

Valorisation de cendres industrielles en milieu forestier : Effets bénéfiques et adverses sur la croissance selon les espèces d'arbre

Gustavo Palma

Directeur de recherche :
Co-directeur de recherche :

Suzanne Brais PhD.
Nicolas Belanger PhD.



1. PROBLEMATIQUE
2. OBJECTIFS ET HYPOTHESES
3. APPROCHE METHODOLOGIQUE
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION
5. CONCLUSIONS ET TRAVAUX FUTURS



1. PROBLEMATIQUE

1. PROBLEMATIQUE



Université du Québec
en Abitibi-Témiscamingue

Bioénergie



Cendres industrielles



Au Québec, 300 000 Mg de cendres par an (base humide) (Hébert et Breton 2008; Gagnon, 2012)

- ✓ Diminution des installations de stockage
- ✓ Augmentation des coûts opérationnels
- ✓ Perte de nutriments dans le sol

La politique québécoise de gestion des matières résiduelles, exige que jusqu'à 60% des résidus soient recyclés (MDDEP, 2011), soit par digestion anaérobie, compostage ou d'autres avenues de valorisation.



Valorisation en tant que MRF

Enjeux éventuels:

Risque en contamination par des métaux traces et/ou la manifestation des déséquilibres nutritionnels provoqués par des interactions antagonistes.

2. OBJECTIFS ET HYPOTHESES



Les objectifs spécifiques sont de trois ordres :

- ✓ *Evaluer les effets de l'épandage de cendres industrielles sur les propriétés physico-chimiques du sol, la nutrition et la croissance initiale de jeunes plants d'épinette blanche, pin gris, mélèze hybride sur des parterres de coupes.*
- ✓ *Déterminer si l'application de cendres augmente les concentrations des métaux traces (notamment le Manganèse) dans le sol à court et à moyen termes (1-8 ans) et si leur assimilation par les plants a des incidences sur la nutrition et la croissance.*
- ✓ *Définir la spéciation du Manganèse dans le sol suite à l'application de cendres industrielles et étudier les interactions entre ceux-ci et les cations basiques (notamment Ca et Mg).*

Hypothesis: $H_{\alpha}: \mu_{\text{témoin}} \neq \mu_{1\dots n}$ traitements

3. APPROCHE METHODOLOGIQUE

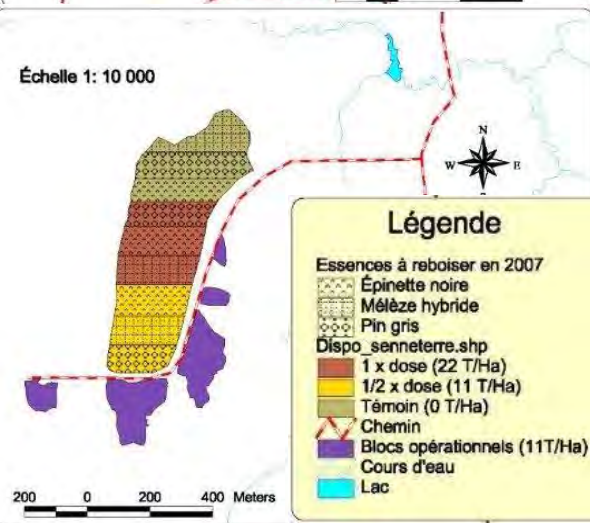
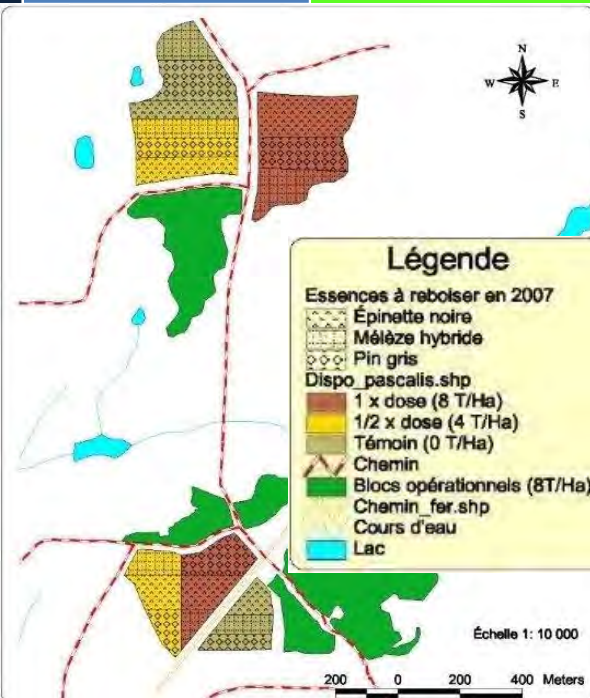
Localisation et design expérimental Abitibi. Cantons de Pascalis et Senneterre

**Design experimental : Blocs complets aléatoires
3 blocs x 3 doses en cendres x 3 espèces = 27 UE's**

Traitement en Cendres Pascalis :
0 (Témoin sans amendement)
1 dose à pH cible 5.5 (22 Mg/ha)
1/2 dose à pH cible 5.5 (11 Mg/ha à Pascalis)

Espèces:
Épinette blanche, pin gris, mélèze hybride

Traitement en Cendres Senneterre :
0 (Témoin sans amendement)
1 dose à pH 5.5 (8 Mg/ha)
1/2 dose à pH 5.5 (4 Mg/ha)



3. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Contenu des éléments dans les cendres Boralex

		Cendres de Boralex						
		06-12-2005	11-01-2006	08-02-2006	09-03-2006	19-04-2006	14-06-2006	MOYENNE
P	mg/kg	2100	5300	8200	5100	6200	2800	4950
K	mg/kg	9300	12000	16000	25000	17000	16000	15883
Ca	mg/kg	62000	80000	110000	170000	96000	110000	104667
Mg	mg/kg	5700	6200	8500	9600	6200	6900	7183
As	mg/kg	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Cd	mg/kg	2,9	3,6	3,5	4,5	<5	2,4	4
Co	mg/kg	4	4	4	4	<20	4	7
Cr	mg/kg	18	16	17	7	<20	15	16
Cu	mg/kg	36	29	44	52	42	34	40
Mn	mg/kg	3300	4000	6600	11000	5200	5800	5983
Ni	mg/kg	19	17	21	16	<10	17	17
Zn	mg/kg	510	510	700	1000	610	620	658

Suivi des variables de réponse



Activités sur le terrain et laboratoire

2006. Epandage de cendres
à trois différentes doses... (scarifiage)



2007. Plantation de trois essences
(PIG, EPB, MEH)



2007. Echantillonnage des sols + croissance
2008. Echantillonnage des feuilles



2007. Analyses physico-chimique des sols
2008. Analyses chimique foliaire

pH

N total

Phosphore

Bases et acidité échangeables

Manganèse

Éléments totaux tissus





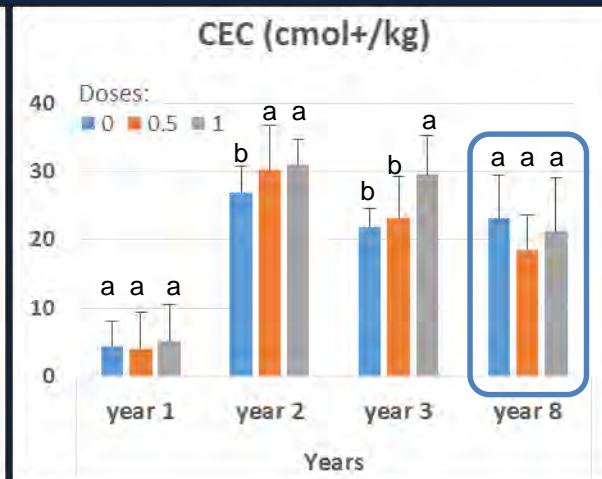
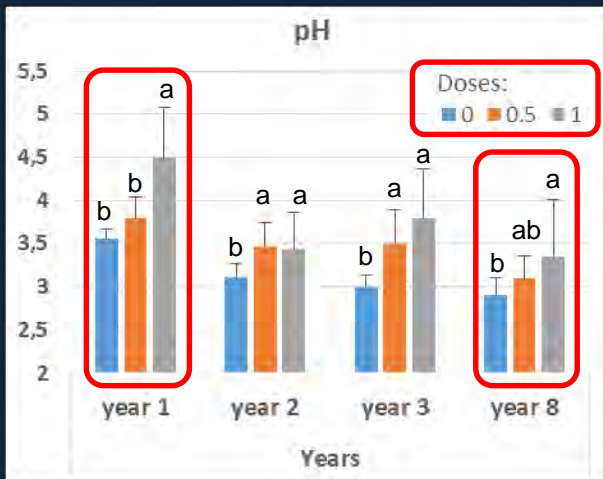
4. RESULTATS ET DISCUSSION



4. RESULTATS



Propriétés physico-chimiques du sol



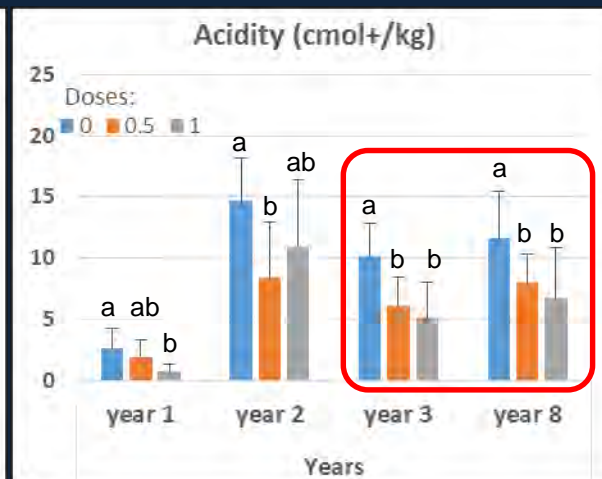
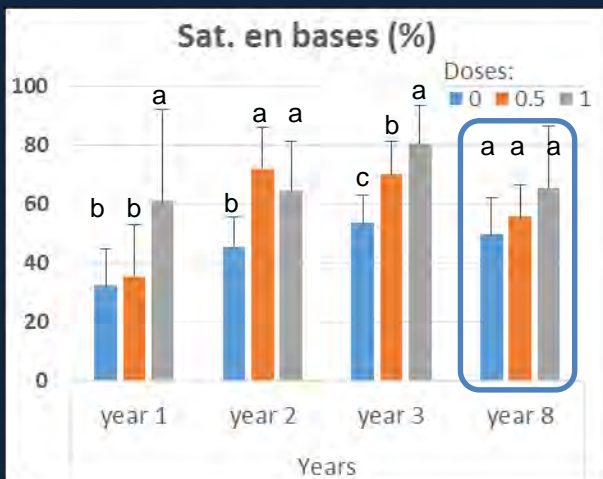
Doses:

0 D = Témoin

0,5 D = 1/2 dose pour pH 5,5

1 D = Dose complete pour pH 5,5

n = 6 repetitions x dose



Les sols ont été scarifiés la première année suite à l'application des cendres

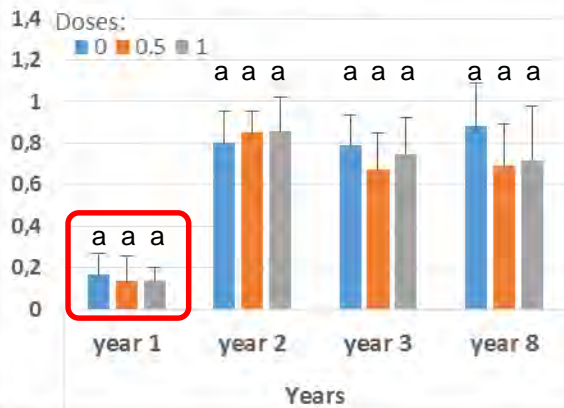
- Le pH, la CEC et les bases échangeables ont augmenté.
- Diminution de l'acidité

4. RESULTATS

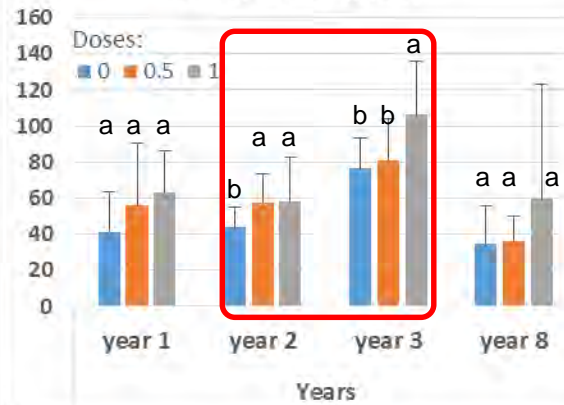


Propriétés physico-chimiques du sol

Nitrogen (%)



Phosphorus (ppm)



Doses:

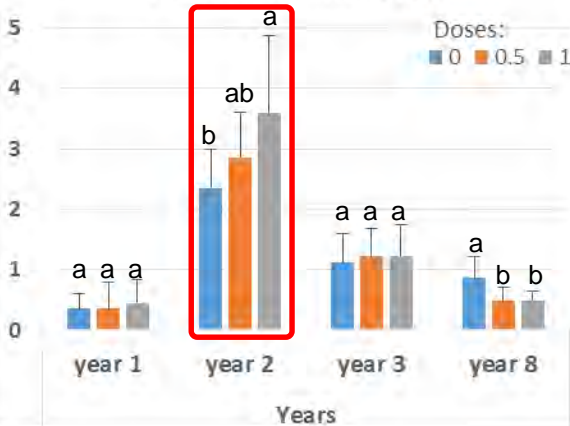
0 D = Témoin

0,5 D = 1/2 dose pour pH 5,5

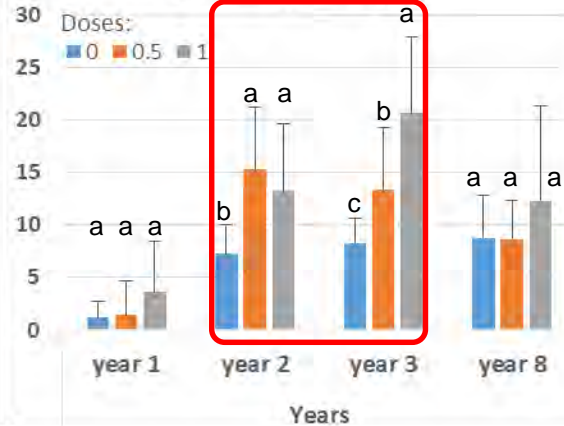
1 D = dose complete pour pH 5,5

n = 6 repetitions x dose

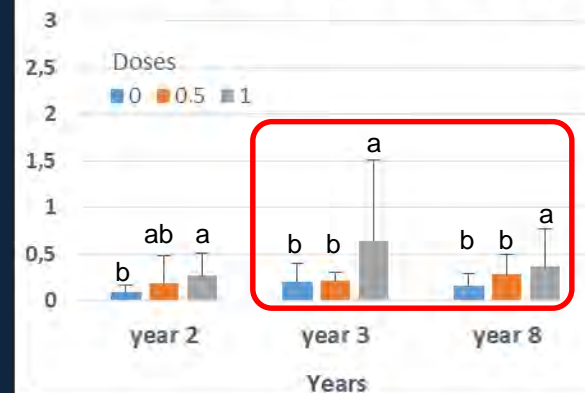
Potassium (cmol+/kg)



Calcium (cmol+/kg)



Calcium in SM (cmol+/kg)

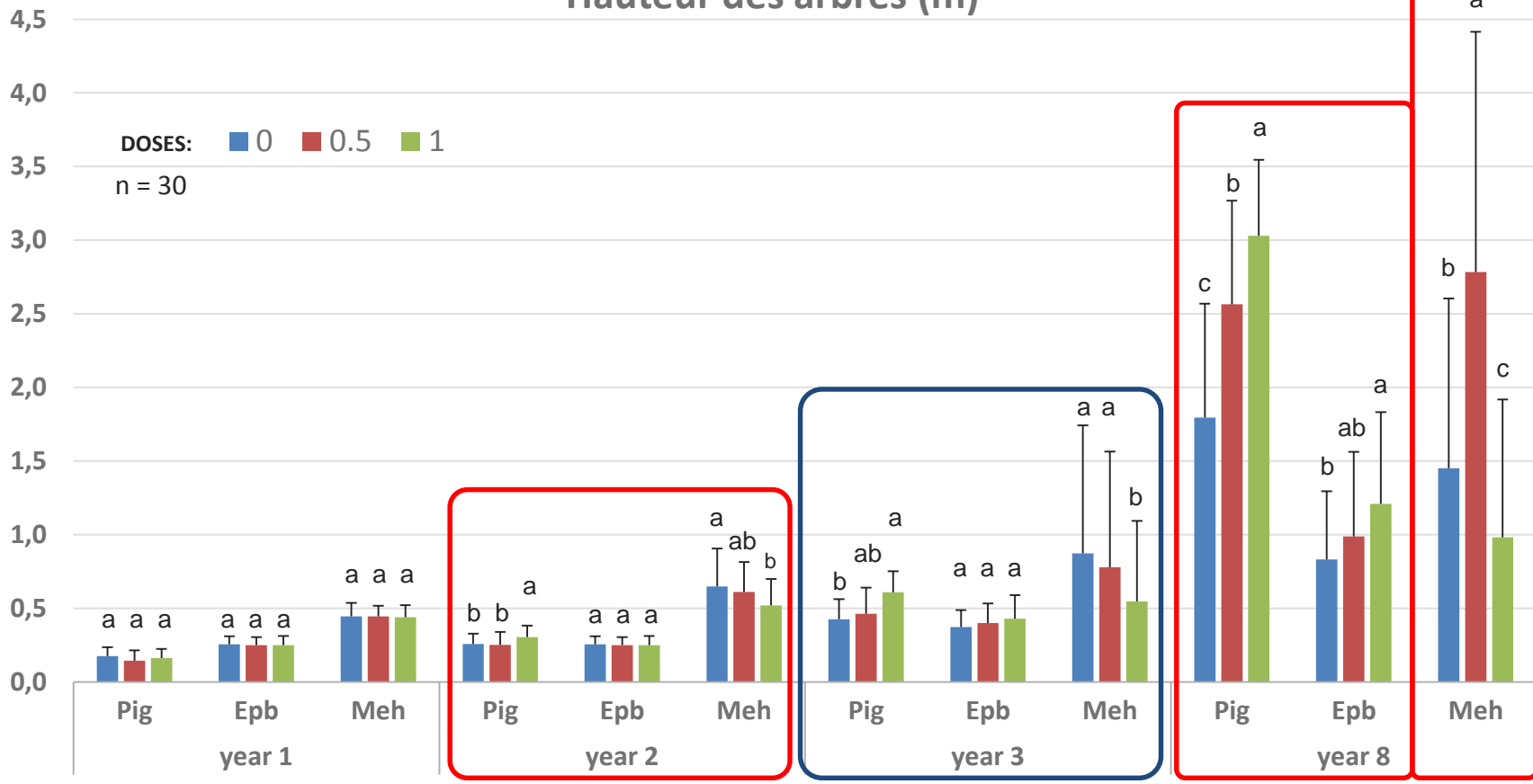


4. RESULTATS



Hauteur totale des conifères de 1 à 8 années de croissance

Hauteur des arbres (m)



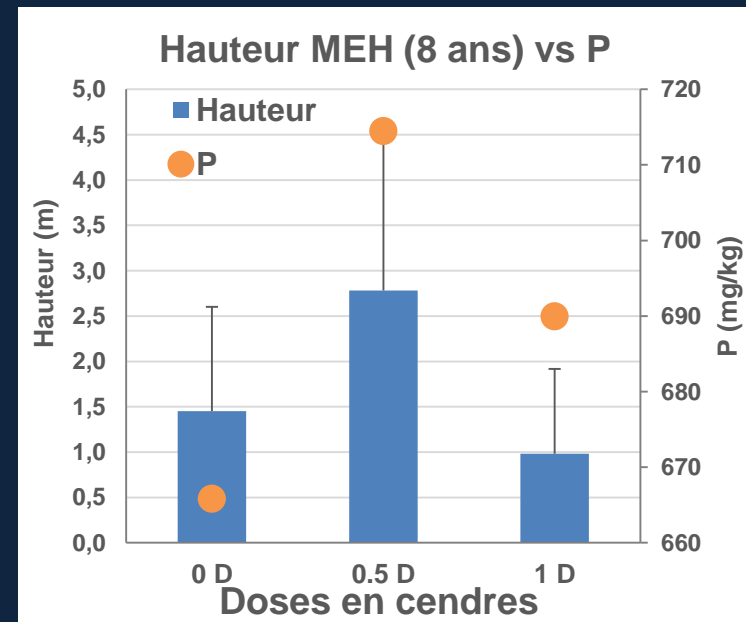
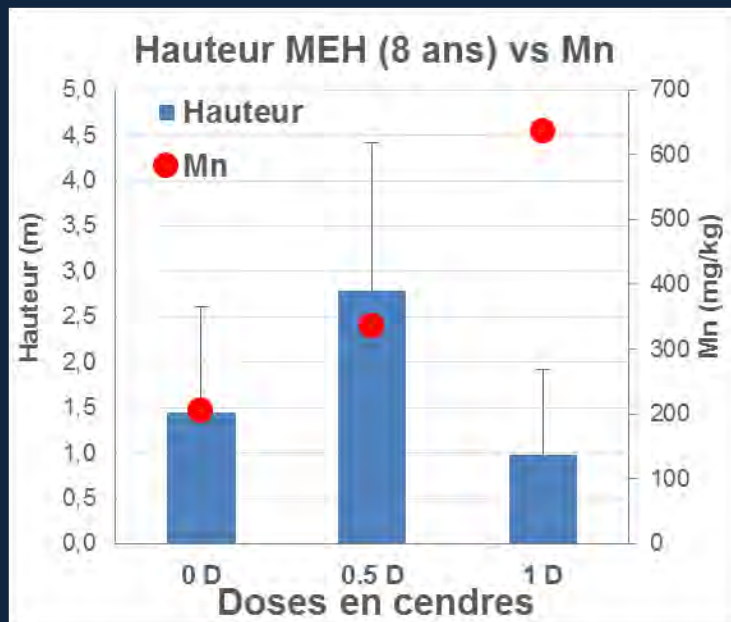
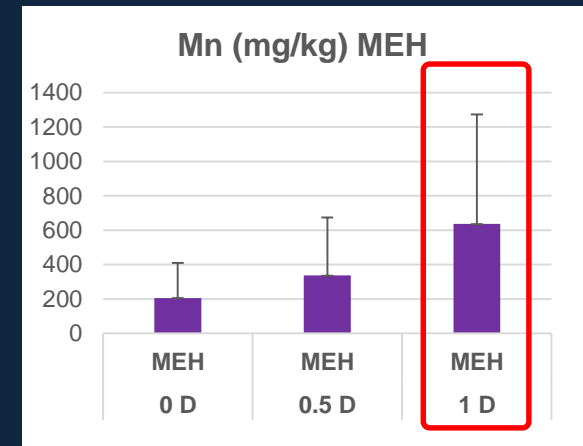
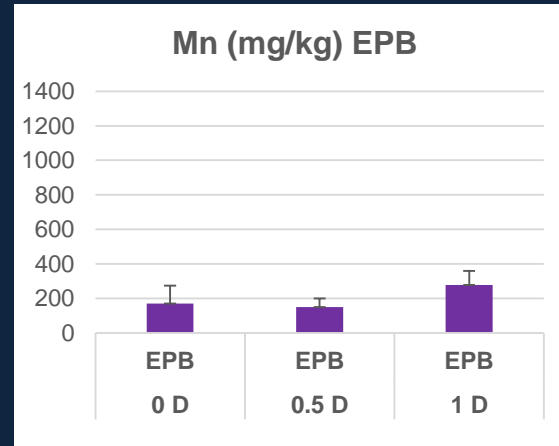
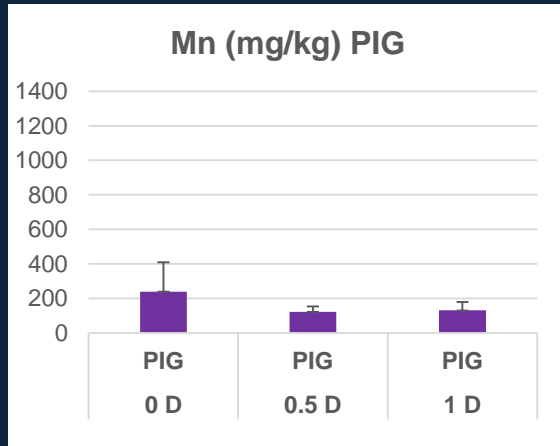
Espèce/année

Pig= Pin gris, Epb= Epinette blanche, Meh= Mélèze hybride

4. RESULTATS



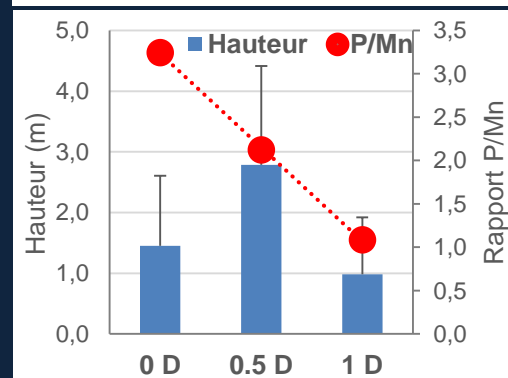
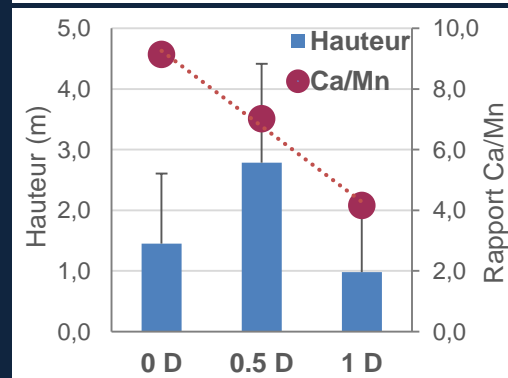
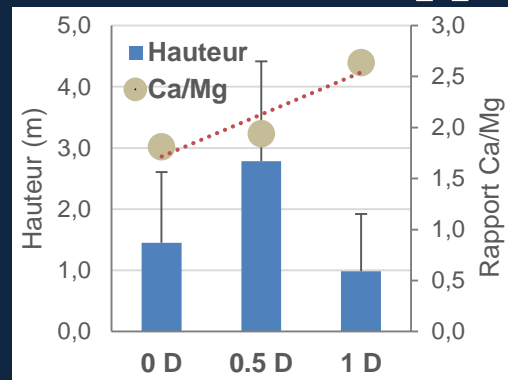
Nutrition foliaire pour le Mélèze hybride MEH (mg/kg) à 8 ans



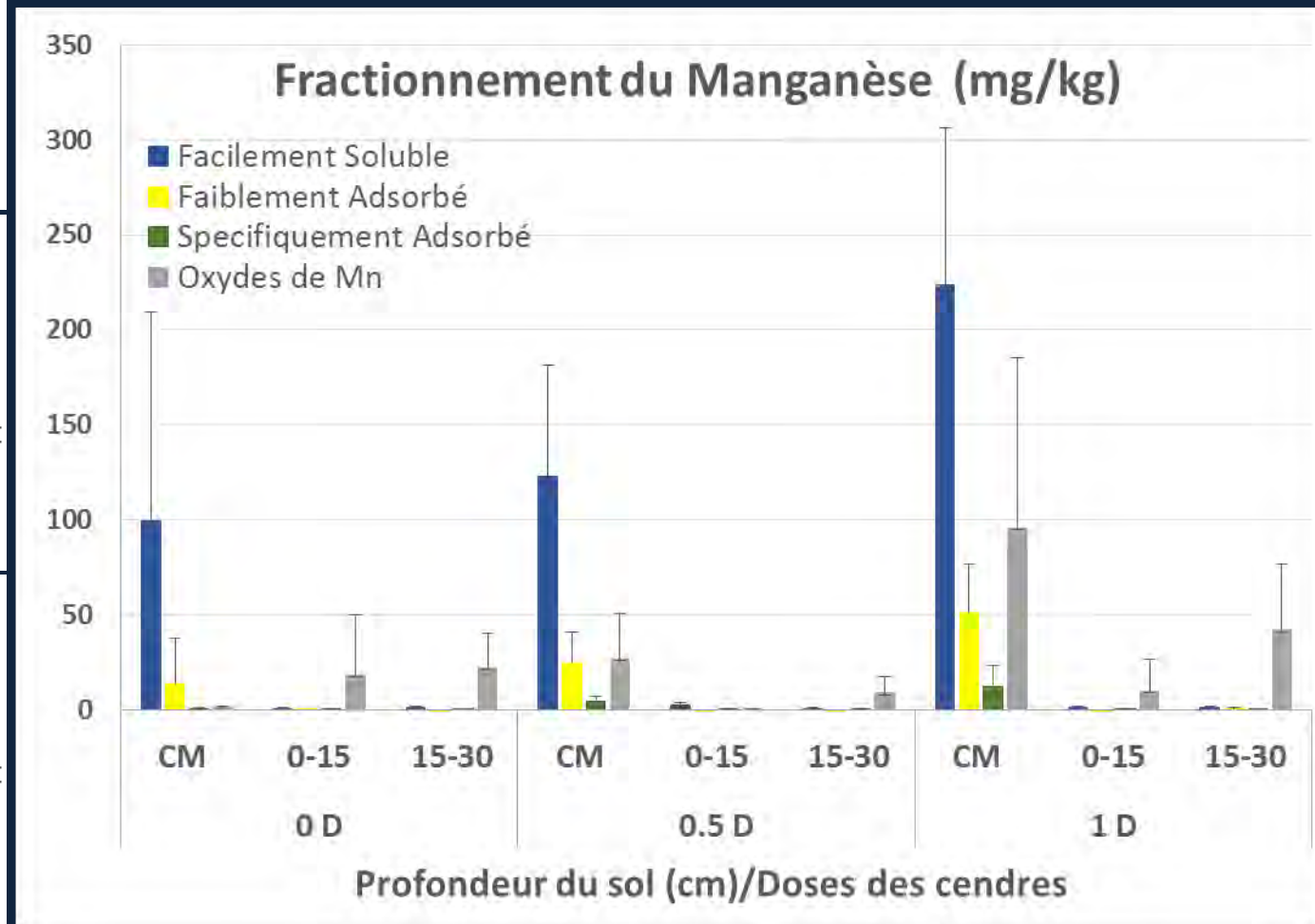
4. RESULTATS



Hauteur vs Rapports nutritionnels



Disponibilité du Mn dans les sols pour le MEH



5. CONCLUSIONS



Selon nos résultats préliminaires, nous arrivons aux conclusions suivantes :

- ✓ *L'épandage des cendres modifie la couverture morte des sols: Le pH, les concentrations en cations basiques, le P, et en réduisant l'acidité échangeable .*
- ✓ *Pour la croissance, le PIG et l'EPB répondent positivement et le MEH négativement avec la plus haute dose de cendres. Le rapport Ca/Mn et P/Mn foliaire diminue avec l'augmentation en cendres.*
- ✓ *Des extractions séquentielles de Mn indiquent une augmentation de sa disponibilité dans le sol et un prélèvement accru par le MEH, ce qui peut mener à certains déséquilibres nutritionnel notamment avec le Ca et le P.*

Bénéfices:

Une meilleure connaissance du potentiel des cendres visant:

- *L'augmentation de la productivité forestière.*
- *La diminution du volume des cendres dans les décharges.*
- *Mieux cerner certains des risques inhérents à biodisponibilité de métaux traces.*



Merci de votre attention!!!

Senneterre, 10 septembre 2014

**Tableau 1. Éléments provenant de cendres mixtes (grillage + volantes) par la combustion du bois
(<http://woodash.slu.se/eng/>)**

Elément	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Mn</u>	<u>Na</u>	<u>Si</u>				
(g/kg)	26.0	212	11.0	49.0	22.0	12.8	7.33	220				
Elément	<u>As</u>	<u>B</u>	<u>Ba</u>	<u>Cd</u>	<u>Co</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Hg</u>	<u>Mo</u>	<u>Ni</u>	<u>V</u>	<u>Zn</u>
(mg/kg)	1.00	77.0	1700	0.79	11.0	171	73.0	0.02	13.0	80.0	18.0	138

Tableau 2. Teneurs limites en éléments polluants inorganiques et organiques des MRF (MDDEP, 2010)

Elément	<u>As</u>	<u>Cd</u>	<u>Co</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Hg</u>	<u>Mo</u>	<u>Ni</u>	<u>Pb</u>	<u>Se</u>	<u>Zn</u>	A1 + 0,5 Fe	<u>D-F</u>
C1 (mg/kg)	13.0	3.0	34.0	210	100	0.8	5.0	62.0	150	2.0	500	25000	17.0
C2 (mg/kg)	75.0	20.0	150	1060	757	5.0	20.0	180	500	14.0	1850	100000	100

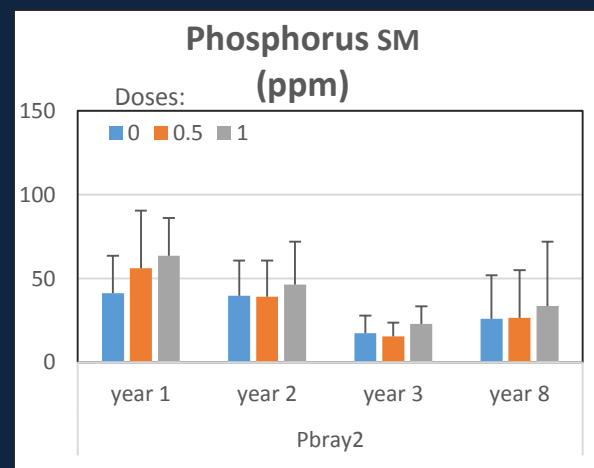
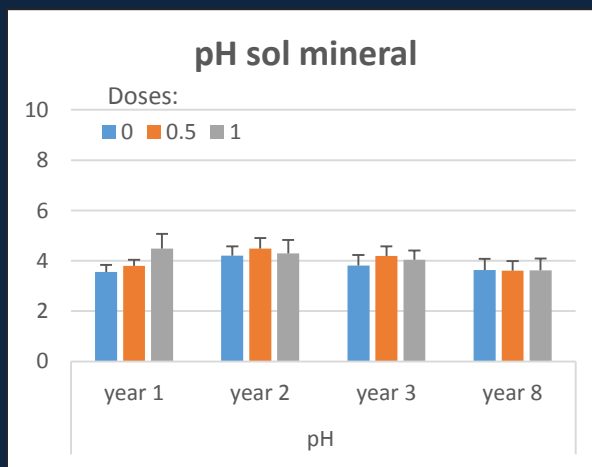
Où : C1 = Catég.1 (moins de restrictions pour l'épandage) ; C2 = Catég. 2 (plus de restrictions) ; D-F = Dioxines et furanes.

Quelques éléments d'interprétation de la valeur de la CEC de vos sols

VALEUR DE LA CEC EN méq/100 g	INTERPRETATION
CEC < 9	Petite CEC
$9 \leq \text{CEC} \leq 12$	CEC moyenne
$12 < \text{CEC} \leq 15$	CEC assez élevée
$15 < \text{CEC} \leq 25$	CEC élevée
CEC > 25	CEC très élevée

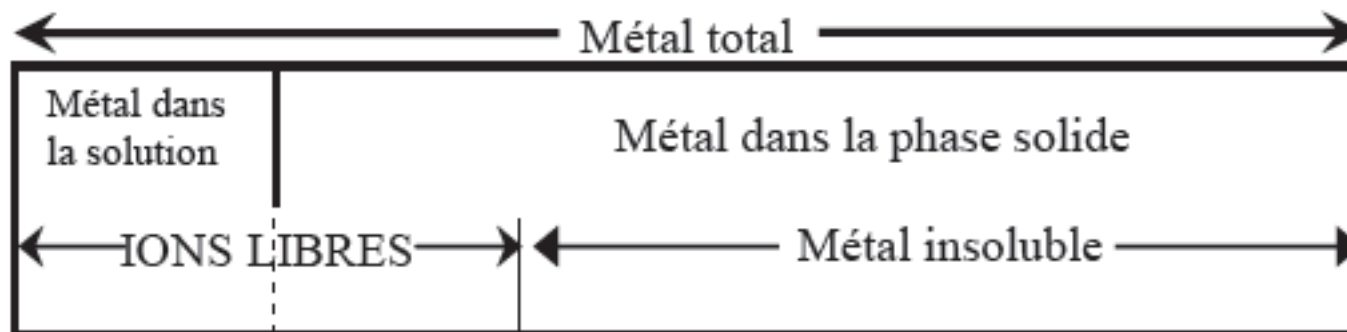
(Source: programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie)

Phosphorus in mineral soil (0-10 cm)



Mobilité et biodisponibilité

(a) Statut du métal



(b) Mobilité du métal

