

PROJET RD-27: CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DU POTENTIEL DES NOUVELLES MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES (MRF). EFFICACITÉ DES GYPSES ET DES SCORIES DE L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

OBJECTIFS SCIENTIFIQUES OU TECHNOLOGIQUES

1. Obtenir les caractéristiques chimiques et physiques pour des nouveaux co-produits industriels.
2. Déterminer les valeurs chaulante et fertilisante des co-produits industriels en milieu contrôlé.
3. Optimiser l'utilisation agricole des co-produits présentant un haut potentiel agricole et sans danger pour la santé humaine et l'environnement.

SAVOIR TECHNOLOGIQUE OU BASE DE CONNAISSANCES

La perte de structure des sols, un des premiers facteurs limitant du rendement, est un phénomène naturel et permanent, accéléré par des pratiques culturales intensives. L'acidification conduit aussi à une dégradation de la structure du sol, une diminution de la capacité d'échange cationique et au lessivage des cations, une diminution de l'activité biologique des sols, une augmentation de la solubilisation de certains métaux. La fertilité du sol est diminuée et le rendement de la culture peut être handicapé. Pour maintenir la fertilité physique, chimique et biologique des sols, un apport régulier d'amendements calcique et magnésien est recommandé. Ces amendements peuvent être basiques ou non selon la cause la cause de la perte de la structure. De façon générale, le maintien et la correction de la fertilité des sols reposent sur l'apport de chaux calcique ou dolomitique. Les travaux récents ont démontré qu'un certain nombre de résidus industriels pouvaient se substituer à la chaux. Ces résidus industriels contribuent aussi à l'apport de plusieurs nutriments pour la plante. Compte tenu de la provenance et la composition diverses des résidus industriels, leur utilisation en agriculture exige des évaluations d'efficacité agronomique et d'impact environnemental.

AVANCEMENT SCIENTIFIQUE OU TECHNOLOGIQUE

Le projet vise à acquérir des connaissances sur le comportement et l'efficacité agronomique des résidus provenant des industries métallurgiques et de gypse. La maîtrise des apports des sous-produits industriels et en particulier sur le rendement et la qualité nutritionnelle des récoltes et leur impact environnemental sont une clé majeure de rentabilité de l'agriculture durable. Pour Agro-100, l'acquisition scientifique d'une telle maîtrise peut avoir un impact marketing important. Ce défi permet d'élargir nos connaissances sur les qualités agronomiques de nombreux sous-produits issus des activités industriels et agricoles, et pouvant entrer dans la composition des fertilisants. Ces informations techniques permettront d'accompagner les producteurs dans le choix des produits, le positionnement des produits par rapport aux cultures et le raisonnement de la fertilisation ou de la quantité d'amendement pour entretenir ou relever le niveau de fertilité des sols.

DESCRIPTION DES ACTIVITÉS MENÉES DANS L'ANNÉE VISÉE PAR LA DEMANDE

En 2015, les activités ont porté sur l'efficacité agronomique des gypses et des scories de l'industrie métallurgique. Ces essais ont été réalisés en milieu contrôlé e au Centre de Recherche en Horticulture de l'Université Laval.

Activité 1: Disponibilité de calcium dans les gypses

L'expérimentation visait à déterminer la disponibilité du calcium dans deux gypses: gypse neutralisé (Anhydrite) provenant de la compagnie Alcoa et le gypse fait à partir des panneaux de construction (AgroCAL-500) . Les deux gypses se différencient dans le fait que le gypse neutralisé est légèrement basique. Dans un premier temps, la disponibilité du calcium dans les deux amendements a été déterminée par le test de lessivage en colonne. Pour cela, 3 kg de sol ont mis dans la colonne (30 cm de haut et 10 cm de diamètre). Le gypse (3 g) a été mélangé avec 200 g de sol à la surface de la colonne. Les colonnes ont été soumises à un protocole de lessivage adapté d'Entry et Sojka (2007) et de Peregrina et al. (2007) (Tableau 1). Deux cycles de lessivage ont été réalisés à 20 °C, les deux cycles sont séparés de 3 semaines pour simuler les conditions hivernales. Le sol dans chaque colonne a été humidifié avec 90 mL/ d'eau. L'eau de lessivage a été recueillie six fois après ajout de 400 mL (200mL/jour). Après chaque lessivage, le sol a été séché pendant une semaine. L'eau récupérée a été analysée pour le pH et le contenu en Ca, Mg et K.

Dans un deuxième temps, un bio-essai avec le maïs a été réalisé en serre. Le sol (5 kg) a été placé dans des pots en plastique de 15 cm de diamètre comportant des trous de drainage, dans le fond duquel, un papier filtre avait préalablement placé pour éviter les pertes de particules solides lors de la percolation. Les deux gypses ont été appliqués à raison de 2,5 et

5 tonnes/ha. Un témoin a été inclus dans le dispositif expérimental en 4 blocs randomisés. Tous les traitements ont reçu 0.5 g de 0-0-60, 0.5 g de nitrate de calcium et 0.35 g de MESZ. L'engrais a été placé à 5 cm sous et à 5 cm à côté de la graine. On a gardé 2 plants par pot après la germination. Au début, le sol a été humecté jusqu'à un léger écoulement de l'eau par les trous de drainage puis gardé à la capacité au champ durant l'expérimentation. La température de la serre a été maintenue à 22-25 °C le jour et à 15-18 °C la nuit avec une photopériode de 16h. Les plants ont été récoltés à 45 jours après la germination, séchés, mesurés puis broyés pour la détermination de leur contenu en Ca, Mg et K. Un échantillon de sol a été également prélevé pour déterminer le pH et la concentration n Ca, Mg et K.

Activité 2: Valeur fertilisante et chaulante des scories de l'industrie métallurgique.

Le but de l'activité est de quantifier l'effet des scories sur le pH du sol et les rendements des cultures. Les scories ont été comparées à Ka-Lime, un chaulant-fertilisant provenant de l'industrie de cimenterie. Comme l'effet des amendements basiques sur l'état du sol visible à long-terme, les produits testés ont été mélangés avec le sol et gardés en serre pendant 3 mois avant d'ensemencer avec le maïs. Les contenants ont été recouverts d'une pellicule plastique perforée et incubés dans un cabinet de croissance à température contrôlée à 20-25 °C le jour et à 15-18 °C la nuit. Les traitements consistaient en un témoin et deux doses d'amendement (2.5 et 5 tonnes/ha). Chaque a été fertilisé avec 0.5 g de 0-0-60, 0.5 g de nitrate de calcium et 0.35 g de MESZ A 45 jours après émergence, les plants ont été récoltés, séchés, pesés et broyés pour une analyse chimique. Un échantillon de sol a été également prélevé pour déterminer le pH et la concentration n Ca, Mg et K.

Toutes les données (activités 1 et 2) ont été l'objet d'un test d'homogénéité de la variance avant d'être soumises à l'analyse de la variance ANOVA avec le logiciel SAS. Les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide du test de la plus petite différence significative au niveau de probabilité d'erreur de 5 %.

Résultats et conclusion

Comparaison entre les gypses AgroCal-500 et Anhydrite

Le test de solubilité dans l'eau montre que le calcium d'AgroCal-500 est plus soluble que celui d'Anhydrite. Par exemple, après 48 heures d'incubation, la solubilisation est 69% pour AgroCal-500 contre pour 59%. Lors des essais de percolation à travers le sol en colonne, la concentration de calcium dans lixiviat d'AgroCal-500 était légèrement supérieure à celle d'Anhydrite, sans toutefois être significative. Les analyses de lixiviat n'ont pas mis évidence l'effet des deux produits sur le pH du sol. L'essai en serre sur le maïs a indiqué que les deux amendements ont provoqué une augmentation significative de la biomasse aérienne par rapport au témoin; mais aucune différence n'a été constatée entre les deux produits. La

concentration de Ca dans le feuillage s'est accrue avec les traitements de calcium. On a constaté une augmentation de la concentration de calcium avec la dose d'AgroCal-500 alors que la dose d'Anhydrite n'a pas eu d'effet. Les deux amendements ont eu également un effet positif sur le contenu en magnésium des feuilles.

En résumé, cette expérimentation suggère un léger avantage d'AgroCal-500 sur Anhydrite seulement en termes de solubilité du calcium. Ceci serait dû à la forme de calcium dans les deux produits. Le sulfate de calcium est sous forme d'anhydrite dans l'Anhydrite et de dihydrate dans AgroCal-500. La forme anhydrite est relativement moins soluble que la forme hydratée; la solubilisation est progressive de la première ferait en sorte la performance de ces deux produits soient équivalente dans des conditions non limitantes de calcium.

Comparaison entre KaLime et les scories

Le test d'incubation montre que les valeurs de pH sont plus élevées avec le KaLime qu'avec les scories quelque soit la dose. Dans le bio-essai sur le maïs en serre, la biomasse des plants traités avec KaLime était plus élevée que celle des plants traités avec les scories, avec une différence significative avec la dose de 4.5 tonnes/ha. Les plants traités avec le KaLime avaient des teneurs en calcium, potassium et magnésium plus élevées en comparaison avec les traitements de scories. Les analyses de sol à la récolte ont indiqué des valeurs de pH et des concentrations de potassium plus importantes avec KaLime. Les concentrations de Ca dans le sol étaient sensiblement équivalentes.

Dans les conditions de l'essai, KaLime semble être que les scories sur les plans nutritionnel et chaulant. Les scories utilisées avaient une texture grossière, ce qui témoigne la faible solubilité du calcium contenu dans les scories. Ce résultat est en accord avec les travaux de Zhang et al. (1000) qui rapportent 16% après 10 jours d'incubation dans une solution aqueuse. Également, les travaux récents montrent peu d'effet sur le pH du sol à des doses inférieures à 5 t/ha sous les conditions de champ (Velea et al. 2015, White 2015). Il serait intéressant de réaliser une étude sur la réaction des scories de différentes tailles pour un meilleur positionnement comme agent chaulant.

Références

Entry, J.A. and R. E. Sojka. 2007. Matrix based fertilizers reduce nitrogen and phosphorus leaching in greenhouse column studies. *Water Air Soil Pollution* 180:283-292.

Peregrina, F., I. Mariscal, T. Terefe, R. Ordonez and R. Espejo. 2007. Soil solution dynamics into Palexerult amended with gypsum and lime by-products: A laboratory test. *Soil science* 172:366-377.

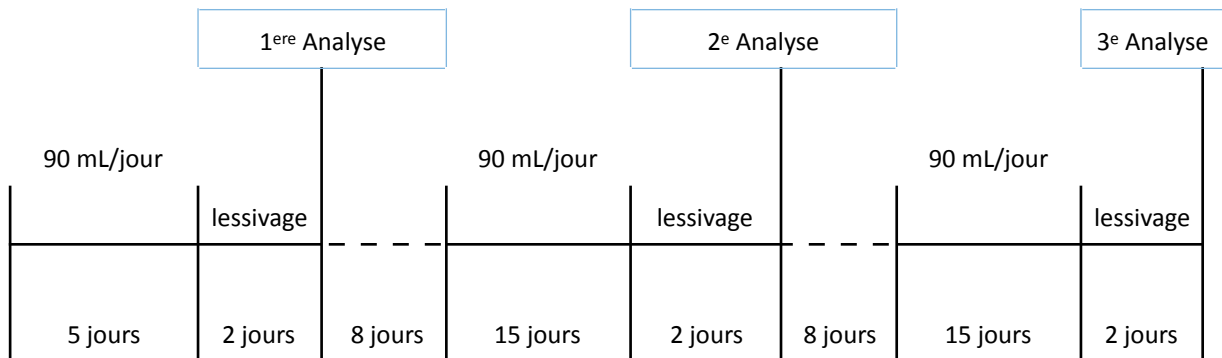
Velea, T. , I. Anger, F. Stoiciu, E. Gament, M. Mihalache I, L. Ilie, L. Popescu , Fl. Zaman , L. Mara and V. Predica. 2015. Non – traditional slag valorization for agriculture. 4th International Slag Valorisation Symposium, Leuven, Belgique, pages 301-305.

White, B.E. 2015. Evaluation of the effects of silicon and nitrogen fertilization on wheat production. Master Thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

Zhang, X., H. Matsuura and F. Tsukihashi. 2011. Utilisation of steelmaking slag for improvement of coastal environment. 2nd International Slag Valorisation Symposium, Leuven, Belgique, pages 271-278.

Figure 1. Calendrier de lixiviation

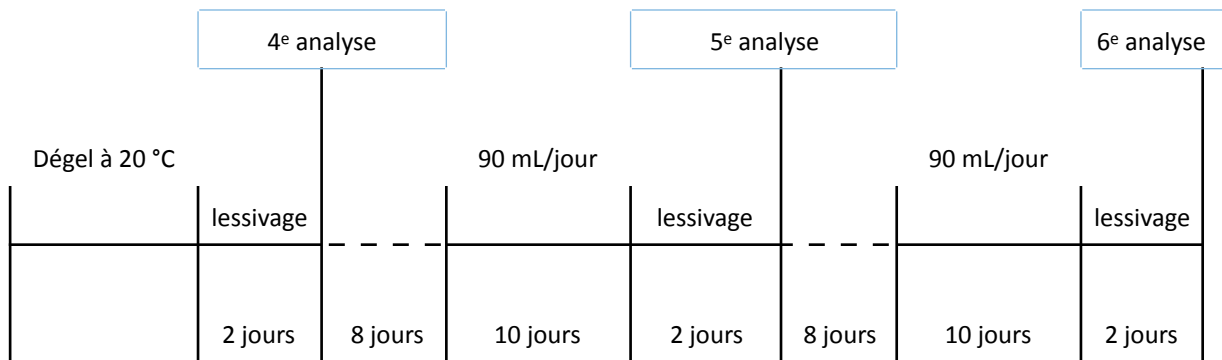
Premier cycle de lessivage (à 20 °C)



3 semaines (7 jours à 4 °C, 14 jours à -15 °C et 7 jours à -4 °C)

Ajouter 200 mL une fois le sol gelé

Deuxième cycle de lessivage (à 20 °C)



**Figure 2. Solubilité du Ca
d'AgroCal-500 et d'Anhydrite
neutralisé dans l'eau**

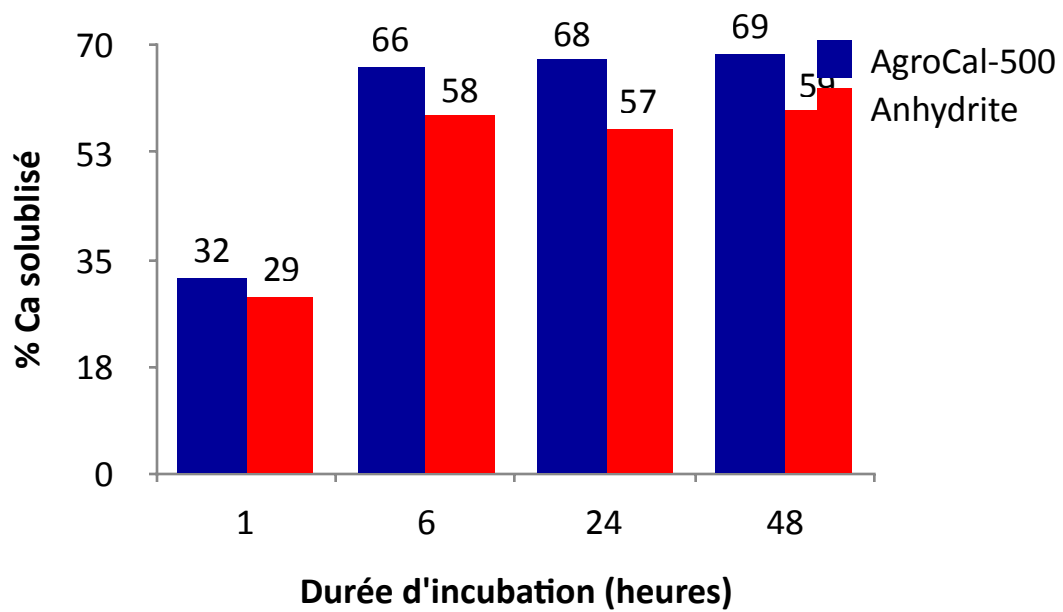


Figure 3. Biomasse de maïs à 45 jours après émergence en serre

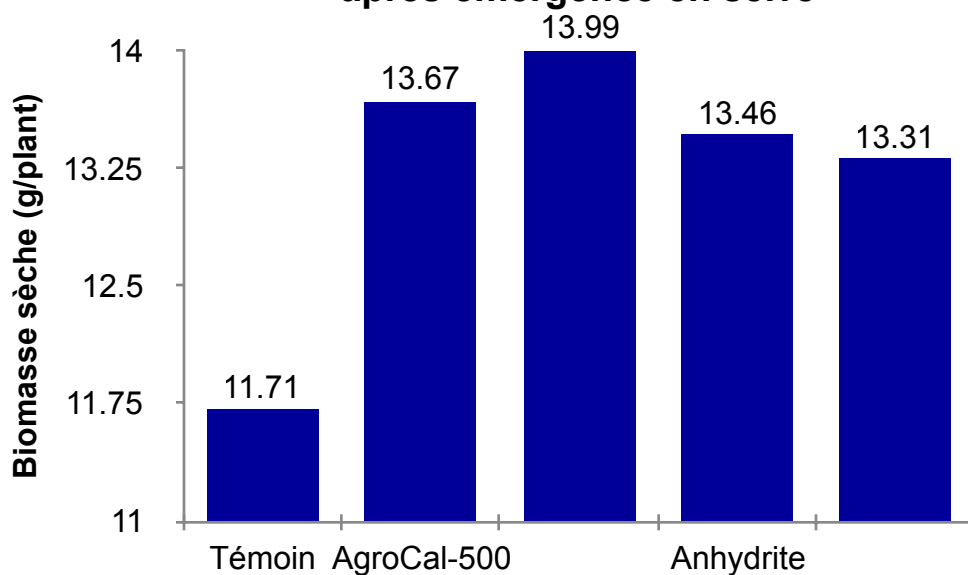


Figure 4. Concentration de Ca dans le feuillage de maïs à 45 jours après émergence en serre

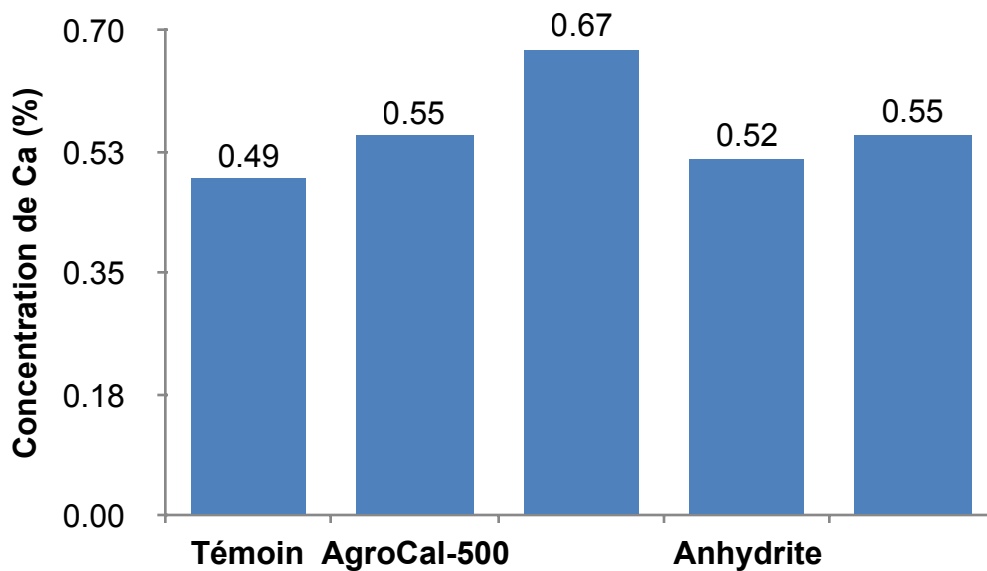


Figure 5. Disponibilité du calcium selon le test de lessivage en colonne

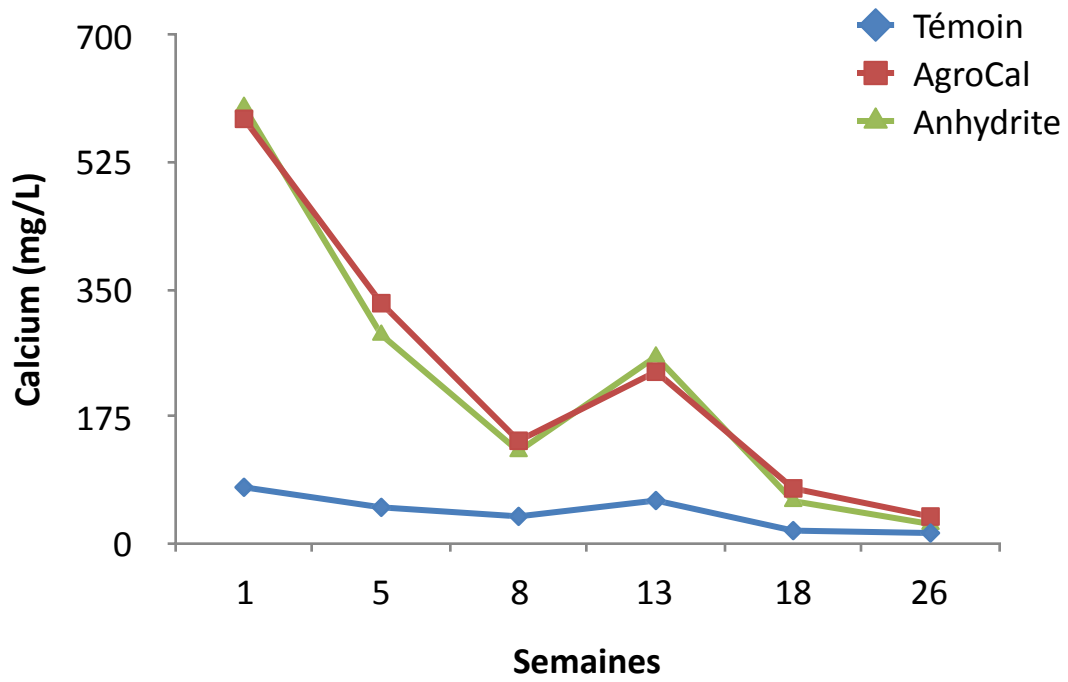


Figure 1. Disponibilité de calcium de KaLime et de scories

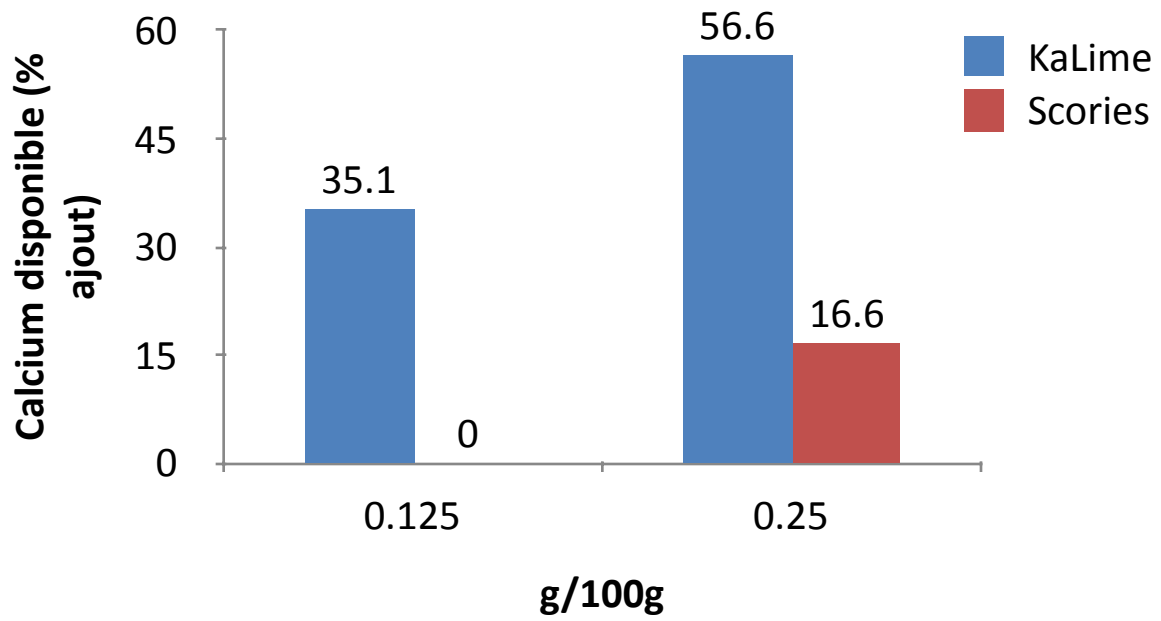


Figure 2 . Changement de pH de sols amendés avec les agents chaulants

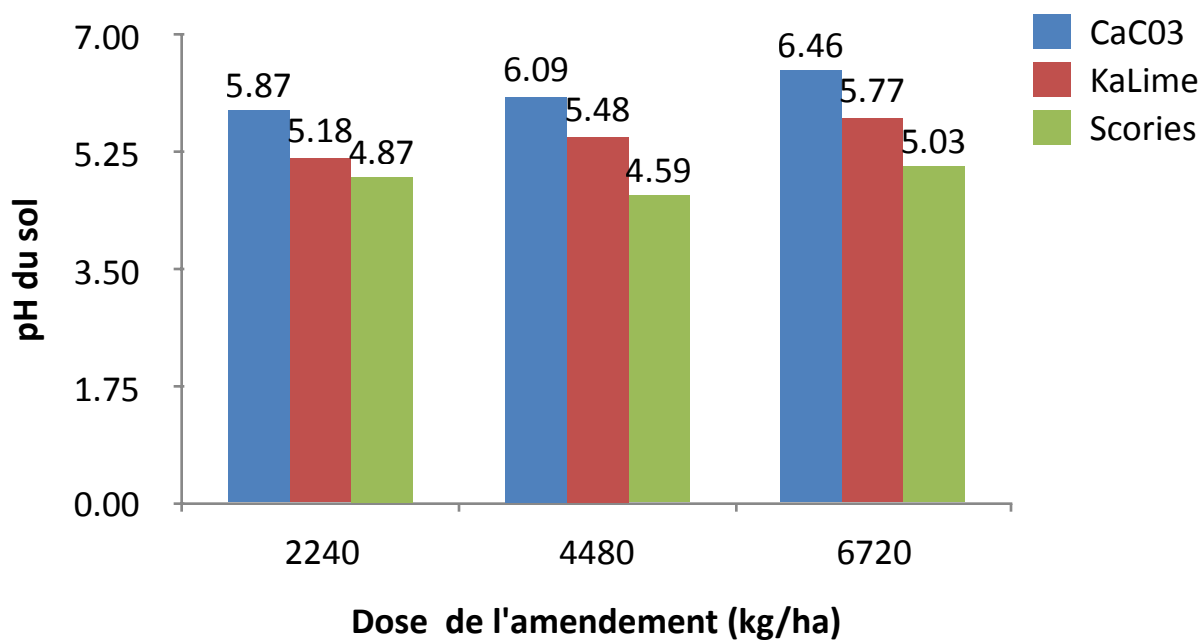


Tableau 1. Effet de KaLime et scories sur les biomasses de maïs et concentrations en K, Ca et Mg dans le feuillage (serre).

Amendement	Dose, T/ha	Biomasse sèche	K	Ca	Mg
		g/ plant	-----%-----		
Témoin		7,14	3,24	0,375	0,148
KaLime	2,25	11,77	3,45	0,426	0,187
	4,5	16,34	3,59	0,476	0,202
Scories	2,25	10,75	3,15	0,388	0,176
	4,5	13,68	2,98	0,445	0,189
LSD		1,61	0,41	0,031	0,021

Tableau 2. effet de KaLime et des scories sur les propriétés du sol à la récolte (serre)

Amendement	Dose, T/Ha	pH	K	Ca	Mg
		-----mg/kg-----			
Témoin		5,44	78	673	33,0
KaLime	2,25	5,59	143	1218	41,6
	4,5	5,85	131	1152	44,4
Scories	2,25	5,48	93	1104	45,6
	4,5	5,62	68	1400	68,6
LSD 5%		0,15	6	95	3,2