

Projet RD-51.

Évaluation du produit de l'usine de traitement de SO₂ (CDS) comme engrais-chaulant

Problématique et Objectifs

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 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 chaulerait simultanément. Il pourrait aussi être mélangé avec les amendements organiques (compost, fumiers, boues). La problématique de la plupart des co-produits de récupération de SO₂ est la présence de sulfites (SO₃). Dans le sol, le sulfite de calcium se transforme en sulfate de calcium; un processus qui peut prendre des jours ou des semaines selon les quantités de sulfites appliqués, le pH, l'humidité et l'aération du sol. Les données disponibles s'accordent une oxydation très rapide en conditions acides et d'oxygène non limitant. Cette transformation s'accompagne d'une production des ions H⁺ (acidité) et parfois de SO₂ qui est toxique pour les racines.

La technologie CDS est récente au Canada et 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.

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 comme engrais et chaulant. 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, chimiques et biologiques de sols.
3. Évaluer les effets sur les rendements et la qualité des récoltes.
4. Optimiser son utilisation en déterminant les doses et moment d'application.

Avancement scientifique ou technologique

Cette recherche génère des connaissances sur l'impact des co-produits de récupération de SO_2 sur les rendements des cultures et la santé des sols. La revalorisation permettra à RTFT d'amortir les coûts de la technologie et d'éviter les dépenses associées à l'enfouissement. Pour le secteur agricole, ce projet devrait permettre d'obtenir un nouveau fertilisant-chaulant à faible coût. En plus d'apporter le calcium et le soufre, ce co-produit permettra de créer des conditions pour rendre assimilables les éléments fertilisants, stimuler la vie biologique du sol et assurer le bon fonctionnement du sol. Les résultats positifs du projet contribueront à la préservation de notre environnement (réduction de SO_2 dans l'atmosphère et des sites d'enfouissement).

Description des activités

Les parcelles expérimentales ont été installées au printemps 2017. Brièvement, le CDS (5 tonnes/ha) est comparé à un témoin dans les cultures de soya, chou et foin. Les traitements sont disposés en bande alternées (2 acres) répétées 3 fois. Le CDS est appliqué et incorporé à 10 cm avant le semis (soya), ou à la transplantation (chou) et sur le foin en végétation. Six place-échantillons de 6 m de long ont été choisis de façon aléatoire dans chaque bande pour la prise des mesures de rendement à l'automne.

Les activités visées par la demande ont donc porté sur les mesures de rendements, l'analyse chimique des tissus végétaux et de sol. Une analyse statistique des données a été réalisée avec le logiciel SAS. Les travaux ont porté sur la rédaction des documents réglementaires (étiquettes, procédure CQ-AQ) pour la certification du produit par le Bureau de Normalisation du Québec.

Résultats obtenus et perspectives

L'application de CDS a eu un impact sur les propriétés chimiques du sol. Des augmentations de pH et de concentration de Ca hautement significatives ont été observées dans les sols amendés avec CDS sous les cultures de soya et de chou. Dans les parcelles traitées, le niveau d'aluminium tendait à la baisse voir significative dans le soya. Le niveau de Mg a augmenté avec l'application de CDS mais l'augmentation significative n'a été visible que sous la culture de soya. L'apport de de CDs s'est traduit par une baisse de la concentration de K qui, était même significative sous le soya. Il y a eu une réduction significative de la concentration de phosphore dans les sols amendés avec CDS sous la culture de soya. Par contre, les concentrations de phosphore tendaient à augmenter dans la culture de chou. Les teneurs en éléments nutritifs des feuilles selon les cultures. Dans les cultures de soya les concentrations de calcium, de soufre et de phosphore étaient plus élevées dans les parcelles traitées que dans les parcelles non-traitées. L'inverse a été observée pour le potassium, magnésium, zinc, fer et manganèse. Le feuillage des cultures fourragères traitées avec CDS affichait des niveaux élevés de potassium et de soufre. Par contre, le niveau de calcium a diminué de façon significative avec l'apport de CDS. Cela est due à l'absence de l'incorporation au sol de l'amendement. L'utilisation de CDS a entraîné une augmentation significative des rendements de soya et de foin. Les paramètres de croissance et le rendement de chou n'ont pas impactés par l'usage de CDS. En résumé, les

données collectées suggèrent que le CDS est une source d'éléments nutritifs pour la plante et a un effet positif sur le pH du sol et, par conséquent, améliore la disponibilité des éléments nutritifs intrinsèques du sol. Les rendements des cultures peuvent être améliorés par les apports de CDS qui doivent être modulés selon le type et les cultures. Ces informations seront transmises aux producteurs agricoles via des présentations orales et un bulletin agronomique. Le produit a obtenu une certification de la BNQ pour être utilisé comme amendement calcique. Des essais en parcelles commerciales se poursuivront dans divers endroits et productions pour bien positionner le produit et faciliter son adoption par les producteurs.

Références

- Burgess-Conforti, J.R., D.M. Miller, K.R. Brye, L.S. Wood and E.D. Pollok. 2016. Liming characteristics of high-calcium dry flue gas desulfurization by-product and class-C fly ash. *Journal of Environmental Protection* 7:1592-1604.
- 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.
- Lee YB, Bigham JM, Dick WA, Jones FS, Ramsier C. 2007. Influence of soil pH and application rate on the oxidation of calcium sulfite derived from flue gas desulfurization. *J. Environ. Qual.* 36:298-304.
- Ritchey, K.D., T.B. Kinraide and R.R. Wendell. 1995. Interactions of calcium sulfite with soils and plants. *Plant and Soil* 173: 329-335.
- 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 51.1. Effet de l'apport de CDS sur le contenu en nutriment dans les feuilles de chou et de soya.

Culture	Traitement	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cl
Chou	Témoin	5.36	0.46	3.75	1.08	0.35	1.83	36.3	114	46.9	0.45
	CDS	5.38	0.50	3.52	1.41	0.30	2.15	27.1	89	31.0	0.45
		NS	NS	**	NS	*	**	NS	**	**	NS
Soya	Témoin	4.45	0.31	1.77	0.86	0.20	0.38	48.5	124	137.0	0.15
	CDS	4.94	0.35	1.71	1.09	0.20	0.49	33.6	1178	62.4	0.02
		NS	**	NS	*	NS	**	***	NS	***	***

***, **, *, NS : significatif à P < 0.01, 0.05, 0.1 et non significatif (P > 0.1)

Tableau 51.2. Effet de l'apport de CDS sur le contenu en nutriment du foin.

Site	Traitement	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cl
DU13	Témoin	3.74	0.31	1.99	2.61	0.31	0.46	20.2	99	27.2	0.74
	CDS	3.80	0.29	2.36	2.14	0.24	0.80	19.8	131	32.7	0.80
		NS	NS	*	**	NS	***	NS	NS	NS	NS
DU14	Témoin	3.48	0.26	1.61	2.31	0.30	0.43	17.6	111	38.6	1.03
	CDS	3.51	0.26	2.10	1.92	0.27	0.65	16.1	113	38.2	1.13
		NS	NS	***	**	NS	**	NS	NS	NS	NS

***, **, *, NS : significatif à P < 0.01, 0.05, 0.1 et non significatif (P > 0.1)

Tableau 51.3. Effet de CDS sur le pH et la concentration des éléments nutritifs extractibles au Mhelich-3 dans le sol sous les cultures de soya et de chou.

Culture	Traitement	pH _e	pH _t	P	K	Mg	Ca	Al	Zn	Fe	Mn	B	Cu
Soya	Témoin	5.23	6.63	151	291	115	971	775	1.81	143	14.0	0.10	1.26
	CDS	6.00	7.10	95	124	186	2205	688	1.61	142	18.1	0.14	1.08
		**	***	***	***	*	***	*	NS	NS	NS	NS	NS
Chou	Témoin	5.17	6.47	234	344	179	1131	1895	0.82	207.67	8.7	0.92	1.33
	CDS	6.33	6.90	309	289	193	3014	1345	1.07	234.33	14.4	0.75	1.65
	S	***	*	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS

***, **, *, NS : significatif à P < 0.01, 0.05, 0.1 et non significatif (P > 0.1)

pH_e et pH_t: pH eau et pH tampon

P, K, Ca, Mg et Al en kg/ha; oligo-éléments en mg/kg

Tableau 51.4. Effet de l'apport de CDS sur le rendement de soya.

Traitement	Gousses par plant	Rendement, tonnes/ha
Témoin	43.6	2.66
CDS	49.9	3.10
	**	**

** : significatif à P <0.05

Tableau 51.5. Effet de l'apport de CDS sur les biomasses, la hauteur et le rendement de chou.

Traitement	Biomasse fraîche, g/plant		Hauteur, cm	Rendement, tonnes/ha
	Feuillage	Racines		
Témoin	96.2	8.25	23.8	70.0
CDS	104.4	9.47	25.2	72.9
	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>

NS: non significatif à P>0.1

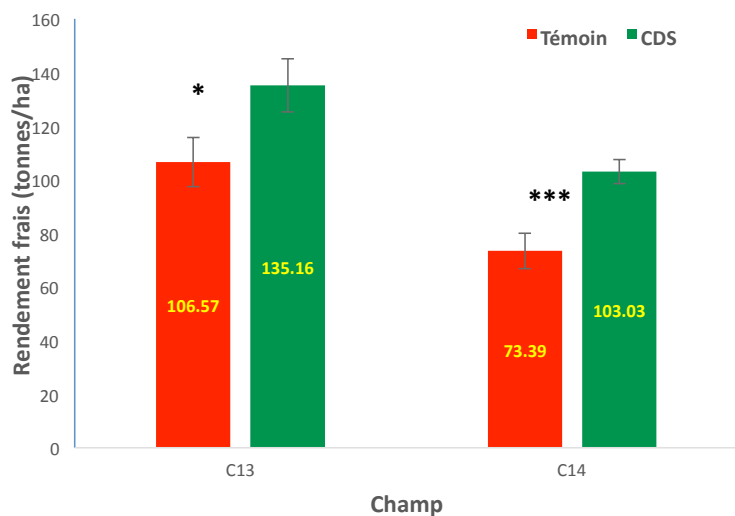


Figure 51.1. Effet de l'apport de CDS sur le rendement frais de foin. *, ***: significatif respectivement à P <0.1 et 0.01.