PARTENAIRE D'INNOVATION

Étude sur les produits pouvant être fabriqués à partir de bois de trituration de feuillus

Dossier CRIQ n° 46123

Rapport final

ÉTUDE SUR LES PRODUITS POUVANT ÊTRE FABRIQUÉS À PARTIR DE BOIS DE TRITURATION DE FEUILLUS

Dossier CRIQ 46123
Rapport final

Monsieur Dominic Boucher, Agent de développement industriel
MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES (MRN)
Direction du développement de l'industrie des produits du bois
880, chemin Sainte-Foy, 7e étage
Québec (Québec) G1S 4X4
Courriel : dominic.boucher@mrn.gouv.qc.ca

Marc St-Arnaud,
Conseiller industriel

Rédigé par :
Pierre Bernier
André Boudreault
Vincent Vallée

Avec la collaboration de :
Gilles Brunette, FPInnovations
Sylvain Gagnon, FPInnovations

Centre de recherche industrielle du Québec
Vincent Vallée
Responsable technique
Direction de l'information stratégique

Centre de recherche industrielle du Québec
Loïc Marchand
Directeur
Direction de l'information stratégique

Le 29 novembre 2013

Centre de recherche industrielle du Québec
333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7 **T 418 659-1550** F 418 652-2251
www.criq.qc.ca / infocriq@criq.qc.ca

Québec

Le Centre de recherche industrielle du Québec a pour mission de contribuer à la compétitivité des secteurs industriels québécois en soutenant l'innovation en entreprise.

Enseignement supérieur, Recherche, Science et Technologie
Québec

PRINCIPAL PARTENAIRE FINANCIER DU CRIQ

ÉTUDE SUR LES PRODUITS POUVANT ÊTRE FABRIQUÉS À PARTIR DE BOIS DE TRITURATION DE FEUILLUS

Équipe de projet

Pierre Bernier, technicien en technologie et données industrielles
André Boudreault, technicien en technologie et données industrielles
Nancie Carrière, agente de secrétariat
Vincent Vallée, analyste en technologie et données industrielles

Pour tout renseignement concernant le projet

Responsable technique
Vincent Vallée
333, rue Franquet
Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 652-2232
Courriel : vincent.vallee@criq.qc.ca

Conseiller industriel
Marc St-Arnaud
333, rue Franquet
Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 652-2227
Courriel : marc.st-arnaud@criq.qc.ca

© CRIQ 2013, tous droits réservés.

L'information contenue dans ce document ne peut être utilisée ou reproduite par une tierce partie, à moins d'une autorisation écrite du CRIQ.

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

1. Contexte 1
2. Énoncé du projet et description des travaux 3
3. Résultats 8
   - 3.1 SCRIMTEC™ 8
   - 3.2 PRODUITS À BASE DE LAINE DE BOIS 20
   - 3.3 PANNEAUX ISOLANTS À BASE DE FIBRES DE BOIS – PIÈCES ET PANNEAUX MOULÉS 32
     - 3.3.1 Isolants fabriqués à partir de fibres de bois (ifb) 32
     - 3.3.2 Pièces moulées à partir de matelas de fibres de bois 45
   - 3.4 COMPOSITES BOIS-POLYMÈRE 49
   - 3.5 ACIDE BIOSUCCINIQUE 59
   - 3.6 GRANULES ÉNERGÉTIQUES 70
   - 3.7 BOIS LAMELLÉ-COLLÉ 91
   - 3.8 CHARBON DE BOIS (BIOCHAR) – CHARBON ACTIVÉ 105
     - 3.8.1 Charbon de bois 105
     - 3.8.2 Charbon actif 127
   - 3.9 PRODUITS MOULÉS EN BOIS AGGLOMÉRÉ 134
   - 3.10 PRODUITS FABRIQUÉS À PARTIR DE PLACAGES ET CONTREPLAQUÉS 145
4. Conclusions 153

LISTE DES FIGURES

PAGE

Figure 1 : Panneau isolant imperméable pour toiture 36
Figure 2 : Procédé de fabrication à sec 39
Figure 3 : Extrusion de granules puis extrusion / moulage de produits finis 53
Figure 4 : Principales applications des CBP et composants fabriqués à partir de plastique recyclé sans apport de bois, États-Unis, 2015 56
Figure 5 : Évolution de la demande des CBP versus celle des composants fabriqués à partir de plastique recyclé, sans apport de bois, États-Unis, 2003-2013 56
Figure 6 : Fibers for Papermaking and Cellulose Dissolution 60
Figure 7 : Acide succinique 61
Figure 8 : Étapes de fabrication de granules à partir de copeaux, billes, sciures et rabotures 78
Figure 9 : Carte des usines de granules au Canada (en opération, en construction et projetées) 89
Figure 10 : Procédé de fabrication du BLC 99

LISTE DES GRAPHIQUES

PAGE

Graphique 1 : Variation de la densité des produits en fonction de l'application 21
Graphique 2 : Résistance thermique et chaleur spécifique des IFB 33
Graphique 3 : Marché global des CBP, par créneaux. Prévisions 2008-2016 55
Graphique 4 : Granules fabriqués à partir de sciures : Composants du coût total de production et énergie consommée par les différentes étapes de fabrication 77
Graphique 5 : Évolution des prix de granules. Europe et États-Unis, 2012-2013 83
Graphique 6 : Production globale de granules, par pays ou régions, 2000-2012 84
Graphique 7 : Production d'énergie à partir de biomasse, au Canada et États-Unis (MW/année) (2009-2017) 85
Graphique 8 : Granules – Prix distributeur / région, États-Unis, avril 2011 à juin 2012 (US $/tonne).....87
Graphique 9 : Capacité, production effective et exportations de granules de bois au Canada, 2001-2012 88
Graphique 10 : Mises en chantier résidentiel et consommation de bois d'œuvre résineux en Amérique du Nord.....100
Graphique 11: Production de BLC au Canada, de 2009 à 2012, et les prévisions pour 2013 (x 1 000 m3) 101
Graphique 12 : Production de BLC aux États-Unis, de 2009 à 2012 et les prévisions pour 2013 (x 1 000 m3) 101
Graphique 13 : Le développement des principaux marchés (consommation) pour le BLC produits à l'échelle mondiale, entre 2002-2010.....102
Graphique 14 : Évolution de la production de charbon de bois, en millions de tonnes, par grandes régions mondiales, 1965-2009 123
Graphique 15 : Production de charbon de bois au Québec, en tonnes métriques (tm), 2005-2010.....125
Graphique 16 : Surface et volume des pores de différents charbons par gramme de charbon actif 128
Graphique 17 : Parts de marché du charbon actif, par produit, 2011 130
Graphique 18 : Valeur de la production américaine de palettes, 2000-2007 140
Graphique 19 : Principaux pays exportateurs de palettes vers les États-Unis, 2008.....141
Graphique 20 : Marché des dés de palettes d'Euroblock.....142

LISTE DES ILLUSTRATIONS

PAGE

Illustration 1 : Équipement de torréfaction/carbonisation *CarbonFX* d'Airex Énergie (Laval).....121

LISTE DES PHOTOS

PAGE

Photo 1 : Détail du matériau Scrimtectm 9
Photo 2: Applications typiques de Scrimtectm (linteaux, poutres) 10
Photo 3 : Bille de peuplier au début du processus 13
Photo 4 : Étapes de laminage des quartiers et préparation du matelas de macrofibres 13
Photo 5 : Matelas de macrofibres 14
Photo 6 : Laine de bois à l'état brut et panneaux laine de bois-ciment 20
Photo 7 : Quelques applications typiques des panneaux laine de bois-ciment 23
Photo 8 : Vue rapprochée de la machine CVS-16 d'Eltomation 26
Photo 9 : Étape de pressage du matelas 26
Photo 10 : Vue d'une installation complète de fabrication de panneaux 26
Photo 11 : Blocs de particules de bois-ciment 29
Photo 12 : Produit d'emballage Ecopad 30
Photo 13 : Boudin de rétention, matelas de germination et tapis pour le contrôle de l'érosion 30
Photo 14 : Aspen Bed, litière pour animaux 31
Photo 15 : IFB en panneaux rigides et matelas souples 32
Photo 16 : Facilité d'installation 34
Photo 17 : Séquences de fabrication du procédé à sec 38
Photo 18 : Panneau de portières 45
Photo 19 : Quelques applications de composites bois-polymère 50
Photo 20 : Granules de bois-polymère 52
Photo 21 : Support en CBP, formulation développée par Weyerhaeuser 53
Photo 22 : Déglaçage des pistes d'aéroports 62
Photo 23 : Graisse lubrifiante 62
Photo 24 : Jauge à pression 64
Photo 25 : BioAmber, Pomacle, France 67
Photo 26 : Emplacement de l'usine BioAmber à Sarnia, Ontario 68
Photo 27 : Granules 71
Photo 28 : Différents types d'appareils de chauffage consommant des granules 71
Photo 29 : Différents exemples et usages du lamellé-collé 93
Photo 30 : Autres exemples d'applications du lamellé-collé 94
Photo 31 : Charbon de bois préparé sous différentes formes 105
Photo 32 : Briquettes de charbon de bois 106
Photo 33 : Augmentation de la productivité des cultures par l'amendement de sol avec du charbon de bois 107
Photo 34 : Supplément alimentaire 107
Photo 35 : Porosité du biochar 108
Photo 36 : Unité de production CML 117
Photo 37 : Usine I.T.B. (Calusco, Italie) 118
Photo 38 : Charbon actif en poudre (CAP) et granulaire (CAG) 127
Photo 39 : Traitement des effluents gazeux par charbon actif 131
Photo 40 : Différents exemples de produits moulés en bois aggloméré 135
Photo 41 : Presses pour le moulage de palettes 137

Photo 42 : Usine Engelvin en France 144
Photo 43: Dérouleuse sans mandrin Omeco 149
Photo 44 : Ligne Dragon peel de Raute.....150

LISTE DES TABLEAUX

PAGE
Tableau 1 : Répartition des contacts..... 4
Tableau 2 : Liste des critères à considérer pour la présélection des produits..... 6
Tableau 3 : Tableau des 10 produits retenus 7
Tableau 4 : Documents de brevets en lien avec le matériau Scrimtectm 14
Tableau 5 : Propriétés des bois de charpente composites 16
Tableau 6 : Consommation / production de LVL en Amérique du Nord, 2010-2012 (x 1 000 m3).....17
Tableau 7 : Production de LVL en Amérique du Nord, 2008-2012 18
Tableau 8 : Mises en chantier résidentielles et consommation de bois d'œuvre résineux, Canada et États-Unis, 1992-2013 18
Tableau 9 : Dimensions standards des panneaux laine de bois-ciment 20
Tableau 10 : Relation entre l'épaisseur, la masse/m2 et la densité d'un panneau.....22
Tableau 11 : Consommation des principaux constituants/quart de travail 25
Tableau 12 : Proportion des différents isolants dans le marché résidentiel, Nord-Est de l'Amérique 43
Tableau 13 : Évolution de la demande des CBP versus celle des composants fabriqués à partir de plastique recyclé, sans apport de bois, États-Unis, 2005, 2010, 2015 (X 106 $ US).....57
Tableau 14 : Caractéristiques des granules ENplus A1, A2 et EN-B.....73
Tableau 15 : Exigences des normes de la Pellet Fuels Institute (PFI).....74
Tableau 16 : Quantité requise de matière première pour une tonne de granules 75
Tableau 17 : Teneur typique en cendre de différents types de biomasse.....76
Tableau 18 : Envergure d'investissement 79
Tableau 19 : Principaux pays consommateurs européens de granules, 2007-2013.....81
Tableau 20 : Principaux pays européens importateurs de granules, 2011-2012 82
Tableau 21 : Principaux pays exportateurs de granules vers l'Europe, 2009-2012 83
Tableau 22 : 5 principaux pays importateurs de granules canadiens. Quantité (tonnes) et valeur ($), 2012 et 2013 86
Tableau 23 : 7 principaux États américains importateurs de granules canadiens. Quantité (tonnes) et valeur ($), 2012 et 2013 87
Tableau 24 : Liste des usines de granules en opération au Canada 90
Tableau 25 : Liste des usines de granules en opération au Québec 91
Tableau 26 : Dimensions courantes des BLC rectilignes (norme CSA O122) 92
Tableau 27 : Consommation, exportations, importations et production de BLC en Amérique du Nord, entre 2010 et 2012 (x 1000 m³) 103
Tableau 28 : Caractéristiques du procédé Lambiotte 114
Tableau 29 : Tableau comparatif de différentes technologies de carbonisation 116
Tableau 30 : Caractéristique du procédé CML.....117
Tableau 31 : Production de charbon de bois dans le monde et les principaux pays producteurs (X 1 000 tonnes métriques), 2008-2012.....123
Tableau 32 : Livraisons américaines de charbon de bois (tonnes), 2008-2012.....124

Tableau 33 : Prix de détail moyen ($ US / 20 lb (env. 9 kg.)) pour les produits de charbon de bois – États-Unis, 2010-2012 124
Tableau 34 : Importations de charbon de bois au Canada, en tonnes métriques (tm), 2005-2012.....124
Tableau 35 : Principaux pays consommateurs de charbon actif en 2016.....132
Tableau 36 : Type de palettes utilisées, en termes de matériau, États-Unis, 2013.....139
Tableau 37 : Classification d'essences de bois feuillus présentes au Québec, selon la norme PS1 de l'APA.....147
Tableau 38 : Caractéristiques des tours ALLF de Meinan.....151

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Séance de remue-méninges
Partie 1 : Liste des participants
Partie 2 : Liste des segments déterminés durant la séance et présentation du déroulement du remue-méninges
Annexe B : Revue de la littérature
Partie 1 : Banques de données utilisées, mots-clés et concepts de recherche et sorties de banques de données
Partie 2 : Documents retenus, non disponibles sur le Web
Annexe C : Contacts d'experts
Partie 1 : Requêtes en français et en anglais
Partie 2 : Liste d'experts
Partie 3 : Réponses reçues
Annexe D : Compte rendu de la visite à la LIGNA
Annexe E : Présélection des produits
Partie 1 : Liste des participants
Partie 2 : Tableau des 95 produits à coter
Annexe F : Choix des 10 produits finaux
Partie 1 : Liste des participants
Partie 2 : Fiches des 45 produits

1. CONTEXTE

Lors du budget provincial de mars 2012, une aide financière de 9 M$ sur 5 ans a été accordée par le Conseil du Trésor au MRN pour élaborer et mettre en application une stratégie de revitalisation de la filière de la forêt feuillue québécoise. Cette stratégie est rendue nécessaire parce que des problématiques majeures de rentabilité, d'organisation et de vision sont signifiées par l'ensemble des joueurs de cette filière.

Situation industrielle

- Depuis 2004, la consommation de bois de trituration de feuillus durs par les industries québécoises des pâtes, papiers, cartons et panneaux a baissé de 1,1 million de m^3, passant de 4,6 à 3,5 millions de m^3, et cela, même si les usines actuelles fonctionnent à plein rendement.

- De ce volume, 1 million de m^3 provient de l'extérieur du Québec, ce qui laisse une très faible consommation de 2,5 millions de m^3 en provenance des forêts du Québec.

- Sachant que la possibilité forestière québécoise de feuillus durs (toutes qualités) dépasse les 10 millions de m^3, on retrouve au Québec une sous-capacité majeure de consommation de bois de trituration pour appuyer l'aménagement des forêts feuillues ou mélangées à tendance feuillue.

- D'ailleurs, pour ramener la consommation de l'industrie du sciage et du déroulage de feuillus durs à 1,4 million de m^3 (valeur réaliste), il faudrait une capacité industrielle de consommation de bois de trituration au Québec de plus de 5,5 millions de m^3 en incluant les importations. Notre industrie présente donc un déficit de consommation de plus de 2,5 millions de m^3.

- Enfin, soulignons que l'industrie des produits énergétiques et de l'énergie n'a pas comblé les pertes de consommation de l'industrie des pâtes et papiers. Elle s'approvisionne plutôt de sous-produits et résidus de l'industrie du sciage.

Problématique

- La consommation industrielle de bois ronds de faible qualité est très variable d'une région à l'autre et celle du nord du fleuve est, sans contredit, la plus problématique. De plus, le Québec pourrait perdre davantage de capacités de consommation d'ici 5 ans.

- Dans plusieurs régions, le manque de preneurs pour les bois ronds de faible qualité fait que certaines strates forestières sont déjà retranchées des attributions de bois en forêt publique. On a donc déjà des limitations importantes pour aménager les forêts.

- Le potentiel de développement de produits est aussi différent d'une région à l'autre selon les essences et qualités disponibles, mais également selon la structure industrielle déjà établie et la disponibilité de main-d'œuvre spécialisée.

- Compte tenu des avancements technologiques des dernières années dans le sciage, il y a des possibilités d'améliorer ou adapter la consommation de certaines scieries pour usiner davantage des bois de faible qualité.

- Complexité du développement industriel : Compte tenu des investissements nécessaires, de l'état des marchés et des avantages de la compétition internationale, le Québec ne peut plus penser à de nouvelles usines dans l'industrie des pâtes, papiers et cartons pour combler le déficit en question.

La stratégie envisagée par le MRN comportera trois volets, dont un industriel qui vise à augmenter la consommation de bois ronds de trituration par l'industrie québécoise de la transformation.

À ce propos, le MRN a défini une démarche dont l'objectif ultime est d'identifier trois produits à fabriquer à partir de bois ronds de trituration de feuillus et à réaliser toutes les étapes menant à des investissements concrets, d'ici 2017.

Cette démarche comportera les trois étapes suivantes :

1. Identifier 10 produits ayant un potentiel de fabrication au Québec, ainsi qu'un bon potentiel de marchés au Québec, en Amérique du Nord ou outre-mer. Chacun de ces produits devra nécessiter une consommation annuelle de 100 000 à 250 000 m^3 (et possiblement plus) de bois ronds de trituration de feuillus durs.

2. Parmi les dix produits, 5 seront choisis à la suite d'une étude de préfaisabilité pour continuer dans le processus de sélection et de développement.

3. Des études de faisabilité et de marchés seront réalisées pour les 5 produits afin de faire ressortir trois produits qui conduiront à des investissements et des implantations d'usines pour leur fabrication au Québec.

À cet égard, les représentants de la Direction du développement de l'industrie des produits du bois (DDIPB), du ministère des Ressources naturelles (MRN), ont rencontré des intervenants de ***FPInnovations*** et du ***Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)***, et leur ont confié la réalisation de l'étape 1 de la démarche décrite ci-dessus, faisant intervenir les deux organismes.

C'est dans ce contexte que le projet a été réalisé.

2. ÉNONCÉ DU PROJET ET DESCRIPTION DES TRAVAUX

L'objectif de la présente étude porte sur la réalisation de la première étape de la démarche définie par le MRN qui est d'identifier 10 produits ayant un potentiel de fabrication au Québec, ainsi qu'un bon potentiel de marchés au Québec, en Amérique du Nord ou outre-mer. Chacun de ces produits devra nécessiter une consommation annuelle de 100 000 à 250 000 m^3 (et possiblement plus) de bois ronds de trituration de feuillus durs.

Pour atteindre cet objectif, les travaux suivants ont été réalisés :

1. Rencontre de démarrage et activités de suivi

Une rencontre a eu lieu, le 28 février dernier, avec le client et l'équipe de projet (intervenants CRIQ et experts de PFInnovations), afin de mieux définir les limites des travaux, les informations à privilégier, la terminologie, etc. Durant l'étude, quelques réunions ont eu lieu entre le client et l'équipe de réalisation, sans compter plusieurs courriels et échanges téléphoniques.

2. Études similaires

Cette étape visait à identifier des études similaires réalisées au Québec et ailleurs afin d'éviter des dédoublements. Cela a permis de constater qu'au cours des dernières années, quelques ouvrages en lien avec le sujet de la présente étude ont été préparés, ce qui démontre que cette problématique intéresse d'autres acteurs dans le domaine, ici et ailleurs dans le monde. Certaines de ces études sont accessibles alors que d'autres ne l'étaient pas, généralement pour des raisons de confidentialité.

3. Séance de remue-méninges

Une séance de remue-méninges a eu lieu le 11 mars dernier à laquelle ont participé 13 experts œuvrant dans les secteurs suivants : matériau bois, sciage, structure en bois, systèmes de construction, traitement thermique, acoustique et tissus. La liste des participants se trouve à l'annexe A (partie 1). Cet exercice consistait tout d'abord à se donner, en groupe, une définition du produit à rechercher, par la suite, à générer le plus d'idées d'utilisations possible pour ce dernier. L'étape suivante consistait à classer, en groupe, les idées selon leur pertinence.

L'exercice a permis de générer initialement 279 idées parmi lesquelles 251 ont été conservées. Celles-ci représentaient 122 idées uniques qui ont, après coup, été regroupées en 24 segments en fonction de l'affinité entre les idées. La liste de ces segments se trouve à l'annexe A (partie 2) avec la présentation faite durant la séance.

4. Revue de la littérature

Des recherches documentaires ont été effectuées par le CRIQ et FPInnovations afin de trouver des documents traitant de la valorisation de bois feuillus de qualité trituration. À cet égard, plusieurs sources d'information ont été employées, dont de nombreuses bases de données, des publications sectorielles, des sites Internet spécialisés, le Web de même que des bases de statistiques sur les importations. Vous trouverez, à l'annexe B (partie 1), un tableau présentant les bases de données utilisées, les mots-clés et concepts de recherche de même que les sorties de banques. Les documents retenus, non disponibles sur le web, se trouvent à l'annexe B (partie 2).

5. Contacts d'experts

Les idées de nouveaux produits utilisant des bois de trituration de feuillus durs sont rares et les produits et procédés existants sur les autres continents ne sont pas toujours connus. Afin d'en connaître davantage et obtenir leur avis sur diverses voies de valorisation de bois de trituration feuillus, 290 experts ont été contactés dans 22 pays différents. Parmi eux se retrouvent des experts en foresterie, des ingénieurs en transformation du bois, des propriétaires d'entreprises de transformation du bois, des architectes, des décorateurs, des chercheurs œuvrant au sein d'universités et centres de recherche, etc.

Un premier envoi par courriel a été effectué le 5 avril 2013 et un rappel a été fait le 17 avril suivant. Parmi ces 290 experts, 34 n'ont pu être rejoints, car leurs coordonnées étaient invalides. Sur les 256 restants, 57 ont accepté de répondre à la demande et, lorsqu'ils le faisaient, c'était pour partager une ou des idées, pour suggérer un autre contact, pour avouer qu'ils vivaient la même problématique ou tout simplement pour dire qu'ils ne pouvaient être utiles à cette étude.

Tableau 1 : Répartition des contacts

Langage	Nombres de contacts	Coordonnées valides	Réponses	Pourcentage de réponses
Francophones	48	45	21	44 %
Anglophones	242	211	36	15 %
Total	**290**	**256**	**57**	**20 %**

Vous retrouverez, à l'annexe C (partie 1), les requêtes utilisées pour contacter les experts, à l'annexe C (partie 2), la liste des contacts et enfin, à l'annexe C (partie 3), les réponses retenues pour leur pertinence.

6. Mission

MM. Martin Déry du MRN et Vincent Vallée du CRIQ ont assisté à la foire internationale LIGNA 2013 qui se tenait à Hanovre (Allemagne), du 6 au 10 mai dernier. Plus de 90 000 visiteurs de 100 pays se sont rendus à l'événement où 1 637 exposants de 46 pays occupaient 124 000 m^2. La visite fut l'occasion de :

- Rencontrer plusieurs détenteurs de technologies de :
  - sciages pour billes courtes;
  - d'écorçage pour billes courtes et de petits diamètres;
  - déroulage pour billes courtes et de petits diamètres;
  - fragmentation (déchiqueteuses, broyeurs,…);
  - densification de matière ligneuse (granules, bûches);
  - combustion pour la biomasse;
  - séchage pour la biomasse;
  - extrusion de composite bois/polymère; et,
  - fabrication de panneaux.

- Discuter avec quelques experts œuvrant, entre autres, dans des centres de recherches européens :
  - IHD (Dresden, Allemagne);
  - Thünen Institut of Wood Research (Braunschweig, Allemagne);
  - University of Hamburg, Centre for Wood Science (Hambourg, Allemagne);
  - Horticulture & Forestry Science Research Center (Queensland, Australie).

- Visiter la « *Timber Tower* » construite à Hanovre. Cette tour de 100 mètres de hauteur, fabriquée de panneaux CLT, soutient une éolienne d'une capacité de 1,5 MW.

Un court compte rendu de visite se trouve à l'annexe D.

7. Présélection des produits

Les différentes recherches ainsi que les contacts effectués lors des étapes précédentes ont permis d'obtenir une liste comprenant 95 produits potentiels. Vu leur nombre, il a été convenu d'effectuer une présélection afin d'éliminer les produits les moins prometteurs, avant la tenue du « *focus group* ».

Une rencontre de présélection a eu lieu à cet effet le 20 juin 2013 au CRIQ de Québec. Il s'agissait, lors de cette séance de travail, d'évaluer en groupe les produits suggérés en leur attribuant une cote, en fonction de quatre critères déterminés. Les critères sur lesquels devaient se prononcer les participants sont présentés au tableau suivant. Pour chaque critère, les participants devaient assigner une note, entre 0 et 4. Il a été convenu que chacun de ces critères avait la même valeur, ce qui signifie qu'aucun n'a été pondéré.

La liste des participants à cet exercice se trouve à l'annexe E (partie 1) et la grille présentant les 95 produits ainsi que leur cote est à l'annexe E (partie 2).

Tableau 2 : Liste des critères à considérer pour la présélection des produits

1. Approvisionnement	Volume consommé Qualité requise Essences acceptées
2. Marché	Concurrence Connu ou à développer Envergure Perception du produit Importation
3. Produit	Valeur ajoutée Innovation ou propriété intellectuelle Produit respectueux de l'environnement
4. Production – technologie	Facilité à fabriquer Besoins en R&D Investissement requis

À la fin de cet exercice, tous les produits avaient une cote comprise entre 0 et 16. Il a été convenu, en groupe, que tous les produits ayant obtenu une cote de 8 et plus, soit 50 % d'acceptation, devaient être conservés. Ce fut le cas pour 35 d'entre eux. Afin d'augmenter le nombre de produits, sept autres ayant obtenu une cote entre 7,2 et 7,8 ont été joints à la liste.

À la suite de cet exercice, un participant a suggéré deux autres technologies/produits (*Radial Corporation* et *LP Smart Side*) qui ont été insérés à la liste. Un autre produit qui est importé en grand volume au Canada depuis quelques années a également été ajouté (parquet stratifié), ce qui a porté le total de produits potentiels à 45 à la fin de l'exercice.

8. Choix des 10 produits finaux

Afin de procéder au choix des 10 produits finaux, une rencontre (*Focus group*) a eu lieu au CRIQ de Québec, le 28 août 2013. La liste des 8 personnes ayant participé à cet exercice est à l'annexe F (partie 1). À noter que 3 d'entre elles n'avaient pas participé aux autres activités du projet. Pour que tous les participants puissent se faire rapidement une idée des produits sur lesquels ils devaient se prononcer, une fiche descriptive a été conçue pour chacun des 45 produits ayant franchi l'étape de présélection.

Chacune des fiches, que l'on peut consulter à l'annexe F (partie 2), présente les informations suivantes : nom du produit, brève définition, applications potentielles, produits substitués, données d'importation (lorsque disponibles), cote obtenue à l'étape précédente, photos et références.

Au début de la rencontre, les participants ont été invités à passer en revue les 45 fiches, de façon sommaire. Ensuite, quatre équipes de deux participants ont été formées puis chacune des équipes devait choisir les produits répondant le mieux aux objectifs de l'étude. Environ 45 minutes leur ont été allouées afin qu'ils puissent effectuer cette première sélection.

Il a été convenu, avant cette première sélection, que tous les produits choisis par trois ou quatre équipes étaient retenus (75 % à 100 % de l'accord des participants) alors que ceux choisis par aucune ou une seule équipe étaient éliminés (0 % à 25 % de l'accord des participants). Les produits choisis par deux équipes étaient conservés dans l'éventualité où un deuxième tour de sélection serait nécessaire (50 % de l'accord des participants).

Lors du premier tour de sélection, six produits ont été retenus : quatre avec une note de 100 % et deux avec une note de 75 %. Huit produits ont obtenu une note de 50 %. Les autres produits, ceux qui ont obtenu une note de 0 % ou 25 %, ont été éliminés sur le champ. Un deuxième tour de sélection a eu lieu afin de déterminer les quatre produits manquants, parmi les huit produits ayant obtenu une note de 50 %. Une fois ce deuxième tour complété, les participants ont pu discuter, en plénière, les dix produits retenus pour y apporter leurs commentaires. Le tableau suivant présente les 10 produits sélectionnés.

Tableau 3 : Tableau des 10 produits retenus

No	Tour	Note	Nom du Produit
1	1	100 %	Scrimtec[tm]
2	1	100 %	Produits à base de laine de bois
3	1	100 %	Panneaux isolants à base de fibres de bois - pièces et panneaux moulés
4	1	100 %	Composites bois-polymère
5	1	75 %	Acide biosuccinique
6	1	75 %	Granules énergétiques
7	2	100 %	Le bois lamellé-collé
8	2	75 %	Charbon de bois (biochar) – Charbon activé
9	2	75 %	Produits moulés en bois aggloméré
10	2	75 %	Produits fabriqués à partir de placages et contreplaqués

3. RÉSULTATS

Dans ce chapitre, les rapports sur les produits retenus sont présentés dans le même ordre que celui déterminé lors de la séance de sélection finale, comme au tableau 3 de la section précédente. Dans chacun de ces rapports, lorsque possible ou applicable, l'information est classée de la façon suivante :

Sections	Sous-sections
Produit	Description Dimensions Diverses applications Avantages / Inconvénients Normes
Procédés	Essences de bois / matière première Qualité, granulométrie Autres constituants Procédés Versus les règles environnementales Coûts Fournisseurs de technologies Brevets Taille de l'usine souhaitable Besoin en R&D
Marché	Données de marché Études disponibles Taille Fabricants actuels Compétition
Commentaires / remarques	

3.1 SCRIMTEC™

Produit

Description

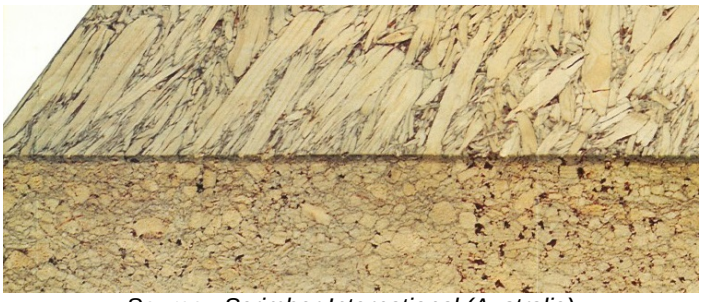
Scrimtec™ est un matériau d'ingénierie structural constitué d'un matelas de macrofibres de bois enchevêtrées. Celles-ci sont caractérisées par un très haut ratio longueur-épaisseur et orientées de manière optimale. Le matelas est obtenu en écrasant des billes de petits diamètres à l'aide de laminoirs, tout en minimisant, autant que possible, les dommages aux macrofibres.

Ce produit a initialement été développé et breveté dans les années 1970 par le CSIRO[1] (Australie) afin de valoriser les petites billes de pin radiata. En 2002, les droits ont été acquis par *TimTek, LLC* (Clarkesville, Georgie) et des travaux ont été entrepris avec des chercheurs de la *Mississippi State University* (MSU) pour mettre au point la technologie. Puis, en 2005, *Loblolly Industries LLC.*, division de l'entreprise *Shuqualak Lumber* (Shuqualak, Mississippi) s'est vue octroyée les droits de fabrication et de commercialisation pour la partie est de l'Amérique du Nord et a construit une usine de démonstration à Meridian (Mississippi).

À noter que Scrimtec^{tm} n'est pas encore commercialisé et que *Shuqualak Lumber* serait à la recherche de partenaires canadiens[2].

Ce matériau s'apparente à ceux de la gamme des bois de charpente composites[3,4,5] destinés à des usages structuraux et ayant des caractéristiques mécaniques hautement prévisibles et uniformes.

Photo 1 : Détail du matériau Scrimtec^{tm}



Source : *Scrimber International (Australie)*

Dimensions

Les macrofibres sont d'abord conformées et pressées sous forme de grands panneaux. Ceux-ci sont, par la suite, débités aux dimensions requises, en fonction des applications visées. Les panneaux peuvent avoir de 48 à 60 pieds de longueur, par 3-4 pieds de largeur, mais typiquement 18 pouces de largeur. Leur épaisseur varie de 1,75 à 7 pouces, par incrément de 1,75 pouce[6].

1 *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO).
2 Courriel transmis par *Dan Seale du Mississippi State University*, le 5 avril 2013.
3 *Structural Composite Lumber (SCL): A Practical Alternative*, APA.
4 *Bois de charpente composites SCL (Structural Composite Lumber)*, CECOBOIS.
Les bois de charpente composites sont :
- Bois de placages stratifiés LVL (*Laminated Veneer Lumber*);
- Bois à copeaux parallèles PSL (*Parallel Strand Lumber*);
- Bois de longs copeaux LSL (*Laminated Strand Lumber, TimberStrand*^{MD});
- Bois de copeaux orientés (OSL).

5 Conseil canadien du bois (CCB) - Bois d'œuvre composite structural.
6 *Engineering new revenues with Scrimtec, Logging & Sawmilling Journal*, Sept. 2012, pp 42-46.

Diverses applications

Les caractéristiques mécaniques élevées du Scrimtec[tm] le destinent principalement aux applications suivantes, similaires à celles du bois de placages stratifiés (LVL) ou du bois de longs copeaux lamellés (PSL) (ex. Parallam[tm]) ou encore au CLT (Cross-Laminated Timber) :

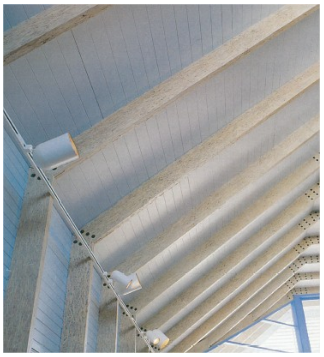
- Éléments structuraux : poteaux, poutres, linteaux, madriers, colonnes, composants de fermes de toit de gros calibres, etc.

- Panneaux massifs de construction (Murs pleins et dalles de plancher).

D'autres produits structuraux et non structuraux pourraient aussi être fabriqués grâce à ce matériau :

- Dormants de chemin de fer, marches d'escaliers, poutres caissons, etc.

Photo 2: Applications typiques de Scrimtec[tm] (linteaux, poutres)



Source : *Scrimber International (Australie)*

Avantages / Inconvénients vs autres bois de charpente composites

- Un avantage important du procédé Scrimtec[tm] est qu'il permet d'obtenir un produit structural tout en étant peu exigeant quant à la qualité de la matière première utilisée. Il permet d'obtenir des produits à haute valeur ajoutée à partir de billes de trituration (petits diamètres, faible qualité).

- D'autre part, selon BC Hydro, l'énergie électrique et l'énergie thermique nécessaires à la fabrication du Scrimtec[tm] sont respectivement 30 % et 28 % inférieures à celles consommées durant la fabrication de LVL.[7]

- Il rend possible la fabrication d'éléments de structure allant jusqu'à 60 pieds de longueur. Grâce à cette particularité, Scrimtec[tm] pourrait être utilisé là où d'autres bois de charpente auront une portée insuffisante[8,9];

[7] *Engineering New Revenues with Scrimtec*, *Logging and Sawmilling Journal*, Sept. 2012.
[8] *Scrimtec Product Information*.
[9] *Engineering new revenues with Scrimtec*, *Logging & Sawmilling Journal*, Sept. 2012, pp 42-46.

- Son coût de production est plus faible que celui des matériaux concurrents (LVL, Parallam)[10].

Normes

La norme ASTM D5456 intitulée « *Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products* » prescrit les différentes méthodes d'essai individuelles à utiliser pour l'évaluation des bois de charpente composites :

Il s'agit notamment de méthodes d'essais visant à déterminer les caractéristiques suivantes :

- Résistance à la flexion et la rigidité (ASTM D4761);
- Force de traction parallèle au fil;
- Résistance à la compression parallèle au fil;
- Résistance à la compression perpendiculaire au grain;
- Résistance au cisaillement longitudinale;
- Force de liaison interne (ASTM D1037);
- Durabilité du produit;
- Gonflement (ASTM D1037); et,
- Gradient de densité.

Procédés

Essences de bois / matière première

La matière première est préférablement constituée de billes de petits diamètres. Celles dont le diamètre excède 8 pouces doivent être refendues en quartiers, ce qui affecte la productivité et le rendement et augmente les coûts de production. Les tiges sont tronçonnées en billes de 10 pieds.

Les essais exécutés à ce jour ont permis d'établir que le procédé Scrimtec^{tm} peut utiliser des billes de qualité trituration de résineux et aussi de bois feuillus. Initialement, le développement de ce procédé visait l'utilisation de pin radiata, mais depuis, les chercheurs australiens, ceux de la MSU et de Shuqualak Lumber ont réalisé des études sur plusieurs autres essences. Les plus importantes essences canadiennes testées avec succès incluent le peuplier faux tremble, le bouleau blanc, l'épinette noire et le pin gris. Typiquement, chacune de ces essences permettrait de fabriquer des produits avec des modules d'élasticité (MOE) compris entre 1,8 et 2,3 millions lb/po^2 et entre 2 600 et 3 100 lb/po^2 en flexion (Fb). Le sapin baumier a permis d'obtenir des MOE de 1,7 million lb/po^2 et approximativement 2 000 lb/po^2 en flexion (Fb)[11].

En août 2009, des essais ont été réalisés à l'usine de Meridian sous la supervision d'experts de FPInnovations afin d'évaluer l'efficacité du procédé et la qualité du produit Scrimtec^{tm} obtenu à partir de bois de trituration de peuplier faux tremble et de bouleau blanc du Québec[12].

10 *Scrimtec Product Information*.
11 Correspondances avec le professeur Dan Seale, MSU, avril 2013.
12 Gilles Brunette, FPInnovations – Rencontres du 10 octobre et 19 septembre 2013.

Les essais, qui se sont avérés concluants, ont permis de déterminer que des produits Scrimtec[tm], faits à partir de bouleau blanc ou de peuplier faux-tremble, ont le potentiel pour rivaliser favorablement avec les poutres, madriers et autres bois structuraux employés dans la construction résidentielle et commerciale.

Autres constituants (ex. : colles, résines, finis, etc.)

Une solution diluée de résine phénol-formaldéhyde est utilisée afin d'assurer une couverture complète et une bonne pénétration de l'adhésif dans la matière. La viscosité est critique.

Des additifs pourront être ajoutés pour accroître la durabilité des produits :

- agents hydrofuges;
- fongicides, insecticides;
- agents ignifuges; et,
- inhibiteurs de corrosion[13].

Procédé

Cette sous-section du rapport présente les différentes étapes du procédé, de façon télégraphique :

Le matériau Scrimtec[tm] est produit à partir de grumes de petit diamètre, écorcées et broyés pour former un matelas de macrofibres interconnectées. Ce matelas («canevas») est séché, encollé, coupé de longueur puis conformé («*collated* »). Le matelas conformé est ensuite pressé dans une presse à vapeur pour produire un bois de charpente composite de haute résistance. Ensuite, la pièce obtenue est sciée dans des formats de sections standards et coupée à la longueur requise.

A- <u>Préparation et conditionnement des billes</u>

- Les tiges sont tronçonnées;
- Les billes sont écorcées dans des écorceurs à tambour; et,
- Les quartiers sont conditionnés.

[13] *Steam-Pressed Scrim Lumber (SPSL): A developing new material for bridges*, *Schane C. Kitchens et al, MSU, 2010* et *Steam-Pressed Scrim Lumber (SPSL)*, *Barnes, H. Michael et al., International Convention of Society of Wood Science and Technology, October 2010* (Consulté le 2013-10-22).

Photo 3 : Bille de peuplier au début du processus

Source : *Dan Seale, Mississippi State University*

B- Laminage (flattening of stems) des quartiers et préparation des matelas de macrofibres

Photo 4 : Étapes de laminage des quartiers et préparation du matelas de macrofibres

Sources : *Dan Seale, Mississippi State University*

C- Séchage et encollage

D- Conformation et pressage

Photo 5 : Matelas de macrofibres

Source : *Steam-Pressed Scrim Lumber (SPSL): A developing new material for bridges, Schane C. Kitchens et al, MSU, 2010*

E- Finition des produits

Brevets

Des recherches préliminaires[14] ont permis d'identifier 14 familles de brevets en lien avec le matériau qui sera éventuellement commercialisé sous la marque Scrimtec^{tm}.

Le tableau suivant présente les informations suivantes sur le membre canadien de chacune des familles de brevets identifiées, lorsque disponible : Le titre du document de brevet, son numéro, date de dépôt et déposant :

Tableau 4 : Documents de brevets en lien avec le matériau Scrimtec^{tm}

	Titre	No. document de brevet	Date	Déposants
1	Apparatus And Method For Densifying A Fibrous Mat	US2012198669	2011-02-08	Scrimtec Holdings
2	Method For Drying Wood Product And Product Obtained Thereby	CA2740739	2009-10-14	Loblolly Industries
3	System And Method For The Preservative Treatment Of Engineered Wood Products	CA2631424	2006-11-28	Timtek; Timtek Australia
4	Systems And Methods For The Production Of Steam-Pressed Longfiber Reconsolidated Wood Products	CA2581214	2005-09-21	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization; Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation; Timtek
5	Manufacture Of Reconstituted Wood Products	CA2272884	1996-11-25	Australia Commonwealth Scientific Industry

[14] Recherches réalisées le 4 novembre 2013 dans l'agrégateur Orbit.com avec le nom de déposants et inventeurs suivants :
Déposants : Scrimtec Holdings, Timtek Australia, Timtek, Loblolly Industries, Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization, Rafor et Valjul.
Inventeurs : Jarck Walter, Seale Roy Daniel, White James Michael, Coleman John Douglas, Barwick Adam Glen, Clark Don Roberts, Coleman John D., Thomas William Anderson, White Bobby Lyn.

	Titre	No. document de brevet	Date	Déposants
				Research Organization; Valjul
6	Manufacture Of Reconstituted Wood Products	AUPN671195	1995-11-22	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization
7	Manufacture Of Reconstituted Wood Products	AUPM957094	1994-11-21	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization
8	Method And Apparatus For Use In Producing Reconsolidated Wood Products	CA1329755	1989-05-12	Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation; South Australian Timber; Valjul
9	Improved Process For Reconsolidated Wood Production	AU8248587	1987-12-10	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization
10	Continuous Or Semi-Continuous Process For Forming Reconsolidated Wood Product	CA1235870	1984-11-23	Rafor; Repco
11	Manufacture Of Reconsolidated Wood Products	CA1240242	1984-11-23	Rafor; Repco; Valjul
12	Method And Apparatus For Use In Producing Reconsolidated Wood Products	CA1228785	1984-11-23	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization
13	Process For Reconsolidated Wood Production	CA1232728	1984-11-23	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization
14	Reconsolidated Wood Product	CA1092500	1977-04-12	Australia Commonwealth Scientific Industry Research Organization

Taille de l'usine souhaitable / Investissement requis

Voici quelques informations sur l'envergure de certains projets d'usines de fabrication de Scrimtec^{tm} :

- En 2006, Shuqualak Lumber annonçait la construction d'une usine de 335 000 pi^2 ayant une capacité de production d'environ 225 000 m^3 (8 millions pi^3) de produits Scrimtec^{tm} au coût de 140 MM $ US et employant 140 personnes[15];

- L'investissement requis pour la construction d'une usine de produits Scrimtec^{tm} neuve serait approximativement de 10-15 % moins élevé que pour une usine de capacité similaire fabriquant du LVL.[16].

Besoin de R&D

[15] *Enhanced Scrimber Product Finds Life in Southern Pine Belt, Panel World, May 2006, p.32-34*;
[16] *Engineering New Revenues with Scrimtec, Logging and Sawmilling Journal, Sept. 2012.*

Voici quelques informations concernant des éléments qui pourraient faire l'objet de travaux de recherche et développement :

- Des essais concluants ont été réalisés sur un certain nombre d'essences forestières, dont le bouleau blanc du Québec. Le cas échéant, la valorisation de bois de trituration d'érable devra aussi faire l'objet d'essais distincts afin d'établir si les propriétés des produits Scrimtec[tm] faits spécifiquement à partir de cette essence se conforment aux exigences des normes applicables. Cela vaudra pour toutes nouvelles essences locales mises en œuvre par ce procédé.

- Des travaux de recherche (appliquée) seront nécessaires afin de :
  - Optimiser les paramètres de conditionnement pour chaque essence;
  - Optimiser le procédé pour obtenir des propriétés mécaniques ciblées et compétitives
  - Etc.

Certains équipements ou systèmes restent à développer ou pourraient être envisagés, comme, par exemple :

- Les stations de préparation, placement et assemblage des matelas des macrofibres. Actuellement, ces opérations sont faites manuellement, ce qui ne serait pas envisageable dans une unité de production industrielle[17].

Marché

Grâce à ses propriétés mécaniques élevées, le matériau Scrimtec[tm] est tout à fait désigné lorsqu'il est nécessaire d'atteindre de grandes portées ou de lourdes charges. Cette caractéristique permet également d'utiliser moins de pièces de Scrimtec[tm] que ce qui serait requis si d'autres bois de charpente composites, comme les OSL ou LSL, étaient employés pour supporter une charge donnée. À cet égard, il se compare avantageusement aux bois de charpente composites de hautes performances que sont les LVL et les PSL avec lesquels il entre en concurrence directe pour des applications de poutres et linteaux[18].

Le tableau suivant présente quelques propriétés des bois de charpente composites.

Tableau 5 : Propriétés des bois de charpente composites

Produit	Épaisseur (pouces)	Résistance à la flexion (x 1 000 lbs/po^2)	Densité (lbs/pi^3)	Module de flexion (x 10^6 lb/po^2)
OSL	1,125	1,125	40-44	1,4
LSL	5	3,1 – 4,6	42-44	1,4
PSL	12	4,3 – 5,4	39	1,8-2,1
LVL	3,5	3,1 – 6,3	25-28	1,8-2,0

Sources: Propriétés mécaniques des produits de bois de charpente composites disponibles au Québec, Cecobois, oct. 2013

17 Correspondances avec le professeur Dan Seale, MSU, avril 2013.
18 *Engineering New Revenues with Scrimtec*, *Logging and Sawmilling Journal, Sept. 2012.*

D'autres sources proposent des données sur les propriétés mécaniques des bois de charpente composites[19] .

Les produits Scrimtec[tm] n'étant pas encore commercialisés, les données de marché présentées dans cette section porteront sur le LVL (code SCIAN : 3 212 130 111), de loin le plus populaire de tous les bois de charpente composites produit en Amérique du Nord. En 2012, les fabricants nord-américains de LVL ont produit plus de 1,2 million m^3 (43,4 millions pi^3) de LVL dans 18 usines[20].

En 2005, le marché de l'habitation nord-américain culminait. La production de LVL atteignait alors un volume de 2,6 millions m^3. Le ralentissement marqué qu'a connu le secteur de la construction, entre 2005 et 2009, a fait chuter la consommation. Mais depuis 2010, la reprise se fait sentir timidement et plus de 1,2 million m^3 de LVL ont été produits en 2012.[21] Le LVL est un matériau bien accepté pour les poutres et les linteaux et avec un secteur de la construction qui reprend de la vigueur, la consommation devrait augmenter. Les tableaux et graphiques suivants illustrent bien cette situation.

Tableau 6 : Consommation / production de LVL en Amérique du Nord, 2010-2012 (x 1 000 m^3)

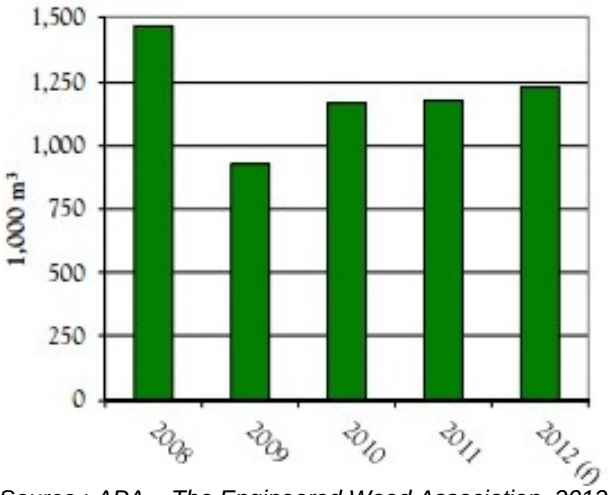
	2010	2011	2012(f)	Change % 2010-2012
Demand				
I-beam flanges	320	303	345.5	8
Beams, headers, others	843.9	876.7	886.3	5
Total demand (and production)	1 163.9	1 179.7	1 231.8	6
Production				
United States	1 050.6	1 078.9	1 118.5	6
Canada	113.3	99.1	110.4	-2
Total production	1 163.9	1 178	1 229	6

Notes: f = forecast. Conversion: 35.3137 cubic feet per cubic metre.

Source : *APA – The Engineered Wood Association, 2012*

19 Cecobois : *Tableau des propriétés mécaniques des bois de charpente composites (métrique)*.
Forest Product Lab : Mechanical Properties of Wood-Based Composite Materials;
20 *North American LVL – American Wood Council and Canadian Wood Council, 2013;*
21 *UNECE/FAO Forest Products Annual Market Review, 2011-2012, Chap. 12.*

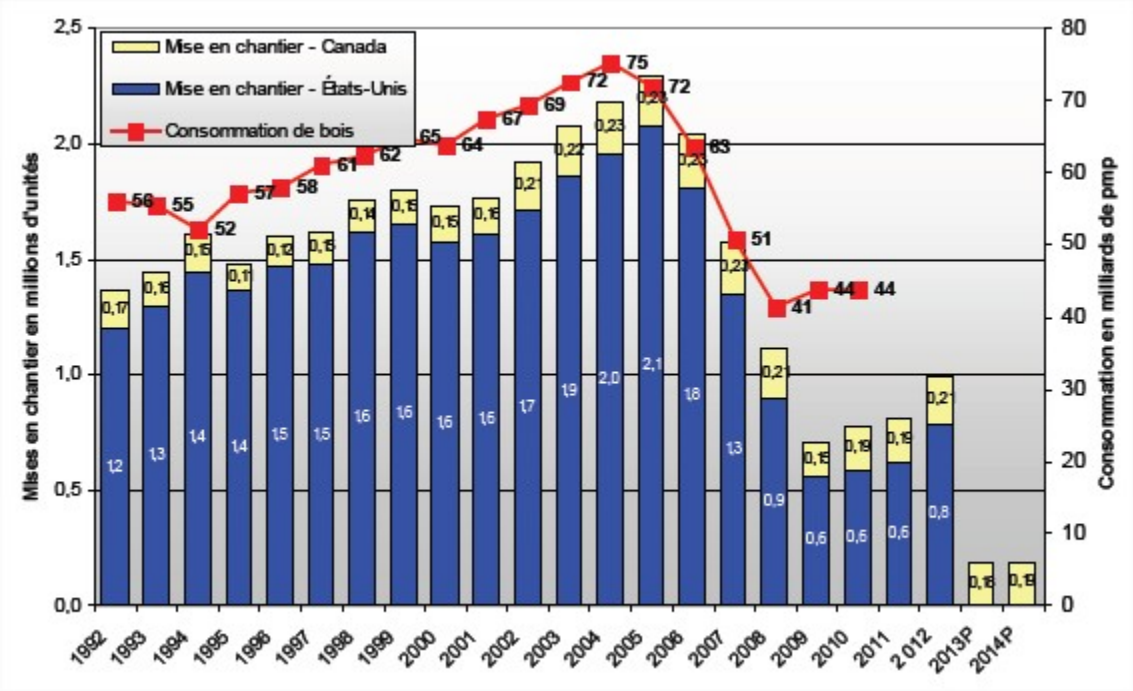
Tableau 7 : Production de LVL en Amérique du Nord, 2008-2012



Source : *APA – The Engineered Wood Association, 2012*

Le tableau suivant présente le nombre de mises en chantier résidentielles et la consommation de bois d'œuvre résineux en Amérique du Nord.

Tableau 8 : Mises en chantier résidentielles et consommation de bois d'œuvre résineux, Canada et États-Unis, 1992-2013



Sources: Tableau de bord du secteur des composants de structure, premier trimestre 2013, MRN
Marché de l'habitation (SCHL), *US Census Bureau et Resource Information Systems Inc.* (RISI)

Presque tout le volume de LVL est utilisé dans la construction de maisons neuves. En 2011, 74 % l'ont été dans des applications de poutres et linteaux (fenêtres et portes) et 26 % pour les semelles de poutrelles en I (I-joists et I-beams). Une petite quantité est classée comme solives de rive industrielles (incluse dans la catégorie poutres et linteaux) [22].

Enfin, *ICON Group International* a publié, en janvier 2013, l'étude « *The 2013-2018 Outlook for Laminated Veneer Lumber in the United States* ».

Concurrents éventuels

En considérant essentiellement les produits Scrimtec^{tm} comme des substituts aux LVL et aux PSL, les principaux concurrents nord-américains seront :

Fabricant	Produit(s)
Boise	LVL - Versa-Lam
Georgia-Pacific	LVL – GP Lam
International Beams	LVL – IB LVL
Louisiana Pacific	LVL – LP LVL
LVL Global	LVL - Global
Trus Joist / Weyerhaeuser	LVL - Microllam PSL - Parallam
West Fraser	LVL – WF LVL

Commentaires / remarques[23]

La technologie de fabrication des produits Scrimtec^{tm} est conçue pour les billes de petits diamètres et la forme de celles-ci (billes courbées) a peu d'influence sur la fabrication des produits. Elle permettrait de décontaminer l'approvisionnent des scieries par la prise en charge et la valorisation des billes de trituration.

Toutefois, aucune usine de taille commerciale n'existe encore. Il n'y a pas encore de référence « industrielle » et certains défis persistent au niveau de l'ingénierie afin de pouvoir produire en continu : la mise au point de quelques équipements reste à terminer. L'implantation d'une unité de production de Scrimtec^{tm} dans une usine qui aurait fermé ses portes serait certainement une voie à considérer.

D'autres défis, de nature réglementaire et commerciale, devront être relevés : l'homologation des produits Scrimtec^{tm} au Canada et États-Unis et la mise en marché de ce nouveau bois de charpente structural. Des efforts de commercialisation considérables devront être déployés afin d'inciter les constructeurs à prioriser Scrimtec^{tm} au détriment d'autres matériaux structuraux.

[22] UNECE/FAO Forest Products Annual Market Review, 2011-2012, Chap. 12;
[23] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.

3.2 PRODUITS À BASE DE LAINE DE BOIS[24]

La première partie de ce chapitre traitera principalement des panneaux à base de laine de bois-ciment utilisés dans le domaine de la construction. La valeur ajoutée de ces produits est souvent supérieure à celle des autres applications de la laine de bois.

Les autres applications de la laine de bois sont passées en revue succinctement par la suite.

Produit

Description

Les panneaux laine de bois-ciment sont constitués de longs filaments de bois obtenus par râpage. Les filaments sont minéralisés et enrobés de ciment-chaux pour rendre la matière ligneuse inerte. Selon les utilisations visées, le panneau laine de bois-ciment peut-être laminé à d'autres matériaux tels un isolant minéral, du polystyrène,... pour former un panneau sandwich qui répondra aux exigences de l'utilisation visée. Il peut aussi être embossé et se travaille facilement[25].

Photo 6 : Laine de bois à l'état brut et panneaux laine de bois-ciment

Source : Eltomation

Dimensions

Le tableau suivant présente les dimensions des panneaux régulièrement trouvés sur le marché européen.

Tableau 9 : Dimensions standards des panneaux laine de bois-ciment

Longueurs (mm)	2000 / 2400 / 2440 (8 pieds), optionnellement jusqu'à 3 000 mm
Largeurs (mm)	600 / 610 (2 pieds)
Épaisseurs (mm)	15 / 25 / 35 / 50 / 75 / 100

[24] À ne pas confondre avec la fibre de bois obtenue du raffinage.
[25] Produits de bois-ciment, Gilles Brunette, FPInnovations, Québec, 22 novembre 2012, p. 9.

La plage de densité des panneaux laine de bois-ciment varie généralement entre 200 et 1 400 kg/m³.

Le panneau laine de bois-ciment de faible densité (200 kg/m^3) possède des propriétés mécaniques modestes qui le destinent principalement à des applications esthétiques. En augmentant de plus en plus sa densité, ses performances changent et lui confèrent des propriétés isolantes (thermiques et acoustiques) puis structurales (1 400 kg/m^3).

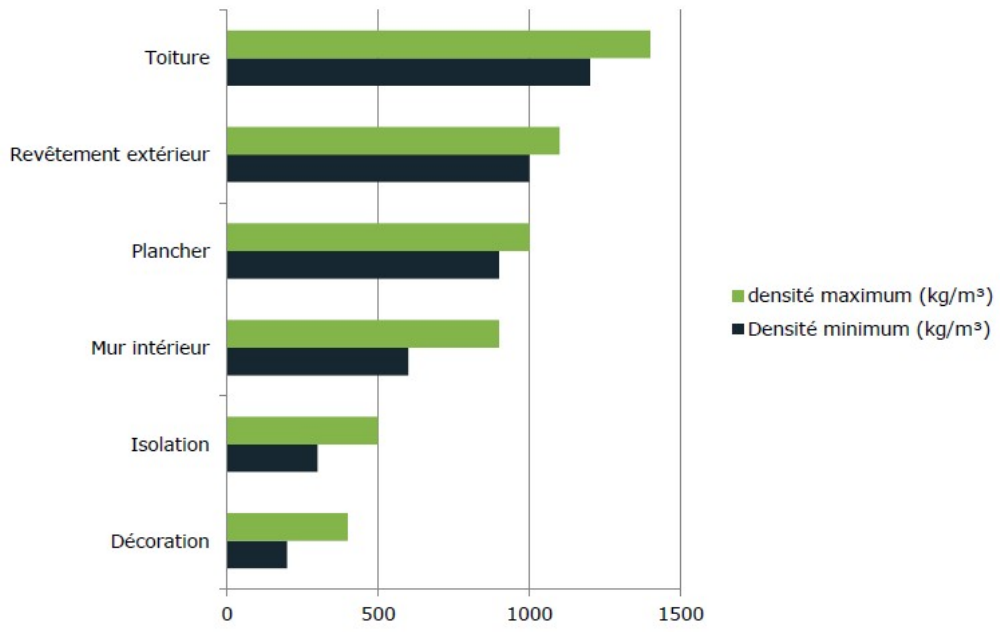
Diverses applications (panneaux)

Les applications varient en fonction de la densité du produit :

- Plafonds suspendus, panneaux décoratifs;
- Panneaux isolants;
- Fondations;
- Panneaux de coffrage;
- Murs extérieurs;
- Murs intérieurs (cloisons insonorisantes);
- Toiture;
- Panneaux acoustiques;
- Éléments de construction préfabriqués; et,
- Écrans routiers.

Le graphique suivant illustre bien la relation entre la densité du panneau et l'application visée.

Graphique 1 : Variation de la densité des produits en fonction de l'application



Source : FPInnovations

Le tableau suivant montre la relation entre l'épaisseur, la masse et la densité.

Tableau 10 : Relation entre l'épaisseur, la masse/m^2 et la densité d'un panneau

Épaisseur (mm)	Masse (kg/m²)	Densité (kg/m³)
15	8,5	570
25	11,5	460
35	14,5	415
50	19,5	390
75	28	375
100	36	360

Source : Eltomation

À noter que, outre les panneaux laine de bois-ciment, il existe d'autres types de panneaux à base de bois et liants minéraux sur le marché européen : les panneaux fabriqués à partir de fibres ou particules de bois. Les panneaux fabriqués de particules doivent normalement avoir des niveaux de densité plus élevés que les produits de laine de bois pour avoir des propriétés mécaniques acceptables.

Les plages de densité typiques des panneaux bois-ciment sont :

- Laine de bois : 200 à 1 400 kg/m³
- Fibres de bois : 400 à 1 400 kg/m³
- Particules de bois : 450 à 1 450 kg/m³

À densité égale, un panneau de particules bois-ciment aura des propriétés mécaniques inférieures à celles d'un panneau de laine de bois-ciment. D'autre part, la gamme de produits possible avec les panneaux laine de bois-ciment est plus large, les panneaux isolants / acoustiques de faibles densités ne pouvant être fabriqués à partir de particules[26].

Les photos suivantes présentent quelques applications typiques de ces panneaux.

[26] Gilles Brunet, FPInnovations, informations par courriel, 11 octobre 2013.

Photo 7 : Quelques applications typiques des panneaux laine de bois-ciment

Cloison insonorisante	Plafond suspendu – basse densité
Panneaux acoustiques – basse densité	**Murs extérieurs – haute densité**
Toiture – haute densité	**Éléments préfabriqués – haute densité**

Sources : Eltomation, Tectum, FPinnovations

Avantages et/ou inconvénients vs produits actuels

- Produit plus vert;
- Résistance au feu;
- Résistance aux moisissures et à la pourriture;
- Résistance au gel et dégel;
- Résistance aux insectes et à la vermine;

- Bonne isolation thermique;
- Bon isolant acoustique;
- Large gamme de finition; et,
- Structure ouverte qui respire / contrôle de l'humidité.

Normes

Certains produits de laine de bois-ciment de Tectum et d'Eltomation sont conformes aux exigences des normes suivantes :

- UL1256 : Norme antifeu
- DIN 4102 : Norme antifeu
- EN-13168: Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en laine de bois (WW)
  La présente Norme européenne spécifie les exigences auxquelles doivent satisfaire les produits manufacturés en laine de bois (WW), avec ou sans parements ou enduits de finition, utilisés pour l'isolation thermique des bâtiments. Les produits sont fabriqués sous forme de panneaux ou plaques. Elle spécifie également les exigences relatives aux produits composites manufacturés à base de laine de bois en combinaison avec d'autres matériaux isolants et inclut les produits isolants WW multicouches.

Procédés

Essences de bois / Matières premières

Les principales essences utilisées sont le pin, le sapin et le peuplier[27]. Un élément important qui limite l'utilisation d'une essence de feuillus pour la fabrication de produits à base de bois et de liants minéraux est la présence de sucres et de tanins dans le bois qui est préjudiciable à la prise du ciment. Cependant, pour pallier cette condition, les tiges écorcées peuvent être entreposées de 3 à 6 mois, ce qui permet d'abaisser le taux de sucre[28].

La production de laine de bois pour les panneaux de bois-ciment ou autres produits nécessite l'utilisation des billes de bois entières. En considérant une période d'entreposage adéquate, une certaine proportion de feuillus durs de faible qualité pourraient être valorisés par ce type de production.

Autres constituants

En plus de la laine de bois pour la fabrication des panneaux, on utilise du ciment, de l'eau et une solution saline (ex. : silicate de sodium).

[27] *Eltomation – Budget data and technical information for a Wood Wool Cement Board (WWCB) Plant and WWCB / EltoBoard Plant* – page consultée le 24 septembre 2013.

[28] Opportunités pour les coproduits du sciage, Gilles Brunette, FPInnovations, 9 septembre 2011, p. 27.

Le tableau suivant présente les quantités de matières premières utilisées pour une production de 155, 120, 90 et 30 m³/faction, pour la fabrication de panneaux d'une dimension de 240 cm X 60 cm X 50 mm d'épaisseur[29].

Tableau 11 : Consommation des principaux constituants/quart de travail

Capacité (m^3/faction)	155	120	90	30
Matériaux utilisés				
Laine de bois (tonnes)	20	15,5	11,6	3,9
Ciment (tonnes)	34	26,3	19,8	6,6
Eau (m^3)	22	17	12,8	4,3
Solution saline (tonnes)	1,4	1,1	0,8	0,3

Étapes de fabrication[30]

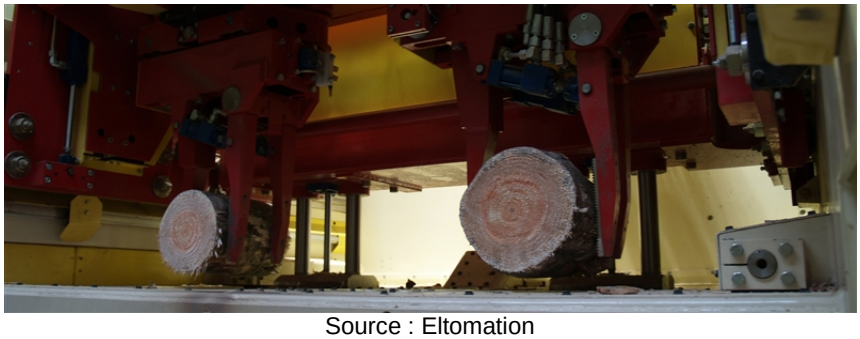
Voici les étapes de fabrication typiques de panneaux de laine de bois-ciment

Étape	Description
1	Réception des matières premières.
2	Ligne de tronçonnage des billes en blocs de longueur variant entre 47-53 cm.
3	Machine pour la production de laine de bois Eltomatic CVS-16. Plateau rotatif muni de 16 couteaux dentelés. À l'entrée de la machine, les blocs sont retronçonnés en bûches d'environ 25 cm. 1 cycle (chargement et mise en laine (shredding) de 2 pièces de bois)/4 secondes Capacité : 3 500 kg de laine/heure.
4	Immersion de la laine de bois dans une solution de silicate de sodium qui favorise la prise du ciment et agit comme agent ignifugeant.
5	Balance électronique.
6	Doseur pour les liants minéraux (ciment portland + chaux). Ajout de chaux comme agent de remplissage, 30 % moins cher que le ciment.
7	Tambour rotatif pour mélanger la laine de bois et les liants minéraux.
8	Conformateur Formation d'un matelas (laine de bois et liants minéraux) d'environ 60 cm de largeur et d'épaisseurs variables, en fonction des produits à préparer.
9	Dépose du matelas dans des moules de conformation faits de panneaux contreplaqués (caul plate).
10	Pressage des matelas dans une petite presse à étage.
11	Stabilisation des panneaux de laine de bois durant 24 heures, pour la prise du béton.
12	Démoulage des panneaux, nettoyage et huilage des moules.
13	Taille et biseautage des chants des panneaux de laine de bois (au besoin) à l'aide de tenonneuses doubles.
14	Peinture avec produits à base d'eau (au besoin).
15	Entreposage intermédiaire.
16	La face non exposée des panneaux de laine de bois est enduite de colle et un panneau de PSE (différentes épaisseurs possibles) est appliqué (au besoin).
17	Entreposage intermédiaire.
18	Mise en paquet, emballage et entreposage.

29 *Eltomation – Budget data and technical information for a Wood Wool Cement Board (WWCB) Plant and WWCB / EltoBoard Plant* – page consultée le 24 septembre 2013.

30 Préfaisabilité technique et financière sur les isolants naturels à base de bois, QWEB (réalisée par le CRIQ), mars 2009.

Photo 8 : Vue rapprochée de la machine CVS-16 d'Eltomation



Source : Eltomation

Photo 9 : Étape de pressage du matelas

Source : Eltomation

Photo 10 : Vue d'une installation complète de fabrication de panneaux

Source : Eltomation

Espace (bâtisse et terrain)

La dimension du bâtiment nécessaire à la fabrication des panneaux de laine de bois se situe entre 1 680 et 9 000 m² avec une hauteur libre de 6 à 7 m, selon le type d'usine choisie[31].

Production

Selon Eltomation, il est possible de produire entre 38 et 165 m³ de panneaux par quart de travail, tout dépendamment des installations choisies et des types de panneaux désirés.

Pour en savoir davantage sur les capacités de production d'une usine en fonction de ses équipements, voir *Budget data and technical information for a Wood Wool Cement Board (WWCB) Plant and WWCB / EltoBoard Plant*.

En investissement (bâtisse, terrain, équipements)

Il en coûterait entre 6 et 13,5 M$, selon le type d'équipement désiré et le panneau à fabriquer[32].

Main-d'oeuvre

Toujours selon Eltomation, entre 19 et 23 employés sont nécessaires à chaque quart de travail afin de faire fonctionner les installations, y incluant le personnel dédié à la maintenance, l'entreposage, le nettoyage, etc. Le personnel lié à la gérance de l'usine est laissé à la discrétion du propriétaire[33].

Au besoin, vous pouvez consulter les caractéristiques complètes des panneaux bois-ciment dans la fiche *Wood wool cement boards, properties, applications and production technology* de Eltomation.

[31] Eltomation – Budget data and technical information for a Wood Wool Cement Board (WWCB) Plant and WWCB / EltoBoard Plant – page consultée le 24 septembre 2013.
[32] Ibid.
[33] Eltomation – *Budget data and technical information for a Wood Wool Cement Board (WWCB) Plant and WWCB / EltoBoard Plant* – page consultée le 24 septembre 2013.

Marché

Volume

En 2009, le marché des panneaux à base de laine de bois totalisait 17 MM m²/an, en Europe de l'Ouest[34].

Une étude menée conjointement par l'Association des produits forestiers du Canada (APFC) et FPInnovations en 2012, estimait le potentiel de marché canadien des panneaux de laine de bois (pour usages structurels et isolants) à 5 % du marché non résidentiel qui totaliserait près de 883 MM pi^2 et à 5 % du secteur résidentiel qui totaliserait près de 33 610 MM pi^2 [35].

Matériaux concurrents

- Béton;
- Panneaux structuraux à base de bois (OSB, contreplaqués);
- Panneaux de fibres et autres isolants acoustiques (tuiles acoustiques);
- Tous les matériaux utilisés pour l'isolation (acoustique, thermique, etc.);
- Etc.

Fabricants actuels

Voici les principaux fabricants de panneaux laine de bois-ciment :

À l'outre-mer :

- *Celenit S.p.A.*, Italie;
- *Fibrolith Dammstoffe GmbH*, Allemagne;
- *Fibragglo*, Propières, France;
- *Knauf*, Oosterhout, Pays-Bas; et,
    - Marques Heraklith®, Heradesign® et Fibralith®.
- *Träulit*, Fabriksgatan, Suède.

En Amérique :

- *Tectum*, Newark, Ohio, États-Unis.

À noter que la compagnie d'origine européenne *Durisol Building Systems Inc*, qui a une filiale située à Hamilton en Ontario, fabrique des blocs de bois-ciment utilisant des éclats (grosses particules) de bois minéralisés, liées avec du ciment Portland.

[34] Préfaisabilité technique et financière sur les isolants naturels à base de bois, QWEB (réalisée par le CRIQ), mars 2009.

[35] *Canada/Sweden: Join Forest Products Innovation Initiative*, *Forest Products Association of Canada* et FPInnovations, Stockholm, 2 octobre 2012, p. 21.

Photo 11 : Blocs de particules de bois-ciment

Source : Durisol

Proposition de projet

- *Central Alberta – Access prosperity*;
  Business Expansion Opportunity;
  Projet d'opportunité d'investissement dans une usine de production de panneaux de bois-ciment à l'été 2012.

Commentaires / remarques[36]

Le panneau de laine de bois-ciment est un produit intéressant pour les besoins de cette étude, car sa fabrication permet l'utilisation de bois de petit diamètre et demande peu de transformation. Avec les feuillus, il faut cependant prévoir une période d'entreposage pour la dégradation des hémicelluloses qui inhibent la prise du béton.

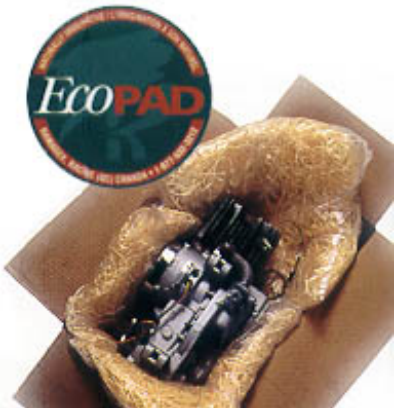
Les technologies utilisées sont simples et déjà développées et ne constituent pas de risques énormes. Par contre, il faudra cibler les applications à privilégier et des efforts considérables de mise en marché devront être déployés, car la compétition pour ce genre de produit est importante.

[36] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.

Autres applications possibles de la laine de bois

- Écrans routiers;
- Emballage/rembourrage;
- Matelas antiérosion, matelas de germination;
- Litière pour animaux; et,
- Intrants pour panneaux et blocs (structuraux, acoustiques, architecturaux).

Photo 12 : Produit d'emballage Ecopad



Source : Ramagex

Photo 13 : Boudin de rétention, matelas de germination et tapis pour le contrôle de l'érosion

Source : Ramagex

Photo 14 : Aspen Bed, litière pour animaux

Source : American Excelsior Company

Essences de bois / Matières premières

Ramagex[37] et *American Excelsior Company*[38] fabriquent leur laine de bois à partir de peuplier. D'autres essences comme le pin et le sapin sont aussi utilisées[39].

Autres constituants (ex. : colles, résines, finis, etc.)

La laine de bois peut être utilisée naturellement pour l'emballage ou comme litière, mais il est possible de l'enduire de différents produits pour d'autres applications (teinture, parfum et autres additifs, etc.).

37 Ramagex - Produits.
38 *American Excelsior Company – Excelsior Wood Fiber*.
39 Opportunités pour les coproduits du sciage, Gilles Brunette, FPInnovations, 9 septembre 2011, p. 27.

3.3 PANNEAUX ISOLANTS À BASE DE FIBRES DE BOIS – PIÈCES ET PANNEAUX MOULÉS

La partie 3.3.1 du présent chapitre traite des isolants fabriqués à partir de fibres de bois tandis que la partie 3.3.2 aborde rapidement les pièces moulées à partir de matelas de fibres de bois.

3.3.1 ISOLANTS FABRIQUÉS À PARTIR DE FIBRES DE BOIS (IFB)

Produit

Description

Les isolants de fibres de bois (IFB)[40] sont commercialisés principalement sous forme de panneaux rigides ou de matelas souples. Ils possèdent plusieurs caractéristiques avantageuses pour les secteurs de la construction et de la rénovation.

Photo 15 : IFB en panneaux rigides et matelas souples

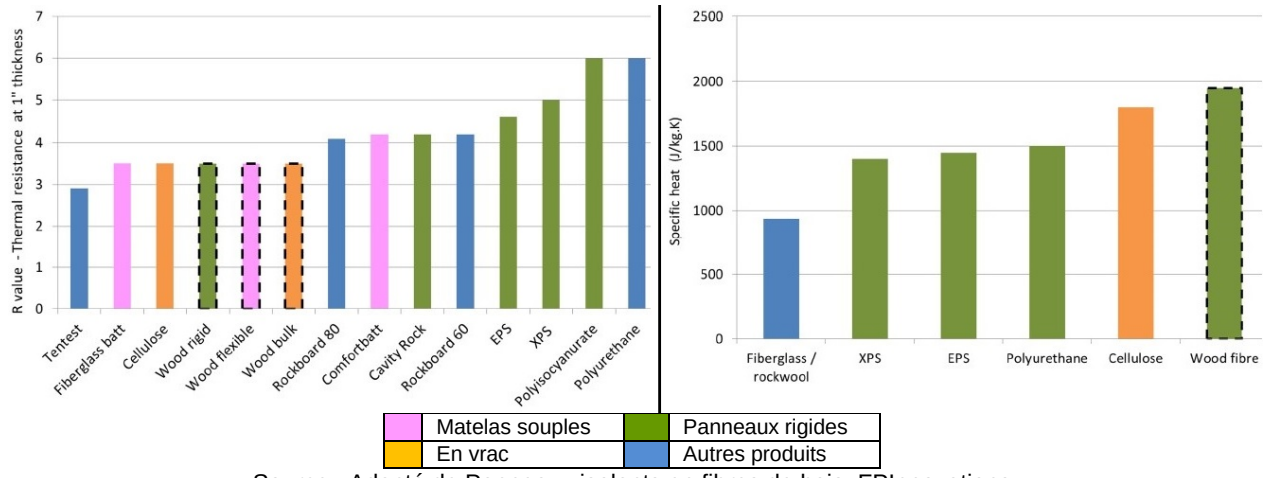
Source : Gutex et Actis

D'une part, ils protègent très bien contre le froid en hiver. À cet égard, leur résistance thermique se compare tout à fait à celle des nattes de fibres de verre, largement utilisées en construction et à la fibre de cellulose. D'autre part, les IFB sont supérieurs aux produits concurrents pour protéger contre la chaleur en été, grâce à leur forte chaleur spécifique. Cela leur confère une inertie thermique qui permet de déphaser l'impact des changements de température dans le bâtiment. Les IFB sont aussi de bons isolants acoustiques.

Les graphiques suivants présentent la résistance thermique et chaleur spécifique des IFB face aux produits concurrents.

[40] Il faut différencier les isolants fabriqués à partir de fibres de bois (obtenues d'un raffineur) des panneaux fabriqués à partir de laine de bois. La laine de bois est constituée de longs filaments obtenus par râpage.

Graphique 2 : Résistance thermique et chaleur spécifique des IFB



Source : Adapté de Panneaux isolants en fibres de bois, FPInnovations
Jean-Frédéric Grandmont et Patrick Lavoie, octobre 2013

Dimensions et densité

	Panneaux rigides	Matelas souples
Épaisseur (mm)	20 à 300	20 à 200
Densité (kg/m^3)	80 à 250	25 à 70

Les largeurs et longueurs varient considérablement en fonction des produits et des fabricants. Typiquement, les longueurs peuvent se situer entre 1 200 et 2 600 mm et les largeurs, avoisiner 600 mm.

Applications

Les IFB sont utilisés pour :

- Isolation de murs;
- Isolation de planchers;
- Isolation de plafonds;
- Isolation de toitures;

Les IBF sont utilisés dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et industriels comme :

- Isolant thermique; et,
- Isolant acoustique.

Avantages et /ou inconvénients vs produits actuels

Les IFB sont d'aussi bons isolants thermiques que la laine de verre et la fibre de cellulose. Ce sont des isolants renouvelables, biosourcés. Ils sont aussi plus sains et plus écologiques. Par exemple, leur fabrication génère moins d'émissions de carbone et il est plus simple d'en disposer après usage. Ils sont tout à fait alignés à la tendance lourde des bâtiments durables, bâtiments verts. Ils procurent également plus de confort en été grâce à leur inertie thermique (voir le tableau ci-haut). Ils ont une bonne capacité d'absorber et de relâcher l'humidité et ils s'affaissent peu une fois installés. Enfin, la pose de ce type de produits ne provoque pas d'irritations de la peau ou des voies respiratoires.

Certains IFB sont munis de mentions environnementales. Par exemple le HDP-Q11 standard de Homatherm détient des certificats Nature Plus et Acermi.

Mode d'installation ou d'utilisation

Mode d'utilisation selon Homatherm : Couper, dispositif de coupe, encastrer, coller.

Photo 16 : Facilité d'installation

Source : Homatherm

Normes

Selon le Conseil canadien des normes, les panneaux isolants de fibres de bois doivent être conformes aux exigences de la norme canadienne suivante :

CAN/ULC-S706-09 - Méthode d'essai normalisée pour la détermination de la résistance thermique à long terme des mousses isolantes thermiques à alvéoles fermés.

Cette norme comporte les exigences relatives aux propriétés physiques et aux méthodes d'essais permettant de déterminer les propriétés de la fibre de bois fabriquée sous forme de panneaux revêtus ou non revêtus et utilisés comme isolant dans les secteurs du bâtiment et autres que celui du bâtiment.

La norme porte sur les deux types d'isolants en fibres de bois, lesquels se distinguent par leurs propriétés matérielles.

Le produit visé par cette norme doit servir d'isolant pour les planchers, plafonds, murs et systèmes de couverture, appliqué en chantier de construction ou dans une installation de préfabrication (en usine).

Procédés

Essences de bois / Matières premières

La fabrication des IFB requiert idéalement de longues fibres venant de copeaux à pâte de résineux. Actuellement, le prix de cette matière est relativement faible et elle est disponible en grand volume. Mais l'utilisation de fibres de feuillus ou la possibilité de mélanger des essences ne sont pas exclues bien qu'elles risquent de diminuer les propriétés mécaniques du produit isolant. L'augmentation de la densité provoquée par l'utilisation de feuillus aurait peu d'impact sur ses performances isolantes. Le cas échéant, des essais devront être réalisés pour valider les performances de l'isolant obtenu avec des fibres de feuillus.

La longueur des fibres est plus critique pour la fabrication de matelas souple que pour les panneaux rigides.

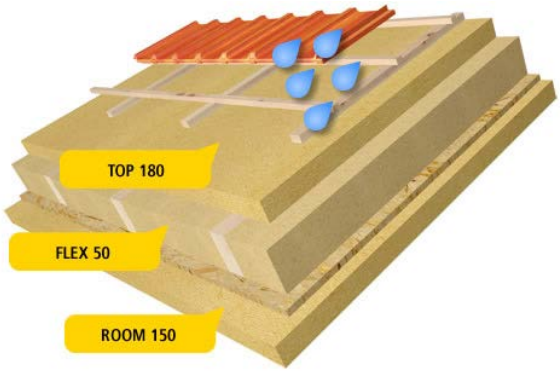
L'utilisation unique de bois de trituration de feuillus pour la production de ce produit n'est donc pas assurée. Si une autre matière première (surplus de copeaux, épinettes attaquées par la tordeuse, etc.) est disponible à un meilleur coût, l'objectif de consommation des bois de trituration pourrait ne pas être atteint.

Autres constituants / mélange de matériaux

Voici les autres constituants qui entrent généralement dans la fabrication des IFB :

Panneaux rigides	Matelas souples
Résine MDI	Fibres plastiques bicomposantes (Bico)
Produits ignifuges (ex.: polyphosphate d'ammonium)	
Émulsion de paraffine	

Figure 1 : Panneau isolant imperméable pour toiture



Source : Schneider

Cependant, un nouveau type d'IFB qui fait intervenir d'autres constituants vient d'arriver sur le marché. En effet, Isover (du Groupe St-Gobain, un des leaders mondiaux du secteur de l'isolation) lançait[41], le 1er octobre dernier, un matelas isolant souple constitué de fibres de bois issues de pin Douglas (50 %), de laine de verre (40 %), de liant (8,7 %) et d'additifs (1,3 %).

Ce produit, Isoduo 36, a été conçu pour l'isolation intérieure. Alliance entre une fibre de bois robuste et une laine de verre fine, cette nouvelle matière possède une structure solidement imbriquée. Il en résulte des propriétés mécaniques adaptées (cohésion, souplesse et semi-rigidité), des propriétés thermiques maximisées, un faible besoin en liant et des apports en matière recyclée et biosourcée.

Isoduo permet d'isoler les combles, les murs à ossatures bois et les cloisons, pour la construction neuve ou la rénovation.

Procédé[42]

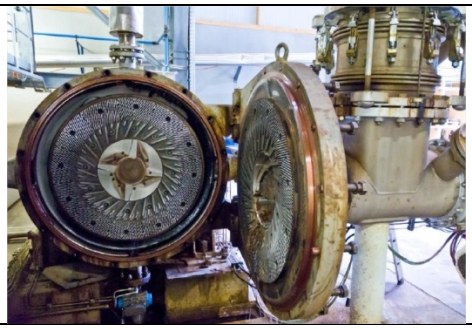
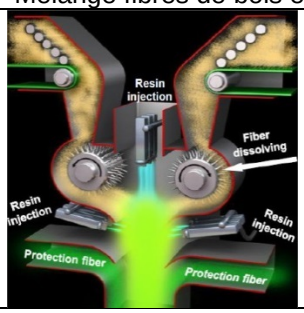
Les 2 principaux types de procédés pour la fabrication d'IFB sont : le procédé à sec et le procédé humide. Ce dernier, qui existe depuis plusieurs décennies, est toutefois de moins en moins populaire, car le procédé à sec, une technologie relativement récente, consomme environ 40 % moins d'énergie par tonne produite.

41 Actualité Habitat- Bois et laine de verre, Univers Nature, octobre 2013 (consulté le 2013-11-07).
42 Préfaisabilité technique et financière sur les isolants naturels à base de bois, QWEB (réalisée par le CRIQ), mars 2009.

Voici une description succincte des principales étapes du procédé à sec :

	Principales étapes du procédé à sec
1	Réception des matières premières.
2	Ligne de raffinage : Raffineur (photo 1), réservoirs d'émulsion de paraffine, station de mélange et réservoir d'agent ignifugeant. Similaire à une usine de MDF. Avec un degré de raffinage moins poussé, les fibres de bois constituant les isolants sont plus longues et plus grossières. Le raffinage requiert donc moins d'énergie que celle nécessaire lors de la fabrication de MDF. L'émulsion de paraffine (agent hydrophobe) et de même, qu'au besoin, le phosphate d'ammonium (agent ignifugeant) sont ajoutés dans la ligne de soufflage (*blow line*) du raffineur. Les fibres sont par la suite séchées dans un séchoir flash (photo 2) pour abaisser leur taux d'humidité à environ 6 % puis elles sont stockées dans une réserve.
3	Les fibres sont par la suite envoyées à une bande doseuse (photo 3) qui ajuste précisément la proportion de fibres qui sera mélangée avec l'adhésif.
4	Tour de mélange spécialement développée pour ce procédé (photo 4), permettant d'obtenir une absorption optimale et régulière de la résine MDI, tout en minimisant la formation d'agglomération de fibres encollées. Environ 5 % de PMDI/tonne de fibres
5	Station de conformation (photo 5) et prépresse (photo 6). Détecteur de métal.
6	Mise à dimension de la largeur du matelas. Récupération des fibres encollées.
7	Pressage. Presse similaire à celle utilisée pour la fabrication de MDF, mais modifiée pour la fabrication d'isolant. (photos 7 et 8) Chauffage du matelas par injection d'air chaud et vapeur (du bas vers le haut). Curage du PMDI et ajustement de l'épaisseur finale (calibration) du matelas. Refroidissement du matelas. Le taux d'humidité final, après injection d'air chaud et vapeur, s'y situe aux environs de 10 %.
8	Mise à dimension de la longueur du matelas par une scie volante (*flying cut-off saw*) (photo 9). Obtention de panneaux isolants bruts. (photos 10)
9	Les panneaux bruts sont coupés aux dimensions finales dans un système de découpe CNC. Au besoin, les chants sont façonnés (rainures et languettes).
10	Emballage sous film rétractable.

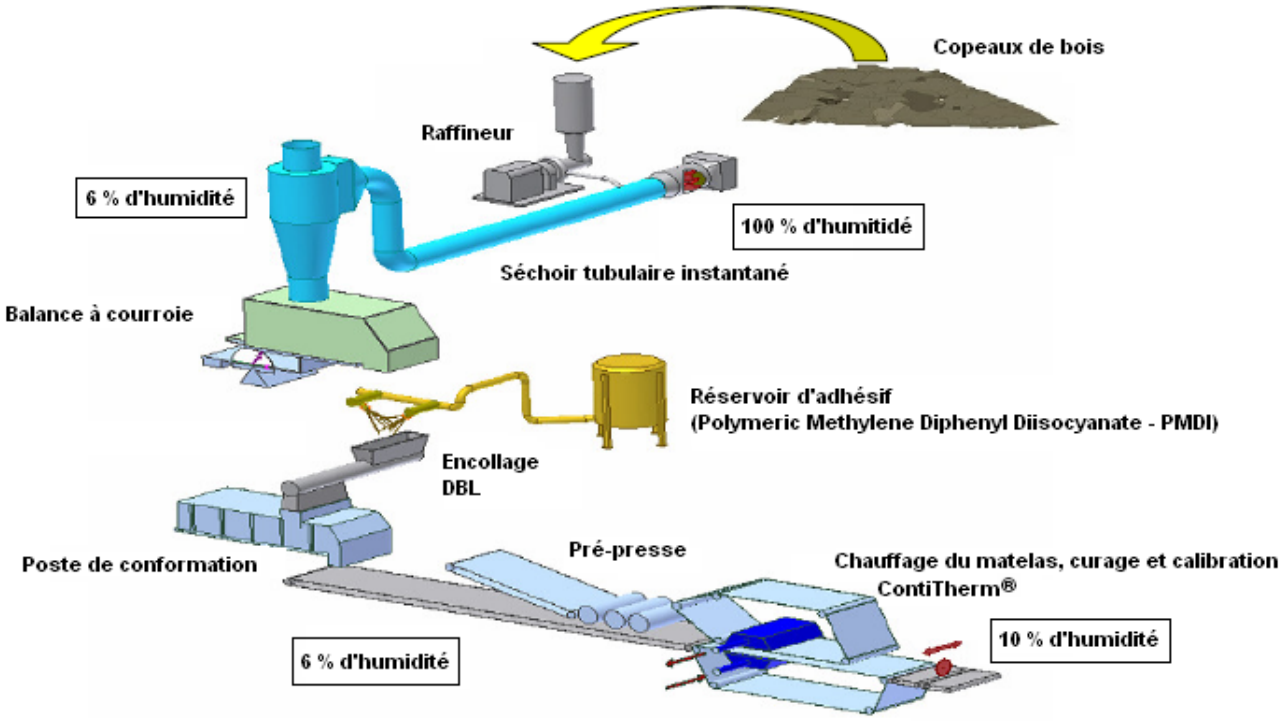
Photo 17 : Séquences de fabrication du procédé à sec

1- Raffineur	2- Séchoir « flash »
	
3- Bande doseuse « *belt scale* »	4- Mélange fibres de bois et PMDI
	
5- Station de conformation	6- Prépresse
7- Entrée de la presse	8- Presse

9- Scie volante	10- Panneaux bruts

Sources : Siempelkamp, Dieffenbacher et FPInnovations

Figure 2 : Procédé de fabrication à sec



Source : *Siempelkamp Maschinen- Und Anlangenbau GMBH & Co. KG*

Fournisseurs de technologies

Les principaux détenteurs de cette technologie offrant des équipements pour fabriquer des produits rigides et souples sont situés en Europe[43] :

- *G. Siempelkamp GmbH & Co. KG*, Allemagne;
- *Dieffenbacher GmbH Maschinen and Anlagenbau*, Allemagne;
- *Imal Pal*, Italie.

Un autre équipementier européen offre une technologie plus compacte, pour produit souple seulement :

- *DOA* (Dr. Otto Angleitner), Autriche.

Investissements approximatifs

Voici un exemple récent d'investissement pour une usine en France :

Usine Pavatex (Golbey, France) [44] :

- Capacité : 50 000 tonnes/an;
- Coûts : 60 MM Euros (2012);
- Emplois : 40 salariés;
- Bâtiment : 12 000 m²;
- Terrain : 40 000 m²;

Les données suivantes proviennent des experts de FPInnovations.

Produits rigides et souples (6-7t/h) :
- Équipements ≈ 35-42 millions CAD livrés, installés.

Produits souples seulement :
- Équipements ≈ 9 millions CAD.

Répartition des coûts (≈70-112 CAD/m3) :
- 50 % matière première;
- 25 % main-d'œuvre;
- 25 % capital.

[43] Panneaux isolants en fibres de bois – Procédés secs utilisés en Europe et marché Nord-Américain, Jean-Frédéric Grandmont, Patrick Lavoie, FPInnovations, 24 octobre 2013.
[44] À Golbey, la nouvelle usine Pavatex est opérationnelle, Le Bois International, 13 juillet 2013, pp. 15-17.

Taille souhaitable de l'usine[45]

Vu la faible densité du produit, du volume important qu'il occupe durant le transport et sa valeur, la distance économique de transport est relativement faible. L'usine doit être située près des marchés.

Besoin de R&D

Les technologies actuellement utilisées, autant le procédé sec que le procédé humide, sont bien maîtrisées, l'une étant basée sur la fabrication de MDF tandis que l'autre est un procédé papetier (machine Fourdrinier) utilisé depuis plus de 50 ans.

Le défi ici se situe plutôt dans l'utilisation de fibres de feuillus qui risquent de diminuer les propriétés du matelas isolant. Des recherches devront permettre de statuer sur l'utilisation de celles-ci (essence unique ou mélange d'essences (feuillus/résineux)) pour la production d'un isolant performant avec des caractéristiques mécaniques comparables aux produits présents sur le marché.

D'autre part, l'arrivée récente du matelas souple Isoduo 36 d'Isover (St-Gobain) laisse penser que les produits disponibles actuellement peuvent être encore améliorés, soit en termes de résistivité thermique, de résistance mécanique ou d'empreinte écologique.

Marché

Ce type de produit est de plus en plus populaire en Europe tandis que le marché d'Amérique du Nord reste à développer.

Selon un article paru dans Écohabitation en mars 2013, le marché pour ce produit croît de 20 à 25 % par année depuis 6-7 ans en Europe. En Amérique du Nord, différentes clientèles auraient déjà manifesté leur grand intérêt, dont les fabricants de maisons préfabriquées[46].

Une étude menée en France s'intitulant *Marché actuel des nouveaux produits issus du bois* et *évolutions à échéance 2020*[47] mentionne que :

> « Le marché des matériaux d'isolation en fibre de bois a une **prévision de croissance annuelle de plus de 10 % sur les marchés européens jusqu'à l'horizon 2020**, du fait de la conjonction d'un grand nombre d'éléments :
>
> - Dynamique positive des marchés de l'isolation des bâtiments du fait des normes d'efficacité énergétique renforcées, ainsi qu'aux programmes publics d'incitation à la rénovation des bâtiments à basse efficacité énergétique.
> - Augmentation de la part de marché des bâtiments construits en bois, un type de construction pour lequel l'isolant en fibre de bois est particulièrement adapté.

45 Préfaisabilité technique et financière sur les isolants naturels à base de bois, QWEB (réalisée par le CRIQ), mars 2009.
46 L'isolant en fibres de bois, une filière d'avenir au Québec ! – Écohabitation.com, 4 mars 2013.
47 Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire, février 2012, p. 100.

- Propriétés techniques (excellente isolation thermique, etc.), faible impact environnemental et faibles émissions de substances nocives pour la santé, en particulier les COV.
- Systèmes incitatifs privilégiant son essor (possibilité de bénéficier du crédit d'impôt).

Cette croissance nécessitera par ailleurs **d'augmenter les capacités de production sur le territoire national**. C'est ce qui a conduit le groupe suisse Pavatex à prévoir la construction dès cet automne (2012) d'une nouvelle usine en France pour un investissement d'une soixantaine de millions d'euros. »[48]

Une étude récente réalisée par Jean-Frédéric Grandmont et Patrick Lavoie de FPInnovations[49] démontre une augmentation de l'intérêt pour l'utilisation de produits de construction écologiques en Amérique du Nord. Ce contexte serait favorable à l'implantation d'usines de production d'IFB adaptées à la taille de marchés accessibles. Les auteurs mentionnent que deux emplacements d'usine seraient à l'étude actuellement au Canada : la région Calgary-Vancouver et, plus près d'ici, celle de Montréal-Ottawa. Le marché pour cette dernière, tous produits isolants confondus, serait évalué à plus de 50 millions m³ avec une croissance de 6 % par année.

Les deux experts estiment également que, même s'il est déjà important, le marché sera en augmentation au cours des prochaines années pour l'est des États-Unis, l'Ontario, le Québec et les Maritimes. Ce marché est composé non seulement de résidences existantes, mais tient compte également des 450 000 nouvelles unités d'habitation prévues d'ici 2016, uniquement dans l'est des États-Unis.

De plus, les tendances actuelles et la règlementation fédérale supporteraient l'émergence de cette filière au Canada et que ces produits répondraient à un besoin du marché.

Ils ajoutent toutefois que la faible densité de la population nord-américaine constitue un désavantage et que le principal défi sera de trouver de bons partenaires pour implanter des usines et développer le marché.

D'autre part, un article s'intitulant *L'isolant en fibres de bois, une filière d'avenir au Québec* [50]publié récemment mentionne qu'une usine de fabrication pourrait démarrer d'ici un ou deux ans au Québec. Par contre, Gilles Brunette de FPInnovations y mentionne que :

« Le nouveau Code demande plus d'efficacité énergétique, ce qui pousse les gens à se tourner vers des isolants hyperefficaces comme le polyuréthane et le polystyrène. La fibre de bois est plus saine et plus écologique, mais plus chère, notamment parce que la quantité de matériau requise pour obtenir le même niveau d'isolation est plus importante. Si ces isolants ne sont pas subventionnés comme c'est le cas en Europe, le développement de la filière risque d'être lent. Je crois surtout à la combinaison des matériaux : les gens vont de plus en plus avoir recours à plusieurs types d'isolants pour augmenter l'efficacité énergétique. La fibre de bois pourrait alors trouver sa place. »

On y mentionne également que FPInnovations travaille au développement d'un isolant expérimental sous forme de mousse de bois dont les qualités se rapprochent du polystyrène.[51]

---

48 À Golbey, la nouvelle usine Pavatex est opérationnelle, Le Bois International, 13 juillet 2013, pp. 15-17.

49 Panneaux isolants en fibres de bois – Procédés secs utilisés en Europe et marché Nord-Américain, Jean-Frédéric Grandmont, Patrick Lavoie, FPInnovations, 24 octobre 2013.

50 L'isolant en fibres de bois, une filière d'avenir au Québec, Journalhabitation.com, 14 avril 2013, page consultée le 6 novembre 2013.

Enfin, la compagnie européenne Steico, qui offre une gamme de produits de construction haut de gamme, affirme que 55,6 % de ses revenus de 2012 (76,2 M$) proviennent de la vente d'IFB pour les enveloppes de bâtiments et qu'un autre 12,3 % (18,6 M$) provient des isolants de planchers, également à base de fibres de bois[52].

Matériaux compétiteurs

- Laine de verre;
- Laine de roche;
- Cellulose en vrac;
- Polystyrènes expansé et extrudé;
- Polyuréthane et polyisocyanurate; et,
- Autres isolants de sources végétales ou animales, renouvelables ou recyclés (chanvre, lin, laine de mouton,…).

Tableau 12 : Proportion des différents isolants dans le marché résidentiel, Nord-Est de l'Amérique

Types d'isolants	Parts de marché
Laine de verre	65 %
Cellulose en vrac	10 %
Autre	25 %

Source : Gilles Brunet, FPInnovations

Fabricants actuels

Amérique du Nord

Il y a actuellement deux fabricants d'IFB au Québec. Il s'agit des entreprises Cie de Matériaux de construction BP Canada inc. (Pont-Rouge et LaSalle) et Matériaux spécialisés Louiseville inc. (Louiseville). Les produits fabriqués sont des panneaux de fibres de bois structuraux, de basse densité (LDF) et de faible épaisseur (12,7 mm), parfois recouverts de membrane par-air, de pellicule d'aluminium. Cependant, elles ne fabriquent pas d'isolants de fortes épaisseurs comme ceux commercialisés par les fabricants européens.

À l'outre-mer

Plusieurs entreprises européennes produisent des gammes très variées d'IFB. En voici quelques-unes :

Homatherm, France;
Gutex, Allemagne;
Isover (St-Gobain), France;
Kronotherm, Allemagne;

[51] L'isolant en fibres de bois, une filière d'avenir au Québec, Journalhabitation.com, 14 avril 2013, page consultée le 6 novembre 2013.
[52] Steico again shows slight growth in turnover, EUWID, volume 87, 2 avril 2013, p. 19.

Unger-Diffutherm, Allemagne;
Sylvactis, Francce;
Schneider, Allemagne;
Steico, Autriche; et,
Valnat, France.

Commentaires / remarques[53]

Les principaux procédés de fabrication d'IFB sont bien connus. Le défi ici se situe plutôt dans l'utilisation de fibres de feuillus qui risquent de diminuer les propriétés du matelas isolant. Des recherches devront permettre de statuer sur l'utilisation de celles-ci (essence unique ou mélange d'essences (feuillus/résineux)) pour la production d'un isolant performant avec des caractéristiques mécaniques et physiques comparables ou supérieures aux produits présents sur le marché.

Il faudra également identifier des créneaux de marché et certains types de panneaux spécifiques.

Des usines de petites dimensions devraient être construites, à proximité des marchés potentiels, afin de limiter les coûts de transport et de mieux concurrencer la laine de verre, plus légère et plus résiliente.

L'utilisation d'infrastructure déjà en place (ancienne usine) serait sans doute un avantage.

Avant tout, le développement de ce marché se produira si l'utilisation des IFB permet d'obtenir, par rapport aux matériaux traditionnels, des avantages économiques, techniques ou environnementaux importants dont pourront bénéficier les clients, et ce, avec peu ou pas de risques pour ceux-ci. La volonté politique d'instaurer des incitatifs économiques, comme en Europe, ou certaines exigences environnementales, comme la réduction de l'empreinte écologique d'un produit (matière première renouvelable, émissions de GES, énergie grise), pourrait agir comme catalyseur et stimuler le développement de cette industrie.

[53] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013

3.3.2 PIÈCES MOULÉES À PARTIR DE MATELAS DE FIBRES DE BOIS

Cette partie du chapitre 3.3 présente rapidement les produits fabriqués à partir de matelas de fibres postmoulables. Elle est intégrée à ce chapitre en raison de la similitude des procédés mis en œuvre.

Produit

Description

Matelas de fibres de bois moulables (ou postmoulables), contenant de la résine[54] ou cardé de fibres plastiques (fibres Bico) comme liant. Ses caractéristiques permettent de le mouler en objets ayant des géométries simples ou très complexes, pour une foule d'applications, dans de nombreux secteurs industriels.

Applications

- Automobile :
  - Panneaux de portières;
  - Voute de plafond;
  - Tableaux de bord;
  - Panneaux de sièges ; et,
  - Etc.
- Domaine ferroviaire;
- Véhicules récréatifs;
- Bâtiments (panneaux décoratifs,…);
- Etc.

Photo 18 : Panneau de portières

Source : Johnson Controls Fibrowood,

[54] Acrodur de BASF est un agent liant pour fibres naturelles (bois, plantes annuelles,..) utilisé pour ce type de produit.

Avantages (vs les produits de plastique)

- Faible poids;
- Perméables à l'air;
- Isolants acoustiques;
- Grande liberté de conception;
- Faibles coûts de matériels (vs sources pétrochimiques);
- Fabriqués de matériaux recyclés ; et,
- Réduction de l'empreinte carbone par l'utilisation de matériaux renouvelables.

Procédés

Le procédé de fabrication ressemble en plusieurs points à celui des IFB, mais pour des exigences différentes. Il s'agit de défibrer et sécher la matière naturelle, d'imprégner la fibre avec un liant activé à la chaleur ou d'y introduire des fibres plastiques bicomposantes et de constituer un matelas dont l'épaisseur peut varier en fonction de l'application finale. À cette étape, le matelas non pressé constitue un produit semi-fini qui peut alors être transformé en produit fini sur le site même ou encore être livré chez un fabricant pour y être pressé en une foule d'objets.

Le moulage des produits finis pourrait se faire en ajoutant une ligne de transformation finale à l'unité de fabrication d'IFB ou dans une usine spécialisée. Si tel est le cas, le matelas peut être prépressé afin d'optimiser le transport.

Principaux constituants

- Fibres naturelles (bois, chanvre, lin,…) (entre 84 % et 97 %);
- Fibres textiles, à l'occasion (plus ou moins 8 % si utilisées);
- Liant (résine liquide ou fibres bico (entre 3 % et 10 %)).

Schéma 1 : Principales phases de fabrication d'objets moulés à partir de matelas postmoulables

Source : BASF Acrodur

Fabricant actuel

- Johnson Control, (International)

Cette entreprise a développé plusieurs types de matelas de fibres de bois pouvant être moulés en pièces variées. Son expérience se situe principalement dans le secteur automobile :

- Produit Fibrowood (procédé sec);
- Produit Fibrit (procédé humide) :
  - Fibrit est un produit fabriqué à partir d'un procédé de formation par voie humide, semblable à la production de papier. La teneur élevée en fibres naturelles de 94 % garantit la stabilité des prix par rapport aux produits tirés des ressources de combustibles fossiles. Fibrit combine fibres de bois (provenant de copeaux de scierie) avec un liant à base de résine acrylique.

Marché

Les informations suivantes sont présentées ici afin de montrer l'envergure de l'industrie québécoise du matériel de transport. Plusieurs joueurs œuvrant dans ce secteur pourraient être intéressés par des pièces moulées à base de fibre de bois, question d'augmenter le contenu de matériaux renouvelables dans leurs produits. Les fibres ou résines pétrochimiques utilisées dans ces produits pourraient même, éventuellement, être remplacées par des liants biosourcés, venant de la forêt.

Industrie des équipements de transport terrestre

L'industrie québécoise des équipements de transport terrestre, lorsqu'on la considère globalement, inclut près de 1 000 entreprises qui emploient plus de 40 000 personnes, avec des revenus annuels de plus de 10 milliards de dollars et qui contribue pour environ à 36 000 emplois indirects[55]. Elle regroupe les secteurs de l'industrie ferroviaire, des autocars et autobus urbains, de l'automobile, des véhicules récréatifs motorisés et, finalement, des véhicules spéciaux (motorisés et non motorisés).

Industrie aérospatiale

L'industrie aérospatiale rassemble les techniques de l'aéronautique et celles de l'astronautique.

Le Québec s'est taillé une place de choix à l'international dans le secteur aérospatial. En 2012, il se classait d'ailleurs au 6e rang mondial en ce qui a trait aux ventes, derrière les États-Unis, la France, le Royaume-Uni, l'Allemagne et le Japon.

Au Québec, l'industrie de l'aérospatiale c'est[56] :

- Des ventes de plus de 12,1 milliards de dollars;
- 210 entreprises qui emploient 42 550 personnes;

[55] Industrie / Profil sectoriel, Pôle d'excellence québécois en transport terrestre / Transportail (page consultée le 2013-11-05).

[56] Secteur de l'aérospatiale, Aéro Montréal (page consultée le 2013-11-05).

- Environ 55 % des ventes de l'industrie aérospatiale canadienne;
- Une production exportée à plus de 80 %;
- 50 % des effectifs canadiens du secteur; et,
- 70 % des dépenses totales en recherche et développement (R-D) au Canada.

La force de l'industrie québécoise de l'aérospatiale repose sur la présence de nombreux maîtres d'œuvre et équipementiers de classe mondiale comme :

- Bombardier, dans l'aviation d'affaires et l'aviation commerciale;
- Bell Helicopter, dans les hélicoptères civils;
- CAE, dans les simulateurs de vol et la formation; et,
- Pratt & Whitney Canada, dans les moteurs pour avions régionaux et d'affaires et pour hélicoptères.

L'industrie s'est donné des organismes qui pourraient éventuellement être contactés pour valider le potentiel de cette industrie pour les objets moulés à base de fibres de bois[57] :

- L'Association québécoise de l'aérospatiale (AQA), qui regroupe les PME;
- Le Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec (CRIAQ), pour la recherche précompétitive en partenariat avec les établissements publics;
- Aéro Montréal, forum de concertation de la grappe aérospatiale du Grand Montréal;
- Le regroupement pour le développement de l'avion plus écologique; et,
- Le Groupement aéronautique de recherche et développement en environnement (GARDN).

Industrie ferroviaire

L'industrie ferroviaire au Québec[58] regroupe les fabricants[59] de matériel ferroviaire roulant et fixe pour le transport des personnes et des marchandises, les entreprises de remises à neuf ou d'entretien majeur, les fabricants de pièces, de composantes et de systèmes ainsi que les fournisseurs de produits connexes et de services spécialisés destinés aux fabricants et aux transporteurs ferroviaires.

L'industrie ferroviaire au Québec, c'est environ :

- 165 entreprises, localisées majoritairement dans les régions de Montréal, Montérégie et Bas-St-Laurent, qui emploient près de 14 000 travailleurs, dont plus de 4 900 (35 %) dépendent directement du secteur ferroviaire;
- Un chiffre d'affaires annuel de plus de 1 milliard de dollars.

[57] Secteur de l'aérospatiale, ministère des Finances et Économie (MFE) (page consultée le 2013-11-05).
[58] Profil de l'industrie des équipements ferroviaires au Québec, ministère des Finances et Économie (MFE), 2010 (page consultée le 2013-11-05).
[59] Au besoin, vous êtes invité à consulter « Le répertoire des fournisseurs de l'industrie ferroviaire », ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), 2008.

Environ 70 entreprises consacrent plus de 50 % de leurs activités au secteur ferroviaire. Le secteur ferroviaire est principalement composé de petites et moyennes entreprises, dont 57 % d'entre elles emploient moins de 50 personnes. La plus importante entreprise ferroviaire québécoise, avec près de 720 emplois au Québec, est la multinationale Bombardier Transport, localisée à La Pocatière (usine) et à St-Bruno (siège social de l'Amérique du Nord). L'usine est spécialisée dans la fabrication de voitures de passagers.

3.4 COMPOSITES BOIS-POLYMÈRE

Produit

Description

Les composites bois-polymère ( ) sont parmi les biomatériaux connaissant la croissance la plus rapide au monde. Les CBP également appelés bois-plastique (*Wood-plastic composites* (WPC)), sont un matériau composite généralement[60] fabriqué à partir d'un mélange de fibres naturelles (farine de bois, fibres de cellulose,…) et d'un polymère thermoplastique (polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polychlorure de vinyle (PVC), etc.) auquel sont ajoutés divers additifs (anti-UV, colorants, agent de couplage,…). Le mélange obtenu est ensuite extrudé ou moulé afin d'obtenir le produit fini.

Les CBP résistent bien aux intempéries, au soleil, aux champignons lignivores et aux termites. Ils peuvent être teintés dans la masse et requièrent sensiblement moins d'entretien que le bois. Souvent fabriqués à partir de matières recyclées, ils offrent la possibilité de valoriser les résidus du bois et le plastique de postconsommation.

Diverses applications

Les composites bois-polymère sont essentiellement utilisés dans quatre secteurs[61] :

1. Les matériaux de construction;
2. Les produits industriels et de consommation;
3. Les véhicules automobiles; et,
4. Les équipements et les infrastructures municipales, de parcs et les applications marines, etc.

Plus spécifiquement, les CBP sont employés pour la fabrication de composants de/pour :

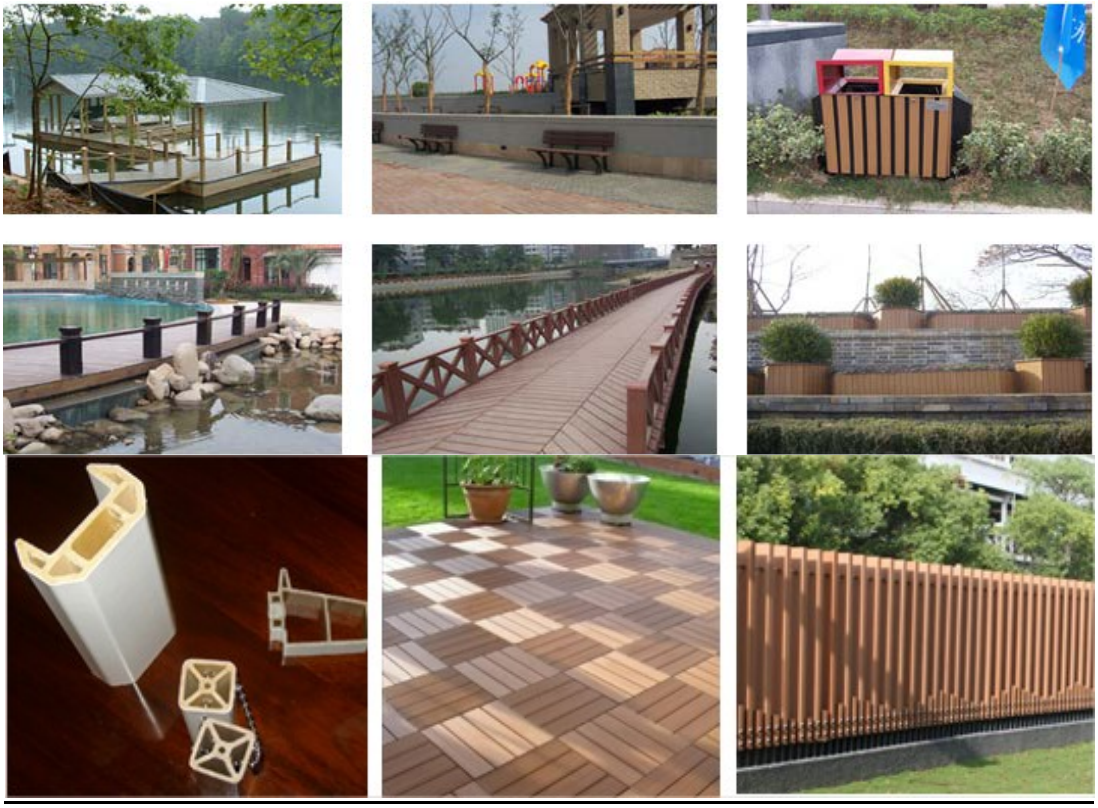
- Terrasses, patios, plages de piscines;
- Pontons et quais;
- Clôtures, garde-corps;

[60] Des travaux de recherche visent à (1) substituer les thermoplastiques par des résines thermodurcissables et (2) ajouter des fibres synthétiques de haute performance (c.-à-d. carbone, aramide, verre) afin d'améliorer sensiblement les propriétés du composite tout en utilisant des proportions élevées de fibres de bois. Source : Développement d'une nouvelle génération de composites bois-polymère (CRIBIQ, 2012).

[61] Produits composites bois-polymère / Profil des produits forestiers, deuxième transformation, ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN), 2003.

- Habillage des façades, bardage, persiennes;
- Mobiliers extérieurs urbains ou résidentiels;
- Cadres et composants de portes et fenêtres, persiennes, moulures;
- Palettes de manutention;
- Véhicules (intérieur de portières, appui-bras, tableaux de bord,...);
- Boitier de téléphone.

Photo 19 : Quelques applications de composites bois-polymère



Sources : arquigrafico, *Perth Wood plastic composite, www.woodplasticcompositefloor.com*, www.balticnordic.com

Essences de bois / matière première

La fraction bois du CBP, typiquement constituée de farine de bois[62] ou fibres cellulosiques, peut varier de 20 à 80 %, selon le procédé choisi, la géométrie, le fini de surface et les performances mécaniques du produit à fabriquer. Les éléments suivants déterminent certaines caractéristiques de la farine de bois :

- Taille des particules (20-200 mesh);
- Teneur en humidité (moins de 8 %);
- Essences / couleur (feuillus, résineux, mixtes); et,
- Qualité (cendres, matières inorganiques).

[62] La farine de bois est composée de fines particules dont la granulométrie varie entre la taille d'une fine poudre et celle de grains de riz.

La farine de bois provient habituellement de sous-produits récupérés de 1re et 2e transformations du bois, à la suite d'opérations de rabotage, de sciage, de sablage ou de recyclage. Elle est généralement fabriquée à partir de bois feuillus, pour des raisons de durabilité et de résistance. À titre indicatif, la farine de grade industriel se vendait, en 2010[63], entre 200-350 $ /tonne.

L'utilisation de bois de trituration de feuillus pour la production de CBP requerra, entre autres, des étapes de fragmentation, de séchage et de tamisage supplémentaires qui risquent de pousser à la hausse le coût de fabrication, rendant cette matière première moins compétitive comparativement aux sources traditionnelles. Il se pourrait donc que les objectifs de consommation du bois de trituration ne soient pas atteints.

Avantages / inconvénients de produits en CBP vs bois ou plastiques

Avantages

- Augmentation de la rigidité et de la résistance mécanique (vs plastiques);
- Diminution des retraits et du gauchissement (vs plastiques);
- Aide à réduire les coûts de production et l'empreinte écologique (vs plastiques);
- Très résistants à la pourriture bien que la fibre de bois incorporée dans le matériau absorbe l'eau[64];
- Peuvent être façonnés à l'aide d'outils à bois conventionnels;
- Considérés comme un matériau durable, car souvent fabriqués à partir de sous-produits; et,
- Capacité des CBP à être pliés pour former des pièces arquées.

Inconvénients

- Caractéristiques mécaniques plus faibles que le bois (vs le bois);
- Dilatation / contraction thermique (vs le bois);
- Vulnérable à la dégradation par les UV;
- Vulnérable à la décoloration; et,
- Difficile à recycler, en fin de vie (vs le bois).

Procédés

Les fibres ligneuses qui agissent en tant que charge ou renfort dans la matière plastique sont d'abord séchées, broyées, finement pulvérisées puis classées en termes de dimension. Une fois la farine prête, elle est introduite dans la matrice thermoplastique fondue, dans des proportions rigoureusement observées. Ces proportions et les caractéristiques des différentes matières composant le mélange (farine de bois/pâte de cellulose, résines et additifs) varient selon le processus de fabrication, la géométrie, le fini de surface et les caractéristiques du produit à fabriquer. Par exemple, afin de minimiser les défauts de moulage, on utilisera une farine de fine granulométrie en proportion plus faible pour le moulage par injection d'une pièce

63 FPinnovations, 2010.

64 *Influence of Moisture Absorption on Mechanical Properties of Wood Flour-Polypropylene Composites, Journal of Thermoplastic Composite Materials*, Sept. 2001 vol.14 no. 5, p. 421-432 doi: 10.1106/UDKY-0403-626E-1H4P.

complexe[65] et une farine plus grossière en proportion plus élevée pour l'extrusion d'un profilé moins élaboré.

Le mélange CBP est ensuite mis sous forme de produits finis, principalement par extrusion, mais aussi par moulage par injection, moulage par compression et moulage par rotation[66], à partir d'équipements typiques de l'industrie de la plasturgie.

Différentes technologies ont été mises au point afin d'abaisser la densité des CBP. Il s'agit d'utiliser des agents gonflants (*blowing agent*) pour obtenir une structure moussée dans le matériau, et ce, tout en conservant les propriétés mécaniques des produits. Du coup, moins de matière est utilisée et l'empreinte environnementale est diminuée[67].

D'autres technologies ont été développées pour augmenter la résistance aux rayures, aux taches et à la décoloration des produits. Il s'agit de coextruder, en surface, une couche protectrice en polymère de haute performance (*capped composite*). La technologie *HydroLock*™ de *TimberTech* en est un exemple.

La fabrication de CBP peut faire appel à plusieurs modèles d'affaires différents :

Dans un cas, on retrouve des formulateurs (« *compounder* »). Ces entreprises se spécialisent dans le développement de formulations de composites permettant de répondre exactement aux caractéristiques souhaitées des produits finaux des clients industriels qu'ils desservent. Ces formulateurs préparent des granules pour leurs clients qui, eux, en font des produits tels les composants pour patios, fenêtres, automobiles,....

Photo 20 : Granules de bois-polymère

Source : *Polymera, Inc*

Un formulateur doit posséder l'ensemble des savoirs et savoir-faire relatifs aux matières premières et procédés. Cela requiert de fortes capacités en R&D et en support à la clientèle. Le développement du composite Thrive[68,69] par Weyerhaeuser illustre bien ce modèle. Intégrant

65 Pièce ayant une forme complexe, des nervures, des parois minces et comportant des arêtes vives.
66 *American Wood Fibers* (AWF).
67 *Recent Advances in the Processing of Wood-Plastic Composites*, *Springer* 2010, ISBN: 3642148778.
68 *Weyerhaeuser & Ford Develop Cellulose-Fiber TP Composites for Automotive*, *Plastics Technology*, Dec. 2012.
69 *Weyerhaeuser THRIVE™ Cellulose Fiber Reinforced Thermoplastics*.

cellulose et polypropylène, Thrive est employé, entre autres, pour la fabrication d'un support d'accumulateurs (batteries) pour certains véhicules Ford.

Photo 21 : Support en CBP, formulation développée par Weyerhaeuser

Source : *Plastics Technology*

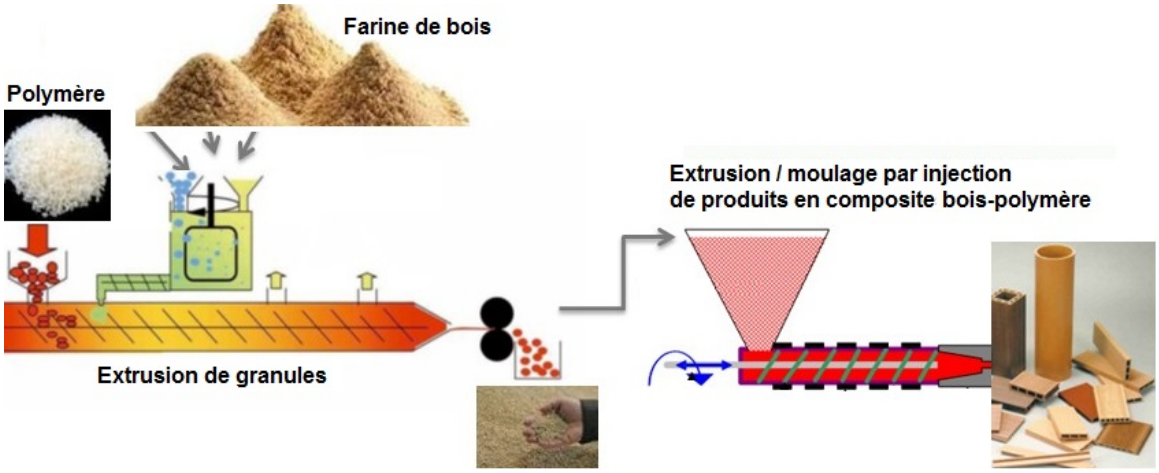
Un autre modèle d'affaires consiste à intégrer, dans la même usine, les étapes suivantes :

1. La préparation du mélange;
2. L'extrusion du mélange sous forme de granules; et,
3. L'extrusion / moulage des granules sous forme de produits finis.

Certains fabricants procèdent directement avec les étapes 1 et 3, sans passer par l'étape de granulation.

La figure suivante illustre ces étapes.

Figure 3 : Extrusion de granules puis extrusion / moulage de produits finis



Source : Adapté de « Utilisation de fibres de bois dans des produits composites », FPinnovations

Fournisseurs de technologies

Voici une liste partielle de fournisseurs de technologies :

Battenfeld-Cincinnati McPherson, Kansas, États-Unis Tél. : 620 241-6843	Presses à extruder fiberEX
Davis-Standard, LLC Pawcatuck, Connecticut, États-Unis Tél.: 860 599-1010	
ENTEK Manufacturing, Inc. Lebanon, Oregon, États-Unis Tél.: 541 259-1068	Presses à extruder Entek
LEISTRITZ France Extrusion Ceyzeriat, France Tél. : (33) 4 74 25 08 93	
Milacron LLC Cincinnati, Ohio, États-Unis Tél. : 513 487-5000	Gamme de presses à extruder Milacron
PALLMANN Industries, Inc. Clifton, New Jersey Tél. : 973 471-1450	Unités de préparation de granules bois-plastique PallTruder
Strandex Corporation Madison, Wisconsin, États-Unis Tél. : 608-255-8733	Gammes des technologies Strandex

Marché

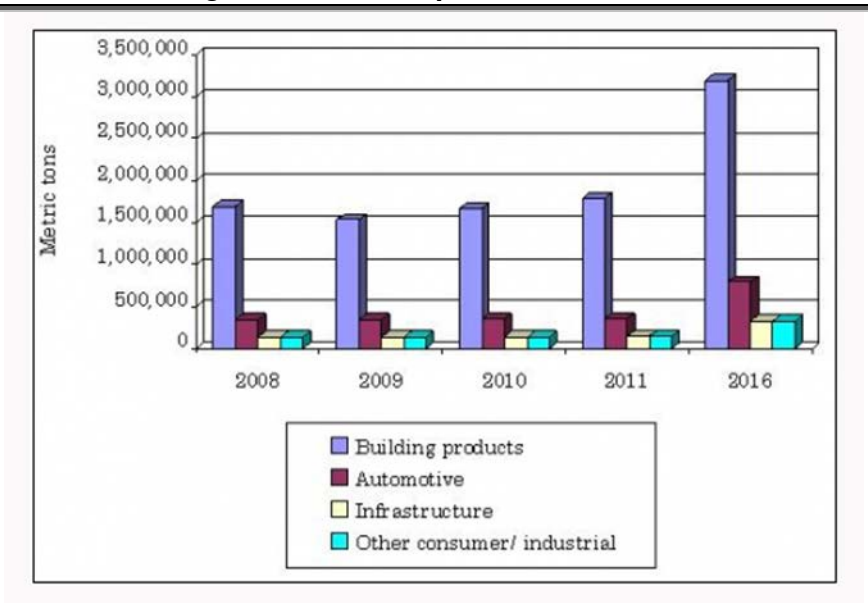
Plusieurs études réalisées récemment sur les CBP indiquent toutes une croissance marquée de ce marché :

- L'analyse de BCC Research[70,71], mise à jour en 2012, évaluait le marché global des CBP[72] à environ 2,4 M de tonnes en 2011. Celui-ci devrait augmenter à 4,6 M de tonnes métriques en 2016, soit un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 13,8 %, au cours de la période étudiée (2008-2016). Cette croissance soutenue peut être considérée comme une réaction aux grandes tendances mondiales, tel le désir des marchés de réduire leur dépendance au pétrole ou encore d'augmenter la proportion des matériaux naturels dans les produits. Elle s'explique aussi par le développement de nouvelles applications, au fur et à mesure que les technologies de fabrication sont mieux maitrisées.

[70] *BCC Research LLC, Chris Spivey, Plastics Research Review* , MAJ 2012.
[71] *Global market for wood plastic composites, natural fibres to grow at a CAGR of 13.8% to 4.6 mln metric tons, Plastemart, July 2013.*
[72] CBP : Matériaux composites intégrant soit des fibres de bois, de cellulose ou autres fibres naturelles avec un polymère.

Le créneau des produits de construction (composants de patios, plages de piscines, clôtures, garde-corps,…) devrait connaître la plus forte croissance et représenter, à lui seul, près de 3,2 M de tonnes métriques en 2016. Quant au créneau des applications automobiles, il était estimé à 350 000 tonnes en 2011 et devrait connaître un TCAC de 17,1 % pour atteindre près de 800 000 tonnes en 2016.

Graphique 3 : Marché global des CBP, par créneaux. Prévisions 2008-2016



Source : *BCC Research*

The Freedonia Group publiait, en janvier 2012, les résultats d'une étude[73,74] qui évalue la demande américaine pour les CBP et les composants fabriqués à partir de plastique recyclé sans apport de bois (ex. : Re-Plast de Cascades) à 5,4 milliards de dollars US en 2015, soit une croissance de 13,2 % par an, d'ici la fin de cette période. Ce marché consommera près de 1,2 M tonnes métriques de plastique. D'une part, cette progression est expliquée par l'augmentation des dépenses suite à une reprise du secteur de la construction et, d'autre part, par une demande accrue des consommateurs pour des matériaux plus durables, exigeant moins d'entretien et résistant mieux à la pourriture que le bois naturel.

[73] *The Freedonia Group*, *Wood-Plastic Composite & Plastic Lumber / US Industry Study with Forecasts for 2015 & 2020*, *January 2012*. Cette étude présente, entre autres, les prévisions pour 2015 et 2020, en fonction de la matière première utilisée (polyéthylène, PVC, cellulose,…) et également, en fonction des applications (platelage, moulures et garnitures, clôtures, aménagement paysagé, fenêtres et portes) (Au besoin, voir brochure).

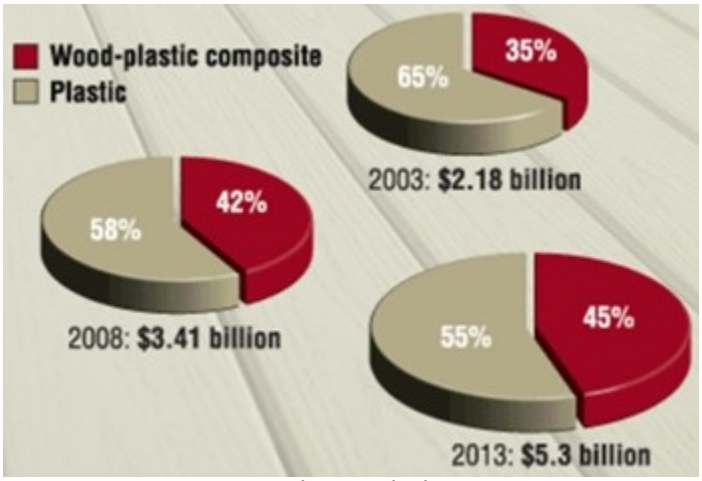
[74] *Global market for wood plastic composites, natural fibres to grow at a CAGR of 13.8% to 4.6 mln metric tons*, *Plastemart, July 2013.*

Le marché des CBP est peu différencié : Le platelage, les moulures et garnitures et les clôtures constituent les 3 principales applications pour ces matériaux, qui connaîtront une demande accrue d'ici la fin de la période étudiée (2015). Plus particulièrement, la consommation de CBP affichera une croissance de 16 % annuellement pour atteindre 2,5 milliards US $ en 2015, une croissance plus rapide que celle des composants fabriqués à partir de plastique recyclé sans apport de bois.

Figure 4 : Principales applications des CBP et composants fabriqués à partir de plastique recyclé sans apport de bois, États-Unis, 2015

Source : *The Freedonia Group*

Figure 5 : Évolution de la demande des CBP versus celle des composants fabriqués à partir de plastique recyclé, sans apport de bois, États-Unis, 2003-2013[75]



Source : *The Freedonia Group*

[75] *US wood-plastic composite and plastic lumber demand, 2003-13 Chart*.

Tableau 13 : Évolution de la demande des CBP versus celle des composants fabriqués à partir de plastique recyclé, sans apport de bois, États-Unis, 2005, 2010, 2015[76] (X 106 $ US)

U.S. WOOD-PLASTIC COMPOSITE AND PLASTIC LUMBER DEMAND (MILLION DOLLARS)					
					% annual Growth
Item	**2005**	**2010**	**2015**	**2005-2010**	**2010-2015**
Composite and Plastic Lumber	2 954	2 878	5 350	-0,55	13,2
Wood-Plastic Composite	1 034	1 192	2 525	2,9	16,2
Plastic	1 920	1 686	2 825	-2,6	10,9

Source : *The Freedonia Group*

- À noter que *Transparency Market Research* réalise actuellement l'étude « *Wood-Plastic Composites Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013 – 2019*[77] » qui présentera les résultats de l'analyse de ce marché en fonction de ses segments, des tendances actuelles ainsi que des grandes zones géographiques suivantes :

  - Amérique du Nord;
  - Asie-Pacifique;
  - l'Europe;
  - Reste du monde.

- Une étude réalisée par Nova-Institut (Allemagne) en collaboration avec *Asta Eder Composite Consulting* (Autriche/Finlande) a permis d'établir la production européenne de CBP et de composites à base d'autres fibres naturelles (jute, coton, …) à 350 000 tonnes, pour 2012. On y apprend, tel que mentionné précédemment, que le platelage est encore l'application dominante, mais que les applications techniques connaissent une croissance soutenue, entre autres, dans le secteur automobile. Dans ce créneau, les CBP comptent pour 38 % des 80 000 tonnes de composites à base de fibres naturelles employés par les fabricants automobiles européens, en 2012. Les autres fibres naturelles les plus populaires qui viennent par la suite sont le coton (25 %), le lin (19 %),… Les résultats de cette étude[78] seront présentés les 10 et 11 décembre 2013, dans le cadre de la « *Fifth German WPC Conference* » à Cologne.

Normes / méthodes d'essais

Voici des méthodes d'essais de l'*American Standard Tests and Methods* (ASTM) concernant les CBP :

[76] *Door & Window Manufacturer Magazine, Industry Indices, Vol. 13, Issue 2 - March 2012.*
[77] *Wood-Plastic Composites Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013 – 2019.*
[78] *350,000 t production of wood and natural fibre composites in the European Union in 2012, Bio-based News, Nov. 2013*

ASTM D7031-11 *Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products.*

ASTM D7032-10a *Standard Specification for Establishing Performance Ratings for Wood-Plastic Composite Deck Boards and Guardrail Systems (Guards or Handrails).*

ASTM E2632/E2632M-13e1 *Standard Test Method for Evaluating the Under-Deck Fire Test Response of Deck Materials.*

WK38355 (en révision de D7032 - 10a *Standard Specification for Establishing Performance Ratings for Wood-Plastic Composite Deck Boards and Guardrail Systems (Guards or Handrails).*

ASTM D7568 - 12 *Standard Specification for Polyethylene Based Structural Grade Plastic Lumber for Outdoor Applications.*

Domaine d'application 1.1 Cette méthode couvre le bois-plastique structural de qualité à base de polyéthylène (SGPL), pour une utilisation en tant que principaux éléments de la charpente, y compris les solives, lisses, poutres, colonnes et éléments de charpente secondaire.

Fabricants de produits CBP

Plusieurs dizaines d'entreprises fabriquent des produits en CBP, Trex et TimberTech comptant parmi les plus grands joueurs nord-américains.

Voici quelques fabricants de produits en CBP:

- *Andersen Windows (Fibrex Material)*;
- *Artowood Co.*;
- *Fiberon (Fiber Composites)*;
- *Green Bay Decking, LLC*;
- *Naftex GmbH*;
- *Tamko Building Products* (*produits Evergrain*, obtenus par compression) (distribués par *Weyerhaeuser*);
- *Timbertech (Crane Group)*;
- *Trex Company, Inc.*;
- *Universal Forest Products Incorporated (Intrepid Composite Decking)*;
- *UPM (produits Profi Deck* (fibre cellulose – polymère));
- *Werzalit GmbH*.

Commentaires / remarques[79]

Actuellement, le marché des CBP est peu diversifié et se concentre à plus de 85 % dans les 3 applications suivantes : platelage / moulures et garnitures / clôtures. L'industrie aurait avantage à se diversifier en développant plus de pièces « techniques », tel le support d'accumulateurs de Ford. La mise au point de ces produits complexes, à forte valeur ajoutée, requiert cependant l'acquisition de compétences très spécifiques par les fabricants, accessibles par l'embauche d'experts ou en établissant des partenariats avec des firmes spécialisées ou centres de recherche.

Mais avant tout, comme les isolants à base de fibres de bois, le développement de ce marché se produira si l'utilisation des CBP permet d'obtenir, par rapport aux matériaux traditionnels, des avantages économiques, techniques ou environnementaux importants dont pourront bénéficier les clients, et ce, avec peu ou pas de risques pour ceux-ci. La volonté politique d'instaurer certaines exigences environnementales, comme l'augmentation du % de contenu recyclé ou la réduction de l'empreinte écologique d'un produit (matière première renouvelable), pourrait agir comme avantages et incitatifs et stimuler le développement de ce marché.

3.5 ACIDE BIOSUCCINIQUE

Produit

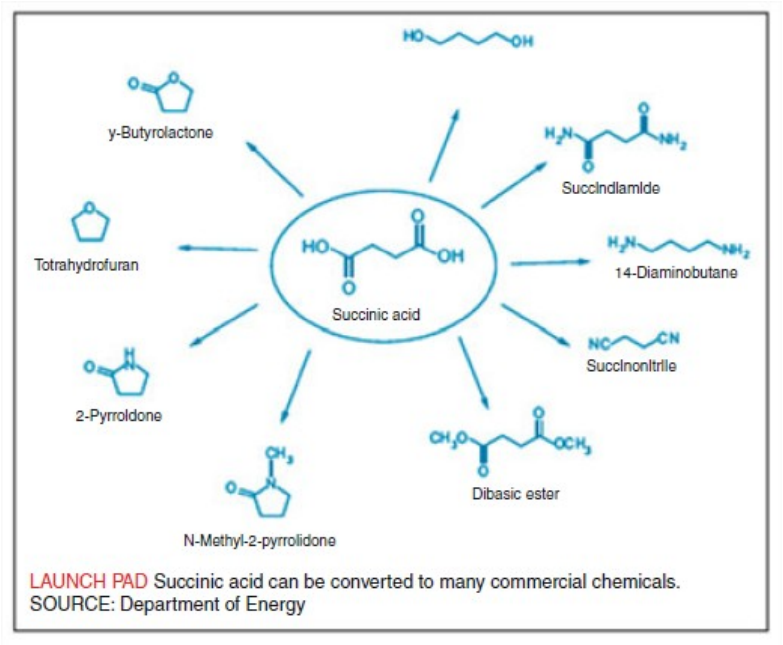
Description

L'acide biosuccinique[80] (ou acide butanedioïque) est un acide dicarboxylique d'origine naturelle (végétale) composé de quatre atomes de carbone. Il existe dans les tissus végétaux et animaux. Son nom vient du latin succinum, qui signifie ambre, dont l'acide était traditionnellement tiré.

L'acide succinique est un composant habituellement issu de dérivés du pétrole (acétylène et formaldéhyde) et entrant dans la fabrication de nombreux produits courants. Il est considéré comme une molécule plateforme, car il sert de point de départ à de multiples réactions chimiques, conduisant à des applications très variées[81].

79 Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.
80 L'information présentée dans ce rapport traite principalement de BioAmber.
81 ARD – L'innovation verte.

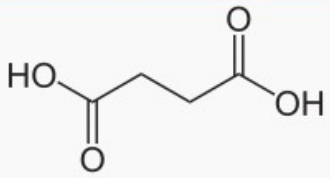
Figure 6 : ***Fibers for Papermaking and Cellulose Dissolution***



Source: *P. Fardim et al., Pulp Fibers for Papermaking and Cellulose Dissolution*, 2012

Figure 7 : Acide succinique

Acide succinique



formule topologique de l'acide succinique

Identification	
Nom IUPAC	Acide butanedioïque
N° CAS	110-15-6
N° EINECS	203-740-4
N° E	E363
Apparence	cristaux blancs inodores
Propriétés chimiques	
Formule brute	$C_4H_6O_4$ [Isomères]
Masse molaire[1]	118,088 ± 0,0048 g/mol C 40,68 %, H 5,12 %, O 54,19 %,
pKa	4,16; 5,61
Propriétés physiques	
T° fusion	185 °C
T° ébullition	235 °C (décomposition)
Solubilité	eau: 70 $g \cdot l^{-1}$ à 20 °C
Masse volumique	1,56
T° d'auto-inflammation	630 °C
Point d'éclair	235 °C
Thermochimie	
C_p	[+]
Précautions	
SIMDUT[3]	

Produit non classifié

[+]

Unités du SI et CNTP, sauf indication contraire.

Source : *Wikipédia*

Diverses applications[82,83]

L'acide succinique peut être employé dans la fabrication de :

- Biopolymères (polyester, polyamide, polyestéramide, polybutylène succinate…);
- Produits de beauté (fards à joues, ombres à paupières, rouge à lèvres…);
- Produits d'hygiène personnelle (hydratants, shampooings, crèmes…);
- Déglaçage - antigel (aéroports, voies de circulation…);
- Revêtements, résines, uréthanes, laques;
- Plastifiants;
- Produits alimentaires (régulateur d'acidité, agent de conservation, exhausteur de goût…);
- Produits pharmaceutiques;
- Lubrifiants (fluides hydrauliques, huiles pour engrenage, huile antirouille…);
- Produits chimiques pour le traitement de l'eau;
- Produits de soudure.

Il peut également être utilisé comme régulateur de pH, floculant, précipitant, agent de neutralisation, dans des procédés industriels.

Photo 22 : Déglaçage des pistes d'aéroports

Source : *BioAmber*

Photo 23 : Graisse lubrifiante

Source : *BioAmber*

82 BioAmber.
83 BioAmber_ Acide succinique biosourcé / Fiche de Données de Sécurité (2012).

Avantages / inconvénients vs produits actuels[84]

- Incidence environnementale positive d'un procédé de fermentation ayant une empreinte carbone moindre (94 % inférieur à celui de l'acide succinique d'origine pétrolière).
- Réduction des coûts logistiques et avantages de l'approvisionnement local pour les collectivités.
- Protection contre les fluctuations des prix du marché plus courantes en cas de matière première unique.
- Plus grande accessibilité due à la disponibilité de matières premières présentes un peu partout au monde.
- Plus de solutions de remplacement propres grâce au développement de matières secondaires (hémicellulose).

Procédés

Essences de bois / matière première

L'acide succinique biosourcé peut être produit à partir de sous-produits issus de l'agriculture ou de l'exploitation forestière comme substitut aux composants chimiques issus du pétrole.

L'utilisation unique du bois de trituration de feuillus pour la production de ce produit n'est donc pas assurée. Si une autre matière première (surplus de copeaux, épinettes attaquées par la tordeuse, sous-produits agricoles, etc.) est disponible à un meilleur coût, il se pourrait que les objectifs du volume de consommation du bois de trituration ne soient pas atteints.

Les hémicelluloses extraites avant le procédé de mise en pâte de copeaux de bois feuillus par le procédé au sulfite peuvent constituer l'un des intrants du processus de fermentation de BioAmber, car typiquement, les hémicelluloses restent dissoutes dans la liqueur noire et sont brûlées dans la chaudière de récupération. Lorsqu'il s'agit de bois feuillus, les hémicelluloses représentent environ 33 % (en masse sèche) de la biomasse lignocellulosique et sont en majorité composées de xylanes[85].

Procédé

Il s'agit d'un procédé de fermentation exclusif permettant la synthèse de l'acide succinique à partir de glucose, de glycérine et de CO_2. Le principe de fabrication repose sur la transformation d'un substrat carboné en acide succinique par des bactéries bien adaptées. Le procédé vise ensuite à séparer le produit noble des bactéries, à le purifier et le cristalliser[86].

---

84 BioAmber.
85 La bioraffinerie, une voie d'avenir pour les usines de pâte à papier, juin 2012.
86 ARD – L'innovation verte.

Photo 24 : Jauge à pression

La fermentation nécessite un suivi permanent de nombreux paramètres dont la pression.
Source : ARD

Voici quelques impacts environnementaux du procédé de BioAmber à Sarnia[87,88] :

- L'usine de l'Ontario génèrera 102,5 % de moins de gaz à effet de serre comparativement aux usines pétrochimiques qui produisent de l'acide succinique.
- Une baisse de 64,5 % de la quantité d'énergie nécessaire pour fabriquer le produit comparativement aux usines pétrochimiques.
- La production annuelle d'environ 30 000 tonnes d'acide biosuccinique permettra de réduire les émissions de CO_2 de 218 000 tonnes par année.

Tel que certifié par le ministère de l'Agriculture des États-Unis (USDA), l'acide succinique de BioAmber est biosourcé à 97 %.

Brevets

Le portefeuille de propriétés intellectuelles[89] de BioAmber pour l'acide succinique comprend plus de 40 familles de brevets concernant l'organisme lui-même, le procédé de fermentation, la purification de l'acide succinique, la transformation de l'acide en dérivés à valeur ajoutée et l'utilisation de l'acide succinique et de ses dérivés en applications précises[90,91].

87 *Government of Canada Invests in Clean Technology for Jobs and Growth in Sarnia*, communiqué de presse, gouvernement du Canada, 28 août 2013.
88 *BioAmber Biobased Platform Chemical Life Cycle Analysis*, présentation ppt 2013, consultée le 1er octobre 2013.
89 BioAmber – Propriétés intellectuelles.
90 BioAmber – Acide succinique.
91 Chimie verte : Bioamber industrialise la bioproduction d'acide succinique, InfoChimie, 2008, page consultée le 30 septembre 2013.

Les activités d'innovation ouverte de BioAmber, comprenant l'innovation interne, des collaborations en R&D et des licences de technologies, lui ont permis de constituer un impressionnant portefeuille de brevets. Voici les propriétés intellectuelles en possession de BioAmber ou pour lesquelles elle détient des licences :

- Brevets et demandes de brevets concernant l'organisme servant à produire l'acide succinique.
- Brevets et demandes de brevets concernant le procédé de purification de l'acide succinique.
- Brevets et demandes de brevets concernant l'utilisation de l'acide succinique dans certaines applications, comme les produits de déglaçage, les tensioactifs, les solvants et les plastifiants.
- Secrets commerciaux concernant le savoir-faire exclusif lié à la production et à la purification.
- Brevets et secrets commerciaux liés à la modification du PBS (technologie de Sinoven).
- Brevets et secrets commerciaux concernant la conversion de l'acide succinique en BDO/THF/GBL.

Voici quelques documents de brevets de BioAmber:

BioAmber : Procédé pour purifier l'acide succinique par distillation
BioAmber : Préparation d'un catalyseur pour hydrogénation sélective
BioAmber : Compositions biologiques du succinate de diammonium, succinate monoammonique et/ou de l'acide succinique et ses dérivés

Il est possible de consulter plusieurs autres documents de brevets de BioAmber (BioAmber, BioAmber International, BioAmber SAS) relatifs, entre autres, au procédé de production d'acide succinique, sa purification et ses dérivés sur WIPO [92].

Besoins en R&D

Dans le cadre de ses activités de R&D, BioAmber dirige des projets de développement d'applications dans le but de trouver de nouveaux débouchés et d'établir une gamme de produits en lien avec cet acide[93].

BioAmber améliore les méthodes de fabrication de produits courants par ses activités internes dans le domaine et par la collaboration avec des entreprises tierces[94].

92 WIPO – Word Intelligence Property Organization
93 BioAmber – Polyuréthanes, page consultée le 30 septembre 2013.
94 BioAmber – Recherche et développement, page consultée le 30 septembre 2013.

L'entreprise exploite des installations ultramodernes de R&D à Minneapolis (superficie de 2508 m^2) :

- Chimie analytique;
- Biologie moléculaire;
- Génie fermentaire;
- Essais pilotes de procédés.

Collaborations en R&D

- *Mid-Atlantic Technology Research and Innovation Center* (MATRIC), pour le développement et le passage à l'échelle industrielle de la purification;
- *Seton Hall Center of Applied Catalysis*, pour le développement de catalyseurs;
- Eltron, pour le passage à l'échelle industrielle de l'hydrogénation;
- ARD pour le développement et le passage à l'échelle industrielle de la fermentation.

Marché

Données de marché

Myriant Corporation estime le marché mondial de l'acide succinique à plus de 7,5 milliards $ annuellement[95]. De son côté, la *National Non-Food Crop Center* (NNFCC) estime que la production mondiale actuelle d'acide succinique biosourcé se situe entre 30 000 et 50 000 tonnes par an et que le prix de vente varie entre 6 000 $ et 9 000 $ la tonne. Elle prévoit que le marché annuel croitra en moyenne de 18,7 % entre 2011 et 2016 pour atteindre une valeur de 7 à 10 milliards $/an[96].

Les principaux moteurs de croissance de marché devraient être les bioplastiques, les produits intermédiaires chimiques, les solvants, les polyuréthanes et les plastifiants[97].

Fabricants actuels

Voici quelques informations sur les principales entreprises impliquées dans la synthèse d'acide succinique biosourcé :

- **BioAmber inc.**
  Monsieur Jean-François Huc, PDG
  1250, boul. René-Lévesque Ouest, bureau 4110
  Montréal (Québec) Canada H3B 4W8
  Tél. : 514 844-8000
  www.bio-amber.com

BioAmber possède des installations en France et deux (2) bureaux en Amérique du Nord, un à Montréal et l'autre à Minneapolis au Minnesota.

95 *Acide succinique : Myriant démarre en Louisiane*, FormuleVerte.com, 24 juin 2013, article consulté le 11 septembre 2013.
96 NNFCC – Succinic Acid – Avril 2013.
97 Biobased succinic acid, Corbion Purac, 2012 page consultée le 01 octobre 2013.

- BioAmber, Pomacle, France

Depuis janvier 2010, BioAmber produit de l'acide succinique biosourcé dans une grande usine située en France. Avec son fermenteur de 350 000 litres, il s'agit de l'une des plus grandes installations de fabrication de produits chimiques biosourcés au monde.

Photo 25 : BioAmber, Pomacle, France

Source : BioAmber

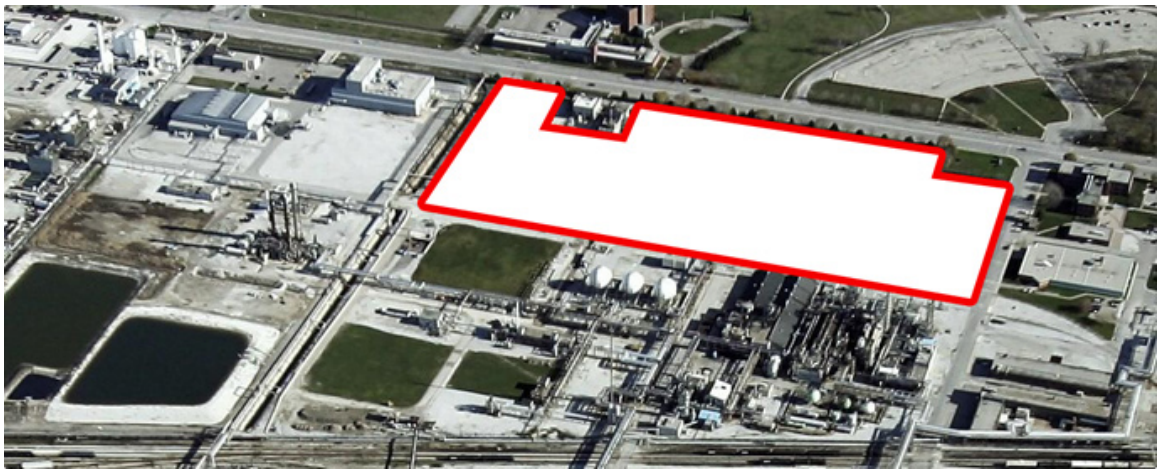
La construction de l'installation, qui appartient à ARD, aurait coûté 21 millions d'euros (2010). Elle a été intégrée dans une bioraffinerie qui approvisionne l'usine d'acide succinique en glucose, en dioxyde de carbone, en vapeur, en ammoniac et en eau de traitement.

- BioAmber, Sarnia, Ontario

L'usine de Sarnia, en Ontario, qui sera la première à être construite en vertu de l'accord de coentreprise conclu entre BioAmber inc. (70 %) et Mitsui & Co. (30 %), sera située dans un parc bioindustriel appartenant à Lanxess et qui se trouve lui-même dans un vaste centre pétrochimique dont les infrastructures permettent l'accès aux services publics et à certaines matières premières (vapeur, électricité, hydrogène, eau de traitement et dioxyde de carbone) ainsi que l'expédition des produits finis.

Cette usine, qui débutera ses opérations à la fin de 2014, requerra un investissement total de 110 M$ (bâtisse, terrain, équipements). Une aide financière de 12 M$ a été promise par le gouvernement fédéral.

Photo 26 : Emplacement de l'usine BioAmber à Sarnia, Ontario



Source : BioAmber

La capacité initiale de l'usine (…) sera d'environ 17 000 tonnes d'acide succinique biosourcé. Au maximum de sa capacité, la production totale devrait atteindre environ 34 000 tonnes d'acide succinique et 23 000 tonnes de 1,4-butanediol (BDO) biosource, qui sont utilisés industriellement comme solvant et dans la fabrication de plastiques, fibres élastiques et polyuréthanes.

- BioAmber, Thaïlande

L'usine de Thaïlande sera la deuxième à être construite en vertu de l'accord de coentreprise conclu avec Mitsui & Co. À plein rendement, elle devrait produire 65 000 tonnes d'acide succinique et 50 000 tonnes de BDO biosourcé par an. À l'heure actuelle, BioAmber en est à l'étape du choix du site. L'usine devrait être en service en 2014. PTTMCC envisage de prendre une participation dans l'usine de Thaïlande.

- Autres usines prévues

La troisième usine devant être construite dans le cadre de l'accord de coentreprise conclu entre BioAmber et Mitsui & Co. sera située en Amérique du Nord ou au Brésil. Elle devrait produire annuellement 65 000 tonnes d'acide succinique et 50 000 tonnes de BDO biosourcé.

- **Myriant Corporation**
  3 Batterymarch Park, 3rd floor
  Quincy, MA 02169, États-Unis
  Tél. : 617 657-5200
  www.myriant.com

Myriant est un important fabricant de produits chimiques biosourcés utilisés, entre autres, pour la fabrication de plastiques, de fibres textiles et de produits pharmaceutiques. L'entreprise a débuté la construction de son usine à Lake Providence, Louisiane. Simultanément, et en collaboration avec son partenaire ThyssenKrupp Uhde, Myriant a atteint la production commerciale d'acide succinique biosourcé à l'installation de validation commerciale située à

Leuna, en Allemagne. L'usine aura une capacité de 13 600 tonnes par an d'acide biosuccinique et deviendra la plus grande en Amérique du Nord[98]. L'entreprise étudie la possibilité de construire des usines dans des zones géographiques clés partout dans le monde.

- **Succinity GmbH**[99,100,101]
  Düsseldorf, Allemagne

En octobre 2012, BASF et Purac (devenu Corbion Purac) annonçaient la création d'un partenariat visant la production et la vente d'acide succinique d'origine végétale. La société sera nommée Succinity GmbH et sera opérationnelle en 2013. La mise en place de Succinity GmbH est soumise au dépôt auprès des autorités de la concurrence compétente. Le siège de la société sera à Düsseldorf, en Allemagne. Les partenaires travailleraient déjà à la modification d'une usine de fermentation existante située à Barcelone et appartenant à Purac. L'usine devrait produire 10 000 tonnes / an d'acide succinique d'origine végétale et entrer en exploitation fin 2013.

- **Reverdia**[102]
  6167 RD Geleen, Pays-Bas
  Tél. : 31 464 763 085
  www.reverdia.com/biosuccinium

En juin 2010, Royal DSM NV (Pays-Bas), et Roquette Frères (France) ont annoncé la création d'un partenariat nommé Reverdia, pour la production, la commercialisation et le développement du marché de Biosuccinium™, de l'acide succinique biosourcé. En décembre 2012, Reverdia amorçait ses activités en Cassano Spinola, en Italie, avec une capacité d'environ 10 000 tonnes / an.

Compétition

L'acide succinique synthétisé à partir de produits pétroliers demeure, pour l'instant, le produit de référence. D'autre part, les diverses autres sources de sucres, comme l'amidon, constituent une concurrence importante des sucres extraits de la biomasse forestière.

98 Myriant - *Integrated Acid: A Commercial Reality*, page consultée le 1er octobre 2013.
99 *Biobased succinic acid*, Corbion Purac, 2012 page consultée le 1er octobre 2013.
100 *To Succinity and Beyond!*, Doris de Guzman, 2012 page consultée le 1er octobre 2013.
101 *BASF and CSM establish 50-50 joint venture for biobased succinic acid*, 2012-10-05, page consultée le 1er octobre 2013.
102 Reverdia - *Commercializing Biosuccinium™ Sustainable Succinic Acid*, page consultée le 1er octobre 2013.

Commentaires / remarques

Les papetières, avec leurs installations déjà en place, pourraient fournir les ingrédients de base qui servent à la fabrication des acides succiniques. Ces installations sont généralement localisées près des ressources, ce qui constitue un autre avantage. Toutefois, une incertitude demeure, soit la qualité et les coûts d'approvisionnement[103].

L'intégration des plateformes de produits chimiques pour les fabricants de pâtes et papiers nécessite la création de partenariat avec des entreprises du secteur chimique. Les entreprises chimiques ont un intérêt pour l'acide succinique biosourcé. Actuellement, ces entreprises investissent dans la propriété intellectuelle en lien avec des procédés basés sur la fermentation tandis que le secteur des pâtes et papiers pourrait facilement fournir des résidus ou des sous-produits de procédé comme matières premières. Dans ce domaine, l'industrie des pâtes et papiers devra prouver ses capacités à fournir les demandes et les besoins de l'industrie chimique d'une manière cohérente. Cependant, les développements rapides ne seront possibles que grâce à des initiatives de recherche conjointes impliquant la recherche et le développement de ces deux secteurs[104].

3.6 GRANULES ÉNERGÉTIQUES

Produit

Description

Les granules de bois sont constitués de matière ligneuse fragmentée puis densifiée. Ils forment un combustible idéal, entre autres, pour les petits équipements ou grandes installations de chauffage entièrement automatique en raison notamment de leur[105] :

- Forte et constante valeur énergétique (de 4,7 à 4,9 MWh/t);
- Densité du granule seul : de 1 100 à 1 300 kg/m^3 (le granule coule dans l'eau);
- Densité en vrac (ou densité volumique) de 600 à 750 kg/m^3, soit environ la moitié de la densité du granule (50 % de volume mort);
- Densité énergétique (kWh/m^3) quatre fois supérieure à celle des copeaux et des broyats forestiers;
- Faible teneur en humidité (de 7 à 10 %);
- Granulométrie régulière (le diamètre varie de 4 à 10 mm (souvent de 5 à 7 mm) et longueur maximale de 60 mm (souvent de 10 à 30 mm); et,
- Faible contenu en cendres (moins de 2 % pour les granules de qualité « premium » non industrielle, fabriqués à partir de bois autre que les résidus forestiers).

[103] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.
[104] Fardim, P. et al., *Pulp Fibers for Papermaking and Cellulose Dissolution*, *The European Polysaccharide Network of Excellence (EPNOE) 2012 Research Initiatives and Results (Chap. 9) doi:10.1007/978-3-7091-0421-7_9 (Pedro Fardim: pfardim@abo.fi)*.
[105] Profil des produits forestiers - Technologies de bioénergies à base de biomasse forestière, MRN, 2011.

Photo 27 : Granules

Source : *Pastures Green*

Diverses applications

Les granules énergétiques peuvent être utilisés en remplacement des sources usuelles d'énergies (les hydrocarbures liquides et gazeux, le charbon minéral, l'électricité, le bois de chauffage,…). Ils peuvent être utilisés pour le chauffage de locaux et/ou de fluides caloporteurs, dans des applications résidentielles, multilocatives, institutionnelles, commerciales et industrielles ainsi que pour produire de l'énergie (chaleur et électricité) dans de grandes centrales de cogénération, en cocombustion avec le charbon minéral[106].

Les installations mises en œuvre pour produire l'énergie sont :

- Poêles à granules;
- Fournaises à granules;
- Chaudières à granules, avec ou sans réseau de chaleur; et,
- Grandes centrales énergétiques (granules en tant que cocombustible avec le charbon minéral)[107].

Photo 28 : Différents types d'appareils de chauffage consommant des granules

Sources: *Drolet*, *Oköfen*, *Viessmann*

[106] À noter qu'il existe d'autres applications, non énergétiques, pour les granules de bois : litière, absorbant.

[107] À noter que le rapport « *Development of the Canadian Bulk Pellet Market* », publié par la *Wood Pellet Association of Canada* (WPAC) en 2012, évalue l'importante quantité de granules qui serait requise pour alimenter, en cocombustion, les centrales au charbon du pays.

En Amérique du Nord, les granules sont essentiellement utilisés dans des poêles pour le chauffage résidentiel. Cependant, on note depuis quelques années, l'introduction sur le marché nord-américain de petites fournaises à granules de conception européenne (surtout autrichienne), très avancées techniquement et également le développement de la cocombustion ou encore la conversion complète de grandes centrales énergétiques.

Typiquement, les granules sont généralement livrés en sacs (18,1 kg/40 livres), pour le marché des consommateurs ou en vrac, pour des applications mettant en œuvre des appareils de plus grandes puissances.

Avantages / inconvénients de granules vs combustibles fossiles

Avantages

Voici d'autres avantages des granules, outre ceux liés aux caractéristiques citées à la page précédente (partie description) :

- Combustible dont le prix varie moins que les hydrocarbures;
- Combustible produit sur place, impact positif sur l'économie locale/provinciale;
- Contribution à l'autonomie, l'indépendance énergétique;
- Impact environnemental léger versus les carburants fossiles;
  - De sources renouvelables, valorisation de coproduits des industries de 1re et 2e transformations;
  - Le CO_2 dégagé durant la combustion est celui qui a été capté durant la croissance de l'arbre. Néanmoins, le bilan carbone n'est pas neutre, car il faut tenir compte des GES émis lors du transport et de la production des granules. Malgré tout, la substitution de carburants fossiles par des granules contribue à lutter contre les changements climatiques;
  - Les émissions de NOx et de SOx sont réduites de façon importante par rapport à celles du charbon minéral.
- Les cendres peuvent être réutilisées comme amendement de sol (lorsque non contaminées).

Inconvénients

- Densité énergétique plus faible que les hydrocarbures;
- Reprise d'humidité lorsque l'entreposage n'est pas adéquat.

Normes

Normes de qualité et certification pour les granules non industriels

Les normes européennes pour la biomasse solide (CEN / TC 335) ont été introduites en 2011. Elles comprennent une norme développée spécifiquement pour les granules à usage non industriel : EN 14961-2. Le Conseil européen des granules de bois (*European Pellet Council [EPC]*) gère la certification ENplus qui vise à harmoniser, à l'échelle des pays producteurs, la qualité des produits et du service tout le long de la chaîne logistique.

La certification ENplus s'est rapidement propagée dans toute l'Europe et ailleurs. À la fin de 2012, la production des fabricants de granules certifiés ENplus en Autriche, Belgique, Canada, Croatie, République tchèque, Danemark, France, Allemagne, Italie, Lituanie, Pologne, Portugal, Roumanie, Slovénie, Slovaquie, Espagne, Suisse, Pays-Bas, Royaume-Uni et même aux États-Unis totalisait environ 3,2 millions de tonnes. Au besoin, le manuel ENplus (version mai 2013) qui définit les normes de qualité pour les granules de bois peut être consulté.

La norme comprend des classes de qualité A1 et A2 qui sont également mises en œuvre via la certification ENplus. La classe A1 définit les granules de première qualité (premium) utilisés dans les chaudières domestiques privées ou des poêles. Les granules A1 sont ceux qui produisent le moins de cendres et répondent aux exigences les plus élevées. Les granules de classe A2 sont utilisés dans des installations plus grandes et produisent plus de cendres. Les granules industriels ne sont pas appelés ENplus, mais peuvent être certifiés comme « EN-B ».

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques des granules ENplus A1, A2 et EN-B.

Tableau 14 : Caractéristiques des granules ENplus A1, A2 et EN-B

Quality parameters	Unit	DINplus	ENplus-A1	ENplus-A2	EN-B
Diameter	mm	4 ≤ D ≤ 10	6 (± 1)[4]	6 (± 1)[4]	6 (± 1)[4]
Length	mm	≤ 5 x D	3,15 ≤ L ≤ 40 [1]	3,15 ≤ L ≤ 40 [1]	3,15 ≤ L ≤ 40 [1]
Bulk density	kg/m³	-	≥ 600	≥ 600	≥ 600
Net calorific v.	MJ/kg	≥ 18 *	≥ 16,5	≥ 16,5	≥ 16,0
Moisture	w-%	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Fines	w-%	≤ 1	≤ 1 [2]	≤ 1 [2]	≤ 1 [2]
Mechanical durability	w-%	≥ 97,7 *	≥ 97,5	≥ 97,5	≥ 95,5
Ash	w-% [3]	≤ 0,5 *	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 3,0
Ash melting behavior (DT)	°C	-	≥ 1200	≥ 1100	≥ 1100

Source : *Pellet Process*

Normes pour les granules industriels[108]

Les producteurs et utilisateurs européens de granules ont été consultés sur une norme spécifiquement pour les granules industriels. Cette consultation s'inscrit dans le cadre d'un projet soutenu par la Commission européenne (CE), le projet EUBioNet III. Les résultats de ces enquêtes seront utilisés par un Comité européen de normalisation et une norme ISO internationale pour les granules de bois à usage industriel (pour plus d'information, voir www.eubionet.org). Les normes de qualité ISO pour les granules industriels devraient être publiées en 2013.

[108] *USDA Foreign Agricultural Service, Global Agricultural Information Network (GAIN) Report NL3034, EU Biofuels Annual 2013, August 2013, pages 27-28.*

La *Wood Pellet Association of Canada (WPAC)*[109] offre depuis septembre 2013, la possibilité à ses membres d'obtenir l'accréditation ENplus et CANplus. Le programme de certification CANplus est basé sur le système d'ENplus qui connaît beaucoup de succès en Europe et ailleurs dans le monde.

La *Pellet Fuels Institute (PFI)* est une association nord-américaine prônant l'indépendance énergétique grâce à l'utilisation de biomasse densifiée comme combustible renouvelable.

Le tableau suivant dresse les exigences des normes de la PFI.

Tableau 15 : Exigences des normes de la *Pellet Fuels Institute (PFI)*

	Residential/Commercial Densified Fuel Standards See Notes 1 - 3		
Fuel Property	PFI Premium	PFI Standard	PFI Utility
Normative Information - Mandatory			
Bulk Density, lb./cubic foot	40.0 - 46.0	38.0 - 46.0	38.0 - 46.0
Diameter, inches	0.230 - 0.285	0.230 - 0.285	0.230 - 0.285
Diameter, mm	5.84 - 7.25	5.84 - 7.25	5.84 - 7.25
Pellet Durability Index	≥ 96.5	≥ 95.0	≥ 95.0
Fines, % (at the mill gate)	≤ 0.50	≤ 1.0	≤ 1.0
Inorganic Ash, %	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 6.0
Length, % greater than 1.50 inches	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0
Moisture, %	≤ 8.0	≤ 10.0	≤ 10.0
Chloride, ppm	≤ 300	≤ 300	≤ 300
Heating Value	NA	NA	NA
Informative Only - Not Mandatory			
Ash Fusion	NA	NA	NA

Source : *Pellet Fuels Institute*

[109] *WPAC offers ENplus and CANplus certification, Sept. 2013.*

Procédés

Essences de bois / matière première

Les techniques de fabrication permettent l'utilisation d'essences de bois résineux ou feuillus. Il faut noter toutefois que les feuillus sont généralement moins adaptés pour la granulation. D'une part, leur teneur en lignine est plus faible que celle des bois résineux, ce qui peut avoir un effet négatif sur la résistance mécanique (cohésion) des granules. D'autre part, ils sont plus difficiles à granuler en raison de leur densité plus élevée, ce qui entraîne une augmentation de la consommation électrique de la presse à granuler.

Traditionnellement, les matières premières les plus régulièrement utilisées ont été les sous-produits de la première et de la deuxième transformation du bois (principalement sciures et rabotures). Cependant, quelques très grandes usines produisent maintenant des granules à partir de copeaux ou même de billes[110]. Néanmoins, en raison de la croissance accélérée du marché des granules, de la quantité limitée de la matière première traditionnelle de même que la concurrence d'autres industries forestières (panneaux, pâte)[111] pour celle-ci, l'utilisation de billes et copeaux comme matières premières gagne en importance.

Tableau 16 : Quantité requise de matière première pour une tonne de granules

Matière première	Quantité pour 1 tonne de granules	Unité
Rabotures, sciures	7,5	m^3 vrac
Copeaux de scieries	5,3	m^3 vrac
Copeaux produits en forêt	5,1	m^3 vrac
Billes (épinette)	2,2	m^3 solide

Source : *Traduit de Obernberger, I. et al., The Pellet Handbook_ The production and thermal utilisation of biomass pellets, Earthscan, 2010 . ISBN: 978-1-84407-631-4*

À noter que, contrairement aux copeaux de scieries, les copeaux produits en forêt contiennent ordinairement de l'écorce et ne permettent pas la production de granules de qualité non industrielle (classe A1 selon la norme EN 14961-2). Toutefois, les copeaux forestiers sont une source intéressante de fibres pour la production de granules industriels.

[110] L'usine de *Green Circle Bio Energy*, située en Floride, produit depuis 2008, 560 000 tonnes de granules/année à partir de billes de qualité pâte de pin jaune du sud. (*Closing the Energy Circle, Biomass Magazine, Nov. 2007*).
Cette entreprise lançait, en juillet 2013, un autre projet visant la construction d'une usine au Mississippi ayant une capacité de 500 000 tonnes/année. Elle devrait entrer en production au printemps 2015. (*Green Circle Bio Energy to locate pellet plant in Miss*., *Biomass Magazine, July 2013*)

[111] Dans ses prévisions « North American Bioenergy 5-year Forecast » (2012), RISI introduit le concept de « *fiber-paying capability (FPC)* » en tant que mesure de la compétitivité des industries forestières de panneaux/pâtes/granules et de leur capacité à payer la fibre. La demande accrue en granule créera une pression plus forte sur la fibre de sorte qu'il faut envisager une intensification marquée de la compétition pour cette ressource, surtout lors de la reprise des marchés de la construction.

Le taux d'humidité nécessaire à la granulation dépend essentiellement de la technologie, mais aussi de la nature de la matière première utilisée. Si son taux d'humidité est trop élevé, elle doit être séchée, ce qui pose surtout des questions sur l'économie du projet, le séchage de la matière première étant l'étape la plus coûteuse du procédé.

Généralement, afin de conserver leur « authenticité », les granules ne contiennent aucun adjuvant synthétique (produit de finition ou de préservation, adhésif). Dans certains cas, des additifs organiques tels de l'amidon, de la mélasse, des fibres de cellulose, peuvent être ajoutés afin d'améliorer les caractéristiques mécaniques des granules.

Tableau 17 : Teneur typique en cendre de différents types de biomasse

Biomasse	Teneur en cendre (% en poids, sur base sèche)
Bois de résineux	0,4 – 0,8
Bois de feuillus	1,0 – 1,3
Écorces	2,0 – 5,0

Source : Traduit de Obernberger, I. et al., *The Pellet Handbook_ The production and thermal utilisation of biomass pellets*, Earthscan, 2010 . ISBN: 978-1-84407-631-4

Procédé

Les différents types de matière première (copeaux, billes, sciures et rabotures) affectent la configuration du procédé en amont du séchage (« *green end* »). En gros, des étapes d'écorçage, de décontamination (pour retirer les pierres, la terre, le métal, etc.), de fragmentation et de tamisage sont ajoutées, au besoin, afin d'obtenir une granulométrie proche de celle des sciures. Bien sûr, ces étapes affectent, de façon sensible, les coûts de production.

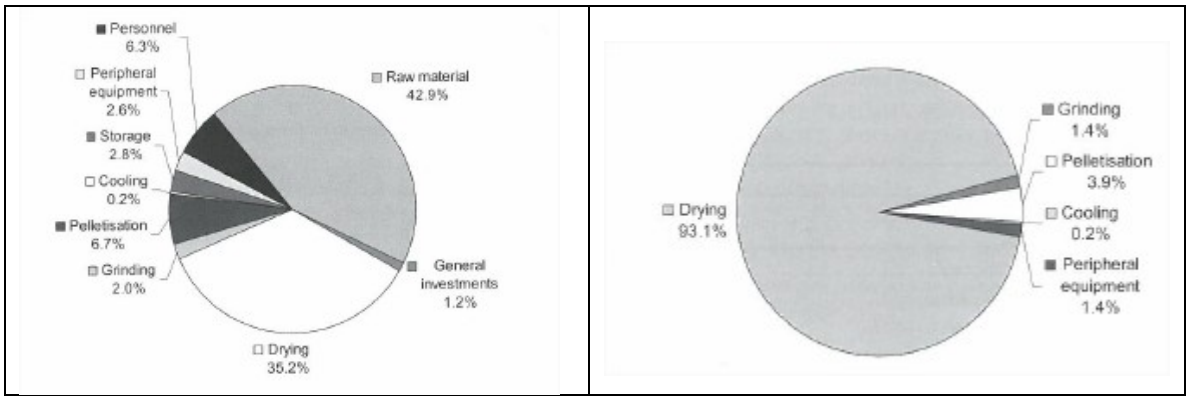
Lorsqu'elle provient de copeaux, billes ou sciures[112], la fibre doit être séchée pour réduire son taux d'humidité à un niveau inférieur à 15 %. Le séchage se fait le plus souvent dans des séchoirs rotatifs, qui permettent un débit important. C'est de loin l'étape la plus coûteuse du procédé. À noter que les coûts en matière première et en séchage comptent pour près de 80 % du coût total de production de granules.

À titre indicatif, les tableaux suivants présentent les différents éléments composant le coût de fabrication total et l'énergie consommée par les différentes étapes de fabrication de granules lorsque de la sciure est utilisée comme matière première. Cette estimation est basée sur l'analyse réalisée par *Ingwald Obernberger* et *Gerold Thek* en 2010[113], considérant une usine autrichienne ayant une capacité de 40 000 tonnes/année.

[112] Les sciures constituent un approvisionnement de premier choix, particulièrement quand le bois scié avait été séché au préalable. Elles ne nécessitent alors ni broyage, ni séchage, ce qui se traduit par des investissements en équipements beaucoup plus faibles et des frais d'exploitation considérablement réduits (l'énergie requise pour le séchage et le broyage est ainsi épargnée). Les sciures humides, quant à elles, exigent seulement d'être séchées, le broyage étant habituellement superflu. Par ailleurs, il y a les poussières de sablage qui, mélangées avec des sciures, peuvent être utilisées comme matière première servant à la fabrication de granules.

[113] *Obernberger, I. et al., The Pellet Handbook_ The production and thermal utilisation of biomass pellets, Earthscan, 2010 . ISBN: 978-1-84407-631-4*

Graphique 4 : Granules fabriqués à partir de sciures : Composants du coût total de production et énergie consommée par les différentes étapes de fabrication

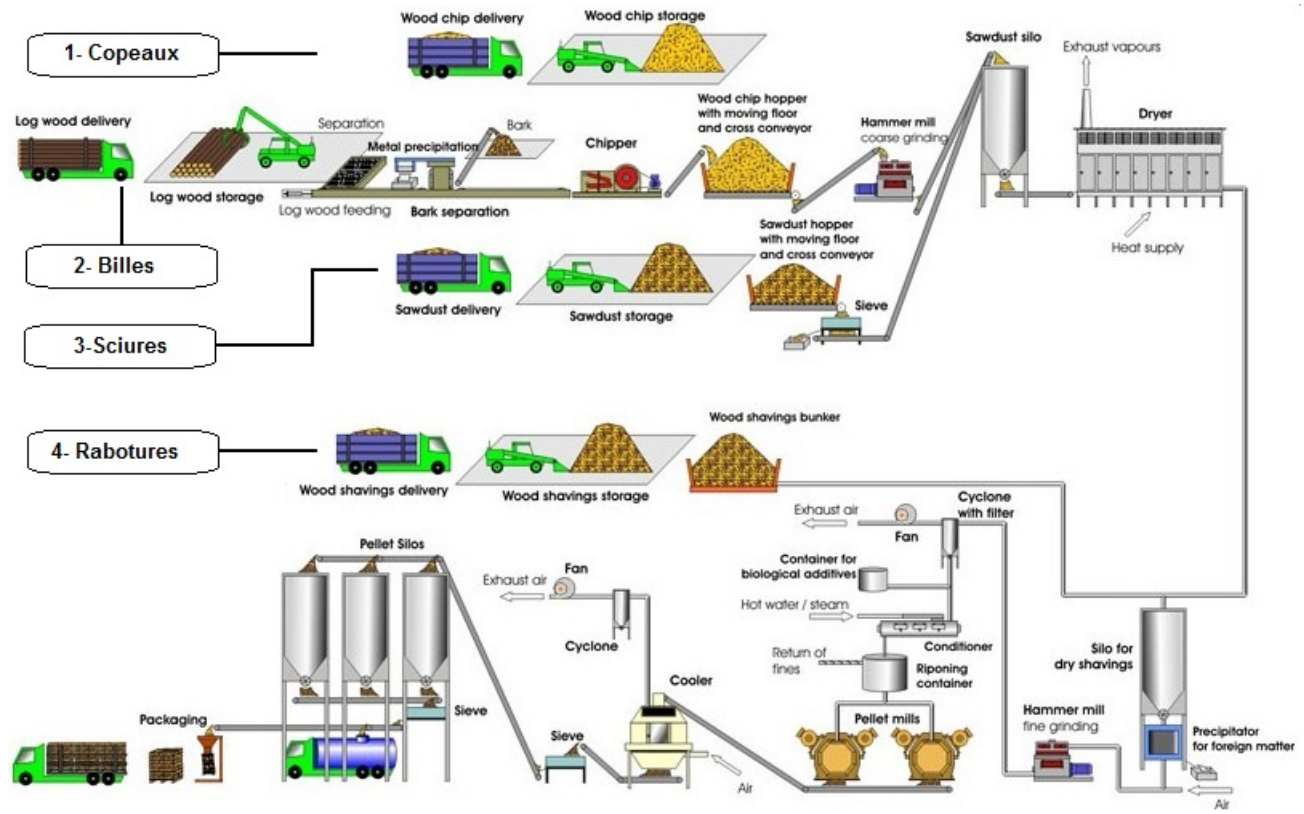


Source : Adapté de Obernberger, I. et al., *The Pellet Handbook_ The production and thermal utilisation of biomass pellets*, Earthscan, 2010 . ISBN: 978-1-84407-631-4

Une fois séchée, la biomasse est passée au broyeur à marteaux pour ajuster sa granulométrie, puis conditionnée à la vapeur afin d'attendrir la fibre, juste avant la densification. Elle est par la suite granulée en forçant son passage, sous très haute pression (20 000 lb/po^2 ou 1380 bars), à travers une matrice. Cette densification provoque une forte montée en température, au-delà de 200 °C. C'est à cette étape que la lignine, liant naturel du bois, est réactivée et assure la cohésion aux granules. Enfin, les granules sont refroidis puis stockés avant leur livraison, en sacs ou en vrac.

La figure suivante illustre l'impact des différents types de matière première sur la chaîne de fabrication.

Figure 8 : Étapes de fabrication de granules à partir de copeaux, billes, sciures et rabotures



Source : Adapté de *Bios Bioenergiesysteme GmbH*

Besoin de R&D

Les technologies de fabrication utilisées sont matures et plusieurs fournisseurs sont en mesure d'offrir des solutions clés en main.

Cependant, la *Wood Pellet Association of Canada (WPAC)* et l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) ont créé le « *Biomass and Bioenergy Research Group (BBRG)* » afin de mener des études sur plusieurs aspects entourant la fabrication, la commercialisation et le transport des granules dont :

- La torréfaction des granules ou granules faits de biomasse torréfiée;
- La combustion spontanée des granules de bois;
- L'écorce comme matière première;
- Les granules torréfiés;
- Analyse du cycle de vie des granules de bois;
- Etc.

Fournisseurs de technologies

Voici le nom de quelques importants fournisseurs de technologies[114] :

- *Amandus Kahl GmbH & Co*. (Allemagne);
- *Andritz AG* (Autriche);
- *Bliss Industries LLC* (États-Unis) représenté par Gaston Richard inc. (Québec);
- *Bühler Group* (div. États-Unis);
- *California Pellet Mill (CPM) - Roskamp Champion* (États-Unis);
- *Comact* (Québec);
- *Dieffenbacher GmbH & Co. KG* (Allemagne);
- *La Meccanica s.r.l. di Reffo* (Italie);
- *Law-Marot inc.* (Québec);
- *MÜNCH-Edelstahl GmbH* (Allemagne);
- *Pelleting Technology Nederland* (Pays-Bas).

Voici quelques données compilées permettant de voir l'envergure des investissements (ou projets d'investissement) requis pour la mise en place d'une usine de granules.

Tableau 18 : Envergure d'investissement

Fabricants	Capacité de production (tonnes /année)	Investissement approximatif	Année	Employés
Green Circle Bio Energy (Mississippi)	500 000	115 M$ US	2013	126
Pinnacle Renewable Energy Group (Chase, B.C.)		40 M$ CA	2013	40
Drax UK (Baton Rouge, Louisiana)	525 000 + shipping facility	120 M$ US	2013	
Scotia Atlantic Biomass Co. (Musquodoboit, B.C.)	120 000		2013	
Protocol Biomass Corporation (Prescott, ON.)		60 M$ CA	2013	50 - 85
Thermogen Millinocket (Maine)	100 000 (granules torréfiés)	70 M$ US	2013	36
Resolute (Thunder Bay, ON)	45 000	10 M$ CA	2013	24
Green Circle Bio Energy Inc. (Floride)	560 000	65 M$ US	2007	45

[114] *Canadian Biomass Magazine, 2013 Pellet Gear Buyers Guide, Jul/Aug 2013.*

Marché

Europe

L'Union européenne (UE) est de loin le plus grand marché mondial pour les granules énergétiques. Elle vise à obtenir 20 % de son énergie à partir de sources d'énergie renouvelables d'ici 2020 (dont la biomasse). Cet objectif est résolument le moteur d'une croissance soutenue de la consommation de granules, qui se concrétise depuis déjà plusieurs années.

L'*USDA Foreign Agricultural Service (FAS)*[115] a récemment publié son rapport annuel 2013 sur les biocarburants utilisés en Europe. En lien avec les granules, les auteurs notent que :

Consommation

La consommation européenne de granules dépasse largement la capacité de production des pays de l'UE. Elle a augmenté rapidement, passant de 4,6 millions de tonnes en 2006 à 14,3 millions de tonnes métriques en 2012. En 2013, l'UE devrait avoir consommé 16 millions de tonnes de granules de bois puis 17,1 millions de tonnes l'année prochaine.

Le Royaume-Uni est actuellement le plus grand consommateur de granules en Europe, avec une demande estimée à 4,54 millions de tonnes en 2013, suivi du Danemark et des Pays-Bas qui consommeront respectivement 2,5 millions et 2 millions de tonnes. La Suède, l'Allemagne et la Belgique consomment également de grandes quantités de granules.

La consommation de granules au Royaume-Uni, aux Pays-Bas et en Belgique est dominée par des centrales énergétiques de grande envergure (granules de qualité industrielle, i.e EN-B) alors que la demande au Danemark et en Suède provient des ménages et d'installations de moyenne puissance (qualité non industrielle, i.e. ENplus A1)[116].

[115] *USDA Foreign Agricultural Service (FAS), Global Agricultural Information Network (GAIN) Report NL3034, EU Biofuels Annual 2013, August 2013.*

[116] Environ 250 000 poêles à granules installés annuellement en Italie, Autriche et Allemagne et environ 50 000 chaudières installées annuellement en Autriche, Allemagne et Danemark (Portrait des marchés de granules de bois, QWEB, Pierre-Olivier Morency, nov. 2012).

Tableau 19 : Principaux pays consommateurs européens de granules, 2007-2013[117]

Main Pellet Consumers (1,000 MT)							
Calendar Year	**2007**	**2008**	**2009[e]**	**2010**	**2011[e]**	**2012[e]**	**2013[e]**
UK	-	-	-	1,990	2,720	3,380	4,540
Denmark	993	1,200	1,400	1,720	2,350	2,400	2,500
Netherlands	705	912	912	913	1,290	1,710	2,000
Sweden	1,715	1,850	1,920	2,280	1,880	1,700	1,700
Germany	600	900	1,050	1,200	1,400	1,600	1,600
Belgium	735	920	920	950	1,130	1,200	1,320
Total	**6,028**	**7,021**	**9,000**	**11,400**	**13,000**	**14,300**	**16,000**

Source : AEBIOM et organisations sectorielles des États membres, e = estimations FAS

Les prévisions de consommation pour l'horizon 2020 varient de 35 millions de tonnes pour l'Europe occidentale (estimation réalisée par Pöyry[14]) à 50-80 millions de tonnes pour l'ensemble des pays de l'UE (estimation réalisée par AEBIOM[118]). La *Wood Pellet Association of Canada* estime quant à elle cette demande à 40 millions de tonnes[119].

Quelques autres études et documents arrivent sensiblement aux mêmes conclusions où ils documentent cette forte croissance de la demande en Europe. À titre d'exemple :

- L'étude réalisée en 2011 par l'*International Energy Association (IEA) Bioenergy Task* 40 et intitulée « *Global Wood Pellet Industry Market and Trade Study* ».
- Le document publié par Chris Nelder, intitulé « *The missing link to a $7 billion market* » qui aborde les défis reliés à la logistique et le transport des granules vers l'Europe et qui peuvent représenter près de 40 pour cent du coût total des granules livrés.

Importations

- Les importations européennes de granules ont fortement progressé. De 4,5 millions de tonnes qu'elles étaient en 2012, elles devraient augmenter à 6 millions de tonnes cette année (2013) et à 7 millions de tonnes en 2014, principalement stimulées par la demande des grandes centrales électriques. Généralement, les transactions entre les exportateurs et les grands consommateurs industriels européens se font par l'intermédiaire de grossistes.

117 *USDA Foreign Agricultural Service (FAS), Global Agricultural Information Network (GAIN) Report NL3034, EU Biofuels Annual 2013, August 2013.*

118 *Pöyry PLC - International consulting and engineering company (Vantaa, Finlande) - European Biomass Association (AEBIOM).*

119 *WPAC, Canadian Biomass Pellet Export Situation*, 2012 (Michele Rebiere, *August 2013*).

Tableau 20 : Principaux pays européens importateurs de granules, 2011-2012

Principaux pays importateurs de granules (x 10^3 tonnes)		
	Importations totales[a]	
Année	**2011**	**2012**
Danemark	2295	2032
Royaume-Uni	1015	1470
Italie	1009	1197
Pays-Bas	944	1031
Belgique	514	972
Suède	665	487
Allemagne	253	317
Autriche	316	256

Source : *Adapté de USDA Foreign Agricultural Service (FAS), Global Agricultural Information Network (GAIN) Report NL3034, EU Biofuels Annual 2013, August 2013*
Code HS: 44 013 020 en 2011 et 440 131 en 2012, a= Inclut les transactions entre pays européens

Les États-Unis, le Canada et la Russie sont les principaux fournisseurs de l'Europe. En réponse à la demande de l'UE pour les granules industriels, ces fournisseurs s'organisent et, à cet égard, une capacité additionnelle d'environ un million de tonnes sera disponible d'ici la fin de 2013 sur la côte Est du Canada et des États-Unis[120]. D'autre part, selon RISI, les importations européennes en provenance de l'Amérique du Nord devraient excéder 10 millions de tonnes en 2017, soit 5,6 millions pour les États-Unis et 4,8 millions pour le Canada[121].

Ces importations des pays tiers pourraient toutefois être affectées par la mise en œuvre de la directive sur les énergies renouvelables (RED) par les différents gouvernements des États membres, en particulier par le gouvernement néerlandais et britannique.

[120] Le Sud-Est américain devenait récemment le plus important exportateur de granules au monde, surpassant la Colombie-Britannique (WPAC – *Making Pellets a Priority*).
[121] *North American Bioenergy 5-Year Forecast, RISI, Seth Walker, Oct. 2012*.

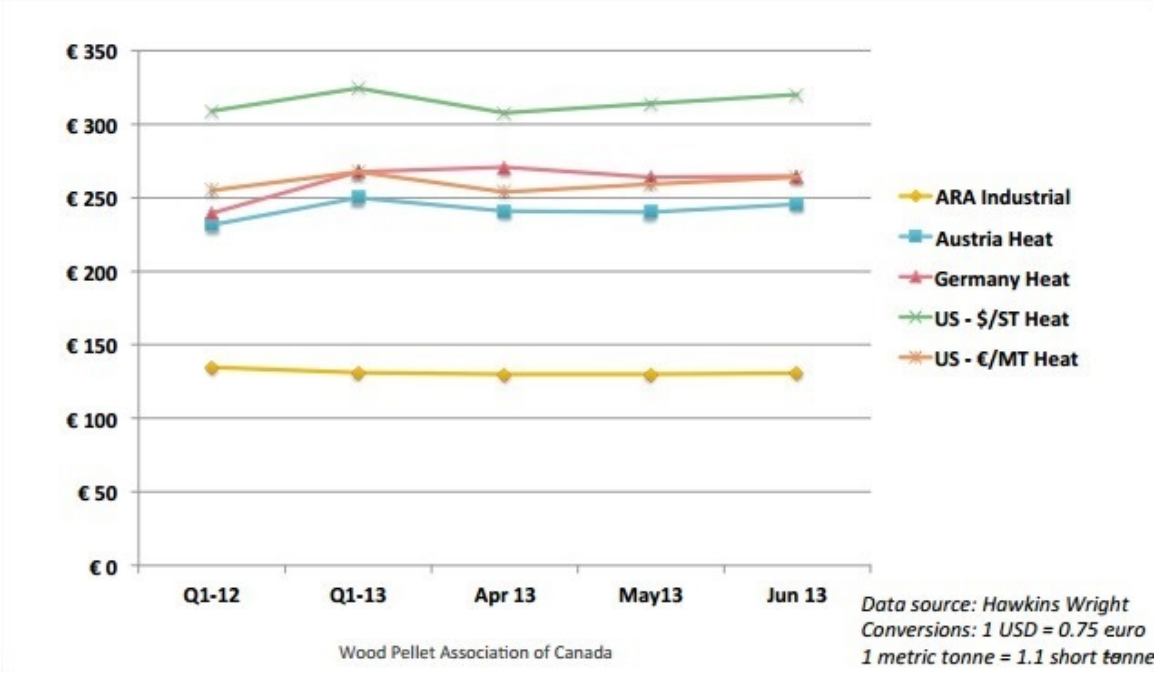
Tableau 21 : Principaux pays exportateurs de granules vers l'Europe, 2009-2012[122]

Main Suppliers of Wood Pellets to EU (1,000 MT)				
Calendar Year	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
United States	535	763	1,029	1,764
Canada	520	983	1,174	1,346
Russia	379	396	475	637
Ukraine	30	57	149	217
Croatia	72	95	115	136
Belarus	75	90	100	112
Other	160	226	226	279
Total	**1,771**	**2,610**	**3,226**	**4,491**

Source : GTIS (Code HS: 44 013 020 en 2011 et 440 131 en 2012)

Le graphique suivant montre l'évolution récente des prix des granules.

Graphique 5 : Évolution des prix de granules. Europe et États-Unis, 2012-2013



Source : *WPAC, Canadian Biomass Pellet Export Situation, 2012 (Michele Rebiere, August 2013)*
ARA: Amsterdam, Rotterdam, Antwerp / ST : Short ton / MT : Metric ton

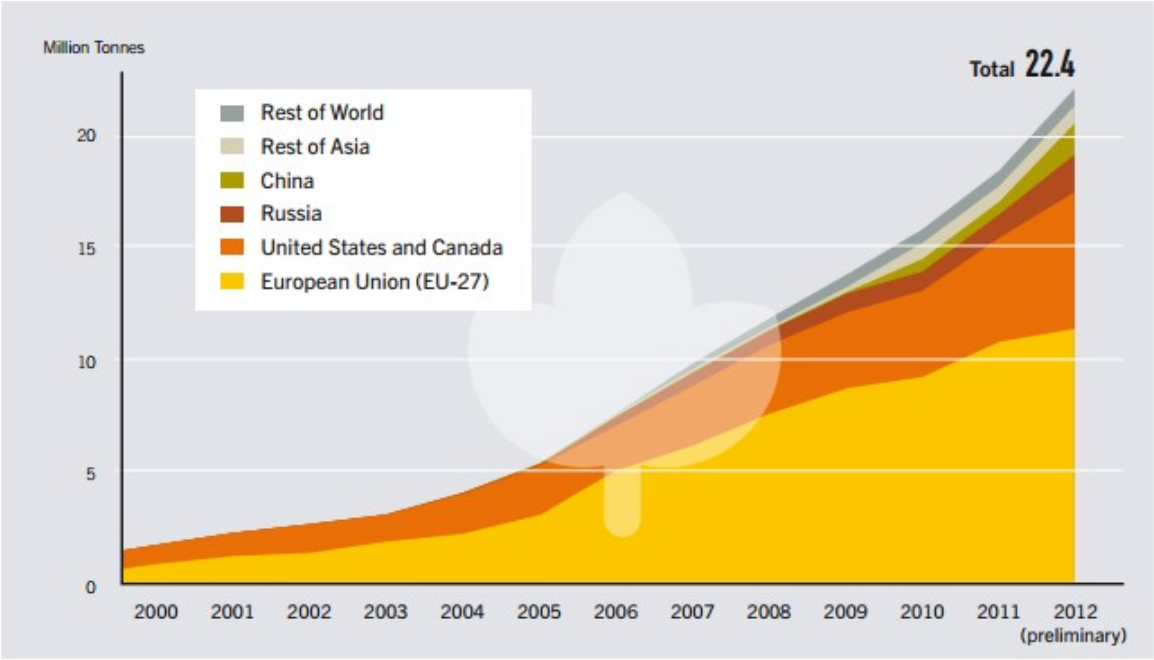
[122] *USDA Foreign Agricultural Service (FAS), Global Agricultural Information Network (GAIN) Report NL3034, EU Biofuels Annual 2013, August 2013.*

Production

La production européenne de granules devrait atteindre 10,15 millions de tonnes en 2013 puis 10,3 millions de tonnes métriques en 2014.

Le graphique suivant permet de voir l'émergence de pays comme la Russie et la Chine dans le marché des granules.

Graphique 6 : Production globale de granules, par pays ou régions, 2000-2012



Source : Renewables 2013, Global Status report

Canada et États-Unis

Consommation

En Amérique du Nord, actuellement, les granules sont surtout destinés au marché résidentiel et distribués par les grandes bannières de quincailliers et petits détaillants spécialisés. Le produit, de qualité non industrielle (i.e. *Pellet Fuel Institute Premium Grade*), est livré en sacs de 18,1 kg (40 lb). On note aussi l'émergence d'un marché institutionnel (écoles, bâtiments municipaux,…) et industriel qui reçoit les granules en vrac.

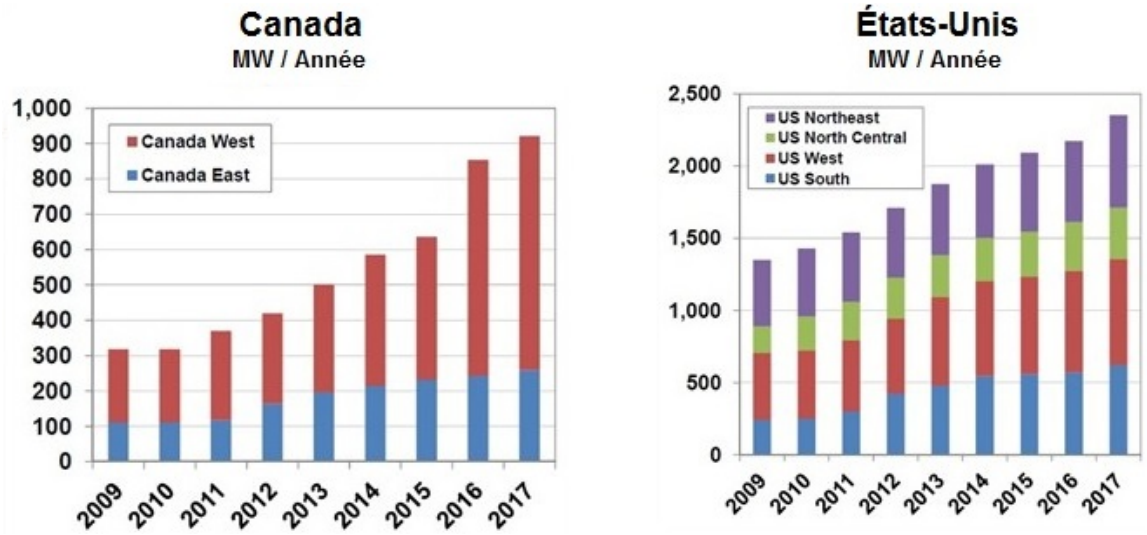
D'autre part, des mesures incitatives actuellement définies par les gouvernements pour réduire les émissions de GES, augmenter la part de l'énergie renouvelable et diminuer la dépendance énergétique seront progressivement mises en place en Amérique du Nord et devraient avoir un impact majeur sur le développement de l'industrie. La conversion de la centrale Atikokan[123] (Ontario) qui deviendra, en 2014, la plus grande centrale à 100 % biomasse en Amérique du

[123] *Atikokan Generating Station Biomass Conversion Project*, *Ontario Power Generation inc.* (consulté 2013-10-09).

Nord en est un exemple. Ces installations consomment des granules industriels livrés en vrac et entreposés dans de grands silos ou abris.

Les graphiques suivants illustrent cette tendance, au Canada et aux États-Unis.

Graphique 7 : Production d'énergie à partir de biomasse, au Canada et États-Unis (MW/année) (2009-2017)



Source : *Adapté de RISI North American Bioenergy 5-Year Forecast, Seth Walker, Oct. 2012*

Exportations

En 2012, 97 % de la demande étrangère pour les granules de bois canadien provenait des cinq pays suivants : Royaume-Uni, Pays-Bas, Japon, États-Unis et Italie. Le Royaume-Uni a acheté à lui seul 58 % des granules exportés. À l'été 2013, ce pays était en voie d'importer environ 1,1 million de tonnes de granules canadiens, soit une augmentation de près de 300 000 tonnes comparativement à l'année précédente.

À noter toutefois deux changements sur les marchés outremer[124]. D'abord, les exportations canadiennes vers les Pays-Bas ont chuté de 253 481 tonnes en 2012 à pratiquement rien, en 2013 (août 2013). Avant août 2006, les producteurs néerlandais générant de l'électricité à partir de biomasse avaient droit à la subvention MEP[125]. Bien que cette subvention ait été annulée en 2006, les installations alimentées en partie à la biomasse ont continué à recevoir la MEP jusqu'à la fin de la période de la subvention (dix ans après l'octroi de celle-ci). En 2013, dix années se sont écoulées depuis l'octroi de la subvention initiale pour de nombreuses installations qui dépendent de la production d'énergie à partir de biomasse, y compris les centrales électriques néerlandaises de GDF Suez, EON et RWE.

124 Tendances de la production des granules de bois au Canada, Ressources naturelles Canada, 21 août 2013.

125 *Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie subsidie (MEP)* : Subvention pour la production d'électricité qui préserve la qualité de l'environnement.

Deuxièmement, le Royaume-Uni s'est imposé comme marché dominant pour les granules de bois canadiens et représente 75 % de la demande étrangère en 2013. Le secteur britannique de l'électricité est encouragé par l'existence d'un certificat d'obligation renouvelable (COR) de 1,5 COR/MWh d'électricité renouvelable produite. En raison de l'obligation de produire une certaine partie de l'énergie à partir de sources d'énergie renouvelable, la valeur marchande de ces certificats, en 2012-2013, était de 40,71 £/MWh (plus de 58 $ CA/MWh).

Les tableaux ci-dessous indiquent les 5 principaux pays et 7 principaux États américains importateurs de granules produits au Canada, en 2012 et 2013 (données mises à jour en août 2013). On peut noter l'arrêt brusque des importations néerlandaises.

Tableau 22 : 5 principaux pays importateurs de granules canadiens. Quantité (tonnes) et valeur ($), 2012 et 2013

Pays	2013*		2012	
	Quantité (Tonnes)	Valeur $ CA (x 1000)	Quantité (Tonnes)	Valeur $ CA (x 1000)
Royaume-Uni	804 473	116 479	794 379	116 859
Pays-Bas	0	0	253 481	36 321
Japon	42 748	6 480	105 640	15 708
États-Unis	73 468	15 516	86 665	18 180
Italie	89 472	15 694	85 057	14 268
Tous les pays	**1 056 110**	**161 473**	**1 368 996**	**208 206**

Note : Données de Statistique Canada (consultées en octobre 2013)
*Entre janvier et août 2013

Source : Statistiques Canada, octobre 2013

À titre indicatif, ces données nous permettent d'établir le prix moyen des granules vendus dans ces 5 pays à 152 $ CA/tonne en 2012 et à 153 $ CA/tonne en 2013.

La valeur des exportations canadiennes de granules totalisait 208 M$ CA, en 2012 dont 94 % furent expédiés outre-mer[126].

[126] Tendances de la production des granules de bois au Canada, Ressources naturelles Canada, 21 août 2013.

Tableau 23 : 7 principaux États américains importateurs de granules canadiens. Quantité (tonnes) et valeur ($), 2012 et 2013

Pays	2013*		2012	
	Quantité (Tonnes)	Valeur $ CA	Quantité (Tonnes)	Valeur $ CA
Massachusetts	16 316	3 387 663	22 162	4 324 803
Pennsylvanie	14 747	3 293 114	10 433	2 593 691
New Hampshire	16 080	3 196 440	20 382	4 040 198
Vermont	9 138	1 987 585	9 211	1 986 877
New York	5 981	1 273 031	6 274	1 351 960
Maine	4 703	1 057 623	9 656	2 098 510
Connecticut	2 767	590 512	4 597	957 528
États-Unis (Total)	**73 468**	**15 515 853**	**86 665**	**18 180 342**

Note : Données de Statistique Canada (consultées en octobre 2013)

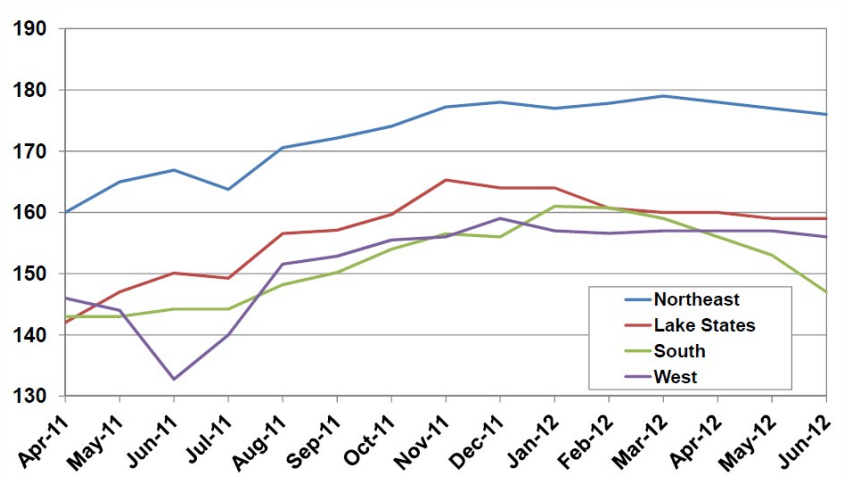
*Entre janvier et août 2013

Source : Statistiques Canada, octobre 2013

À titre indicatif, ces données nous permettent d'établir le prix moyen des granules vendus aux États-Unis à 210 $ CA/tonne en 2012 et à 211 $ CA/tonne en 2013.

Le graphique suivant met en évidence la différence de prix en fonction des grandes régions américaines. Les fabricants de granules écoulant leur production dans la région du nord-est américain, à proximité du Québec, obtiennent un meilleur prix pour leurs produits.

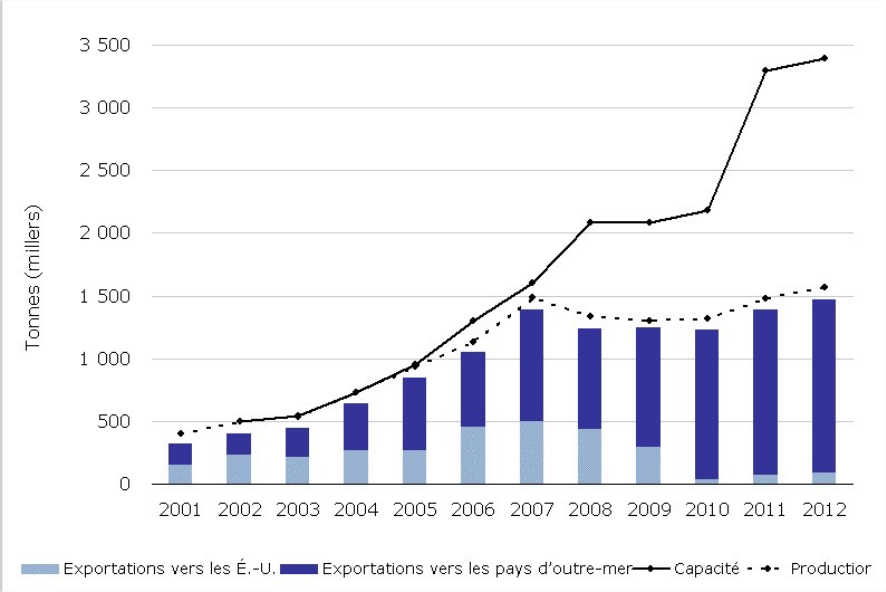
Graphique 8 : Granules – Prix distributeur / région, États-Unis, avril 2011 à juin 2012 (US $/tonne)



Source: *RISI North American Bioenergy 5-Year Forecast*, Seth Walker, Oct. 2012

Le graphique suivant montre bien l'importance des exportations outremer et également la capacité de production canadienne qui est au moins du double des volumes de granules effectivement livrés en 2012. Les usines québécoises affichaient également, fin 2012, une production équivalente à environ 50 % de leur capacité de production[127].

Graphique 9 : Capacité, production effective et exportations de granules de bois au Canada, 2001-2012



Source : Tendances de la production des granules de bois au Canada, Ressources naturelles Canada, 21 août 2013

Fabricants

Selon la compilation du *Canadian Biomass Magazine*, mise à jour en mars 2013, la capacité actuelle des 41 usines opérationnelles au Canada est d'environ 3 282 000 tonnes/an.

Avec une capacité moyenne de 144 000 tonnes/usine, les 13 usines situées en Colombie-Britannique ont une capacité annuelle totale de 1 875 000 tonnes, plaçant cette province au 1er rang canadien avec plus de 57 % de la capacité nationale. Les plus grandes usines peuvent produire 400 000 tonnes/années.

Le Québec compte sept fabricants exploitant neuf usines de granules. Au total, elles ont une capacité de production de 640 000 tonnes/an ou, en moyenne, près de 70 000 tonnes/usine. Le Québec occupe le deuxième rang, avec environ 19,5 % de la capacité canadienne. Les plus grandes usines peuvent produire près de 120 000 tonnes/années.

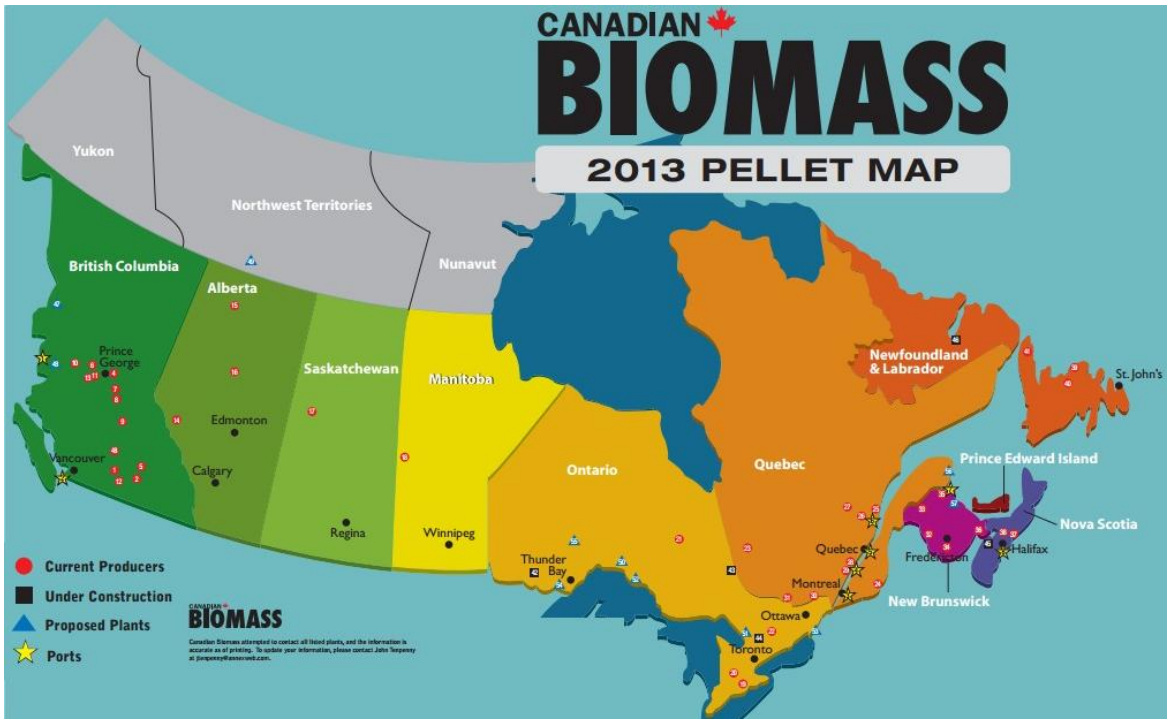
127 Portrait des marchés de granules de bois, QWEB, Pierre-Olivier Morency, nov. 2012.

Voici quelques traits qui caractérisent l'industrie de l'Est canadien et son marché[128] :

- Capacité petite ou moyenne des usines (vs Ouest canadien et sud-est, EU);
- Distances importantes du transport routier (= coûts de transport élevés); et,
- Coût de la fibre élevé;
- Marché dans l'Est canadien et Nouvelle-Angleterre, pour le chauffage;
- Très peu d'exportation vers l'Europe;
- Granules principalement vendus en sacs, très peu en vrac;

La carte suivante montre les usines de granules en opération, en construction et projetées au Canada. Ces données ont été mises à jour en mars 2013.

Figure 9 : Carte des usines de granules au Canada (en opération, en construction et projetées)



Source : Adapté de *Canadian Biomass, 2013 Pellet Map*, *Canadian Biomass Magazine*, mars 2013

Le tableau suivant liste les usines de granules en opération au Canada. Elles sont représentées par un point rouge sur la carte ci-dessus.

128 Portrait des marchés de granules de bois, QWEB, Pierre-Olivier Morency, nov. 2012.

Tableau 24 : Liste des usines de granules en opération au Canada

Current Producers				
	Name	City	Prov	Capacity (tonne/yr)
1	Highland Pellet Manufacturing	Merritt	BC	90,000
2	Okanagan Pellet Company	Kelowna	BC	50,000
3	Nations Energy	Kamloops	BC	35,000
4	Pacific Bioenergy	Prince George	BC	400,000
5	Pinnacle Pellet Armstrong	Armstrong	BC	50,000
6	Pinnacle Pellet Burns Lake	Burns Lake	BC	400,000
7	Pinnacle Pellet Meadowbank	Strathnaver	BC	200,000
8	Pinnacle Pellet Quesnel	Quesnel	BC	90,000
9	Pinnacle Pellet Williams Lake	Williams Lake	BC	150,000
10	Pinnacle/Canfor Houston Pellet	Houston	BC	150,000
11	Premium Pellet	Vanderhoof	BC	140,000
12	Princeton Co-generation	Princeton	BC	90,000
13	Vanderhoof Specialty Wood Products	Vanderhoof	BC	30,000
14	Foothills Forest Products	Grande Cache	AB	25,000
15	La Crete Sawmills	La Crete	AB	60,000
16	Vanderwell Contractors	Slave Lake	AB	60,000
17	Meadow Lake Tribal Council	Meadow Lake	SK	6,000
18	Spruce Products	Swan River	MB	2,000
19	Canadian Biofuel	Springford	ON	100,000
20	Gildale Farms	St. Marys	ON	4,000

Current Producers				
	Name	City	Prov	Capacity (tonne/yr)
21	Industries Lacwood	Hearst	ON	7,000
22	Direct Pellet Industries	Haliburton	ON	10,000
23	Boreal Pellet	Amos	QC	50,000
24	Energex Pellet Fuel	Lac-Mégantic	QC	120,000
25	Granulco	Sacré-Coeur	QC	40,000
26	Granules LG	Mashteuiatsh	QC	80,000
27	Granules LG	St-Félicien	QC	120,000
28	Granules de la Mauricie	Shawinigan-Sud	QC	30,000
29	Lauzon Recycled Wood Energy	St-Paulin	QC	30,000
30	Lauzon Recycled Wood Energy	Papineauville	QC	40,000
31	Trebio	Portage-du-Fort	QC	130,000
32	Crabbe Lumber	Bristol	NB	40,000
33	Groupe Savoie	St-Quentin	NB	55,000
34	Marwood	Tracyville	NB	10,000
35	Shaw Resources	Belledune	NB	75,000
36	TP Downey	Hillsborough	NB	30,000
37	Scotia Atlantic Biomass	Middle Musquodoboit	NS	120,000
38	Shaw Resources	Shubenacadie	NS	90,000
39	Cottles Island Lumber Company	Summerford	NL	12,000
40	Exploits Pelletizing	Bishop's Falls	NL	1,200
41	Holson Forest Products	Roddickton	NL	60,000

Sources : Adapté de *Canadian Biomass, 2013 Pellet Map*, *Canadian Biomass Magazine*, mars 2013 et *Pellet plants list*, 2013

Tableau 25 : Liste des usines de granules en opération au Québec

Fabricant	Localité
Granulco inc.	Sacré-Cœur
Granule Boréal inc.	Amos
Granules combustibles Energex inc.	Lac-Mégantic
Granules de la Mauricie inc.	Shawinigan
Granules L.G. inc.	2 usines : Saint-Félicien et Mashteulatsh
Lauzon bois énergétique recyclé inc.	2 usines : Papineauville et Saint-Paulin
Trebio	Portage du Fort

3.7 BOIS LAMELLÉ-COLLÉ

Une certaine proportion de bois de trituration de feuillus durs pourrait être récupérée pour en faire des sciages entrant dans la fabrication des BLC, d'autant plus que les propriétés de certaines essences conféreraient aux produits finis des caractéristiques mécaniques et physiques très intéressantes.

Beaucoup d'informations présentées dans ce chapitre traitent des BLC fabriqués à partir de résineux, car ces essences sont massivement employées dans le marché et spécifiées dans les normes régissant actuellement la fabrication de ce type de produits.

Produit

Description

Composé d'un empilage de pièces de bois, rabotées et préjointées, puis collées sous presse avec des colles hydrofuges, le BLC allie l'esthétique aux propriétés structurales. Il permet des sections droites ou courbes de grandes dimensions, dotées d'une meilleure stabilité que les pièces en gros bois d'œuvre. Il est utilisé comme poutre, colonne ou arche dans des longueurs limitées principalement par le transport. Il est offert avec différents niveaux de finition selon les fournisseurs, allant du simple rabotage (industriel) au fini architectural (qualité) qui est apte à recevoir les couches de finition.[129]

Les BLC se divisent en deux catégories, soit ceux conformes à la norme CSA O122 (2006), aussi appelés BLC « génériques », ou ceux dits « propriétaires » dont la configuration, les essences de bois et autres caractéristiques ne sont pas conformes à cette norme.

Dimensions

Le tableau suivant indique les largeurs finies courantes des BLC rectilignes génériques, selon la norme CSA O122 intitulée « Bois de charpente lamellé-collé ».

[129] Bois lamellé-collé, Cecobois, page consultée le 11 novembre 2013.

Tableau 26 : Dimensions courantes des BLC rectilignes (norme CSA O122)

Largeur (mm)	Largeur (po)	Hauteur (mm)	Hauteur (po)
80	3 1/8	76 mm et plus (en multiple de 38 mm)	3 po et plus (en multiple de 1½ po)
105	4 1/8		
130	5 1/8		
175	6 7/8		
215	8½		
225	8 7/8		
265	10 3/8		
275	10 7/8		
315	12 3/8		
365	14 3/8		
415	16 3/8		
465	18 3/8		
515	20 1/4		

Source : Guide technique sur la conception de poutres et colonnes en gros bois, CECOBOIS, 2012

Outre les dimensions inscrites au tableau ci-dessus, les BLC peuvent être fabriqués sur mesure afin de se conformer aux exigences requises d'un projet donné. Les BLC rectilignes peuvent aller jusqu'à 18,9 m (62 pi) de longueur, ceux cintrés et les arches, jusqu'à 24 m (78'-9''). Pour les charpentes lourdes, les arches en lamellé-collé peuvent atteindre des portées dépassant 70 m (235 pi) [130].

Les dimensions normalisées ont été développées pour les BLC canadiens dans le but d'optimiser l'utilisation du bois. Elles sont des multiples des dimensions du bois de lamelles utilisé pour la production du lamellé-collé. Adéquates pour la plupart des applications, les dimensions normalisées permettent aux concepteurs d'économiser et d'obtenir une livraison rapide du bois. Pour plus de détails concernant les dimensions disponibles pour les BLC, visitez la section Produits du bois – Bois lamellé-collé – Dimensions disponibles sur le site du Conseil canadien du bois.

Diverses applications

Il existe aujourd'hui une gamme complète de bois d'ingénierie fabriqués au Québec (dont des BLC) et qui offre d'excellentes propriétés mécaniques qui se prêtent parfaitement aux applications commerciales.

- Éléments structuraux : poteaux, poutres, linteaux, madriers, colonnes, arches, composants de fermes de toit de gros calibres, etc.;

- D'autres produits, non structuraux, peuvent aussi être fabriqués grâce au BLC, mais ne font pas l'objet de ce rapport : limons et marches d'escaliers, carrelets pour portes et fenêtres, composants de meubles, etc.

[130] Résistance mécanique, Cecobois, page consultée le 8 novembre 2013.

Photo 29 : Différents exemples et usages du lamellé-collé

Source : Groupe Gàmiz

Source : *Inwood Develop,ments Ltd*.

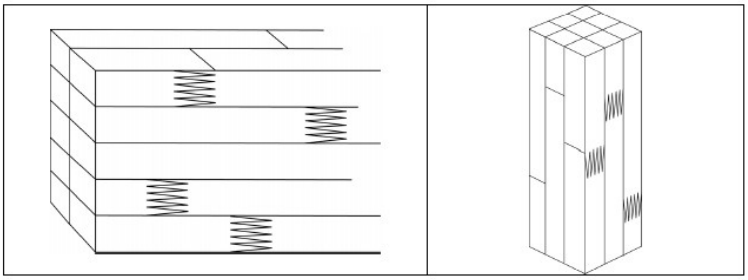
Source : Bois.com

Source : Art Massif

Source : Tecolam

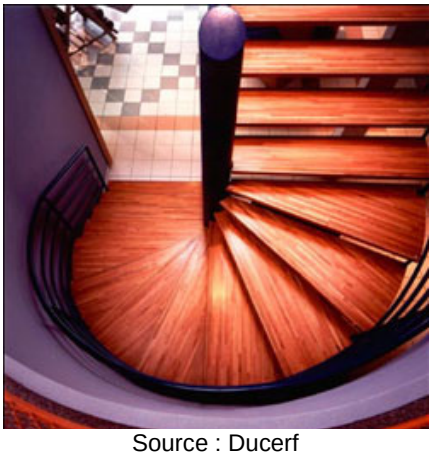
Source : Nordic

Schéma 2 : Détails des joints à entures multiples des poutres et poteaux Nordic Lam™



Source : CCMC

Photo 30 : Autres exemples d'applications du lamellé-collé



Source : Ducerf

Source : Ducerf

Avantages de BLC vs produits actuels (bois massifs ou autres matériaux)

Avantages pour les produits en bois résineux et en feuillus :

- Permet la valorisation de pièces de petites sections;
- Grande résistance mécanique;
- Stabilité dimensionnelle accrue (moins de fentes);
- Formes architecturales complexes;
- Esthétisme des formes;
- Meilleure résistance au feu vs métal; et,
- Séchage mieux maîtrisé.

Avantages pour les BLC en feuillus vs résineux :

- Meilleures caractéristiques mécaniques (50 % + fort); et,
- Meilleure résistance à la dégradation fongique.

Normes

Les BLC sont des produits de haute technologie, qui ont été testés et vérifiés en laboratoire et qui offrent toute la solidité requise en service. Leur conception, leur performance et leur fabrication sont régies par plusieurs normes. Voici les principales :

Canada

- CAN/CSA-O86-01 (2009) Règles de calcul des charpentes en bois

  Cette norme énonce les critères de calcul et d'évaluation des charpentes et des éléments de charpente en bois ou en matériaux dérivés du bois, y compris le bois de charpente classifié, le bois lamellé-collé, le contreplaqué non poncé, les panneaux de lamelles orientées (OSB), les éléments de charpente composés, les murs de refend et les diaphragmes, les pieux de gros bois, la construction à poteaux, les solives en I préfabriquées en bois, le bois de charpente composite, les fondations en bois traité et les attaches de tous ces éléments. Elle est basée sur le calcul aux états limites.

- CAN/CSA-O122-F06 (C2011): Bois de charpente lamellé-collé

  Cette norme prescrit les exigences minimales relatives à la fabrication du bois lamellé-collé des essences énumérées dans la CAN/CSA-O86. Cette norme ne tient pas compte de l'entreposage, de la manutention ni de la mise en œuvre de ces produits fabriqués.

- CSA O177-F06 (C2011) Règles de qualification des fabricants de bois de charpente lamellé-collé

  Cette norme concerne le contrôle de la qualité de la fabrication nécessaire afin de veiller à ce que les propriétés du produit se mesurent adéquatement aux résistances prescrites pour le bois lamellé-collé, conformément à la CAN/CSA-O86. Cette norme énonce les règles de qualification des fabricants de bois de charpente lamellé, collé par pression ou par des moyens mécaniques autres que le clouage[131].

  La CSA O177 énonce également les exigences qui permettent de déterminer l'aptitude initiale et continue d'une usine et de son personnel ainsi que celle du matériel et des méthodes de fabrication de bois de charpente lamellé-collé, conformément à la CSA O122.

- Série de normes CSA O112

  Les BLC sont des produits d'ingénierie collés à partir d'adhésifs hydrofuges structuraux de haute performance qui doivent répondre aux exigences de résistance mécanique, de durabilité (délamination) et de déformation prescrites dans les normes CSA O112.6, O112.7, O112.9 ou O112.10 selon le type d'adhésif utilisé ainsi que l'application anticipée du produit (milieu sec ou humide).

- Centre canadien des matériaux de construction (CCMC)

  Dans le cas des BLC propriétaires, la configuration, les essences de bois, la longueur des lamelles, etc. ne sont pas conformes à la norme CSA O122. Cependant, leur fabrication et leur performance doivent permettre de respecter sensiblement les mêmes classes de contraintes que celles décrites dans cette norme. À cette fin, ces produits doivent être évalués et approuvés par le CCMC. Le produit Nordic Lam™ est un exemple de BLC propriétaire.

États-Unis

L'*APA-Engineered Wood Association* propose trois normes de l'*American National Standards Institute (ANSI)* relatives au lamellé-collé[132]. Il y a aussi une norme proposée par *The American Institute of Timber Construction (AITC)* :

- ANSI 117 : Normes relatives à la structure de bois lamellé-collé pour les espèces de résineux;

- ANSI 405-2008 : Norme pour adhésifs à usage de charpente en bois lamellé-collé;

- ANSI A190.1-2012 : Norme pour les produits du bois de charpente en bois lamellé-collé.

- *AITC[133] 119-96 : Standard Specifications for Structural Glued Laminated Timber of Hardwood Species*

[131] À titre indicatif, TECOLAM, Art Massif Structure de bois ont obtenu la certification CSA O177-06 pour leurs usines et CSA O122-06 pour leurs produits, octroyée par l'APA.

[132] Le tableau 2 dans la section Marché indique que le Canada aurait exporté plus de 7 700 m³ de bois lamellé-collé en 2012. Il est possible de penser que ces normes ont été respectées si les produits ont été exportés aux États-Unis.

Europe

La norme suivante encadre les produits de bois lamellé-collé en Europe et fait référence aux éléments spécifiques comme par exemple, les colles et produits de traitement :

NF EN 14080 Août 2013 : Structures en bois - Bois lamellé-collé et bois massif reconstitué[134]

La présente norme européenne spécifie les exigences de performance des produits en bois lamellé-collé suivants : - bois lamellé-collé (BLC); - bois massif reconstitué; - bois lamellé-collé avec aboutages à entures multiples de grandes dimensions; - bois lamellé-collé en bloc; destinés à être utilisés dans les bâtiments et les ponts. Elle spécifie également les exigences minimales de fabrication, ainsi que les dispositions relatives à l'évaluation et à l'attestation de la conformité et au marquage des produits BLC.

Elle est applicable :

- Au bois lamellé-collé fabriqué à partir des essences de bois de résineux énumérées dans la présente norme ou de peuplier, constitué de deux lamelles ou plus, ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 45 mm (inclus). Également, il peut être possible de fabriquer du bois lamellé-collé réalisé à partir des essences de bois feuillus en se basant sur ses exigences.
- Aux aboutages à entures multiples de grandes dimensions réalisés dans un bois lamellé-collé, avec une longueur d'enture d'au moins 45 mm.
- Au bois lamellé-collé en bloc de sections rectangulaires massives.
- Aux produits BLC traités contre les attaques biologiques. Les produits lamellés collés traités par des produits ignifuges ne sont pas couverts.

Procédés

Essences de bois/ matière première

Le Wood Handbook (FPL, 2010)[135] indique que plusieurs essences de bois résineux sont communément utilisées pour la fabrication de BLC. Cependant, pratiquement toutes les essences (résineuses et feuillues)[136] peuvent être utilisées dans la mesure où leurs propriétés mécaniques et physiques sont adéquates et qu'elles peuvent être convenablement collées. D'ailleurs, des procédures sont en place pour inclure d'autres espèces. Les réalisations faites dans plusieurs régions du monde prouvent que les bois de feuillus rencontrent ces exigences et qu'ils sont aptes à la fabrication de produits de bois d'ingénierie[137].

À cet égard, voici quelques fabricants de bois d'ingénierie, en Europe, en Australie qui produisent des BLC en feuillus en utilisant des essences tels le châtaignier, le hêtre et le chêne : BS Holz (Allemagne) Groupe Ducerf (France), Groupe Gàmiz (Espagne), Hyne

133 *The American Institute of Timber Construction* (AITC).
134 NF EN 14080 Août 2013, Groupe AFNOR, page consultée le 2013-11-13.
135 *Wood Handbook : Wood as an Engineering Material, Forest Products Laboratory, 2010.*
136 Le tableau 3 de la norme AITC 119-96 présente certaines essences de feuillus incluses à cette norme datant de 1996.
137 Adapté de *Aboutage de l'érable à sucre pour la fabrication de produits de bois d'ingénierie structuraux*, DAGENAIS, Christian, Mémoire présenté dans le cadre du programme de la maîtrise en Sciences du bois, Université Laval, juillet 2007, p. 47.

Company (Australie), Inwood Developments Ltd (Royaume-Uni) Laminated Timber Supplies (Australie). Les poutres sont destinées aux usages intérieur et extérieur. Grâce à la résistance mécanique élevée des BLC de feuillus, les fabricants proposent des poutres à section réduite et des raccordements plus compacts.

D'autre part, les pièces de bois constituant les lamelles peuvent être courtes et de petites sections. À titre d'exemple, celles utilisées pour la fabrication des produits Nordic Lam™ ont une longueur typique de 900 mm, mais jamais inférieure à 685 mm et une section de 38 mm X 38 mm[138].

Autres constituants (ex. : colles, résines, finis, etc.)

- Colles conformes à la norme CSA O112.
- Bouche-pores pour éléments en bois lamellé-collé : liquide pénétrant, transparent et ne jaunissant pas[139].

Plus les pièces de bois sont de petites tailles, plus la quantité de colle requise est importante, influençant à la hausse le coût de cet intrant.

Procédés

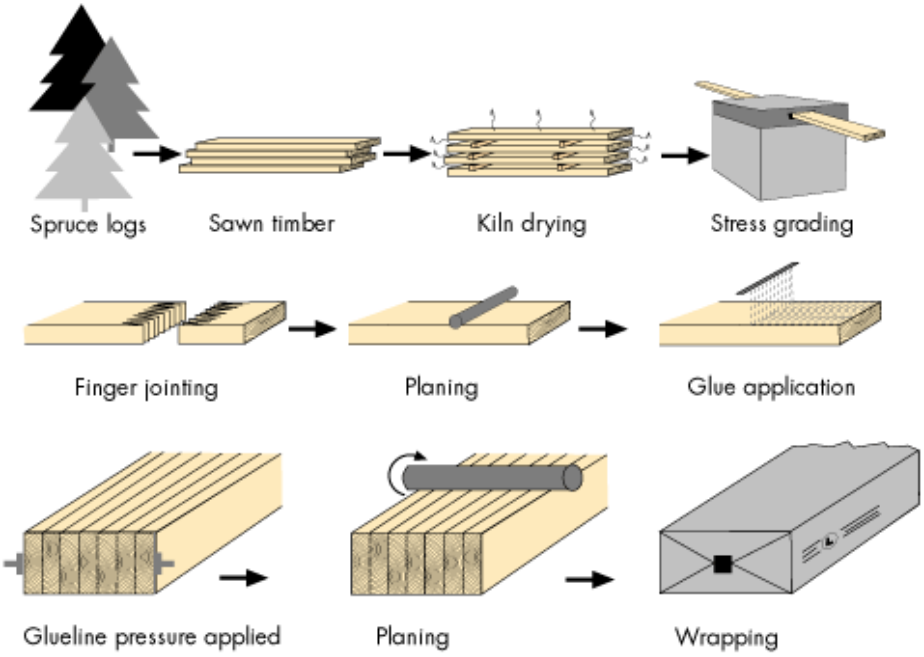
Comme il a été vu précédemment dans la partie « normes », la fabrication des BLC est régie par la norme CSA O122. De plus, le Code national du bâtiment du Canada (CNBC) exige que les éléments en BLC soient fabriqués dans une usine conforme aux exigences de la norme CSA O177 (2006).

Les étapes de fabrication du lamellé-collé[140] :

- Réception et entreposage des avivés;
- Séchage et stabilisation;
- Classement du bois;
- Purge des défauts (flache, gerces, noeuds);
- Aboutage;
- Rabotage;
- Encollage des lamelles;
- Pressage et mise en forme;
- Rabotage;
- Taille;
- Finition et préservation; et,
- Emballage.

138 CCMC – Rapport d'évaluation du Nordic Lam™ ,Nordic , Bois d'ingénierie
139 Ouvrage en bois lamellé-collé, CECOBOIS, septembre 2010, p. 4.
140 Le bois lamellé-collé : esthétique et performant, Bois.com

Figure 10 : Procédé de fabrication du BLC



Source : Svenskt Trä

Le procédé vs les règles environnementales

Au Québec, Tecolam, Nordic et Goodfellow sont certifiés FSC pour leur gestion responsable de la forêt.

Taille de l'usine souhaitable

L'usine de Técolam de Val-d'Or, inaugurée en mai 2011 et qui emploie une vingtaine de personnes, a nécessité des investissements de 6 millions de dollars.[141]

Besoin de R&D

Voici quelques éléments qui pourraient faire l'objet de travaux de recherche et développement :

- Déterminer dans quelles applications il serait préférable d'utiliser des BLC de feuillus;
- Statuer sur la possibilité de combiner des lamelles de feuillus avec d'autres en bois résineux;
- Optimiser la rentabilité avec des petites pièces de longueur variant entre 30 et 180 cm (1 et 6 pieds);
- Développement de normes;

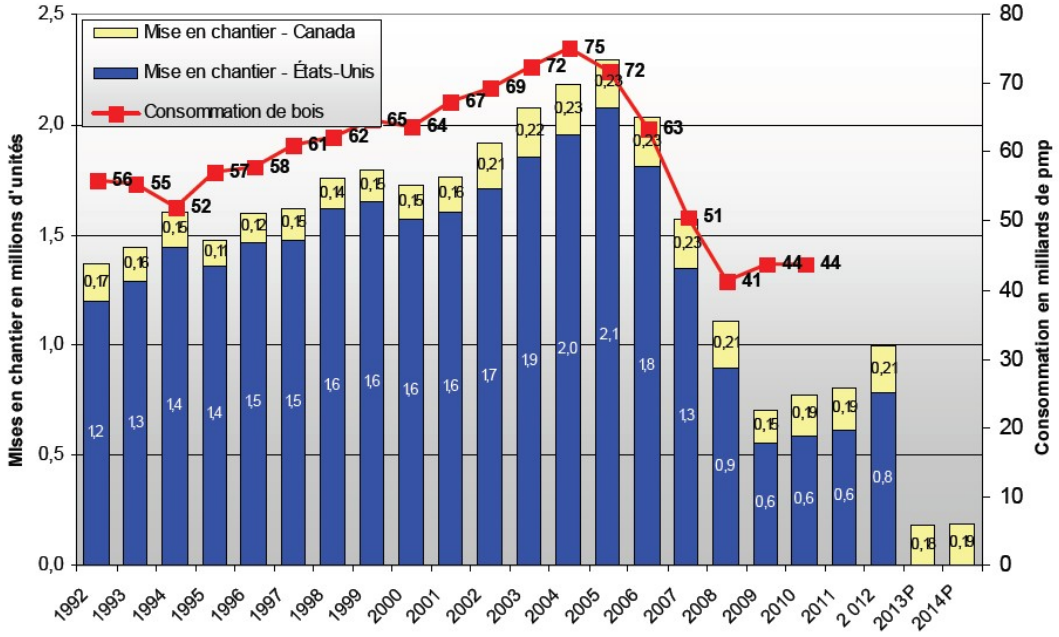
[141] *Inauguration de l'usine Técolam*, Radio-Canada, 10 mai 2011, page consultée le 2 octobre 2013.

- Une étude de faisabilité technicoéconomique sera nécessaire afin de valider la rentabilité de la fabrication de BLC à partir de pièces de petite taille obtenues de bois de trituration de feuillus : impact économique (aboutage et consommation de colle) et impact sur les propriétés du BLC produit.

Marché

Le ministère des Ressources naturelles du Québec a publié en septembre dernier certaines données concernant le secteur des composants de structure. Dans le tableau suivant, il est possible de constater une reprise des mises en chantier résidentielles et de la consommation de bois d'œuvre résineux en Amérique du Nord après 2009. Les BLC pourraient prendre une partie de ce marché suite à cette reprise.

Graphique 10 : Mises en chantier résidentiel et consommation de bois d'œuvre résineux en Amérique du Nord

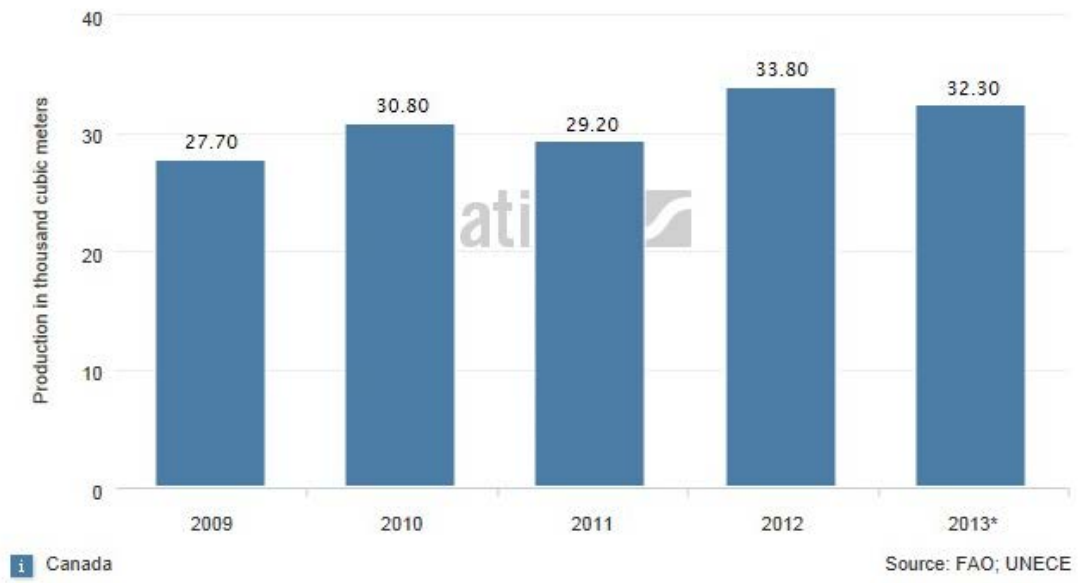


Source : Tableau de bord du secteur des composants de structure
Ministère des Ressources naturelles du Québec[142]

Le graphique suivant montre les niveaux de production de BLC au Canada, entre 2009 et 2012 et les prévisions pour 2013, tel que présentés dans une étude réalisée par la FAO. En 2012, la production canadienne totalisait, 33 800 m^3. Celle-ci devrait diminuer légèrement en 2013, pour atteindre 32 300 m^3.

142 Tableau de bord du secteur des composants de structure, ministère des Ressources naturelles du Québec.

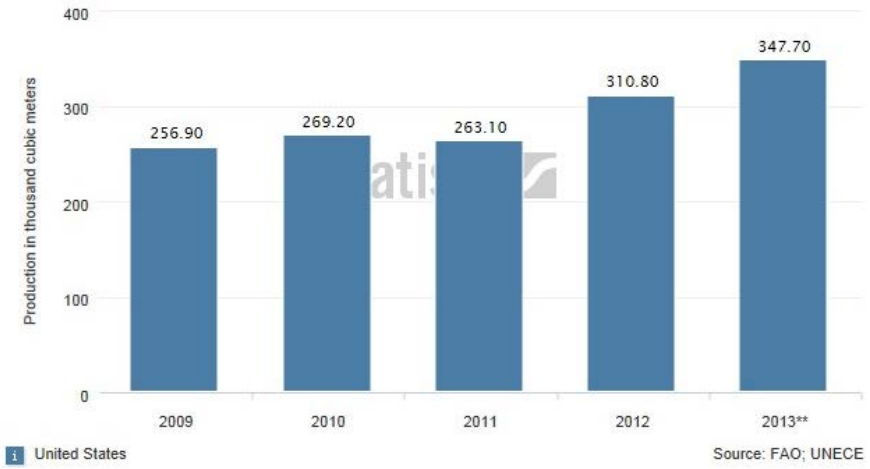
Graphique 11: Production de BLC au Canada, de 2009 à 2012, et les prévisions pour 2013 (x 1 000 m^3)



Source : Statista

Le graphique suivant montre les niveaux de production de BLC aux États-Unis, entre 2009 et 2012 et les prévisions pour 2013. En 2012, la production américaine totalisait 310 800 m^3. En 2013, celle-ci devrait croitre de près de 12 % pour atteindre 347 700 m^3.

Graphique 12 : Production de BLC aux États-Unis, de 2009 à 2012 et les prévisions pour 2013 (x 1 000 m^3)

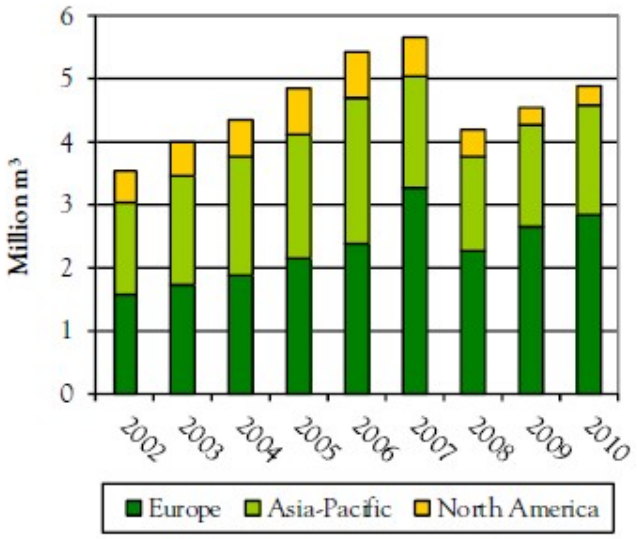


Source : Statista

D'autre part, une analyse réalisée par l'APA - *Engineered Wood Association*, concluait qu'en 2011, plus de 67 082 000 pmp de BLC ont été employés dans le secteur des petits bâtiments non résidentiels, aux États-Unis[143].

Enfin, dans sa revue annuelle du marché des produits forestiers, la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (UNECE/FAO) évaluait, en 2012, que le BLC est le produit d'ingénierie qui occupe le plus large segment sur les marchés européens et qu'il est pratiquement en croissance constante depuis 2000. Il est possible de constater la différence de consommation de ce produit entre l'Europe, l'Asie-Pacifique et l'Amérique du Nord dans le tableau suivant[144].

Graphique 13 : Le développement des principaux marchés (consommation) pour le BLC produits à l'échelle mondiale, entre 2002-2010



Source: *Forest Products Annual Market Review, Chap. 12, UNECE/FAO, 2011-2012*

La même étude propose un tableau permettant de constater les différentes utilisations reliées à la consommation de ce produit en Amérique du Nord entre 2010 et 2012.

143 *Wood & other Materials Used to Construct Nonresidential building*, *APA, United States*, *2011, p.10.*

144 *Value-added wood products markets - 2011-2012*, *PAHKASALO, Tapani, UNECE/FAO Forest Products Annual Market Review, 2011-2012, p. 137.*

Tableau 27 : Consommation, exportations, importations et production de BLC en Amérique du Nord, entre 2010 et 2012 (x 1000 m³)

	2010	2011	2012(f)	Change % 2010-2012
US consumption				
Residential	126.2	115.4	126.2	0.0
Non-residential	141.5	138.5	141.5	0.0
Industrial, other	20.0	18.5	20.0	0.0
Total	287.7	272.3	287.7	0.0
Exports	1.5	1.5	1.5	0.0
Imports	4.6	4.6	6.2	33.3
Inventory change	-15.4	13.8	15.4	
Production	269.2	283.1	298.5	10.9
Canada				
Consumption	23.1	23.1	21.5	-6.7
Exports	7.7	6.2	7.7	0.0
Production	30.8	29.2	29.2	-5.0
Total production	300.0	312.3	327.7	9.2

Notes: f= forecast. Conversion factor: 650 board feet per cubic metre. Canadian imports assumed to be minimal.

Source: *Forest Products Annual Market Review, Chap. 12, UNECE/FAO, 2011-2012*

Les compétences nécessaires (main-d'œuvre)

- Les éléments de charpente en lamellé-collé doivent être fabriqués dans une usine homologuée en vertu des exigences de la norme CAN/CSA -O177[145].

Quelques fabricants

Voici une liste de quelques fabricants de BLC de résineux et feuillus (F) :

Outre-mer

- *BS Holz*, Allemagne;
- *Fargeot Lamellé Collé*, France;
- *Groupe Gàmiz*, Espagne (F);
- *Groupe Ducerf*, France (F);
- *Hyne Company*, Australie (F);

[145] *Ouvrage en bois lamellé-collé*, Cecobois, septembre 2010, p. 2.

- *Inwood Developments Ltd*, Royaume-Uni (F);
- *Laminated Timber Supplies*, Australie (F);
- *Moelven Industrier ASA* Norvège;
- *Holzwerk Gebr. Schneider GmbH*, Allemagne;
- Voir aussi :
  - Portail du bois lamellé, un répertoire de différents fabricants en France;
  - GLTAA, Association australienne de fabricants de produits de bois lamellé-collé.

En Amérique

- *Anthony Forest Products Company*, Arkensas, États-Unis;
- *American Laminators*, Oregon, États-Unis;
- *Art Massif*, Saint-Jean-Port-Joli, Québec;
- *Calvert Company Inc.*, Colombie-Britannique;
- *Goodfellow Inc.*, Delson, Québec;
- *Nordic*, Chibougameau, Québec;
- *Structurlam*, Colombie-Britannique;
- *Técolam*, Val-d'Or, Québec;
- *Western Archrib*, Alberta et Manitoba;
- Voir aussi :
  - Répertoire des membres de l'APA, fabricants de BLC.

Matériaux concurrents

- Autres bois de charpente composites;
- Polymères;
- Acier;
- Béton;
- Bois massif;

Commentaires / Remarques[146]

Des efforts en recherche et développement devront être consentis pour être assurés d'obtenir les propriétés requises des BLC de feuillus durs. En effet, même si les feuillus durs d'ici peuvent avoir des caractéristiques mécaniques supérieures à celles de certains bois résineux, les normes canadiennes sur ces produits n'existent pas encore. Certaines questions demeurent :

- Peut-on utiliser les bois feuillus combinés avec les bois résineux?
- Quels sont les avantages d'utiliser le bois dur comparativement au bois mou?
- Devrait-on cibler la fabrication de produits spécifiques?
- À quand une normalisation adaptée pour les BLC de feuillus durs au Canada?

Quelles que soient les réponses, des efforts de mise en marché considérables devront être déployés pour assurer une bonne réussite avec ce produit.

[146] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.

3.8 CHARBON DE BOIS (BIOCHAR) – CHARBON ACTIVÉ

Le chapitre 3.8.1 traite du charbon issu de la carbonisation du bois tandis que le chapitre 3.8.2 présente quelques informations sur le charbon actif, obtenu de l'activation du charbon de bois.

3.8.1 CHARBON DE BOIS

Produit

Description

Le charbon de bois (biochar, biocharbon, biocoal, charcoal) est une matière riche en carbone, obtenue par la décomposition thermique (carbonisation) des composantes du bois, comme la cellulose[147]. Il faut distinguer le charbon de bois du charbon minéral (charbon, coal). Le charbon minéral est une matière fossile, également riche en carbone. Cependant, contrairement au charbon de bois, il contient une quantité importante de soufre et de mercure. Sa combustion est donc très polluante par rapport à celle du charbon de bois, qui est considérée comme carboneutre.

Photo 31 : Charbon de bois préparé sous différentes formes

Source : Charbon de Bois Feuille d'Érable

Source : *Growing New Life*

[147] Profil des produits forestiers – Technologies de bioénergies à base de biomasse forestière, MRNF – CRIQ, avril 2011, p. 76.

La **carbonisation** (pyrolyse lente) est une combustion lente de la biomasse qui se déroule avec un déficit d'air et une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique. Contrairement à la pyrolyse rapide, cette technique vise à produire le maximum de biocharbon (matière carbonée solide), au détriment de la biohuile.

Diverses applications

- Combustible pour cuisson (ex. : morceaux ou briquettes pour barbecue);
- Élément de filtration (effluents gazeux et liquides)[148];
- Source de carbone pour l'industrie sidérurgique (agent réducteur, entre autres, pour la production du ferrosilicium)[149];
- Amendement, fertilisant, structurant de sol (terra preta[150]);
  - Le biochar peut être ajouté à des sols dans le but d'en améliorer les fonctions et à réduire les émissions de gaz provenant de la biomasse qui se dégrade naturellement. Le biochar a également une valeur appréciable de séquestration du carbone[151];
- Conservateur d'aliment, additif alimentaire;
- Additif médicamenteux (pour humains et animaux);
- Intrant dans la fabrication de bisulfures de carbone, de cyanures de sodium et de carbures;
- Combustible en remplacement du charbon minéral dans les centrales énergétiques;
- Intrant pour la préparation du charbon activé.

Selon l'application, le charbon de bois se présente sous forme de morceaux (lump), de briquettes, de copeaux, de granules ou encore, sous forme de poudre.

Photo 32 : Briquettes de charbon de bois

Source : Carbobriq

148 Le biocharbon résultant de certains procédés possède des caractéristiques exceptionnelles qui offrent d'excellentes perspectives dans le marché en croissance de la capture du mercure dans les gaz d'échappement des centrales au charbon (Alterna Biocarbon).

149 Dans plusieurs pays, le charbon de bois est utilisé comme agent réducteur dans la fabrication de silicium métallique. Une fonderie de silicium typique peut utiliser 30 000 tonnes de charbon chaque année de cette façon. (Enecon – Charcoal, page consultée le 8 octobre 2013).
Au Québec, Silicium Québec S.E.C. (Bécancour) fabrique du silicium métallique.

150 La terre noire (terra preta en portugais) est un type de sol sombre d'origine humaine et d'une fertilité exceptionnelle due à des concentrations particulièrement élevées en charbon de bois (Wikipédia).

151 *International Biochar Initiative - What is Biochar?*, page consultée le 3 octobre 2013.

Le charbon de bois doit respecter des caractéristiques particulières selon les applications désirées. Il est possible d'obtenir ces caractéristiques grâce au contrôle des différents procédés de production. Voici ces principales caractéristiques[152] :

- La teneur en composés volatils; la plus faible possible;
- La teneur en carbone fixe; la plus haute possible;
- La granulométrie selon l'usage (ex. : fine pour le charbon actif, moyenne pour la métallurgie et grosse pour le barbecue);
- La teneur en cendre; la plus faible possible;
- La teneur limitée en certains métaux comme le potassium, le calcium et le sodium, selon l'usage du charbon.

Photo 33 : Augmentation de la productivité des cultures par l'amendement de sol avec du charbon de bois

Source : Pro-Natura International

Photo 34 : Supplément alimentaire

Source : Charbon de bois Feuille d'Érable

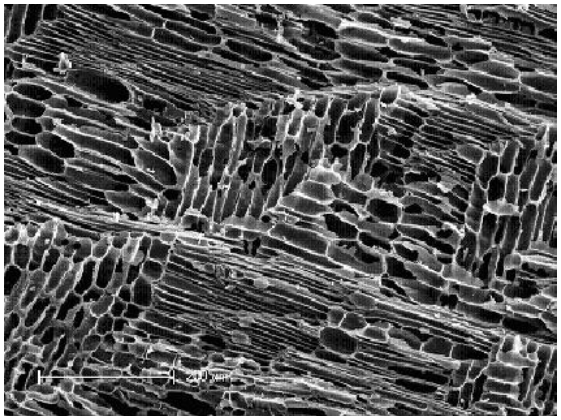
[152] Profil des produits forestiers – Technologies de bioénergies à base de biomasse forestière, MRNF – CRIQ, avril 2011, p. 76.

Avantages / inconvénients

Biochar[153] :

- Substrat propice à la colonisation par les microorganismes;
- Porosité permettant de retenir l'eau;
- Réduction de l'acidité dans le sol;
- Sécuritaire pour l'environnement;
- Permanent;
- N'altère pas le ratio carbone / hydrogène;
- Réduit les émissions de gaz à effets de serre provenant du sol;
- Améliore la rétention des nutriments.

Photo 35 : Porosité du biochar



Source: *Growing New Life*

Normes

La qualité du charbon de bois peut être définie et mesurée de diverses manières, qui découlent en général des exigences de telle ou telle utilisation.

La méthode d'essai de l'*American Society for Testing Materials ASTM D1762 – 84 (2013) : Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal* couvre la détermination de l'humidité, de matières volatiles et des cendres dans le charbon de bois. La méthode d'essai est applicable au charbon sous forme de morceaux (lump) et aux briquettes et est conçue afin d'évaluer la qualité du charbon de bois.

En Europe, la qualité du charbon pour barbecue et des briquettes de charbon de bois de barbecue est spécifiée dans la norme NF EN 1860-2 Juin 2005 intitulée « Appareils, combustibles solides et allume-barbecue pour la cuisson au barbecue - Partie 2 : charbon de bois et briquettes de charbon de bois pour barbecue - Exigences et méthodes d'essai ». Elle spécifie le taux de carbone fixe, la teneur en cendres, le taux d'humidité, la densité apparente, etc.

[153] *Growing New Life, Benefits of Biochar*, page consultée le 3 octobre 2013.

Procédés

Essences de bois / matière première

Généralement, le charbon de bois est préparé à partir de bois feuillus durs tels que l'érable, le merisier, le hêtre, le bouleau. Mais les essences de bois résineux peuvent aussi être utilisées.

Qualité du bois

Toute matière forestière peut être utilisée pour la fabrication de charbon de bois, qu'elle soit sous forme de billes (inaptes au sciage), bûches ou bois fragmenté. Lorsque de la sciure de bois, des copeaux ou broyats, de l'écorce ou encore certains résidus agricoles (épis de maïs et produits similaires) sont utilisés, le charbon résultant doit être mis sous forme de briquettes.

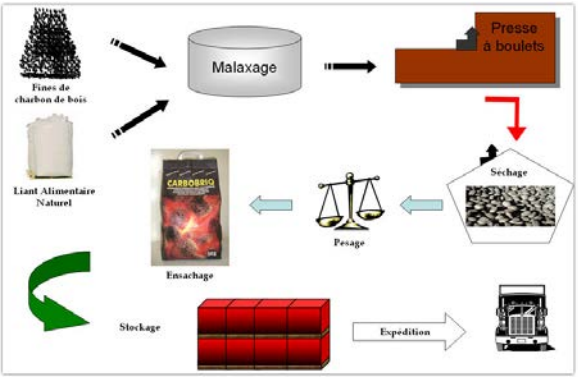
À titre indicatif, au Québec, les opérations forestières sur terres publiques dégageraient annuellement environ 6,5 millions de tonnes métriques anhydres de biomasse, potentiellement convertibles en biocharbon.

Le bois de trituration feuillu constituerait une bonne source de matière première afin de produire du charbon. Le fait d'utiliser les billes de petite dimension permettrait d'obtenir de plus gros fragments, si désirés. Il est toujours possible de réduire la taille de ces derniers par la suite afin de destiner le produit à d'autres applications.

Autres constituants

La farine et l'amidon de blé sont utilisés comme liant naturel avec de l'eau pour la préparation de briquettes.

Schéma 3 : Préparation de briquettes de charbon de bois



Source : Carbobriq

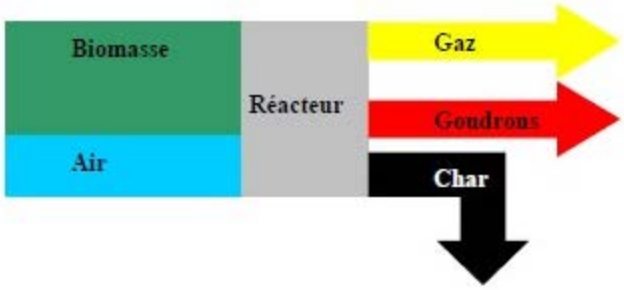
Procédés

Différentes technologies de carbonisation existent pour la production de charbon de bois à partir de la biomasse. Quelques-unes sont commercialisées et certaines sont brevetées. Il est possible de les distinguer selon leur mode de chauffage[154] :

1. Les procédés avec chauffage interne :

Dans ce mode, l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie par la combustion d'une partie de la biomasse et des gaz générés. Ceci nécessite un contrôle permanent et rigoureux de la quantité d'air introduite dans l'enceinte de réaction. Ce procédé est viable lorsque le coût de la matière première est faible (e.g déchets agricoles, de scierie, …). Typiquement, le rendement massique de ces procédés est faible et se situe entre 15 % et 25 % sur masse anhydre.

Schéma 4 : Représentation du mode de carbonisation par chauffage interne



Source : Benjamin Cluet et Romain Pénot, Valorisation énergétique du typha, Lermab, 2011

Les différents types de fours suivants utilisent ce principe :

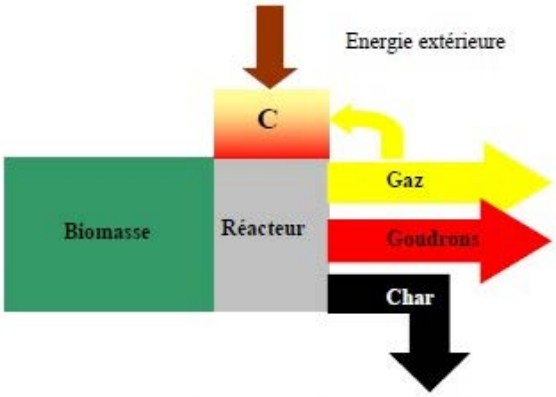
- Four Earthmound;
- Four Missouri;
- Four « Brezilian beehive »;
- Four CML.

2. Les procédés avec chauffage externe :

L'énergie nécessaire à la carbonisation de la charge est apportée par la combustion d'un carburant ou des gaz produits par la pyrolyse à l'extérieur du réacteur. Ce mode présente l'avantage de conserver des conditions anoxiques dans le réacteur, garantes d'une parfaite carbonisation. Typiquement, le rendement massique de ces procédés se situe entre 28 % et 32 % sur masse anhydre.

[154] Valorisation énergétique du typha, CLUET, Benjamin et Romain PÉNOT, Nancy-Université, Université Henri Poincaré, rapport de projet de fin d'études – Ingénieurs 3e année, 2011, pp. 10-17.

Schéma 5 : Représentation du mode de carbonisation par chauffage externe



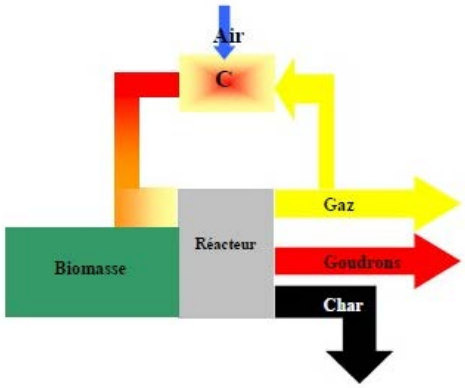
Source : Benjamin Cluet et Romain Pénot, Valorisation énergétique du typha, Lermab, 2011

- Four de Reichenbach (ou four Carbo);
- Four Bosnic;
- Four jumelé (ou VMR (Van Marion Retort))
- Four CG2000 Carboniser

3. Les procédés avec chauffage par contact avec des gaz chauds :

Une partie des gaz générés lors de la réaction de carbonisation est brûlée dans une chambre de combustion externe. Les gaz produits lors de la combustion sont injectés dans le réacteur, permettant ainsi l'apport d'énergie nécessaire au processus de carbonisation. Généralement, les rendements en charbon et en coproduits (récupérés par condensation) obtenus par ces procédés sont élevés. La combustion des gaz peut être aussi envisagée afin de produire de la vapeur qui alimentera une turbine ou qui servira pour le séchage de biomasse. Ces procédés sont plus complexes et coûteux et donc viables pour des installations ayant une importante capacité de production.

Schéma 6 : Représentation du mode de carbonisation avec chauffage par contact avec des gaz chauds



Source : Benjamin Cluet et Romain Pénot, Valorisation énergétique du typha, Lermab, 2011

- Procédé Reichert ou Degussa;
- Procédé Lambiotte;
- Procédé Lurgi GMBH;
- Procédé I.T.B. s.r.l. (Impianti Trattamento Biomasse);
- Procédé Pyro-7.

Parmi toutes les technologies utilisées, les procédés avec chauffage par contact avec des gaz chauds semblent être ceux qui offrent le meilleur rendement.

Plusieurs procédés ont été développés par les producteurs de charbon de bois eux-mêmes, et peu sont commercialement offerts. Voici quelques-uns de ces procédés présentés en plus amples détails.[155]

Procédé Reichert (ou Degussa)[156] (Allemagne)

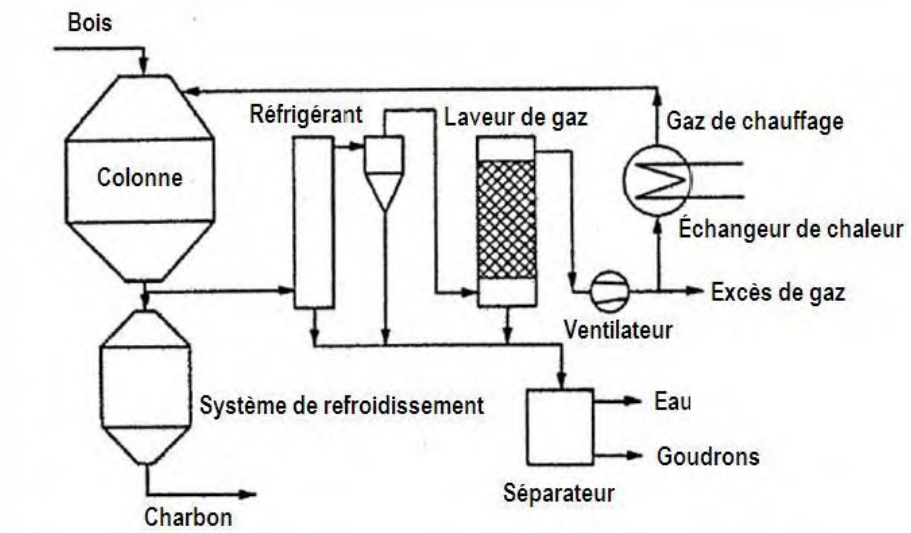
Dans ce type de procédés, le transfert de chaleur est très élevé. En effet, le bois est chauffé par contact direct avec les gaz inertes chauds recirculés à l'aide de ventilateurs. Comme les gaz ne contiennent pas d'oxygène, il n'y a pas de combustion dans le réacteur. Durant le refroidissement, la chaleur peut être récupérée pour être utilisée dans le système. Les procédés Reichert et Lambiotte sont les principaux procédés qui utilisent ce principe de carbonisation.

Dans le réacteur du procédé Reichert, les vapeurs de décomposition se déplacent à contre-courant de la matière première, entraînant avec elles l'humidité. Les gaz incondensables passent à travers les échangeurs de chaleur pour être réchauffés à la température de carbonisation (de 450 à 550 °C). L'excédent de gaz est utilisé pour chauffer les échangeurs de chaleur et pour présécher la matière première. La matière première est introduite dans la colonne sous forme de pièces ayant une longueur maximale de 30 cm et une épaisseur de

155 *Industrial Charcoal Production*, FAO, 2008.
156 Profil des produits forestiers – Technologies de bioénergies à base de biomasse forestière, MRNF – CRIQ, avril 2011, pp. 78-80.

10 cm. Ce procédé est utilisé en Allemagne pour produire 24 000 tonnes de charbon à partir de 70 000 tonnes de hêtre. Ce procédé est la propriété de l'entreprise allemande Chemviron Carbon, important producteur de charbon actif en grain et de systèmes de purification.

Schéma 7 : Schéma du procédé Reichert



Source : Adapté de « *The Science and Technology of Charcoal Production* ». *PyNe Subject Group Report , Fast Pyrolysis of Biomass: A Handbook, Volume 3, Edited by A. V. Bridgwater, CPL Press, 2005, p. 221.*

Procédé Lambiotte (Belgique)

La société Lambiotte & Cie (Bruxelles, Belgique) a développé une technologie de carbonisation en continu et propose deux variantes de réacteurs (SIFIC / CISR[157]) à fonctionnement automatique permettant la production approximative de 2 000 tonnes à 6 000 tonnes de charbon par an[158]. Plusieurs usines utilisent cette technologie en Europe[159].

La biomasse est introduite par le haut du réacteur, de façon continue. Elle migre progressivement vers le bas du réacteur en passant successivement par la zone de séchage puis de torréfaction et de carbonisation où elle est décomposée en matière solide et gazeuse. Les gaz inertes chauds produits dans la zone de carbonisation, au centre du réacteur, migrent vers le haut et permettent de réchauffer la biomasse et d'initier les réactions de carbonisation exothermiques. Dans la zone inférieure du réacteur, le charbon est refroidi dans une atmosphère inerte[160].

À titre indicatif, une usine de type CISR convertit 7 000 tonnes de bois sec en 2 500 tonnes de charbon (rendement de 30 %). Le fonctionnement de la colonne nécessite 25 kW d'électricité, de l'eau pour refroidir et laver les gaz et du gaz naturel pour amorcer la réaction et maintenir le flux thermique en cas de déficit de gaz de décomposition.

157 SIFIC: avec récupération des coproduits – CISR : sans récupération des coproduits.
158 *Lambiotte & Cie*, page consultée le 8 octobre 2013.
159 *Pyrolysis and charcoal*, Morten Grønli, NTNU, 2010, page consultée le 8 octobre 2013.
160 Benjamin Cluet et Romain Pénot, Valorisation énergétique du typha, Lermab, 2011.

Le procédé étant continu, un approvisionnement homogène est indispensable.

Tableau 28 : Caractéristiques du procédé Lambiotte

Production annuelle de charbon	2 000 – 6 000 tonnes, selon dimensions.
Quantité de bois quelque soit le type et la qualité	8,000 – 24 000 tonnes - humidité sur brut 25 % - longueur maximale des bois : 33 cm. - diamètre maximal 10 cm
Rendement en charbon	245 kg par tonne de bois
Puissance installée	120 à 150 kW.
Puissance consommée	40 à 60 kW.
Masse	95/100 tonnes.
Surface	600 m2.
Main d'œuvre requise	14 à 17 personnes .
Durée de vie	15 ans.

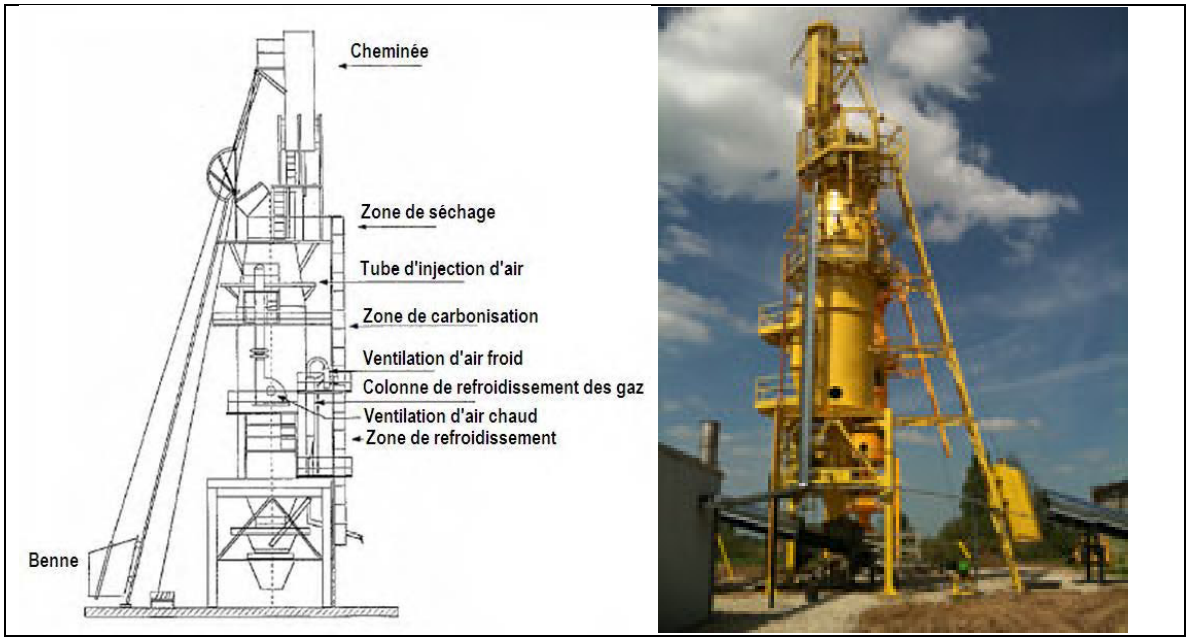
Source : Traduit de Baltcarbon[161]

Malgré ce qui est indiqué dans le tableau, la teneur en humidité du bois sur une base annuelle serait comprise entre 15 et 20 % (base humide)[162].

Le coût de revient du charbon produit avec cette technologie (PCI de 25 000 kJ/kg) a été évalué sommairement, en 2011, à 9 €/tonne (env. 12,60 $ CA) en considérant une installation produisant 200 000 tonnes de charbon par an et une période d'amortissement de 15 ans (durée de vie des 20 réacteurs Lambiotte requis pour atteindre cette capacité de production)[163].

161 *Balt Carbon Ltd*, représentant pour Lambiotte dans certains pays d' Europe, page consultée le 8 octobre 2013.
162 Michael Jerry Antal, Morten Grønli, *The Art, Science, and Technology of Charcoal Production*, Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 42, No. 8, 2003.
163 Benjamin Cluet et Romain Pénot, *Valorisation énergétique du typha*, Lermab, 2011, p. 29.

Schéma 8 : Schéma du procédé Lambiotte et photo du réacteur

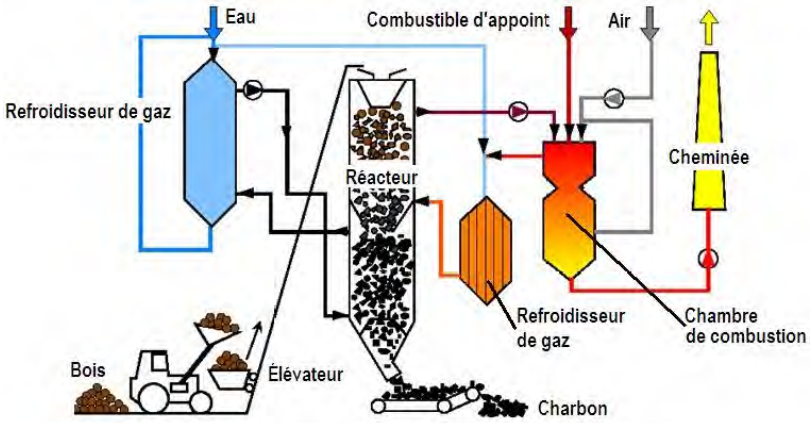


Sources : Adapté de « *Pyrolysis and charcoal* », Morten Grønli, NTNU, 2010 et Baltcarbon

Procédé Lurgi GmbH (Allemagne)

Un concept similaire à celui de Lambiotte a été utilisé par Lurgi GmbH qui a construit une usine en Australie. Grâce à ce procédé en continu, environ 27 000 tonnes de charbon sont produites annuellement dans deux réacteurs superposés.

Schéma 9 : Schéma du procédé Lurgi GmbH



Source : Adapté de « *Pyrolysis and charcoal* », Morten Grønli, NTNU, 2010

Procédé de Van Aardt (Canada)

La compagnie Alterna Biocarbon, installée à Prince-Goerges en Colombie-Britannique, est un fabricant de systèmes de carbonisation de la biomasse et elle est aussi active dans la construction et l'opération d'usines de production de biocharbon.

La technologie de carbonisation d'Alterna Biocarbon est une plateforme technologique inspirée du processus Van Aardt qui transforme la biomasse en une variété de produits à base de carbone (granules carbonisés, énergie thermique / électrique, biocharbon actif (traitement d'effluents gazeux et aqueux par adsorption de contaminants (ex. mercure émis dans les gaz de combustion des centrales thermiques au charbon minéral)). Le système, qui est en instance de brevet, utilise un procédé de bioraffinage thermochimique développé par Alterna Biocarbon qui s`inspire de la pyrolyse. L'aspect fondamental de la technologie est la carbonisation[164].

La valeur calorifique de biocharbon est de 30 JG/t. Chacun des modules Van Aardt peut produire annuellement 5 000 tonnes de biocharbon et produire 1,5 MW d`électricité ou 14 GJ de chaleur. La conversion en chaleur est nettement plus efficace que la production d`électricité. Le processus utilise de la biomasse disponible localement : biomasse forestière, biomasse agricole ainsi que déchets municipaux[165].

Tableau 29 : Tableau comparatif de différentes technologies de carbonisation

	Fluid bed	Retort	MH Furnace	Kilns
Feed size	woodchips, splinters, sawdust	wood chunks	woodchips, splinters, sawdust	wood chunks
Feed moisture content (% wet basis)	up to 50%	up to 45%	normally 10%	up to 25%
Operation	continuous	semi-continuous	continuous	batch
Waste heat recovery?	Integral	optional	optional	no
Charcoal type	fines & small pieces	lump	fines & small pieces	lumps
Charcoal carbon content	70%	80 - 85%	80%	up to 90%

Source: *Biochar – Technologies, production and cost*, Enecon, 2008

164 Alterna Biocarbon – La Société (page consultée 2013-10-31).
165 Alterna Biocarbon – Applications - Bioénergie (page consultée 2013-10-31).

Procédé CML (France)

Ce procédé produit du charbon à partir de tout type de bois, feuillus comme résineux. Une unité de production standard comprend 12 fours de carbonisation et produit jusqu'à 3 000 tonnes de charbon de bois par an avec une alimentation de 15 000 tonnes de bois. Les fumées produites lors de la carbonisation sont aspirées et dirigées dans un incinérateur qui permet de traiter les fumées produites par 4 ou 5 fours qui fonctionnent simultanément, en allumage décalé sur la chaîne de carbonisation, pour un bois dont le taux d'humidité n'excède pas 20 % (base sèche). Le procédé CML permet la valorisation des gaz chauds issus de la dépollution, soit pour une application de séchage, soit pour la production d'électricité.

Photo 36 : Unité de production CML

Source : *LRCB Développement*

Tableau 30 : Caractéristique du procédé CML

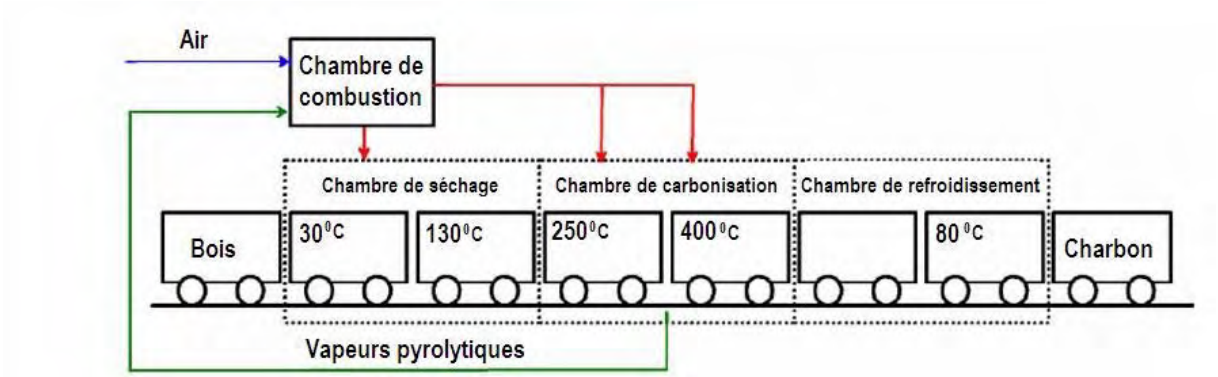
	Unité CML (12 fours)
Capacité de production	2 500 à 3 500 tonnes par an
Combustible	Tout type de bois (chargement homogène)
Granulométrie	Longueur < 30 cm et section < 100 cm²
Humidité	< 20%
Consommation de bois	15 000 tonnes par an
Durée d'un cycle de carbonisation	22 à 24 heures

Source : *LRCB Développement*

Procédé I.T.B.[166] (Italie)

La compagnie italienne *Impianti Trattamento Biomasse (I.T.B. s.r.l.)* a mis au point ce procédé qui serait exploité, en Italie, par deux usines de production de charbon de bois ayant chacune une capacité de 6 000 t/an. Cette technologie utilise des wagons de capacité de 12 m³ placés en série. Les wagons chargés de bois entrent dans un tunnel de 45 m de long et sortent chargés de charbon, de 25 à 35 heures plus tard.

Schéma 10 : Schéma du procédé I.T.B.



Source : Profil des produits forestiers – Technologies de bioénergies à base de biomasse forestière, MRNF, 2011

Photo 37 : Usine I.T.B. (Calusco, Italie)

Source : Fiche *I.T.B. Impianti Trattamenti Biomasse s.r.l.*

166 *Industrial Charcoal Production*, FAO, 2008 (page consultée 2013-10-16).

Procédés en développement

Plusieurs procédés de carbonisation sont actuellement en voie de développement, dont les procédés *Flash Carbonization et CarbonFX.*

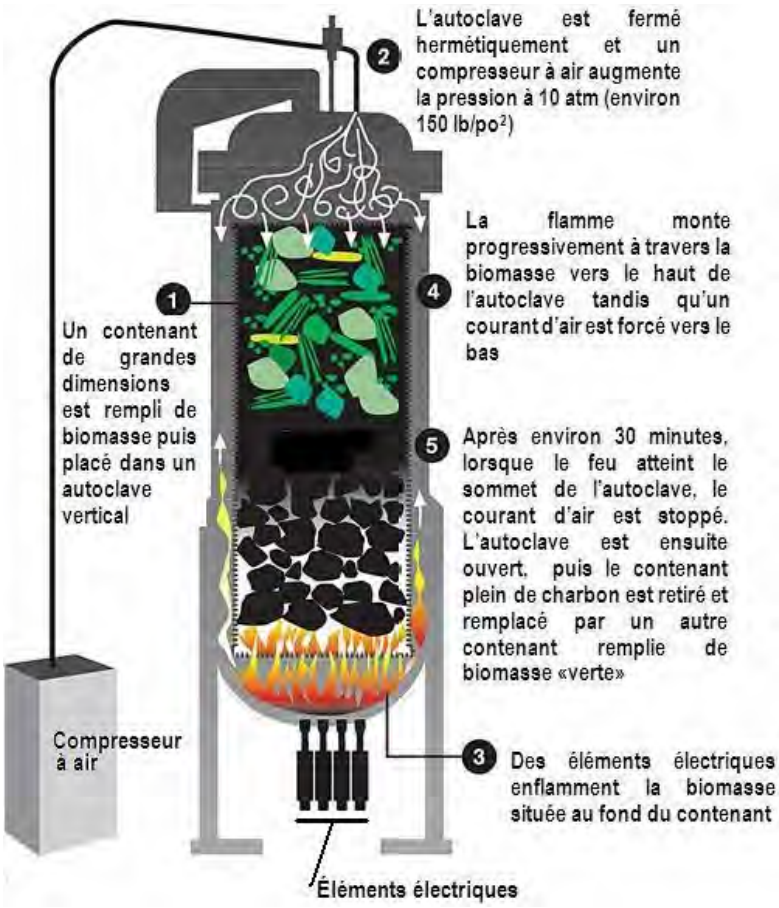
Procédé *Flash Carbonization*™ (États-Unis)

Un procédé relativement nouveau[167] appelé *Flash Carbonization*™ est développé actuellement par l'*Hawaii Natural Energy Institute* (HNEI) de l'Université d'Hawaï (UH). Ce procédé utilise de hautes pressions pour produire du charbon à partir de la biomasse. Un réacteur de démonstration a été installé au campus de l'UH. Le rendement en carbone fixe, c'est-à-dire la quantité de carbone maximale que peut donner une matière première, peut atteindre la limite d'équilibre thermochimique après 20 à 30 minutes. Ce n'est pas tout le carbone qui se trouve dans la matière première qui se transforme en biocharbon. Il y a des pertes sous forme de composés volatils, de CO_2, etc.

La capacité de production de ce réacteur peut atteindre 4 t/jour (pour une journée de 8 heures). Le coût de fabrication d'une telle installation avoisine 100 000 $ US. Le schéma suivant illustre les principales étapes de conversion du procédé *Flash Carbonization*™.

[167] *Process for Flash Carbonization of Biomass*, Brevet du procédé *Flash Carbonization*™ de l'Université d'Hawaii

Schéma 11 : Étapes de conversion du procédé *Flash Carbonization*™



Source : Traduit et adapté de Honolulu Advertizer.com

Le réacteur réchauffe rapidement la biomasse sèche (env. 10 % TH base sèche) jusqu'à environ 500 °C et la transforme en biohuile (~ 60 % de la masse), en gaz de synthèse (~ 20 % de la masse) et en charbon (~ 20 % de la masse). L'énergie nécessaire pour faire fonctionner l'appareil correspond à environ 15 % de l'énergie totale contenue dans la biomasse sèche.

Le fabricant *Kingsford Products Co*. détient une licence de fabrication de charbon exploitant le procédé *Flash Carbonization*[168]. Actuellement, les chercheurs travaillent à la mise au point du système de postcombustion catalytique qui nettoie les effluents du réacteur de carbonisation[169].

[168] *Biocarbons (Charcoal),* March 13, 2013.
[169] *Flash Carbonization™ technology* (page consultée le2013-10-28).

Procédé *CarbonFX* (Laval)

FPInnovations et le Centre technologique des résidus industriels (CTRI) annonçaient, en mars 2013, le lancement d'un projet de recherche conjoint sur la production de biocharbon à partir de biomasse forestière. Ce projet de 1,8 million de dollars réparti sur trois ans est financé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), Ressources naturelles Canada, le Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec (CRIBIQ), Airex Énergie et Produits forestiers Résolu.

Le projet consiste à traiter de la biomasse forestière à l'aide de l'unité pilote de torréfaction d'Airex Énergie pour fabriquer du biocharbon. Ce charbon végétal à caractère environnemental peut être employé comme source d'énergie de remplacement ou être transformé en produit carboné à plus haute valeur ajoutée.

Illustration 1 : Équipement de torréfaction/carbonisation *CarbonFX* d'Airex Énergie (Laval)

Source: *Airex Industries Inc.*

D'autres technologies font appel à des fours rotatifs ou des réacteurs à soles multiples (*multiple hearth furnaces*).

Le procédé vs les règles environnementales

Selon Carbobriq, le processus de production des briquettes est totalement neutre pour l'environnement. L'ensemble des étapes est obtenu en circuit fermé avec un recyclage de tous les sous-produits.

Charbon de bois franc Basques s'est conformé à la norme CAN/CSA-Z809 (2002) dans un cadre de gestion durable de la forêt. Depuis plusieurs années, Basques répond aussi aux

normes exigées par le ministre du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) dans le traitement des fumées[170].

Taille de l'usine souhaitable

L'usine de Carbobriq en France s'étend sur une superficie de 10 ha où sont implantés plus de 7 000 m² de bâtiments.

Marché

Dans cette section, les informations concernant le marché du charbon de bois sont présentées en considérant les régions suivantes : Monde, États-Unis, Canada et enfin le Québec.

Monde

Le marché mondial du charbon de bois était estimé à 6,8 milliards de dollars en 2010. Sa valeur aurait atteint plus de 15 milliards de dollars selon les estimations si l'on inclut les ventes informelles. Certains économistes du développement affirment que 70 % du charbon n'est pas comptabilisé dans les statistiques nationales. L'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) des Nations Unies estime que 2,4 milliards de personnes dépendent encore du bois et du charbon pour leur combustible.

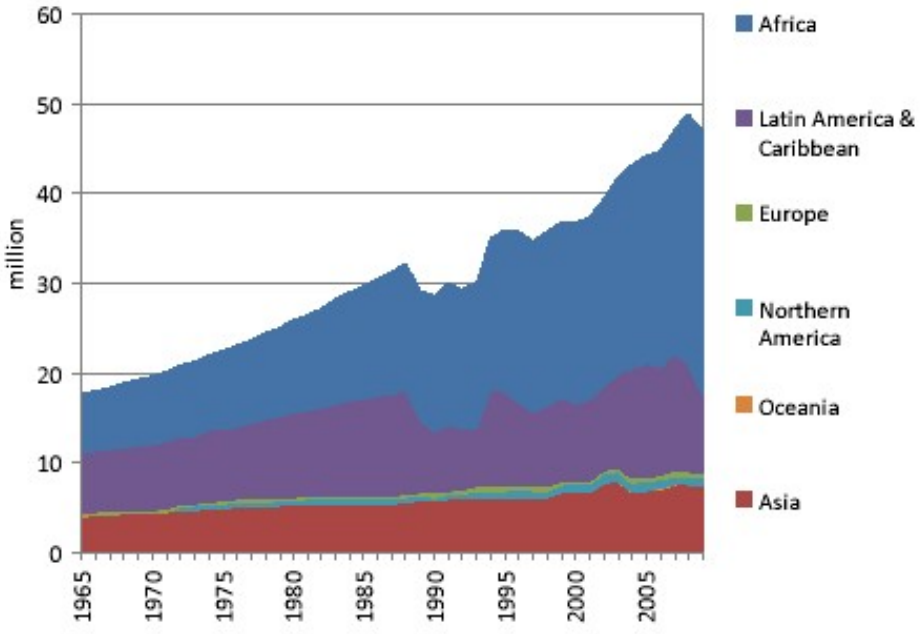
La demande pour le charbon de bois continuerait à croître en Afrique et en Amérique latine alors qu'elle diminuerait en Asie et demeurerait stable dans les pays industrialisés, là où le charbon de bois est consommé presque uniquement pour la cuisson sur barbecue. La consommation en Europe se situe autour d'un million de tonnes par année. Le Royaume-Uni importe au-delà de 60 000 tonnes annuellement dont 90 % provient de l'Afrique, principalement du Nigéria. Les États-Unis demeurent l'un des dix plus grands producteurs de charbon, avec une production annuelle légèrement inférieure à un million de tonnes.

Le plus grand producteur de charbon sur la planète est le Brésil avec une production qui approche les 7 millions de tonnes annuellement. Il est également le plus grand utilisateur du monde, consommant annuellement des millions de tonnes de charbon végétal produit localement pour son industrie sidérurgique nationale[171].

Il se situe bien avant le Nigéria et l'Éthiopie qui en produisent respectivement près de 3,5 millions par année. Étant donné que seulement 4 % de l'électricité mondiale est produite en Afrique, et seulement 8 % des communautés en Afrique subsaharienne en milieu rural ont accès à l'électricité, plus de 70 % du revenu de la population est consacré au combustible. Cette réalité garantit une stabilité de la demande[172].

170 Charbon de bois franc Basques, site Web consulté le 4 octobre 2013.
171 *Enecon* – *Charcoal*, page consultée le 8 octobre 2013.
172 *Charcoal to preserve wood*, *Blue Economy, 2010*, page consultée le 4 octobre 2013.

Graphique 14 : Évolution de la production de charbon de bois, en millions de tonnes, par grandes régions mondiales, 1965-2009



Source : FAOSTAT

Le tableau suivant présente les données statistiques de production des plus importants producteurs de charbon de bois à l'échelle internationale et des États-Unis. Des volumes importants sont produits au Brésil, au Nigéria, en Éthiopie et en Inde.

Tableau 31 : Production de charbon de bois dans le monde et les principaux pays producteurs (X 1 000 tonnes métriques), 2008-2012

Pays	2008	2009	2010	2011	2012
Brésil	8 364	5 058	6 329	6 843	6 843
Nigéria	3 762	3 850	3 940	4 023	4 107
Éthiopie	3 556	3 644	3 734	3 827	3 921
Inde	2 880	2 880	2 880	2 880	2 880
États-Unis	917	924	939	854	852
Monde	**48 692**	**46 082**	**48 132**	**49 460**	**50 074**

Source: FAOSTAT

États-Unis

Aux États-Unis, en 2012, près de 888 000 tonnes de ce combustible ont été expédiées, principalement utilisées pour la cuisson sur barbecue.

Tableau 32 : Livraisons américaines de charbon de bois (tonnes), 2008-2012

Année	Briquettes régulières	Allumage rapide	Total	Charbon de bois en morceaux
2007	640 000	244 000	884 000	nd[173]
2008	661 500	236 000	897 500	nd
2009	662 800	245 400	908 200	nd
2010	670 700	250 100	921 800	nd
2011	651 300	239 600	890 900	51 150
2012	643 300	244 400	887 700	51 800

Source : *Hearth, Patio and Barbecue Association* (HPBA)

Tableau 33 : Prix de détail moyen ($ US / 20 lb (env. 9 kg.)) pour les produits de charbon de bois – États-Unis, 2010-2012

Année	Briquettes régulières	Allumage rapide	Charbon de bois en morceaux
2010	7.72	15.38	6.87
2011	8.06	15.59	6.88
2012	8.92	15.23	7.55

Source : *Hearth, Patio and Barbecue Association (HPBA)*

Canada

On retrouvera ci-dessous, quelques statistiques faisant état de l'importation de charbon de bois au Canada.

Tableau 34 : Importations de charbon de bois au Canada, en tonnes métriques (tm), 2005-2012

Année	Importations	
	Quantité (tm)	Valeur ($ US)
2005	14 000	6 526
2006	13 000	7 648
2007	11 000	6 435
2008	16 000	8 309
2009	15 000	9 736
2010	39 000	8 845
2011	44 976	10 206
2012	25 617	11 054

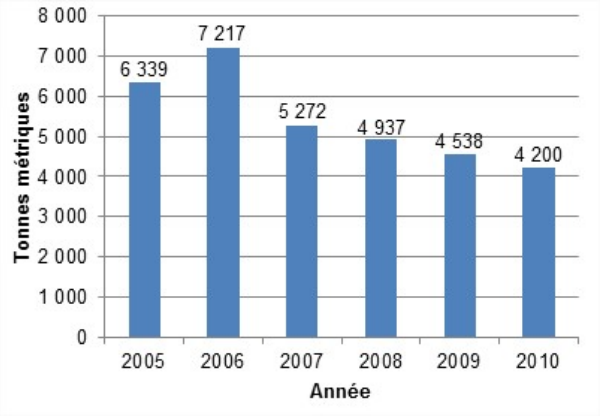
Source: FAOSTAT

[173] Une nouvelle méthodologie appliquée par la HPBA pour les données relatives au charbon de bois en morceaux explique l'absence de données avant 2011.

Québec

La production québécoise de charbon de bois était estimée à 4 200 tonnes métriques, en 2010.

Graphique 15 : Production de charbon de bois au Québec, en tonnes métriques (tm), 2005-2010



Source: Adapté de Ressources et industries forestières. Portrait statistique, éditions 2010 et 2012. MRN.

D'un point de vue provincial, les marchés cibles se situeraient au niveau du secteur résidentiel, de la restauration pour la cuisson, de l'agriculture/horticulture et de la pharmaceutique.

En outre, d'autres utilisations, industrielles celles-là, pourraient représenter un potentiel très important pour le biocharbon. À cet égard, un communiqué récent du CIFQ mentionnait que le Québec consommerait annuellement environ 2,5 milliards de litres de mazout lourd et 541 000 tonnes de charbon minéral et que l'utilisation du biocharbon en remplacement de ces deux sources d'énergie réduirait nos émissions de gaz à effet de serre d'environ 9 millions de tonnes[174].

[174] Communiqué CIFQ - Un partenariat pour stimuler l'économie forestière grâce à la production de biocharbon, 2013-03-27.

Fabricants actuels

Voici le nom de quelques producteurs de charbon de bois et produits dérivés :

Au Québec

- Charbon de bois Feuille d'Érable, Sainte-Christine d'Auvergne, (briquettes) (pyrolyse);
- Charbon de bois franc Basques, Saint-Mathieu-de-Rioux, (briquettes), profil complet de l'entreprise;

En Amérique

- *Duraflame, Inc.,* Californie;
- *Humphrey Charcoal Inc.*, Pennsylvanie;
- *Kingsford Products Company*,(div. de The Clorox Company), Kentucky;
- *Royal Oak Charcoal*, Georgie;
- *Wicked Good Charcoal, Inc.*, Maine.

Compétition

- Bois;
- Charbon minéral;
- Gaz (gaz naturel, gaz propane);
- Autres combustibles.

Commentaires/remarques

Remarque[175]

Bien que les possibilités puissent paraître variées avec le charbon de bois, certaines difficultés demeurent. Tel que mentionné plus haut, plusieurs technologies existent afin de transformer la matière en charbon et le choix de cette technologie comporte des risques techniques. Il faudra cibler la technologie la plus efficace, cela demandera donc des efforts considérables.

Il faudra également se soucier du degré de variabilité lors de la fabrication de ce produit. Pour ce faire, différents aspects méritent une attention particulière :

- le préconditionnement de la matière première;
- la granulométrie;
- le degré d'humidité;
- la densité.

[175] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.

3.8.2 CHARBON ACTIF

Produit

Description

Le charbon actif (ou charbon activé) est une forme de charbon traité pour en augmenter, de façon significative, la surface spécifique. L'« activation » du charbon lui confère un pouvoir adsorbant exceptionnel[176]. À titre indicatif, 1 seul gramme de charbon actif a une superficie comprise entre 400 et 2 500 m² [177].

Il est principalement présent sur le marché sous forme de poudre (CAP) ou en grain (CAG). Il peut être également extrudé, lavé à l'acide ou encore imprégné avec une grande variété de produits en fonction des applications visées.

Photo 38 : Charbon actif en poudre (CAP) et granulaire (CAG)

Sources : Desotec, Siemens

Diverses applications

Le charbon actif compte de nombreuses applications. En voici quelques-unes[178] :

- Filtration (air et eau) (ex. : élimination de chlore, de certains micropolluants dans le traitement de l'eau potable et aussi dans le traitement des eaux usées,...);
- Filtration (effluents gazeux et liquides) (ex. : adsorption du mercure dans les gaz de combustion des grandes centrales au charbon minéral, récupération des solvants, dans les industries pharmaceutique et alimentaire,…)[179];
- Décoloration (ex. : des édulcorants, des acides organiques, des vitamines,…)[180];
- Décaféination;
- Extraction (ex. : dans l'industrie minière pour l'extraction de l'or);
- Médication (ex. : en tant que chélateur, propriété antidiarrhéique);
- Etc.

176 Adsorption : (À ne pas confondre avec l'absorption) est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur une surface solide (adsorbant).
177 Charbon actif – Aquaportail.
178 *Activated Carbon Equipment*, Tigg Corporation.
179 *Activated Carbon reducing coal power mercury emissions*, Cabot Norit.
180 Le charbon actif dans l'industrie alimentaire et des boissons, CalgonCarbon.

D'autres informations plus précises sur les nombreuses applications du charbon activé sont disponibles dans les sites Web de grands producteurs, tels : Cabot Norit et Calgon Carbon.

Procédés

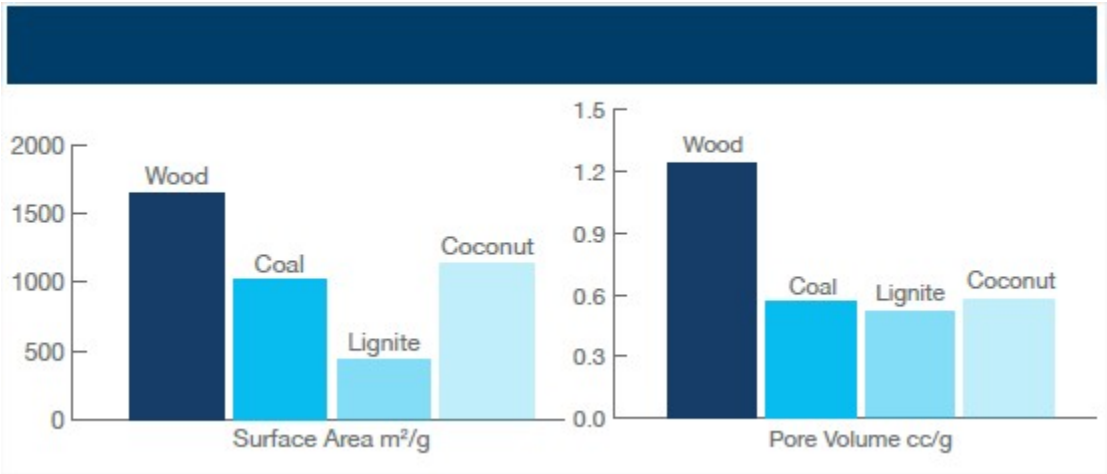
Essences de bois / Matière première

Le charbon actif peut être produit à partir de toute matière organique végétale riche en carbone : bois (peu importe l'essence), écorces, coques de noix de coco, tourbe, résidus pétroliers,…

Le diamètre des pores du charbon obtenu dépend de la matière première utilisée. Les bois très denses donnent des micropores (< 2 nm), les bois de moyenne densité des mésopores (entre 2 et 50 nm) ou des macropores (> 50 nm)[181].

Les graphiques suivants illustrent les avantages techniques des charbons actifs produits à partir de bois comparativement à ceux obtenus d'autres matières premières (charbon minéral, lignite et noix de coco). Le volume des pores des charbons à base de bois est deux fois plus grand que celui des autres charbons signifiant que le produit à purifier sera plus pur, plus rapidement, et ce, en utilisant moins de carbone[182].

Graphique 16 : Surface et volume des pores de différents charbons par gramme de charbon actif



Source : Meadwestvaco

181 Charcoal (Wikipedia).
182 *Purification. Decolorization. Solutions. Providing activated carbon for over 85 years*. MeadWestvaco Corp.

Procédés

La biomasse est activée en deux étapes[183,184] :

- 1re étape d'activation : L'eau est enlevée (déshydratation) puis la matière organique est transformée en carbone élémentaire par carbonisation. Les éléments non carbonés sont éliminés, laissant des pores. Une première porosité est créée lors de cette étape;

- 2e étape d'activation : Cette étape consiste à augmenter le pouvoir adsorbant de la matrice carbonée, notamment en éliminant les goudrons qui obstruent les pores. Deux principes d'activation sont utilisés :

  - Activation physique
    L'activation physique (ou à la vapeur) consiste à chauffer la matière carbonée à une haute température (600 ° - 900 °C) dans un réacteur sans oxygène puis soumettre le charbon résultant à différents produits chimiques tels que l'argon et l'azote. La matière est par la suite activée à des températures supérieures à 250 °C, généralement de 600 °-1200 °C, par de la vapeur d'eau. Ce procédé produit généralement un charbon actif de qualité supérieure, un charbon à pores étroits. En raison de la chaleur nécessaire à sa production, il est plus coûteux. Typiquement, 3 kg de matière première donne 1 kg de charbon actif.

  - Activation chimique
    L'activation chimique est souvent la méthode préférée en raison de la rapidité du procédé et des températures requises plus basses. Dans cette méthode, la matière première est imprégnée de certains produits chimiques (un acide, une base forte ou d'un sel) qui dissolvent les composants autres que le carbone. Ensuite, le matériau restant est carbonisé à basse température (450 ° - 900 °C). Ce procédé donne un charbon activé à pores plus larges. À noter que certains procédés permettent de combiner les deux étapes.

À remarquer qu'un charbon actif déjà utilisé peut être réactivé; la réactivation est un processus visant à restaurer la capacité d'adsorption du charbon actif granulaire en utilisant un four spécial fonctionnant à plus de 800 °C. Le charbon réactivé peut être utilisé pour la plupart des applications, y compris pour obtenir de l'eau potable et donc le traitement des eaux usées, l'alimentation et des procédés industriels comme la purification d'air[185].

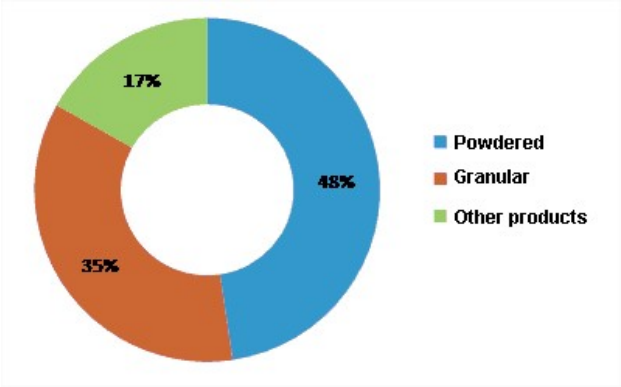
183 Desotec, page consultée le 23 septembre 2013.
184 *Cabot Norit Activated Carbon.*
185 Charbon actif – Aquaportail.

Marché

Mondial

Selon les analystes de MarketsandMarkets, le marché mondial du charbon activé avait une valeur de 1,8 milliard $ US, en 2011. Avec un taux de croissance annuel de 11,1 %, entre 2011 et 2016, sa valeur devrait atteindre 3 milliards $ US à la fin de cette période. Les charbons actifs sous forme de poudre (CAP) et de granulés (CAG) sont les principaux segments, représentant respectivement 48 % et 35 % du marché total[186].
Plus particulièrement, le segment de marché du charbon actif en poudre (CAP) est celui qui connaît la plus forte croissance de marché, au niveau mondial grâce notamment aux applications dans le domaine du traitement de l'eau et celui de la purification de l'air.

Graphique 17 : Parts de marché du charbon actif, par produit, 2011



Source : *MarketsandMarkets*

Stimulée par les autorités réglementaires européennes et américaines, l'élimination du mercure contenu dans les gaz de combustion des grandes centrales au charbon minéral constitue aussi une application grandissante et lucrative du charbon actif. Cette tendance gagne aussi en importance dans les régions asiatiques. Les usages du charbon actif pour le traitement des gaz devraient croître de façon soutenue, entre 2011 et 2016.

186 *Activated Carbon/Charcoal/Coal Market by Product (Powdered, Granular) & Application (Water Treatment, Air Purification, Automotive, Food & Beverage) – Global Trends & Forecasts to 2016, marketsandmarkets.com , Report Code: AD1577, November 2012.*

Photo 39 : Traitement des effluents gazeux par charbon actif

Source : *Boyce Carbon*

Les principales matières premières utilisées pour la production du charbon actif sont le charbon minéral, le bois, la noix de coco et le lignite. L'un des défis majeurs que connaît actuellement l'industrie est la pénurie de matières premières telles que le charbon de noix de coco. Dans certains pays producteurs (notamment le Sri Lanka), entre 2010 à 2011, le coût de la matière première a connu une augmentation de près de 50 %[187].

Les experts de Freedonia[188] estiment que la demande mondiale de charbon actif augmentera de 10,3 % annuellement entre 2012-2016 pour atteindre 1,9 million de tonnes métriques à la fin de la période étudiée. Ce taux élevé de croissance sera attribuable à un certain nombre de facteurs, et principalement des changements réglementaires appliqués aux États-Unis.

En effet, en décembre 2011, l'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) mettait en place les nouvelles normes « *Mercury and Air Toxics Standards (MATS)*[189] » qui exigent des réductions drastiques d'émissions de mercure produites, entre autres, par les centrales électriques au charbon minéral, les chaudières industrielles, les cimenteries,….

Or, le charbon actif est largement reconnu comme la méthode la plus économique et efficace pour contrôler ces émissions, et donc, d'énormes quantités de charbon actif seront nécessaires. D'autres modifications réglementaires, telle la mise en œuvre, en 2012, du règlement « *Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule*[190] » limitent la concentration admissible de plusieurs produits chimiques dans l'eau potable aux États-Unis. Ces nouvelles règles permettront de stimuler, entre 2011 et 2016, la croissance du marché américain dont les ventes totales devraient plus que doubler.

187 *Activated Carbon/Charcoal/Coal Market by Product (Powdered, Granular) & Application (Water Treatment, Air Purification, Automotive, Food & Beverage) – Global Trends & Forecasts to 2016, marketsandmarkets.com , Report Code: AD1577, November 2012.*

188 *World Activated Carbon, Industry Study with Forecasts for 2016 & 2021, Study #: 2878, Freedonia Group, Apr-2012.*

189 *Mercury and Air Toxics Standards (MATS), United States Environmental protection Agency.*

190 *Safe Drinking Water Act, Stage 1 Disinfectant and Disinfection Byproduct Rule, United States Environmental protection Agency.*

Ailleurs dans le monde, c'est l'augmentation de production d'huiles alimentaires, de boissons et d'édulcorants et l'installation de systèmes de traitement des eaux qui stimuleront la croissance du marché du charbon actif, mais à un rythme moins soutenu qu'aux États-Unis et en Chine.

En 2016, l'Inde devrait dépasser l'Allemagne pour devenir le quatrième plus grand marché pour le charbon actif, derrière le Japon.

Tableau 35 : Principaux pays consommateurs de charbon actif en 2016

1	États-Unis
2	Chine
3	Japon
4	Inde
5	Allemagne

États-Unis

Selon la plus récente étude de Freedonia[191], publiée en mai 2013, la demande américaine de charbon actif, y compris le charbon actif vierge et réactivé vendu par les fournisseurs de charbon actif, devrait progresser de plus de 11 pour cent par an à près de 600 000 tonnes en 2017, avec une valeur au marché pouvant atteindre près de 1,35 milliard $ US. D'autres sources évaluent plutôt cette demande à 690 000 tonnes métriques en 2017[192, 193].

Les pays asiatiques sont les premiers fournisseurs des États-Unis, principal consommateur de charbon actif où la demande connaît une forte croissance.

Canada

En 2012, les différentes provinces du pays ont importé plus de 19,3 millions de kilogrammes[194] de charbon actif, pour une valeur excédent 51,3 M$ CA. Selon ces données, le prix moyen du charbon actif importé se situerait aux alentours de 2,65 $/kg.

Fabricants

Les fournisseurs œuvrant dans ce marché sont souvent des entreprises de grandes tailles, possédant plusieurs installations de production et de réactivation de charbon actif et de centres de distribution dans plusieurs pays.

191 Activated Carbon, US Industry Study with Forecasts for 2017 & 2022, Freedonia Group, Study #3018, May 2013.
192 *The demand for Activated Carbon to reach 1.7 million metric tons through 2014 -A Global perspective*, Carbonsuppliers.com , page consultée le 8 octobre 2013.
193 *Global Activated Carbon Market 2012-2016*, *Market Research Reports*, 2012.
194 Statistique Canada – Données sur les importations.

Voici le nom de quelques-unes de ces entreprises :

- *ADA Carbon Solutions LLC* (États-Unis);
- *Albemarle Corporation* (États-Unis);
- *Boyce Carbon* (Inde);
- *Cabot Norit Activated Carbon* (Pays-Bas) :
  Cette entreprise est le plus grand producteur mondial de charbon actif avec 8 sites en exploitation (activation / réactivation de charbon), dont aux États-Unis (Texas, Oklahoma), en Angleterre, en Italie,… En 2008, Norit a créé un partenariat avec *Norit Canada SHERRIT* / Prairie Mines afin de répondre à la demande croissante de charbon actif pour l'élimination du mercure au Canada et aux États-Unis. L'usine est située à Bienfait (Saskatchewan);
- *Calgon Carbon Corp.* (États-Unis);
  Cette entreprise est le plus important fabricant de charbon actif granulaire, à l'échelle mondiale. Elle possède, entre autres, des usines d'activation et réactivation aux États-Unis (Arizona, Californie, Mississippi);
- *Desotec* (Belgique);
- *Donau Chemie Group AG* (Autriche);
- *Haycarb PLC* (Sri Lanka);
- *MeadWestvaco Corp (MWV)*(États-Unis) :
  MWV est un fabricant majeur de cartons et de produits d'emballage (produits forestiers). Elle exploite les deux plus grandes usines de charbon actif à base de bois dans le monde : une à Covington (Virginie) et l'autre à *Wickliffe* (Kentucky). L'usine de Covington, où travaillent près de 200 personnes, s'étend sur environ 100 000 m^2. Celle de *Wickliffe* s'étend sur environ 250 000 m^2 (25 hectares) et emploie près de 70 personnes;
- *Siemens Water Technologies Corp.* (Allemagne).

Commentaires / remarques

Selon les informations publiées par *MeadWestvaco*, le charbon activé produit à partir de bois a une plus grande capacité absorbante que les charbons faits à partir d'autres matières premières, ce qui constitue un élément avantageux pour le contexte du projet.

D'autre part, le plus grand marché mondial se trouve à nos portes. À eux seuls, les États-Unis représenteront plus de 30 % du marché global en 2016.

Il sera nécessaire de faire une étude plus poussée afin de déterminer les différents grades et spécifications du charbon activé. En effet, les caractéristiques de ce produit sont multiples et elles doivent être ajustées selon les applications désirées. Cela peut donc avoir un effet sur le prix du produit.

3.9 PRODUITS MOULÉS EN BOIS AGGLOMÉRÉ

Produit

Description

Les produits moulés en bois aggloméré sont constitués de sous-produits de 1re et 2e transformations du bois et du recyclage de produits ligneux. Cette matière est fragmentée, séchée, encollée puis moulée soient par pressage ou extrusion pour en faire différents produits. Dans certains cas, divers revêtements (placage, papier mélaminé, film polyester,…) sont « fusionnés » avec le bois moulé, durant le même cycle de pressage.

Les pièces moulées en bois aggloméré sont extrêmement stables et très rigides. Le procédé par pressage permet de réaliser des formes complexes, très variées, impensables avec d'autres matériaux en bois, comme la réalisation d'épaisseurs de parois variables dans une pièce.

Diverses applications

- Palettes de manutention;
- Dés de palettes;
- Assises et dossiers de chaises;
- Plateaux de tables extérieures;
- Pièces industrielles;
- Bouchons de papeterie (« *core plug* »);
- Pièces d’emballages;
- Décorations;
- Sièges de toilette;
- Composants pour bâtiments;
- Joues de tourets (pour câbles);
- Jouets;
- Etc.

Photo 40 : Différents exemples de produits moulés en bois aggloméré

Source : *Presswood International B.V*	Source : *Euroblock Verpackungsholz GmbH*
Source : *Engelvin Bois moulé S.A*.	Source : *Engelvin Bois moulé S.A*
Source : *Polima AB*	Source : *Werzalit GmbH + Co. KG*
Source : *Bemis Manufacturing Company*	

Avantages des produits moulés en bois aggloméré

Les avantages cités ci-dessous s'appliquent de façon générale aux bois moulés, vu la grande diversité de produits pouvant être fabriqués grâce à ce type de procédé :

- Précision et stabilité dimensionnelles;
- Reproductibilité;
- Durée de vie;
- Résistance mécanique et chimique;
- Traitement thermique (sans insectes);
- 100 % recyclable;
- Traitement antifeu;
- Au besoin, application du revêtement de surface dans le même procédé;
- Économiquement concurrentiel; et,
- Liberté des formes.

Procédés

Matières premières

La matière première ligneuse peut être constituée soit de billes de bois, des sous-produits de transformation (rabotures, sciures, copeaux) ou encore de bois recyclé. Les bois feuillus[195] peuvent être utilisés quoique les fabricants utilisent principalement des résineux. Si des feuillus devaient être employés, des essais devraient être effectués afin de déterminer la granulométrie idéale, la proportion optimale du mélange bois/résine, le taux de compression et autres paramètres de pressage, etc. Afin de conserver les propriétés mécaniques requises des pièces moulées, le procédé n'accepterait qu'un maximum de 15 % de sciures.

Essences de bois

Selon la société française Engelvin Bois moulé S.A., les matières premières sont constituées à 92 % de bois vierge en provenance de résineux et 8 % de liant, ce qui permet de rendre les produits moulés en bois aggloméré très compétitifs, comparativement aux produits en plastique.

Puisque ce type de procédé permet d'utiliser une gamme élargie de matière ligneuse, l'utilisation exclusive du bois de trituration de feuillus durs pour la production d'objets moulés n'est pas assurée surtout si une autre matière première (surplus de copeaux résineux, épinettes attaquées par la tordeuse, etc.) est disponible à meilleur coût.

[195] *Werzalit, Innovative from the material to the application* (Consulté le 2013-11-07).

Procédé

Le moulage du bois est une technologie de thermoformage liant particules de bois avec un adhésif, le mélange étant pressé dans des moules spécifiques pour produire une gamme de produits diversifiés[196].

Les billes de bois, les sous-produits de 1re et 2e transformations ou encore le bois recyclé sont d'abord fragmentés en particules de dimensions requises (selon l'application) puis séchées (teneur en humidité de 6 à 8 %) et calibrées. Un adhésif est par la suite ajouté selon des quantités précises. La concentration et le type d'adhésif employé (urée formaldéhyde, résines phénoliques, mélamine, MDI,…) varient selon l'application et la densité du produit fabriqué (550-1 100 kg/m^3). Le mélange bois-résine est ensuite distribué dans des matrices de préformage, lesquelles sont placées sur des presses froides pour un premier pressage. Puis, le matelas de particules encollées et, au besoin, un revêtement (placage, papier mélaminé, film polyester,…) sont moulés à chaud (entre 130 et 180^{0}C) dans des moules en acier durant le même cycle. Le temps de pressage varie entre 1 et 10 minutes, en fonction de l'épaisseur de la pièce et du revêtement. L'étape de moulage est celle qui demande le plus d'attention. Elle est d'autant plus critique que l'objet à mouler à une géométrie complexe et des angles vifs.

Les produits obtenus sont stables dans le temps et, grâce aux formes obtenues par moulage, ils offrent des caractéristiques mécaniques intéressantes. Ils présentent une bonne résistance à l'arrachement, une faible reprise à l'humidité et une excellente stabilité dimensionnelle.

Photo 41 : Presses pour le moulage de palettes

Source : *Inka Paletten*

Besoin de R&D

L'utilisation des essences de bouleaux ou d'érable devra faire l'objet de recherche pour valider la faisabilité technique et s'assurer que les produits obtenus répondent adéquatement aux exigences des clients.

196 Procédé de fabrication d'*Inka Paletten* en Allemagne

La gamme de produits pouvant être fabriqués à partir de cette technologie est très diversifiée. Le cas échéant, les applications à privilégier devront être déterminées suite à l'évaluation du marché potentiel.

Le procédé face aux règles environnementales

- *Euroblock* : Le matériau de base pour la production des dés de palettes provient de forêts durables. Tous les dés sont certifiés PEFC[197].
- Engelvin a également fait certifier sa chaine de contrôle par PEFC.

Marché

Puisque les palettes et les dés de palettes de manutention représentent un segment très important des produits moulés en bois aggloméré, la section suivante présentera sommairement des informations de marché sur ces produits.

D'abord, voici quelques bénéfices de la palette moulée en bois aggloméré qui s'ajoutent aux avantages cités à la section « produit » :

- Coins arrondis et pieds fuselés, idéals pour l'emballage sous film rétractable;
- Emboîtables, dans un ratio 4:1 donc peu encombrantes;
- 60 % plus légères que d'autres palettes en bois franc de même capacité;
- Ne sont pas soumises à la norme NIMP 15, car elles sont en bois d'ingénierie[198].
- Faibles coûts de production;
- Prix de vente compétitif (entre 5 et 11 $)[199];
- Peuvent être fabriquées de bois recyclé;
- Recyclables (pour faire de nouvelles palettes); et,
- Ne nécessitent pas de clous.

Source : Cradle to Cradle Products Innovation Institute

États-Unis

La croissance du commerce international au cours des dernières décennies a créé une forte demande pour les palettes et contenants. Ces produits jouent un rôle important dans la circulation des marchandises et permettent de réduire efficacement le temps et les coûts liés à la logistique.

197 PEFC (*Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes*) est un système transparent et indépendant pour assurer une gestion durable des forêts.
198 *Litco's New 48x45 Automotive Presswood Pallet*, *Pallet Enterprise, Nov. 2012*.
199 *Alternative Pallet Materials Directory*, *Pallet Enterprise, Nov. 2013*.

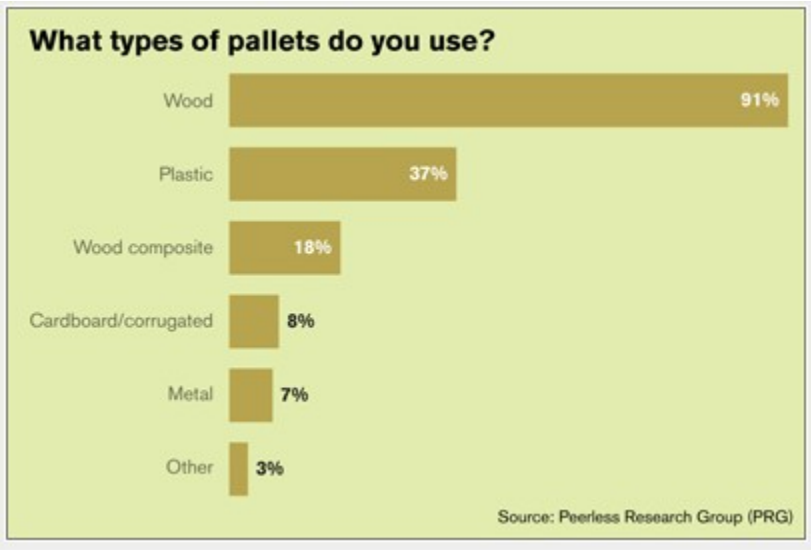
L'étude intitulée « *Pallets: US Industry Study with Forecasts for 2017 & 2022* », publiée par Freedonia en mai 2013, prévoit, qu'en raison de l'augmentation des livraisons de l'industrie manufacturière américaine, la demande pour les palettes sera supérieure à la capacité du parc actuel de palettes, qu'il y aura nécessité de remplacer d'une part, les palettes remises à neuf et, d'autre part, de substituer les palettes à longerons par des palettes à bloc (dé).

Aux États-Unis, les ventes de palettes neuves et reconditionnées devraient augmenter de 3,5 pour cent par an jusqu'en 2017 pour atteindre au 1,3 milliard d'unités, évaluées à 16,9 milliards $ US (prix moyen : 13 $/unité).

Les palettes en bois (incluant bois massif et bois moulé) sont de loin le type de produit le plus couramment utilisé. Les ventes des palettes de métal et de plastique enregistreront cependant, les gains les plus importants.

D'autre part, plus tôt cette année, *Peerless Research Group* a réalisé le sondage « *Modern Materials Handling's 2013 pallet survey* »[200,201] dans lequel on apprenait que le bois (bois massif) domine toujours le marché américain avec 91 % des répondants affirmant utiliser des palettes de bois. Vient ensuite le plastique avec 37 %, le bois composite (bois moulé) avec 18 % et finalement le papier et le métal avec 8 et 7 % respectivement[202]. Le score total excède 100 % en raison du fait que les utilisateurs peuvent utiliser plus d'un type de palette, en termes de matériau.

Tableau 36 : Type de palettes utilisées, en termes de matériau, États-Unis, 2013



Source : *Peerlees Research Group, 2013*

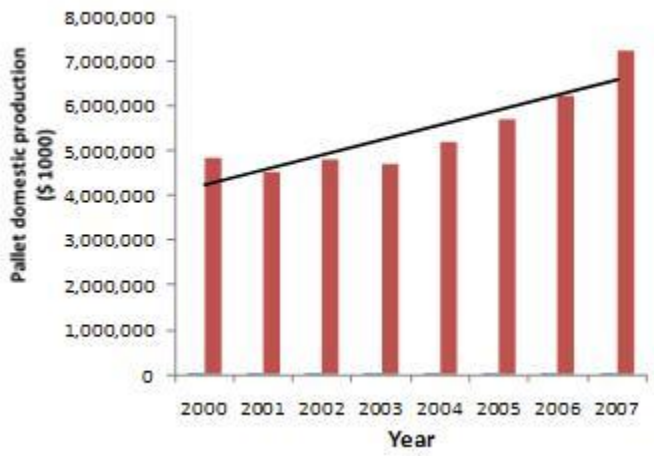
200 *Reader Survey: Talking pallets with Modern's readers, Modern Material Handling*, *Sept. 2013*.
201 *Pallet Market Insights Provided by Modern Reader Survey*, *Packaging Revolution, September 20, 2013*.
202 Le score total excède 100% en raison du fait que les utilisateurs peuvent utiliser plus d'un type de palette, en termes de matériau.

Alors que les palettes en plastique, en bois moulé et en métal prennent des parts de marché, aucune alternative n'est aussi polyvalente et rentable que les palettes en bois massif.

Dans l'article « *Markets in Transition: Export Pallets-Trending Toward Lightweight Alternative Materials*[203] », l'auteur mentionne la tendance vers des matériaux plus légers. Or, cela devrait stimuler l'utilisation de palettes en bois moulé puisque, typiquement, elles sont 60 % plus légères que celles en bois franc de même capacité.

Dans une autre étude[204], on indique, qu'en 2000, la valeur de la production nationale totalisait 4,8 milliards $ US et qu'en 2007, elle était de 7,2 milliards $ US, une augmentation de 49 % en 7 ans. Le tableau suivant montre cette progression.

Graphique 18 : Valeur de la production américaine de palettes, 2000-2007



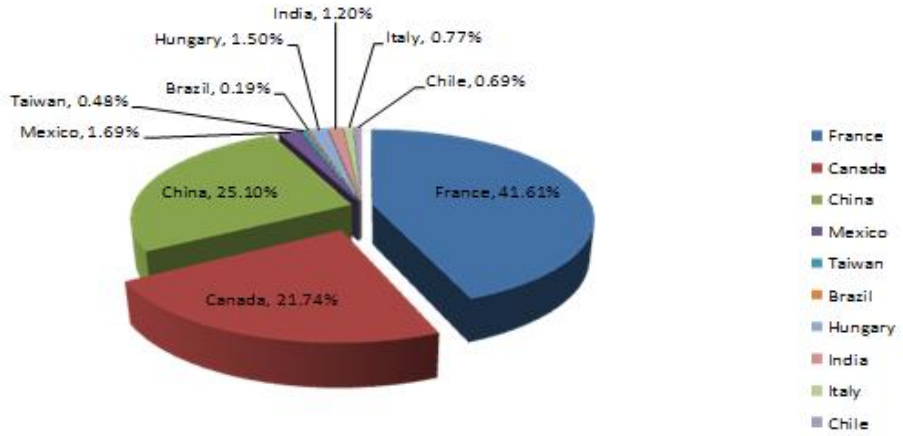
Source : *US Pallet Industry Update in US Market*, Leslie Scarlett Sanchez, *Department of Wood Science and Forest Products, Virginia Tech, 2010*

Le graphique suivant indique les 10 principaux pays exportateurs de palettes vers les États-Unis.

[203] *Markets in Transition: Export Pallets – Trending Toward Lightweight Alternative Materials; But Is That the Big Picture?", Pallet Enterprise, Rick LeBlanc, Jan 2013.*

[204] *US Pallet Industry Update in US Market, Leslie Scarlett Sanchez, Department of Wood Science and Forest Products, Virginia Tech, 2010.*

Graphique 19 : Principaux pays exportateurs de palettes vers les États-Unis, 2008



Source : *US Pallet Industry Update in US Market, Leslie Scarlett Sanchez, Department of Wood Science and Forest Products, Virginia Tech, 2010*

Il est tout à fait surprenant de voir l'importance qu'occupait la France dans ce marché (2008).

Europe

Selon *SYPAL*, le syndicat national de la palette de bois en France, les palettes en bois moulé représentent 2 à 3 % du marché. La France a fabriqué plus de 70 millions de palettes en 2006, ce qui représente entre 1,4 et 2,1 millions de palettes en bois moulé. Les palettes moulées sont des palettes d'expédition non échangeables et sans coût de location. Elles font l'objet d'un réemploi à l'interne[205].

Matériaux concurrents

Dans le marché, les produits moulés en bois aggloméré sont souvent confrontés à ces matériaux :

- Bois solide;
- Contreplaqué;
- Plastiques;
- Métaux (acier, aluminium); et,
- Cartons.

Fabricants

Les palettes et les dés de palettes de manutention représentent un segment très important des produits moulés en bois aggloméré. À cet égard, la section suivante liste quelques importants fabricants/distributeurs œuvrant dans ce marché :

[205] SYPAL – Fiche Palette en bois.

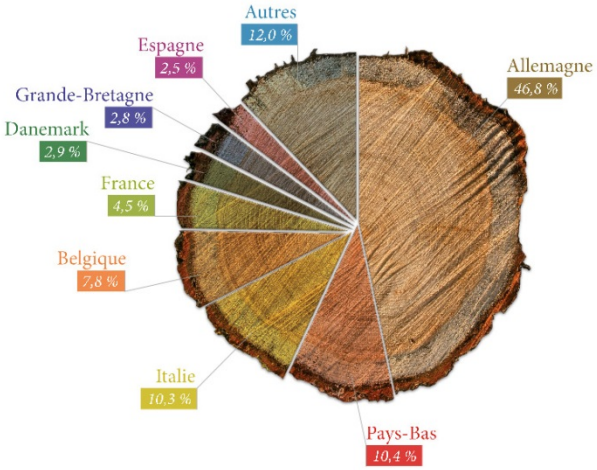
Werzalit GmbH + Co. KG, Allemagne

D'entrée de jeu, il faut mentionner l'importance de l'entreprise allemande *Werzalit GmbH + Co. KG* dans ce secteur. Elle a développé et breveté, au début des années 70, le procédé qui est maintenant utilisé sous licence dans de nombreuses usines dans le monde (cette technologie est décrite sommairement dans la partie « procédé »). *Werzalit* est progressivement devenu une désignation de matériau.

Les entreprises titulaires de licence *Werzalit* fabriquant ou distribuant des palettes moulées en bois aggloméré (conformes à la norme NIMP 15), sont :

- *Presswood International BV*, Pays Bas
  - *Presswood International BV* est une organisation dédiée à la distribution de palettes moulées en bois aggloméré, en Europe et à travers le monde. Elle compte plus de 160 points de vente et partenaires agréés, dans plus de 20 pays, sur trois continents.
  - Le groupe de commercialisation *Euroblock Verpackungsholz GmbH* (Allemagne) est formé des sociétés *Pfeifer Holz GmbH* (Allemagne) et *Presswood International B.V.* Les 5 sites de production du groupe *Euroblock* produisent 670 000 m^3/an de dés de palettes. Ils ont une capacité de production annuelle de l'ordre de 1 million m^3 de dés de palettes, permettant de produire 100 millions de palettes avec ces dés.

Graphique 20 : Marché des dés de palettes d'Euroblock



Source : *Euroblock*

- *Presswood Deutschland*, Allemagne;
- *GENTAS*, Turquie;
- *LHT Holdings Limited*, Singapour;
- *Klenk Holz AG*, Allemagne;
- *INKA Paletten GmbH*, Allemagne :
  - *Inka* est le plus grand producteur européen de palettes en bois brevetées *Werzalit*. Ses palettes et blocs sont conformes à la nouvelle réglementation EU 995/2010 (2013).
  - *Litco International, Inc.*, États-Unis

Litco International est le distributeur nord-américain exclusif de la palette moulée Inca, fabriquée selon la technologie *Werzalit aux États-Unis*. *Litco* valorise annuellement plus de 9 millions de tonnes métriques (20 millions de livres)[206] de copeaux ou sous-produits de la transformation du bois pour fabriquer environ 600 000 palettes ainsi que pour d'autres produits en bois moulé (ex. bouchons de mandrins).

Au total, *INKA Paletten GmbH* et *Litco* possèdent trois sites de production, dont un en Europe et deux autres aux États-Unis : Dover (OH) et Sardis (MS)[207].

Quelques autres fabricants de produits moulés en bois aggloméré ne sont pas liés à *Werzalit* ou à l'un de ses licenciés :

- *Engelvin Bois moulé S.A.*, France
  - Fabricants d'une large gamme de produits moulés en bois aggloméré :
    - Palettes, dés de palettes;
    - Joues de tourets[208];
    - Composants de mobilier;
    - Produits pour bâtiment,…

Site de production	41 000 m²
Employés	33
Factions	5 x 8 heures
Équipements	30 presses
Production	16 000 tonnes/an de produits finis
Production	24 000 000 pièces/an

206 *Litco Utilizes Wood Waste to Manufacture Presswood Pallets*, About.com (Page consultée le 2013-11-07).

207 Inka Paletten – L'entreprise.

208 Le marché mondial des tourets semble également important. Par exemple, *Nexans*, expert mondial dans l'industrie du câble, utiliserait plus de 800 000 tourets par année dans le monde. D'autre part, en mai 2010, le groupe Sonoco faisait l'acquisition de *Madem Reels USA*, manufacturier de tourets. *Madem* était à ce moment le premier producteur mondial de tourets en bois (bois massif, contreplaqué). Elle possède des usines au Brésil, en Espagne et au Bahreïn. Avec plus de 600 employés, la compagnie produisait plus de 500 conteneurs de tourets par mois.

Photo 42 : Usine Engelvin en France

Source : Engelvin Bois moulé S.A.

- *Bemis Manufacturing Company*, États-Unis
  - Fabricants de sièges de toilette moulés en bois aggloméré.

- *POLIMA AB*, Suède
  - Fabricants des produits moulés en bois aggloméré suivants :
    - Bouchons de mandrin; et,
    - Blocs de palettes.

Commentaires / remarques[209]

Ce type de technologies offre une grande flexibilité quant aux produits pouvant être fabriqués. Il sera capital de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont les meilleurs produits à offrir?
- Quel est l'avantage du produit en bois moulé par rapport aux autres déjà présents sur le marché?
- Y a-t-il un marché suffisamment important pour ces produits?
- Quelle est la compétition?

Une importante partie des acteurs du marché des palettes moulées et blocs de palettes sont titulaires de licence Werzalit et leurs produits sont commercialisés via des regroupements affiliés. Le cas échéant, la stratégie de pénétration de marché d'un fabricant québécois dans ces segments de marché devra tenir compte de ce pôle qui semble très bien organisé.

La commercialisation de divers produits moulés en bois aggloméré suppose de prendre en charge l'ensemble du processus, de la conception du produit jusqu'à sa production industrielle, ce qui nécessite un bureau d'études expérimenté.

[209] Gilles Brunette – FPInnovations – Rencontre du 19 septembre 2013.

Si le cas se présente, l'utilisation des essences de bouleaux ou d'érable devra faire l'objet de travaux permettant de valider la faisabilité technique et de s'assurer que les produits obtenus répondent adéquatement aux exigences des clients.

Une usine de produits moulés en bois aggloméré a des besoins relativement modestes en termes de volumes de matière première. L'installation d'une telle unité de production à proximité d'une usine de panneaux de particules pourrait constituer un avantage pour les 2 usines si une entente entre elles permettait de partager des équipements pour la préparation de la matière première.

3.10 PRODUITS FABRIQUÉS À PARTIR DE PLACAGES ET CONTREPLAQUÉS

Produit

Description

Un certain volume des billes de trituration de feuillus durs est constitué de tronçons dont la qualité permet d'en tirer des placages, grâce à des technologies de déroulage adaptées à cette ressource. Ce chapitre porte sur les produits pouvant être fabriqués à partir des placages obtenus de ces billes courtes (environ 120 cm de longueur) et de petits diamètres (entre 20 et 60 cm).

Diverses applications

Les placages issus du déroulage des bois de trituration représentent un certain potentiel (opportunité) qui devra être évalué. Quelques équipements de déroulage sans mandrin permettent effectivement de produire du placage à partir de ces billes. Cependant, bien que le contrôle de l'épaisseur des placages puisse, dans certains cas, ne pas égaler celui des tours à mandrins conventionnels[210], certains types de contreplaqués pour applications industrielles pourraient intégrer ces placages, dans leurs plis internes. À noter que les essences d'érable et de bouleau permettent d'obtenir des placages ayant d'excellentes caractéristiques, à bonne valeur ajoutée (couleur pâle, bonne dureté (pour pli superficiel)).

Voici quelques applications industrielles de placages :

- Structure de meubles;
- Boites et contenants;
- Tourets de câbles;
- Palettes de manutention;

[210] Rencontre avec Dr Henri Baillères (Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Queensland, Australie, henri.bailleres@daff.qld.gov.au).

- Palettes pliantes;
- Doublures de boites de camion;
- Etc.

Avantages / inconvénients

Avantages

- Le volume de bois de trituration transformé de cette façon acquiert une valeur ajoutée intéressante.

- Une usine de déroulage existante qui intégrerait la technologie de déroulage sans mandrin aurait l'avantage de pouvoir valoriser des bois de plus petites dimensions. De plus, la technologie lui donne la possibilité de reprendre les cœurs de déroulage laissés par ses tours à mandrins (typiquement près de 15 cm de diamètre) et d'en récupérer un volume de placage significatif.

Inconvénients

- Comparativement à la transformation de billes de déroulage, l'utilisation du bois de trituration aurait pour effet d'augmenter les coûts de production compte tenu, entre autres, des coûts associés au massicotage des feuilles de placage pour en éliminer les défauts.

Normes

Les types de contreplaqués canadiens couramment utilisés en construction ou en applications industrielles sont les contreplaqués en :

- Sapin Douglas (DFP);
- Résineux canadien(CSP); et,
- Peuplier (Poplar).

Les normes qui s'appliquent à ces produits sont :

- CSA O86 - Règles de calcul des charpentes de bois
  Au Canada, on trouve les valeurs de résistance et de rigidité prévues pour les différents types de panneaux de contreplaqué aux tableaux 7.3A et 7.3B de la norme CSA O86. Ces valeurs ont été assignées à deux essences de contreplaqué (offertes en différentes qualités) : le contreplaqué en sapin Douglas non poncé (DFP) et le contreplaqué en résineux canadien non poncé (CSP). D'autres qualités de DFP et de CSP sont aussi disponibles : la qualité poncée, destinée principalement aux coffrages à béton ou les applications non structurales, et la qualité select, généralement utilisée pour les sous-planchers où une surface lisse et solide est requise. Des contreplaqués de peuplier sont aussi disponibles en qualité poncée et non poncée[211].

- CSA O121-08 (R2013) – Contreplaqué en sapin Douglas.

[211] Panneau de contreplaqué, Conseil canadien du bois.

- CSA O151-09 – Contreplaqué en bois résineux canadien.
- CSA O153 – Contreplaqué en peuplier.

Les 3 normes précédentes (CSA O121-08, CSA O151-09 et CSA O153)[212] s'appliquent aux contreplaqués fabriqués avec un adhésif pour usage extérieur, comptant un minimum de trois plis et dont la direction du grain des faces est parallèle. Elles indiquent les exigences minimales relatives aux dimensions, aux qualités, aux panneaux spécialisés, aux marges de fabrication et à la qualité de la force d'adhérence de la colle.

Procédés

Essences de bois / matières premières

Les essences les plus couramment employées pour la fabrication de panneaux de contreplaqué sont l'épinette (S-P-F) et le sapin Douglas (D. Fir)[213]. Cependant, les contreplaqués utilisés en construction et/ou en applications industrielles peuvent aussi bien être fabriqués d'essences de résineux que d'essence de feuillus (érable, bouleau,…)[214]

Selon la norme PS1 de l'*American Plywood Association* (APA)[215], les essences de placage sont classées en 5 groupes, en fonction de leur résistance et rigidité. Le groupe 1 contient les essences aux caractéristiques les plus élevées, le groupe 5; les essences aux caractéristiques les plus faibles.

Tableau 37 : Classification d'essences de bois feuillus présentes au Québec, selon la norme PS1 de l'APA

Groupe 1	Groupe 3	Groupe 4
Érable à sucre	Bouleau blanc	Peuplier faux-tremble
Merisier		

Autres constituants (ex. : colles, résines, finis, etc.)

Adhésif hydrofuge, de type phénol-formaldéhyde

Procédé

Certains tronçons provenant de grumes de bois de trituration peuvent être récupérés pour produire du placage. Ils sont tout d'abord écorcés, arrondis grossièrement puis coupés en billes de déroulage à la longueur appropriée pour le tour. Les billes sont ensuite conditionnées (à la vapeur, dans une étuve, ou encore dans des bassins d'eau chaude) afin d'assouplir la fibre.

212 Contreplaqué – Classes, Conseil canadien du bois.
213 Panneau de contreplaqué, CECOBOIS.
214 *Engineered Wood Handbook & Grade Glossary, American Plywood Association (APA)*, 2012.
215 *Panel Design Specification Form D-510*, APA, 2012.

Par la suite, les billes sont acheminées vers la dérouleuse sans mandrin (*spindleless lathe*) puis transformées en un placage continu. Le placage est acheminé vers les massicots qui, après inspection, enlèvent les défauts non admissibles et coupent le placage de largeur aux fins de classement et d'empilage. Enfin, les placages sont séchés en fonction de leur taux d'humidité.

La conception et le mode de fonctionnement de tours sans mandrin permettent de dérouler les billes jusqu'à ce que le cœur n'ait plus qu'environ 5 cm de diamètre, permettant ainsi d'augmenter le rendement matière de façon sensible comparativement aux tours avec mandrin.

L'idée ici est d'utiliser des lignes de déroulage d'entrée de gamme proposées par certains fabricants (dont Omeco, Raute, Meinan). Ces équipements, populaires en Asie et notamment au Japon, sont peu complexes, très compacts et peu dispendieux comparativement aux lignes généralement utilisées en Amérique du Nord.

Un chercheur australien[216] travaille sur une approche visant à constituer une usine de déroulage mobile avec ces équipements d'entrée de gamme montés sur 4 ou 5 semi-remorques. L'usine pourrait, sur site, permettre de valoriser la partie déroulable venant des bois de trituration en produisant des placages « verts », produit intermédiaire pouvant, par la suite, être transformé pour répondre à de nombreuses applications. L'usine se déplacerait de chantier en chantier, vers la matière première, et non l'inverse. Cela permettrait de réduire sensiblement les coûts de transport et de valoriser dès que possible la partie de la matière ayant les attributs nécessaires.

Fournisseurs de technologies

Quelques entreprises proposent des lignes de déroulage d'entrée de gamme constituées essentiellement de :

- Fraiseuse pour arrondir les billes (« Roundup unit »);
- Tour sans mandrin;
- Convoyeurs;
- Massicot; et,
- Empileuse.

Fabricant	Distributeur
Omeco Ind. E Com de Maquinas Ltda. Mr. Afranio Ulmir de Andrade Brésil Tél. :55.41.3316.7100 omeco@omeco.com.br www.omeco.com.br	Industrial Machinery Sales (IMS) Bécancour Tél. :819 367-2642 Cell : 819 996-2642 gabbeaulac@industrialmachinerysales.net www.industrialmachinerysales.net/

Omeco propose une gamme de petites dérouleuses sans mandrin.

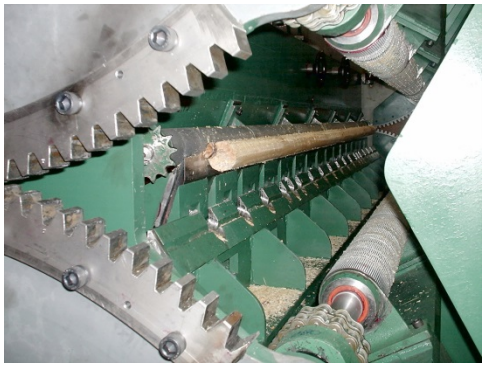
[216] Dr Henri Baillères (*Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Queensland*, Australie, henri.bailleres@daff.qld.gov.au).

- Tour sans mandrin TR4 (env. 120 k$) :
  - Longueur des billes : 1 350 mm (env. 4 pieds);
  - Diamètre des billes (min/max) : env. 90 – 400 mm;
  - Diamètre des cœurs de déroulage : - de 50 mm;
  - Épaisseur du placage : 1,0 – 4,0 mm.
- Guillotine (*clipper*)
- « *Rounding unit* » (unité d'un fournisseur chinois : env. 15 k$)

Prix budgétaire[217]: « *Rounding unit* », tour sans mandrin, guillotine et petit séchoir : 500 000 $ CA.

Les photos suivantes montrent la disposition des rouleaux d'entrainement, le cœur de déroulage restant à la fin de l'opération et le placage à la sortie de la dérouleuse.

Photo 43: Dérouleuse sans mandrin Omeco



Source : Omeco

Fabricant	Distributeur
Raute Corp. Mr. Martin Murphy, vp ventes Delta, C.B. Tél. : 604-524-6611 Martin.murphy@raute.com www.raute.com Les équipements sont fabriqués par la division Raute (Shanghai) Machinery Co., Ltd.	

Raute propose une nouvelle ligne de déroulage : « *Dragon Peel* ». Une unité commerciale devrait être bientôt prête et pourrait éventuellement être rendue mobile[218].

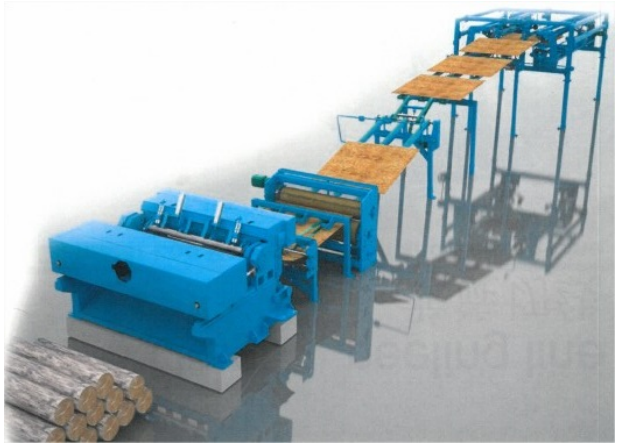
Ligne *Dragon Peel* :
- Système d'alimentation des billes (jusqu'à 6 billes/min);

[217] Prix annoncé par Mr Afranio Ulmir de Andrade à la Ligna. Perfecta Plywood possède un tour Omeco.
[218] Discussion avec M. Martin Murphy à la Ligna.

- Tour sans mandrin :
  - Longueur des billes : Env. 1,0 – 1,2 m (3 ou 4 pieds);
  - Diamètre des billes : 80 – 300 mm;
  - Diamètre des cœurs de déroulage : 30 mm;
  - Épaisseur du placage : 1,2 - 3,6 mm;
- Clipper :
  - Longueur des placages : 300 – 2 700 mm;
- Empileuse :
  - Vitesse : 60 m/min.

Prix budgétaire pour une ligne de base : Tour « *spindle less* », massicot, empileuse : 235 000 $ CA.

Photo 44 : Ligne *Dragon peel* de Raute



Source : Raute

Fabricant	Distributeur
Meinan Machinery Works Japon	Merritt Machinery, LLC Lockport, NY

Meinan propose depuis peu la gamme de tours sans mandrin ALLF, adaptés pour les bois de petits diamètres. Ce type de dérouleuse aurait été installé dans une usine de *Columbia Forest Products*, située à Boardman, en Oregon. Il permet de dérouler des placages jusqu'à un diamètre de 2 ¼ pouces (env. 6 cm). Au besoin, voir la vidéo montrant l'installation de cet équipement dans l'usine de Columbia. Selon le constructeur, contrairement aux dérouleuses munies de rouleaux d'entrainement dentelés (Gangi), les tours de la série ALLF sont équipés d'un système d'entrainement circonférentiel qui ne marque pas le placage (pas d'incision). Les produits obtenus seraient de qualité supérieure et d'une épaisseur contrôlée avec précision.

Tableau 38 : Caractéristiques des tours ALLF de Meinan

	ALLF- 8	ALLF- 6	ALLF – 3,5
Longueur max. du billon mm / pouces	2,660 / 105	2,100 / 83	1,150 / 45
Diamètre max. du billon mm / pouces	600 / 24	600 / 24	800 / 32
Épaisseur des placages mm / pouce	0,55-3,5 / 1/50-1/4	0,55-3,5 / 1/50-1/4	1,0-4,0 / 1/25 – 5/32
Diamètre min. du cœur mm / pouces	80 / 3,2	70 / 2 ¾	60 mm / 2 ¼
Vitesse max de déroulage m/min / pieds/min	150 / 450	150 / 450	70 / 210

Quelques autres fournisseurs proposent ce genre d'équipements, dont *Hebei Shouxin Machinery Manufacture Co., Ltd.*

Besoin de R&D

Des travaux de recherche supplémentaires sont requis pour déterminer :

- Quelles pourraient être les niches de marché (applications) à privilégier pour ces placages?
- La qualité des placages obtenus de ces équipements;
- Le rendement matière; et,
- Les coûts de production.

Marché

En 2009, les 8 membres de l'association CANPLY produisaient plus de 90 % du contreplaqué structural, de construction et industriel fabriqué au Canada. Leur production se chiffrait alors à environ deux milliards de pieds carrés (sur une base de 3/8 de po), dont environ 70 % étaient consommés au Canada. Le reste était exporté dans plusieurs pays, les États-Unis, le Japon, le Royaume-Uni et l'Allemagne étant les principaux importateurs[219].

Freedonia publiait, en avril 2013, l'étude de marché « *Building Boards - US Industry Study with Forecasts for 2017 & 2022* » sur les placages de construction.

Global Industry Analyst Inc. a publié en février 2012 une étude sur le marché mondial des panneaux à base de bois, dont les contreplaqués. L'étude « *Wood Panels – A Global Strategic Business Report* » présente de façon distincte les marchés des États-Unis, du Canada, du Japon, de l'Europe,… et les différents créneaux visés. Les estimations annuelles et prévisions couvrent la période 2009 à 2017.

[219] Manuel du contreplaqué, CanPly

Matériaux concurrents

- Les placages de résineux et de peuplier couramment utilisés dans l'industrie;
- Panneaux OSB.

Fabricants québécois de placages et de contreplaqués

Fabricants de placages

Au Québec, une quinzaine d'entreprises produisent des placages de bois (déroulés, tranchés, jointés), sans distinction d'essences :

- Bois Lamica inc. (Victoriaville);
- Bois Nobles Ka'n'enda Ltée (Mont-Laurier);
- Boisés La Fleur inc. (Les) (Victoriaville);
- Compagnie Commonwealth Plywood Ltée (La) (Princeville, Shawinigan, Belleterre, Kipawa);
- Corporation Internationale Masonite (La) (Lac-Mégantic);
- Industrie Ergie inc. (Victoriaville);
- Paniers Jim-My inc. (Les) (Sainte-Cécile-De-Whitton);
- Placage Unique inc. (Rigaud);
- Placages Beaulac & Fils inc. (Daveluyville);
- Placages de Bois inc. (Sainte-Agathe-Des-Monts);
- Placages Lignum inc. (Victoriaville);
- Placages Nicolet-Sud inc. (Nicolet);
- Placages St-Raymond inc. (Saint-Raymond);
- Produits forestiers R. Perron ltée (Saint-Marc-Des-Carrières);
- Vexco inc., Div. Placages (Plessisville).

Fabricants de contreplaqués

Au Québec, 6 entreprises produisent des contreplaqués, toutes essences confondues :

- Corporation Internationale Masonite (La) (Lac-Mégantic);
- Goodfellow inc. (Delson);
- Panneaux Optimum inc. (Saint-Léonard-D'aston);
- Perfecta Plywood ltée (Saint-Hyacinthe);
- Produits forestiers Columbia (Saint-Casimir);
- Spécialités M.G.H. inc. (Les) (Tring-Jonction).

Commentaires / remarques

Des études plus poussées devraient être en mesure de valider les créneaux de marchés à exploiter (applications) et de vérifier les scénarios de rentabilité lorsque les technologies d'entrée de gamme sont utilisées.

Pour augmenter les chances de succès, l'exploitation de ces technologies devrait être envisagée dans un contexte d'intégration dans des usines de déroulage conventionnelles déjà existantes.

Cela permettrait de réaliser, d'une part, des économies importantes par le partage d'infrastructures et d'équipements déjà en place (ex. : cours à bois, étuves ou bassins de trempage, …) et d'autre part, d'augmenter le rendement matière par la valorisation des cœurs de déroulage de fort diamètre laissés par les tours à mandrins.

4. CONCLUSIONS

Le MRN a mis en place une stratégie qui vise à augmenter la consommation de bois ronds de trituration par l'industrie québécoise de la transformation. La démarche définie par le Ministère, qui comporte les trois étapes suivantes, a pour objectif ultime d'identifier trois produits à fabriquer à partir de cette matière et à réaliser toutes les phases menant à des investissements concrets, d'ici 2017 :

1. Identifier dix produits ayant un potentiel de fabrication au Québec, ainsi qu'un bon potentiel de marchés au Québec, en Amérique du Nord ou outre-mer. Chacun de ces produits devra nécessiter une consommation annuelle de 100 000 à 250 000 m^3 de bois ronds de trituration de feuillus durs.

2. Parmi les dix produits, cinq seront choisis à la suite d'études de préfaisabilité pour continuer dans le processus de sélection et de développement.

3. Des études de faisabilité et de marchés seront réalisées pour les cinq produits choisis à l'étape 2 afin de faire ressortir trois produits qui conduiront à des investissements et des implantations d'usines pour leur fabrication au Québec.

Le présent mandat constituait la première étape de cette démarche. Les dix produits suivants ont été choisis parmi 95, à la suite d'un processus de sélection faisant intervenir plusieurs experts du milieu de la transformation du bois :

1. Scrimtec^{tm};
2. Produits à base de laine de bois;
3. Panneaux isolants à base de fibres de bois et pièces et panneaux à base de fibres moulés;
4. Composites bois polymers;
5. Acide biosuccinique;
6. Granules énergétiques;
7. Bois lamellé-collé;
8. Charbon de bois - charbon active;
9. Produits moulés en bois aggloméré;
10. Produits fabriqués à partir de placages.

La technologie de fabrication des produits Scrimtec^{tm} peut valoriser des bois de trituration de feuillus durs. Cependant, aucune usine de taille commerciale n'existe encore et certains défis persistent au niveau de l'ingénierie afin de pouvoir produire en continu. D'autres aspects, de nature réglementaire et commerciale, devront également être relevés.

Le panneau de laine de bois-ciment permet l'utilisation de bois court et de petit diamètre. Cependant, contrairement aux résineux, l'utilisation de feuillus durs requiert une période d'entreposage des bois pour permettre la dégradation des hémicelluloses qui inhibent la prise du béton. Ici aussi, la commercialisation de ce type de produit sera un enjeu majeur.

En ce qui a trait aux isolants à base de fibres de bois (IFB), le développement de ce marché se produira si l'utilisation des IFB permet d'obtenir, par rapport aux matériaux traditionnels, des avantages économiques, techniques ou environnementaux importants dont pourront bénéficier les clients, et ce, avec peu ou pas de risques pour ceux-ci. Du côté technique, les méthodes de fabrication, qui requièrent des copeaux, sont bien maîtrisées. Le défi se situe dans l'utilisation de fibres de feuillus qui risquent de diminuer les propriétés du matelas isolant. Des recherches et essais devront permettre de statuer sur l'utilisation de celles-ci (essence unique ou mélange d'essences (feuillus/résineux)) pour la production d'un isolant performant et résistant. L'implantation d'une unité de production dans une ancienne usine serait sans doute un avantage.

Le marché des composites bois polymère (CBP) est peu diversifié et se concentre à plus de 85 % dans les trois applications suivantes : platelage / moulures et garnitures / clôtures. Cependant, l'industrie se diversifie en développant plus de pièces « techniques ». La mise au point de ces produits complexes, à forte valeur ajoutée, requerra cependant des compétences très spécifiques, accessibles par l'embauche d'experts ou en établissant des partenariats avec des firmes spécialisées ou centres de recherche. La fabrication de ce type de produits consomme, entre autres, de la farine de bois de feuillus durs. Celle-ci, obtenue de bois de trituration, risque de coûter cher comparativement à celle produite à partir de sous-produits de 1re et 2e transformations du bois.

En ce qui concerne l'acide biosuccinique, les papetières, avec leurs installations déjà en place, pourraient fournir les ingrédients de base servant à sa fabrication. Ces installations sont généralement localisées près des ressources, ce qui constitue un avantage. La question est plutôt de savoir si ce produit permettra de consommer plus de bois de trituration de feuillus durs.

Les granules énergétiques peuvent être produites à partir de feuillus. Les matières premières les plus régulièrement utilisées ont été les sciures et rabotures. Cependant, en raison de la croissance accélérée du marché des granules, de la quantité limitée de la matière première traditionnelle de même que la concurrence d'autres industries forestières (panneaux, pâte) pour celle-ci, l'utilisation de bois de trituration et copeaux comme matières premières gagne en importance. De plus, les perspectives de marché sont positives, que ce soit pour les granules premium ou ceux de qualité industrielle.

Pour ce qui est des bois lamellé-collé de feuillus, leur fabrication permettrait de consommer des petits sciages obtenus de bois de trituration. Cependant, des efforts devront être consentis pour élaborer des normes canadiennes. Aussi, des recherches devront permettre d'établir s'il est possible d'utiliser les bois feuillus combinés avec les bois résineux.

De nombreuses technologies, dont plusieurs encore en développement, existent afin de transformer la matière ligneuse en charbon. Le choix de la technologie comporte passablement des risques techniques. Aussi, la variabilité du charbon obtenu est un élément qui mérite une attention particulière (granulométrie, degré d'humidité, densité). D'autre part, le charbon activé produit à partir de bois a une plus grande capacité absorbante que les charbons faits à partir d'autres matières premières, ce qui constitue un élément avantageux pour le contexte du projet. De plus, le plus grand marché est à nos portes et est en croissance. En effet, les États-Unis représenteront plus de 30 % du marché global en 2016.

En ce qui a trait aux produits moulés en bois aggloméré, l'utilisation des essences de bouleaux ou d'érable devra faire l'objet de travaux permettant de valider la faisabilité technique et de s'assurer que les produits obtenus répondent adéquatement aux exigences des clients. La réalisation de divers produits moulés en bois aggloméré suppose de prendre en charge l'ensemble du processus, de la conception du produit jusqu'à sa production industrielle, ce qui nécessite une expertise particulière. Plusieurs acteurs de ce marché, fabricants de palettes moulées et blocs de palettes, sont titulaires de licence Werzalit et leurs produits sont commercialisés via des regroupements affiliés. Le cas échéant, la stratégie de pénétration de marché d'un fabricant québécois dans ces segments de marché devra tenir compte de ce pôle qui semble très bien organisé.

Pour ce qui est des placages obtenus de billes courtes et de petits diamètres, des études plus poussées devraient être en mesure de valider les créneaux de marchés à exploiter (applications) et de vérifier les scénarios de rentabilité lorsque les technologies d'entrée de gamme sont utilisées. Pour augmenter les chances de succès, l'exploitation de ces technologies devrait être envisagée dans un contexte d'intégration dans des usines de déroulage conventionnelles déjà existantes.

Enfin, la disponibilité de matières premières de bonne qualité, à bon prix, plus accessibles et en quantité suffisante (copeaux résineux de scieries, par exemple) pourrait amener les futurs promoteurs à considérer cette matière plutôt que les bois de trituration de feuillus durs.

ANNEXE A

Séance de remue-méninges
Partie 1 : Liste des participants

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE A

Séance de remue-méninges
Partie 2 : Liste des segments déterminés durant la séance
et présentation du déroulement du remue-méninges

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE B

Revue de la littérature
Partie 1 : Banques de données utilisées, mots-clés et concept de recherche et sorties de banques de données

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE B

Revue de la littérature
Partie 2 : Documents retenus, non disponibles sur le Web

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE C

Contacts d'experts
Partie 1 : Requêtes en français et en anglais

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE C

Contacts d’experts
Partie 2 : Liste d’experts

CRIQ
PARTENAIRE D’INNOVATION

Québec

ANNEXE C

Contacts d'experts
Partie 3 : Réponses reçues

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE D

Compte rendu de la visite à la LIGNA

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE E

Présélection des produits
Partie 1 : Liste des participants

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE E

Présélection des produits
Partie 2 : Tableau des 95 produits à coter

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE F

Choix des 10 produits finaux
Partie 1 : Liste des participants

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

ANNEXE F

Choix des 10 produits finaux
Partie 2 : Fiches des 45 produits

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

Québec

CRIQ
PARTENAIRE D'INNOVATION

329 (2012-04).

Centre de recherche industrielle du Québec
QUÉBEC 333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7 T 418 659-1550 / 1 800 667-2386 F 418 652-2251
MONTRÉAL 1201, boul. Crémazie Est, bur. 1.210, Montréal (Québec) H2M 0A6 T 514 383-1550 / 1 800 667-4570 F 514 383-3250
infocriq@criq.qc.ca **criq.qc.ca**

Québec