudre blanche très corrosive, obtenue en chauffant du calcaire ou du calcaire dolomitique dans un four afin d'en chasser le CO_2 . L'utilisation de la chaux vive en l'agriculture n'est pas recommandée, à cause des températures élevées causées par sa réaction avec l'eau du sol. Son utilisation requiert un équipement spécialisé pour éviter les brûlures.

✓ **La chaux hydratée ou chaux éteinte (hydroxyde de calcium)** : elle est produite en brûlant du calcaire ou du calcaire dolomitique en présence de vapeur d'eau. La fabrication de la chaux éteinte est rapide, mais coûteuse.



Gisement de roches dolomitiques à Karaga, au Mali, utilisé pour la production de chaux agricole.

Pour aller plus loin : Les réactifs et produits en présence

- ✓ Le chaulage apporte des amendements ou produits basiques, par exemple les carbonates de calcium (CaCO_3) et de magnésium (MgCO_3), susceptibles de libérer des anions basiques : carbonates (CO_3^{2-}), bicarbonates (HCO_3^-), etc. qui se lient avec les cations acides du sol.
- ✓ L'objectif est de réduire l'acidité du sol en neutralisant les cations responsables (H^+ , Al_3^+ , Fe_2^+ , Mn_2^+) de cette acidité.
- ✓ Le chaulage permet de rendre disponibles les éléments minéraux comme l'ammoniac (NH_3), le phosphore (P_2O_5), le magnésium (MgO) et les oligo-éléments comme le molybdène (Mo), le manganèse (Mn), le bore (BO_3), le zinc (Zn) ou le cuivre (Cu) pour la plante.

Le choix d'apporter à la fois du calcium et du magnésium doit se raisonner en fonction des résultats d'analyse de sol. Si le sol est suffisamment pourvu en magnésium, l'épandage des produits sans magnésium est beaucoup plus économique.

Dans un sol carencé en magnésium, une dose annuelle de 30 à 60 kg d'oxyde de magnésium (MgO) par hectare suffit pour satisfaire les besoins des cultures. Cette dose doit être d'autant plus élevée que la teneur du sol est faible.

La dolomie, par sa composition, permet de lutter contre l'acidité du sol, mais aussi de corriger les carences en magnésium.



Haut-fourneau dédié à la pyrolyse et au broyage du calcaire brut. (Mali)

2. La dolomie

La chaux agricole, à base de dolomie, est obtenue par un procédé simple, qui consiste en l'extraction, le nettoyage et le broyage d'un gisement de calcaire, pour en faire un produit fini.

Il s'agit d'un carbonate double de calcium et de magnésium, de formule chimique $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, composé de :

- ✓ Au moins 30 % d'oxyde de calcium (CaO)
- ✓ Au moins 15 % d'oxyde de magnésium (MgO)

Traces d'oxyde de silicium ($<1\%$), d'oxyde de fer ($<0,2\%$) et d'oxyde d'aluminium ($<0,3\%$)

Elle se présente sous forme de poudre dont les grains font 0-5 mm de diamètre.

Plus la proportion d'oxyde de silicium (sable), en particulier, est basse, plus la dolomie est de bonne qualité.

La dolomie est utilisée pour corriger l'acidité des sols en agriculture conventionnelle, industrielle et biologique ainsi que pour l'aviculture et l'élevage, et comme additif stimulant dans l'industrie des engrais.

3. Les types de chaulage

Pour des terres agricoles nécessitant un chaulage, il faut en premier lieu évaluer le besoin en chaux avant de choisir l'amendement et réaliser l'épandage. On distingue le chaulage de redressement et le chaulage d'entretien.

Le chaulage de redressement pour corriger un sol trop acide

Le chaulage de redressement vise à remonter le pH à un niveau souhaitable afin d'obtenir rapidement des conditions optimales pour la culture.

Il s'agit de relever le niveau de pH d'un demi-point ou d'un point au moyen d'un seul traitement pour plusieurs années, à raison de 1000 kg à 1200 kg de dolomie par hectare.

Le chaulage d'entretien pour compenser les sources d'acidification.

La tendance naturelle d'un sol est de s'acidifier. Le chaulage d'entretien consiste à apporter régulièrement (tous les 3 à 4 ans) un amendement basique destiné à maintenir le pH et à restituer au sol les quantités de calcium et de magnésium utilisées au cours du temps. On évalue les quantités à apporter en fonction de l'importance des exportations des résidus de cultures, du lessivage et de l'action acidifiante des engrais minéraux. En moyenne, il est conseillé d'apporter environ 500 kg/ha d'oxyde de calcium (CaO).

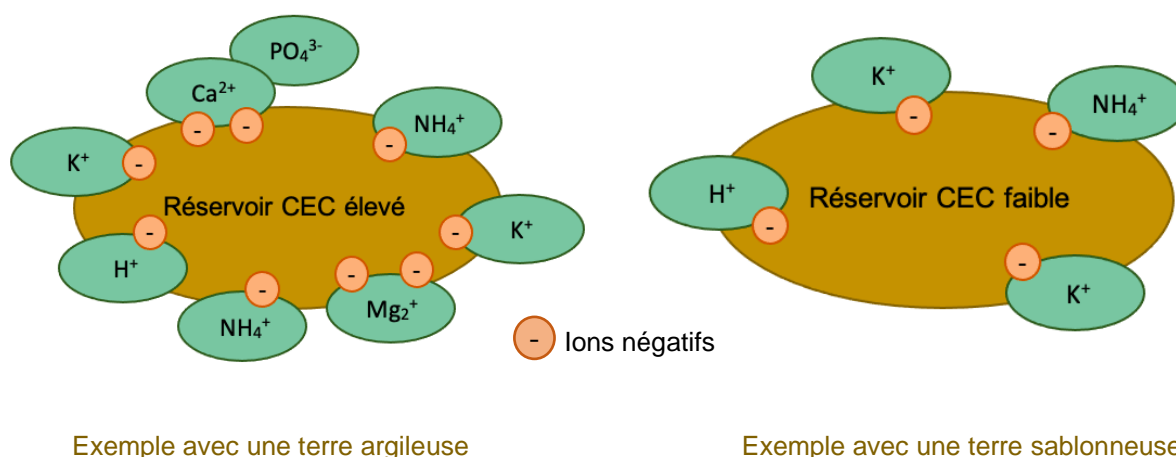
Conjointement à ces traitements, il faut agir sur les causes humaines de l'acidification des sols.

4. Les indicateurs de gestion du chaulage

Pour aller plus loin : Le complexe argilohumique

Le complexe argilohumique (constitué de très fins éléments d'argile et d'humus) d'un sol est naturellement chargé négativement. Les cations ont donc tendance à s'y agglomérer, notamment l'aluminium (Al^{3+}) et l'hydrogène (H^+ , H_3O^+) appelés ions forts. Or, d'un point de vue nutritif et pour limiter l'acidité du sol, les ions faibles (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+) sont plus intéressants. D'où l'ajout de dolomie.

De manière plus imagée, le complexe argilohumique représente le « réservoir » à cations du sol :



- **Premier indicateur : le pH.**

La mesure du pH suffit pour faire un diagnostic et prendre des décisions. La quantité de chaux nécessaire pour atteindre un pH donné varie d'un sol à l'autre.

- **Deuxième indicateur : la Capacité d'Échange Cationique (CEC).**

Il s'agit de la quantité de cations (éléments chargés positivement) qu'un sol peut retenir à un pH donné. Ce peut être des acides forts (hydrogène, aluminium) ou des acides faibles (calcium, magnésium).

L'intérêt du chaulage sera de mettre en place des acides faibles à la place des acides forts, car ces derniers sont responsables de l'acidification du sol.

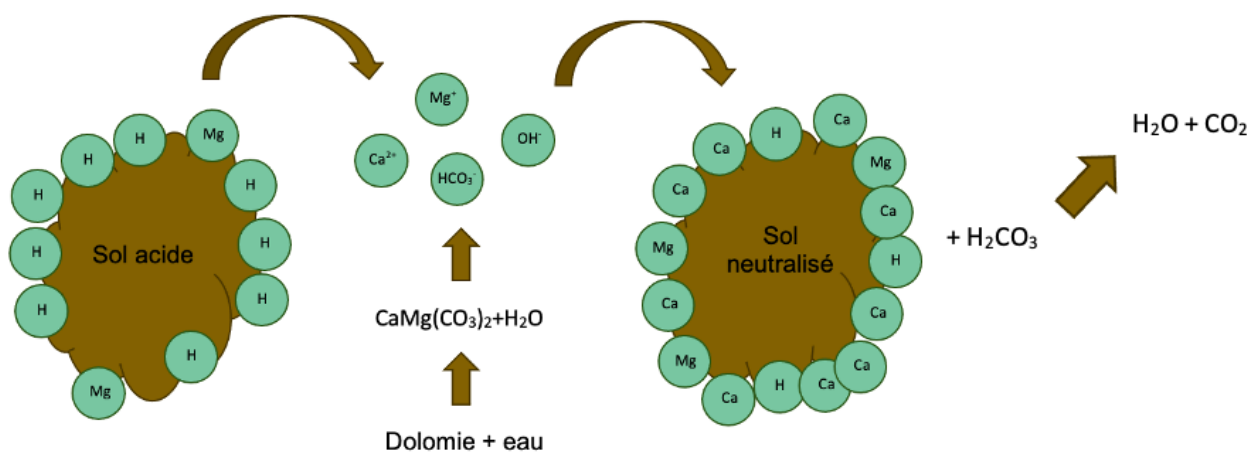
Plus le sol est riche en argile et en matière organique, plus la CEC sera élevée. Un sol argilo-limoneux possèdera une CEC élevée, contrairement à un sol sablonneux.

Les conditions (pH, nature des acides, etc.) influent sur le résultat, il est important d'indiquer la méthode utilisée pour déterminer la CEC (CEC Metson, effective, etc.)

Pour aller plus loin : Impact de la dolomie sur le complexe argilo-humique

La dolomie se dissout pour former des ions calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), bicarbonate (HCO_3^-) et hydroxyle (OH^-).

Le calcium se déplace à la surface des particules du sol remplaçant ainsi l'ion H^+ .



Impact de la dolomie sur le complexe argilo-humique

Pour aller plus loin : D'autres indicateurs utiles

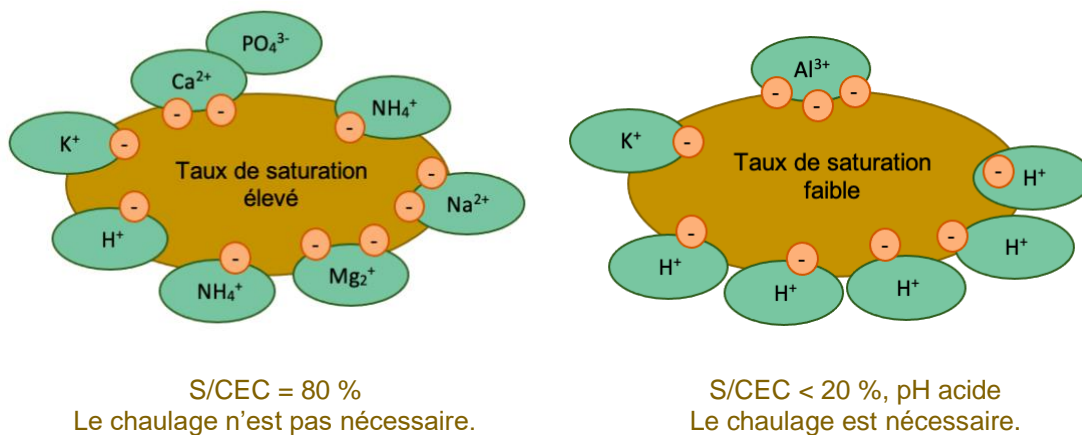
✓ Teneur en carbonates (« calcaire total »)

Lorsque les carbonates se solubilisent, sous l'effet des précipitations, ils libèrent des ions calcium (et magnésium) qui viennent compenser les pertes dues à la lixiviation par les pluies, et des ions carbonates (anions d'une base forte) qui neutralisent les ions H^+ .

Il est estimé qu'une teneur minimale de 3 g/kg de terre fine de carbonates est nécessaire dans ces situations à risque pour éviter une chute brutale de pH.

✓ Teneur en aluminium échangeable (S/T ou S/CEC)

Taux de saturation du sol en cations nutritifs intéressants échangeables (Ca, Mg, K, Na), qui désigne « le taux de remplissage » de la CEC par ces cations. Le chaulage est nécessaire lorsque le taux de saturation est inférieur à 80%, et selon le pH.

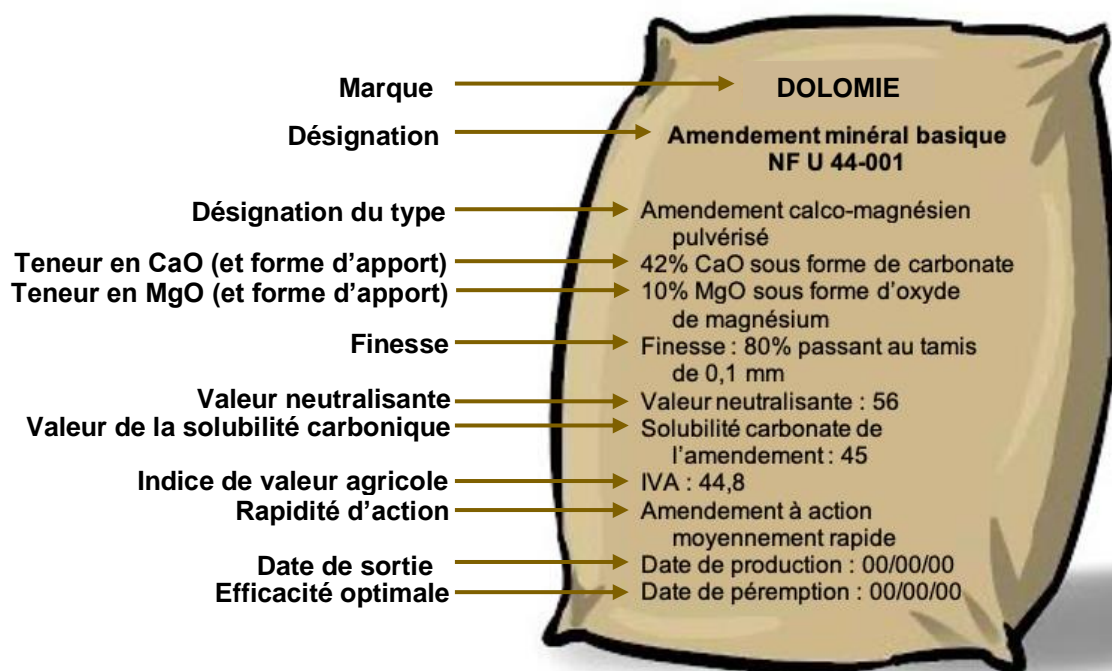


E. LE CHAULAGE : APPLICATION

Ce chapitre technique aborde les points suivants :

- ✓ Le choix du type de chaux agricole
- ✓ L'itinéraire d'application de la chaux agricole
- ✓ Les conditions d'application de la chaux agricole

1. Lire une étiquette de chaux agricole



L'IVA détermine la valeur commerciale de la chaux agricole selon la formule :

$$IVA = VNR \text{ (valeur neutralisante)} \times \text{Finesse}$$

2. La valeur neutralisante VNR

La valeur neutralisante (VNR) est la quantité d'acide que la chaux agricole est capable de neutraliser par rapport à la quantité d'acide que la même masse de carbonate de calcium pur (CaCO_3) serait capable de neutraliser.

Elle est exprimée en Équivalent Carbonate de Calcium (ECC).

Plus la VNR est élevée, plus le produit est réactif.

Si les valeurs en ECC ne sont pas disponibles, les teneurs élémentaires peuvent être utilisées pour les calculer, à l'exemple du tableau ci-contre :

Facteurs de conversion pour les éléments de type chaux
$\text{Ca (\%)} \times 2,50 = \text{ECC}$
$\text{Mg (\%)} \times 4,17 = \text{ECC}$
$\text{CaO (\%)} \times 1,79 = \text{ECC}$
$\text{MgO (\%)} \times 2,50 = \text{ECC}$
$\text{MgCO}_3 (\%) \times 1,19 = \text{ECC}$
$\text{Ca(OH)}_2 (\%) \times 1,36 = \text{ECC}$
Exemple de produit de chaulage: Teneur en Ca : 35% : $\text{ECC} = 35 \times 2,50 = 70 \%$ Teneur en Mg : 2% : $\text{ECC} = 2 \times 4,17 = 8,34 \%$ Total ECC : $70 + 8,34 = 78,34 \%$

3. Rapidité d'action : finesse et solubilité

La rapidité d'action d'un produit de chaulage dépend de la finesse de mouture et de la solubilité de ce produit.

L'utilisation des produits à action rapide ne se justifie techniquement qu'en cas de redressement. Pour le chaulage d'entretien, une action rapide n'est nullement nécessaire : la chaux agricole se dissoudra petit à petit dans le sol.

Un amendement avec une solubilité supérieure à 50 % a une action rapide ; inversement, l'action est lente si la solubilité est inférieure à 20 %.

Plus le produit est réduit en poudre fine et soluble, plus il est cher et à action rapide (la chaux étant la plus soluble). La comparaison des prix se fait en fonction de la solubilité et par unité de CaO.

Finesse

Compte tenu de la réactivité des différentes tailles de particules de chaux, comme indiqué ci-dessus, la chaux doit être broyée ou pulvérisée à des tailles de particules inférieures à 5 mm.

Trois classes de finesse de moutures sont définies :

- ✓ 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.
- ✓ Amendement concassé : moins de 80 % du produit passe au tamis de 4 mm.

Pour aller plus loin : Capacité d'adsorption

Plus le produit est fin, plus sa capacité d'adsorption est forte, c'est-à-dire la capacité des cations basiques à se fixer sur le complexe argilo-humique en y déplaçant les cations acides.



Différentes finesses
de mouture.



Solubilité

La solubilité peut être estimée par la mesure de la solubilité carbonique (S) des constituants de l'amendement et varie de 0 à 100 %.

Un amendement avec une solubilité supérieure à 50 % a une action rapide. Inversement, l'action est plus lente avec une solubilité inférieure à 20 %.

4. Les catégories d'amendement

Selon l'amendement choisi, la rapidité d'action sera plus ou moins importante :

- ✓ Action rapide (quelques semaines) : chaux, craie broyée ;
- ✓ Action moyennement rapide (quelques mois) : calcaire broyé ;
- ✓ Action lente (plusieurs années) : calcaire concassé.

Les caractéristiques des différents amendements sont résumées dans le tableau ci-dessous :

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

5. Les doses recommandées

Pour connaître la quantité d'amendement à apporter, il faut appliquer la formule suivante :

$$\text{Quantité d'amendement} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Quantité de CaO à apporter} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right)}{\text{Valeur neutralisante de l'amendement} / 100}$$

Par exemple, si l'on souhaite apporter 250 kg de CaO par hectare, au moyen de calcaire broyé ayant une valeur neutralisante de 50, la quantité d'amendement nécessaire sera de 500 kg/ha. ($250/0,5 = 500$).



Les étapes et conseils à suivre sont les suivants :



En début de campagne, l'épandage du produit se fait manuellement...



... ou mécaniquement.



L'épandage est suivi d'un labour pour enfouir le produit.

Il est nécessaire de réaliser d'abord une préincorporation pour homogénéiser le mélange terre-amendement avant le travail profond.



S'il y a du vent, la chaux peut être emportée sur des parcelles non ciblées. Il faut éviter d'inhalier ou d'être en contact avec la chaux, ou d'effectuer le chaulage sans protection appropriée.

Sur les pâturages permanents, comme l'amendement n'est pas incorporé, il est conseillé de faire des apports limités à 500 unités de valeur neutralisante en une fois.

Enfin, des solutions d'application raisonnée de la chaux agricole par microdose sont en cours d'expérimentation, mais aucune préconisation n'est actuellement disponible pour les exploitations.



Il faut faire attention à ne pas mettre de la chaux agricole en excès : le sol risque de devenir trop basique, la plante ne parviendra plus à absorber des éléments importants comme le potassium, le phosphore ou encore le fer.

6. Prise en compte du pH

La mesure de l'évolution du pH des sols et de ses teneurs en calcium et magnésium doit être effectuée tous les 5 ans.

Si le pH est inférieur à 6, les mesures d'amendement pourront être plus rapprochées et réalisées par exemple tous les trois ans, en ne considérant que ce paramètre.

Le pH varie en fonction de la saison. Il est donc nécessaire de réaliser les analyses successives durant la même période de l'année.

Le tableau suivant résume la conduite à tenir, selon les cultures et en fonction du pH :

Niveau d'acidité du 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
Pâturage	Redressement	Entretien	Impasse	Impasse	Impasse	Impasse
Céréales	Redressement	Redressement	Entretien	Impasse	Impasse	Impasse
Orge	Redressement	Redressement	Entretien	Entretien	Impasse	Impasse

« Impasse » signifie que les causes de la mauvaise santé du champ sont à rechercher ailleurs qu'au niveau de l'acidité du sol.

Un sol dont le pH est compris entre 6,2 et 6,6 offre des conditions optimales aux cultures et aux micro-organismes du sol.

En règle générale, il est conseillé d'éviter les augmentations brutales de pH : il est judicieux de procéder au maximum à une augmentation du pH de 0,5 à 1 point par action d'amendement.

7. Prise en compte de la texture du sol

La CEC est une propriété fondamentale du sol qui dépend, d'une part, de la teneur en argile et en matière organique et, d'autre part, du type d'argile présent dans le sol. Les types d'argile varient en partie en fonction du climat, sauf pour des zones où la roche mère est relativement jeune (zones volcaniques, roches calcaires en zones côtières, etc.).

Plus la CEC du sol est importante, plus la dose à apporter sera élevée.

Le tableau ci-contre donne la quantité approximative de calcaire finement broyé à apporter en fonction de la texture du sol, afin d'élever le pH d'une unité à la profondeur de 18 cm.

Texture du sol	Quantité de chaux nécessaire (kg/hectare)	
	pH 4,5 à pH 5,5	pH 5,5 à pH 6,5
Sableuse à sablo-limoneuse	600	900
Limono-sableuse	1100	1550
Argileuse	1700	2200
Limoneuse	2700	3100
Limono-argileuse	3350	4200

8. Prise en compte des apports en MO

L'activité biologique d'un sol varie avec le pH.

La diversité, l'abondance et l'activité de la microflore (bactéries, champignons, mycorhizes...) sont en effet influencées par le pH.

Sous l'action des micro-organismes apportés par de la matière organique (MO), la matière organique morte se transformera soit en humus stable, soit en biomasse microbienne, ce qui correspond à la fraction la plus active.

Les matières organiques contribuent également au maintien de l'équilibre acido-basique du sol.

Par exemple, le fumier frais comporte 3,8 kg d'oxyde de calcium (CaO) par tonne.

Un épandage de 15 tonnes de fumier à l'hectare (dose recommandée) représentera donc un apport d'environ 57 kg d'oxyde de calcium.

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



Le fumier à apporter après le chaulage doit être mûr.

Lorsque des apports de chaux et de matière organique (ou de fumier) doivent être réalisés, les deux ne doivent pas être mélangés directement. Il faut effectuer le chaulage en premier afin d'incorporer la chaux par un labour, avant d'épandre et d'enfouir rapidement la matière organique, afin de limiter les pertes en azote par volatilisation.

Pour aller plus loin : La « faim d'azote »

Si de la matière organique fraîche, telle que le fumier, et la chaux sont incorporées en même temps, il peut se produire le phénomène de « faim d'azote » : la matière fraîche utilise l'azote disponible pour se dégrader et l'azote ne sera alors plus disponible pour les plantes, qui souffriront de carence.

9. Prise en compte de la pureté

Les recommandations des laboratoires d'analyse se basent sur de la chaux agricole à base de carbonate de calcium pur, qui neutralise l'acidité à 100 %.

Seulement, la chaux agricole du marché n'est jamais pure à 100 %, à cause des impuretés naturelles.

La recommandation donnée doit donc être ajustée en fonction de la pureté.

Par exemple, un produit dont la pureté en carbonate de calcium est supérieure à 95 % neutralisera l'acidité du sol plus efficacement qu'un produit dont la pureté sera de 60 %. Le deuxième devra être épandu en plus grande quantité que le premier pour avoir le même effet.

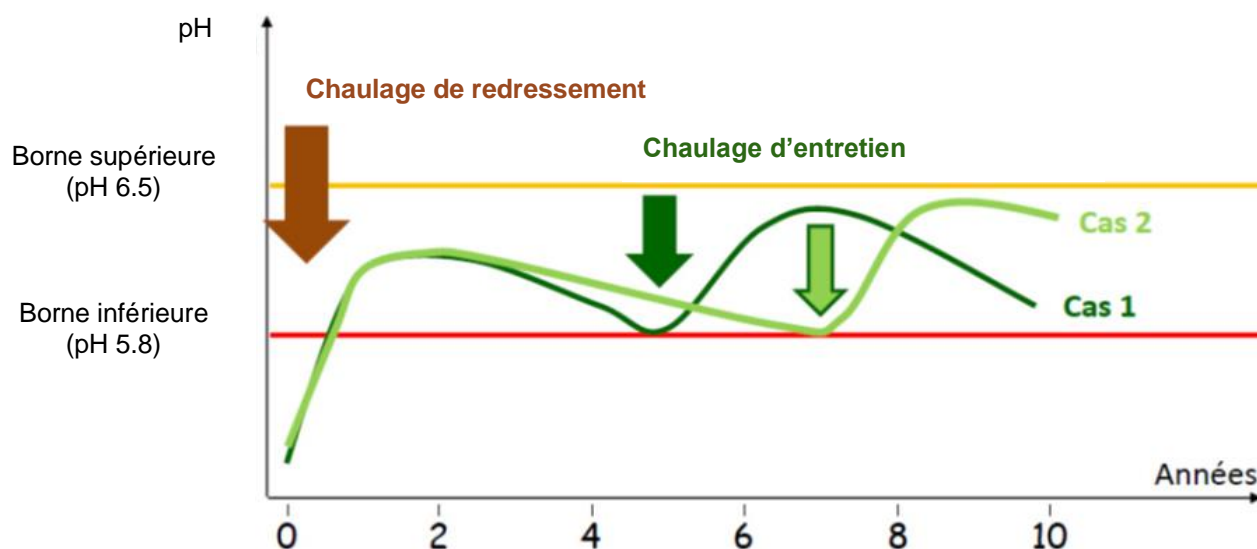
Plus la chaux est pure, plus elle est efficace.

10. Quand réaliser le chaulage ?

L'apport de dolomie a lieu généralement une fois tous les trois ans, contrairement aux engrais, dont l'apport a lieu tous les ans.

Il convient de réaliser les apports dans des conditions qui ne dégradent pas la structure du sol et facilitent l'incorporation de l'amendement au sol. La période interculture semble être la plus favorable.

Le graphique ci-contre propose un calendrier :



Calendrier de chaulage redressement/entretien

Le fait de différer l'apport d'amendement d'un ou deux ans peut avoir des conséquences sur le rendement, selon le tableau suivant :

	Si l'apport d'amendement est différé d'un ou deux ans :			
pH		5,5 < pH du sol < 6	6 < pH du sol < 6,5	pH du sol > 6,5
Risque sur le rendement	Élevé	Moyen	Faible	Faible
Conseil	Redressement urgent avec produits à vitesse d'action rapide (exemple : carbonates pulvérisés, etc.)	Redressement à base de produits à action rapide ou moyennement rapide (exemple : carbonates pulvérisés, ou broyés)	Entretien à base de produits à action moyennement lente	Impasse ou entretien dans certaines situations (sols instables drainés)



À RETENIR

- ✓ La rapidité d'action du produit est déterminante pour l'efficacité du chaulage.
- ✓ Elle est liée à la pureté et à la finesse de la chaux.
- ✓ Il est recommandé de respecter les consignes et prendre en compte les conditions d'applications pour éviter les dommages, les affections ou la perte de produit.
- ✓ Le meilleur moment pour effectuer le chaulage est la période interculture.

F. LE CHAULAGE APPLIQUÉ À LA RIZICULTURE

Le riz irrigué sous les tropiques est fréquemment soumis aux problèmes de salinisation, mais aussi d'acidification et d'alcalinisation. Plusieurs variétés de riz ont la faculté de résister à ces phénomènes sans qu'il soit nécessaire de prendre des mesures particulières, souvent coûteuses et inefficaces.

Toutefois, il semble que la riziculture de mangrove se pratique dans la plupart des pays côtiers dans des écosystèmes où les sols sont perpétuellement en proie à l'acidification due essentiellement à la lixiviation qui s'accompagne par la dissolution des sels par l'eau de pluie. L'eau de mer, qui apporte des éléments fertilisants, agit également sur les silicates en induisant un effet de chaulage qui neutralise en partie l'acidité. L'acidification des rizières des mangroves résulte de l'absence prolongée de la submersion des parcelles par l'eau de mer exposant les sols chargés en sels et en fer à un processus d'oxydation. Le sel peptise les colloïdes du sol, ce qui amène une destruction des agrégats particuliers et une diminution de la cohésion. Le chaulage au contraire peut contribuer à coaguler ces mêmes colloïdes, et accroître la cohésion. D'autres systèmes de riziculture en Guinée font face à des problématiques de dégradation des sols causées par l'extension des rizières vers des écosystèmes fragiles tels que les forêts primaires en quête de fertilité. C'est le cas de la riziculture pluviale sur brulis.

La proposition de plan d'action consistera donc à préconiser le chaulage sous certaines conditions comme une opportunité pour accroître les rendements de la riziculture pluviale et celle des mangroves.

1. La riziculture de mangrove

La riziculture de mangrove, également appelée « riziculture salée », est une pratique agricole qui consiste à cultiver du riz dans les zones côtières salées, telles que les mangroves. En Guinée, cette pratique est relativement nouvelle et peu développée, mais elle peut offrir des avantages potentiels pour les communautés locales, notamment en termes de sécurité alimentaire et de revenus.

Cependant, la riziculture de mangrove présente également des défis importants. Les conditions environnementales dans les mangroves sont souvent difficiles pour les plantes, avec une salinité élevée, des niveaux d'oxygène bas, des inondations régulières et des sols pauvres. De plus, les mangroves sont des écosystèmes fragiles et protégés, et l'impact de l'agriculture peut avoir des conséquences négatives sur la biodiversité et la résilience des écosystèmes de mangrove.

Pour surmonter ces défis, il est important de développer des pratiques agricoles durables et respectueuses de l'environnement, en utilisant des techniques adaptées aux conditions des mangroves. Il est également important de travailler avec les communautés locales pour s'assurer que les avantages économiques et sociaux de la riziculture de mangrove sont partagés équitablement, et pour éviter les conflits avec d'autres activités économiques et les pratiques traditionnelles des populations locales. Il est rapporté que l'utilisation d'engrais minéraux est faible en raison de la faiblesse du pouvoir d'achat des riziculteurs, ce qui limite les risques d'acidification des sols de

mangroves résultant de la fertilisation chimique. En revanche, l'intrusion marine, condition sine qua non de la fertilité des sols est aussi potentiellement la cause de la formation de pyrite auquel est souvent associé le sulfate d'aluminium. Au-dessous du pH 4, ces composés peuvent se dissoudre et produire de la toxicité ferreuse d'une part et aluminique d'autre part qui est à la base de carences liées au blocage d'éléments nutritifs majeurs pour le riz (azote, phosphore). Ce phénomène à la longue peut conduire à la stérilisation du sol^{viii}.

2. La riziculture pluviale

La riziculture pluviale en Guinée est une méthode de culture de riz qui dépend principalement des précipitations pour l'irrigation des cultures, contrairement à la riziculture irriguée qui utilise des systèmes d'irrigation artificiels. La Guinée a un climat tropical avec une saison des pluies de mai à novembre, ce qui la rend favorable à la riziculture pluviale.

La riziculture pluviale en Guinée est pratiquée par les agriculteurs familiaux, qui utilisent des techniques agricoles traditionnelles telles que la rotation des cultures, l'utilisation d'engrais organiques et la gestion des sols pour augmenter la productivité des cultures. Les variétés de riz cultivées en Guinée comprennent le riz à grains longs et le riz à grains courts.

Cependant, la riziculture pluviale en Guinée est confrontée à des défis tels que la déforestation, l'érosion des sols, les pratiques agricoles non durables, les maladies des cultures et les changements climatiques qui affectent la production de riz. Pour surmonter ces défis, des initiatives ont été mises en place pour promouvoir la riziculture durable en Guinée, telles que la formation des agriculteurs sur les pratiques agricoles durables et l'utilisation de variétés de riz résistantes aux maladies.

3. Proposition d'actions

Quelques propositions d'actions d'atténuation de l'acidification dans la riziculture peuvent être émises, à la lumière de la littérature et des quelques expériences menées.

Pour la riziculture de mangrove, il s'agira de s'attaquer à l'acidification active qui est problématique dans cet écosystème en raison de la concomitance de phénomènes en apparence antagoniques (alcalinisation, acidification, salinisation) et, comme précédemment décrit en conditions très acides, des sulfates d'aluminium. En présence de chaux, il y a formation de gypse et neutralisation plus ou moins complète de l'acidité.

Pour la riziculture pluviale, l'accent sera mis sur l'évaluation de l'acidité active, mais aussi sur l'acidité échangeable et résiduelle.

Quel type de chaux ? Avec quel dosage ? Quel procédé d'application ? Ce sont les questions auxquelles un test de chaulage peut apporter des réponses. Pour ce faire, des analyses des conditions prévalant sur les sites sont à mener.

▪ Conduite technique pour un test de chaulage

- Identifier deux parcelles sur des sites contrôlés : l'une sera à chauler et l'autre servira de témoin.
- Mesurer le pH eau en vue d'établir le pouvoir tampon du sol
- Évaluer l'aluminium et le fer libres et adsorbés,
- Mesurer la teneur en calcaire et en magnésium dans les solutions du sol,
- Mesurer le taux de matière organique
- Déterminer la capacité d'échange des cations.
- Procéder au chaulage avec de la dolomie (riziculture pluviale) ou du carbonate de calcium (riziculture de mangrove).

▪ Résultats attendus et hypothèses

À la fin de la campagne, il sera procédé à l'analyse du sol avec la mesure de tous les paramètres ainsi que l'estimation du rendement paddy dans les parcelles-test.

Pour la riziculture de mangrove

- ✓ Si la CEC est inférieure à 60% et que le pH est au-dessous de 5, il est possible de chauler la parcelle avec un apport de carbonate de calcium à une dose de 1000 à 1200kg/ha.
- ✓ L'épandage sera fait après la récolte et avant la campagne rizicole suivante. L'effet recherché est la couverture du sol avec la chaux sans enfouissement afin que le risque d'acidification lié au manque de submersion de la parcelle entre deux cultures soit minimisé. Ainsi, les coûts afférents à la gestion de l'eau peuvent être orientés vers l'application de la chaux si les résultats des tests sont concluants.

Pour la riziculture pluviale

- ✓ Si la CEC est inférieure à 80% et que le pH est au-dessous de 5, le chaulage peut être préconisé au moyen de dolomie à la dose de 700 à 1000 kg/ha.
- ✓ L'épandage sera fait au moment de la préparation du sol en veillant à bien incorporer la chaux dans le sol. Dans ce type de riziculture, le risque potentiel pour le riz est la toxicité aluminique. Si le pH est trop acide, il faut donc neutraliser rapidement, l'aluminium libre et adsorbé.

▪ Recommandations

Le pH idéal pour le riz se situe entre 6 et 7, même si le riz de bas-fonds peut se développer entre le pH 4 et 8. Que l'analyse du sol établisse un pH acide ou alcalin, tant que la rizière est submergée, le pH a tendance à se stabiliser autour de la neutralité.

- ✓ Pour le riz de mangrove, il faut choisir un produit dont la finesse n'est pas élevée afin d'obtenir une action moyennement rapide.
- ✓ Pour le riz pluvial sur brûlis, il est recommandé de choisir un produit avec une grande finesse qui garantit une action rapide afin de neutraliser l'acidité résiduelle. Des doses de 2 tonnes de chaux/ha sont souvent préconisées. Mais en fonction de la qualité du produit et de sa finesse, une dose de 700 à 1000kg/ha suffit généralement à faire remonter le pH d'un point.

Il est aussi recommandé de tenir compte du taux de saturation en aluminium de la solution du sol dans le calcul de la dose de chaulage, en particulier dans la riziculture pluviale. Le besoin en chaux sera déterminé grâce à la formule ci-dessous, en se fixant comme objectif d'atteindre 30% de taux de saturation de l'aluminium extractible, suffisants pour mettre à l'abri de la toxicité aluminique la plupart des cultures :

$$BC \text{ (CaCO}_3 \text{ t/ha)} = 1,5 \text{ (Al - DESA (Al+Ca+Mg)/100)}$$

BC = besoin en chaux exprimé en tonnes de CaCO₃ par hectare

DESA = degré exigé de saturation en Al (ou désiré) (%)

Al = Al extractible (Al échangeable + soluble) en mmol/100 g sol

Al + Ca + Mg est une approximation pour la CEC efficace (CECE)

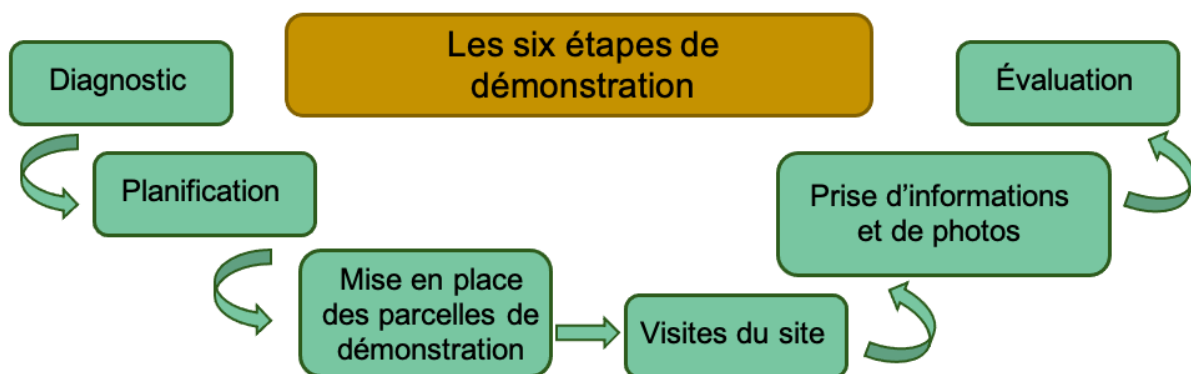
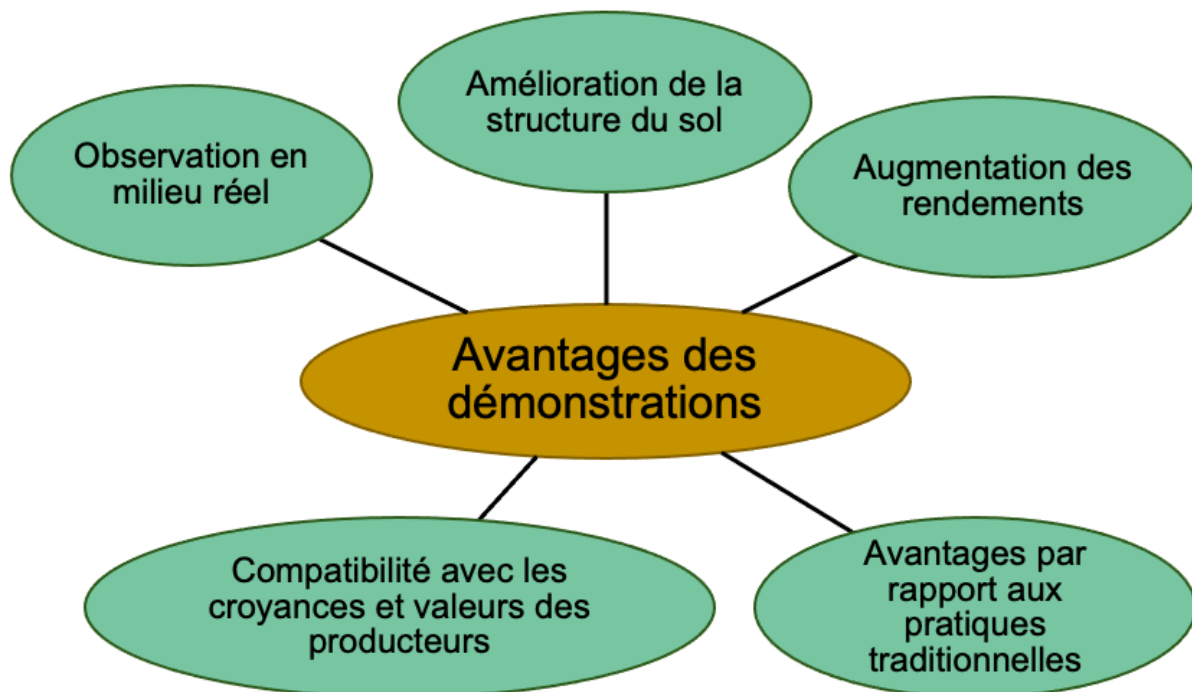
Al exigé = DESA (Al+Ca+Mg)/100, où Al, Ca, Mg, et Al exigé sont exprimés en mmol (p+) par 100 g de sol.



G. LES CHAMPS-ÉCOLE

1. Bien-fondé des démonstrations et étapes

Les démonstrations ont de multiples avantages, qui mettent en avant les bienfaits du chaulage. Elles peuvent s'effectuer en six étapes.



2. Protocoles d'essai de chaulage

Objectif général : Contribuer à l'amélioration de la fertilité des sols par la correction du pH du sol.

Objectif spécifique : Développer une approche participative adaptée de lutte contre l'acidité des sols à travers l'application de la dolomie.

◆ Première année : étape par étape

- ✓ Choix des sites de démonstration ;
- ✓ Délimitation des parcelles élémentaires ;
- ✓ Prélèvement d'échantillons du sol pour analyse :



- ✓ Analyse des valeurs de PH ;
- ✓ Détermination du type d'amendement : chaulage de redressement, chaulage d'entretien ;
- ✓ Détermination des quantités de chaux à appliquer sur la parcelle ;
- ✓ Épandage de la fertilisation organique et de la chaux agricole :



- ✓ Labour et semis :



- ✓ Entretien des cultures: observations de la parcelle et de l'évolution des plants ;

- ✓ Traitements phytosanitaires ;

- ✓ Visites interpayannes : recueil de témoignages, vidéos, élaboration de sketches, film documentaire ;



- ✓ Récolte et évaluation des rendements ;
- ✓ Restitution des résultats ;
- ✓ Recueil des avis des producteurs ;
- ✓ Prélèvement de sols dans les parcelles élémentaires.

♦ Deuxième année : suivi des arrières-effets de la chaux

- ✓ Les activités suivantes ont été ajoutées :
 - Formation sur l'identification et les espèces indicatrices d'un sol ;
 - Mesure de la correction du pH par la dolomie ;
 - Évaluation des prix et situation des dépositaires de la chaux dans les différentes zones ;
 - Évaluation de la situation de stocks ;
 - Évaluation du temps de conservation.

3. Les bénéfices globaux du chaulage

Les résultats des essais de chaulage, les démonstrations en milieu paysan et les études de référence attestent de l'impact positif du chaulage sur la santé du sol et sur les plants :

- ✓ Accroissement de l'absorption de l'azote, du phosphore et du potassium et de la disponibilité des autres oligo-éléments ;
- ✓ Stimulation de l'activité biologique des sols ;
- ✓ Développement de systèmes racinaires plus vigoureux ;
- ✓ Amélioration de la fixation de l'azote par les légumineuses ;
- ✓ Réduction de la toxicité causée par le manganèse et l'aluminium dans la solution du sol ;
- ✓ Renforcement de la qualité de la structure du sol et ainsi meilleure tolérance à la sécheresse ;
- ✓ Fourniture d'une source peu coûteuse de calcium et de magnésium ;
- ✓ Meilleure conservation des productions et donc réduction des pertes post-récoltes ;
- ✓ Augmentation des rendements et des revenus du producteur ;
- ✓ Réduction des besoins en engrais et herbicides, et donc, des dépenses en intrants agricoles ;
- ✓ Conformité de la dolomie aux cahiers des charges et aux normes de l'agriculture biologique et amélioration de la santé nutritionnelle globale.

Références

De nombreuses données de ce manuel technique sont issues de « l'Atelier de formation et d'échanges sur la chaux agricole produite par la société CCM S.A. », organisé conjointement par la CCM et IFC le 18 et 19 novembre 2021, à l'hôtel Onomo, Bamako, Mali.

ⁱ Quatrième session ordinaire du Comité Technique Spécialisé (CTS) sur l'Agriculture, le Développement Rural, l'Eau et l'Environnement (ADREE) 13 - 17 décembre 2021 ADDIS ABEBA, ETHIOPIE

ⁱⁱ Bian, Miao ; Zhou, Meixue ; Sun, Dongfa ; Li, Chengdao , 2013/12/01, P - 91–104 - Molecular approaches unravel the mechanism of acid soil tolerance in plants

ⁱⁱⁱ Banque mondiale

^{iv} Document de projet FOLUR-Guinée « Integrated management of degraded landscapes for sustainable food systems and livelihoods in Guinea Forest Region and Upper Guinea »

^v Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG)

^{vi} Banque mondiale, 2018, d'après les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

^{vii} Chambre d'agriculture de Bourgogne, juillet 2015.

^{viii} Sow Mounirou, Barry Mamadou Billo. Amélioration de la productivité des rizières acides de mangrove en Guinée au moyen d'un amendement calcaire coquillier, 1998

