



# Secteur forestier au Québec

**ÉTUDE DE CIRCULARITÉ ET DÉBOUCHÉS  
POTENTIELS**

**ctt*éi***  
EXPERT EN LA MATIÈRE



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

**Canada**

# À PROPOS

Ce document a été préparé par le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) pour le compte de Ressources naturelles Canada et tous les droits d'auteur appartiennent au CTTÉI. Il peut être cité, traduit ou servir d'inspiration à la condition expresse de mentionner la paternité des travaux du CTTÉI en tout temps.

Tous les efforts ont été déployés par le CTTÉI afin d'assurer l'exactitude de l'information incluse dans le rapport. Les avis et opinions exprimés dans le rapport sont uniquement ceux du CTTÉI et ne reflètent pas nécessairement la position du gouvernement du Canada. Le gouvernement du Canada n'est pas responsable de l'exactitude, de la fiabilité et de l'actualité de l'information.

## TITRE ET SOUS-TITRE

Secteur forestier au Québec – Étude de circularité et débouchés potentiels

## NOMBRE DE PAGES

37 pages + annexes (67 pages)

## CLIENT

Ressources naturelles Canada

## TYPE DE PROJET

Assistance technique

## TYPE DE RAPPORT

Rapport d'assistance technique, Final - révisé

## DATE DE PUBLICATION

Mars 2022

## PÉRIODE DE TRAVAIL

Novembre 2020 à septembre 2021

## AUTEUR ET AUTRICE

Michaël Desrochers, ing., M. Env., Chargé de projets  
Jennifer Pinna, DGE, ESHT, B.A., Conseillère en économie circulaire

## COLLABORATEURS ET COLLABORATRICES

Julien Beaulieu, ing. M. ing., PMP, Chercheur  
Angela Fahdi ing. jr. M. ing., Chargée de projets  
Jean-François Vermette, biophysicien, M. Sc., Directeur scientifique

## REMERCIEMENTS

L'équipe du travail du CTTÉI remercie l'équipe de Ressources naturelles Canada pour leur implication et leur soutien dans la réalisation de cette étude, et en particulier, M. Bruno Gagnon, ing. PhD., Analyste principal des sciences et politiques.

## CITATION

*Desrochers, M., Pinna, J., Fahdi, A., Beaulieu, J. (2022). Secteur forestier au Québec – Étude de circularité et débouchés potentiels*

## CENTRE DE TRANSFERT TECHNOLOGIQUE EN ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

3005, boul. de Tracy, Sorel-Tracy (Québec) J3R 1C2, Canada  
450 551.8090, poste 3516 – [info@cttei.com](mailto:info@cttei.com) – [www.cttei.com](http://www.cttei.com)

Depuis 1999, le Centre de transfert technologique en écologie industrielle développe et partage une expertise inégalée en matière de mise en valeur des matières résiduelles. Il accroît la performance des entreprises et des collectivités par la recherche et le développement d'approches et de technologies innovantes en écologie industrielle. Le CTTÉI est affilié au Cégep de Sorel-Tracy.



# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. OBJECTIFS ET MANDAT	2
2. MÉTHODOLOGIE	2
3. Analyse des flux de matières	3
3.1. Méthodologie de l'AFM	3
3.1.1. Conception du modèle d'AFM	3
3.1.2. Sources d'information	5
3.1.3. Hypothèses et limitations	6
3.2. Résultats de l'AFM	7
3.2.1. Taux d'utilisation des principaux produits forestiers	12
4. DONNÉES DES SYMBIOSES DE SYNERGIE QUÉBEC	18
4.1. Indicateurs sur les entreprises répondantes	19
4.2. Indicateurs sur le nombre d'offres et demandes de Synergie Québec	21
4.3. Indicateurs sur les synergies de Synergie Québec	24
4.4. Autres indicateurs	26
5. TECHNOLOGIES ET DÉBOUCHÉS ÉMERGENTS	28
6. SYNERGIES ET AUTRES ACTIONS EN ÉCONOMIE CIRCULAIRE	29
6.1. Orientation et actions régionales	29
6.2. Exemples de synergies documentées et chiffrées	31
7. MISE EN VALEUR DANS LE SECTEUR FORESTIER : ENJEUX ET LEVIERS	32
DISCUSSION ET CONCLUSION	36
RÉFÉRENCES	38

## ANNEXES

ANNEXE I	Facteurs de conversion
ANNEXE II	Étapes, processus et flux
ANNEXE III	Sources d'imprécision et d'incertitude sur les données de Synergie Québec
ANNEXE IV	Données de Synergie Québec
ANNEXE V	Débouchés émergents pour la mise en valeur des sous-produits du secteur forestier

## TABLEAUX

TABLEAU 1 Conception du modèle d'AFM	4
TABLEAU 2 Liste des sources d'information consultées	5
TABLEAU 3 Liste des hypothèses et des limitations	6
TABLEAU 4 Compilation de l'utilisation des principaux produits forestiers	17
TABLEAU 5 Nombre d'entreprises de Synergie Québec par secteurs SCIAN et ratio avec le CRIQ	19
TABLEAU 6 Nombre d'entreprises de Synergie Québec par secteurs SCIAN	20
TABLEAU 7 Nombre d'employés des entreprises de Synergie Québec et ratio avec le CRIQ	20
TABLEAU 8 Nombre de synergies par région et par statut	25
TABLEAU 9 Synergies par région et par statut	26
TABLEAU 10 Technologies émergentes de mise en valeur du bois	28
TABLEAU 11 Orientations du gouvernement du Québec touchant les produits forestiers	29
TABLEAU 12 Exemples d'actions en économie circulaire touchant les produits forestiers	30
TABLEAU 13 Exemples de synergies réalisées par Synergie Québec	32
TABLEAU 14 Enjeux et leviers	34
TABLEAU 15 Offres par catégories de bois par secteur SCIAN (119 offres)	45
TABLEAU 16 Offres par catégories de bois par autres secteurs SCIAN (90 offres sur 339)	45
TABLEAU 17 Offres par sous-catégories de bois par secteur SCIAN (119 offres)	46
TABLEAU 18 Offres par sous-catégories de bois par autres secteurs SCIAN (90 offres sur 339)	46
TABLEAU 19 Demandes par catégories de bois par secteur SCIAN (60 demandes)	47
TABLEAU 20 Demandes par catégories de bois par autres secteurs SCIAN (67 demandes)	47
TABLEAU 21 Demandes par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN (60 demandes)	48
TABLEAU 22 Demandes par sous-catégories de bois et par autres secteurs SCIAN (42 demandes)	48

## FIGURES

FIGURE 1 Cycle de vie du carbone - Schématisation du secteur forestier (tirée de [8])	5
FIGURE 2 Flux de matières du secteur forestier québécois	8
FIGURE 3 Catégories et sous-catégories de bois dans la base de données de Synergie Québec	19
FIGURE 4 Nombre d'Offres par catégories de bois et par secteur SCIAN (119 offres)	21
FIGURE 5 Nombre d'Offres par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN (119 offres)	22
FIGURE 6 Nombre de Demandes par catégories de bois et par secteur SCIAN (60 offres)	23
FIGURE 7 Nombre de Demandes par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN (60 demandes)	24

## INTRODUCTION

Le Service canadien des forêts, qui fait partie de Ressources naturelles Canada (RNCan) (ci-après « SCF » ou « le client »), est la voix nationale et internationale du secteur forestier canadien. Le SCF collabore étroitement avec les provinces et les territoires du Canada afin de veiller à la durabilité et à la santé des forêts. Dans la foulée d'une transition progressive vers l'économie circulaire à l'échelle mondiale, le SCF s'est engagé activement à faire progresser la bioéconomie et l'économie circulaire partout au Canada. Notamment, le SCF soutient la transformation du secteur forestier vers des produits à plus haute valeur ajoutée et des technologies plus efficaces, et ce, tout en faisant progresser le pays vers des pratiques plus vertes. Cependant, le manque de données sur les flux de matières dans tous les secteurs de l'économie, y compris le secteur forestier, ainsi que sur les initiatives en cours rend difficile le ciblage des actions et des mesures nécessaires pour un déploiement efficace des stratégies de l'économie circulaire au Canada.

Ce travail vise à tirer parti des données disponibles au Québec sur les flux de matières du secteur forestier pour mieux évaluer la circularité du secteur. Cela mènera à l'élaboration de politiques ou d'initiatives comme la création de centres de transfert et de conditionnement de la biomasse, ou de *biohubs*, à travers le pays.

À cette fin, l'aide du Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI), un centre de transfert de technologie basé au Québec, a été sollicitée. Fort d'une expertise en écologie industrielle et en économie circulaire, le CTTÉI possède une bonne connaissance des flux de sous-produits industriels et de leurs débouchés. De plus, il anime Synergie Québec, une communauté de pratique qui regroupe plus d'une vingtaine de projets de symbioses industrielles et territoriales partout au Québec. Portés par une diversité d'acteurs régionaux, ces projets favorisent la création de synergies, notamment dans le secteur forestier. Leurs retours d'expérience permettront d'identifier les freins, les leviers à la mise en valeur des résidus du secteur forestier ainsi que des débouchés émergents.

## I. OBJECTIFS ET MANDAT

Les objectifs spécifiques de ce travail étaient les suivants :

1. Indiquer les taux d'utilisation des matières premières et des résidus industriels du secteur forestier au Québec (avec saisie des données du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs);
2. Étudier les taux de production et de valorisation des principaux produits et sous-produits forestiers ;
3. Évaluer dans quelle mesure les industries forestières et les produits forestiers sont représentés dans les symbioses industrielles régionales soutenues par le CTTÉI;
4. Identifier les types de flux de matières les plus fréquemment fournis et utilisés par les industries forestières dans le cadre des symbioses industrielles régionales;
5. Fournir des études de cas innovants et émergents impliquant les industries forestières ou les produits forestiers;
6. Identifier les obstacles à l'établissement d'échanges de flux de matières dans les cas où les résidus du secteur forestier ou les produits forestiers proposés ne trouvent pas preneur.

L'atteinte de ces objectifs visait à évaluer le niveau de circularité du secteur forestier québécois. Un système, dans ce cas-ci le secteur forestier québécois, sera qualifié de circulaire s'il répond aux principes de l'économie circulaire. Au Québec, la définition de l'économie circulaire généralement retenue est celle du Pôle de concertation québécois sur l'économie circulaire :

« L'économie circulaire est un système de production, d'échange et de consommation visant à optimiser l'utilisation des ressources à toutes les étapes du cycle de vie d'un bien ou d'un service, dans une logique circulaire, tout en réduisant l'empreinte environnementale et en contribuant au bien-être des individus et des collectivités. » [1]

Comme l'illustre cette définition, l'économie circulaire (circularité) englobe une multitude d'éléments et de stratégies de mise en œuvre qui rendent son évaluation très exigeante. Conséquemment, l'évaluation de la circularité dont il est question dans cette étude n'est en fait qu'une appréciation semi-quantitative de l'utilisation des ressources forestières du Québec et ne doit pas donc pas être interprété comme une détermination robuste d'un indice de circularité multicritères.

## 2. MÉTHODOLOGIE

Les tâches suivantes ont été réalisées pour répondre aux objectifs du mandat.

### TÂCHE I ANALYSE DES FLUX DE MATIÈRES (AFM)

La majeure partie des données pertinentes provenant des banques de données et des rapports publics a été récoltée et utilisée pour calculer les taux d'utilisation des matières premières du secteur forestier et des résidus industriels (ex. : résidus de récolte, bois ronds, résidus de scierie), ainsi que pour fournir les taux de valorisation des principaux produits forestiers générés et utilisés au Québec (ex. : papier, carton, panneaux composites, panneaux structuraux, bois d'œuvre).

Cette étude s'est concentrée plus spécifiquement sur cinq types de produits :

1. Les résidus de coupe laissés en forêt ;
2. Les matières premières de transformation ;
3. Les principaux produits de transformation ;

4. Les sous-produits de transformation ;
5. Les résidus de post-consommation.

Dans une certaine mesure, cette étude a également couvert les produits forestiers expédiés à l'extérieur de la province du Québec de même que les produits importés.

## **TÂCHE 2** ANALYSE DES DONNÉES DE SYNERGIE QUÉBEC

SQ, un réseau animé par le CTTÉI, regroupe une vingtaine de projets de symbioses industrielles et territoriales partout au Québec. Chacun d'eux possède des données partielles<sup>1</sup> sur le métabolisme industriel des entreprises de leur territoire, notamment dans le secteur forestier.

Huit des territoires membres du réseau Synergie Québec ont partagé leurs données sur les entreprises des secteurs SCIAN identifiés avec le client : 113 (foresterie et exploitation forestière), 321 (fabrication de produits en bois) et 322 (fabrication du papier). Ces renseignements ont permis de dresser un portrait sommaire des enjeux liés aux produits forestiers. L'expérience de Synergie Québec a également permis d'identifier des freins et des leviers à la réalisation de synergies impliquant des produits du secteur forestier. L'objectif est de mieux comprendre les raisons qui limitent et favorisent la mise en valeur des résidus.

## **TÂCHE 3** ÉTUDES DE CAS D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

À partir des données de veille technique, des fiches présentent des débouchés pour les produits de bois moins courants en développement et innovants en Amérique du Nord. Les stratégies d'économie circulaire ici étudiées concernent essentiellement l'optimisation des procédés (technologies propres), le recyclage, le compostage, la valorisation matière et la valorisation énergétique.

De plus, des synergies réalisées par l'intermédiaire des animateurs de Synergie Québec sont présentées sous forme de fiche. Elles témoignent, retombées mesurées à l'appui, de la diversité des opportunités d'affaires que représentent l'économie circulaire pour les entreprises québécoises.

# **3. Analyse des flux de matières**

Cette section décrit la méthodologie employée pour réaliser l'AFM et présente les résultats obtenus.

## **3.1. MÉTHODOLOGIE DE L'AFM**

L'AFM est « une évaluation systématique des flux et stocks de matière dans un système défini dans le temps et dans l'espace » [2]. Elle consiste essentiellement en la réalisation d'un bilan de masse des intrants, des extrants et des stocks d'un système et de ses sous-systèmes.

La première étape de la réalisation d'une AFM exige de définir le système et ses constituants en fonction de l'objectif qui est, dans ce cas-ci, d'évaluer la circularité du secteur forestier québécois à l'égard de ses principaux produits et matières. Une fois le système bien circonscrit, les sources d'information pertinentes (ex. : bases de données nationales) sont identifiées et consultées. Les données relatives aux flux de matières sont ensuite extraites et compilées. Puis, un bilan des flux est réalisé et son analyse est faite.

Plusieurs sources d'information ont été consultées pour monter la méthodologie de l'AFM [2-8].

### **3.1.1. Conception du modèle d'AFM**

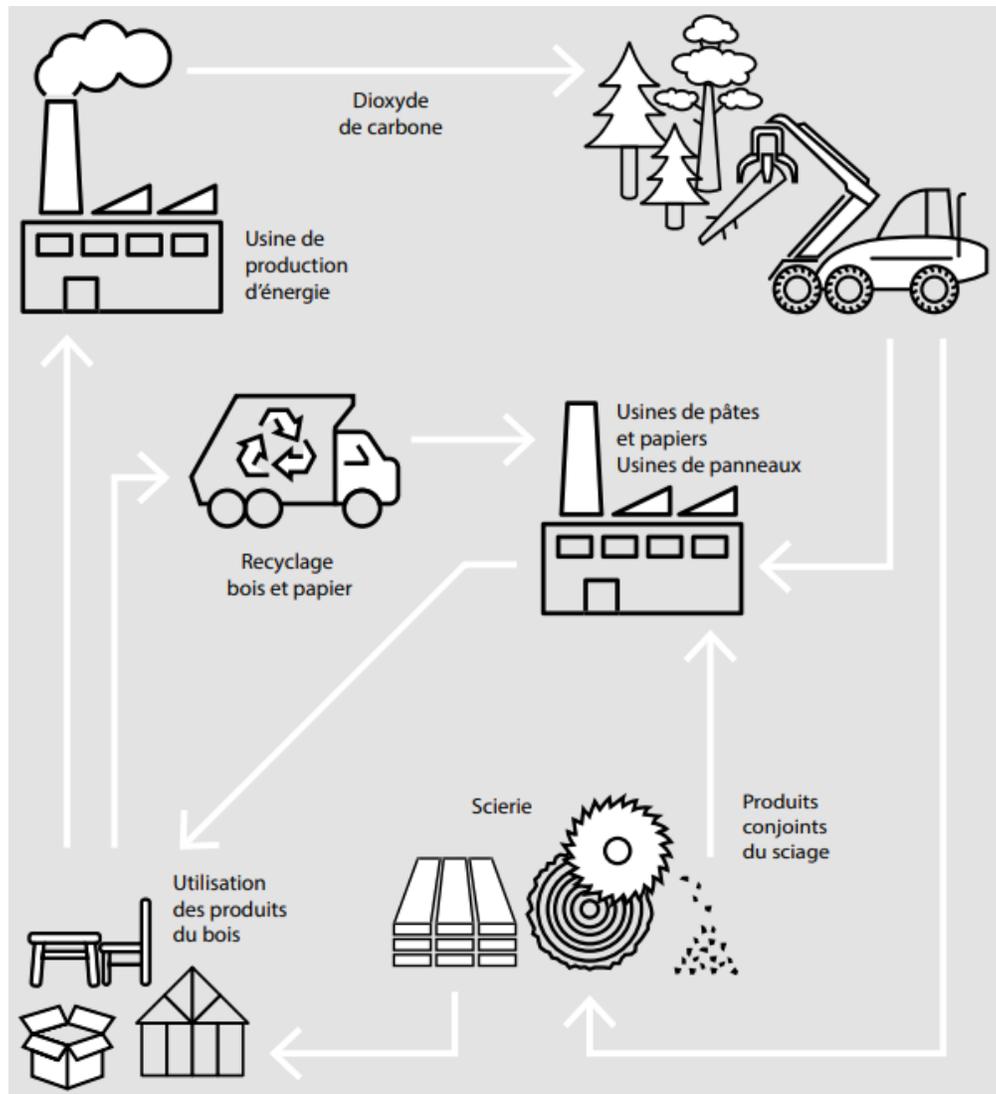
<sup>1</sup> La couverture des entreprises du territoire est partielle, c'est-à-dire que ce n'est pas la totalité des entreprises qui a été contactée, et les réponses reçues sont partielles, dans le sens où seule une partie des informations demandées est fournie par les entreprises.

Le **TABLEAU 1** présente une description des principaux éléments considérés pour la conception du modèle d'AFM.

**TABLEAU I** Conception du modèle d'AFM

Éléments du modèle d'AFM	Description
<b>Système de flux de matières</b>	Le système à l'étude inclut tous les processus allant de l'exploitation/récolte de la matière première (biomasse forestière) jusqu'à la valorisation des produits post-consommation. Une schématisation simplifiée est présentée à la <b>FIGURE 1</b> .
<b>Frontières du système</b>	L'AFM a été circonscrite aux frontières de la province du Québec. Les flux provenant de l'extérieur du système ont été comptabilisés comme des importations alors que les flux sortant des frontières du système ont été comptabilisés comme des exportations.
<b>Unité</b>	Les résultats ont été rapportés en tonnes métriques anhydres (tma), appelées tonnes métriques sèches dans le langage courant. Les taux de conversion utilisés sont compilés à l' <b>Annexe I</b> .
<b>Étapes</b>	Les étapes sont le regroupement de plusieurs processus [3]. Les étapes incluses dans cette analyse sont présentées à l' <b>Annexe II</b> .
<b>Processus</b>	Les processus correspondent aux transformations, transports et stockages de biens [3]. Les processus inclus dans cette analyse sont présentés à l' <b>Annexe II</b> .
<b>Biens ou matières</b>	Les biens correspondent aux produits, matières, biens de consommation et infrastructures qui contiennent les différentes substances à l'étude. Les biens ou matières peuvent être composés d'une ou de plusieurs substances. Les statistiques et les données disponibles se réfèrent normalement aux biens. [3] Les biens inclus dans cette analyse sont présentés à l' <b>Annexe II</b> .
<b>Flux de matières</b>	Les flux sont les transferts de biens ou de substances entre les étapes, les processus ou entre le système et l'extérieur [3]. Les étapes incluses dans cette analyse sont présentées à l' <b>Annexe II</b> .
<b>Substances</b>	Les substances sont définies comme des éléments chimiques avec des caractéristiques et propriétés homogènes [3]. Pour cette étude, les substances ont été exclues de l'analyse, ce niveau de détail n'étant pas nécessaire.
<b>Types et sources de données</b>	Voir le <b>TABLEAU 2</b> .
<b>Exigences de qualité des données</b>	Pour assurer une qualité de données suffisante, celles-ci ont principalement été obtenues de documents officiels et de bases de données gouvernementales et paragouvernementales.
<b>Représentativité temporelle</b>	Les données proviennent principalement de l'année 2019. Aucune interprétation relative aux tendances des années précédentes et aucune extrapolation des résultats n'a été faite.
<b>Représentativité globale</b>	Sur une base massique, tous les flux supérieurs à 0,1 M tma ont été comptabilisés. Cela constitue un niveau de représentativité qui a été jugé acceptable pour le bien de ce mandat. Dans certains cas, des flux inférieurs à 0,1 M tma ont été comptabilisés lorsque l'information était facilement disponible et lorsque jugé pertinent.
<b>Hypothèses et limitations</b>	Les hypothèses et les limitations de l'étude sont compilées au <b>TABLEAU 3</b> .
<b>Consolidation des données</b>	Certaines AFM vont balancer les intrants, les variations d'inventaire et les extrants en se basant sur le principe de conservation de la masse. Dans le cadre de cette étude, une insistance a été mise sur l'utilisation et la présentation des données telles que compilées dans les sources consultées. Ce faisant, une consolidation des données n'a été faite que dans les cas où des chiffres étaient manquants ou incohérents.

Éléments du modèle d'AFM	Description
Incertitudes	Le calcul des incertitudes ne sera pas considéré dans le cadre de cette étude.



**FIGURE I** Cycle de vie du carbone - Schématisation du secteur forestier (tirée de [9])

### 3.1.2. Sources d'information

Le **TABLEAU 2** présente les sources d'information consultées pour la collecte de données des produits forestiers inclus au système de flux de matières. Le Portrait statistique 2019 des Ressources et industries forestières du Québec du MFFP a servi de référence principale, et les autres sources d'informations ont servi à compléter les informations manquantes.

**TABLEAU 2** Liste des sources d'information consultées

Sources	Informations
<b>MFFP</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Portrait statistique 2019 [10]</li> <li>Chiffres clés du Québec forestier 2020 [11]</li> <li>Inventaire mensuel de copeaux SEPM au Québec [12]</li> <li>Production et utilisation des sous-produits générés par les entreprises de deuxième transformation du bois du Québec en 2015 [13]</li> <li>Industrie des panneaux composites à base de bois [14]</li> <li>Vers la valorisation de la biomasse forestière : un plan d'action (2009) [15]</li> </ul>	Matières premières, transformation primaire et secondaire, imports/exports, consommation, post-consommation
<b>Base de données nationale sur les forêts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Approvisionnement en bois [16-17]</li> </ul>	Volume récolté
<b>Ressources Naturelles Canada</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Service canadien des forêts (Données statistiques) [18]</li> </ul>	Volume, imports/exports, transformation primaire
<b>Statistiques Canada</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Flux commodities (Tableaux 980-0044, 980-0047, 980-0048) [19]</li> </ul>	Imports/Exports
<b>Forestier en chef du Québec</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compilation des données issues des registres forestiers 2019 [20]</li> </ul>	Possibilité forestière
<b>RECYC-QUÉBEC</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bilan GMR 2018 [21]</li> </ul>	Post-consommation, élimination
<b>Fédération des producteurs forestiers du Québec</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rapport « La forêt privée chiffrée — Édition 2021 » [22]</li> </ul>	Bois de chauffage
<b>Hydro-Québec</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Filière d'énergie renouvelable : L'énergie de la biomasse [23]</li> </ul>	Résidus de coupe
<b>Communauté Synergie Québec</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Données fournies par les animateurs de symbiose</li> <li>Répertoire des entreprises du Québec (icriq.com)</li> </ul>	Données symbioses industrielles, études de cas, freins et enjeux, données d'entreprises

### 3.1.3. Hypothèses et limitations

Le **TABLEAU 3** présente la liste des hypothèses établies, ainsi que les limitations associées à la présente AFM.

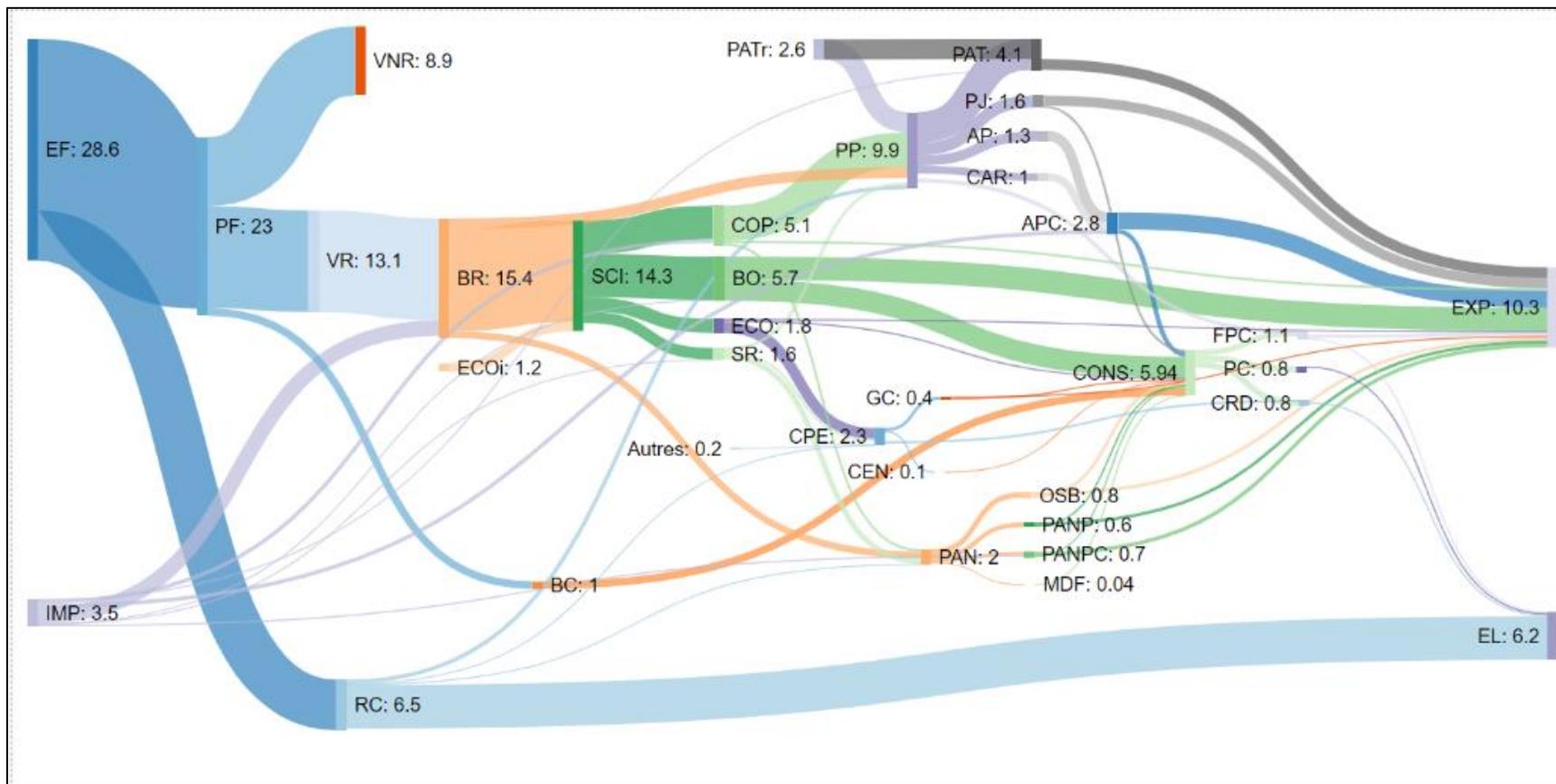
**TABLEAU 3** Liste des hypothèses et des limitations

Éléments	Explications
<b>Inventaires</b>	L'AFM se base sur le principe de conservation de masse et doit prendre en considération les variations d'inventaire à chaque processus. Pour la présente étude, les variations d'inventaires associées aux étapes d'exploitation et de transformation sont jugées minimales. Lors de l'étape de la consommation, les stocks de produits forestiers sont importants en particulier pour les biens durables et semi-durables. Toutefois, l'évaluation des stocks de bois dépasse le champ de la présente étude. Ainsi, les inventaires des années précédentes et de l'année de référence (2019) n'ont pas été pris en considération.
<b>Données</b>	Les données utilisées dans cette étude proviennent principalement de sondages réalisés auprès d'entreprises. Il est donc possible de croire que ces données

Éléments	Explications
	présentent leur lot d'incertitudes provenant des taux de participation, des erreurs de déclaration, des méthodes de mesure des entreprises, des estimations faites par les entreprises, etc.
	La plupart des données compilées par les entités gouvernementales ne proviennent que des industries détentrices d'un permis du MFFP (2 001 m <sup>3</sup> entrant et plus). Ces données sont donc probablement légèrement sous-estimées.
	Pour des questions de confidentialités, certains produits ont été amalgamés, faisant en sorte que les tonnages individuels de ceux-ci sont inconnus. Le nombre limité de producteurs de ceux-ci permettrait leur identification.
	Pour simplifier la collecte de données, seules les grandes catégories de produits forestiers ont été considérées (ex. : bois rond). Le manque d'exhaustivité accroît donc les incertitudes liées à l'addition des produits de moindre importance. Par ailleurs, les différentes variétés d'arbres ont parfois été amalgamées dans les « résineux » et les « feuillus ».
	Les données ne provenant pas de l'année de référence (2019) ont été incorporées à l'AFM sans rectification puisque l'évolution non constante des produits forestiers rend les interpolations et les extrapolations imprécises. Celles-ci étant toutefois en minorité, il a été jugé que cette hypothèse était acceptable.
<b>Facteurs de conversion</b>	Voir <b>Annexe I</b> pour les hypothèses.  Les facteurs de conversions employés apportent une incertitude relativement élevée aux résultats de l'AFM puisqu'ils proviennent de différentes sources [24-25] et ne sont pas propres à chaque matière compilée. Ce sont toutefois des approximations jugées acceptables pour les analyses de ce type en lien avec les produits forestiers.

### 3.2. RÉSULTATS DE L'AFM

Les résultats de l'AFM, exprimés en tonnes métriques anhydres (tma), ont été représentés, sous la forme d'un diagramme de type Sankey, à la **FIGURE 2** ci-dessous. Il s'en suit une description détaillée des intrants et des extrants de chaque processus. Il est à noter également que les couleurs affichées sur le diagramme ont été générées automatiquement par le logiciel (SankeyMATIC) utilisé et sont liées au nœud source, c'est-à-dire que tous les flux provenant d'une même source auront la même couleur et que celle-ci ne sera pas conservée suite à la connexion avec le nœud en aval. En outre, les flux de matières ont été représentés de façon linéaire, soit de gauche à droite. Or, cela n'était pas possible dans certains cas (ex. : les pâtes). En effet, pour représenter que des pâtes sont produites par le processus « Pâtes et papiers » et qu'une partie de ces pâtes fait également partie des intrants, un flux intermédiaire a dû être ajouté au graphique. Ce qui ressemble à un flux de recyclage n'en est donc pas un.



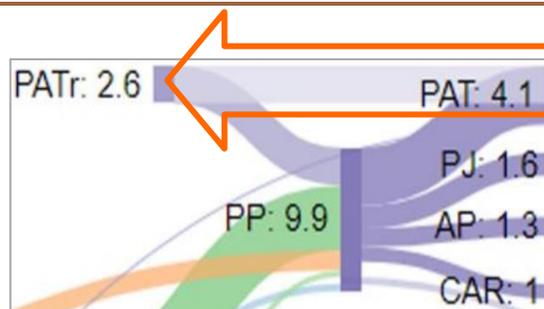
**FIGURE 2** Flux de matières du secteur forestier québécois

<b>EF</b>	Gestion forestière	<b>EXP</b>	Exportations	<b>EL</b>	Élimination (enfouissement ou incinération)
<b>PF</b>	Possibilité forestière (forêts publiques et privées)	<b>SR</b>	Sciures et rabotures	<b>Autres</b>	Autres résidus de bois, dont copeaux et bois rond
<b>VR</b>	Volume récolté pour exploitation	<b>PP</b>	Pâtes et papiers	<b>PAN</b>	Usines de fabrication de panneaux
<b>VNR</b>	Volume non récolté	<b>PAT</b>	Pâtes à papier (pour vente et production de papier)	<b>OSB</b>	Panneaux OSB
<b>RC</b>	Résidus de coupe	<b>PATr</b>	Pâtes entrant dans la fabrication du papier	<b>PANP</b>	Panneaux de particules
<b>BR</b>	Bois rond	<b>PJ</b>	Papier journal	<b>MDF</b>	Panneaux de fibres (p. ex. : MDF)
<b>IMP</b>	Importations	<b>AP</b>	Autres papiers (p. ex. : papier d'impression)	<b>PANPC</b>	Placages et contreplaqués
<b>BC</b>	Bois de chauffage	<b>CAR</b>	Cartons	<b>CONS</b>	Consommation résidentielle et des industries, commerces et institutions (ICI)
<b>SCI</b>	Sciage-scieries	<b>APC</b>	Autres papiers et cartons	<b>FPC</b>	Fibres post-consommation
<b>COP</b>	Copeaux de bois	<b>CPE</b>	Cogénération et produits énergétiques	<b>PC</b>	Papiers et cartons
<b>BO</b>	Bois d'œuvre ou bois de sciage	<b>GC</b>	Granules énergétiques et charbon de bois	<b>CRD</b>	Bois de déconstruction ou issu du secteur de la construction, de la rénovation et de la démolition (CRD)
<b>ECO</b>	Écorces	<b>CEN</b>	Cendres		

### Remarque sur les intrants des usines de papiers

Exceptionnellement, sur la figure précédente, le flux de pâtes à papier (PAT) doit se lire de droite à gauche, comme cela est illustré par la flèche orange sur l'agrandissement suivant.

Ce flux ne représente donc pas un flux de recyclage, mais plutôt le fait que parmi les 4,1 M tma de pâtes produites, 2,6 M tma sert d'intrants aux usines de papiers.



### Gestion forestière

La possibilité forestière (PF) (*annual allowable cut* en anglais) se définit comme le « volume maximal de bois qu'il est possible de récolter périodiquement sur un territoire donné sans altérer la capacité productive du milieu forestier, de manière à répondre à l'ensemble des objectifs de l'aménagement forestier » [26]. En 2019, la possibilité forestière du Québec était d'environ 22,1 M tma en comptant l'apport des forêts publiques et privées. Le volume récolté (VR), entièrement composé de bois rond (BR), a été de 13,1 M tma, ce qui représente d'environ 59 % de la possibilité forestière. Il est à noter que cette quantité inclue le bois de chauffage (BC), qui représente 1,0 M tma. Le volume de biomasse forestière non récolté (VNR) est de 8,9 M tma<sup>2</sup>.

Les résidus de coupe, qui incluent les troncs, les cimes et les branches, sont également inclus dans ce processus. La gestion forestière aurait généré près de 6,5 M tma de ces résidus de coupe et il a été calculé que seulement 0,1 M tma, soit 2 %, seraient valorisés dans le système de flux de matière. Le reste (98 %) serait laissé en forêt, où une certaine partie, estimée à 2,1 M tma, servirait à maintenir la fertilité des sols. Cela serait d'ailleurs balisé par la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier [27] et par le Règlement sur l'aménagement durable des forêts [28]. D'un point de vue énergétique, les résidus de coupe non valorisés présenteraient un potentiel de production d'énergie thermique de 84 PJ, ou 23 TWh.

### Transformation primaire — Sciage

La majorité du bois rond récolté et importé transige par des scieries (SCI) pour subir une première transformation. Globalement, les scieries québécoises ont transformé 13,1 M tma de bois rond, dont 1,4 M tma (11 %) qui provient des importations et 0,2 M tma (2 %) qui provient d'autres usines de transformation. La transformation du bois rond par les scieries a mené à la production de 5,6 M tma ou 42 % de bois d'œuvre (BO) servant principalement de matériau de construction et de matière première pour des industries de deuxième et de troisième transformation.

De plus, les scieries ont généré des produits conjoints de sciage, soit des copeaux (COP) (4,3 M tma ou 32 %), des sciures et rabotures (SR) (1,5 M tma ou 11 %) et des écorces (ECO) (1,8 M tma ou 14 %). Alors que les copeaux et les sciures et rabotures sont valorisés ailleurs, une proportion relativement importante des écorces serait consommée sur place par les scieries afin de sécher le bois rond (C. Blais – Créneau d'excellence Collectif Bois, conversation téléphonique, 21 avril 2021).

Bien que la quantité exacte d'écorce entrant (ECO<sub>i</sub>) dans les scieries soit inconnue, celle-ci a été calculée à partir du volume de bois rond entrant, sans écorce, et d'un certain facteur d'expansion pondéré du bois avec écorce. Une valeur de 1,2 M tma a été obtenue, ce qui représente 9 % des intrants. La différence entre les intrants et les extrants de 0,6 M tma pourrait s'expliquer, outre les incertitudes intrinsèques aux données, par le fait que les quantités d'écorces sortant des scieries incluraient d'autres résidus forestiers comme des branches.

<sup>2</sup> Le VNR a été représenté comme un flux pour des fins de présentation seulement.

## Transformation primaire et secondaire — Pâtes et papiers

Pour les fins de cette étude, les usines de production de pâtes et les usines de production du papier (PP) ont été amalgamées expliquant que la pâte se retrouve à la fois dans les intrants et les extrants. Les usines de pâtes et papiers s'approvisionnent de différentes sources comme les scieries, les autres usines de pâtes et papiers, les résidus post-consommation, etc. Selon les données récoltées, le secteur des pâtes et papiers a consommé 9,9 M tma de matières forestières, alors qu'il a généré 8,0 M tma de produits (différence de 22 %). Pour valider cette différence, une compilation des capacités des usines québécoises de pâtes et papier par type de procédé (thermomécanique, chimico-thermomécanique et chimique) a été effectuée à l'aide du logiciel FisherSolve®, de même que le calcul du rendement pondéré moyen (rendements respectifs de 90-95 %, 85 % et 45-50 %) [29]. Une valeur d'environ 80 % est obtenue.

La quantité de matière manquante comprend notamment les boues papetières, les cendres et les eaux usées chargées en matières organiques (ex. : liqueur noire), qui n'ont pas été comptabilisées. Il est à noter également que les papetières alimentent leurs chaudières à biomasse de produits et résidus forestiers notamment pour sécher la pâte à papier et, dans certains cas, pour produire de l'électricité par cogénération.

Cela étant dit, les usines de pâtes et papiers sont alimentées en copeaux de bois (4,5 M tma ou 45 %), en pâte vierge et recyclée (PAT) (2,6 M tma ou 26 %), en bois ronds (1,4 M tma ou 14 %), ou bois à pâte, en fibres de carton recyclé (0,5 M tma ou 5 %) et de papier recyclé (0,02 M tma ou 0,2 %) (FPC), en sciures et en rabotures (0,4 M tma ou 4 %), ainsi qu'en résidus de bois (0,5 M tma ou 5 %), incluant notamment le bois CRD et les rejets de tamisage. Les usines de pâtes et papiers utilisent également une quantité non négligeable d'écorces à des fins énergétiques, mais la quantité exacte consommée est inconnue. Elle est toutefois partagée avec les scieries, comme mentionné précédemment, et constitue une certaine proportion du 1,4 M tma d'écorces qui a été classé dans le processus « Cogénération et produits énergétiques ». Par ailleurs, il est à noter que près de 0,3 M tma d'adjuvants s'ajoutent aux intrants des papetières, mais, comme ils ne constituent pas des produits forestiers, ils n'ont pas été comptabilisés dans l'AFM.

En matière d'extrants, le secteur des pâtes et papiers a produit 4,0 M tma (50 %) de pâte, 2,9 M tma (36 %) de papier, dont 1,6 M tma (20 %) de papier journal (PJ) et 1,3 M tma (16 %) d'autres types de papier (AP) comme du papier d'impression, ainsi que 1,0 M tma (13 %) de carton (CAR).

## Transformation primaire et secondaire — Cogénération et produits énergétiques

Le processus de cogénération et de produits énergétiques (CPE) consommerait environ 2,3 M tma de produits forestiers, dont 1,4 M tma (61 %) d'écorces, 0,3 M tma (13 %) de sciures et rabotures, 0,3 M tma (13 %) de bois CRD (CRD), 0,1 M tma (4 %) de résidus de coupe, et moins de 0,1 M tma (< 4 %) de bois rond, de copeaux et d'autres résidus de bois (Autres). Les principaux produits énergétiques générés sont les granules énergétiques et le charbon de bois (GC), avec un flux commun de 0,4 M tma. La valorisation énergétique de ces matières ligneuses mène également à la production de cendres (CEN). En considérant un taux de génération de 1 % pour les copeaux et de 5 % pour les écorces [30], une production de moins de 0,1 M tma a été calculée. Des bûches de fibre de bois densifiée sont également produites à moins de 0,1 M tma. Le flux sortant de la cogénération et des produits énergétiques est donc d'environ 0,5 M tma, soit 22 % des intrants.

À titre indicatif, l'énergie thermique produite par ce processus est de 5 200 GWh, alors qu'elle est de 1 900 GWh pour l'énergie électrique. L'énergie n'a toutefois pas été incluse dans l'AFM, mais il importe de considérer qu'une importante quantité de produits forestiers est valorisée pour la générer, notamment par les scieries et les papetières, comme mentionné précédemment.

## Transformation primaire et secondaire — Fabrication de panneaux

Les matières entrant dans la fabrication des panneaux composites et structuraux à base de bois (PAN), totalisant 2,0 M tma, sont le bois rond (0,9 M tma ou 45 %), les sciures et rabotures (0,7 M tma ou 35 %),

les copeaux (0,3 M tma ou 15 %) et les résidus de bois (0,1 M tma ou 5 %). Les principaux types de panneaux produits sont les panneaux de lamelles orientées (0,7 M tma ou 39 %), communément appelés panneaux OSB (OSB) pour *oriented strand board*, les panneaux de particules (PANP) (0,6 M tma ou 33 %), les placages et contreplaqués (PANPC) (0,4 M tma ou 22 %), et les panneaux de fibres (MDF) (0,04 M tma ou 2 %) de faible (LDF), moyenne (MDF) et haute densité (HDF), pour un total de 1,8 M tma (90 % des intrants). La différence entre les intrants et les extrants pourrait s'expliquer par des pertes liées au processus de fabrication des panneaux, par exemple des sciures et des retailles de bois. Or, ces pertes devraient en partie être contrebalancées par le fait que des résines, des colles et d'autres additifs sont ajoutés aux panneaux et contribuent ainsi à la masse de ceux-ci. Une autre source d'incertitude réside dans le fait que les données utilisées pour comptabiliser les intrants proviennent de l'année 2019, alors qu'elles proviennent de l'année 2017 pour les extrants.

Par ailleurs, il n'a pas été possible de comptabiliser les intrants par type de panneau produit dans le cadre de cette analyse. Les résultats sont donc amalgamés sous le processus « Panneaux », qui englobe tous les intrants et les types de panneaux produits. Or, selon les modes de fabrication de ces panneaux, il est possible d'associer les intrants à certains types de panneaux : (i) les panneaux OSB sont principalement produits à partir de lamelles de bois provenant du bois rond, (ii) les panneaux de particules le sont à partir de sciures, de rabotures, de copeaux et de bois recyclé (résidu de bois), (iii) les placages et contreplaqués sont produits à partir de bois de placage (bois rond), et (iv) les panneaux de fibres densifiées, comme les MDF, sont principalement produits à partir de copeaux de bois.

### **Consommation et post-consommation**

En tout, il a été calculé que plus de 5,9 M tma de produits forestiers sont consommés par les ICI et le secteur résidentiel, ce qui comprend le secteur de la construction et la consommation des ménages. Les principaux produits comptabilisés sont le bois d'œuvre (2,7 M tma ou 47 %), les cartons et papiers autres que le papier journal (0,6 M tma ou 11 %), le bois de chauffage (1,0 M tma ou 17 %), le papier journal (0,3 M tma ou 5 %), les granules énergétiques et le charbon de bois (0,2 M tma ou 4 %), les panneaux OSB (0,4 M tma ou 6 %), les écorces (0,2 M tma ou 4 %), les panneaux de particules (0,2 M tma ou 3 %), les placages et contreplaqués (0,2 M tma ou 3 %), les cendres et les panneaux de fibres (< 0,1 M tma ou < 1 %). D'autres produits, comme les bardeaux de bois, les paillis horticoles et les bûches de fibre de bois densifiées, font également partie de ce processus, mais ont été négligés des calculs en raison de leur faible quantité. La consommation d'énergie a aussi été exclue de l'AFM.

Lorsqu'elles ne sont pas valorisées sur place ou en symbiose industrielle, les matières en fin de vie sont acheminées à des centres de tri et des écocentres. Les données récoltées à cet effet indiquent que 0,6 M tma (40 %) de papiers et de cartons (PC), 0,5 M tma (33 %) de fibres post-consommation (FPC) et 0,4 M tma (27 %) de bois CRD sont sortis de ces centres de tri et de valorisation, pour un total de 1,5 M tma (65 % du total des extrants). Dans ce cas-ci, les FPC représentent la portion des papiers et des cartons récupérée et exportée, alors que les PC représentent la portion des papiers et des cartons qui est recyclée par les usines de pâtes et papiers québécoises. Par ailleurs, une certaine partie de ces matières n'est pas acheminée aux centres de tri ou aux écocentres et se retrouve directement à l'élimination (EL), ce qui comprend l'enfouissement et l'incinération. Selon le bilan effectué, il y aurait 0,2 M tma de PC, 0,2 M tma de FPC et 0,2 M tma de CRD qui se retrouveraient à l'élimination, pour un total de 0,6 M tma (35 % du total des extrants). Les extrants post-consommation s'élèvent donc à 2,3 M tma.

La différence significative entre les intrants et les extrants de ce processus peut s'expliquer, du moins en partie, de plusieurs façons. D'abord, certaines des matières consommées en grandes quantités, comme le bois de chauffage, sont valorisées énergétiquement et ne se retrouvent dans les extrants que sous la forme de cendres, mais en quantité négligeable. Par ailleurs, plusieurs matières et produits sont utilisés comme matériaux de construction dans des infrastructures pouvant durer plusieurs années. De ce fait, ce qui est récupéré par les centres de tri CRD peut provenir de constructions datant d'un certain temps. Ce constat s'applique également à certains papiers et cartons. En outre, comme mentionné en début de paragraphe, les matières valorisées *in situ* ou à travers une symbiose industrielle ne sont pas comptabilisées en post-consommation.

## Imports/exports

Selon le portrait statistique 2019 des Ressources et industries forestières du Québec du MFFP, le Québec importerait plus de 2,3 M tma/an de « matières premières », ce qui comprend le bois rond, le bois de déconstruction ou CRD, les copeaux, les écorces, les sciures et les rabotures [9]. Or, selon les informations qui ont pu être récoltées, le total de ces matières premières s'élève à 2,6 M tma, ce qui démontre une certaine marge d'erreur dans les données. Néanmoins, les importations (IMP) totalisent environ 3,5 M tma, et ce, en incluant les autres produits comme les papiers, les cartons et les panneaux.

Cela étant dit, les principales matières et produits constituant les importations sont le bois rond (2,0 M tma), les papiers — autres que le papier journal — et cartons (0,5 M tma), les copeaux (0,5 M tma), les placages et contreplaqués (0,2 M tma), les pâtes à papier (0,1 M tma), le bois de sciage ou bois d'œuvre (0,1 M tma), et les sciures et rabotures (0,1 M tma). Les autres matières et produits importés en quantité négligeable ont été omis de l'équation, soit les écorces, le papier journal, les panneaux OSB, de fibres (ex. : MDF) et de particules.

Pour ce qui est des exportations (EXP), celles-ci sont près de trois fois supérieures aux importations, totalisant environ 10,3 M tma. Les principales matières et produits exportés du Québec sont le bois d'œuvre (3,0 M tma), les papiers — autres que le papier journal — et cartons (2,2 M tma), les pâtes à papier (1,4 M tma), le papier journal (1,3 M tma), les placages et contreplaqués (0,5 M tma), les fibres post-consommation (0,5 M tma), les panneaux de particules (0,4 M tma), les panneaux OSB (0,4 M tma), les copeaux (0,3 M tma), les écorces (0,2 M tma), les granules énergétiques et charbon de bois (0,2 M tma) et les sciures et rabotures (0,04 M tma). Les autres matières et produits comme le bois rond, dont le bois à pâte, et les panneaux de fibres densifiées ont été négligés en raison des faibles quantités exportées.

### 3.2.1. Taux d'utilisation des principaux produits forestiers

Dans le cadre de cette étude, le taux d'utilisation constitue le rapport des quantités utilisées et exportées sur les matières générées et importées. Le terme « utilisation » réfère ici autant à la transformation, à la consommation et à la valorisation, peu importe le mode de valorisation, des matières ou des produits. Le taux d'utilisation prend donc en considération ce qui est généré et utilisé dans les limites du système de même que ce qui vient de l'extérieur et qui quitte celui-ci. Un taux d'utilisation inférieur à 100 % signifie donc qu'un certain pourcentage de la matière en question quitte le cycle du bois du secteur forestier québécois, par exemple en étant enfouie ou laissé en forêt. Le taux d'utilisation au Québec désigne quant à lui le rapport entre les matières utilisées et les matières générées dans les limites du système, donc au Québec. Il fait fi des importations et des exportations.

Dans cette section, il importe de rappeler les sources d'incertitudes liées aux données : (i) facteurs de conversion ; (ii) différentes sources avec des méthodologies de collecte de données différentes ; (iii) nombreuses hypothèses réalisées pour faire balancer les bilans ; (iv) incertitudes intrinsèques des données. Pour ces raisons, certains taux d'utilisation sont supérieurs à 100 %. Le lecteur est donc invité à considérer le portrait global, plutôt que les valeurs absolues. Cependant, le taux d'utilisation au Québec peut être supérieur à 100 % par définition.

## Approvisionnement en bois

La possibilité forestière du Québec, incluant les forêts publiques et privées, serait de 22,1 M tma. De cette possibilité forestière, 13,1 M tma de biomasse forestière seraient exploitées pour un taux de mobilisation de 59 %. Cela laisse un total de 8,9 M tma (40 %) n'étant pas exploitées.

Selon M. Alexis Achim, chercheur au Centre de recherche sur les matériaux renouvelables de l'Université Laval (Québec), cette biomasse non valorisée serait laissée en raison de la faible qualité du bois, la faible valeur marchande anticipée, des perturbations naturelles (maladies/pestes, incendies, forts vents), etc. [31].

Ce serait environ 50 % du volume de biomasse disponible qui n'est pas récolté pour ces raisons. Par ailleurs, selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, les arbres morts constitueraient le meilleur gisement à exploiter pour le secteur de la bioénergie, puisque les émissions nettes de GES seraient virtuellement nulles [31].

### **Bois rond**

Les forêts québécoises ont produit environ 13,1 M tma de bois rond, alors que 1,4 M tma ont été importées. Le bois rond utilisé par les scieries, les papetières, les usines de cogénération et de produits énergétiques et les usines de panneaux/placages ont utilisé environ 15,3 M tma. Ainsi, en considérant des exportations négligeables, le taux d'utilisation du bois rond serait de 105 %. Selon un entretien obtenu avec le Créneau d'excellence Collectif bois, une certaine quantité de bois de feuillus (ou bois à pâte) ne serait pas valorisée. Or, malgré l'incertitude des données, il est possible de s'attendre à ce que cette quantité soit relativement faible et donc que la grande majorité du bois rond est valorisé/utilisé sur le territoire québécois. Le taux d'utilisation au Québec est de 106 %.

### **Résidus de coupe**

La gestion forestière mènerait à la production de 6,5 M tma de résidus de coupe. Parmi ceux-ci, 5,6 M tma (98 %) seraient laissés en forêt, dont une partie (environ 2,1 M tma) servirait à maintenir la fertilité des sols, alors que 0,1 M tma seraient valorisées par les papetières et les usines de cogénération et de produits énergétiques. Ce faisant, le taux d'utilisation des résidus de coupe ne serait que de 2 %, tout comme le taux d'utilisation au Québec. Ces résidus représentent donc un important potentiel de valorisation, notamment pour la valorisation énergétique (ex. : chauffage de bâtiments communautaires) et pour la production de biocarburants de seconde génération ou la fabrication de bioproduits issus de la chimie verte [31-32].

### **Écorces**

Environ 1,8 M tma d'écorces seraient produites par la transformation primaire du bois rond, alors que les quantités importées seraient négligeables ou nulles. La majorité du gisement est valorisée énergétiquement par les scieries (0,2 M tma) et les papetières (1,4 M tma) soit 1,6 M tma (89 %). Le restant, constitué de 0,2 M tma (11 %), est quant à lui exporté. Le taux d'utilisation des écorces serait donc de 101 %. Quant à lui, le taux d'utilisation au Québec est de 88 %.

### **Bois d'œuvre**

Le bois d'œuvre produit par les scieries québécoises représente un flux de 5,6 M tma (98 % du total), alors que seulement 0,1 M tma (2 % du total) sont importées pour un total de 5,7 M tma. Ce serait 3,0 M tma (53 %) de bois d'œuvre qui seraient exportées, et il est assumé que la totalité du bois d'œuvre restant, soit 2,7 M tma (47 %), seraient exclusivement consommées par le secteur de la construction canadien (ex. : fabrication de planchers, de meubles, d'habitations, etc.). En effet, dans ce cas spécifique, le bois d'œuvre québécois peut aussi être utilisé dans d'autres provinces, puisque les données recueillies ne sont pas des exportations au sens strictes. Cette hypothèse confère un taux d'utilisation de 100 % au bois d'œuvre, tandis que le taux d'utilisation au Canada est de 49 %.

### **Copeaux**

Les activités de transformation primaire du bois rond mènent à la production de plus de 4,3 M tma (90 %) de copeaux de bois, alors que 0,5 M tma (10 %) proviendraient des importations, pour un total de 4,8 M tma. La majorité de ces copeaux est utilisée par le secteur des pâtes et papiers, soit 4,5 M tma (87 %), et en plus faible proportion pour la fabrication de panneaux de fibres et de particules avec 0,3 M tma (6 %), ainsi que dans le processus de cogénération et produits énergétiques avec moins de 0,1 M tma (< 2 %). Les autres utilisations des copeaux, comme la préparation de paillis horticoles, les agents structurants pour le compostage ou les substrats de culture de champignons, ont été négligées pour leur faible contribution. Par

ailleurs, 0,3 M tma (6 %) de copeaux seraient exportées. Le taux d'utilisation de cette matière est donc de 108 %. Encore selon le représentant du Créneau d'excellence Collectif bois, une certaine partie des copeaux de feuillus ne serait pas valorisée, mais il n'a pas été possible de valider cette affirmation à l'aide des données collectées. Le taux d'utilisation au Québec des copeaux est de 113 %.

### Sciures et rabotures

La préparation du bois par les scieries a mené à la production de 1,5 M tma (94 % du total) de sciures et de rabotures. Les importations de ces matières sont quant à elles responsables de l'apport de 0,1 M tma (6 % du total) au système de flux de matières pour un total de 1,6 M tma. Les sciures et les rabotures sont utilisées pour la fabrication de panneaux (principalement les panneaux de particules) à hauteur de 0,7 M tma (44 %), pour la fabrication de pâtes et papiers (0,4 M tma ou 25 %) et en cogénération et produits énergétiques (0,3 M tma ou 19 %). Avec une quantité inférieure à 0,1 M tma (< 6 %) d'exportée, le taux d'utilisation des sciures et rabotures serait de 90 % (93 % pour le taux d'utilisation au Québec). En plus de l'incertitude occasionnée par l'acquisition des données, une part des sciures et rabotures non valorisées pourrait s'expliquer par la volatilisation des particules fines se retrouvant dans les unités de dépoussiérage et se perdant lors de la manutention des matières. Néanmoins, ce résultat révèle qu'il y aurait un certain potentiel pour améliorer la valorisation des sciures et rabotures. À titre indicatif, ces résidus de bois peuvent être valorisés en litière animale à titre de source de carbone pour des procédés de traitement des matières organiques, comme le compostage, ou à titre de matière absorbante.

### Papier journal

Les usines québécoises de fabrication de papier journal auraient produit 1,6 M tma. Les importations seraient quant à elles inférieures à 0,1 M tma, pour un total d'un peu plus de 1,6 M tma. Le papier journal produit serait utilisé à hauteur de 0,3 M tma (19 %) par le secteur résidentiel/ICI, alors que les exportations seraient de 1,3 M tma (81 %). À cet effet, les données d'exportation récoltées, notamment via le portail statistique du Service canadien des forêts [18], suggèrent qu'elles soient significativement supérieures. En effet, le papier journal exporté en 2016 était de 1,8 M tma. Ainsi, il semble y avoir une incongruité entre les quantités de papier journal produites/importées et celles du papier journal utilisées/exportées, qui pourrait s'expliquer par un manque de fiabilité des sources de données. Comme il n'a pas été possible de réconcilier les données des différentes sources pour cette matière, le taux d'utilisation a été fixé à 100 %. Cela fait en sorte que le taux d'utilisation au Québec est de 17 %.

### Autres papiers et cartons

Les papetières ont produit plus de 1,3 M tma (46 %) de papiers, autres que du papier journal, et 1,0 M tma (36 %) de cartons, pour une production totale de 2,3 M tma (82 %). Pour ce qui est des importations, les autres papiers et les cartons représentent ensemble 0,5 M tma (18 %), pour un total de 2,8 M tma. Il a été calculé que la consommation des autres papiers et cartons serait d'environ 0,6 M tma (21 %). Les exportations seraient quant à elles de 2,2 M tma (79 %) pour les autres papiers et les cartons ensemble pour un total de 2,8 M tma. Le taux d'utilisation est donc de 102 %, alors que le taux d'utilisation au Québec est de 66 %.

Or, selon le bilan GMR de Recyc-Québec de 2018, le taux d'acheminement du papier et du carton était de 71 %, c'est-à-dire que 71 % de ces matières se retrouvent aux centres de tri, et environ 10 % seraient écartées pour l'enfouissement par les centres de tri [21]. Il y aurait donc plus de 0,2 M tma de papiers (dont le papier journal) et de cartons qui se retrouverait à l'élimination. Les taux d'utilisation réels devraient donc être inférieurs à ceux obtenus. Comme la part du papier journal n'a pas pu être distinguée des autres papiers et cartons, ces taux réels n'ont pu être représentés.

### Pâtes

Les usines de pâtes québécoises auraient produit 4,0 M tma (98 %) de pâtes à l'année de référence et 0,1 M tma (2 %) auraient été importées, pour un total de 4,1 M tma. De cette pâte, 2,6 M tma (63 %) seraient

utilisées par les papetières, alors que 1,4 M tma (34 %) seraient exportées pour un total de 4,0 M tma. Cela confère un taux d'utilisation de 97 % aux pâtes à papier. Le taux interne est quant à lui de 65 %.

### **Fibres post-consommation**

Il est estimé que 1,0 M tma de fibres post-consommation sont issues des centres de tri des matières résiduelles. La moitié, soit 0,5 M tma, est exportée, alors que le reste serait recyclé par les usines de pâtes et papiers. Selon les données de Recyc-Québec [21], le taux de recyclage des fibres post-consommation serait de 48 % et le taux d'exportation de 52 %, ce qui est similaire aux résultats obtenus par l'AFM. Avant d'être acheminée aux centres de tri, une certaine part des fibres post-consommation se retrouverait à l'élimination, soit environ 0,2 M tma. Le taux d'utilisation des fibres post-consommation est donc de 84 %, tandis que le taux d'utilisation au Québec est de 44 %. À titre indicatif, le taux interne des fibres post-consommation pourrait être amélioré en favorisant des voies de valorisation locale. Par exemple, ces fibres peuvent être traitées et utilisées dans la fabrication d'emballages et d'écoproduits de pâtes cellulosiques thermoformées, et une expertise locale se développe avec des joueurs comme Innofibre [33].

### **Bois de chauffage**

Il est estimé que 1,0 M tma de bois de chauffage auraient été utilisées au Québec en 2017 principalement pour le chauffage résidentiel [34]. Pour les fins de cette étude, il sera assumé que ces chiffres soient également valides pour l'année 2019. De plus, il n'a pas été possible de recenser les données de production du bois de chauffage des exploitants de forêts privées, puisque celles-ci ne sont pas compilées de façon systématique par les organismes gouvernementaux consultés. Ainsi, une production de 1,0 M tma de bois de chauffage seront utilisées. Par ailleurs, il n'a pas été possible de récolter d'informations sur les importations et les exportations de bois de chauffage. Il sera donc assumé qu'elles sont nulles. Le taux d'utilisation du bois de chauffage serait donc de 100 %, tout comme le taux d'utilisation au Québec.

### **Bois CRD**

Selon la compilation des données réalisée, environ 0,8 M tma de bois CRD auraient été générées au Québec à l'année de référence. De ce total, 0,6 M tma (76 %) parviendraient aux centres de tri CRD et aux écocentres. Puis, 0,3 M tma (32 %) feraient office d'intrant pour le processus de cogénération et produits énergétiques, alors que de plus faibles quantités ont été compilées sous l'appellation de « résidus de bois » dans les intrants des papetières et des usines de fabrication de panneaux. Il est supposé que la balance des extrants des centres de tri et des écocentres serait enfouie, soit 0,3 M tma (44 %). En outre, avant d'être acheminé aux centres de tri CRD et aux écocentres, une certaine part du bois CRD serait envoyée directement à l'élimination, soit 0,2 M tma (24 %). Selon les données récoltées par Recyc-Québec dans son « Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec » [20], 0,6 M tma de bois CRD auront été générées par les centres de tri CRD et les écocentres du Québec. De cette quantité, environ 0,4 M tma (67 %) auraient été valorisées énergétiquement ou recyclées, alors que 0,2 M tma (33 %) auraient été enfouies.

Par ailleurs, aucune importation de bois CRD n'a été recensée, alors que les exportations sont négligeables. Ce faisant, le taux d'utilisation du bois CRD serait environ de 32 % tout comme le taux d'utilisation au Québec. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la valorisation du bois CRD est freinée par son niveau de contamination trop élevé dans certains cas. Le développement de débouchés émergents, comme la gazéification, convertissant la matière carbonée en un gaz de synthèse (*syngas*), pourrait permettre d'améliorer le taux d'utilisation de ces résidus.

### **Granules énergétiques et charbon de bois**

Les usines de « produits énergétiques » auraient produit plus de 0,4 M tma de granules énergétiques et de charbon de bois. En 2019, alors qu'aucune importation n'a été recensée, 0,2 M tma (50 %) auraient été exportées [19]. En assumant que le restant est consommé par le secteur résidentiel et des ICI, le taux d'utilisation et le taux d'utilisation au Québec sont de 52 %.

## **Cendres**

La combustion des produits forestiers, par exemple en chaudière à biomasse, mène à la génération de cendres. Selon les calculs effectués, environ 0,1 M tma de cendres seraient générées par la combustion des écorces, du bois CRD, des granules énergétiques et charbon de bois, du bois de chauffage et des copeaux. Il est toutefois soupçonné que cette valeur soit sous-estimée, puisqu'il est connu, qu'outre les matières précédemment mentionnées, d'autres matières, comme les boues papetières, et certains résidus de bois sont également responsables de la production de cendres. Cela étant dit, les cendres peuvent être valorisées de différentes façons comme en tant que matières résiduelles fertilisantes ou en tant que matières de charge. Or, étant issues d'un procédé de combustion, il est possible que les cendres soient trop contaminées pour ces types d'applications et qu'elles soient donc destinées à l'enfouissement notamment lorsqu'elles proviennent de la combustion de bois CRD contaminés avec des peintures. Ce faisant, il n'a pas été possible d'évaluer le taux d'utilisation/valorisation des cendres dans le cadre de cette étude.

## **Panneaux OSB**

À l'année 2017 au Québec, il est estimé que 0,7 M tma de panneaux OSB ont été produites à partir de lamelles de bois provenant des activités de transformation. De cette quantité, environ 0,4 M tma ont été exportées (57 %), alors que les importations sont négligeables. Pour les fins de cette analyse, il est assumé que le 0,3 M tma (43 %) de panneaux OSB restant fut consommées par le secteur de la construction lui conférant un taux d'utilisation de 100 %. Le taux d'utilisation au Québec est quant à lui de 48 %.

## **Panneaux de fibres MDF**

Pour les panneaux de fibres, par exemple de type MDF, il est estimé que < 0,1 M tma ont été produites principalement à partir de copeaux de bois, alors que les importations et les exportations de ce type de panneaux sont négligeables (0,04 M tma en 2019 [19]). Il est assumé que la totalité de celles-ci soit utilisée par le processus de consommation résidentiel/ICI pour faire office de panneaux isolants par exemple. Le taux d'utilisation est donc de 100 % tout comme le taux d'utilisation au Québec.

## **Panneaux de particules**

Il a été calculé que la quantité de panneaux de particules produite était de 0,6 M tma principalement à partir de sciures, de rabotures, de copeaux et de bois recyclé. Alors que les importations sont négligeables pour ce produit, environ 0,4 M tma (67 %) ont été exportées. Puis, pour les fins de cette analyse, il est assumé que les panneaux restants (0,2 M tma ou 33 %) soient utilisés par le processus de consommation résidentiel/ICI. Ceci leur confère un taux d'utilisation de 100 %. Le taux d'utilisation au Québec est quant à lui de 28 %.

## **Placages et contreplaqués**

Ce serait environ 0,4 M tma de placages et contreplaqués qui auraient été produites à partir de bois de placage issu des activités de transformation du bois, alors que 0,2 M tma auraient été importées pour un total de 0,6 M tma. Les exportations s'élèvent quant à elle à 0,5 M tma (74 %), et il est assumé que le reste des placages et contreplaqués (0,2 M tma ou 26 %) soient utilisées par le secteur de la construction. Le taux d'utilisation est donc de 100 %, tandis que le taux d'utilisation au Québec est de 40 %.

## **Vue d'ensemble**

Globalement, les forêts publiques et privées québécoises auraient produit 13,1 M tma (91 %) de bois rond, dont 1,0 M tma de bois de chauffage, 0,1 M tma (1 %) de résidus de coupe et 1,2 M tma (8 %) d'écorces, pour un total de 14,4 M tma. En incluant l'ensemble des importations, soit 2,9 M tma, un total de 17,3 M tma de produits forestiers entre ou est généré au sein du système de flux de matières. Par ailleurs, 10,3 M tma

(59 %) de produits forestiers seraient exportées du système. Il reste donc 7,0 M tma (41 %) de matières qui sont transformées et recirculées à l'intérieur du système. Sur cela, environ 2,3 M tma (13 %) sont converties en énergie (et en cendres) ce qui laisse 4,7 M tma (27 %) de matières recirculées ou ajoutées à des inventaires de biens durables. Il est toutefois à noter que ces données excluent les inventaires et le stockage de matières. Le **TABLEAU 4** présente une compilation des résultats et taux d'utilisation des différents produits forestiers considérés dans le cadre de cette étude.

**TABLEAU 4** Compilation de l'utilisation des principaux produits forestiers

Matières/produits	Quantité générée (M tma)	Quantité importée (M tma)	Quantité utilisée (M tma)	Quantité exportée (M tma)	Taux d'utilisation (%)	Taux d'utilisation au Québec (%)
<b>Bois et produits conjoints de sciage (autres que les écorces)</b>						
Bois rond	13,1	1,4	15,3	-	105	106
Résidus de coupe	6,5	-	0,1	-	2	2
Copeaux	4,3	0,5	4,9	0,3	108	113
Sciures et rabotures	1,5	0,1	1,4	< 0,1	90	93
<b>Pâtes et papiers</b>						
Papier journal	1,6	< 0,1	0,3	1,3	100*	17
Autres papiers et cartons	2,3	0,5	0,6	2,2	102*	66
Pâtes	4,0	0,1	2,6	1,4	97	65
Fibres post-consommation	1,2	-	0,5	0,5	84	44
<b>Valorisation énergétique</b>						
Écorces	1,8	-	1,6	0,2	101	89
Bois de chauffage	1,0	-	1,0	-	100	100
Granules énergétiques et charbon de bois	0,4	-	0,2	0,2	52	52
Cendres	0,1	-	-	-	Inconnu	Inconnu
<b>Construction**</b>						
Bois d'œuvre	5,6	0,1	2,7	3,0	100	49
Panneaux OSB	0,7	-	0,4	0,3	100	48
Panneaux de fibres (MDF)	< 0,1	-	< 0,1	-	100	100
Panneaux de particules	0,6	-	0,2	0,4	100	28
Placages et contreplaqués	0,4	0,2	0,2	0,5	100	40
Bois CRD	0,8	-	0,3	-	32	32

\*Différentes sources d'information suggèrent que ces taux d'utilisation sont probablement inférieurs.

\*\*Pour éviter la confusion, les taux d'utilisation de 100 % s'expliquent par le fait qu'il est assumé que les pertes de matières liées à l'utilisation de ces produits (ex. : coupe) sont compilées autre part, par exemple dans les sciures et rabotures et dans le bois CRD.

À la lumière de ces résultats, il est possible de constater qu'une **grande proportion des matières et des produits forestiers sont utilisés (taux d'utilisation)**, si l'on considère que les exportations constituent une utilisation. Or, le devenir des produits forestiers sortant du système est inconnu. Ce faisant, pour les fins de cette étude, il est assumé que ceux-ci sont valorisés d'une quelconque façon, à défaut d'être enfouis ou incinérés sans récupération énergétique. Une analyse plus poussée serait toutefois nécessaire pour confirmer ou infirmer cette hypothèse.

Dans une perspective de circularité, **les résidus de coupe et le bois CRD seraient les matières présentant le meilleur potentiel d'amélioration avec des taux d'utilisation respectifs de 2 et 32 %**. Les sciures et les rabotures, avec un taux d'utilisation de 90 %, de même que les fibres post-consommation, avec un taux d'utilisation de 84 %, présentent également un certain potentiel d'amélioration.

Il importe toutefois de relativiser ces constats. En effet, toutes les utilisations ne sont pas équivalentes si l'on se réfère au principe hiérarchique des 3RV (Réduction à la source, réemploi, recyclage et valorisation énergétique) tel que décrit dans la définition de l'économie circulaire. Ainsi, malgré le fait que la plupart de ces matières soient valorisées, il est fort probable que des débouchés à plus haute valeur ajoutée pourraient être trouvés, dont les distances de transport seraient plus faibles (circuits courts). En outre, une insistance pourrait être mise sur les produits en bois qui sont durables, comme les constructions (ex. : meubles, infrastructures, panneaux, etc.), plutôt que sur des produits dont le cycle de vie est court, comme les papiers. Une analyse plus poussée, par exemple avec l'utilisation d'autres indicateurs de circularité, permettrait de mettre en lumière ces nuances.

Quant à la situation interne, donc en ne considérant pas les importations et les exportations, le portrait change drastiquement. En effet, **les taux d'utilisation au Québec de la plupart des matières/produits forestiers sont relativement bas, ce qui suggère des manquements importants au niveau de la valorisation locale des produits post-consommation**. Ainsi, dans une perspective d'économie circulaire où les circuits courts et l'utilisation locale sont encouragés, **un important potentiel d'amélioration se présente pour la plupart de ces produits, particulièrement pour les résidus de coupe, le papier journal, les panneaux de particules et le bois CRD, avec des taux d'utilisation au Québec respectifs de 2, 17, 28 et 32 %**.

## 4. DONNÉES DES SYMBIOSES DE SYNERGIE QUÉBEC

Le réseau Synergie Québec regroupe une vingtaine de projets de symbioses industrielles et territoriales partout au Québec. Ces projets autonomes sont portés majoritairement par des organismes à but non lucratif et municipaux qui mettent à disposition leurs ressources pour catalyser la création de synergies entre les entreprises de leur territoire (ex. : agences de développement économique, MRC, conseils régionaux de l'environnement).

Ce réseau est animé par le CTTÉI, dont le rôle est notamment d'utiliser les données partagées volontairement par les animateurs à des fins de recherche appliquée et pour optimiser les chaînes de valeur. Les membres de cette Communauté sont également partenaires de la Chaire de recherche en écologie industrielle et territoriale (CRÉIT). Leur expérience permet d'orienter la Chaire vers la création d'outils pour faciliter la transition vers l'économie circulaire. Ces projets sont animés par des animateurs sur le terrain qui offrent aux entreprises des services d'accompagnement en économie circulaire. Chaque projet détient donc des données précieuses, quoique non exhaustives et non contrevalidées par le CTTÉI, sur les gisements de ressources et les besoins des entreprises en matières premières.

Ces données sont compilées dans un outil informatique développé par le CTTÉI et ne sont pas publiques. Les animateurs de huit régions du Québec ont partagé les données collectées sur le territoire concernant les matières de la catégorie « Bois » de la base de données de Synergie Québec (FIGURE 3).

Les secteurs SCIAN visés dans l'étude sont :

- 113 Foresterie et exploitation forestière
- 321 Fabrication de produits en bois
- 322 Fabrication du papier.

#### Sources d'imprécisions et d'incertitude

Les données collectées dans la base de données de Synergie Québec servent essentiellement à créer des synergies localement, et non à établir des données massiques nationales basées sur des extrapolations. Pour éviter tout quiproquo, des limites à l'interprétation de ces données sont présentées à l'Annexe III.

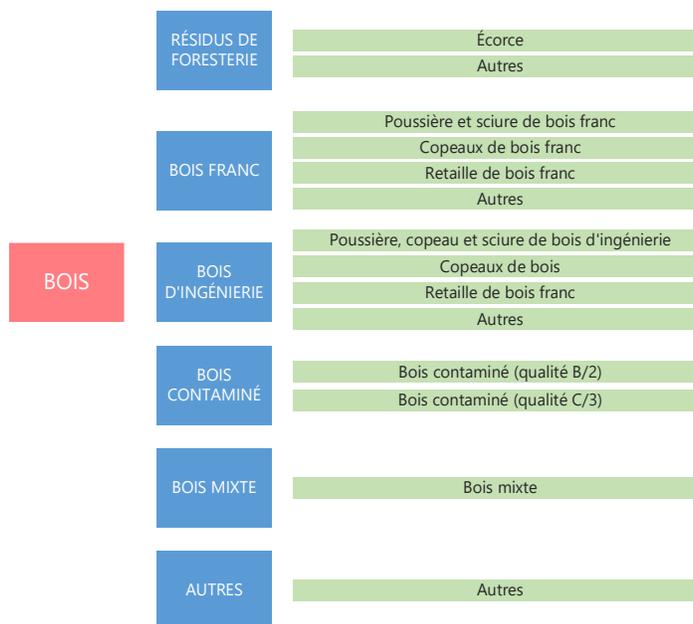


FIGURE 3 Catégories et sous-catégories de bois dans la base de données de Synergie Québec

## 4.1. INDICATEURS SUR LES ENTREPRISES RÉPONDANTES

Le nombre d'entreprises répondantes dans Synergie Québec, dans les secteurs visés, et le ratio avec les données du CRIQ sont présentés au TABLEAU 5. Ainsi, les données fournies par les entreprises sont compilées dans la base de données de Synergie Québec (BDSQ). Les régions qui ont le ratio le plus élevé de répondants sont indiquées par des cellules orange.

TABLEAU 5 Nombre d'entreprises de Synergie Québec par secteurs SCIAN et ratio avec le CRIQ<sup>3</sup>

RÉGIONS	Nombre d'entreprises SCIAN 321			Nombre d'entreprises SCIAN 322		
	ICRIQ	BDSQ	Ratio	ICRIQ	BDSQ	Ratio
Bas-Saint-Laurent (Kamouraska)	62	17	27 %	3	1	33 %
Capitale-Nationale	40	4	10 %	8		0 %
Estrie	69	6	9 %	10		0 %
Lanaudière	49	6	12 %	6	2	33 %
Laurentides	66	4	6 %	44		0 %
Mauricie	44	6	14 %	9		0 %
Montréal	27	8	30 %	38		0 %
Outaouais	34	9	26 %	3	3	100 %
Autres régions	392	17	4 %	25	2	8 %
<b>TOTAL</b>	<b>783</b>	<b>77</b>	<b>10 %</b>	<b>146</b>	<b>8</b>	<b>5 %</b>

<sup>3</sup> La base de données de ICRIQ ne fournit pas d'information sur le code SCIAN 113.

Les entreprises répondantes dans les trois secteurs SCIAN représentent 69 des 94 entreprises de ces mêmes secteurs dans la base de données de SQ, soit 73 % (**TABLEAU 6**). Ainsi, même si seulement huit des 24 symbioses ont partagé leurs renseignements, cela représente près du 2/3 des données pour ces trois secteurs SCIAN dans la base de données de Synergie Québec.

Parmi les trois secteurs présentés, le plus documenté est celui de la Fabrication de produits en bois. Les cellules orange indiquent les régions ayant le plus de répondants par secteurs SCIAN (**TABLEAU 6**).

**TABLEAU 6** Nombre d'entreprises de Synergie Québec par secteurs SCIAN

RÉGIONS	SCIAN 113 Foresterie et exploitation forestière	SCIAN 321 Fabrication de produits en bois	SCIAN 322 Fabrication du papier	TOTAL
Bas-Saint-Laurent (Kamouraska) <sup>4</sup>	1	17	1	19
Capitale- Nationale	1	4		5
Estrie		6		6
Lanaudière	1	6	2	9
Laurentides		4		4
Mauricie		6		6
Montréal		8		8
Outaouais		9	3	12
Autres régions	6	17	2	25
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>77</b>	<b>8</b>	<b>94</b>

La taille des entreprises en nombre d'employés est couramment utilisée pour corrélérer la taille des approvisionnements et des gisements de matières résiduelles. Dans les projets de symbioses, la participation des grandes entreprises et des donneurs d'emplois significatifs peut témoigner d'une sensibilité environnementale ou d'un engagement territorial plus important. Un ratio élevé entre le nombre d'emplois dans les entreprises documentées dans la base de données Synergie Québec par région et celui donné par le CRIQ (**TABLEAU 7**) peut ainsi rendre compte de cette relation. Les régions ayant le ratio de répondants des secteurs SCIAN par nombre d'employés le plus élevé sont présentées en orange.

**TABLEAU 7** Nombre d'employés des entreprises de Synergie Québec et ratio avec le CRIQ

RÉGIONS	Nombre d'employés								
	SCIAN 113 <sup>5</sup> Foresterie et exploitation forestière			SCIAN 321 Fabrication de produits en bois			SCIAN 322 Fabrication du papier		
	ICRIQ	SQ	Ratio	ICRIQ	SQ	Ratio	ICRIQ	SQ	Ratio
Bas-Saint-Laurent (Kamouraska)	ND	ND	ND	2 550	655	26 %	482	160	33 %
Capitale- Nationale	ND	ND	ND	1 564	369	24 %	383		0 %
Estrie	ND	ND	ND	3 053	518	17 %	2 454		0 %
Lanaudière	ND	ND	ND	1 098	79	7 %	830	719	87 %

<sup>4</sup> Prendre note que certains projets ont fusionné leur base de données, ce qui explique que certaines données soient exprimées pour le Bas-Saint-Laurent, d'autres pour le Kamouraska.

<sup>5</sup> La base de données de ICRIQ ne fournit pas d'information sur le code SCIAN 113.

Laurentides	ND	ND	ND	1 659	38	2 %	627		0 %
Mauricie	ND	ND	ND	2 352	152	6 %	1 661		0 %
Montréal	ND	ND	ND	903	142	16 %	2 946		0 %
Outaouais	ND	ND	ND	1 065	440	41 %	946	5 080	537 % <sup>6</sup>
Autres régions	ND	ND	ND	21 403	481	2 %	7 884	389	5 %
<b>TOTAL</b>				<b>35 647</b>	<b>2 874</b>	<b>8 %</b>	<b>18 213</b>	<b>6 348</b>	<b>35 %</b>

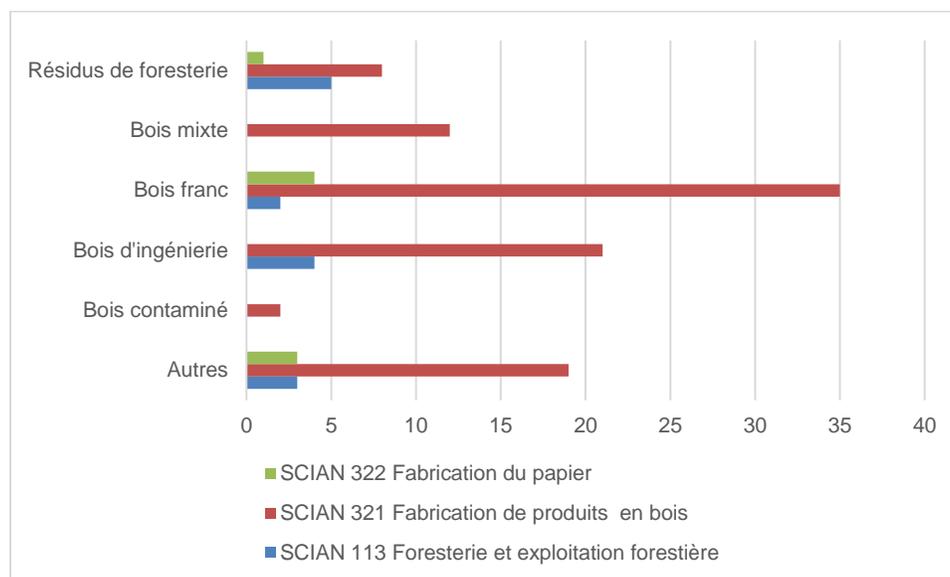
## 4.2. INDICATEURS SUR LE NOMBRE D'OFFRES ET DEMANDES DE SYNERGIE QUÉBEC

Les données utilisées dans la section suivante sont présentées à l'**Annexe IV**. Les données significatives pour les secteurs autres que 113, 321 et 322 sont aussi disponibles.

### Gisements d'Offres (extrants) — Catégories Bois

Pour les animateurs de Synergie Québec, une OFFRE est une matière « générée » par une entreprise (ex. : sous-produits, co-produits, matières résiduelles, perte, gaspillage, perte, non conforme). Cette offre est disponible pour être valorisée à l'interne par l'entreprise génératrice elle-même ou à l'externe par une autre entreprise située à proximité ou non. La nature de ces offres et les quantités de matières varient en fonction de la production. Plusieurs facteurs peuvent donc l'influencer (ex. : saisonnalité, changement de procédés, changement d'intrants).

Dans chacun des secteurs SCIAN visés, les catégories qui comptent le plus d'offres sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 5**). Comme le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321, il compte également le plus d'offres répertoriées. La **FIGURE 4** illustre le nombre d'Offres par catégories de bois et par secteur SCIAN.



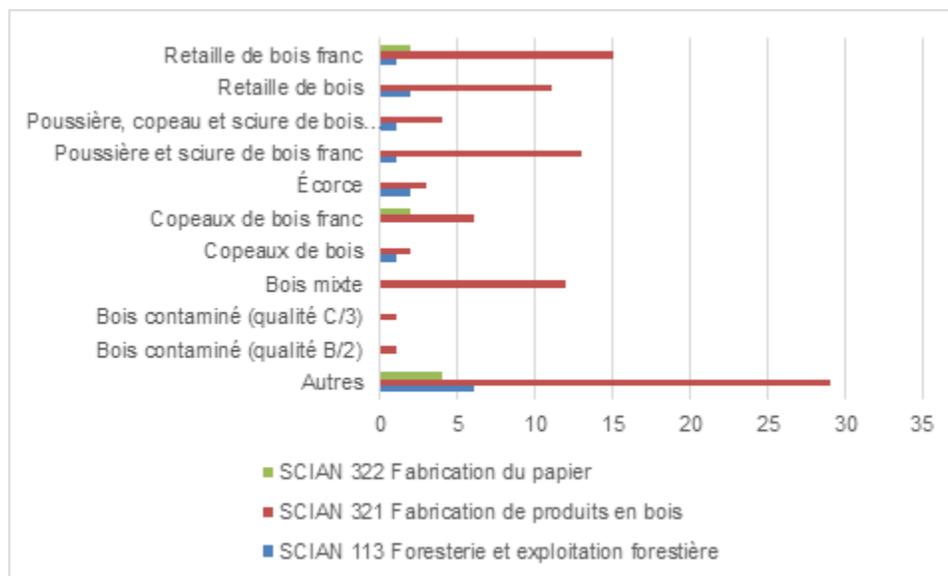
**FIGURE 4** Nombre d'Offres par catégories de bois et par secteur SCIAN (119 offres)

### Gisements d'Offres (extrants) — Sous-catégories

Dans chaque secteur SCIAN, les catégories comptant le plus d'offres sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 6**). Comme le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321, il

<sup>6</sup> Les raisons qui expliquent pourquoi cette donnée dépasse 100 sont présentées à l'**Annexe III**.

compte également le plus d'offres répertoriées. La **FIGURE 5** illustre le nombre d'Offres par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN.



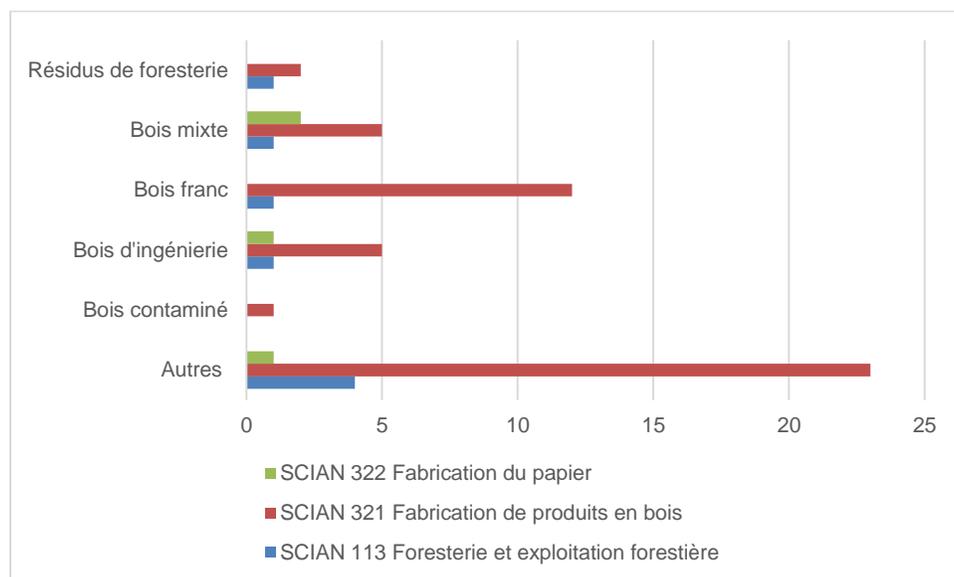
**FIGURE 5** Nombre d'Offres par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN (119 offres)

**Faits saillants :**

- Les retailles de bois franc ou de bois d'ingénierie représentent une grande partie des offres.
- Les secteurs autres que 113, 321 et 322 génèrent des résidus de bois, surtout du bois mixte.
- Le nombre d'offres est supérieur à celui des demandes, ce qui est observé dans les projets de symbioses. Ainsi, les entreprises qui formalisent une offre souhaitent le plus souvent se « départir » d'une matière résiduelle à moindre coût que par des services de gestion courants.

**Demands (intrants) — Catégories Bois**

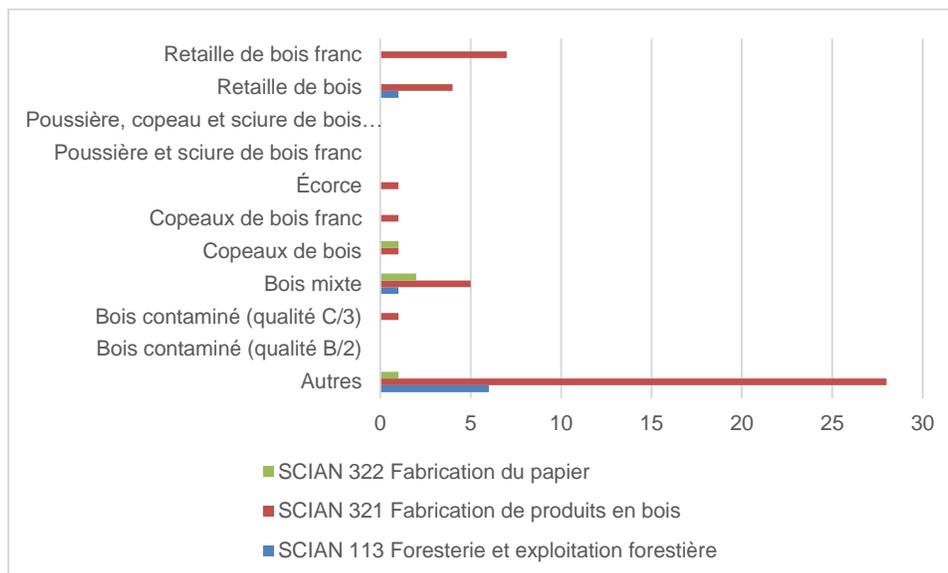
Pour les animateurs de Synergie Québec, une DEMANDE est une matière « consommée » par une entreprise (ex. : matière première, achat, approvisionnement). Dans une synergie, cette demande est remplie par une OFFRE de matières à valoriser. Pour permettre cette substitution, la nature de la demande doit donc permettre la substitution (ex. : spécifications attendues, propriétés physicochimiques, caractéristiques). Des activités de conditionnement peuvent rendre l'offre conforme si nécessaire. La **FIGURE 6** illustre le nombre de Demandes par catégories de bois et par secteur SCIAN.



**FIGURE 6** Nombre de Demandes par catégories de bois et par secteur SCIAN (60 offres)

### Gisements de Demandes (intrants) — Sous-catégories

Dans chacun des secteurs SCIAN, les catégories qui comptent le plus de demandes sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 7**). Le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321; il compte également le plus d'offres répertoriées. La **FIGURE 7** illustre le nombre de Demandes par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN.



**FIGURE 7** Nombre de Demandes par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN (60 demandes)

#### Faits saillants :

- Les résidus de bois franc et de bois d'ingénierie (ex. : plancher d'ingénierie et plancher laminé) représentent une grande partie des demandes formulées par les entreprises participantes.
- Les secteurs autres que 113, 321 et 322 génèrent également des résidus de bois, surtout du bois mixte et autres non classifiés.
- Le nombre de Demandes est inférieur à celui des Offres, ce qui est courant dans les projets de symbioses. Ainsi, les entreprises qui formalisent une demande doivent s'assurer de la tolérance de leurs procédés aux modifications d'intrants et à la conformité de la substitution.

### 4.3. INDICATEURS SUR LES SYNERGIES DE SYNERGIE QUÉBEC

Le tissu industriel et l'écosystème de chaque territoire donnent lieu à plusieurs collaborations interentreprises appelées « Synergies ». On distingue deux types, soit les synergies de substitution et les synergies de mutualisation.

#### Synergie de substitution

Dans une synergie de substitution, une ressource en substitue une autre, en tout ou en partie, et ce, au bénéfice des deux parties.

Dans le cas d'une synergie de matières comme le bois, une « matière secondaire » remplace une matière première vierge ou l'intrant initial. L'échange allonge le cycle de vie des matériaux qui passent d'une main à l'autre. Pour répondre aux spécifications techniques et physicochimiques de la demande, l'offre doit souvent être transformée et conditionnée par les parties ou par un tiers (décontamination, coupe, mélange).

### Synergie de mutualisation

Dans une mutualisation (pairs à pairs, pairs à pair ou pair à pairs), les entreprises impliquées dans la synergie coordonnent leurs offres et leurs demandes de ressources dans une même chaîne de valeur.

En amont, la mutualisation des ressources permet notamment des économies d'échelle pour l'achat de produits ou de services. Cet aspect n'est pas examiné dans la présente étude. En aval, plusieurs entreprises peuvent, par exemple, profiter de services de collecte pour des matières résiduelles apparentées. Une entreprise peut également « s'approprier », en tout ou en partie, le gisement disponible sur un territoire d'une certaine matière et d'une certaine qualité (ex. : matières pour la fabrication de panneaux). Il y a donc un preneur pour plusieurs générateurs.

La mise en place de mutualisations peut rencontrer des défis logistiques et opérationnels importants pouvant limiter la participation des entreprises (ex. : contrôle de qualité, contamination du gisement, traçabilité, partage des coûts et de la responsabilité, annulation des contrats en cours.). La concentration et la qualité des flux permettent d'atteindre la quantité critique nécessaire à la faisabilité économique de ces opérations. L'accompagnement d'un tiers impartial, comme celui d'un animateur de symbiose industrielle, peut faciliter la collaboration et aide à élaborer un plan où les intérêts de tous sont considérés.

### Infrarecyclage et sous-cyclage (*downcycling*)

Par souci de cohérence, les synergies cherchent à éviter le sous-cyclage, c'est-à-dire de transformer une matière résiduelle en un produit de moindre valeur, de moindre qualité et dont la durée de vie ou la possibilité d'entrer dans d'autres cycles de transformation sont réduites. Le défi de la recherche appliquée en écologie industrielle est au contraire d'identifier les technologies de tri, de conditionnement et de mise en valeur pour maximiser la valeur des ressources matérielles tout en évitant leur surqualification.

Le **TABLEAU 8** présente le nombre de synergies impliquant une offre/demande de bois dans chacune des régions ayant partagé ses données. Dans l'outil informatique dédié aux synergies, les animateurs peuvent entrer le statut d'une synergie, c'est-à-dire l'avancement de sa réalisation.

**TABLEAU 8** Nombre de synergies par région et par statut

RÉGIONS	Identifiée	Validée	Réalisée	Terminée	TOTAL	% de concrétisation
Capitale Nationale	8	4			12	< 1 %
Etrie	15		2		17	12 %
Kamouraska	12	2	5		19	26 %
Lanaudière	239	87	1		327	< 1 %
Laurentides	120				120	< 1 %
Mauricie		21			21	< 1 %
Montréal	57	23	17	1	98	18 %
Outaouais	30		15		45	33 %
Autres régions	234	34	36	3	307	13 %
<b>TOTAL</b>	<b>715</b>	<b>171</b>	<b>76</b>	<b>4</b>	<b>966</b>	<b>8 %</b>

#### Définition des statuts

Synergie identifiée	Synergie identifiée par l'outil de maillage automatique du logiciel de Synergie Québec et n'ayant pas fait l'objet d'une vérification par l'animateur.
Synergie validée	Synergie validée par l'animateur suite à une analyse des spécificités de l'offre, des contraintes de la demande et du profil des entreprises.
Synergie réalisée	Synergie implantée par les entreprises correspondantes suite à une analyse de leur part.
Synergie terminée	Synergie réalisée par le passé et qui n'a plus cours présentement.

\* Le pourcentage de concrétisation correspond au nombre de synergies concrétisées sur le nombre de synergies potentielles total.

#### Faits saillants :

- Les régions Montréal, de l'Outaouais et du Bas-Saint-Laurent ont réalisé le plus de synergies impliquant du bois.
- Lanaudière, Laurentides et le Bas-Saint-Laurent sont des projets ayant collecté beaucoup d'informations auprès des entreprises. C'est ce qui explique le nombre élevé de synergies identifiées. En effet, plus qu'il y a d'offres et de demandes documentées sur un territoire, plus que l'outil informatique de Synergie Québec identifie de maillages.
- Le processus de concrétisation des synergies repose sur l'accompagnement étroit des entreprises. L'expérience montre que, malgré un grand potentiel de synergies fondé sur le nombre de synergies « identifiées », cette information doit être amenée et guidée par l'animateur territorial pour se transformer en réelle opportunité envisagée par les entreprises.

### 4.4. AUTRES INDICATEURS

Le réseau Synergie Québec a développé un système d'indicateurs pour mieux mesurer les retombées quantitatives des synergies. Pour chaque type de ressources, des facteurs d'émission reliés à la production, au transport et à l'élimination ont été déterminés. Ces facteurs proviennent de différentes bases de données publiques et reconnues (ex. : études sur l'électricité québécoise du Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services [CIRAIG], Ecoinvent, European Reference Life Cycle Database [ELCD] et Agribalyse).

Le CTTÉI a cumulé de l'information chiffrée sur 420 synergies réalisées par 13 symbioses industrielles québécoises. Dans cette enquête de 2019, 55 synergies concrétisées impliquaient des produits forestiers. Les retombées sont présentées au **TABLEAU 9**. Certains projets mentionnés précédemment n'existaient pas en 2019 ou n'ont pas participé à l'enquête. Également, en raison de la nature très hétérogène des synergies, du point de vue du type de matières, des quantités et de la localisation des entreprises impliquées, il n'a pas été possible d'extrapoler ces résultats. Il est important de souligner que ces données récoltées sur le terrain représentent des volumes relativement faibles comparativement aux flux de matières totaux du secteur forestier, comme présenté dans la section 3.

**TABLEAU 9** Synergies par région et par statut

RÉGIONS	Nombre de synergies documentées	Réduction des flux de matière (kg/an)	Gaz à effet de serre évités (GES) (kg CO <sub>2</sub> eq/an)	Réductions des frais d'exploitation (\$/an)
Kamouraska	ND	ND	ND	ND
Capitale Nationale	1	10 920	5 054	3 290
Estrie	1	2 448	492	1 171
Laurentides	ND	ND	ND	ND
Lanaudière	23	606 000	135 204	73 713

RÉGIONS	Nombre de synergies documentées	Réduction des flux de matière (kg/an)	Gaz à effet de serre évités (GES) (kg CO <sub>2</sub> eq/an)	Réductions des frais d'exploitation (\$/an)
Mauricie	ND	ND	ND	ND
Montréal	6	63 840	130 227	116 767
Outaouais	1	720 000	101 058	9 000
Autres régions	44	237 267	45 964	42 825
<b>TOTAL</b>	<b>55</b>	<b>1 640 475</b>	<b>417 999</b>	<b>246 766</b>

Les régions de Lanaudière et de l'Outaouais ont documenté les volumes les plus importants de réduction de flux de matières.

### Modèle d'économie circulaire environnemental autour du saule dans Lanaudière

Ramo est une entreprise située à Saint-Roch-de-l'Achigan spécialisée dans le développement de technologies environnementales à partir de culture de saules en courtes rotations.

À travers sa technologie Evaplant, Ramo utilise les saules pour traiter et valoriser des effluents d'eaux usées industrielles telles que les eaux de lixiviation générées par les sites d'enfouissements. Les ressources contenues dans ces eaux usées (eaux, nutriments, métaux), qui sont normalement considérées comme des contaminants à traiter, sont absorbées par les saules. Ceci a pour effet d'accélérer la croissance des saules et d'augmenter la captation de carbone dans la biomasse de ceux-ci. Les saules sont également utilisés pour restaurer des sites dégradés tels que les mines, les sablières et les carrières.

Chaque trois ans, les saules sont récoltés et transformés en écrans visuels et en murs antibruit. Ils résolvent alors à leur tour des problèmes environnementaux tels que le bruit urbain et la pollution visuelle. Ces éco-produits ont une empreinte carbonégative et jouent donc également un rôle de puits de carbone. Enfin, les résidus de production de Ramo (branches et feuilles) sont valorisés en paillis BRF (Bois Raméal Fragmenté) pour amender et structurer les sols.

### Mise en valeur circulaire en Outaouais - Produits Forestiers Résolu (Maniwaki)

L'usine de Produits Forestiers Résolu située à Maniwaki est une scierie qui se spécialise dans la création de planches de bois d'œuvre. Une coupe assistée par ordinateur permet de minimiser les pertes de résidus ligneux. Le bois rond récolté sert à la fabrication de bois d'œuvre. Les résidus de production, qui totalisent plus de 150 000 tonnes/an, sont réutilisés comme matière première par d'autres entreprises de la région.

En effet, les copeaux sont transformés par une autre usine de pâtes et papiers de PF Résolu. Les sciures et rabotures sont transformées en panneaux de bois, et les écorces sont valorisées énergétiquement dans une chaudière à biomasse. La combustion des écorces génère de l'énergie thermique servant à sécher le bois en fin de production, alors que les cendres (500 t/an) sont distribuées à des agriculteurs locaux pour enrichir leurs terres.

Cet exemple montre la suite de boucles de mise en valeur, interne à l'entreprise, mais aussi externes, qui ramifient encore davantage le tissu industriel de la région. Ainsi, l'approche circulaire de l'entreprise lui permet de proposer de nouvelles formes de relations d'affaires et de voisinage à ses fournisseurs, ses clients et à la collectivité.

### Production de biocarburants à partir de biomasse forestière résiduelle en Mauricie - Bioénergie La Tuque (BELT)

Le projet de bioraffinerie à La Tuque vise à transformer des résidus de coupe forestière pour produire du carburant renouvelable, comme du biodiesel, dans le but de remplacer les énergies fossiles. Les résidus forestiers qui pourraient produire annuellement plus de 200 millions de litres de carburant totalement renouvelable.

Présentement, le projet de bioraffinerie de La Tuque a reçu l'appui d'une grande entreprise européenne spécialisée dans ce domaine qui est intéressée à s'associer au projet. L'équipe de Bioénergie La Tuque travaille fort pour réunir les fonds nécessaires pour réaliser les études technico-économiques qui mèneront à la réalisation de ce projet qui va nécessiter un investissement de 700 millions \$ à 1 milliard \$, en plus de créer 490 emplois à La Tuque. Les dirigeants de BELT visent l'implantation pour 2023.

## 5. TECHNOLOGIES ET DÉBOUCHÉS ÉMERGENTS

Par sa recherche d'une efficacité industrielle permettant d'optimiser l'utilisation des ressources et d'allonger leur cycle de vie, l'économie circulaire favorise le développement de technologies plus propres. En plus des grandes filières de mise en valeur identifiées dans l'AFM, le CTTÉI a documenté certaines de ces technologies (**TABLEAU 10**). Elles sont présentées sous forme de fiche à l'**Annexe VI**.

**TABLEAU 10** Technologies émergentes de mise en valeur du bois

DESCRIPTION	MODE DE GESTION 3RV-E	DÉVELOPPEUR
Technologie de production de filament d'impression 3D recyclé à base de déchets de meubles en bois	Recyclage et valorisation matière	Université technologique de Michigan (États-Unis)
Système et méthode de traitement des eaux usées utilisant la capture passive de phosphore	Valorisation matière	CRIQ (Québec)
Technologie de valorisation des écorces d'essences forestières québécoises	Valorisation matière	Innofibre (Québec)
Système de pyrolyse et de production de biochar — Technologie CarbonFX	Valorisation matière	Airex Énergie (Québec)
Liquéfaction hydrothermale de la biomasse ligneuse dans l'eau chaude comprimée	Valorisation énergétique	Université Western (Ontario)

### Technologie de production de filament d'impression 3D recyclé à base de déchets de meubles en bois

L'Université technologique du Michigan a développé une technologie pour valoriser les résidus de bois de l'industrie de l'ameublement en produisant un composite (*wood polymer composite*, WPC). La technologie vise à utiliser les résidus de meubles en bois comme matière première pour fabriquer du filament WPC. Le procédé utilise le broyage et le fraisage de deux matières résiduelles : des panneaux de fibres de bois MDF (*medium-density fiberboard*) et de particules de papier imprégné de résines phénoliques. Le filament WPC est utilisé par la suite dans l'impression 3D, pour, par exemple, produire une grande diversité de pièces et de composants pour l'industrie du meuble.

### Système et méthode de traitement des eaux usées utilisant la capture passive de phosphore

Le procédé concerne le domaine du traitement des eaux usées et plus particulièrement les systèmes et méthodes de traitement effectuant la déphosphatation des eaux usées. La méthode brevetée consiste à installer, dans les dispositifs de rejet des eaux, un filtre garni de particules de bois activé par l'imprégnation d'un métal sous forme d'hydroxyde. Ce filtre possède une grande longévité et peut être valorisé en fin de vie utile entre autres par le compostage.

Ce procédé innovant facilite la conformité des eaux usées traitées aux normes environnementales. Il peut être combiné avantageusement à des technologies de traitement secondaire pour des rejets en milieux délicats tels ceux en amont des lacs. Cette innovation contribue à donner accès aux municipalités et à l'industrie à des procédés de traitement des eaux usées simples, performants, accessibles et économiquement viables.

### Technologie de valorisation des écorces d'essences forestières québécoises

L'écorce est la partie de l'arbre où se retrouve une grande quantité de métabolites spécialisés et molécules d'intérêt dont certains ont une activité biologique et assurent une protection contre les pathogènes, les insectes et le rayonnement du soleil.

La composition des écorces est complexe. Pour exploiter le potentiel de cette biomasse, les molécules actives doivent être isolées. Le centre de transfert de technologie Innofibre, le Centre d'innovation des produits celluloseux, a développé plusieurs méthodes d'extraction. Celles-ci permettent d'obtenir différents mélanges de métabolites spécialisés qui composent un extrait, et ce, pour plusieurs espèces.

### Système de pyrolyse et de production de biochar - Technologie CarbonFX

La technologie CarbonFX utilise de la sciure et d'écorces provenant de sapins, d'épinettes et d'érable pour produire du biocharbon par torréfaction du bois. Le produit est livré et utilisé partout au Canada pour différents usages (p. ex. agriculture biologique, horticulture commerciale, jardinage). Elle permet de produire une variété de produits de biocharbon à valeur ajoutée à l'échelle industrielle.

La technologie brevetée CarbonFX est développée par Airex Énergie. Elle permet de convertir tout type de biomasse en biocharbon, un combustible alternatif renouvelable pouvant remplacer le charbon traditionnel (ex. : centrales électriques, cimenteries). Le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sont partenaires financiers dans les activités d'Airex Énergie. Cycle Capital Management et Desjardins Innovatech sont des investisseurs en capital de risque.

### Liquéfaction hydrothermale de la biomasse ligneuse dans l'eau chaude comprimée

La liquéfaction hydrothermale (LHT) est une technique émergente. Elle permet la conversion de la biomasse en biocarburants. Le procédé se déroule à haute pression (5-20 MPa) et haute température (> 400 °C). L'eau est utilisée comme solvant dans des conditions sous-critiques ou quasi-critiques.

Dans la LHT, la biomasse peut être convertie en biohuile, biochar ou gaz non condensables. Les caractéristiques et les rendements des produits dépendent fortement des conditions d'exploitation de la LHT comme le type de biomasse, le rapport biomasse/eau, la température, la pression, le temps de séjour et la présence ou l'absence de catalyseurs.

## 6. SYNERGIES ET AUTRES ACTIONS EN ÉCONOMIE CIRCULAIRE

### 6.1. ORIENTATION ET ACTIONS RÉGIONALES

L'accompagnement d'animateurs en symbiose industrielle et territoriale est un plus pour promouvoir et faciliter le passage vers l'économie circulaire. Que ce soit dans le réseau Synergie Québec ou chez des partenaires, plusieurs initiatives visent la transition de l'économie québécoise vers une économie circulaire. Le gouvernement du Québec témoigne aussi de son intérêt pour les opportunités que représentent les produits forestiers (TABLEAU 11 et TABLEAU 12).

**TABLEAU 11** Orientations du gouvernement du Québec touchant les produits forestiers

AUTEUR	RECOMMANDATIONS	RÉSUMÉ
Circle Economy, pour RECYC-QUÉBEC	Mesurer de la circularité : un premier pas vers des objectifs	Dans le <i>Rapport sur l'indice de circularité de l'économie — Québec</i> , réalisé par Circle Economy [35], la part de la biomasse primaire renouvelable (cycle écologique), dont le bois, les cultures vivrières et les résidus agricoles, est estimé à 26 %.
	Concevoir la circularité de dans les stocks	Favoriser la construction écologique et les matériaux à faible empreinte carbone (p. ex. comparer l'incidence environnementale des bâtiments en bois et en béton, le recyclage des produits en bois,

AUTEUR	RECOMMANDATIONS	RÉSUMÉ
		l'efficacité énergétique et le choix des matériaux dans le secteur du bâtiment).
	Privilégier les matières naturelles et légères	Circle Economy évalue que les matériaux exigeants en matières premières et produisant beaucoup d'émissions, comme le ciment, devraient être remplacés par des solutions régénératives, comme le bois d'œuvre — particulièrement si la capacité régénérative des vastes forêts du Québec offre ces matières en abondance. Exemple : fabrication de poutres en lamellé-collé et de bois d'œuvre en lamellé-croisé.
	Rendre la fabrication circulaire	Réduire les flux de matériaux à l'échelle des usines (valorisation des ressources renouvelables, transformation des matières résiduelles en ressources).
MELCC	Recommandations du <i>Plan pour une économie verte 2030</i> [35]	Le Plan favorise l'utilisation de matériaux à plus faible empreinte carbone, comme le bois ou d'autres matériaux d'origine biologique.
HYDRO-QUÉBEC [22]	Garantie d'approvisionnement de la ressource	Promouvoir la biomasse forestière. Pour favoriser le développement de la biomasse forestière à des fins de production d'énergie, il importe d'avoir une garantie d'approvisionnement de la matière. Actuellement, celui-ci dépend de la récolte de bois rond des producteurs forestiers.
	Valorisation énergétique des résidus de coupes	Les résidus de coupe représentent un potentiel de 4 400 000 tma/an (2011), équivalant 83,60 PJ. Comparativement aux autres biomasses forestières dont le potentiel est déjà exploité entre 63 % et 100 %, Hydro-Québec estime que le potentiel déjà exploité est nul.

**TABLEAU 12** Exemples d'actions en économie circulaire touchant les produits forestiers

ACTIONS	RÉSUMÉ	PORTEUR
Concertation des secteurs du bois	Démarche de concertation des différents acteurs de la chaîne de valeur locale pour améliorer la valorisation des rebuts de bois en Mauricie et dans la MRC de Portneuf (juin 2021 à 2022)  Les données collectées par ce groupe de travail ont notamment été utilisées pour documenter les freins et les leviers présentés dans ce rapport.	Symbiose Économie circulaire Mauricie + <a href="http://environnementmauricie.com/economie-circulaire-mauricie-2/">environnementmauricie.com/economie-circulaire-mauricie-2/</a>
Réemploi, recyclage, valorisation matière et valorisation énergétique du bois traité	L'entreprise récupère des résidus de bois traité pour lesquels l'enfouissement n'est pas une solution viable (poteaux électriques et téléphoniques, dormants de chemin de fer, bois traité du secteur de la construction, de la rénovation et de la démolition).  Les matières sont vendues pour le réemploi ou le recyclage. Certains résidus sont broyés, puis vendus sous forme de copeaux à haute valeur calorifique disponible, par exemple, pour la production de <i>syngas</i> ou en cimenterie.  Enerkem a notamment valorisé par gazéification et production de <i>syngas</i> une grande partie du gisement de dormants de chemins contenant de la créosote et du pentachlorophénol (PCP).	Tred'si (Westbury) <a href="http://tredsi.com">tredsi.com</a> Enerkem
Récupération, mise en valeur, mise en marché des matériaux CRD	Écochantier est un projet mis sur pied par Co-éco à l'aide d'une subvention de RECYC-QUÉBEC. Il s'agit de deux centres de réemploi et d'une boutique en ligne qui visent à prioriser la réutilisation, à éliminer	Écochantier (Saint-Pascal, Rivière-du-Loup) <a href="http://ecochantier.ca">ecochantier.ca</a>

ACTIONS	RÉSUMÉ	PORTEUR
	l'enfouissement de matières récupérables et à préserver les matières premières. Ce projet permet également la récupération de matériaux patrimoniaux et offre aux citoyens et aux entrepreneurs un service pour disposer de leurs matériaux de façon écologique tout en préservant le patrimoine.	
Recyclage de sous-produits du bois	Création d'une gamme de produits de vannerie à partir de retailles de placage post-industrielles.	Collaboration entre L'Autre Fabrik (Victoriaville) et Nouveau Studio (Montréal) lautrefabrik.ca
Guide pratique	Nature Québec a développé notamment un guide pratique [37] dont le but d'outiller les générateurs et les gestionnaires de matières résiduelles afin qu'ils puissent contribuer à une meilleure mise en valeur du bois post-consommation au Québec.	Nature Québec
Guide pratique	Le 3 R MCDQ a réalisé un guide pour aider les gestionnaires de centres de tri de CRD des solutions réalistes pouvant être implantées rapidement et à faible coût afin d'optimiser la récupération du bois postconsommation et ainsi d'obtenir une meilleure valeur de revente en plus d'établir et de maintenir des liens de confiance avec leurs acheteurs.	Regroupement des récupérateurs et recycleurs de matériaux de construction, de rénovation et de démolition (3 R MCDQ) [38]
Réemploi de bois palettes	Mise en place d'une filière de récupération, de démantèlement, de conditionnement et de fabrication de mobiliers faits de bois de palettes. La filière a été mise en place par l'Association Initiatives OI qui offre de l'accompagnement à la création et au développement d'activité dans l'économie sociale et solidaire et l'économie circulaire. L'atelier de démantèlement est situé dans un centre de détention et emploi des détenus en insertion. Les Palettes de Marguerite, responsable de la fabrication du mobilier, est aussi une association d'insertion. Écopal met également en vente au public du bois de palettes brut.	Écopal (Île de la Réunion, France) ecopal.re

## 6.2. EXEMPLES DE SYNERGIES DOCUMENTÉES ET CHIFFRÉES

Depuis 2020, la Communauté Synergie Québec invite ses membres à partager les synergies réalisées sur leur territoire dans un recueil de synergies public (**TABLEAU 13**). Pour cela, les entreprises communiquent les renseignements touchant les synergies afin que les gains puissent être calculés.

Pour consulter le détail de ces synergies, le nom des entreprises et les retombées mesurées, consultez le [Recueil de synergies 2021](http://www.cttei.com/recueil-de-synergies-2021) ([www.cttei.com/recueil-de-synergies-2021](http://www.cttei.com/recueil-de-synergies-2021)).

**TABLEAU 13** Exemples de synergies réalisées par Synergie Québec

INITIATIVES	RÉSUMÉ	MODE DE GESTION 3RV-E	PORTEURS DE SYMBIOSE
Recyclage et réemploi d'éléments de décor	Une agence créative du centre-ville de Montréal a fait appel à Écoscéno pour gérer les éléments de décor restants sur place après un déménagement. Écoscéno a établi l'inventaire des matériaux et éléments de décor disponibles et les a mis en vente sur sa boutique en ligne.	Recyclage et réemploi	Écoscéno
Recyclage de retailles de bois pour la fabrication de bateaux et d'étagères	Les retailles d'érable et de frêne générées par une ébénisterie sont recyclées par une autre, située à proximité, pour la fabrication de produits.	Recyclage	Synergie Montréal
Recyclage de retailles de bois pour la fabrication de mobilier et jouets pour enfants	Les résidus de retailles de bois franc et de contreplaqué russe générées par une ébénisterie sont recyclés par une autre, située à proximité, pour la fabrication de mobilier.	Recyclage	Synergie Montréal
Bois d'ingénierie pour chauffer des serres	Après avoir validé leur conformité réglementaire et critères d'opérabilité, des résidus de bois sont valorisés comme source de source de chauffage pour des serres.	Valorisation énergétique	Écosynergie d'affaires Vaudreuil-Soulanges
Valorisation de bran de scie de mélamine contaminée	Lors de la fabrication de meubles, Groupe Gibo taille sur mesure des planches de mélamine et autres bois d'ingénierie.  Pour mieux gérer ses résidus, la réduction a d'abord été explorée. La nature des matières limite leur recyclage, mais les résidus ont trouvé un débouché en valorisation énergétique.  Des recherches sur la mycoremédiation (décontamination par des champignons) ont aussi été menées avec Biopterre.	Valorisation énergétique	Économie circulaire Kamouraska

Dans certains de ces exemples, des organismes d'économie sociale sont impliqués à différents niveaux (conditionnement, transformation, fabrication, etc.). Déjà actives dans plusieurs de chaînes de valeur circulaire au Québec, les entreprises d'économie sociale sont appelées à un rôle grandissant dans la transition. Le centre de recherche Territoires innovants en Économie sociale et solidaire (TIESS) mène d'ailleurs des recherches sur les relations entre l'économie sociale et les modèles d'affaires porteurs qu'offre l'économie circulaire ([tiess.ca/economie-circulaire](http://tiess.ca/economie-circulaire)).

## 7. MISE EN VALEUR DANS LE SECTEUR FORESTIER : ENJEUX ET LEVIERS

Comme le montrent les résultats de l'AMF, la circularité des flux de bois au Québec est élevée. Toutefois, certains gisements sont peu ou pas valorisés dans l'industrie. De plus, sur le terrain, les animateurs de symbioses et les entreprises qu'ils accompagnent ne cessent de ramener les résidus forestiers au centre de leurs considérations régionales économiques, environnementales et même sociales. Les enjeux

couramment soulevés sont le manque d’approvisionnement en matières secondaires locales de qualité, la gestion des résidus de bois postconsommation et la mutualisation difficile des faibles volumes de résidus.

En se basant sur cette expérience, le CTTÉI dresse ici les principaux défis et leviers recensés parfois génériques ou spécifiques (**TABLEAU 14**). Les travaux de concertation d’Économie circulaire Mauricie + (ECM+) ont aussi été ajoutés à ce portrait. Les enjeux associés à la production d’électricité à partir de la biomasse forestière relevés par HYDRO-QUÉBEC [23] y sont également rapportés.

**TABLEAU 14** Enjeux et leviers

ENJEUX	Enjeux relevés <sup>7</sup>	LEVIERS ET PISTES DE SOLUTIONS
<b>PRODUIRE DES MATÉRIAUX SECONDAIRES DE QUALITÉ ET STIMULER LA DEMANDE</b>		
<p>Avoir accès à des approvisionnements en matière secondaire québécoise de qualité (sous-produits du bois).</p> <p>Transformer et mettre en valeur les matières résiduelles.</p> <p>Développer de nouveaux marchés.</p> <p>Réduire, amortir les coûts</p>	<p><b>Extraction</b> : Comment se coordonner pour récupérer le maximum de biomasse des forêts mixtes et diriger les bonnes essences aux bonnes usines ? Comment limiter les coûts d'infrastructure et répondre à la pénurie des matériaux pour les chemins forestiers ? Perte de biodiversité et appauvrissement des sols si une quantité insuffisante de résidus de coupe sont laissés sur place. Diminution de surface agricole pour l'alimentation humaine, intensification des sols, utilisation de pesticides liée à la production d'électricité à partir de biomasse forestière.</p> <p><b>Transformation primaire</b> : Comment améliorer le tri des résidus pour éviter la contamination des matériaux notamment la contamination croisée qui impacte l'ensemble d'un flux ?</p> <p><b>Transformation secondaire et distribution</b> : Comment s'assurer de la qualité de la matière recyclée qui entre dans l'entreprise ? Comment établir une chaîne d'approvisionnement solide à partir des centres de tri du Québec ? Comment réduire les coûts de transformation du bois ? Comment donner de la valeur aux résidus ?</p> <p><b>Utilisation</b> : Comment augmenter l'offre de produits de bois locaux, accessibles et circulaire ? Comment inciter les producteurs agricoles à favoriser la biomasse forestière ? Comment gérer les contraintes réglementaires ? Par exemple, la Ville de Montréal interdit l'installation d'un foyer ou d'un poêle à bois non certifiés et consommant d'autres combustibles que les granules de bois, le gaz naturel et le propane. La Communauté métropolitaine de Montréal autorise l'usage du bois vierge seulement, alors que des matières résiduelles pourraient atteindre ces spécifications.</p> <p><b>Élimination et fin de vie</b> : Comment opérationnaliser le bannissement de l'élimination du bois ? Comment augmenter la mise en valeur les résidus de pâtes et papiers autrement que par la valorisation énergétique ? Comment amortir les frais liés à la déconstruction pour les entrepreneurs ? Production de résidus ultimes liée à la transformation de la biomasse (ex. : cendres de bois) parfois difficile à valoriser en raison de la présence de métaux.</p>	<p>Mettre en place des sites de triage intégrés pour mieux diriger les matières et éviter les transports ultérieurs.</p> <p>Tenir des activités d'information, de sensibilisation et d'éducation (guides, webinaires, formations). Former les travailleurs en centre de tri de CRD. Favoriser le tri en amont.</p> <p>Établir des catégories standardisées claires et des barèmes à atteindre pour les différentes qualités de résidus de bois.</p> <p>Animer le milieu par des activités de concertation pour ouvrir le dialogue et construire de solutions. Créer des réseaux structurés d'entreprises et d'acteurs locaux (ex. : symbioses industrielles et territoriales, démarche d'économie circulaire).</p> <p>Créer des réseaux d'utilisateurs de chaleur issue de la biomasse forestière (micro symbioses).</p> <p>Soutenir financièrement l'industrie québécoise dans la fabrication de produits de bois circulaires. Privilégier la consommation responsable.</p> <p>Soutenir la transition énergétique.</p> <p>Faire l'inventaire des technologies innovantes de tri, de conditionnement, de recyclage et d'autres formes de mise en valeur du bois. Recenser les technologies existantes en Europe et en Asie où les exemples de valorisation sont plus nombreux et mieux diffusés.</p> <p>Favoriser l'écoconception (ex. : conception intégrant des aspects de démantèlement facilité, limitation de la quincaillerie métallique et les produits multimatières à faible recyclabilité).</p> <p>Mettre en place des mécanismes pour récupérer les produits de bois en fin de vie (ex. : responsabilité élargie des producteurs, économie de la fonctionnalité et de la coopération).</p> <p>Mettre en place des mécanismes pour limiter concrètement l'élimination (ex. : principe de pollueur-payeur, responsabilité élargie des producteurs).</p> <p>Limiter l'agrandissement des lieux d'enfouissement.</p> <p>Explorer les nouveaux modèles d'affaires circulaires pour répondre à une nouvelle demande des consommateurs (ex. : location, économie de la fonctionnalité et de la coopération). Donner de la valeur pécuniaire aux résidus de bois.</p>

<sup>7</sup> Ces enjeux incluent ceux relevés lors des activités de concertation d'ECM+.

OPTIMISER LA CHAÎNE LOGISTIQUE		
<p>Logistique et transport Manutention et entreposage</p>	<p><b>Extraction</b> : Lorsque les matières résiduelles sont acheminées dans les écocentres, cela implique des frais de déplacement importants. Le coût des assurances est jugé très élevé par les transporteurs de bois, ce qui limite l'offre et fait augmenter les coûts. Comment gérer les surplus de rebuts de biomasse ? Comment gérer les variations de stocks dues à la saisonnalité des activités ? Comment mieux gérer les aspects légaux concernant les sites d'entreposage importants pour lesquels un certificat d'autorisation est requis ? Émission de contaminants atmosphériques lors de la combustion et du transport de la biomasse. Augmentation du transport routier pour les résidus de coupe. Impacts liés à l'entreposage de la biomasse : lixiviation de contaminants, nuisances visuelles et olfactives.</p> <p><b>Transformation primaire et distribution</b> : Comment mettre en place des filières mutualisées viables (coûts, distances) pour les résidus de plusieurs générateurs afin d'acheminer la ressource aux preneurs ? Comment éviter la contamination croisée ? Comment valoriser les fines ? Émission de contaminants atmosphériques lors de la combustion et du transport de la biomasse. Augmentation du transport routier pour les résidus de coupe.</p> <p><b>Utilisation</b> : Comment intégrer les consommateurs ou les utilisateurs dans la chaîne logistique ?</p> <p><b>Élimination et fin de vie</b> : Comment réduire les frais de transport pour l'élimination des déchets ultimes de bois ? Comment assurer le retour viable des produits de bois vers les entreprises de mise en valeur ? Comment éviter l'élimination pêle-mêle du bois dans les déchets et les conteneurs ?</p>	<p>Mettre en place des écocentres industriels pour les entreprises ou adapter les écocentres municipaux. Des frais pourraient être appliqués aux entreprises pour ces services. Les infrastructures doivent permettre de manutentionner et d'entreposer les matières en quantité et qualité.</p> <p>Augmenter le nombre de points de dépôts dans les secteurs où sont générés des résidus de bois (parcs industriels, collecte mobile).</p> <p>Animer le milieu par des activités de concertation pour ouvrir le dialogue et construire des solutions. Créer des réseaux structurés d'entreprises et d'acteurs locaux (ex. : symbioses industrielles et territoriales, démarche d'économie circulaire).</p> <p>Mener des travaux de recherche et développement pour trouver des débouchés aux déchets ultimes de bois.</p> <p>Faire l'inventaire des technologies innovantes de tri, de conditionnement, de recyclage et d'autres formes de mise en valeur du bois. <i>Benchmarker</i> des solutions en Europe et en Asie où les exemples de valorisation sont plus nombreux et mieux diffusés.</p> <p>Proposer des adaptations aux conteneurs de levées des matières résiduelles et des cloisons séparatrices.</p>
MONTER EN COMPÉTENCES		
<p>Développement et partage de connaissances</p>	<p>Manque de volonté politique Manque de connaissance sur les programmes de financement Manque de main-d'œuvre et rotation du personnel Comment assurer la relève et amener du dynamisme dans le secteur forestier alors que les finissants des programmes de formation spécialisée ne suffisent pas à la demande ? Questionnement éthique concernant la production de biomasse agroalimentaire destinée à la production d'énergie plutôt qu'à l'alimentation animale. Comment favoriser le partage de bonnes pratiques sans affecter la compétitivité des entreprises ?</p>	<p>Animer le milieu par des activités de concertation pour ouvrir le dialogue et construire de solutions. Créer des réseaux structurés d'entreprises et d'acteurs locaux (ex. : symbioses industrielles et territoriales, démarche d'économie circulaire).</p> <p>Tenir des activités d'information, de sensibilisation et d'éducation (guides, webinaires, formations). Former les travailleurs en centre de tri de CRD. Favoriser le tri en amont.</p> <p>Faire la cartographie des gisements et des utilisateurs de biomasse.</p> <p>Mettre en place une culture de l'innovation et de la collaboration entre les entreprises et autres acteurs de l'écosystème d'un territoire.</p>

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Ce mandat avait comme objectif principal d'évaluer le niveau de circularité du secteur forestier québécois. Pour ce faire, une analyse des flux de matières recensant les mouvements et les taux d'utilisation des principaux produits forestiers a été faite de même qu'un survol des données et des expériences de la Communauté Synergie Québec.

### **Circularité élevée pour la majorité des produits forestiers au Québec !**

Les résultats de l'AFM, présentés sous la forme d'un diagramme de Sankey, révèlent que la majeure partie des matières brutes, essentiellement du bois rond, issues de la gestion des forêts est transformée par les scieries. Les produits conjoints des scieries alimentent les usines de pâtes et papiers, principalement avec des copeaux de bois, les usines de fabrications de panneaux composites en bois et les usines de cogénération et de produits énergétiques, alors que le bois d'œuvre est consommé pour la construction d'infrastructures en bois. Les usines de pâtes et papiers produisent de la pâte à partir de bois et de fibres recyclées qui, elle-même, sert à produire des papiers et des cartons. Ceux-ci sont ensuite consommés par le secteur résidentiel et des ICI. Pour ce qui est des panneaux, le bois rond et les autres résidus de bois sont transformés en panneaux structuraux (ex. : OSB, placages et contreplaqués) et non structuraux (ex. : panneaux isolants) qui sont utilisés par le secteur résidentiel et des ICI. Quant aux usines de cogénération et de produits énergétiques, les résidus de bois sont transformés en granules énergétiques en charbon de bois et en d'autres produits comme des bûches de fibres de bois densifiées. Ils sont utilisés par le processus de consommation. Ces usines génèrent également une importante quantité d'énergie thermique et électrique qui n'a pas été comptabilisée dans le cadre de cet AFM. Les matières post-consommation, comme le papier, le carton et le bois CRD, sortent des centres de tri et des éco-centres pour être recyclées ou partiellement recyclées par les usines de pâtes et papiers, les usines de fabrication de panneaux et les usines de cogénération et de produits énergétiques. Différents produits forestiers sont importés et s'intègrent à différents endroits dans la chaîne de transformation du bois alors qu'une importante quantité de produits est exportée ailleurs au Canada ou à l'international.

Les résultats du calcul des taux d'utilisation des principaux produits forestiers suggèrent que la majorité de ceux-ci sont pleinement utilisés/valorisés si les exportations sont considérées comme une forme d'utilisation. **Les produits présentant les plus faibles taux d'utilisation sont les résidus de coupe (2 %) et le bois CRD (32 %).** Bien que les résultats ne permettent pas de le déceler, les taux d'utilisation du papier et du carton devraient également présenter un certain potentiel d'amélioration étant donné que les taux de récupération de la collecte sélective ne sont pas parfaits de même que les taux de recyclage des centres de tri. Si l'on exclut les importations et les exportations de l'équation, **les taux d'utilisation au Québec sont significativement plus faibles pour la plupart de produits, en particulier pour les résidus de coupe (2 %), le papier journal (17 %), les panneaux de particules (28 %) et le bois CRD (32 %).** Cela indique que les exportations prennent une place importante dans l'utilisation des produits forestiers, et qu'il **semble donc y avoir des manquements importants au niveau de la valorisation locale des produits post-consommation.** En ajoutant le fait que la possibilité forestière ne soit exploitée qu'à près de 60 %, le potentiel de production et d'utilisation d'une plus grande quantité de produits forestiers est substantiel.

En bref, malgré les nombreuses initiatives innovantes mises de l'avant, **les résultats de cette étude suggèrent que le niveau de circularité du secteur forestier québécois est relativement faible pour certains produits, alors qu'il est élevé pour d'autres, et ce, en ne se basant que sur les taux d'utilisation.** En effet, certains produits spécifiques, notamment les résidus de coupe et le bois CRD, présentent un important potentiel d'amélioration. Par ailleurs, il importe de rappeler les nombreuses incertitudes liées notamment aux données, aux facteurs de conversion, aux différentes sources d'information consultées et aux hypothèses posées pour simplifier l'analyse et à la non-exhaustivité de l'AFM. De surcroît, l'évaluation de la circularité, qui se veut une appréciation subjective du CTTÉI, a été basée sur la vue d'ensemble offerte par les résultats et sur les sources d'information consultées et non pas sur une analyse quantitative des résultats. Ainsi, il aurait été intéressant d'utiliser le système d'indicateurs de circularité développé par les travaux de la Chaire de recherche en écologie industrielle et territoriale

(CRÉIT) du CTTÉI pour faire une évaluation plus quantitative et avoir une appréciation de la qualité des débouchés actuels selon le principe des 3RV. Outre l'utilisation du système d'indicateurs, d'autres éléments pourraient compléter cette analyse : (i) le raffinement des données récoltées, notamment celles concernant les papiers et les cartons qui n'ont pu être proprement compilés dans le cadre de cette étude ; (ii) l'incorporation de certains produits écartés, mais dont le tonnage pourrait être significatif comme les boues papetières ; (iii) la prise en considération des données d'inventaires ; (iv) une mise à jour périodique de l'AFM pour voir l'évolution du niveau de circularité dans le temps.

### **L'économie linéaire : un arbre qui cache la forêt**

Les résultats de l'AFM montrent que la circularité du secteur forestier est relativement faible pour certains produits. Cette ressource renouvelable se prête à toutes les stratégies de la circularité sans exception. L'expérience du réseau Synergie Québec montre que les initiatives régionales représentent qu'une fraction du potentiel réel des résidus de bois encore disponibles. Ces synergies témoignent toutefois du grand dynamisme des entreprises d'ici et du soutien étroit des organismes qui les accompagnent. L'inventivité et la volonté y sont. Pour porter cela à une autre échelle, investir des efforts pour structurer les filières aura l'avantage de guider les acteurs dans le processus de co-création des solutions.

Les récents impacts de la COVID-19 sur la demande grandissante en bois ne sont pas encore très bien documentés. L'impact sur les prix, mais aussi les impacts à prévoir sur la fin de vie de tous ces produits qui sont dans une économie encore trop linéaire. Ces défis s'ajoutent aux enjeux et considérations déjà relevés par les entreprises et organisations qui œuvrent dans le secteur forestier québécois. Pour y répondre, les territoires les plus avisés investissent dans l'accompagnement et soutiennent les démarches locales porteuses. Plusieurs autres pistes de solutions ont été présentées.

Cette étude a présenté quelques technologies et débouchés émergents tirés essentiellement du Canada et des États-Unis. Qu'en est-il de l'Europe ou de l'Asie ? Nombre de ces états ont d'ailleurs une longueur d'avance en économie circulaire notamment sur le plan législatif. Pour explorer encore davantage les avancées touchant le secteur forestier, le CTTÉI recommande au client de regarder au-delà de nos frontières.

## RÉFÉRENCES

- [1] Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire (CERIEC). (s.d.). Enjeux et définition. Repéré à <https://www.quebeccirculaire.org/static/Enjeux-et-definition.html>
- [2] Compaore, U. L. (2017). Analyse de flux de matière du cuivre au Québec pour le développement de stratégies de circularité (Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal).
- [3] P. H. Brunner et H. Rechberger. (2004). *Practical handbook of material flow analysis*, vol. 9.
- [4] Nissing, C., & Von Blottnitz, H. (2007). A material flow analysis of wood and paper in Cape Town: is there potential to redirect flows in formal and informal sectors to foster use as a renewable resource?. *International journal of environment and sustainable development*, 6(2), 147-157.
- [5] Parobek, J., Paluš, H., Kaputa, V., & Šupín, M. (2014). Analysis of wood flows in Slovakia. *BioResources*, 9(4), 6453-6462.
- [6] Ghafghazi, S., Lochhead, K., Mathey, A. H., Forsell, N., Leduc, S., Mabee, W., & Bull, G. (2017). Estimating mill residue surplus in Canada: a spatial forest fiber cascade modeling approach. *Forest Products Journal*, 67 (3-4), 205-218.
- [7] Lenglet, J., Courtonne, J. Y., & Cauria, S. (2017). Material flow analysis of the forest-wood supply chain: A consequential approach for log export policies in France. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1296-1305.
- [8] Marques, A., Cunha, J., De Meyer, A., & Navare, K. (2020). Contribution Towards a Comprehensive Methodology for Wood-Based Biomass Material Flow Analysis in a Circular Economy Setting. *Forests*, 11(1), 106.
- [9] Gouvernement du Québec. (2018). Les produits forestiers, une richesse à cultiver — Stratégie de développement de l'industrie Québécoise des produits forestiers 2018-2023. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Strategie-industrie-foret-2018-2023.pdf>
- [10] Ressources et industries forestières du Québec, portrait statistique 2019, MFFP, décembre 2020.
- [11] MFFP. (2020). Chiffres-clés du Québec forestier — Édition 2020. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/chiffres-cles.pdf>
- [12] MFFP. (2021). Inventaire mensuel de copeaux SEPM au Québec — Février 2021. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Inventaire-copeaux.pdf>
- [13] MFFP. (2016). Production et utilisation des sous-produits générés par les entreprises de deuxième transformation du bois du Québec en 2015. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/sous-produit-bois-2015.pdf>
- [14] MFFP. (2018). Industrie des panneaux composites à base de bois : Produits et potentiel de marché en Amérique du Nord. Repéré à [https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/Industrie\\_panneaux.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/Industrie_panneaux.pdf)
- [15] Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MNRNF). (2009). Vers la valorisation de la biomasse forestière : Un plan d'action. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/plan-action-biomasse.pdf>
- [16] Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF). (s.d.). Base de données nationale sur les forêts — Approvisionnement en bois. Repéré à <http://nfdp.ccfm.org/fr/data/woodsupply.php>

- [17] CCMF. (s.d.). Base de données nationale sur les forêts — Récolte. Repéré à <http://nfdp.ccfm.org/fr/data/harvest.php>
- [18] Ressources naturelle Canada (NRCan). (s.d.). Service canadien des forêts — Données statistiques. Repéré à <https://scf.rncan.gc.ca/profilstats/foret/QC>
- [19] Statistique Canada. (s.d.). Base de données sur le commerce international canadien de marchandises — Tableau 980-0047.
- [20] MFFP. (2020). Compilation des données issues des registres forestiers 2019. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/registres-forestiers.pdf>
- [21] Recyc-Québec. (2020). Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-complet.pdf>
- [22] Fédération des producteurs forestiers du Québec (FPFQ). (2021). La forêt privée chiffrée. Repéré à <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/plan-action-biomasse.pdf>
- [23] Hydro-Québec. (2021). Filière d'énergie renouvelable : L'énergie de la biomasse. Repéré à <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/fiche-biomasse.pdf>
- [24] Kostiuk, Alan P. et Pfaff, F. (1997). Conversion factors for the forest products industry in eastern Canada.
- [25] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2010). Forest product conversion factors for the UNECE region. Repéré à <http://www.fao.org/3/ca7952en/CA7952EN.pdf>
- [26] Office Québécoise de la langue française (OQLF). (2016). Fiche terminologique — Possibilité de coupe. Repéré à [http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=17494292](http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=17494292)
- [27] *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, L.R.Q., c. A -18,1.
- [28] *Règlement sur l'aménagement durable des forêts du domaine de l'État*, A-18.1, r. 0,01.
- [29] Appita. (2015). Technology of pulping and paper making. *Australia & New Zealand Pulp & Paper Industry Guide 2015*. Repéré à [https://appita.com/images/training/Glossary\\_papermaking\\_terms\\_used.pdf](https://appita.com/images/training/Glossary_papermaking_terms_used.pdf)
- [30] NRCan. (2020). AshNet. Repéré à [https://www.rncan.gc.ca/science-donnees/centres-de-recherche-laboratoires/centres-de-recherche-forestiere/centre-de-foresterie-des-grands-lacs/ashnet/20280?\\_ga=2.89294237.704549191.1625582650-1798525004.1606855896](https://www.rncan.gc.ca/science-donnees/centres-de-recherche-laboratoires/centres-de-recherche-forestiere/centre-de-foresterie-des-grands-lacs/ashnet/20280?_ga=2.89294237.704549191.1625582650-1798525004.1606855896)
- [31] Achim, A. (2021). *Bioenergy as a solution to improve forest management*. Communication virtuelle présentée au séminaire du Laboratoire des technologies de la biomasse, Laval, Québec, Canada. Repéré à <https://www.youtube.com/watch?v=NEYTWaYHIZA>
- [32] MFFP. (2021). L'économie circulaire : l'exemple du secteur forestier Québécois. Repéré à <https://www.lesoleil.com/la-vitrine/la-foret-dici-plus-verte-que-jamais/leconomie-circulaire-lexemple-du-secteur-forestier-quebecois-b5119dafc51cb579389365bf9215c954>
- [33] Innofibre. (s.d.). Écoproduits de pâtes cellulosiques thermoformées. Repéré à <https://innofibre.ca/services/ecoproduits-de-pates-cellulosiques-thermoformees/>
- [34] Dulac, S. (2017). Ce qu'il est important de savoir sur le chauffage au bois!. Repéré à <https://www.spbestrie.qc.ca/wp-content/uploads/2014/09/INFO-BOIS-DE-CHAUFFAGE2.pdf>

- [35] Circle Economy (2021). RAPPORT SUR L'INDICE DE CIRCULARITÉ DE L'ÉCONOMIE — Québec. Repéré à [www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/rapport-indice-circularite-fr.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/rapport-indice-circularite-fr.pdf)
- [36] MELCC. (2020). Politique-cadre d'électrification et de lutte contre les changements climatiques. Repéré à <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf?1605549736>
- [37] Nature Action. (2017). Guide pratique de gestion du bois post-consommation — Faire flèche de tout bois. Repéré à <https://naturequebec.org/projets/faire-fleche-de-tout-bois>
- [38] 3 R MCDQ. (2020). Guide de meilleures pratiques — Bois de CRD en centre de tri. Repéré à [www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/guide-meilleures-pratiques-bois-CRD-centre-de-tri.pdf](http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/guide-meilleures-pratiques-bois-CRD-centre-de-tri.pdf)

## ANNEXE I

### Facteurs de conversion

Matières <sup>1</sup>	Facteur de conversion	Note
<b>Bois rond</b>	444 kg/m <sup>3</sup>	Calculé en fonction de la proportion de résineux (78 %) et de feuillus (22 %) récoltés et de leur densité respective de 420 kg/m <sup>3</sup> (moyenne internationale) et de 527 kg/m <sup>3</sup> (É-U). Base sèche, sans écorce
<b>Bois de chauffage</b>	563 kg/m <sup>3</sup>	Base sèche
<b>Papier, carton et pâte</b>	0,9 tma/tm	On suppose un taux d'humidité de 10 % pour ces matières
<b>Bois de déconstruction (CRD)</b>	420 kg/m <sup>3</sup>	On suppose la même densité que le bois d'œuvre résineux
<b>Particules de bois (ex. : copeaux)</b>	444 kg/m <sup>3</sup>	On assume que les particules de bois ont la même densité que le bois rond
<b>Panneaux agglomérés</b>	637 kg/m <sup>3</sup>	Pour un mélange de panneaux OSB, de grandes particules et sans OSB. Moyenne calculée en fonction d'une densité de 661 kg/m <sup>3</sup> pour les panneaux sans OSB et de 613 kg/m <sup>3</sup> pour les autres
<b>Contreplaqués</b>	614 kg/m <sup>3</sup>	Pour un mélange de contreplaqués résineux et non résineux. Moyenne calculée en fonction d'une densité de 584 kg/m <sup>3</sup> pour les contreplaqués résineux et de 643 kg/m <sup>3</sup> pour les non résineux
<b>Placage — Résineux</b>	9,64 kg/m <sup>2</sup>	Pour une épaisseur de plaque de 0,0165 m et une densité de 584 kg/m <sup>3</sup>
<b>Autres produits forestiers</b>	444 kg/m <sup>3</sup>	On assume que les autres produits forestiers ont la même densité que le bois rond

1 : Les matières incluses à l'analyse, mais qui sont absentes de ce tableau étaient disponibles sous les bonnes unités dans les sources d'information consultées et n'ont donc pas nécessité de conversion.

## ANNEXE II

### Étapes, processus, biens et flux

Processus	Flux entrants	Flux sortants
<b>Gestion forestière</b>		
Mobilisation	Possibilité forestière	Volume récolté
		Volume non récolté
Abattage et récolte	Volume récolté	Bois rond
		Résidus de coupe
<b>Transformation</b>		
Sciage	Bois rond	Bois d'œuvre
	Écorces	Copeaux
		Sciures et rabotures
		Écorces
Pâtes et papiers (P&P)	Bois rond	Papier journal
	Copeaux	Autres papiers
	Sciures et rabotures	Pâtes
	Cartons recyclés	Carton
	Papiers recyclés	
	Pâtes	
	Résidus de bois	
	Écorces	
Cogénération et produits énergétiques	Copeaux	Énergie électrique
	Sciures et rabotures	Énergie thermique
	Écorces	Granules énergétiques et charbon de bois
	Bois CRD	Bûches de fibre de bois densifiée
	Résidus de bois	Cendres
Placages et contreplaqués et panneaux agglomérés	Bois ronds	Panneaux de particules
	Copeaux	Placages et contreplaqués
	Résidus de bois	Panneaux OSB
	Sciures et rabotures	Panneaux de fibres (MDF)

<b>Consommation</b>		
Consommation résidentielle et ICI	Papier journal	Papier et carton
	Autres papiers	Fibres post-consommation
	Cartons	Bois CRD
	Bardeaux	Dormants de chemin de fer
	Paillis horticoles	Cendres
	Bois de chauffage	
	Granules énergétiques et charbon de bois	
	Bûches de fibre de bois densifiée	
	Cendres	
	Bois d'œuvre	
	Écorces	
	Panneaux de particules	
	Placages et contreplaqués	
	Panneaux OSB	
	Panneaux de fibres (MDF)	
Énergie thermique		
Énergie électrique		
<b>Frontière système</b>		
Imports/Exports	Copeaux	Copeaux
	Sciures et rabotures	Écorces
	Écorces	Bois ronds
	Bois ronds	Autres papiers et cartons
	Bois à pâte	Papier journal
	Papier journal	Pâtes
	Autres papiers et cartons	Contreplaqués
	Pâtes	Placages
	Bois d'œuvre	Fibres post-consommation
	Panneaux de particules	Bois d'œuvre
	Placages et contreplaqués	Sciures et rabotures
	Panneaux OSB	Panneaux de particules
	Panneaux de fibres (MDF)	Placages et contreplaqués
		Panneaux OSB

## ANNEXE III

### Sources d'imprécision et d'incertitude sur les données de Synergie Québec

Toute tentative de caractérisation basée sur une des collectes de données externes comprend des sources d'impression et d'incertitude. À défaut de pouvoir quantifier précisément cette marge d'erreur, il importe de définir les sources d'imprécision afin de mieux interpréter les résultats.

#### **Taux de réponse**

Toutes les parties du questionnaire de collecte de données du logiciel de Synergie Québec n'ont pas nécessairement obtenu le même taux de réponse. La recherche de « points chauds » et d'enjeux d'approvisionnement et de gestion des matières résiduelles est souvent privilégiée à l'exhaustivité des flux de matières dans les entreprises. Le taux de réponse varie aussi d'une région à une autre selon les ressources investies dans la collecte de données.

#### **Représentativité des secteurs d'activité et des matières par secteur**

Dans tous les cas, la faible taille de l'échantillon et les réponses souvent partielles des répondants ne permettent pas d'obtenir un éventail varié de matières résiduelles générées.

#### **Quantité de matières (intrants et extrants)**

Les indicateurs exprimant la quantité de matières en offre et en demande ne sont pas présentés dans le présent rapport afin de conserver la confidentialité des entreprises répondantes. Bien qu'elles ne soient pas expressément nommées, l'expression régionale des données peut identifier indirectement les entreprises. L'extrapolation des données sur les quantités de matières ne peut d'ailleurs pas être réalisée étant donné la nature peu représentative de l'échantillon.

#### **Interprétation et données du CRIQ**

La base de données du CRIQ n'est pas exhaustive et ne regroupe donc pas l'ensemble des emplois d'une région. Pour l'ICRIQ, il est possible que les emplois soient imputés à la région administrative du siège social plutôt que de la succursale d'une entreprise. Dans la base de données de Synergie Québec, il est possible qu'une symbiose documente des entreprises situées à l'extérieur de son territoire. Pour ces raisons, il est donc normal que le ratio entre les emplois dans la base de données de Synergie Québec et ceux de l'ICRIQ excède 100 %.

## ANNEXE IV

### Données de Synergie Québec

#### Gisements d'Offres (extrants) — Catégories et sous-catégories de Bois

Dans chacun des secteurs SCIAN visés, les catégories qui comptent le plus d'offres sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 15**). Comme le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321, il compte également le plus d'offres répertoriées.

**TABLEAU 15** Offres par catégories de bois par secteur SCIAN (119 offres)

Catégories	SCIAN 113 Foresterie et exploitation forestière	SCIAN 321 Fabrication de produits en bois	SCIAN 322 Fabrication du papier
Autres	3	19	3
Bois contaminé		2	
Bois d'ingénierie	4	21	
Bois franc	2	35	4
Bois mixte		12	
Résidus de foresterie	5	8	1
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>97</b>	<b>8</b>

Les secteurs autres que 113, 321 et 322 représentent 339 offres dans la base de données de Synergie Québec, dont les plus importantes (en nombre) sont présentées au **Tableau 16**.

**TABLEAU 16** Offres par catégories de bois par autres secteurs SCIAN (90 offres sur 339)

Catégories	SCIAN 332 Fabrication de produits métalliques	SCIAN 337 Fabrication de meubles et de produits connexes	SCIAN 562 Services de gestion des déchets et d'assainissement
Autres	6	11	4
Bois contaminé		1	1
Bois d'ingénierie	3	15	3
Bois franc	8	18	
Bois mixte		5	12
Résidus de foresterie			3
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>50</b>	<b>23</b>

#### Gisements d'Offres (extrants) — Sous-catégories

Dans chacun des secteurs SCIAN, les catégories qui comptent le plus d'offres sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 17**). Comme le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321, il compte également le plus d'offres répertoriées.

**TABLEAU 17** Offres par sous-catégories de bois par secteur SCIAN (119 offres)

Catégories	SCIAN 113 Foresterie et exploitation forestière	SCIAN 321 Fabrication de produits en bois	SCIAN 322 Fabrication du papier
Autres	6	29	4
Bois contaminé (qualité B/2)		1	
Bois contaminé (qualité C/3)		1	
Bois mixte		12	
Copeaux de bois	1	2	
Copeaux de bois franc		6	2
Écorce	2	3	
Poussière et sciure de bois franc	1	13	
Poussière, copeau et sciure de bois d'ingénierie	1	4	
Retaille de bois	2	11	
Retaille de bois franc	1	15	2
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>97</b>	<b>8</b>

Les secteurs autres que 113, 321 et 322 représentent 339 offres, dont les plus importantes (en nombre) sont présentées au **TABLEAU 18**. Ces données doivent également être considérées : elles témoignent de la présence de bois dans les matières résiduelles d'autres secteurs. Il est également possible que les animateurs ayant collecté l'information n'aient pas attribué le code SCIAN correct.

**TABLEAU 18** Offres par sous-catégories de bois par autres secteurs SCIAN (90 offres sur 339)

Catégories	SCIAN 332 Fabrication de produits métalliques	SCIAN 337 Fabrication de meubles et de produits connexes	SCIAN 562 Services de gestion des déchets et d'assainissement
Autres	8	12	7
Bois contaminé (qualité B/2)		1	1
Bois contaminé (qualité C/3)			
Bois mixte		5	12
Copeaux de bois		1	1
Copeaux de bois franc		3	
Écorce			
Poussière et sciure de bois franc		8	
Poussière, copeau et sciure de bois d'ingénierie		5	
Retaille de bois	3	9	2
Retaille de bois franc	6	6	
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>50</b>	<b>23</b>

## Demandes (intrants) — Catégories et sous-catégories de Bois

Dans chacun des secteurs SCIAN visés, les catégories qui comptent le plus de demandes sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 19**). Comme le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321, il compte également le plus de demandes répertoriées.

**TABLEAU 19** Demandes par catégories de bois par secteur SCIAN (60 demandes)

Catégories	SCIAN 113 Foresterie et exploitation forestière	SCIAN 321 Fabrication de produits en bois	SCIAN 322 Fabrication du papier
Autres	4	23	1
Bois contaminé		1	
Bois d'ingénierie	1	5	1
Bois franc	1	12	
Bois mixte	1	5	2
Résidus de foresterie	1	2	
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	<b>4</b>

Les secteurs autres que 113, 321 et 322 représentent 67 demandes, dont les plus importantes (en nombre) sont présentées au **TABLEAU 20**. Ces données doivent également être considérées : elles témoignent de la présence de bois dans les matières résiduelles d'autres secteurs. Il est également possible que les animateurs ayant collecté l'information n'aient pas attribué le code SCIAN correct.

**TABLEAU 20** Demandes par catégories de bois par autres secteurs SCIAN (67 demandes)

Catégories	SCIAN 111 Cultures agricoles	SCIAN 337 Fabrication de meubles et de produits connexes	SCIAN 562 Services de gestion des déchets et d'assainissement	SCIAN 710 Arts, spectacles et loisirs
Autres	1	6	6	3
Bois contaminé				
Bois d'ingénierie	4	5	3	3
Bois franc	8		3	3
Bois mixte	7		4	2
Résidus de foresterie	5	2		2
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>13</b>

### **Gisements de Demandes (intrants) — Sous-catégories**

Dans chacun des secteurs SCIAN, les catégories qui comptent le plus de demandes sont indiquées par des cellules orange (**TABLEAU 21**). Comme le nombre de répondants est très largement supérieur dans le secteur 321, il compte également le plus d'offres répertoriées.

**TABLEAU 21** Demandes par sous-catégories de bois et par secteur SCIAN (60 demandes)

Catégories	SCIAN 113 Foresterie et exploitation forestière	SCIAN 321 Fabrication de produits en bois	SCIAN 322 Fabrication du papier
Autres	6	28	1
Bois contaminé (qualité B/2)			
Bois contaminé (qualité C/3)		1	
Bois mixte	1	5	2
Copeaux de bois		1	1
Copeaux de bois franc		1	
Écorce		1	
Poussière et sciure de bois franc			
Poussière, copeau et sciure de bois d'ingénierie			
Retaille de bois	1	4	
Retaille de bois franc		7	
<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	<b>4</b>

Les secteurs autres que 113, 321 et 322 représentent 191 demandes, dont les plus importantes (en nombre) sont présentées au **TABLEAU 22**.

**TABLEAU 22** Demandes par sous-catégories de bois et par autres secteurs SCIAN (42 demandes)

Catégories	SCIAN 337 Fabrication de meubles et de produits connexes	SCIAN 562 Services de gestion des déchets et d'assainissement	SCIAN 710 Arts, spectacles et loisirs
Autres	12	6	5
Bois contaminé (qualité B/2)			
Bois contaminé (qualité C/3)			
Bois mixte		4	2
Copeaux de bois			1
Copeaux de bois franc		1	1
Écorce			
Poussière et sciure de bois franc		1	1
Poussière, copeau et sciure de bois d'ingénierie		1	1
Retaille de bois	1	2	1
Retaille de bois franc		1	1
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>13</b>

## ANNEXE V

### Débouchés émergents pour la mise en valeur des sous-produits du secteur forestier

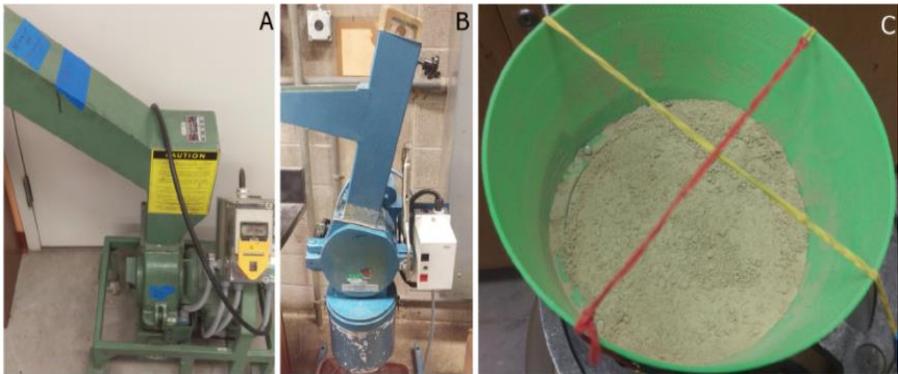
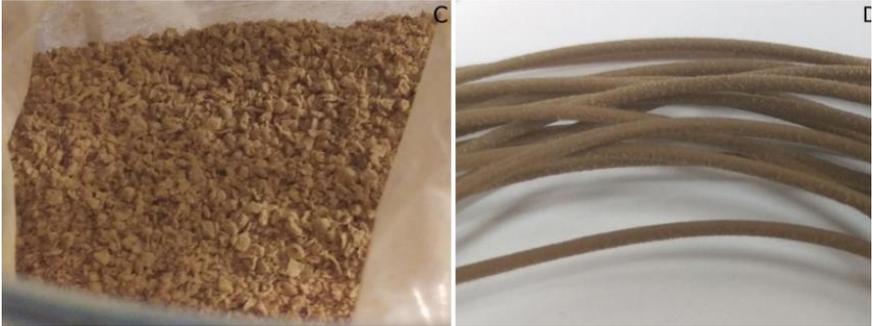
#### La hiérarchie des 3RV-E

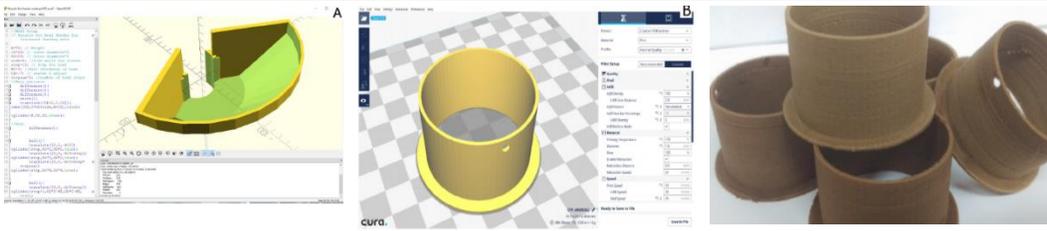
Selon la *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles*, les 3RV-E sont la hiérarchie des actions à privilégier pour une saine gestion des matières résiduelles soit la Réduction à la source, le Réemploi, le Recyclage-compostage et la valorisation. L'Élimination des matières constitue le dernier recours.

Les fiches suivantes utilisent cette typologie.

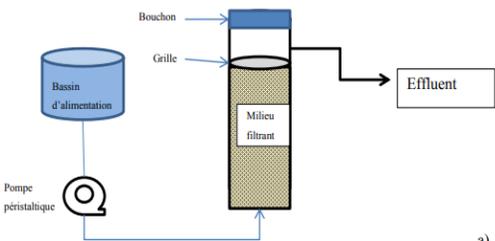
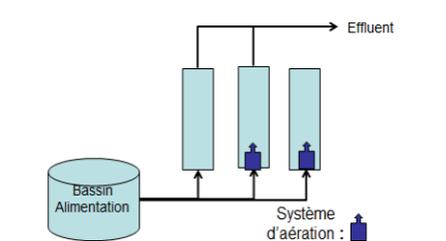
#### Hiérarchie de 3RV-E

MODES DE GESTION	DÉFINITION
<b>Réduction à la source</b>	Action permettant de prévenir ou de réduire la génération de résidus lors de la conception, de la fabrication, de la distribution et de l'utilisation d'un produit.
<b>Réemploi</b>	Utilisation répétée d'un produit ou d'un emballage, sans modification importante de son apparence ou de ses propriétés
<b>Recyclage-compostage</b>	Série d'opérations menant à la réintroduction d'une matière résiduelle dans un processus de fabrication ou de transformation menant à un produit de même nature, y compris la réintroduction des matières organiques putrescibles dans le cycle biologique.
<b>Valorisation matière</b>	Utilisation d'une matière résiduelle en remplacement d'une autre matière pour en faire un produit différent du produit initial.
<b>Valorisation énergétique</b>	Utilisation des matières qui ne peuvent être réemployées, recyclées ou valorisées (valorisation matière), mais qui ont suffisamment de potentiel calorifique pour produire de l'énergie utile (chaleur, vapeur ou électricité), sous réserve du respect des critères établis.

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
<b>Mise en contexte</b>	L'Université technologique de Michigan (Département de science et d'ingénierie des matériaux, École des ressources forestières et des sciences de l'environnement, Département de génie électrique et informatique) a développé une technologie pour valoriser les résidus de bois de l'industrie de l'ameublement en produisant un composite ( <i>wood polymer composite</i> , WPC).
<b>Présentation</b>	La présente technologie vise à utiliser les résidus de meubles en bois comme matière première pour fabriquer du filament WPC. Le procédé utilise le broyage et le fraisage de deux matières résiduelles : des panneaux de fibres de bois MDF ( <i>medium-density fiberboard</i> ) et de particules de papier imprégné de résines phénoliques. Le filament WPC est utilisé par la suite dans l'impression 3D, pour, par exemple, produire une grande diversité de pièces et de composants pour l'industrie du meuble.
<b>Procédé</b>	Quatre étapes sont nécessaires pour la production de WPC à partir des résidus de bois ainsi que de la sciure de bois (taille $\leq 1$ mm).
<b>Étape 1</b>	 <p>Réduction et mise à l'échelle à l'aide d'un déchiqueteur de bois. La taille des particules à atteindre est de 80 microns.</p>
<b>Étape 2</b>	 <p>Mélange de la poudre de bois obtenue à l'étape dans 1 avec le polymère (acide polylactique <math>[C_3H_4O_2]_n</math>).</p>
<b>Étape 3</b>	 <p>Extrusion du mélange en filament de densité et d'épaisseur homogènes pour lui donner des propriétés uniformes.</p>

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
<b>Étape 4</b>	 <p>Chargement de l'imprimante 3D avec le filament et impression. L'objet à fabriquer doit être préalablement modélisé dans un logiciel de modélisation 3D, importé dans un logiciel de découpage, puis téléchargé dans le logiciel de l'imprimante 3D.</p>
ASPECTS TECHNIQUES	
<b>Dimensions d'impression</b>	Hauteur de la couche : 0,15 mm Épaisseur de la couche : 1 mm Épaisseur supérieure/intérieure : 1 mm
<b>Densité de remplissage</b>	33 %
<b>Température d'impression</b>	185 °C
<b>Diamètre du filament</b>	1,65 mm
<b>Vitesse d'impression</b>	62,5 mm/s
<b>Vitesse de déplacement</b>	100 mm/s
AVANTAGES ET LIMITES	
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Être implantée dans n'importe quelle industrie de manière simple ;</li> <li>Ne pas avoir de contraintes environnementales particulières ;</li> <li>Avoir une flexibilité de production : L'impression 3D permet de produire différents objets en modifiant la géométrie, les dimensions, etc.</li> </ul>
<b>Limites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu de maturité technologique : La méthode a été développée en laboratoire. Plusieurs paramètres sont à contrôler (p. ex. température d'impression, vitesse d'impression, modélisation 3D) ;</li> <li>Le mélange de matières peut affecter la recyclabilité des produits en fin de vie s'ils ne peuvent réintroduire des procédés compatibles. La séparation par recyclage chimique semble peu envisageable ;</li> <li>Qualité de filament : Le filament WPC est moins homogène que le filament « neuf ou pur ». Des problèmes de colmatage pendant l'impression ont été observés. Cela a un impact sur la diversité et le type de pièces qui peuvent être produites. Pour éviter le sous-cyclage, de la recherche et du développement sont nécessaires pour améliorer cet aspect.</li> </ul>
DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL	
<b>Technologie brevetée</b>	s.o.
<b>Coûts</b>	Le marché de vente de meubles à base de bois WPC devrait être évalué.
RÉFÉRENCES	
<a href="#">Adam Pringle, Mark Rudnicki, Joshua M Pearce, Forest Products Journal 68 – November 2017</a> <a href="mailto:pearce@mtu.edu">pearce@mtu.edu</a>	

# Système et méthode de traitement des eaux usées | VALORISATION MATIÈRE utilisant la capture passive de phosphore

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
<b>Présentation</b>	<p>Le procédé concerne le domaine du traitement des eaux usées et plus particulièrement les systèmes et méthodes de traitement effectuant la déphosphatation des eaux usées. La méthode brevetée consiste à installer, dans les dispositifs de rejet des eaux, un filtre garni de <b>particules de bois</b> activé par l'imprégnation d'un métal sous forme d'hydroxyde. Ce filtre possède une grande longévité et peut être valorisé en fin de vie utile entre autres par le compostage.</p> <p>Ce procédé innovant facilite la conformité des eaux usées traitées aux normes environnementales. Il peut être combiné avantageusement à des technologies de traitement secondaire pour des rejets en milieux sensibles tels ceux en amont des lacs. Cette innovation contribue à donner accès aux municipalités et à l'industrie à des procédés de traitement des eaux usées simples, performants, accessibles et économiquement viables.</p>
<b>Procédé</b>	<p>Le centre de recherche industriel du Québec (CRIQ) a développé cette technologie passive de capture du phosphore des eaux usées municipales afin de compléter le traitement effectué par un procédé de biofiltration Biosor<sup>MD</sup>.</p> <p>Considérant la présence de copeaux de bois dans le biofiltre Biosor<sup>MD</sup> et le faible coût du matériel sur le territoire, l'utilisation d'un média activée à base des broyures de bois a été favorisée par rapport à d'autres médias de captation.</p> <p>Les broyures activées sont recouvertes d'hydroxyde de fer pour augmenter leur affinité chimique avec le phosphore. Une technique d'activation des broyures a été développée et optimisée par Thibault (2012). Celle-ci consiste à mélanger les broyures dans une solution de chlorure ferrique puis à l'exposer à du NH<sub>3</sub> gazeux pour former des oxydes de fer en surface des broyures.</p>
<b>Technique d'activation</b>	<p>Critères optimaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser une solution de chlorure ferrique à 1,5 mole/l (240 g FeCl<sub>3</sub>/l) ;</li> <li>• Utiliser un temps d'imprégnation de 1 heure ;</li> <li>• Utiliser un ratio massique liquide d'imprégnation/broyures de 0,6 : 1 ;</li> <li>• Ne pas prétraiter à la carboxyméthylcellulose (CMC ou carmellose, un gel synthétique très hygroscopique)</li> </ul>
<b>Photos et schémas</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a) Schéma de fonctionnement d'une colonne</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b) Schéma global de fonctionnement</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>Montage de l'essai sur les conditions d'aération</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE											
	Résidus dans le bassin d'alimentation	Montage des trois colonnes immergées									
<b>Performance</b>	<p>Plusieurs paramètres peuvent influencer la performance du procédé dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La qualité de l'eau (concentration en azote, sous forme de nitrates [NO<sub>3</sub>], demande chimique en oxygène [DCO] et la quantité de phosphore des solutions testées) ;</li> <li>Le pH de l'effluent ;</li> <li>La température de l'effluent ;</li> <li>La granulométrie des broyures.</li> </ul> <p>Des essais en colonne réunissant les conditions déterminées idéales ont démontré qu'il était possible d'abaisser la concentration en phosphore d'une eau concentrée à 5 mg P<sub>tot</sub>/l à des concentrations inférieures à 0,2 mg/l sur toute la durée du suivi.</p> <p>Il a cependant été mis en évidence que des matières en suspension étaient relarguées des colonnes.</p>	<p><b>Performance globale de déphosphatation</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Total (mg P-PO<sub>4</sub>)</th> <th>Performance (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entrée totale</td> <td>850,2</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Capté par le système</td> <td>808,7</td> <td>95</td> </tr> </tbody> </table>		Total (mg P-PO <sub>4</sub> )	Performance (%)	Entrée totale	850,2	100	Capté par le système	808,7	95
			Total (mg P-PO <sub>4</sub> )	Performance (%)							
Entrée totale	850,2	100									
Capté par le système	808,7	95									
<b>ASPECTS TECHNIQUES</b>											
<b>Dimensions des colonnes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hauteur de garnissage : 25 cm</li> <li>Diamètre nominal : 4 cm</li> </ul>										
<b>Garnissage</b>	<p>Pour un volume de garnissage approximatif de 315 ml, masse de médias :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bran de scie : 75,2 grammes</li> <li>Broyures : 64,3 grammes</li> <li>Planures activées : 24,7 grammes</li> </ul>										
<b>Pompage et conduites d'alimentation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompe Masterflex</li> <li>Conduites de PVC transparent — diamètre nominal de 31,18 mm</li> </ul>										
<b>Bassin d'alimentation</b>	26 litres										
<b>Température de l'eau</b>	4 à 10 °C										
<b>Concentration en phosphore</b>	5 mg/l										
<b>AVANTAGES ET LIMITES</b>											
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implantation aisée : le processus peut être combiné facilement à des technologies de traitement secondaire ;</li> <li>Conformité aux normes de rejet : le processus est performant notamment pour les rejets en milieux sensibles (normes de rejets sévères), tels ceux en amont des lacs ;</li> <li>Sans contraintes environnementales et recyclabilité : le filtre possède une grande longévité et peut être valorisé en fin de vie utile, entre autres par le compostage (médias naturels).</li> <li></li> </ul>										
<b>Limites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maturité technologique : les résultats ont été obtenus dans une étude de type laboratoire où la majorité des paramètres sont constants et où la solution est synthétique. Les variations de température, de débit et de concentration en phosphore pourraient avoir des impacts majeurs sur le procédé et sur le potentiel de déphosphatation ;</li> <li>Coûts de fabrication du bois actif : l'étude technicoéconomique possède plusieurs limites.</li> </ul>										
<b>DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL</b>											
<b>Technologie brevetée</b>	<p><b>Thibault, 2012</b> Brevet canadien # CA2, 889, 513C</p>										

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE			
<b>Coûts estimés</b>	Une étude technicoéconomique a démontré que l'utilisation de sous-produits du bois activés pour la déphosphatation des eaux usées avait du potentiel quand elle est comparée aux technologies conventionnelles.	<b>Coûts estimés</b>	
		Frais	Coûts annuels (\$)
		Frais d'acquisition de l'équipement	26 000
		Frais reliés aux ressources humaines	100 000
		<b>Total</b>	<b>126 000</b>
RÉFÉRENCES			
<p><a href="#">CRIQ – Mémoire de maîtrise — Thomas Thibault, 2012</a>  <a href="#">CRIQ — Mémoire de maîtrise — Gabriel Roy-Dumensil, 2017</a>            Carole Roch, conseillère en communication            CRIQ            514 383-3254            carole.roch@criq.qc.ca  <a href="#">CRIQ</a></p>			

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
<b>Présentation</b>	<p>L'<b>écorce</b> est la partie de l'arbre où se retrouve une grande quantité de métabolites spécialisés et molécules d'intérêt dont certains ont une activité biologique et assurent une protection contre les pathogènes, les insectes et le rayonnement du soleil.</p> <p>La composition des écorces est complexe. Pour exploiter le potentiel de cette biomasse, les molécules actives doivent être isolées. Le centre de transfert de technologie Innofibre, le Centre d'innovation des produits celluloseux, a développé plusieurs méthodes d'extraction. Celles-ci permettent d'obtenir différents mélanges de métabolites spécialisés qui composent un extrait, et ce, pour plusieurs espèces.</p>
<b>Procédé</b>	<p>Une méthode de tamisage et de broyage permettant d'assurer la qualité de la matière première utilisée pour l'extraction a été développée. L'utilisation de lessiveurs papetiers a permis de développer une méthode d'extraction surcritique efficace où l'augmentation de la température et de la pression accroît les rendements d'extraction tout en revalorisant un équipement disponible dans l'industrie papetière. Un réacteur haute pression de 100 litres a été installé dans une salle anti-déflagration pour pouvoir effectuer des extractions de plus gros volume et avec une plus large variété de solvants.</p> <p>La nouvelle méthode d'extraction a permis de concentrer les proanthocyanidines dans les extraits d'écorce d'épinette noire. L'efficacité de cet extrait permet d'atteindre les normes de Santé Canada en matière de désinfectants de surface. Des travaux de caractérisation chimique, réalisés en collaboration avec des centres de recherche spécialisés dans ce domaine, ont permis d'identifier les composés susceptibles d'être à l'origine de l'activité biologique. Des essais sur ces molécules isolées ont montré qu'elles étaient toutes antimicrobiennes, mais pas autant que l'extrait lui-même. Il existe donc un effet synergique entre les composés de l'extrait. Des travaux sont encore en cours afin d'étudier les interactions positives entre les molécules de ce mélange complexe.</p>
<b>Photos et schémas</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>Réacteur Solinox haute pression de 100 litres</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>Extrait d'écorce d'épinette noire</b></p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p><b>Extraits de peuplier faux-tremble, bouleau blanc et épinette noire</b></p> </div>
AVANTAGES ET LIMITES	
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domaines d'application variés et forte demande du marché : Les extraits d'écorces possédant une activité antioxydante sont très sollicités comme additifs alimentaires pour la santé humaine et animale ou encore comme ingrédients actifs dans les cosmétiques pour protéger la peau.</li> <li>• Impact environnemental positif : Les produits antimicrobiens sont également utilisés dans les cultures pour protéger les plants contre les maladies. Certaines molécules des écorces pourraient apporter une solution plus naturelle pour remplacer les pesticides chimiques de synthèse.</li> </ul>
<b>Limites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet pilote en voie de développement. Peu de maturité technologique ou de littérature.</li> </ul>

## DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL

**Technologie  
brevetée**

s.o.

## RÉFÉRENCES

Annabelle St-Pierre, chercheuse — Centre d'innovation des produits cellulosiques — Innofibre  
819 376-5075  
Innofibre@cegeptr.qc.ca  
[innofibre.ca](http://innofibre.ca)

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
<b>Présentation</b>	<p>La technologie CarbonFX utilise de la <b>sciure et d'écorces provenant de sapins, d'épinettes et d'érable pour produire du biocharbon par torréfaction du bois</b>. Le produit est livré et utilisé partout au Canada pour différents usages (p. ex. agriculture biologique, horticulture commerciale, jardinage). Elle permet de produire une variété de produits de biocarbone à valeur ajoutée à l'échelle industrielle.</p> <p>La technologie brevetée CarbonFX est développée par Airex Énergie. Elle permet de convertir tout type de biomasse en biocharbon, un combustible alternatif renouvelable pouvant remplacer le charbon traditionnel (p. ex. centrales électriques, cimenteries).</p> <p>Le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec sont partenaires financiers dans les activités d'Airex Énergie. Cycle Capital Management et Desjardins Innovatech sont des investisseurs en capital de risque.</p>
<b>Procédé</b>	<p>La torréfaction, un procédé de pyrolyse modérée, est un traitement thermique de la biomasse réalisé entre 250 °C et 320 °C avec peu ou pas d'oxygène.</p> <p>La torréfaction a pour objectif d'enlever l'humidité et les composés organiques volatils (COV) de la biomasse brute. Elle la transforme ainsi en matériel noirci, solide et hydrophobe (résistant à l'eau).</p> <p>Le produit fini est une biomasse torréfiée ou de biocharbon (sous forme de granules torréfiés ou de morceaux). La masse du produit fini s'élève habituellement à environ 70 % de celle de la matière brute, alors que sa teneur en énergie est égale à 90 % de celle de la matière avant torréfaction.</p> <p>Le contrôle précis de la température du réacteur et du temps de séjour permet de créer des produits de meilleure qualité, plus uniformes et plus homogènes.</p>
<b>Photos et schémas</b>	<p style="text-align: center;"><b>Le processus de torréfaction CarbonFX</b></p> <p><b>BIOMASSE</b> 50% HR</p> <p><b>GRANULES TORRÉFIÉES</b></p> <p><b>MASSE</b> 1 TMV</p> <p><b>MASSE</b> 0.35 TMA</p> <p><b>DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE</b> 9,5 GJ/tonne 4 GJ/m<sup>3</sup></p> <p><b>DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE</b> 21 GJ/tonne 15 GJ/m<sup>3</sup></p>

## ASPECTS TECHNIQUES

<b>Aspects techniques</b>	<p><b>Préséchage</b> : La biomasse, d'une taille comparable à celle de la sciure, est introduite dans l'unité. Elle est préséchée dans un circuit aéraulique en utilisant la chaleur résiduelle du processus de combustion. Le taux d'humidité de la biomasse est ainsi réduit passant de 50 % à 25 %.</p> <p><b>Conditionnement</b> : La chambre de conditionnement possède quatre vis sans fin et une double paroi. Les gaz de combustion circulent à l'intérieur de la double paroi et réchauffent la biomasse par contact indirect. L'humidité de la biomasse se transforme en vapeur, et la biomasse est conditionnée dans une atmosphère de vapeur saturée. Ensuite, les gaz de combustion chauds entraînent la biomasse de la chambre de combustion vers le réacteur de torréfaction.</p> <p><b>Réacteur de torréfaction</b> : La biomasse est introduite dans la partie supérieure du réacteur et descend en spirale le long d'un lit cyclonique. Elle termine sa course à la base du réacteur c'est-à-dire l'anneau de sustentation. Celui-ci garde la biomasse en suspension dans le réacteur grâce à l'équilibre entre la force centrifuge de l'effet cyclonique, la force gravitationnelle de la biomasse et la poussée de l'anneau de sustentation. Le temps de séjour de la biomasse dans le réacteur est d'environ deux à trois secondes.</p> <p style="text-align: center;"><b>Autres aspects techniques du CarbonFX</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Rendement matière</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>Taux de carbone</td> <td>&gt; 60 %</td> </tr> <tr> <td>Température des réacteurs</td> <td>1 000 °F</td> </tr> <tr> <td>Productivité</td> <td>0,5 t/h</td> </tr> </table>	Rendement matière	25 %	Taux de carbone	> 60 %	Température des réacteurs	1 000 °F	Productivité	0,5 t/h
Rendement matière	25 %								
Taux de carbone	> 60 %								
Température des réacteurs	1 000 °F								
Productivité	0,5 t/h								

## AVANTAGES ET LIMITES

<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Transport et assemblage facilités</b> : La conception modulaire permet aux composantes d'être expédiées sur le site par rail ou train dans des conteneurs standard avec l'assemblage final sur site.</li> <li>• <b>Coût compétitif</b> : Le CarbonFX ne nécessite pas de vaisseaux sous pression, de chaudière à biomasse, de séchoir à tambour ou d'échangeur de chaleur à huile thermique. Utilise des intrants (de type sciures) disponibles à faible coût, comparativement aux copeaux de bois. Sans contraintes environnementales particulières.</li> <li>• <b>Vitesse de réaction</b> : Le temps de séjour des particules de biomasse à l'intérieur des réacteurs est de 3 secondes. La durée moyenne est de 30 minutes avec les technologies de torréfaction concurrentes.</li> <li>• <b>Taille de l'équipement réduite</b> par rapport aux équipements comparables sur le marché.</li> <li>• <b>Haute efficacité énergétique</b> : La chaleur résiduelle du procédé est utilisée pour présécher la biomasse dans un système intégré.</li> </ul>
<b>Limites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selon la littérature, malgré les nombreux avantages du biochar, son utilisation peut présenter certains risques pour l'eau, l'air, les sols, la santé ou la biodiversité. À titre d'exemple, lorsque le biochar est utilisé sur des sols naturellement très acides et très oligotrophes ou sur des sols dégradés qui sont devenus des refuges pour les espèces des milieux oligotrophes menacées par l'eutrophisation, le biochar peut être un facteur de recul de biodiversité.</li> <li>• De même, certains projets visant à collecter le petit bois et les rémanents des forêts pour produire du biochar pourraient être contre-productifs et appauvrir la forêt en la privant d'une partie de sa filière et du bois mort qui constituent une source naturelle de carbone issue de la biomasse nécessaire au cycle sylvigénétique.</li> </ul>

## DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL

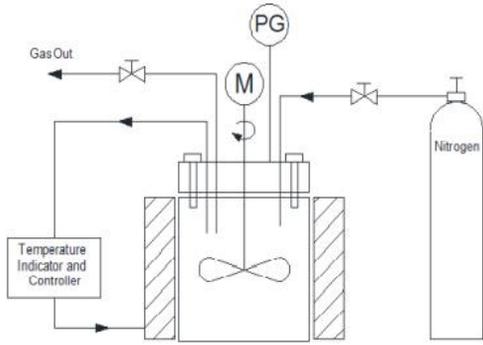
Technologie brevetée	Nom du brevet	Pays	Statut	Date
	Appareil de filtration de récupération d'énergie	États-Unis	Accordé	27 mars 2012
		Canada	Accordé	12 mars 2013
		États-Unis	Accordé	3 novembre 2015
	Méthode et appareil pour la Torréfaction de la biomasse avec un réacteur de lit cyclonique	États-Unis	En attente	Demande soumise le 25 mai 2012
		Canada	En attente	
		Europe	En attente	

**Développement  
technologique**



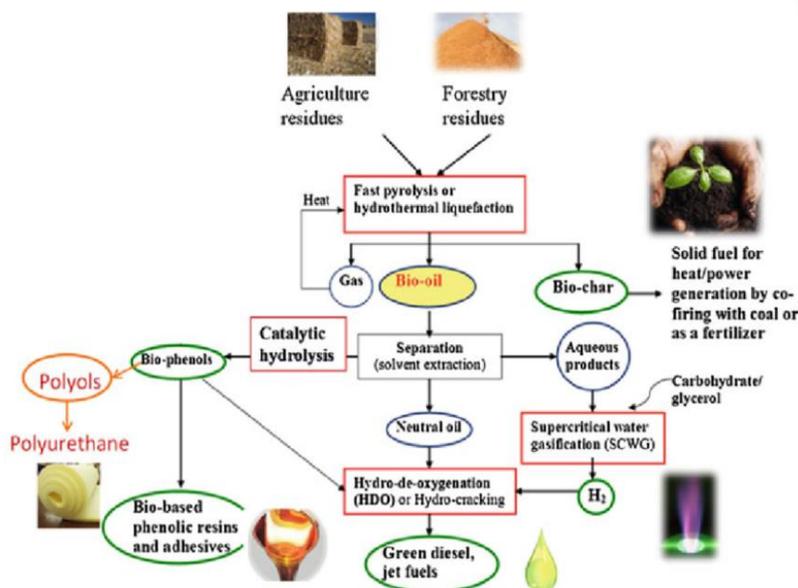
**RÉFÉRENCES**

Sylvain Bertrand, président-directeur général  
AIREX – Energie  
450 661-6498  
sbertrand@airex-energie.com  
airex-energy.com

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
<b>Présentation</b>	<p>La liquéfaction hydrothermale (LHT) est une technique émergente. Elle permet la conversion de la biomasse en biocarburants. Le procédé se déroule à haute pression (5-20 MPa) et haute température (&gt; 400 °C). L'eau est utilisée comme solvant dans des conditions sous-critiques ou quasi-critiques.</p> <p>Dans la LHT, la biomasse peut être convertie en biohuile, biochar ou gaz non condensables. Les caractéristiques et les rendements des produits dépendent fortement des conditions d'exploitation de la LHT comme le type de biomasse, le rapport biomasse/eau, la température, la pression, le temps de séjour et la présence ou l'absence de catalyseurs.</p>
<b>Procédé</b>	<p>Le procédé LHT ci-après présenté a été réalisé dans le cadre d'un programme de doctorat en génie chimique à l'Université Western (Ontario).</p> <p>Le procédé a été appliqué sur un mélange de boue et de sciure de bois local de type bouleau. Les conditions expérimentales (température, temps de rétention, concentration de la matière organique et catalyseur) ont été optimisées en utilisant une méthodologie de conception expérimentale.</p> <p>Différents catalyseurs ont été testés (KOH, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, MgO, hydrotalcite synthétique et colémanite moulue) à 300 °C pour 30 min.</p> <p>La biohuile produite a été caractérisée à l'aide des instruments d'analyse thermique : chromatographie en phase gazeuse — spectrométrie de masse (GC-MS), spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR), chromatographie par perméation de gel (GPC) et analyse thermogravimétrique TGA.</p> <p>Une procédure de séparation est appliquée afin d'extraire la biohuile des autres produits générés par LHT.</p>
<b>Photos et schémas</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"><b>Schéma de réacteur discontinu, Jauge de pression (PG), Mélangeur (M)</b>  <b>Photo de réacteur bicontinu de 100 ml et de 500 ml</b></p> <pre> graph TD     Biomass --&gt; HTL[HTL Process]     HTL --&gt; Gas     HTL -- Solid/Liquid --&gt; Filtration1[Filtration]     Filtration1 --&gt; Filtrate --&gt; WSP[Water-Soluble Products WSP]     Filtration1 --&gt; WaterInsoluble[Water insoluble]     WaterInsoluble --&gt; WashAcetone[Washing with acetone]     WashAcetone --&gt; Filtration2[Filtration]     Filtration2 --&gt; AcetoneSoluble[Acetone soluble] --&gt; Evaporation --&gt; BioOil[Bio-oil]     Filtration2 --&gt; AcetoneInsoluble[Acetone insoluble] --&gt; Drying --&gt; SolidResidue[Solid Residue SR]     </pre>

## DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

### Procédure de séparation des produits générés par LHT



### Arbre des processus de production de biohuile par LHT

#### Performance

- Les catalyseurs (KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> et le colémanite) ont montré les meilleures performances étant donné le rendement en huile et en résidus solides.
- La caractérisation de la biohuile a révélé que la teneur en oxygène est considérablement réduite par rapport à celle de la biomasse d'origine conduisant à une augmentation des valeurs calorifiques.
- Le tableau suivant présente la valeur énergétique de biohuile obtenue par la LHT du bois de bouleau en présence ou non de différents types de catalyseurs :

	Decomposition start temp.(°C)	Decomposition end temp.(°C)	Decomposition peak temp. (°C)	VM <sup>a</sup> (wt%)	Ash <sup>a</sup> (wt%)	FC <sup>a,b</sup> (wt%)
Sawdust	300	881	374	83.45	0.23	16.32
<i>Bio- oils</i>						
Blank	208	873	394	64.66	NG <sup>c</sup>	35.34
HT	222	883	388	65.90	NG	34.10
KOH	212	882	367	59.29	NG	40.71
FeSO <sub>4</sub>	226	885	394	62.26	NG	37.74
HT/KOH	211	882	387	66.03	NG	33.97

## ASPECTS TECHNIQUES

#### Aspects techniques

- Volume du réacteur : 100 ml (Parr 4590 Benchtop, microréacteur de paille)
- Mélange typique : 4 grammes de biomasse, 33 grammes d'eau (10 % du poids de la biomasse solide, compte tenu de l'humidité de la biomasse), 0,2 gramme de catalyseur (5 % du poids de la biomasse)
- Conduites de purge : Purge-vide N<sub>2</sub>
- Température et pression appliquées : 300 °C, 2 MPa
- Pression à l'intérieur du réacteur : 9 MPa

## AVANTAGES ET LIMITES

#### Avantages

- Permettre de produire un carburant carboneutre et renouvelable ;
- Avoir un pouvoir calorifique élevé ;
- Ne pas avoir de contraintes environnementales particulières.

#### Limites

- Peu de maturité technologique : le procédé doit être testé avec un réacteur à flux continu pour augmenter le rendement.

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des calculs de consommation d'énergie plus détaillés ainsi qu'une analyse technico-économique de l'ensemble du processus doivent être conduits avant sa commercialisation.</li> </ul>
DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL	
<b>Technologie brevetée</b>	s.o.
RÉFÉRENCES	
<p>Nazari, Laleh, <i>Hydrothermal Liquefaction of High-Water Content Biomass and Waste Materials for the Production of Biogas and Bio-Crude Oil</i> (2016). Electronic Thesis and Dissertation Repository. 4069  <a href="https://ir.lib.uwo.ca/etd/4069">https://ir.lib.uwo.ca/etd/4069</a>  <a href="https://ir.lib.uwo.ca/etd">https://ir.lib.uwo.ca/etd</a></p>	

**Secteur forestier au Québec – Étude de circularité et débouchés potentiels**  
Mars 2022

**Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada**

Titre: Secteur forestier au Québec : étude de circularité et débouchés potentiels / Michaël Desrochers, Jennifer Pinna; collaboration, Julien Beaulieu, Angela Fahdi, Jean-François Vermette.

Noms: Desrochers, Michaël, auteur. | Pinna, Jennifer, auteur. | Beaulieu, Julien, auteur. | Fahdi, Angela, auteur. | Vermette, Jean-François, auteur.

Identifiants: Canadiana 20220006253 | ISBN 9782982069008 (livre numérique)

Vedettes-matière: RVM: Produits forestiers—Industrie—Aspect de l'environnement—Québec (Province) | RVM: Économie circulaire—Québec (Province) | RVM: Déchets—Gestion intégrée—Québec (Province) | RVM: Foresterie durable—Québec (Province) | RVM: Produits forestiers—Biotechnologie—Québec (Province)

Classification: LCC HD9764.C33 Q4 2022 | CDD 338.1/749809714—dc23

