

## **PROJET RD-27: CARACTÉRISATION ET ÉVALUATION DU POTENTIEL DES NOUVELLES MATIÈRES RÉSIDUELLES FERTILISANTES (MRF)**

### **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**

L'acidité des sols, un des premiers facteurs limitant du rendement, est un phénomène naturel et permanent, accéléré par des pratiques culturales intensives. L'acidification conduit 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, des amendements basiques doivent être apportés régulièrement.

Des milliers de tonnes de sous-produits industriels (cimenteries, papetières, transformation alimentaires). Plusieurs travaux montrent que certains de ces sous-produits réduisent plus efficacement l'acidité des sols que le calcaire broyé, vraisemblablement en raison de la finesse des particules et de la grande réactivité de la chaux (CaO) et autres oxydes (MgO, KOH) qui, après leur dissolution, permettent d'augmenter le pH.

Les amendements sont appréciés sur avec l'indice de valeur agricole qui est estimé à partir du pouvoir neutralisant déterminé par titration et de la finesse des particules. Contrairement à la chaux agricole, les amendements calciques et magnésiens provenant des procédés industriels peuvent contenir, en plus des carbonates, d'autres composés pouvant réagir avec l'acide et, ainsi affecter la détermination du pouvoir neutralisant. Les minerais primaires et secondaires comme les aluminosilicates présents dans certains résidus industriels

consomment l'acidité durant leur désintégration (Erich et Ohno 1992). La méthode chimique ne tient pas compte de la présence de ces composés, ce qui peut résulter en une sur- ou sous-estimation du pouvoir neutralisant. La méthode d'incubation a été développée pour estimer l'IVA de la cendre de bois (Naylor et Schmidt 1986; Erich et Ohno 1992). Mais ce test n'a jamais l'objet d'une évaluation pour les autres sous-industriels.

#### **AVANCEMENT SCIENTIFIQUE OU TECHNOLOGIQUE**

Le projet vise à mieux comprendre les valeurs fertilisante et chaulante des co-produits industriels et les effets de leur apport sur les propriétés physiques et chimiques du sol afin d'obtenir une efficacité optimale dans un contexte d'une agriculture durable.

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

L'expérience a été réalisée au Centre de Recherche en Horticulture de l'Université Laval. Le sol (0-20 cm) utilisé a été collecté à Saint-Nicolas, près de Québec. Ce sol de texture lourde avait un pH à l'eau de 4.5. Trois amendements calcique et magnésiums (LKD calcique, LKD dolomique, CalPoMag) ont été comparés à deux témoins: carbonate de calcium et chaux agricole certifiée BNQ (Carrières Calco inc de St-Marc-des-Carrières, Portneuf). La chaux agricole avait une teneur en carbonates de Ca de 95.3%, un pouvoir neutralisant de 97.2%, une efficacité 91.1% et un IVA de 88.5% (échantillon no 10-40028, BNQ-CRIQ 2010).

Les amendements ont été séchés à 105 °C pendant 24 heures, puis mélangés de façon homogène à 1 kg de sol à une dose de 1, 2, 3,4, 6, 8 et 10 g/kg de sol. Pour le carbonate de calcium, seules les 4 doses inférieures ont été utilisées. Un témoin a été inclus dans le dispositif. Il y avait 4 répétitions par traitement. Les mélanges ont été placés dans 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 mélange et le témoin ont été humectés jusqu'à un léger écoulement de l'eau par les trous de drainage. Les contenants ont été recouverts d'une pellicule plastique perforée et incubés dans un cabinet de croissance à température contrôlée à 25 °C.

Un échantillon (10 g) a été prélevé à toutes les quatre semaines. Le pH a été déterminé avec 20 mL de CaCl<sub>2</sub> 0.01 M selon la méthode de Hendershot et al. (1986). Les données ont été analysées comme une expérience randomisée en utilisant la procédure GLM du système SAS. La procédure REG a été utilisée pour déterminer la relation entre la dose des amendements et le pH mesuré. Les mesures de pH des sols amendés avec le carbonate de

calcium sont utilisées pour déterminer l'équivalent en carbonate de calcium. Les valeurs de pH du sol à la fin de l'expérimentation ont servi à la détermination de l'IVA des amendements qui a été obtenu en multipliant l'IVA de la chaux par le rapport de la pente de Ka-Lime sur la pente de la chaux (Naylor et Schmidt 1986; BNQ 2005).

## Résultats et conclusion

Les résultats obtenus montrent que l'effet des amendements sur le pH du sol est beaucoup inférieur à celui du carbonate de calcium à dose égale. De façon générale, le pH du sol a augmenté de plus rapidement avec le LKD qu'avec la chaux, le CalPomag et la dolomie, l'écart étant plus important dans les premières semaines. L'analyse de régression montre que l'équivalent en carbonate varie avec les amendements. Pour le LKD, l'équivalent en carbonate diminue progressivement avec le temps contrairement à la dolomie connue pour sa réaction lente. Pour la chaux et le CalPoMag, l'équivalent en carbonate varie peu dans le temps. La moyenne des 4 mesures indique respectivement une équivalence de 72.0, 50.8, 58.7 et 21.6% pour le LKD, CalPoMag, la chaux calco et la dolomie. Compte tenu de la variation dans le temps, il semble difficile d'utiliser la méthode d'incubation pour déterminer l'équivalent en carbonate des amendements alcalins. Par rapport à la chaux de référence utilisée, l'indice de valeur agricole s'établirait à 100 pour le LKD, 92,5 pour le CalPoMag et de 68.5 pour la dolomie. Ce travail doit se poursuivre dans le cadre d'expérimentations en présence des plantes avant de valider ces valeurs auprès des agriculteurs.

## Références

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1975. Agricultural liming materials. Method 1.005, Indicator Titration Method. Page 1. Official Methods of Analysis. W. Horwitz, (ed). Washington, DC.

Agronomy Society of America (ASA). 1965. Acid neutralization method. Agronomy Monograph No. 9. Methods of Soil Analysis. Method 91-4, page 1387. Agron. Soc. of Am., Madison, WI.

BNQ. 2005. Amendements minéraux: amendements calciques ou magnésiens provenant de procédés industriels. BNQ 0419-090/2005. Annexe E.

Cabral, F., M.H. Ribeiro, L. Hilario, L. Machado and E. Vasconcelos. 2008. Use of pulp mill inorganic wastes as a alternative liming materials. Bioresource Technology 99:8294-8298.

Hendershot, W.H., H. Lalonde and M. Duquette. 1986. Ion Exchange and Exchangeable Cations. In M. R. Carter and E. G. Gregorich: Soil Sampling and Methods of Analysis, Second Edition. CRC Press 2007.

Naylor, L.M. and E.J. Schmidt. 1986. Agricultural use of wood ash as a fertilizer and liming material. *Tappi Journal* 69:114-119.

Ohno, T. And M.S. Erich. 1993. Incubation-derived calcium carbonate equivalence of papermill broiler ashes derived from sludge and wood sources. *Environmental Pollution*. 79: 175-180.

Sharifi, M., Cheema, M.,McVicar, K., LeBlanc, L. and Fillmore, S. 2013. Evaluation of liming properties and potassium bioavailability of three Atlantic Canada wood ash sources. *Canadian Journal of Plant Science*, 93, 1209–1216.

Tableau 1. Effets des amendements calciques et magnésiens sur le pH du sol

Semaine	Amendement	Dose (g/kg)						
		1	2	3	4	6	8	10
1	CaCO <sub>3</sub>	5,68	6,50	6,62	6,73			
	Chaux Calco	4,94	5,17	5,63	5,48	5,94	6,12	6,48
	LKD	5,04	5,40	6,14	5,83	6,59	6,89	7,24
	CalPoMag	4,68	4,74	5,01	5,22	5,66	5,89	5,94
	Dolomitique	4,33	4,41	4,41	4,52	4,62	4,90	4,90
2	CaCO <sub>3</sub>	5,49	5,85	6,44	6,55			
	Chaux Calco	4,95	5,49	5,73	5,62	6,09	6,12	6,40
	LKD	4,80	5,05	5,44	5,79	6,07	6,30	6,34
	CalPoMag	4,68	4,87	5,23	5,33	5,80	6,17	6,04
	Dolomitique	4,69	4,68	4,78	4,91	5,62	5,73	5,86
3	CaCO <sub>3</sub>	4,99	5,77	6,24	6,50			
	Chaux Calco	4,94	5,26	5,36	5,81	5,92	6,14	6,47
	LKD	4,83	5,06	5,40	5,88	6,13	6,40	6,57
	CalPoMag	4,72	4,86	5,11	5,26	5,75	6,03	6,11
	Dolomitique	4,62	4,67	4,73	5,07	5,20	5,57	5,85
4	CaCO <sub>3</sub>	5,06	5,92	6,29	6,61			
	Chaux Calco	4,78	5,06	5,25	5,70	5,92	6,23	6,44

LKD	4,78	5,12	5,29	5,50	5,91	6,50	6,51
CalPoMag	4,65	4,74	5,12	5,39	5,87	5,94	6,20
Dolomitique	4,59	4,61	4,70	4,88	5,21	5,39	5,69

Tableau 2. Paramètres de l'équation de régression  $Y = a + bX$  de la relation entre le pH et des doses croissantes des amendements (1 à 4 g/kg de sol).

Semaine	Amendement	a	b	P	r	%CaCO <sub>3</sub>
1	CaCO <sub>3</sub>	5,57	0,327	0,0039	0,735	
	LKD	4,82	0,312	0,0038	0,597	95,4
	CalPoMag	4,44	0,188	0,0001	0,894	57,5
	Chaux calco	4,78	0,210	0,0391	0,544	64,3
	Dolomitique	4,28	0,058	0,0388	0,545	17,8
2	CaCO <sub>3</sub>	5,14	0,378	0,0009	0,806	
	LKD	4,43	0,337	0,0001	0,920	89,1
	CalPoMag	4,45	0,232	0,0199	0,658	61,4
	Chaux calco	4,89	0,225	0,0051	0,718	59,6
	Dolomitique	4,58	0,075	0,0163	0,632	19,8

3	CaCO <sub>3</sub>	4,63	0,499	0,0001	0,905	
	LKD	4,42	0,348	0,0001	0,923	69,6
	CalPoMag	4,52	0,189	0,0001	0,883	37,9
	Chaux calco	4,67	0,270	0,0080	0,688	54,1
	Dolomitique	4,42	0,140	0,0015	0,785	28,1
4	CaCO <sub>3</sub>	4,71	0,502	0,0001	0,948	
	LKD	4,59	0,232	0,0001	0,937	46,3
	CalPoMag	4,33	0,259	0,0001	0,939	51,5
	Chaux calco	4,46	0,296	0,0001	0,969	59,0
	Dolomitique	4,45	0,096	0,0002	0,855	19,2
Moyenne	CaCO <sub>3</sub>	5,01	0,427	0,0001	0,814	
	LKD	4,57	0,307	0,0001	0,756	72,0
	CalPoMag	4,43	0,217	0,0001	0,817	50,8
	Chaux calco	4,47	0,250	0,0001	0,722	58,7
	Dolomitique	4,43	0,092	0,0002	0,496	21,6

Y= a + bX avec Y = pH, X = dose, a = intersection, b = pente de la droite de régression.

P: probabilité de signification de la droite de régression.

r: coefficient de corrélation.

%CaCO<sub>3</sub>: rapport entre les pentes de l'amendement et du CaCO<sub>3</sub> (~équivalence en carbonate).

Tableau 3. Paramètres de l'équation de régression Y = a + bX de la relation entre le pH et des doses croissantes des amendements (1 à 10 g/kg de sol).

Semaine	Amendement	a	b	r	% Chaux calco	
					PN	IVA
1	LKD	5,03	0,2336	0,886	142,0	129,3
	CalPoMag	4,55	0,1561	0,916	94,9	86,4
	Chaux calco	4,90	0,1598	0,863		
	Dolomitique	4,25	0,0692	0,909	42,1	38,3

2	LKD	0,48	0,1749	0,904	124,5	113,3
	CalPoMag	4,64	0,1667	0,870	118,6	108,0
	Chaux calco	5,11	0,1366	0,881		
	Dolomitique	4,43	0,1537	0,918	109,4	99,6
3	LKD	4,80	0,1964	0,945	119,7	109,0
	CalPoMag	4,59	0,1678	0,959	102,3	93,1
	Chaux calco	4,92	0,1595	0,873		
	Dolomitique	4,41	0,1427	0,953	87,0	79,2
4	LKD	4,68	0,2020	0,970	106,5	97,0
	CalPoMag	4,54	0,1797	0,959	94,8	86,3
	Chaux calco	4,73	0,1842	0,971		
	Dolomitique	4,38	0,1295	0,980	68,3	62,2
Moyenne	LKD	4,83	0,2017	0,880	122,5	111,5
	CalPoMag	4,58	0,1676	0,923	101,8	92,7
	Chaux calco	4,92	0,1600	0,896		
	Dolomitique	4,37	0,1238	0,796	75,2	68,5

$Y = a + bX$  avec  $Y = \text{pH}$ ,  $X = \text{dose}$ ,  $a = \text{intersection}$ ,  $b = \text{pente de la droite de régression}$ .

P: probabilité de signification de la droite de régression.

r: coefficient de corrélation.

%Chaux: rapport entre les pentes de l'amendement et de la chaux certifiée BNQ avec PN de 97,2 et IVA de 88,5.

Toutes les équations de régression sont significatives à  $P < 0.0001$ .