

POTENTIEL DES CENDRES ISSUES DE LA COMBUSTION DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE POUR LA PRODUCTION DE GRANULES POUR L'AMENDEMENT SYLVICOLE

Sébastien Migneault^a, Ahmed Koubaa^a, Edward McKyes^b

^a Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, Canada, ^b McGill University, Canada

RÉSUMÉ

Les politiques environnementales et énergétiques publiques favorisent les énergies renouvelables, dont la combustion de la biomasse forestière. Toutefois, cette pratique génère des cendres. Ces dernières sont utilisées depuis longtemps pour amender et chauler les sols. Il est préférable d'épandre les cendres sous forme de granules, mais très peu d'information est disponible sur les paramètres des procédés de mise en granules. Ainsi, l'objectif général est de produire des granules à partir de cendres issues de la combustion de la biomasse forestière avec un agent liant biodégradable (boue biologique). Deux sources de cendres provenant de bouilloires industrielles et de la boue d'une papeterie furent échantillonnées. Les granules furent formées par compression selon un dispositif factoriel à 3 niveaux, soit : 2 sources de cendres, 3 teneurs en agent liant (boue) et 3 paramètres de procédé. La teneur en éléments nutritifs des cendres est légèrement sous les valeurs cibles. La teneur en éléments indésirables (ex. métaux lourds) des cendres et de la boue est faible. L'agent liant permet d'augmenter la résistance mécanique et le potentiel d'amendement des granules. Les granules sans liant ont souvent de faibles propriétés mécaniques et une faible résistance à l'eau. Le pressage à chaud conduit à des granules avec une meilleure intégrité que le pressage à froid suivi d'une cuisson. La source des cendres a un effet moins important que les autres facteurs sur la qualité des granules.

OBJECTIFS

L'objectif général du projet est de produire des granules à partir de cendres issues de la combustion de la biomasse forestière avec un agent liant biodégradable (boue biologique). Les objectifs spécifiques sont : **1)** De caractériser les cendres (provenant du territoire de la Baie-James); **2)** De développer une méthode de mise en granules avec les différentes cendres et proportions d'agent liant; **3)** De mesurer la durabilité mécanique et le potentiel d'amendement des granules de cendre.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériaux

- Cendre issues de la combustion de la biomasse : **1)** Centrale bioénergie-écorce (Chapais Énergie, Chapais); **2)** Scierie de bois de résineux (Eacom, Matagami).
- Boue biologique (Produits Forestiers Résolu, Amos).

Préparation des mélanges boue/cendre

- Les cendres furent humidifiées à 40% (base humide).
- Deux sources de cendre (Chapais, Eacom) et trois teneurs en liant (0%, 5%, 10%) furent utilisées.

Formation des granules

- Les mélanges cendre/boue furent pressés dans une matrice cylindrique de 6 mm de diamètre avec une presse de laboratoire (Figure 2).
- Les différentes conditions de procédé sont présentées à la Figure 3.
- Dans tous les cas, la pression est de 100 MPa, le temps de pressage est de 1 minute et le temps de cuisson est de 45 minutes.

Figure 1 – Matériaux et étapes de formation des granules de cendre.

Deux sources de cendre furent utilisées, ainsi que de la boue biologique comme agent liant (Figure 1).

Les cendres brutes furent caractérisées afin de déterminer trois caractéristiques essentielles pour l'épandage sylvicole : **1)** La teneur en éléments nutritifs; **2)** Le potentiel d'amendement; **3)** La teneur en éléments indésirables (Tableau 1).

Les granules de cendre furent formées avec une presse de laboratoire (Figure 2) selon différents paramètres de procédé (Figure 3).

Les granules de cendre furent caractérisées afin de déterminer leur cohésion et leur durabilité mécanique : **1)** La résistance mécanique des granules (sèches et après 24 heures en immersion dans l'eau) fut mesurée par un essai de compression; **2)** La durabilité mécanique des granules fut mesurée par la perte de masse en fonction du temps dans un tamis vibrant de laboratoire (Rotap).

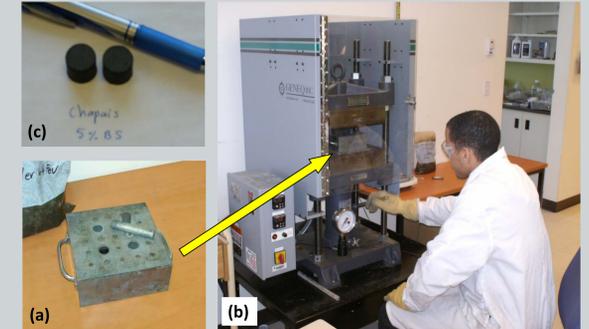
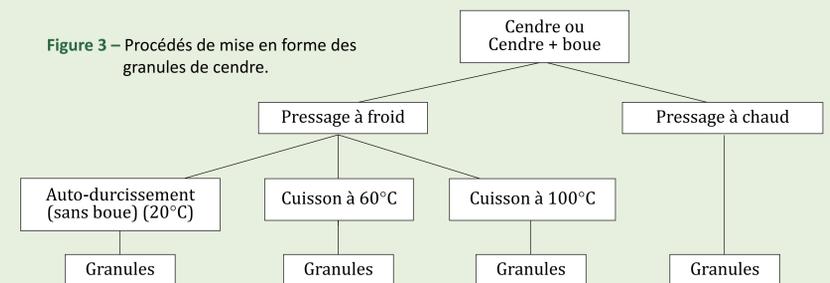


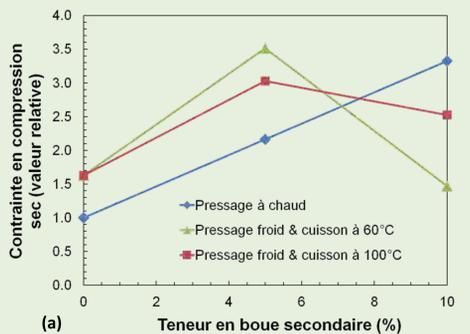
Figure 2 – Dispositif de pressage des granules (a) utilisé avec une presse hydraulique de laboratoire (b) et photos des granules (c) faites de cendres et de boue biologique comme agent liant.

Figure 3 – Procédés de mise en forme des granules de cendre.

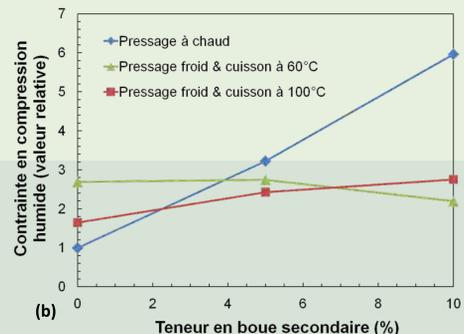


RÉSULTATS

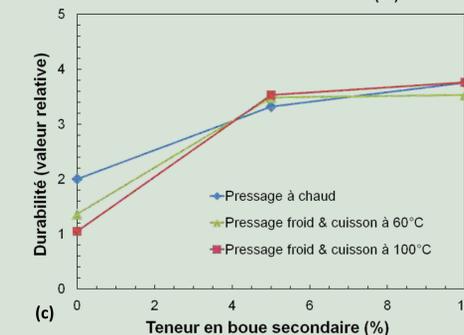
Les cendres contiennent une teneur en nutriments légèrement inférieure aux valeurs minimales recommandées par le guide RecAsh¹ (Tableau 1). Toutefois, mis à part le calcium, les teneurs sont près des teneurs minimales recommandées. Les cendres contiennent tous les éléments essentiels à l'amendement des sols forestiers à l'exception de l'azote (l'azote est gazéifié lors de la combustion). La boue représente donc une source d'azote, un important élément fertilisant. Les deux sources de cendre et la boue ont une teneur en éléments indésirables inférieure aux valeurs cibles suggérées par RecAsh¹. Certains éléments sont toutefois à surveiller, comme le chrome, le nickel et le vanadium.



(a) Teneur en boue secondaire (%)



(b) Teneur en boue secondaire (%)



(c) Teneur en boue secondaire (%)

Figure 4 – Résistance en compression à sec (a), humide (b) et durabilité (c) relative des granules de cendre en fonction de la teneur en boue biologique pour les différents procédés de formation utilisés.

L'ajout de boue comme agent liant augmente la résistance en compression à sec des granules de cendre pour les trois procédés utilisés (Figure 4a) et permet une plus grande rétention de la résistance en compression après immersion dans l'eau pendant 24 heures (Figure 5). Pour le pressage à chaud, la résistance augmente linéairement avec la teneur en boue (Figure 4a et 4b). Le liant n'a aucun effet sur la résistance humide en compression des granules dans le cas du pressage à froid suivi d'une cuisson (Figure 4b). La résistance mécanique varie donc selon les paramètres du procédé.

À sec comme humide, les granules faites de cendre Eacom sont plus résistantes que les granules faites de cendre Chapais. Les granules Chapais sont toutefois plus durables que les granules Eacom (Figure 6).

Le procédé de pressage à chaud permet une meilleure rétention de la résistance en compression après immersion dans l'eau que le pressage à froid suivi d'une cuisson (Figure 6).

L'utilisation du liant (boue secondaire) augmente la durabilité et la durabilité est similaire pour tous les procédés de formation (Figure 4c).

Ces résultats indiquent que les granules sont durables et pourront être transportées et manipulées sans se briser ou générer une poussière excessive.

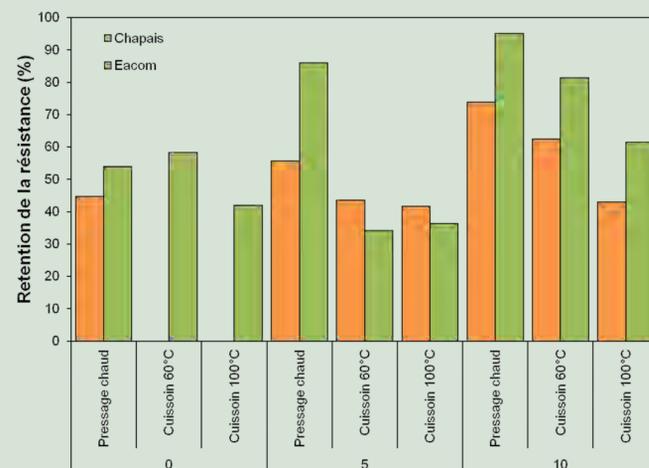


Figure 5 – Rétention de la résistance en compression après 24 heures en immersion dans l'eau des granules de cendre faites avec différentes teneurs en boue biologique (0%, 5%, 10%) et selon différents paramètres de procédé.

Tableau 1 – Caractéristiques chimiques des cendres et de la boue.

Élément/propriété	Cendre Chapais	Cendre Eacom	Boue	ResAsh*1
Éléments nutritifs (g/kg)				
Ca	9,29	17,75	1,558 - 14,57	125
Mg	12,02	13,24	2,82 - 2,15	20
K*	24,68 - 14,3	42,06 - 13,3	4,90 - 3,10	30
P*	3,16 - 2,0	9,85 - 5,8	4,12 - 4,38	10
Zn	847	355	612	1
Potentiel fertilisant/d'amendement (%)				
N	0,3	0,2	2,01	-
P ₂ O ₅	4,6	13,3	1,002	-
K ₂ O	17,3	16,1	0,373	-
Pouvoir neutralisant	39,8	98,3	-	-
Éléments indésirables (ppm)				
B	N.D.	N.D.	N.D.	500
Cu	50,0	101,0	31,4	400
Zn	847	355	612	7 000
As	< L.D. (0,053 mg/L)	< L.D.	< L.D.	30
Pb	< L.D. (0,042 mg/L)	< L.D.	< L.D.	300
Cd	1,4	0,4	2,5	30
Cr	27,0	67,9	42,2	100
Hg	< L.D. (0,061 mg/L)	< L.D.	< L.D.	3
Ni	6,3	49,9	19,3	70
V	59,2	42,6	55,5	70

* teneur cible, maximale ou minimale, selon RecAsh¹; N.D. non disponible pour des raisons techniques; L.D. limite de détection de la méthode de mesure utilisée.

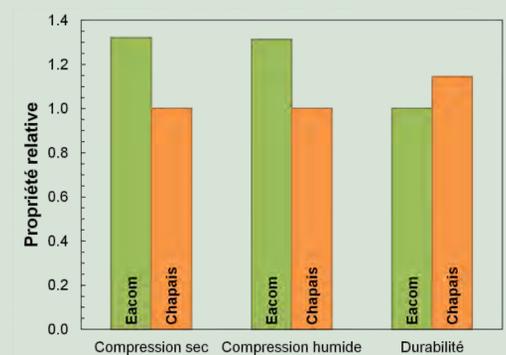


Figure 6 – Comparaison des propriétés relatives moyennes pour les granules faites avec les cendres Chapais et Eacom.

CONCLUSIONS

- ❖ La teneur en éléments nutritifs des cendres est légèrement sous les valeurs cibles.
- ❖ La teneur en éléments indésirables (ex. métaux lourds) des cendres et de la boue biologique est faible.
- ❖ L'utilisation de la boue biologique permet d'augmenter la teneur en azote des granules, et ainsi le potentiel fertilisant.
- ❖ L'ajout de boue biologique comme agent liant permet d'augmenter grandement la cohésion des granules.
- ❖ Le procédé de pressage à chaud combiné avec une teneur en boue de 10% produit les granules de meilleure qualité. Les granules sans liant sont souvent (mais pas toujours) de mauvaise qualité.
- ❖ La perte de résistance en compression après 24 heures en immersion dans l'eau est de 40% en moyenne pour toutes les granules. Les granules les plus faibles, sans liant, se désintègrent dans l'eau tandis que les plus résistantes à l'eau, avec liant, conservent jusqu'à 90% de leur résistance en compression.
- ❖ La cendre Eacom a formé des granules avec une résistance en compression 30% supérieure en comparaison aux granules faites avec la cendre Chapais. Ceci pourrait s'expliquer par la teneur en matière organique plus faible de la cendre Eacom. Toutefois, les granules Chapais sont environ 15% plus durables que les granules Eacom.
- ❖ Le procédé d'auto-durcissement a fonctionné pour la cendre Chapais seulement. La performance est toutefois généralement moindre que avec le pressage à chaud avec liant.