

Production et caractérisation de biochars et de biohuiles à partir de copeaux de bouleau blanc et de sapin baumier Résumé du rapport final (2019)¹

MISE EN CONTEXTE

L'entreprise BioChar Boréalise vise l'implantation d'un centre de conversion thermochimique de matières lignocellulosiques dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean (SLSJ). En tant que partenaire de cette initiative, Alliance bois SLSJ était porteur du programme de caractérisation des produits et d'évaluation d'éléments de faisabilité dans le dessein d'une production commerciale. Le groupe ETIA/VTGreen, situé en France, a alors été mandaté pour réaliser, dans leurs installations, la production ainsi que la caractérisation physicochimique des biomasses d'épinette noire, de peuplier faux-tremble, de bouleau jaune et de sapin baumier. Toutefois, l'essence de bouleau n'a pu être livrée pour des raisons sanitaires et certains résultats sont donc manquants. Agrinova, détenteur de la technologie Biogreen®, coopère dans le même sens pour promouvoir la valorisation de ces biomasses.



OBJECTIF



Alliance bois SLSJ a donc confié à Agrinova le mandat de **produire et de caractériser des biochars et des biohuiles de bouleau blanc** selon les mêmes conditions opératoires que VTGreen et de **reproduire et caractériser des biochars et des biohuiles de sapin baumier** afin de corroborer les essais réalisés en France. Ces tests ont été réalisés à la Vitrine technologique de Mashteuatsh, un centre d'accès à la technologie dédié à l'accompagnement des entreprises en recherche et innovation (RI) pour le développement de produits pyrolytiques.

¹ Pilote, R. et D. Poisson, 2019. *Production et caractérisation de biochars et de biohuiles à partir de copeaux de bouleau blanc et de sapin baumier*, Rapport final, Agrinova, Mars 2019, 31 pages.

MÉTHODOLOGIE

Le mandat a été concrétisé en quatre étapes, soit le conditionnement des biomasses, la conversion thermochimique des biomasses, la caractérisation des biochars et biohuiles produits ainsi que la synthèse des résultats et la rédaction d'un rapport final. Au total, près de 300 kg de copeaux frais de sapin baumier et de bouleau blanc ont été récoltés respectivement chez Produits forestiers Petit Paris à Saint-Ludger-de-Milot et Industries T.L.T. à Sainte-Monique. Ces biomasses ont ensuite été conditionnées (asséchées et broyées) via deux broyeurs et analysées par Innofibre, un centre d'innovation des produits celluloseux de Trois-Rivières. Pour la deuxième étape, un pyrolyseur Biogreen® Bench-130 a été utilisé avec trois températures (450, 550 et 650 °C) pour le bouleau blanc et quatre températures (450, 550, 650 et 750 °C) pour le sapin baumier. Les calculs de rendement ainsi que les analyses physicochimiques des biochars ont été réalisés au laboratoire de la Vitrine technologique de Mashteuiatsh. La caractérisation des biohuiles correspondantes a été confiée au laboratoire de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). La rentabilité économique a été analysée selon une matrice de calcul Excel.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

RENDEMENTS DE PRODUCTION

Pour les essais avec le bouleau blanc, les meilleurs rendements en biochars (17,9 %) et en biohuiles (46,6 %) ont été enregistrés à la plus basse température de pyrolyse (450 °C). Ces rendements se comparent avec ceux obtenus pour le tremble, mais sont légèrement inférieurs à ceux obtenus avec l'épinette et le sapin pour une même température. Une tendance à produire plus de biochars et de biohuiles à basse température (< 600 °C) est observée pour toutes les biomasses alors qu'à l'inverse, la production de syngaz est plus élevée à haute température (> 600 °C). Les rendements relatifs obtenus pour le sapin divergent de ceux obtenus par VTGreen (figure 1), ce qui s'explique par la granulométrie de la matière première qui, lorsque plus fine, produit au final plus de syngaz, au détriment de biochar et de biohuile. La granulométrie des biomasses utilisées pour les essais s'apparentait davantage à celle que VTGreen avait obtenue par un second broyage (tableau 1). Pour maximiser la production de biochars, une granulométrie de plus de 1 mm est recommandée.

En ce qui concerne le fractionnement des biohuiles, le meilleur rendement relatif en huile sèche (4,4 %) et en vinaigre de bois (22,9 %) a été obtenu par le bouleau blanc pyrolysé à 450 °C. De même, l'ensemble des biomasses ligneuses suit cette tendance à basse température. Les résultats de VTGreen indiquent également une production accrue de syngaz à plus haute température et un rendement plus élevé pour les feuillus, comparativement aux conifères. En ce qui a trait au rendement énergétique, calculé à partir des données de VTGreen, il serait plus élevé pour les conifères autour de 550 °C que pour les feuillus. Les valeurs énergétiques du biochar (30 MJ/kg) et du syngaz (< 5 MJ/m³) varient peu, alors que celles de la biohuile chutent de 20 cal/g aux températures supérieures à 600 °C.

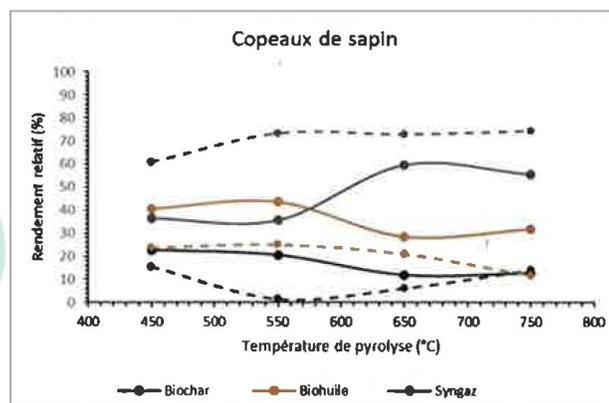


Figure 1. Rendement relatif des biomasses de sapin baumier obtenu par VTGreen (traits pointillés) et Agrinova (traits pleins)

Tableau 1. Granulométrie des biomasses utilisées dans les essais

Fraction	Unité	Bouleau	Sapin
< 0,125 mm	%	10,62	12,94
0,125-0,5 mm	%	34,10	33,34
0,5-1 mm	%	54,84	53,67
> 1 mm	%	0,43	0,04

ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DES BIOCHARS

Les analyses physicochimiques effectuées pour les sept biochars générés ont été réalisées sur plusieurs paramètres, dont les masses volumiques apparentes et compactées, l'humidité, le pH, la conductivité, la capacité d'échange cationique (CEC), la porosité, la capacité de rétention en eau, la surface spécifique et les teneurs en matière organique et en éléments fertilisants. Les teneurs en dioxines/furanes, polychlorobenzènes et hydrocarbures aromatiques polycycliques ont été mesurées seulement pour les biochars produits à 550 °C. L'interprétation des résultats dépend de l'application envisagée des biochars. Globalement, une augmentation de la température de pyrolyse entraîne une valeur plus élevée de CEC, du pH, de la conductivité et des teneurs en éléments nutritifs. En moyenne, le biochar contient 0,18 % d'azote (N), 0,05 % de phosphore (P) et 0,39 % de potassium (K), ce qui se compare aux engrais biologiques (tableau 2). Toutefois, le biochar de tremble serait plus riche en P, en calcium et en chlore que toute autre essence.

Tableau 2. Comparaison du contenu en NPK du biochar et des engrais de ferme

Engrais organique	N (%)	P₂O₆ (%)	K₂O (%)
Biochar	0,18	0,05	0,39
Fumier de porc	0,39	0,12	0,19
Fumier de bovin laitier	0,39	0,09	0,25
Fumier de bovin de boucherie	0,37	0,08	0,23
Fumier de volaille	0,81	0,28	0,30

La teneur en carbone organique élevée des biochars (> 80 %) lui confère des propriétés d'intérêt pour rehausser la matière organique des sols et pour séquestrer le carbone (figure 2a). Les biomasses ligneuses sont d'excellentes matières premières pour générer un biochar riche en carbone. Les résultats indiquent que plus la température de pyrolyse est élevée, plus le carbone du biochar est pur et évolue vers du graphène (diminution des ratios H/C) (figure 2b). Un des intérêts agronomiques pour le biochar découle de sa porosité et de sa capacité de rétention en eau. En ce sens, le tremble et le bouleau pyrolysés à forte température sont les meilleures recettes pour produire un biochar hydrorétenteur. Le biochar pourrait retenir jusqu'à cinq fois sa propre masse en eau, ce qui se compare aux propriétés de la tourbe. La granulométrie du matériel aurait également un effet hygroscopique. En d'autres termes, plus le biochar est fin, plus il a la capacité à retenir l'eau et, à l'inverse, plus il est grossier, moins l'eau est contenue. De plus, les niveaux en métaux lourds, en dioxines et en furannes des biochars sont inférieurs aux seuils et aux normes régis par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), ce qui en ferait de bons candidats d'intrants agricoles. Un élément important à considérer est la surface spécifique du biochar qui varie en fonction du type de biomasse et de la température (figure 2c). À titre comparatif, le charbon actif retrouvé sur le marché aurait une surface spécifique comprise entre 400 et 2 500 m²/g. Un procédé d'activation serait ainsi nécessaire pour accroître davantage cette valeur pour les biochars à l'étude.

ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES DES BIOHUILES

Les biohuiles ont été soumises à une caractérisation physicochimique des éléments suivants : point éclair, viscosité cinétique, fraction lourde, fraction légère, teneur en alcool de bois, teneur en acide acétique et pouvoir antioxydant. L'interprétation des résultats obtenus fait l'objet d'autres rapports qui ont été adressés à Alliance bois SLSJ, notamment pour les potentiels de ses biohuiles en alimentation humaine, en médecine et en cosmétique. Du point de vue agronomique, la biohuile offre un attrait dû au vinaigre de bois qui peut en être extrait. Le vinaigre de bois peut être utilisé comme biostimulant à dose diluée et comme bioherbicide à forte concentration. À cet égard, la teneur en acide acétique est déterminante, ce qui fait du vinaigre de bois de bouleau et de la biomasse de tremble (copeaux et écorces) à basse température les meilleures recettes pour ce type de valorisation.

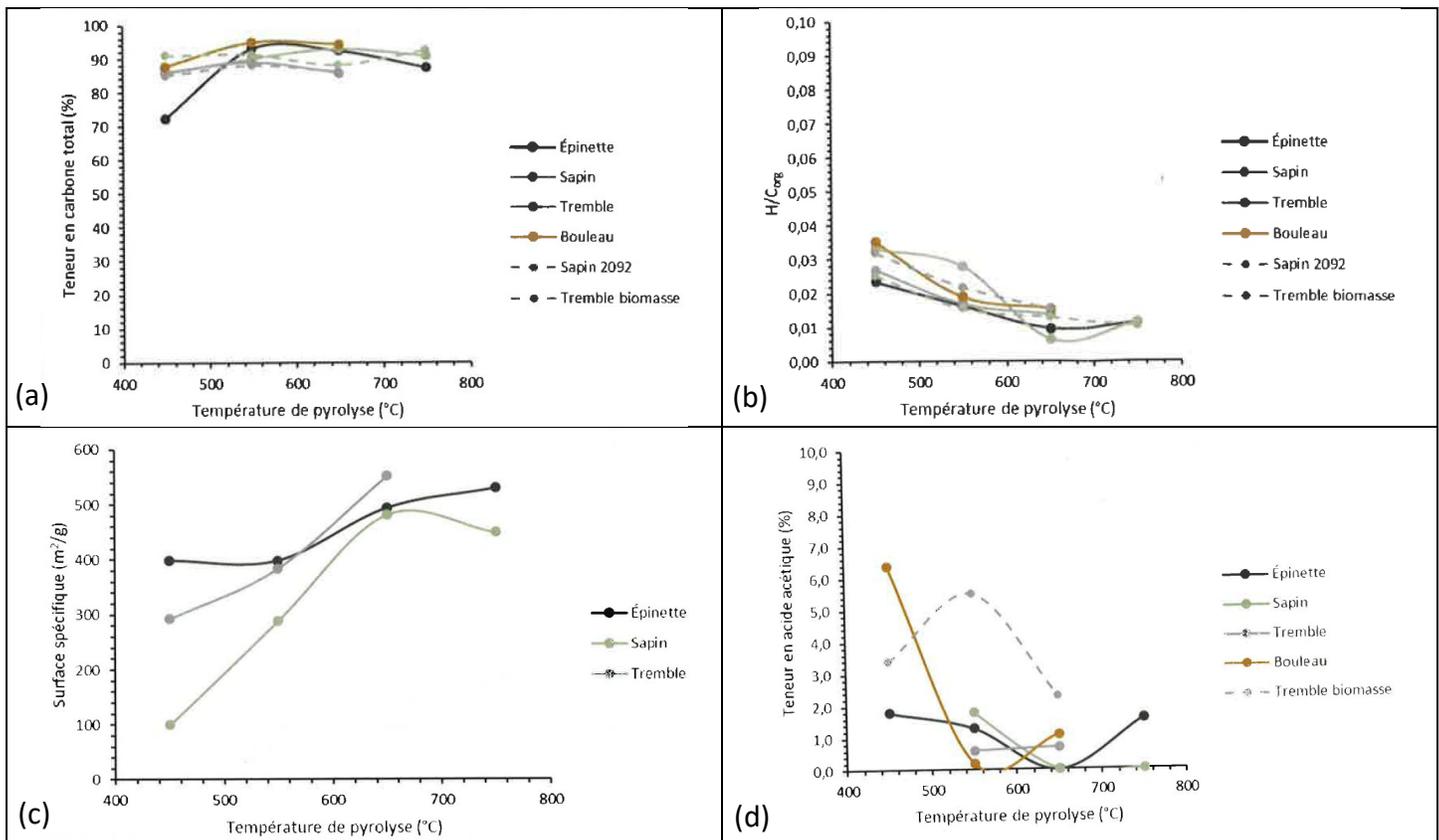


Figure 2. Effet de la température de pyrolyse sur la teneur en carbone totale (a), le ratio H/C (b), la surface spécifique (c) et la teneur en acide acétique (d) des biochars issus des biomasses à l'étude

ANALYSE DE LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE

Selon les calculs, la teneur en eau et la température de la matière première utilisée à l'entrée du pyrolyseur auraient peu d'impact sur le coût unitaire de production (environ 350 \$/tm de biochar). Cependant, la température de pyrolyse et le rendement relatif en biochar ont un impact majeur : plus la température est élevée, plus le coût énergétique est élevé et plus le rendement relatif en biochar est élevé, plus le coût énergétique est réduit. Ainsi, les dépenses associées à la production du biochar s'accroîtraient de 382 à 414 \$/t de matière première en passant d'une température de 450 à 750 °C. Considérant des revenus hypothétiques pour tous les extraits de la pyrolyse (biochar, biohuile et syngaz), une production serait économiquement viable pour des températures sous 600 °C. Or, un changement d'échelle de production, c'est-à-dire passer du pyrolyseur Bench-130 au BGR-600, permettrait de réduire le coût unitaire de production de 40,6 %, ce qui rentabiliserait toute industrie de pyrolyse de matières lignocellulosiques à échelle commerciale.

CONCLUSION

En conclusion, l'étude a permis à Agrinova de produire et de caractériser des biochars et des biohuiles obtenus à partir de bouleau blanc. Toutefois, la reproduction et la caractérisation des biochars et des biohuiles issus de sapin baumier ont été plus difficiles, étant donné la différence de finesse des particules. Les résultats d'analyses physicochimiques obtenus ont permis de confirmer certaines applications potentielles du biochar et des biohuiles ainsi que de créer une matrice de caractérisation des produits issus de la technologie Biogreen®. Les propriétés de ces produits s'avèrent flexibles selon le type de matières premières, de procédés de conditionnement (granulométrie) et de conditions opératoires (temps de séjour et températures) utilisé. Cette étude est un bel outil à partager pour valider le potentiel de la pyrolyse et développer la filière biochar au SLSJ.