

Projet 51. Évaluation du produit de l'usine de traitement de SO₂ (CDS) comme engrais-chaullant

OBJECTIFS DU PROJET

Le but du projet est de développer des stratégies de valorisation d'un produit de récupération de dioxyde de soufre généré par la production de fer et de titane. Les objectifs spécifiques du projet sont:

1. Caractériser les produits de récupération de dioxyde de soufre (CDS) et déterminer s'il répond aux critères d'innocuité pour être valorisé en agriculture.
2. Vérifier les effets des applications de CDS sur les propriétés physiques, chimique set biologiques de sols
3. Évaluer les effets sur les rendements et la qualité des récoltes
4. Optimiser son utilisation en déterminer les doses et moment d'application.

CONTEXTE

Lors du traitement du minerai pour la production de fer et du titane dans les fours rotatifs, le dioxyde de soufre (SO₂) est produit et s'échappe dans l'atmosphère, ce qui contribue à la dégradation de notre environnement. La technologie Circulating Dry Scrubbers (CDS) a été adoptée par La compagnie Rio Tinto Fer et Titane afin de réduire l'émission de SO₂. Elle consiste à récupérer le SO₂ et le faire réagir avec la chaux hydratée (Ca(OH)₂) dans un réacteur à lit fluidisé. Ainsi un résidu solide est obtenu tandis que les gaz passent dans un dépoussiéreur avant d'être rejetés dans l'atmosphère. Le résidu solide contient de la chaux résiduelle et est enrichi de soufre, ce qui en fait un intermédiaire entre un engrais et un amendement. Il pourrait être utilisé principalement sur sols acides, qu'il fertiliserait et chaullerait simultanément. Il pourrait aussi être mélangé avec les amendements organiques (compost, fumiers, boues). La technologie CDS a été introduite au Canada en 2014. On dispose de peu d'informations sur son sous-produit. Dans tous les cas, le calcul des doses à apporter doit être raisonné sur la base d'un bilan de fertilisation prenant en compte les besoins du sol (pH, teneurs en éléments minéraux) et de la plante ainsi que les caractéristiques des CDS, dans le but d'être conformes aux règlements régissant l'usage des engrais et des amendements. Des études de caractérisation, d'innocuité et d'efficacité sont donc nécessaires pour une recommandation en agriculture

AVANCEMENT SCIENTIFIQUE OU TECHNOLOGIQUE

Cette recherche généra des connaissances sur l'impact des produits de récupération de SO₂ sur les sols et les cultures. Pour Agro-100, ce projet devrait permettre d'obtenir un nouveau fertilisant-

chaulant à faible coût. La revalorisation permettra à RTFT d'amortir les coûts de la technologie et d'éviter les dépenses associées à l'enfouissement. Les résultats positifs du projet contribueront à préservation de notre environnement (réduction de SO₂ dans l'atmosphère et des sites d'enfouissement).

DESCRIPTION DES ACTIVITÉS

L'expérimentation est réalisée au Centre de Recherche en Horticulture de l'Université Laval. Le CDS a été obtenu de la compagnie Rio Tinto Fer et Titanium, complexe métallurgique de Sorel-Tracy. Le pH à l'eau du résidu a été déterminé dans le ratio 2:1 (eau: CDS). La composition chimique (éléments nutritifs et métaux lourds) a été déterminée avec l'analyseur Niton XRF. Toutes les analyses ont été faites en duplicata sur deux échantillons prises à deux dates différentes.

La première expérience a pour objectif d'évaluer l'impact du CDS sur le pH du sol. Les traitements consistaient en un témoin, CDS, KaLime (poussières de cimenterie, Agro-100), CKD (poussières de cimenterie, Cimenterie Charlevoix, Michigan), chaux agricole et AgroCal 500 (gypse, Agro-100). Le CDS est appliqué à 2.5 et 5.0 tonnes/ha, AgroCal 500 à 2.5 tonnes/ha et les autres amendements à 5.0 tonnes/ha. Toutes les doses sont calculées sur base sèche. Le sol (0-20 cm) utilisé a été collecté à Batiscan (près de la ville de Québec) et ses caractéristiques chimiques ont été déterminées avant les expériences. Ce sol de texture lourde avait un pH à l'eau de 4.9. Les amendements ont été mélangés de façon homogène à 300 g de sol dans un bocal couvert d'un papier de paraffine avec de petits trous pour permettre la respiration. Il y avait 4 répétitions par traitement. Le sol a été humecté régulièrement pour maintenir une humidité de 15%. Les bocalux seront maintenus à 20-22 °C pendant 16 semaines. Les mesures de pH seront réalisées mensuellement. Le calcium disponible (extrait au Mehlich-III) sera analysé après 16 semaines.

La deuxième expérience a porté sur l'évaluation du CDS sur la biomasse de blé en serre. Les traitements consistent en un témoin, CDS (2.5, 5.0 et 7.5 tonnes/ha), KaLime (5.0 tonnes/ha), chaux agricole (5 tonnes/ha) et AgroCal 500 (2.5 et 5.0 tonnes/ha). Environ 1560 g de sol humide, 710 g de sable et les amendements ont été mélangés et placés dans des pots en plastique. Les pots ont été humidifiés hebdomadairement pour avoir une humidité de 20%, puis couverts avec un papier plastique noir pour empêcher l'évaporation et laissés à température de 20-23 °C pendant deux mois avant le semis afin de laisser les produits chaulants réagir et éviter la brûlure des plantules. Les pots sont découverts une journée par semaine. Vingt graines de blé seront semées dans chaque pot; seulement 7 plants seront gardés après 1 semaine.

À date, les mesures ont porté sur les mesures de pH du sol. La biomasse à 45 jours après l'émergence sera mesurée. La composition chimique du feuillage sera déterminée et les prélèvements en calcium et soufre seront calculés. Le calcium disponible (Mehlich-III) du sol sera déterminé à la récolte. Une autre culture de blé sera réalisée sur les mêmes traitements afin de vérifier l'effet résiduel des traitements.

Résultats et conclusion

La caractérisation du CDS met une forte concentration de calcium (38,15%) et de soufre (11.8). Son pH est de 11.8. La teneur en métaux lourds est très faible. Leurs concentrations sont en-dessous des teneurs maximales admissibles pour les engrais et les suppléments selon la Loi canadienne sur les engrais. (Tableau 2). Ce produit pourrait être appliqué sur les terres agricoles à une dose pouvant atteindre 10 tonnes/ha. Les mesures effectuées à 2 et 4 semaines montrent que le CDS a un effet sur le pH du sol. Le pH augmente avec la dose appliquée. A dose égale, les valeurs de pH des sols incubés avec CDS sont inférieures à celles des sols incubés avec la chaux et le CKD. A l'inverse, KaLime (un CKD de la cimenterie St Marie) a donné des valeurs de pH inférieures à celles de CDS. La différence entre les deux CKD résiderait dans leurs compositions physico-chimiques. Parmi les amendements basiques, ce sont les scories qui ont donné des valeurs de pH les plus basses. L'AgroCal (gypse) n'a pas d'impact sur le pH du sol.

En conclusion, le CDS ne semble pas représenter de risques pour les sols et les cultures et pourrait être utilisé comme amendement chaulant et engrais calcique soufré. L'expérimentation se poursuit pour connaître les effets à moyen et long-terme sur les propriétés du sol et les rendements des cultures.

Références

- Clark, R.B., S.K. Zeto, K.D. Ritchey and V.C. Baligar. 1997. Growth of forages on acidic soil amended with flue gas desulfurization products. *Fuel* 76:771-775.
- Clark, R.B., S.K. Zeto, K.D. Ritchey and V.C. Baligar. 1999. Boron accumulation by maize grown in acidic soil amended with coal combustion products. *Fuel* 78:179-185.
- Clark, R.B. and V.C. Baligar. 2003. Growth of forage legumes and grasses in acidic soil amended with flue gas desulfurization products. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34:157-180.
- Lee, Y.B., J.M. Bigham, W.A. Dick and P.J. Kim. 2008. Impact of flue gas desulfurization – calcium sulfite and gypsum on soil microbial activity and wheat growth. *Soil Science* 173:534-543.
- Wendell, R.R. and K.D Ritchey. 1996. High-calcium flue gas desulfurization products reduce aluminum toxicity in an Appalachian soil. *J. Environ. Qual.* 25:1401-1410.

Tableau 1. Caractérisation chimique de CDS

Élément	Unité	Valeur	Élément	Unité	Valeur
			Mo	ppm	5,23
pH		11,8	Ni	ppm	37,89
Fe	%	0,32	Pb	ppm	4,50
Ca	%	38,15	Pd	ppm	< LOD
K	%	0,05	Rb	ppm	2,57
Al	%	< LOD	S	ppm	117973,15
P	%	< LOD	Sb	ppm	< LOD
Si	%	0,17	Sc	ppm	228,75
Cl	%	0,10	Se	ppm	< LOD
Ag	ppm	< LOD	Sn	ppm	< LOD
As	ppm	5,56	Sr	ppm	244,01
Au	ppm	< LOD	Te	ppm	< LOD
Ba	ppm	79,31	Th	ppm	4,12
Cd	ppm	< LOD	Ti	ppm	861,37
Co	ppm	13,22	U	ppm	4,41
Cr	ppm	8,22	V	ppm	26,18
Cs	ppm	< LOD	W	ppm	40,71
Cu	ppm	23,08	Zn	ppm	9,22
Hg	ppm	< LOD	Zr	ppm	23,27
Mn	ppm	99,45			

Tableau 2. Exemples des concentrations maximales admissibles de métaux dans des engrais/ suppléments selon différentes doses d'application.

Métal	Dose d'application = 4400 kg produit / ha Concentration (mg métal / kg produit)	Dose d'application = 2000 kg produit / ha Concentration (mg métal / kg produit)	Dose d'application = 500 kg produit / ha Concentration (mg métal / kg produit)	CDS
Arsenic	75	166	666	6
Cadmium	20	44	177	LOD
Chrome	1060	2333	9333	8
Cobalt	151	333	1333	13
Cuivre	757	1666	6666	23
Mercure	5	11	44	LOD
Molybdène	20	44	177	5
Nickel	181	400	1600	38
Plomb	505	1111	4444	5
Sélénium	14	31	124	LOD
Zinc	1868	4111	16 444	9

Tableau 3. Effet des amendements calcaïques sur le pH du sol

Produit	Dose (tonnes/ha)	Sol 1 (incubation)		Sol 2 (blé)	
		2 semaines	4 semaines	2 semaines	4 semaines
Témoin		5,38	5,14	5,86	5,55
CDS	2,5	5,73	5,44	6,43	5,81
CDS	5,0	6,22	5,76	6,74	6,33
CDS	7,5	6,57	6,11	6,89	6,76
Chaux	5,0	6,49	6,03	6,78	6,60
KaLime*	5,0	6,03	5,61	6,40	6,30
CKD**	5,0	6,66	6,30	.	.
Scories	5,0	5,63	5,36	.	.
AgroCal	2,5	5,16	5,03	5,66	5,53
P>F		0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
LSD 10%		0,06	0,08	0,11	0,20

* Cimenterie St Marys (Ontario, Canada)

** Cimenterie Charlevoix (Michigan, États-Unis)