

RAPPORT FINAL

Assistance TECHNIQUE

Étude de la filière de valorisation
du bois propre de construction,
rénovation et démolition et
opportunités pour le Québec



ctt*éi*

EXPERT EN LA MATIÈRE

Nuno ID

Avec la participation financière de

Consortium de recherche et innovations
en bioprocédés industriels au Québec

Québec 

FICHE DE RENSEIGNEMENTS

N° DU RAPPORT : AT 757

Ce rapport a été préparé par le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) et les droits d'auteur appartiennent au CTTÉI. Il contient des informations confidentielles et ne peut être reproduit, cité, distribué, adapté ou traduit en tout ou en partie, ni être utilisé pour d'autres usages sans l'autorisation expresse du client.

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.

TITRE ET SOUS-TITRE

Étude de la filière de valorisation du bois propre de construction, rénovation et démolition et opportunités pour le Québec

VERSION DU RAPPORT

v5

NOMBRE DE PAGES

47 pages + annexes

TYPE DE PROJET

Assistance technique

CLIENT

Consortium de Recherche et d'Innovation en Bioprocédés Industriels au Québec (CRIBIQ)

TYPE DE RAPPORT

Final



DATE DU RAPPORT

25 mars 2025

PÉRIODE DE TRAVAIL

Octobre 2023 – Décembre 2024

AUTEURS

Julie Larivière, M. Env.
Vincent Ayotte, M. Ing.
Mathilde Vincent, M. Env.
Melissa Zbacnik-D'Antonio, CPI, M. Ing.

COLLABORATEURS

Pascal Lemoine, chimiste, M. Sc.
Marie-Josée Loisel, Nuno ID
Julie Lessard, ing. f. M. Sc., SEREX

SIGNATURES

Chargée de projets

Handwritten signature of Julie Larivière in blue ink.

Julie Larivière, M. Env.

Chargé de projets

Handwritten signature of Vincent Ayotte in blue ink.

Vincent Ayotte, M. Ing.

Chargée de projets

Handwritten signature of Mathilde Vincent in blue ink.

Mathilde Vincent, M. Env.

Chargée de projets

Handwritten signature of Melissa Zbacnik-D'Antonio in blue ink.

Melissa Zbacnik-D'Antonio, CPI, M. Ing.

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

WWW.CTTEI.COM



TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE.....	2
1.1. Méthodes de collectes de données.....	2
1.1.1. Entretiens semi-dirigés.....	2
1.1.2. Groupes de discussion.....	3
2. ACTUALISATION DE L'ÉTAT DES LIEUX	5
2.1. Résidus de bois de CRD au Québec	5
2.1.1. Système traditionnel de classification des résidus de bois au Québec	6
2.1.2. Autres systèmes de classification	8
2.2. Principaux constats de l'actualisation de l'état des lieux.....	8
3. ANALYSE DE LA CHAÎNE DE VALEUR.....	10
3.1.1. Principaux enjeux.....	12
3.2. Chaîne de valeur française de valorisation des résidus de CRD.....	13
3.3. Principaux constats de l'analyse de la chaîne de valeur.....	14
4. ANALYSE DE DÉBOUCHÉS POTENTIELS	15
4.1. Débouchés de résidus de bois	15
4.2.1. Analyse multicritère.....	23
4.2.2. Étude de cas	25
4.2.3. Technologies de tri.....	33
5. RECOMMANDATIONS.....	36
5.1. Système optimisé de classification des résidus de bois	36
5.1.1. Condition	37
5.1.2. Contamination	37
5.1.3. Taux de contamination.....	38
5.1.4. Champs d'utilisation du système optimisé de classification	38
5.2. Stratégies pour optimiser la valorisation	39
5.2.1. Accroître les connaissances sur la chaîne de valeur	39
5.2.2. Approfondir l'expertise en déconstruction.....	39
5.2.3. Créer des barrières à l'enfouissement	40
5.2.4. Supporter les innovations technologiques de décontamination.....	40
5.2.5. Miser sur l'innovation sociale	40
CONCLUSION.....	41
RÉFÉRENCES	42

ANNEXE

ANNEXE 1 Exemples de questions utilisées lors des entretiens semi-dirigés

ANNEXE 2 Exemples d'entreprises québécoises appartenant aux filières des produits à valeur ajoutée sélectionnés

TABLEAUX

TABLEAU 1 Liste de débouchés, potentiels, émergents ou établis, de résidus de bois pour le Québec	16
TABLEAU 2 Liste d'exemples hors Québec de débouchés potentiels pour les résidus de bois	19
TABLEAU 3 Analyse multicritère - Produits à valeur ajoutée sélectionnés	23
TABLEAU 4 Analyse multicritère - Critères et échelles d'évaluation utilisés	24
TABLEAU 5 Panneaux de particules - Fiche d'étude de cas	25
TABLEAU 6 Isolants thermoacoustiques - Fiche d'étude de cas	28
TABLEAU 7 Absorbants industriels - Fiche d'étude de cas	32
TABLEAU 8 Technologies de tri	34
TABLEAU 9 Système de classification proposé - Conditions d'un gisement	37
TABLEAU 10 Système de classification proposé - Contaminants identifiés	37
TABLEAU 11 Questions - Experts	48
TABLEAU 12 Questions - Concentrateurs	48
TABLEAU 13 Questions - Transformateurs	49
TABLEAU 14 Exemples d'entreprises québécoises appartenant aux filières des produits à valeur ajoutée sélectionnés	50

FIGURES

FIGURE 1 Répartition des catégories d'organisation des personnes participantes aux entrevues	2
FIGURE 2 Répartition des catégories d'organisation des personnes participantes au 1 ^{er} groupe de discussion	3
FIGURE 3 Répartition des catégories d'organisation des personnes participantes au 2 ^e groupe de discussion	4
FIGURE 4 Diagramme de Sankey - Flux de résidus de CRD (en tonne) générés au Québec en 2021	6
FIGURE 5 Chaîne de valeur de la valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec	10

ABRÉVIATIONS

3R MCDQ	Regroupement des Récupérateurs et des Recycleurs de Matériaux de Construction et de Démolition du Québec
3RV	Réduction à la source, réemploi, recyclage / compostage et valorisation
ACA	Arséniate de cuivre ammoniacal
CANFER	Règlement sur les émissions de formaldéhyde provenant des produits de bois composite
CCA	Chrome-cuivre-arsenic
CDT	Centre de tri
CRD	Construction, rénovation et démolition
CRIBIQ	Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec
CTTÉI	Centre de transfert technologique en écologie industrielle
HDF	<i>High density fiberboard</i>
IA	Intelligence artificielle
ICI	Industries, commerces et institutions
ISE	Information, sensibilisation et éducation
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LDF	<i>Low density fiberboard</i>
Loi AGECC	Loi anti-gaspillage pour une économie circulaire
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement
MDF	<i>Medium density fiberboard</i>
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MRF	Matière résiduelle fertilisante
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PCP	Pentachlorophénol
PMCB	Produits et matériaux de construction du bâtiment
PVA	Produit à valeur ajoutée
R&D	Recherche et développement
REAFIE	Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement
REP	Responsabilité élargie des producteurs

INTRODUCTION

Dans le Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec, RECYC-QUÉBEC met en évidence une augmentation des quantités de résidus de construction, rénovation et démolition (CRD) éliminés entre 2011 et 2019. Cette hausse est particulièrement notable lorsque les rejets des centres de tri (CDT) de résidus de CRD destinés à l'élimination sont inclus, lesquels ne sont généralement pas intégrés aux études de caractérisation des déchets éliminés [1]. RECYC-QUÉBEC précise que cette augmentation est principalement attribuable à une croissance significative des quantités de bois éliminées qui ont augmenté de 69 % sur cette période.

Il importe donc d'optimiser la filière de valorisation des résidus de bois de CRD et d'encourager l'innovation au sein de sa chaîne de valeur afin de favoriser la création d'une richesse locale à partir de cette ressource.

Dans ce contexte, le Consortium de Recherche et d'Innovation en Bioprocédés Industriels au Québec (CRIBIQ) a souhaité réaliser une étude sur la valorisation des résidus de bois propres de CRD, financée par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI), expert en mise en valeur de résidus, en procédés propres et en économie circulaire, a été mandaté pour mener cette étude et a bénéficié de la collaboration de la firme Nuno ID, experte en économie et en analyse de marché, et du SEREX, expert en innovation sur la transformation des produits forestiers.

Cette étude vise à émettre des recommandations sur des stratégies à mettre en œuvre afin d'optimiser la filière en s'appuyant sur les principes de la hiérarchie des 3RV (réduction à la source, réemploi, recyclage / compostage et valorisation) et de l'économie circulaire. Pour ce faire, quatre objectifs spécifiques ont été choisis :

- Actualiser l'état des lieux de la filière de valorisation des résidus de bois propre de CRD
- Analyser sa chaîne de valeur et faire état de la concurrence et des acteurs majeurs
- Identifier les défis de l'industrie au Québec et établir une comparaison avec des cas à l'étranger
- Répertorier les marchés d'application et identifier les opportunités pour certains produits à valeur ajoutée (PVA)

Ainsi, le présent rapport détaille tout d'abord la démarche méthodologique de l'étude, puis présente les différentes analyses ainsi que leurs constats respectifs sur l'état des lieux de la filière de valorisation des résidus de bois de CRD, sa chaîne de valeur et le potentiel de certains PVA développés à partir de cette ressource. Finalement, des recommandations viendront mettre en lumière des stratégies à mettre en œuvre afin d'optimiser la filière, notamment en proposant une classification cohérente du bois de CRD.

I. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude s'est déroulée sur une période de 14 mois, sous la gouverne d'un comité de suivi composé de représentants du CRIBIQ, du MELCCFP et de RECYC-QUÉBEC. Le présent rapport collige et synthétise les informations collectées tout au long de l'étude.

I.1. MÉTHODES DE COLLECTES DE DONNÉES

La démarche méthodologique de la présente étude ne visait pas l'exhaustivité des données, mais bien l'obtention d'une quantité suffisante de données permettant une extrapolation avec une précision raisonnable. Différentes stratégies de collecte ont donc été mises en place afin d'obtenir un maximum d'informations pertinentes sur les sujets visés, dont la priorisation des secteurs de recherche a été faite de concert avec le comité de suivi. En plus d'une revue de littérature scientifique et commerciale, deux stratégies se sont démarquées : les entretiens semi-dirigés ciblés et les groupes de discussion.

I.1.1. Entretiens semi-dirigés

Des entretiens semi-dirigés ciblés (9), et non pas une campagne de sollicitation massive, ont été effectués auprès d'acteurs clés de l'industrie et de leur organisation.

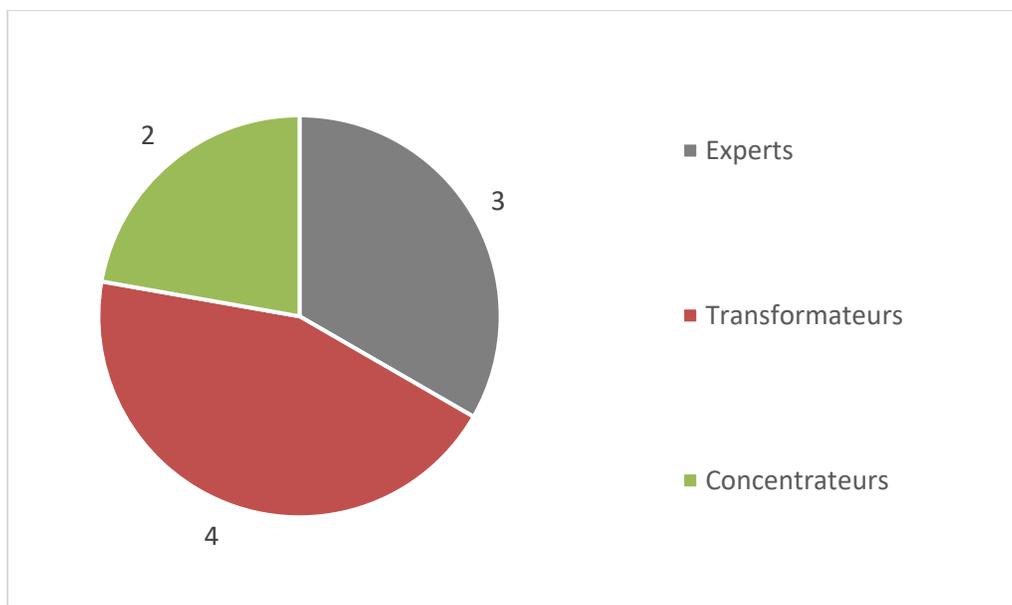


FIGURE 1 Répartition des catégories d'organisation des personnes participantes aux entretiens

La FIGURE 1 ci-dessus présente la diversité des organisations ayant participé aux entretiens semi-dirigés, réparties en trois catégories. Celles-ci seront explicitées à la Section 3, mais voici quelques exemples de types d'organisations par catégories :

- **Experts** : Organisation gouvernementale, paragouvernementale ou de développement territorial
- **Concentrateurs** : CDT, écocentre, organisation de gestion des matières résiduelles
- **Transformateurs** : Entreprise de recyclage ou de transformation, organisation en réemploi

Les questionnaires ont été préparés selon la catégorie d'acteur rencontré. Des extraits des questions posées lors des entretiens sont présentés en ANNEXE 1. Ces entretiens ont permis d'approfondir et de

valider certaines données, entre autres pour l'extrapolation et les estimations du gisement potentiel de bois propre de CRD.

I.1.2. Groupes de discussion

La tenue de deux groupes de discussion a permis de collecter les rétroactions des différents participants sur leurs enjeux et leur vision liés à la mise en valeur du bois propre de CRD au Québec ainsi qu'à la circularité de la ressource. Les participants ont donc pu rétroagir en direct sur :

- Les systèmes de classification des résidus de bois de CRD
- Les opportunités innovantes et émergentes pour assurer la viabilité de la chaîne de valeur
- Le potentiel d'opportunités ciblées de PVA
- Les défis associés au développement de ces nouveaux marchés et les leviers pour les relever

Les **FIGURE 2** et **FIGURE 3** présentent la nature des organisations des personnes participantes, démontrant une fois de plus le souhait du CTTÉI de bien représenter la diversité de points de vue au sein de la filière.

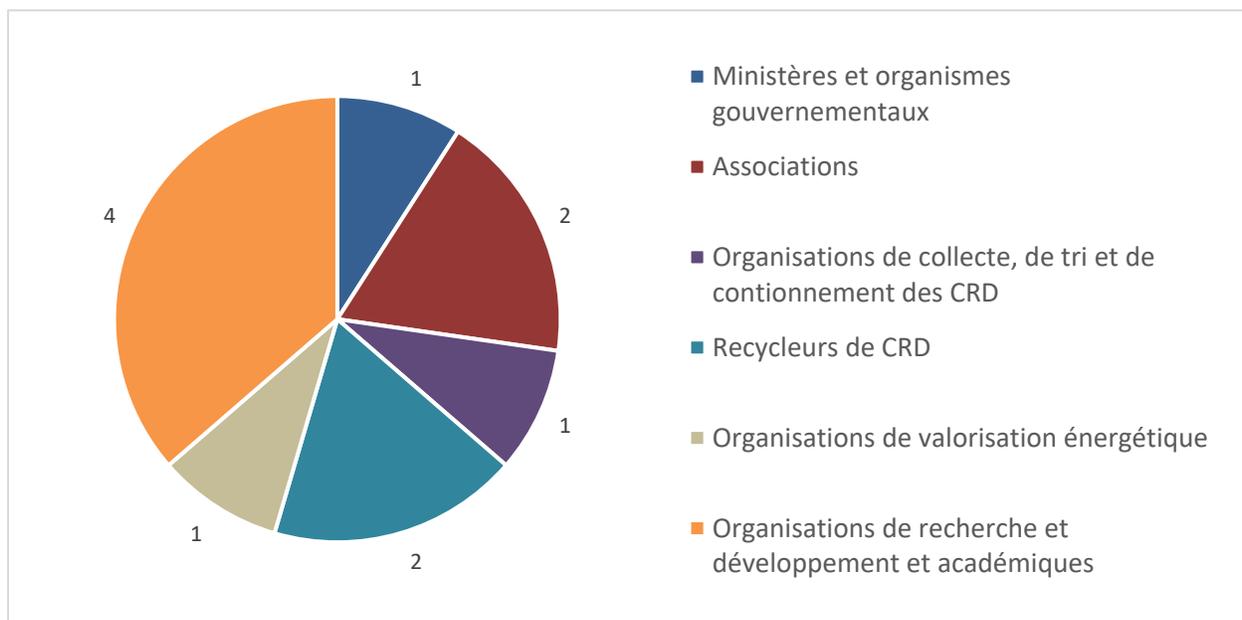


FIGURE 2 Répartition des catégories d'organisation des personnes participantes au 1^{er} groupe de discussion

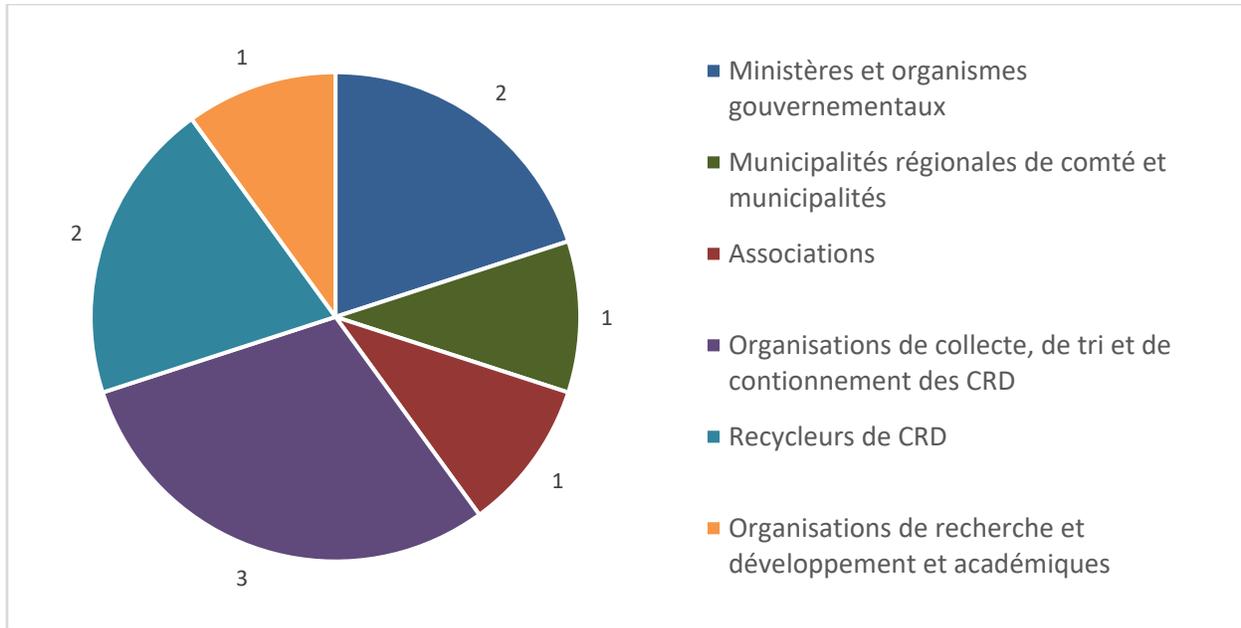


FIGURE 3 Répartition des catégories d'organisation des personnes participantes au 2^e groupe de discussion

Lors du 1^{er} groupe de discussion, 14 personnes participantes représentaient 11 organisations, tandis que le 2^e groupe de discussion était composé de 10 personnes participantes qui représentaient 10 organisations.

2. ACTUALISATION DE L'ÉTAT DES LIEUX

Cette section fera l'état des lieux des résidus de bois de CRD au Québec en commençant par une brève mise en contexte des résidus de bois de CRD et par un bref portrait des différents systèmes de classification de ces résidus. Outre les nombreuses nomenclatures possibles pour les résidus de bois, il est primordial de rappeler que le projet actuel se concentre sur les résidus de bois propre de CRD. Cette appellation fait donc référence aux résidus de bois, sans contaminant, qui peuvent potentiellement avoir accès aux débouchés les plus élevés dans la hiérarchie des 3RV et répondre aux principes de l'économie circulaire.

L'abréviation 3RV représente l'ordre hiérarchique des modes de gestion des matières résiduelles à privilégier, soit : la réduction à la source, le réemploi, le recyclage / compostage puis la valorisation, « à moins qu'une analyse basée sur une approche du cycle de vie des biens et des services ne démontre qu'une dérogation est justifiée » [2].

L'économie circulaire propose, pour sa part, un modèle économique fondé sur « 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 » [3-4]. À l'instar de la hiérarchie des 3RV, le déploiement des principes et des différentes stratégies de circularité suit une hiérarchie où les modes de production et de consommation sont tout d'abord repensés afin de réduire la consommation de ressources et de préserver les écosystèmes. Une fois les ressources intégrées dans le marché, la mise en œuvre de boucles les plus courtes et les plus locales sont à privilégier pour une optimisation des ressources, et ce, en utilisant les produits plus fréquemment, en prolongeant leur durée de vie et en leur donnant une nouvelle vie en tant que ressources.

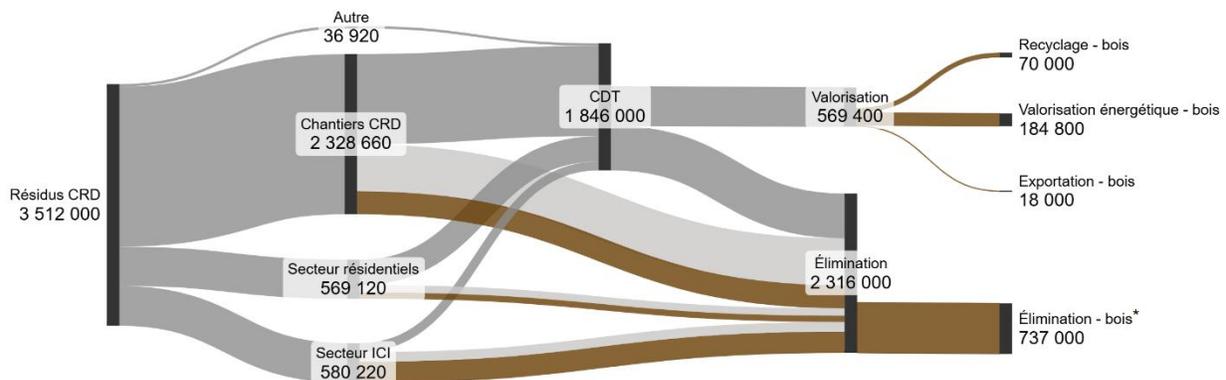
2.1. RÉSIDUS DE BOIS DE CRD AU QUÉBEC

Le domaine de la CRD se divise en deux grands segments : le segment des routes et des infrastructures routières ainsi que celui du bâtiment. Bien que les résidus de CRD soient générés par les deux segments, les informations présentées dans ce rapport concernent celui du bâtiment. Parmi les résidus de CRD de ce segment, se trouvent principalement les granulats, le gypse, les métaux, le carton, le verre et le bois.

Environ 3,5 millions de tonnes de résidus de CRD ont été générées en 2021 [1]. De ces résidus :

- 1 846 000 tonnes sont acheminées vers un CDT, où il manque d'information sur la gestion et la destination de 626 600 tonnes et donc où seulement 1 219 400 tonnes représentent les matières résiduelles sortantes réelles. De ce dernier tonnage :
 - 650 000 tonnes, soit 53 %, sont rejetées par les CDT et donc aussi acheminées vers un lieu d'élimination, où 71 % sont éliminées et 29 % servent en aménagement ou en recouvrement. Aucune donnée n'est disponible sur la quantité ou la proportion des résidus de bois acheminée vers un lieu d'élimination après avoir été rejetée par les CDT.
 - 569 400 tonnes, soit 47 %, sont envoyées au recyclage, à l'exportation ou en valorisation énergétique.
 - De ce tonnage, 272 800 tonnes sont des résidus de bois, traité ou non, où près de 68 % vont en valorisation énergétique et 26 % en recyclage.
- 1 666 000 tonnes sont acheminées directement à l'élimination :
 - 61 % proviennent directement de chantiers de CRD, 12 % de la collecte du secteur résidentiel et 27 % du secteur des industries, commerces et institutions (ICI).
 - De ce tonnage, 737 000 tonnes de résidus de bois traité ou non sont ici acheminées directement vers un lieu d'élimination.

La **FIGURE 4** ci-dessous offre un visuel de ces informations où les résidus mixtes de CRD sont représentés en gris foncé, les résidus mixtes de CRD excluant le bois en gris pâle et les résidus de bois, traité ou non, en brun. Le diagramme précise la fin de vie du bois avec les données disponibles. Il est possible qu'il y ait du bois (de tous types) non comptabilisé parmi les résidus CRD (en gris foncé).



* La quantité de bois éliminés est sous-représentée, car celle provenant des CDT n'est pas documentée à l'heure actuelle.

FIGURE 4 Diagramme de Sankey - Flux de résidus de CRD (en tonne) générés au Québec en 2021 (à partir des données de [1])

Actuellement, aucune donnée probante n'est disponible concernant la quantité ou la proportion des résidus de bois propre de CRD générés annuellement au Québec. Les informations présentées dans cette section, incluant la **FIGURE 4**, concernent l'ensemble des résidus de bois, bois vierge et bois traité, sans distinction spécifique pour le bois propre de CRD.

Bien que certaines données locales soient accessibles, le niveau élevé d'incertitude hors contexte et l'incohérence des références, dû entre autres à la divergence de classification des résidus, des méthodes de calcul et des spécificités régionales, ne permettent pas de formuler des hypothèses satisfaisantes pour extrapoler les gisements potentiels de résidus de bois propre de CRD au Québec.

Avec ces quantités importantes de résidus de CRD allant à l'élimination, un comité d'experts, coordonné par RECYC-QUÉBEC, a été mandaté par le MELCCFP afin d'émettre des recommandations pour détourner ces matières de l'enfouissement. Sans être exclusif aux résidus de bois ou de bois propre, le comité a identifié neuf actions prioritaires qui visent trois objectifs principaux[5] : (i) documenter la chaîne de valeur (ii) agir en amont et (ii) outiller les acteurs pour faciliter le passage à l'action. « Les mesures proposées ciblent divers intervenants afin de réduire les quantités de résidus générés et éliminés par le secteur, tout en stimulant les filières de réemploi et de recyclage dans une perspective d'économie circulaire » [6].

En parallèle, le comité d'experts encourage le gouvernement à développer, par règlement ou autrement, des barrières à l'enfouissement. Le comité lui rappelle également « l'importance de se pencher sur l'impact de la définition du terme « matière résiduelle » et les autorisations requises pour favoriser le développement de débouchés viables pour les résidus de CRD réemployés et recyclés » [5].

2.1.1. Système traditionnel de classification des résidus de bois au Québec

Afin de faciliter les échanges entre les générateurs et les preneurs de résidus de bois, l'industrie québécoise utilise un système de classification simplifié ayant trois catégories. En voici la définition, selon le Regroupement des Récupérateurs et des Recycleurs de Matériaux de Construction et de Démolition du Québec, le 3R MCDQ, en 2019 [7] :

- **Q1** : Retailles de bois non peint ou non traité, bois d'œuvre non souillé
- **Q2** : Bois peint, teint ou verni, mélamine, *medium density fiberboard* (MDF), *high density fiberboard* (HDF), panneaux de particules ou agglomérés, contreplaqué, palettes, placage, etc.
- **Q3** : Bois traité

Cette classification permet aux preneurs de rapidement déterminer si les résidus de bois convoités peuvent convenir à leurs besoins. Par ailleurs, considérant que la plupart des preneurs préfèrent les résidus de bois exempts de contaminants, ils déclareront régulièrement qu'ils ne peuvent prendre que le bois de plus haute qualité, soit le Q1. Ces résidus pourront donc être recyclés en d'autres produits, sans risquer que des contaminants ne puissent endommager les équipements de transformation ou réduire la qualité de leurs produits.

Le bois Q2, quant à lui, regroupe tous les résidus de bois ayant au moins un contaminant, mais sans être du bois traité qui correspond au Q3. Les résidus de bois Q2 n'ont donc pas facilement accès aux débouchés de recyclage dû à leur contamination. Pour cette raison, deux gisements de bois Q2 ayant des contaminants différents ne se qualifient pas nécessairement aux mêmes débouchés de recyclage, puisque ces derniers peuvent parfois tolérer une faible teneur en certains contaminants spécifiques. Ainsi, le principal débouché demeure la valorisation énergétique.

Finalement, le bois Q3 se retrouve dans une catégorie à part, puisque sa contamination chimique est régie par la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) [8]. Il est donc primordial de bien distinguer les résidus de bois traité des autres résidus de bois pour éviter d'éventuelles infractions.

Cela étant dit, cette classification présente plusieurs lacunes qui rendent son utilisation difficile pour les acteurs du milieu.

Absence de balises pour les catégories

Les définitions énoncées ci-haut, n'étant pas régies par une norme du marché ou une réglementation environnementale, ne sont pas partagées par tous les acteurs de la filière. Par exemple, il a été observé que plusieurs générateurs se permettent d'identifier leurs résidus comme du Q1 alors que certains contaminants peuvent s'y retrouver.

De la même façon, plusieurs preneurs disent ne pouvoir récupérer que du Q1, mais possèdent leurs propres équipements de conditionnement pour retirer certains contaminants éventuels, ce qui ouvre leur capacité à certains gisements de résidus de bois Q2.

Le critère d'acceptation n'est donc plus associé à la classification des résidus de bois, mais plutôt associé à une caractérisation spécifique des résidus et de ses contaminants. Dans ces scénarios, le système de classification n'est plus représentatif des réels échanges sur le terrain et il devient sans intérêt.

Information incomplète

Principalement pour les Q2 et Q3, il n'est pas possible de facilement déduire le type et le taux de contamination présent dans les résidus de bois. Une caractérisation des résidus demeure nécessaire et l'appellation devient inutile.

Absence d'engagement de qualité des parties prenantes

Puisque la classification est imprécise, elle ne permet pas aux parties prenantes de s'entendre efficacement sur un niveau de qualité à respecter lors de l'échange de résidus. En effet, l'expérience terrain démontre que certains générateurs ne vont pas toujours maintenir la même qualité de bois au fil du temps. Cette variabilité de qualité ne sera pas pénalisée puisqu'elle n'est pas prise en compte par la classification actuelle. Pour cette raison, plusieurs acteurs ajoutent leurs propres seuils de qualité et cela rend la classification inadaptée.

Il est à noter que RECYC-QUÉBEC utilise dans ses publications un système de classification différent de la classification traditionnelle en trois niveaux de qualité. Voici leur nomenclature :

- **Matériaux de construction en bois** : Bois de charpente, bois franc, pin, pin jointé, bois d'œuvre, etc., avec ou sans colle, vernis, huile ou teinture, panneaux de copeaux orientés (*oriented strand board* (OSB)), panneaux de contreplaqué, *plywood*, *presswood* ;
- **Produits de finition en bois** : Bois « flottants », moulures et autres produits composés de MDF, *low density fiberboard* (LDF), HDF, autres agglomérés, mélamine, poutres lamellées, liège (excluant les bouchons), bambou, stratifié, etc.
- **Autres bois, incluant le bois traité** : Bois créosoté, bois traité (pentachlorophénol (PCP), chrome-cuivre-arsenic (CCA) ou arséniate de cuivre ammoniacal (ACA)) bois pourri, en décomposition, incendié, etc.
- **Contenants, emballages et palettes de bois** : Tous les contenants ou les emballages en bois, secteur résidentiel et ICI
 - Ex. : Caisse de clémentines, certains emballages de cosmétique, certains emballages de thé, liège (incluant les bouchons), palettes de transport (entières ou en portion, si reconnaissable), boîte de transport en bois
- **Arbres (matières organiques)** : Incluant souches, troncs, bûches et branches. Inclus les arbres contaminés à l'agrile du frêne (broyés ou non)
 - Exclusion : Feuilles, aiguilles de conifères, brindilles. [1]

2.1.2. Autres systèmes de classification

Il existe d'autres systèmes de classification des résidus de bois de CRD à travers le monde et il est donc important de s'y intéresser afin de comparer l'état de la situation au Québec. Par exemple, le Canada anglophone semble utiliser un système similaire à celui du Québec, mais avec une catégorie additionnelle pour le bois « peinturé ».

Autrement, un document de référence publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) présente une compilation de différents systèmes de classification mis en place par certains de leurs membres [10]. Pour l'Union européenne, par exemple, les résidus de bois sont classés en dix catégories qui sont regroupées en quatre sous-groupes. Chaque catégorie est alors associée à un code à six chiffres afin de bien les distinguer. Surtout, leur système de classification met l'accent sur la distinction entre les résidus qui contiennent des matières dangereuses de ceux qui n'en contiennent pas.

Le cas de l'Autriche est aussi intéressant, puisqu'il supporte jusqu'à 18 catégories de résidus de bois. Dans leur cas, ces catégories permettent surtout de définir si un gisement est admissible au recyclage et d'avoir une meilleure visibilité des matières résiduelles dangereuses. Il est aussi important de noter que chaque catégorie de cette liste est identifiée par un code à cinq chiffres, rendant son utilisation plus difficile pour les acteurs qui n'ont pas de document de référence sous la main.

2.2. PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ACTUALISATION DE L'ÉTAT DES LIEUX

Le principal défi identifié par l'actualisation de l'état des lieux à propos des résidus de bois propre de CRD au Québec est la difficulté à obtenir des données probantes sur les gisements ou même d'en formuler des hypothèses satisfaisantes pour extrapoler les gisements potentiels.

Cependant, certains travaux à venir de RECYC-QUÉBEC, tels que la prochaine Étude de caractérisation à l'élimination, le Bilan 2023 de la gestion des matières résiduelles au Québec et la Caractérisation aux CDT

de CRD 2024, permettront l'actualisation des données et offriront potentiellement un raffinement des résidus de bois générés au Québec selon leur qualité.

Comme il a été démontré par la présentation du système de classification des résidus de bois de CRD traditionnellement utilisé au Québec, n'étant pas régies par une norme ni par une réglementation, la définition et les limites des trois catégories ne sont pas respectées par tous les acteurs. En plus de l'absence de balises pour les catégories, l'information partagée est incomplète et il est impossible de déduire le type et le taux de contamination présent dans les résidus. Ainsi, les transformateurs doivent imposer leurs propres seuils et conditions de qualité à respecter, ce qui rend la classification traditionnelle inutile. L'engagement entre les parties prenantes est aussi ardu avec une interprétation variable de la qualité et du niveau de « propreté » selon les besoins et les contextes de chacun.

En contrepartie, des exemples de systèmes de classification hors Québec prouvent qu'il est possible de mettre en place un système contextualisé pour répondre aux besoins de la chaîne de valeur québécoise de valorisation du bois de CRD. La Section 5.1 propose d'ailleurs des recommandations pour un système optimisé de classification pour le Québec.

3. ANALYSE DE LA CHAÎNE DE VALEUR

Alimentés par l'expertise Nuno ID, les entretiens semi-dirigés ainsi que les groupes de discussion, tel que présentés à la Section 1, ont permis de collecter des données qui ont été analysées afin de brosser un portrait de la chaîne de valeur actuelle de la valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec. La chaîne de valeur de valorisation des résidus de CRD française sera aussi présentée dans la présente section.

3.1. VALORISATION DES RÉSIDUS DE BOIS AU QUÉBEC

À noter que la chaîne de valeur pour la valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec est actuellement la même que celle pour la valorisation des autres types de résidus de bois. La différence est notable plutôt au niveau des débouchés potentiels, qui seront exposés à la Section 4.

La **FIGURE 5** propose un schéma simplifié de la chaîne de valeur analysée en quatre étapes. À noter que les données sur les flux des résidus générés sont présentées seulement à la Section 2.1. De plus, afin d'alléger le schéma, les experts qui soutiennent la chaîne de valeur, organismes gouvernementaux ou en recherche et développement (R&D) par exemple, n'y sont pas représentés.

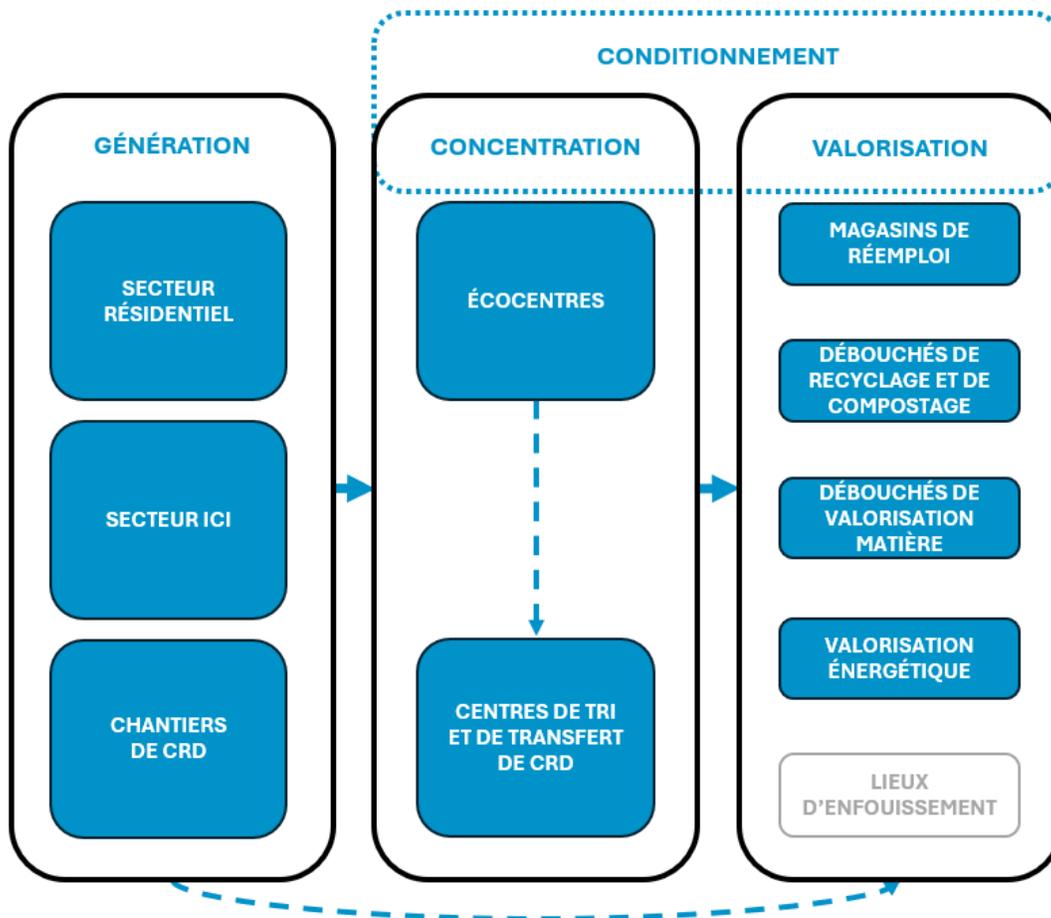


FIGURE 5 Chaîne de valeur de la valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec

1. Génération

- Il y a trois grands types de générateurs, soient le secteur résidentiel, le secteur ICI et les chantiers de CRD.
- Les caractéristiques principales de leurs gisements diffèrent.
 - Par exemple, le secteur ICI génère potentiellement, à une fréquence régulière et pour une localisation prévisible et prédéfinie, des résidus ayant une qualité et une homogénéité plus grande comparativement aux deux autres.
 - Une différence est aussi notable entre les différents types de chantiers où les chantiers de démolition génèrent typiquement des résidus ayant une grande hétérogénéité et une faible qualité dû à la présence de multiples contaminants, dont la teneur est importante.
 - Les flux circulent majoritairement par l'étape de concentration, mais plusieurs échanges, illustrés par la flèche pointillée inférieure, s'effectuent directement des générateurs ayant une masse critique suffisante de résidus, principalement ceux du secteur ICI, vers les transformateurs qui opèrent à l'étape de valorisation.

2. Concentration

- Deux grands types de concentrateurs sont répartis à travers le Québec.
 - Les écocentres offrent aux citoyens un service de gestion des matières résiduelles qui ne sont pas habituellement acceptées dans les collectes municipales régulières comme leurs résidus de CRD. Certains écocentres offrent aussi leurs services aux petites entreprises de leur territoire. Le gouvernement du Québec met à disposition une liste et une [carte interactive](#) des nombreux, 375 en date de l'étude, écocentres et points de dépôt municipaux [11].
 - Les CDT et de transfert de CRD sont, quant à eux, répertoriés par les efforts de RECYC-QUÉBEC dans une [carte interactive](#), où il est possible de retrouver, entre autres, les CDT reconnus par leur programme de reconnaissance [12-13].
- Avant de passer à l'étape de valorisation, les flux des écocentres sont majoritairement acheminés aux CDT et de transfert de CRD, représenté dans le schéma par la flèche pointillée du centre.

3. Conditionnement

- Cette étape chevauche les étapes de concentration et de valorisation, puisqu'elle est effectuée par différents types d'acteurs selon les débouchés.
 - Par exemple, alors que le broyage s'effectue essentiellement dans les CDT, un conditionnement additionnel est souvent réalisé par les transformateurs, comme une décontamination des résidus qualifiés traditionnellement de Q2, afin d'obtenir des résidus qui correspondent aux spécifications exigées de leur production.

4. Valorisation

- À cette étape, la hiérarchie des 3RV est à appliquer, c'est-à-dire en privilégiant tout d'abord le réemploi, puis les débouchés de recyclage et de compostage, ensuite les débouchés de valorisation matière, pour terminer avec la valorisation énergétique.
 - La [carte interactive](#) de RECYC-QUÉBEC propose aussi une liste de magasins de réemploi de matériaux. Ces derniers, souvent gérés par des organismes à but non

lucratif, sont difficiles à rentabiliser dû, entre autres, par les efforts soutenus par le tri manuel nécessaire [13].

- Les transformateurs vont œuvrer dans la chaîne de valeur grâce aux débouchés potentiels développés selon différentes filières.
 - En voici quelques exemples :
 - Énergie : Granulco, Lauzon Bois Énergétique
 - Pâtes et papier : Domtar, Produits forestiers Résolu, Rayonnier
 - Carton : Kruger, Cascades
 - Horticulture : Berger
 - Paillis et litière : Ecoced, Transfobec
 - Matériaux industriels : Stella Jones, Boralife
 - Matériaux de construction : Tafisa, Uniboard, MSL, LP, Nordic, Element 5
 - Le ministère des Ressources naturelles et des Forêts a documenté les usines de première transformation du bois au Québec dans une [carte interactive](#) [14].
- À titre de rappel, les lieux d'enfouissements ont été inscrits en gris, puisqu'ils n'effectuent pas de valorisation, mais qu'une quantité importante de résidus s'y retrouve tout de même à travers le processus de valorisation.

3.1.1. Principaux enjeux

Quoique le transport soit un enjeu commun par ses coûts environnementaux et économiques importants, les enjeux réglementaires et d'approvisionnement sont les plus problématiques pour les différents acteurs de la chaîne de valeur de valorisation des résidus de bois, et ce, particulièrement pour le bois propre.

Enjeux réglementaires

Définis comme étant une matière résiduelle selon la LQE, les résidus de bois de CRD sont assujettis à certains règlements qui limitent l'accès à certains débouchés, entre autres pour répondre à des normes strictes de production. Cette condition influence négativement aussi l'entreposage qui a déjà une capacité limitée et qui subit les variations climatiques.

Un autre aspect réglementaire soulevé est le non-respect de la hiérarchie des 3RV. L'application non contrôlée de cette dernière et les faibles coûts de l'élimination dans les lieux d'enfouissement favorisent l'enfouissement et la valorisation énergétique. Cela se fait au détriment du réemploi ou des débouchés à valeur ajoutée, car le marché ne peut pas s'autoréguler en faveur de la circularité et les transformateurs ont du mal à rivaliser avec les coûts.

Enjeu d'approvisionnement

Pour une filière compétitive et bien développée, comme celui des panneaux de particules, il n'est pas rare de s'approvisionner ou d'entreposer ses ressources à l'extérieur de la province, notamment aux États-Unis où la réglementation est plus permissive et les conditions climatiques plus clémentes. La saisonnalité influence aussi grandement la valorisation des résidus de bois, puisqu'une variation saisonnière des quantités disponibles est notable dû à la concentration des chantiers de CRD en été, rendant difficile l'approvisionnement en hiver.

Un autre enjeu d'approvisionnement est celui d'avoir des gisements de qualité. Tel que mentionné précédemment, la qualité des gisements est un critère de sélection dans le choix des débouchés potentiels de valorisation pour ce gisement. Nonobstant l'importance de l'homogénéité des gisements, la contamination reste l'élément déterminant pour évaluer la qualité. Un gisement identifié comme propre, traditionnellement Q1, est le plus recherché et convient à plus de débouchés. Afin d'assurer l'atteinte du

niveau de qualité souhaité, les preneurs doivent souvent faire leur propre analyse du gisement, puisque trop souvent un gisement qualifié de Q1 est finalement contaminé.

3.2. CHAÎNE DE VALEUR FRANÇAISE DE VALORISATION DES RÉSIDUS DE CRD

La chaîne de valeur française de valorisation des résidus de CRD générés sur son territoire se démarque tout d'abord de celle du Québec par son contexte législatif. La loi anti-gaspillage pour une économie circulaire (loi AGEC) [15] a instauré, depuis 2022, une filière à responsabilité élargie du producteur (REP) du bâtiment (REP Bâtiment) qui concerne les fabricants, les distributeurs et les importateurs, qui ont des obligations face au cycle de vie de leurs produits. La REP prévoit que les organisations mettant des produits et matériaux de construction du bâtiment (PMCB) sur le marché doivent assumer la charge financière associée au traitement et à la valorisation en fin de vie de ces matières.

Valobat, une initiative de 51 entreprises de fabrication de PMCB souhaitant unir leur expérience et leur savoir-faire, est l'un des éco-organismes agréés pour accompagner et pour coordonner les acteurs de la chaîne de valeur du réemploi et du recyclage des PMCB pour la REP Bâtiment [16]. Son offre technique et financière couvre différentes activités de la chaîne de valeur : tri à la source, traçabilité des matières, lieux de dépôts fixes ou mobiles, applications mobiles pour trouver les services, programmes de récompenses de tri, développement de débouchés. En 2024, Valobat est devenu un éco-organisme multi-REP et a élargi son champ d'intervention avec la REP Ameublement et la REP Articles de Bricolage et de Jardin. L'objectif de Valobat est clair : « proposer une solution pour chaque déchet du bâtiment et pour chaque partie prenante de l'écosystème du secteur ». Ainsi, cet éco-organisme multimatériaux propose une offre pour la gestion de l'intégralité des PMCB du bâtiment par une approche différenciée pour chacune des filières, dont le plastique, le plâtre, le métal et le bois.

Dans la filière du bois, le bois PMCB n'est pas traité de manière isolée des autres types de résidus de bois, mais bien avec le bois d'autres origines comme celui de l'ameublement, de l'emballage et celui vierge issu de la transformation du bois [17]. Afin de bien accompagner les organisations assujetties et de soutenir le développement de la filière et l'atteinte de leurs objectifs, Valobat :

- « Met en place une traçabilité précise permettant de mesurer les tonnages collectés de bois issus du secteur du bâtiment ;
- Développe des relations pérennes avec les repreneurs industriels consommateurs de bois issu de PMCB ;
- Aide la filière à améliorer la qualité du bois recyclé, et à mieux gérer les contraintes liées à la présence de certaines substances chimiques ;
- Développe des solutions de réemploi / réutilisation, notamment pour mieux valoriser la partie bois massif des flux PMCB. »

En parallèle, d'autres obligations légales en place influencent les acteurs de la chaîne de valeur française, dont :

- Le diagnostic portant sur la gestion des produits, des équipements, des matériaux et des déchets issus de la démolition ou de la rénovation significative de bâtiments. Celui-ci permet d'évaluer qualitativement et quantitativement les résidus générés ainsi que les meilleurs moyens à prendre afin de favoriser leur réemploi, leur recyclage ou, en dernier recours, leur valorisation [18-19].
- La Réglementation environnementale 2020 fixe des objectifs ambitieux concernant la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs, entre autres au niveau de l'empreinte carbone, et ce, tout au long du cycle de vie du bâtiment [20].
- La Norme volontaire sur les seuils de contaminants [21] et la Norme volontaire sur les conditions de livraison du bois recyclé [22] proposées par la Fédération européenne des panneaux à base de bois sont deux exemples d'obligations légales qui influencent les acteurs de cette chaîne de valeur.

3.3. PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ANALYSE DE LA CHAÎNE DE VALEUR

L'analyse de la chaîne de valeur de valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec a permis d'identifier deux principaux défis.

Le premier défi réside dans la difficulté pour les transformateurs à avoir un approvisionnement de qualité. Bien que le tri des résidus présente ses propres défis pour atteindre les standards de qualité attendus par les transformateurs, l'enjeu majeur pour un approvisionnement de qualité est la contamination, souvent multiple, des résidus ou des gisements. En effet, chaque débouché, et même chaque transformateur, a sa propre sensibilité aux différents contaminants, devant répondre aux exigences des standards de qualité de leur production. Le niveau d'effort à fournir, les ressources à investir, la complexité de décontamination multiple et les installations nécessaires pour décontaminer un gisement sont des freins à la valorisation des résidus de bois. Dans la chaîne de valeur québécoise de valorisation des résidus de bois propre de CRD, aucun joueur au niveau de la décontamination n'a été identifié lors de l'étude.

D'où l'importance de mettre en place des conditions favorables pour générer ou pour conserver des résidus propres en amont dans la chaîne de valeur, avec le démantèlement et le tri sur chantier par exemple. Selon leur position dans la chaîne de valeur, ce dernier élément amène des points de vue divergents auprès des différents acteurs, puisque les CDT n'ont pas intérêt à ce que les générateurs exécutent le tri en amont.

Une collaboration accrue au sein même de la chaîne de valeur est essentielle pour son optimisation et une collaboration transversale doit être simultanément développée avec des acteurs collatéraux afin de renforcer l'étape du conditionnement ou d'introduire de nouveaux acteurs pouvant la prendre en charge. Par exemple, plusieurs entreprises en économie sociale œuvrant dans le réemploi peuvent avoir une offre de service de démantèlement, mais viennent lors s'ajouter de nouveaux défis, comme l'enjeu de sécurité par rapport aux équipements. Néanmoins, la collaboration doit être accompagnée d'une direction claire et commune donnant un sens aux investissements et aux changements désirés qui doivent, entre autres, avoir du sens économiquement.

Le deuxième défi soulevé est celui de la présence d'enjeux au niveau réglementaire où les résidus de CRD sont considérés comme des matières résiduelles et où l'application de la hiérarchie des 3RV et des principes de l'économie circulaire n'est pas réglementée. Il est souhaité par les acteurs de la chaîne de valeur d'implanter une nouvelle réglementation qui permettrait l'introduction graduelle de mesures restrictives et d'orientation afin de développer des débouchés hors valorisation énergétique.

Ici, la chaîne de valeur française de valorisation des résidus de CRD peut être inspirante avec sa filière à REP Bâtiment et ses éco-organismes, dont Valobat, qui, œuvrant au sein même de l'industrie, offre un engagement fort qui permet de connaître les besoins en temps réel pour améliorer la qualité de l'approvisionnement ainsi que la valeur des débouchés.

4. ANALYSE DE DÉBOUCHÉS POTENTIELS

Cette section expose tout d'abord deux listes de débouchés potentiels pour des résidus de bois, soit une au Québec et une autre hors Québec, puis, une exploration plus approfondie de PVA sélectionnés par une analyse multicritère sommaire sera présentée sous forme de fiches d'études de cas. Cette étape a été réalisée en étroite collaboration avec Nuno ID, pour son expertise en économie et études de marchés.

4.1. DÉBOUCHÉS DE RÉSIDUS DE BOIS

Le **TABLEAU 1** propose une liste de débouchés, potentiels, émergents ou établis, de résidus de bois pour le Québec, sans égard pour les critères de PVA ou de résidus de bois propre de CRD. La liste présente les débouchés selon leur mode de gestion de la matière, classé selon la hiérarchie des 3RV.

- **Réemploi** : Solutions qui permettent de réemployer les produits du bois dans les mêmes fonctions que les usages précédents. Cette approche minimise les transformations nécessaires et les coûts associés.
 - Ex. : Une poutre de bois est réutilisée en élément structurel dans une autre construction.
- **Recyclage** : Solutions qui permettent de profiter des autres qualités inhérentes du bois en l'intégrant dans la fabrication d'autres produits en bois. Cette approche nécessite une transformation mécanique des produits, principalement pour la mise en forme.
 - Ex. : Une poutre de bois est déchiquetée pour être intégrée dans la fabrication de panneaux de bois.
- **Valorisation matière** : Solutions exploitant les qualités physico-chimiques du bois, sans nécessairement garder l'intégrité du bois. Les transformations nécessaires seront à la fois mécaniques et chimiques afin d'atteindre les caractéristiques recherchées pour la fabrication d'une grande diversité de produits.
 - Ex. : Une poutre de bois est déchiquetée et triturée pour que la fibre soit utilisée dans des panneaux isolants.
 - N.B. : les solutions de valorisation matière seront typiquement qualifiées de recyclage sur le terrain. Le CTTÉI tenait toutefois à distinguer ces solutions pour mettre en lumière les efforts additionnels de transformation qui sont normalement requis pour ces débouchés.
- **Valorisation énergétique** : Solutions visant principalement à exploiter le pouvoir calorifique de la matière, mais cela peut aussi inclure les solutions visant à aller chercher les composés chimiques utiles présents dans le bois. Ces approches impliquent souvent de la combustion ou des procédés chimiques à haute température afin de dégrader la matière pour exploiter son énergie ou en retirer les molécules utiles.
 - Ex. : Une poutre de bois est déchiquetée et incinérée afin d'alimenter un procédé qui requiert de la chaleur.

Cette liste présente aussi une brève description du débouché, de son produit final, des qualités admissibles des résidus ainsi que des efforts de conditionnement préalables requis. Il est important de noter que le conditionnement requis peut varier selon l'organisation qui réalise la transformation.

TABLEAU I Liste de débouchés, potentiels, émergents ou établis, de résidus de bois pour le Québec

Mode de gestion	Débouché	Description	Produit final	Qualités admissibles	Efforts de conditionnement préalables requis
Réemploi	Réemploi	Réemploi du bois tel quel	Morceaux de bois	Q1, Q2 et Q3	Découpe, décontamination physique
	Mise en marché	Revente du résidu de bois par l'implication d'un commerçant ou d'un distributeur	Morceaux de bois	Q1, Q2 et Q3	S.O.
Recyclage	Panneaux	Bois déchiqueté en copeaux pour en faire des panneaux	Panneaux de fibres, particules, gaufres ou lamelles	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique
	Pièces et objets	Bois découpé et taillé pour en faire des pièces et objets	Meubles, armoires, moulures, parquets, palettes de manutention, etc.	Q1	Découpe, décontamination physique
	Bois d'ingénierie	Bois découpé pour en faire du bois d'ingénierie	Panneaux contreplaqués, poutrelle, bois lamellé, copeaux de bois	Q1 et Q2	Découpe, décontamination physique, décontamination chimique
	Palettes de bois	Bois coupé en planches pour en faire des palettes	Palettes	Q1	Découpe
Valorisation matière	Pâtes et papier	Bois déchiqueté/broyé introduit aux tritrateurs de moulins à papier	Pâte à papier	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Litière animale	Bois déchiqueté en litière	Litière de bois	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique
	Agent structurant compostage	Bois déchiqueté en agent structurant de compostage	Compost	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique
	Pyrolyse	Pyrolyse du bois déchiqueté/broyé pour générer des intrants dans d'autres procédés industriels	Huiles pyrolytiques, biochar et vinaigre de bois	Q1	Déchiquetage, décontamination physique
	Paillis horticole	Bois déchiqueté grossièrement utilisé en tant qu'un paillis	Paillis	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique
	Matériaux isolants	Bois broyé en fibre isolante	Matériaux isolants	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Matériaux composites	Bois déchiqueté/broyé pour l'introduire dans des matériaux composites	Produits en bois-plastique, bois-ciment, bois-gypse, bouche-pores, etc.	Q1	Déchiquetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage

Mode de gestion	Débouché	Description	Produit final	Qualités admissibles	Efforts de conditionnement préalables requis
Valorisation matière (suite)	Farine de bois franc	Broyage fin du bois pour produire une poudre de bois	Farine de bois franc	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Revêtement de surfaces et fondation	Bois déchiqueté en copeaux pour recouvrir des surfaces extérieures	Surfaces extérieures pour aires de jeux, terrains équestres, sentiers piétonniers, construction de chemins forestiers, base pour les pistes de ski alpin, etc.	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique
	Ensemencement hydraulique des bords de routes et d'autoroutes	Bois déchiqueté en paillis pour ajouter au procédé d'hydro-ensemencement	Paillis d'hydro-ensemencement	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique
	Biofiltres à garnissage	Bois broyé à introduire dans le lit bactérien du biofiltre	Biofiltre	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Terreau	Bois broyé à introduire dans un terreau	Terreau	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Substrat pour champignons	Bois broyé à introduire dans un substrat pour champignons	Champignons	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Absorbants commerciaux ou industriels	Bois broyé en matière absorbante	Produits absorbants	Q1, Q2 et Q3	Déchetage, décontamination physique, broyage
	Objets moulés	Bois broyé à introduire dans un mélange pour la fabrication d'objets moulés	Palettes moulées, etc.	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Filaments de cellulose	Bois broyé à introduire en tant qu'additif dans la fabrication de filaments d'impression 3D	Filament d'impression 3D	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Agent structurant pour traitement de sols contaminés	Bois déchiqueté en agent structurant pour le traitement des sols contaminés	Sols décontaminés	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Traitement des eaux usées par capture passive de phosphore	Bois broyé à introduire à la capture passive du phosphore	Eaux déphosphorées	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Liquéfaction hydrothermale de la biomasse ligneuse dans l'eau chaude comprimée	Bois broyé à introduire au procédé de liquéfaction hydrothermale	Hydrocarbures ou bois pouvant être biométhanisé	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Cellulose Nanocristalline (CNC)	Génération de CNC par hydrolyse acide	Cellulose Nanocristalline	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage

Mode de gestion	Débouché	Description	Produit final	Qualités admissibles	Efforts de conditionnement préalables requis
Valorisation matière (suite)	Extractibles forestiers	Bois soumis à divers procédés chimiques pour en extraire certaines molécules	Stilbènes, tanins, bétuline, acide bétulinique	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Batteries biosourcées	Cellulose introduite dans les cathodes de batteries biosourcées	Batteries biosourcées	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
Valorisation énergétique	Pyrolyse	Pyrolyse du bois décheté/broyé pour générer un carburant alternatif	Huiles pyrolytiques, gaz incompressibles	Q1, Q2 et Q3	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage
	Combustible alternatif	Bois à introduire dans des équipements de combustion pour génération de chaleur	Chaleur générée par appareils de combustion à la biomasse/cogénération	Q1, Q2 et Q3	Déchetage
	Gazéification	Procédé s'apparentant à la pyrolyse	Gaz de synthèse	Q1, Q2 et Q3	Déchetage, décontamination physique, broyage
	Éthanol cellulosique	Bois à introduire dans des bioraffineries	Éthanol	Q1	Déchetage, décontamination physique, broyage
	Granules et bûches	Mise en forme du bois pour faciliter sa commercialisation en tant que combustible	Granule et bûches	Q1	Déchetage, décontamination physique, décontamination chimique, broyage

Pour sa part, le TABLEAU 2 offre, grâce à la principale contribution du SEREX, des exemples de débouchés pour les résidus de bois hors du Québec. Bien qu'ils ne soient pas toujours issus de la CRD, ils trouvent tout de même leur pertinence pour leurs processus inspirants de récupération et de gestion. Cette liste est premièrement classée par types de débouchés, puis par mode de gestion. Elle présente aussi le nom de l'organisation ou de l'initiative qui la porte ainsi que son pays. Finalement, une courte description de l'exemple est proposée.

TABLEAU 2 Liste d'exemples hors Québec de débouchés potentiels pour les résidus de bois

Débouché	Mode de gestion	Organisation / initiative	Pays	Description
Absorbants industriels	Valorisation matière	Finite Fiber	États-Unis	L'absorbant PurAbsorb est fait à partir d'un mélange de cellulose et de minéraux de grade industriel, et a une capacité d'absorption de près de 14 fois celle des absorbants d'argile. La provenance de la cellulose n'est pas indiquée, mais l'extraction de la cellulose de résidus de bois demeure une avenue novatrice pour le bois de CRD [23].
Bardage de façade	Recyclage	Kaycan	France / Canada	Kaycan, nouvellement acquise par la division française de Saint-Gobain, fabrique un bardage de façade (NatureTech™) fait d'uniquement de bois recyclé pré consommation. Cette initiative démontre l'intérêt des industriels à offrir des produits à partir de matières recyclées [24].
		Vesta par Neolife	France	Écomatériau alliant plus de 75 % de bois à des matières minérales et un thermoliant. L'entièreté des fibres de bois est recyclée et/ou récupérée lors des processus de rabotage et de découpe. Les produits, conçus et fabriqués en France, sont principalement des lames de revêtement extérieur de bâtiment [25].
Biocarburants, fibres moulées pour l'emballage, résines phénoliques, colles, adhésifs, et substituts de bitume	Valorisation énergétique	Partenariat entre VEOLIA et INDAVER	Belgique	Installation d'un nouveau centre de production d'énergie E-WOOD (20 MW) à partir de bois très difficile à recycler dû à sa contamination. La combustion de ce bois permet la production de vapeur qui est ensuite utilisée par des entreprises à proximité. L'usine traite 180 000 tonnes/an [26].
Bois de construction	Réemploi	Salvage Solutions Recycled Timbers Elmwood Reclaimed Timber	États-Unis / Canada / Allemagne	Ces organisations récupèrent des poutres, des planches et éléments en bois massif pour les réutiliser dans des projets de construction ou de rénovation. Une étude portant sur les pratiques de marketing mises en œuvre dans les industries du bois urbain et récupéré a été menée afin d'élargir les marchés pour ce matériau et contribuer à circulariser l'économie davantage. Ces exemples démontrent que la pérennité d'activités commerciales en réemploi est possible [10 - 13].
		Community Wood Recycling UK	Royaume-Uni	Cette organisation se spécialise dans la récupération et la mise en marché du bois de CRD au Royaume-Uni. Plusieurs partenaires locaux se sont rassemblés pour récupérer et remettre sur le marché à partir de magasins de bricolage et autres (avec un service de fabricants de mobilier). 30 magasins de bois récupéré à travers le Royaume-Uni sont en service et ont permis de récupérer plus de 4,4 millions de tonnes de bois de CRD en 2023. Parallèlement à cette initiative, près de 70 % du bois va à la valorisation énergétique, 20 % pour les panneaux de particules/MDF/OSB et le reste (8 %) pour la litière animale et les parcs. [31]

Débouché	Mode de gestion	Organisation / initiative	Pays	Description
Bois lamellé collé (carrelets)	Réemploi	Équipe de chercheurs du <i>University College de Londres</i>	Royaume-Uni	Ce projet de recherche appliquée se penche sur les bâtiments neufs construits en bois d'ingénierie (bois lamellé-collé et bois lamellé-croisé) issu de bois de la démolition ou de la construction. Ce projet utilise aussi une base de données, Madast, qui peut cartographier les matériaux de chaque bâtiment et comment ils peuvent être réutilisés. Ils peuvent produire des « Passeports » qui spécifient les types de matériaux utilisés, ainsi que leur source, pour chaque bâtiment construit et permettre une meilleure traçabilité des matières. [32]
	Recyclage	CaReWood	France / Allemagne	Ce projet se penche sur le recyclage du bois solide de construction. <i>CaReWood</i> est mené par l'institut technologique forêt, cellulose, bois-construction, Ameublement et l'école d'ingénieurs en sciences et technologies du bois et des matériaux biosourcés et l'objectif est de démontrer la faisabilité d'utiliser et de recycler les bois avec de faibles taux d'adjuvants, provenant principalement des déchèteries, dans la fabrication de produits en bois lamellé collé. Le concept associé à ce projet consiste à proposer un démonstrateur technologique connecté, qui servira au recyclage des déchets de bois avec de faibles taux d'adjuvants provenant de l'industrie de la construction. Ce démonstrateur permettra ensuite le développement d'une ligne de transformation complète des résidus de bois en carrelets de bois lamellé collé de manière industrielle, en intégrant des machines, des capteurs d'automatisation et des procédés. [33-34]
Composites imperméables	Valorisation matière	Aurora Material Solutions	États-Unis	L'entreprise fabrique des produits composites, tel que son produit Aurora Ecoplast fabriqué à partir de PVC et de bois. Ce mélange de polymères et de matériaux de renforcement, les fibres de bois, crée des propriétés thermiques et de traction qui offrent une rigidité accrue et une stabilité dimensionnelle supérieure. [35]
Isolants de bois	Valorisation matière	Soprema	France	La division française de Soprema a développé une gamme d'une douzaine de produits isolants de fibre de bois. Ces produits servent à l'isolation de toitures, de murs, de cloison et du sol, et conviennent à une isolation autant par l'extérieur que l'intérieur. La fibre de bois employée dans la fabrication des isolants en fibre de bois sous la marque PAVATEX® provient de copeaux provenant de scierie. [36]
		Best Wood Schneider	Allemagne	Les isolants de bois de la compagnie sont faits à partir de sous-produits de bois défibrés ou même de cellulose (pâtes et papiers) [37].
Palettes en bois	Réemploi	The Pallet Loop	Royaume-Uni	L'entreprise a élaboré son modèle d'affaires autour d'un programme de réutilisation des palettes, axé sur l'économie circulaire et la transformation pour le secteur de la construction [38].
	Recyclage	Éco palette	France	Cette initiative permet la récupération, le reconditionnement et la remise en service des palettes de bois. 98,5 millions de palettes sont collectées en France, dont 92 millions sont reconditionnés pour être remis à l'état de vente. [39]
		Southampton Wood Recycling	Royaume-Uni	La société fabrique du mobilier et d'autres objets à partir de palettes de bois. L'entreprise est membre du réseau de Community Wood Recycling UK. [40]

Débouché	Mode de gestion	Organisation / initiative	Pays	Description
Palettes en bois (suite)	Recyclage (suite)	Pfleiderer	Allemagne	Les origines des bois post-consommation utilisés dans la fabrication du panneau de particules sont les secteurs de CRD, ICI ou municipales. Le bois de palette (provenant des ICI) est considéré comme le bois le plus propre étant donné que les contaminants (clous, vis) sont facilement extraits du bois. Les pièces de bois solide, les panneaux de contreplaqué, d'OSB, de particules sont également acceptables. [41]
		Inka Palet et Gbloc	Europe	La palette moulée et le dé de palette moulé sont des produits commercialisés en Europe. Une partie des particules utilisées dans ces produits est du bois de post-consommation (probablement des vieilles palettes), mais l'origine exacte et la proportion ne sont pas clairement définies. Aussi, des contaminants comme des clous peuvent être présents. [42-43]
Panneaux de fibres	Recyclage	Unilin Group	Belgique	Développement d'une technologie permettant de récupérer les fibres de bois MDF et HDF et de les réutiliser pour fabriquer de nouveaux panneaux composés de 25 % de fibres recyclées d'ici 2030 [44].
		SPRWD Sofia Souidi	Allemagne	Panneaux de fibre de bois recyclée formés à partir d'un liant à base de caséine, une protéine du lait sans formaldéhyde, comme utilisée par la majorité de ses concurrents. Ce matériau peut être pressé afin de former des panneaux et des pièces moulées pouvant être utilisés pour l'architecture d'intérieur et la fabrication de meubles. Ce matériau se distingue par sa bonne recyclabilité en fin de vie utile. Cet exemple se démarque par l'utilisation d'une colle biosourcée alternative à celles employées actuellement dans l'industrie. [45]
		Coillte Group	Irlande	L'entreprise met en marché le produit <i>Medit Smartply</i> dont le bois provient des résidus de scieries avec une composition de 40 % de copeaux et de 60 % de résidus secondaires. Une combinaison est faite en associant des fibres de bois acétylées et la technologie de fabrication du MDF ou OSB. [46]
		SONAE	Portugal	Le fabricant de panneaux SONAE, parent de Tafisa au Québec, a mis au point la première ligne de fabrication de MDF à partir de MDF recyclé. Les nouveaux panneaux vont comprendre 70 % de contenu recyclé. Ce projet est rendu possible par la collaboration avec ANDRITZ, qui fournit les machines pour traiter à la vapeur le bois recyclé de manière continue. La collaboration entre les industriels et les équipementiers, en plus des systèmes de collectes efficaces établis localement et en réseaux, assurent un gisement intéressant de matières recyclées. Pour s'assurer d'un approvisionnement selon le cahier de charge – les industriels investissent directement dans les centres de recyclage. [47-48]
		Programme EcoReFibre	Europe	Le bois post-consommation peut être utilisé pour générer des fibres de bois qui sont ensuite agglomérées en panneau de fibres par un procédé sec ou humide. Ce débouché a été introduit sur le marché plus récemment que le panneau de particules, mais pourrait prendre une ampleur importante dans un avenir proche en Europe, grâce au lancement du programme « EcoReFibre ». [49]

Débouché	Mode de gestion	Organisation / initiative	Pays	Description
Panneaux de particules	Recyclage	Stilles	Slovénie	Les produits sont faits à partir de panneaux particules contenant 100 % de bois recyclé de post-consommation. Le bois utilisé est issu des panneaux de particules de la compagnie italienne Saviola, qui œuvre dans le meuble résidentiel. L'initiative de recyclage se base sur des grades de bois ordinaire, résistant au feu et imperméable. Il est toutefois intéressant de remarquer que pour la plupart des fabricants de panneaux, cette proportion ne dépasse pas 50 %, pour des raisons techniques et/ou économiques. En effet, les propriétés physicomécaniques sont affectées à la baisse suivant l'augmentation de la proportion du bois de post-consommation. [50]
	Valorisation matière	Fraunhofer WKI	Allemagne	Ce projet permet le développement et l'évaluation de scénarios futurs pour la commercialisation des déchets de bois (panneaux et meubles). Réutiliser le bois plusieurs fois est techniquement possible et économiquement intéressant, mais les produits fabriqués à partir de déchets de bois sont difficiles à commercialiser. Toutefois, les acheteurs potentiels doivent comprendre les avantages des produits à base de déchets de bois et pouvoir être sûrs que le bois de déchets a bien été utilisé. Ce projet vise donc à donner des recommandations d'action scientifiquement fondées en matière d'assurance qualité et de sensibilisation des utilisateurs finaux, par exemple à l'aide de certificats et de labels de qualité. L'objectif est d'augmenter la part de marché des produits à base de déchets de bois et de contribuer ainsi à la fois à l'utilisation efficace des matières premières et à la protection de l'environnement. [51]
		Swiss Krono	Suisse	L'entreprise fabrique ses panneaux de particules avec du bois de CRD et utilise un nouvel équipement qui permet d'augmenter la quantité de bois recyclé dans un panneau tout en maintenant les critères de qualité. Il reste toutefois à déterminer quel taux de contamination du bois est jugé acceptable pour être en mesure de traiter le bois reçu. [52]
Pièces et mobiliers en bois	Réemploi	Urban Lumber Co.	États-Unis	Récupère les arbres que la ville ou les gens coupent et en font des meubles [53].

4.2. PRODUITS À VALEUR AJOUTÉE

La notion de valeur ajoutée a déjà été abordée à la Section 2 en ce qui concerne les 3RV et l'économie circulaire, mais il apparaît important de définir clairement ce qu'est une valeur ajoutée dans le domaine économique. Pour ce dernier, la valeur ajoutée correspond à « la valeur augmentée d'un bien ou d'un service découlant de sa transformation » [54], c'est-à-dire qu'elle est la valeur supplémentaire d'un bien ou d'un service créée grâce à l'activité d'une entreprise. Par exemple, l'utilisation de résidus de bois de CRD pour le chauffage est identifiée comme une activité, un marché, à faible valeur ajoutée, car très peu de valeur a été ajoutée par d'autres activités de transformation. En revanche, le secteur de la construction est un secteur à plus haute valeur ajoutée, car les intrants consommés sont plus transformés que ceux consommés dans le secteur énergétique.

4.2.1. Analyse multicritère

Quatre critères discriminatoires ont été appliqués lors de la sélection des PVA pour l'analyse multicritère :

- Être considéré comme un PVA par l'équipe d'experts et le comité de suivi
- S'appliquer théoriquement aux résidus de bois propre de CRD
- Ne pas être un débouché de valorisation énergétique
- Avoir un potentiel d'implantation au Québec, ou d'optimisation, d'ici 2 ans

En effet, la liste de PVA (TABLEAU 1) étant exhaustive, ce premier tri a permis d'exclure les débouchés jugés moins pertinents pour cette étude et le TABLEAU 3 présente la liste des 11 PVA retenus et répondant à ces quatre critères discriminatoires. Des exemples d'entreprises appartenant aux filières de ces PVA sont présentés en ANNEXE 2. Bien que ces entreprises soient impliquées dans leur production, il n'est pas garanti qu'elles puissent s'approvisionner en résidus de bois de CRD ou même qu'elles utilisent du bois vierge (ex. : absorbants). De telles entreprises seront toutefois à impliquer dans le développement éventuel de nouveaux produits à base de ces résidus, considérant leur place dans leurs secteurs respectifs au Québec.

TABLEAU 3 Analyse multicritère - Produits à valeur ajoutée sélectionnés

Produit à valeur ajoutée
Panneaux
Bois d'ingénierie
Litière animale
Pyrolyse (valorisation matière)
Paillis horticole
Matériaux isolants
Matériaux composites
Revêtement de surfaces et fondation
Ensemencement hydraulique des bords de routes et d'autoroutes
Absorbants commerciaux ou industriels
Objets moulés

Définis conjointement par l'équipe d'experts et le comité de suivi, faisant appel à leur expertise respective, neuf critères ont été établis pour analyser de manière semi-qualitative les 11 PVA sélectionnés de façon à identifier jusqu'à 5 PVA à approfondir en étude de cas, favorisant les PVA ayant un résultat plus élevé. Avec ces neuf critères, trois domaines ont été analysés : économique, technique et environnemental. Comme illustré au TABLEAU 4, une échelle d'évaluation spécifique a été définie pour chacun des critères. À noter qu'il a été statué que les critères avaient une importance équivalente, de sorte qu'aucun facteur de pondération n'a été appliqué.

TABLEAU 4 Analyse multicritère - Critères et échelles d'évaluation utilisés

Critère	Question	Échelle
Demande (besoin)	À quels niveaux sont la demande, le besoin, l'état du marché et les tendances ? Y a-t-il une place pour des produits « verts » dans ce marché et quelle en est la perception ?	3 - Forte 2 - Moyenne 1 - Faible
Marché de commodité ou valeur ajoutée	Est-ce que le marché visé est sensible au prix (commodité) ou il est prêt à payer les efforts additionnels de R&D (valeur ajoutée) ?	3 - Valeur ajoutée 2 - Semi-commodité 1 - Commodité
Maturité du marché	Est-ce que la chaîne de valeur comporte déjà des joueurs ? Sont-ils ouverts à la collaboration, voire codévelopper et améliorer le produit ?	3 - Forte 2 - Moyenne 1 - Faible
Tonnage potentiel consommable par le débouché	Quelle est la capacité massique annuelle du débouché pour s'approvisionner en matières résiduelles ?	3 - Élevé (ex. 25 000 t/an et +) 2 - Moyen (ex. 1 000 à 25 000 t/an) 1 - Faible (ex. 1 000 t/an et -)
Proximité géographique des preneurs potentiels	Est-ce que la chaîne de valeur du PVA est assez dense pour limiter les besoins en transports ?	3 - 0 – 100 km 2 - 100 – 250 km 1 - + 250 km
Fiabilité et pérennité du débouché	Est-ce que la participation des parties prenantes du PVA est assurée dans le temps ?	3 - Élevée 2 - Moyenne 1 - Faible
Maturité technologique	Est-ce que la faisabilité technique du PVA a été démontrée ?	3 - Forte 2 - Moyenne 1 - Faible
Conditionnements préalables requis / Niveau de propreté requis (tolérance)	Est-ce que le PVA nécessite un conditionnement de la matière résiduelle ?	3 - Aucun / faible 2 - Moyen 1 - Élevé
Hierarchie des 3RV	Est-ce que le PVA est bien situé dans la hiérarchie des 3RV ?	5 - Réduction à la source 4 - Réemploi 3 - Recyclage 2 - Valorisation matière 1 - Valorisation énergétique

Bien que certains PVA semblaient intéressants à première vue, l'analyse a fait émerger des enjeux qui les ont écartés de la sélection. C'est le cas, notamment, de la litière animale et du paillis horticole, deux produits qui sont en contact direct avec le vivant. L'acceptabilité sociale des consommateurs est plutôt hermétique à l'idée d'introduire des résidus de CRD dans ces produits, contrairement à l'introduction des résidus de bois vierge qui est déjà en place.

De plus, ces deux PVA sont considérés comme étant des utilisations « autres » associées aux matières résiduelles fertilisantes (MRF). Ces dernières sont régies par le Règlement sur l'encadrement d'activités en

fonction de leur impact sur l'environnement (REAFIE) et de la LQE à travers le guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes et les lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage du MELCCFP [9-55-56-57]. L'utilisation de résidus de bois de CRD est actuellement considérée comme impropre au recyclage ou à la valorisation pour un débouché à titre de MRF. Ainsi, une preuve en bonne et due forme de la qualité du produit, entre autres de sa qualité environnementale, doit être faite par sa caractérisation détaillée et rigoureuse dans le cadre d'une autorisation ministérielle [56].

Ainsi, l'analyse multicritère a permis de sélectionner deux PVA à approfondir, soit les panneaux de particules et les isolants thermoacoustiques, par une étude de cas qui sera présentée à la section subséquente sous forme de fiche. Un troisième PVA potentiel, soit les absorbants industriels, avait été écarté, mais il sera tout de même présenté dans un format réduit de fiche.

4.2.2. Étude de cas

Le TABLEAU 5 présente la fiche d'étude de cas sur les panneaux de particules avec une brève description de ces panneaux, suivi de la description des procédés de fabrication. Se retrouvent ensuite les aspects techniques et environnementaux ainsi que les avantages, limites, défis et opportunités associés à l'utilisation de résidus de bois de CRD dans la composition de panneaux de particules, et, pour terminer, les opportunités de développement de tels panneaux sur le marché québécois.

TABLEAU 5 Panneaux de particules - Fiche d'étude de cas

PANNEAUX DE PARTICULES	
DESCRIPTION	
Présentation	<p>Le panneau de particules, ou panneau d'aggloméré est habituellement constitué de résidus ligneux générés au moment de la fabrication d'autres produits du bois ou à partir de résidus de CRD. Ce type de produit est reconnu pour sa densité, son uniformité ainsi que son prix avantageux par rapport aux autres produits de construction issus du bois. Il possède aussi une face lisse qui permet l'ajout d'un revêtement. Généralement, les résidus de bois de type Q1 sont employés. [58]</p>  <p>Image illustrant des panneaux de particules tirée de [58]</p>
Mise en contexte	<p>Le marché des panneaux de particules est de grande envergure en Amérique du Nord, en partie à cause de la diversité d'essences d'arbres et des vastes étendues boisées présentes sur le territoire [59]. Ce type de panneau possède plusieurs applications, particulièrement dans le secteur des matériaux de construction et architecture, notamment pour fabrication d'armoire de cuisine et de salle de bains, les meubles, les comptoirs. Puisque le bois utilisé pour ce type de panneau est déchiqueté en morceaux, il est possible d'accepter les résidus de bois sous différentes formes, ce qui en fait une option économique.</p>
PROCÉDÉ	
Étape 1	<p>Déchiquetage</p> <p>Les matériaux sont broyés en morceaux plus petits ou en granulats. Plusieurs types de broyeurs sont disponibles sur le marché soit les broyeurs à rouleaux, à meule, à disques, à tambour, à vis sans fin ou les broyeurs rotatifs à percussion. Le type de broyage ainsi que la puissance du moteur dépendront de la dureté et de la résistance mécanique du matériau ainsi que de la finesse granulaire désirée. [60]</p>  <p>Image tirée de [61]</p>

PANNEAUX DE PARTICULES

Étape 2	<p>Séchage au tambour</p> <p>Cette étape permet de réduire l'humidité présente dans les fibres de bois qui pourrait menacer l'intégrité structurante du panneau final, habituellement d'abaisser le taux d'humidité à 3 %.</p>  <p>Image tirée de [62]</p>
Étape 3	<p>Tamissage et tri</p> <p>Les particules de bois sont tamisées pour séparer les fibres selon leur taille et créer les différentes couches du panneau. Les fibres plus longues offrent une meilleure résistance au produit fini et les plus petits permettent un meilleur fini de surface.</p> <p>Une fois triées, les particules seront donc utilisées en fonction de leur taille : les particules fines serviront pour les couches externes du panneau et les particules grossières seront utilisées pour la couche centrale du panneau.</p>
Étape 4	<p>Encollage et formation du matelas</p> <p>Pour ce qui est de l'encollage, la colle ou la résine est appliquée aux particules de bois préalablement disposés dans un moule. À cette étape, des additifs de démoulage sont ajoutés pour faciliter le retrait du panneau du moule une fois la presse effectuée.</p> <p>En ce qui concerne la formation du matelas, les particules mélangées à la résine sont réparties sur une surface en couches : une couche interne de particules grossières et deux couches externes de particules fines pour obtenir une finition lisse. Le tout forme le matelas.</p>
Étape 5	<p>Pressage</p> <p>Cette étape permet le durcissement de la colle sous l'effet de l'augmentation de la pression et de la température.</p>
Étape 6	<p>Refroidissement et finition [63]</p> <p>Une étape de refroidissement à température ambiante est nécessaire avant de pouvoir procéder à la découpe, au sablage et à l'ajout d'une couche de revêtement ou de lamination.</p>

ASPECTS TECHNIQUES

Matières acceptées	<ul style="list-style-type: none"> • Bois pur avec le moins de contamination possible ; • Toutes les essences de bois sont acceptées ; • Spécifications techniques peuvent varier selon le fabricant ; • Pas de bois peint, teint, verni ou avec un revêtement de surface (Q2) ou de bois traité (Q3) • Bois sec privilégié.
Principales matières résiduelles générées	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de fines particules ; • Perte de matière lors de la finition : sablage et découpe ; • Émissions de formaldéhyde ; • Rejets issus du conditionnement : clous, vis, peinture, colles et autres matières différentes du bois.
Prétraitement ou conditionnement nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> • Décontamination du bois ; • Broyage pour atteindre 2,5 cm et moins ; • Séchage lorsque nécessaire.
Autres paramètres critiques	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin d'un bon ratio bois dur / bois mou ; • Présence de fibres longues pour assurer le caractère structurant du panneau ; • Obtention d'un mélange homogène d'essences de bois dans le produit fini, si plusieurs sont présentes.

PANNEAUX DE PARTICULES

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Hiérarchie 3RV	<ul style="list-style-type: none"> Recyclage
Exigences réglementaires	<ul style="list-style-type: none"> Règlement sur les émissions de formaldéhyde provenant des produits de bois composite (découlant de la loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE) [1999]) : définition de limites d'émissions, tenue de registre, étiquetage et production de rapports [64]. Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère [65] : <ul style="list-style-type: none"> Une usine de fabrication de produits de bois, pour l'ensemble de ses procédés, ne peut émettre des matières particulaires dans l'atmosphère plus de 2,5 kg par heure, sauf si la concentration de particules est inférieure à 50 mg/m³R (art. 153, al.1). Une installation de fabrication de panneaux particules [...], ou de fibres de bois qui contiennent ou qui sont imprégnés de colles à base de formaldéhyde ne doit pas émettre du formaldéhyde en concentration supérieure dans l'atmosphère à 37 µg/m³ sur une période de 15 minutes consécutives [...] (art. 153, al. 2).

AVANTAGES, LIMITES, DÉFIS ET OPPORTUNITÉS

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Maturité du marché ; Présence d'un secteur forestier développé au Québec (scieries - copeaux) ainsi que la présence de deux des plus importants fabricants de panneaux de particules en Amérique du Nord ; Fiabilité des débouchés ; Présence d'une forte demande pour les produits ; Grande capacité de production au Québec ; Plusieurs applications pour le produit fini ; Choix économique et durable.
Limites	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilité à la dilatation et à la décoloration lorsque le panneau n'a pas subi de traitement ou de couche de revêtement.
Défis	<ul style="list-style-type: none"> Approvisionnement : atteinte d'une qualité élevée de résidus de bois CRD ; Identification des obstacles à l'introduction de fibres recyclées dans la chaîne de valeur.
Opportunités	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation du volume de production du bois de CRD de meilleure qualité ; Croissance des recherches académiques sur l'amélioration des formulations de colles ; Augmentation de la demande en matière recyclée exigée par les architectes et les constructeurs, Exigence de certaines certifications environnementales (par exemple, la certification <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> (LEED)), en termes de choix de matériaux recyclés et pour la gestion des matières résiduelles [66] ; Hausse de la demande venant de la clientèle pour des éco matériaux.

DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL

Acteurs locaux	<ul style="list-style-type: none"> L'entreprise Tafisa fabrique le TAFIPAN-EVOLO, conçu strictement à partir d'une fibre de bois résiduel recyclé [67]. Uniboard offre le produit NU Green 2, qui est fabriqué à partir de 100 % de fibres de bois recyclé ou récupéré post-consommation. Ces entreprises rejoignent le marché canadien autant que le marché américain. Ce faisant, des collaborations sont déjà en place, avec des joueurs bien établis, qui produisent également des panneaux laminés, ce qui crée de la valeur ajoutée au-delà du simple panneau. FP Innovations est un OSBL de R&D qui œuvre auprès des entreprises de l'industrie forestière pour améliorer la performance de leurs activités. Leur champ d'action s'étend à l'ensemble de la chaîne de valeur des produits de bois. Le Corepan-Bois est un consortium de recherche sur les panneaux composites à base de bois associé à l'Université de Laval qui a entre autres pour mission de contribuer à l'avancement de la recherche entourant les panneaux composites de bois. Ce consortium réunit certains acteurs du secteur du bois œuvrant dans l'industrie, le gouvernement provincial, les universités et autres organismes de recherche [68].
-----------------------	---

PANNEAUX DE PARTICULES	
Chaîne de valeur locale	<ul style="list-style-type: none"> • Joueurs locaux déjà impliqués dans des démarches de développement durable ; • Collaborations locales existantes ; • Un travail commun de R&D en réponse aux exigences du marché. • Une limite est présente quant à la distance maximale d'approvisionnement en particules. Effectivement, à cause de la faible masse volumique des fibres, il n'est pas rentable pour les entreprises de s'approvisionner au-delà d'une certaine distance de leur usine. Cette contrainte constitue donc un levier pour l'approvisionnement local.
Maturité de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Élevée ; • Plateforme d'innovation pour les panneaux ; • Actuellement, les liants utilisés en Amérique du Nord sont majoritairement à base de formaldéhyde, mais en Europe des liants à base d'eau sont développés et la technologie serait transférable au marché nord-américain.
Demande et marché	<ul style="list-style-type: none"> • Marché mondial de 20 milliards \$ US en 2023 ; • Marché Amérique du Nord de 5 milliards \$ US en 2023 ; • Grand volume de matière première résiduelle disponible ; • Marché d'exportation ; • Marché en croissance ; • Construction, rénovation et autres applications.

La fiche d'étude de cas sur les isolants thermoacoustiques, disponible au Tableau 6, débute par un propos général portant sur les isolants thermoacoustiques, ainsi qu'une description des procédés de fabrication menant à l'obtention d'un tel isolant de fibres de bois. Puis, les aspects techniques et environnementaux sont présentés, ainsi que les avantages, limites, défis et opportunités associés à l'utilisation de bois de CRD dans la composition d'isolants thermoacoustiques. Pour remplir la fiche, les opportunités de développement commercial sur le marché québécois sont mises de l'avant.

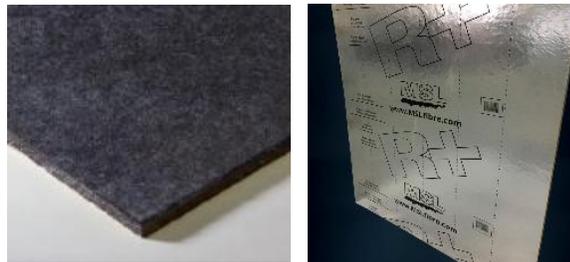
TABLEAU 6 Isolants thermoacoustiques - Fiche d'étude de cas

ISOLANTS THERMO-ACOUSTIQUES	
DESCRIPTION	
Présentation	<p>Le bois utilisé pour la fabrication des isolants provient majoritairement des sous-produits de scieries résineuses. Les fibres de bois sont obtenues par un procédé de défibrage mécanique accompagné d'un prétraitement à la vapeur ou encore par procédé thermomécanique. Une variété de produits isolants, adaptés à diverses applications et divers formats allant du vrac, à la laine en passant par des panneaux aux densités variables, est issue de la transformation des fibres de bois. Certains isolants de fibres de bois possèdent une grande souplesse qui justifie la qualification de ces produits de laine de bois.</p> <p>Cette fiche détaillera principalement le panneau de fibres de bois qui se compose d'un aggloméré de fibres de bois et d'un liant comme la lignine ou le polyester. Le produit extrant se retrouve généralement sous forme de panneau où la fibre de bois a des propriétés similaires à une membrane GORE-TEX : une bonne résistance thermique, en plus de protéger contre le vent et de réguler l'humidité.</p> <p>Ce type d'isolant, sous sa forme souple, est réservé pour l'isolation intérieure des murs et de la toiture, alors que la fibre de bois rigide sert à l'isolation extérieure, ainsi que la toiture, lorsque traitée contre les intempéries. Ces panneaux peuvent aussi être formés de fibre de bois et d'asphalte ou d'aluminium pour améliorer la résistance contre les intempéries [69]. Cet hybride est peu répandu au Québec, mais certains fabricants canadiens, tels BP Canada et MSL, le mettent en marché.</p>

ISOLANTS THERMO-ACOUSTIQUES



Images d'un isolant de laine de bois et d'un isolant de fibres de bois rigide, tirées de [70]



Images d'un panneau de fibres de bois imprégnées d'asphalte et d'un panneau de fibres de bois recouvert d'aluminium, tirées de [71-72]

Mise en contexte

Ce type d'isolant connaît une popularité en hausse puisqu'il s'agit d'une option limitant les dommages à l'environnement, comparativement à la laine d'isolation minérale ou la fibre de verre [73]. Cette option écologique n'impose pas de compromis quant à ses propriétés puisqu'elle procure tout de même une excellente isolation thermique et acoustique. Voici quelques faits saillants entourant le marché des isolants thermoacoustiques de fibre de bois :

- Le segment de marché des isolants en fibre de bois commence à faire ses marques par l'intervention d'entreprises établies et reconnues (certification, marketing, etc.) ;
- Le marché permet un approvisionnement local avec des perspectives d'exportations en Amérique du Nord.

PROCÉDÉS

Procédés

Afin d'obtenir un panneau de fibre de bois, deux méthodes sont possibles. Le procédé humide génère un produit formé de plusieurs couches d'une épaisseur de 10 et 25 mm, qui peuvent être assemblées et collées ensemble pour former des isolants plus épais. Puis, le procédé à sec donne un panneau formé d'une seule couche.

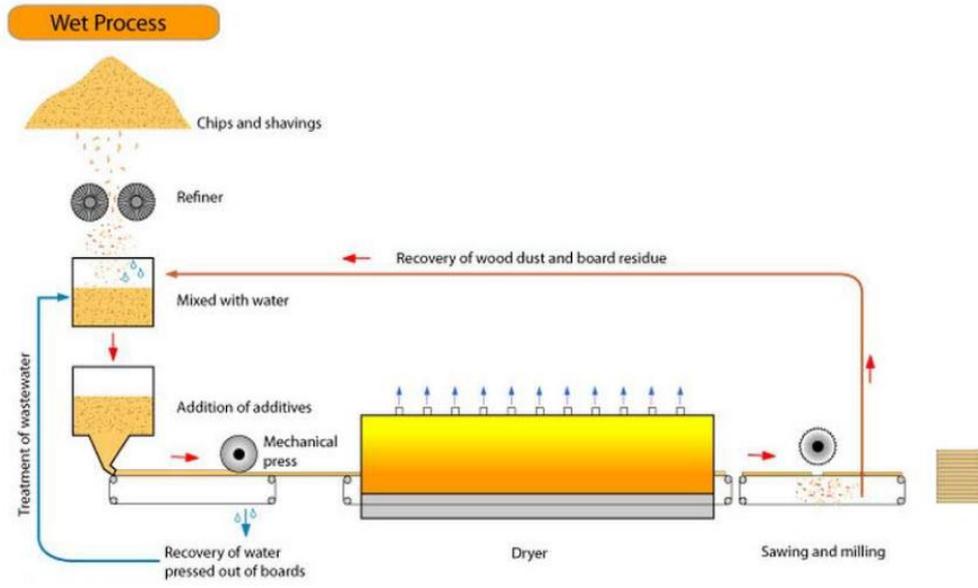
- Le procédé à sec présente une meilleure performance environnementale comparativement au procédé humide, puisqu'il demande une moins grande quantité d'énergie au séchage et ne génère pas d'eaux usées.
- Le type d'agent liant déterminera la souplesse du panneau final.

Procédé humide

Le procédé humide est composé des étapes suivantes [74] :

- 1) Défibrage des copeaux de bois ;
- 2) Ajout de l'eau aux fibres ;
- 3) Ajout d'additifs ;
- 4) Pressage des fibres pour former les panneaux ;
- 5) Séchage des panneaux dans des fours ;
- 6) Découpe des panneaux pour obtenir la taille souhaitée.

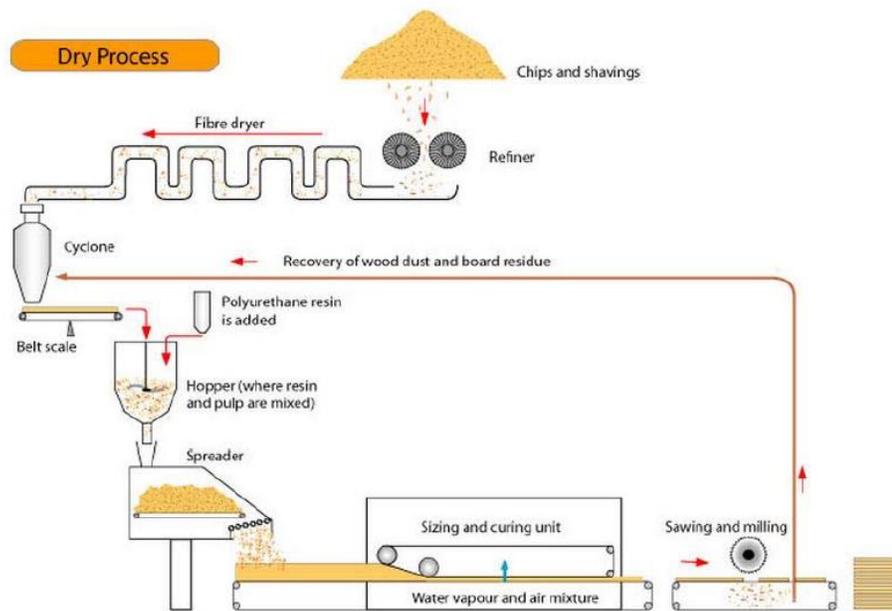
ISOLANTS THERMO-ACOUSTIQUES



Procédé à sec

Le procédé à sec est composé des étapes suivantes [74] :

- 1) Défibrage des copeaux de bois ;
- 2) Séchage des fibres pour atteindre une humidité inférieure à 6 % massique ;
- 3) Ajout d'un agent liant ;
- 4) Durcissement de l'agent liant (polymérisation) ;
- 5) Découpe des panneaux pour obtenir la taille souhaitée.



ASPECTS TECHNIQUES

Matières acceptées

- Bois pur sans contaminants ;
- Dimensions entre 16 mm et 95 mm ;
- Essences d'arbres de type résineux : les feuillus ont une densité plus élevée ce qui contribue à la diminution des propriétés mécaniques.

ISOLANTS THERMO-ACOUSTIQUES

Produit(s) et/ou matière(s) résiduelle(s) générée(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Poussière de bois en suspension lors du processus de transformation ; • Additifs et leurs contenants.
Prétraitement ou conditionnement nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> • Décontamination ; • Broyage aux dimensions adéquates ; • Séchage si nécessaire.
Autres paramètres critiques	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin d'un bon ratio bois dur / bois mou

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Hiérarchie 3RV	<ul style="list-style-type: none"> • Recyclage
Exigences réglementaires	<ul style="list-style-type: none"> • Règlement sur les émissions de formaldéhyde provenant des produits de bois composite (découlant de la LCPE) : définition de limites d'émissions, tenue de registre, étiquetage et production de rapports [64]. • Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère [65] : <ul style="list-style-type: none"> ○ Une usine de fabrication de produits de bois, pour l'ensemble de ses procédés, ne peut émettre des matières particulaires dans l'atmosphère plus de 2,5 kg par heure, sauf si la concentration de particules est inférieure à 50 mg/m³R (art. 153, al.1). ○ Une installation de fabrication de panneaux particules [...], ou de fibres de bois qui contiennent ou qui sont imprégnés de colles à base de formaldéhyde ne doit pas émettre du formaldéhyde en concentration supérieure dans l'atmosphère à 37 µg/m³ sur une période de 15 minutes consécutives [...] (art. 153, al. 2).

AVANTAGES, LIMITES, DÉFIS, OPPORTUNITÉS

Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Alternative biosourcée aux isolants thermoacoustiques usuels ; • Haute performance environnementale et technique de l'isolant ; • Le secteur de CRD génère principalement des résidus de bois résineux, issus du bois d'œuvre, ce qui est favorable pour la production de fibres de bois isolantes.
Limites	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilité aux contaminants ; • Les fibres courtes ne sont pas suffisantes, une certaine quantité de fibres longues doit être présente.
Défis	<ul style="list-style-type: none"> • Obtention d'un certain niveau de qualité du bois valorisé issu de CRD ; • Prise en compte de la gestion en fin de vie des panneaux, particulièrement pour les colles utilisées ; • Enjeu d'espace d'entreposage chez les entreprises qui effectuent le processus de traitement préalable du bois, ce qui affecte leur capacité d'offrir une matière uniforme tout au long de l'année.
Opportunités	<ul style="list-style-type: none"> • Les architectes et les constructeurs vont exiger de plus en plus de matières recyclées ; • Les clients demandent davantage de solutions écoresponsables ; • Potentiel de développement du segment de marché des isolants issus de CRD, entre autres avec Saint-Gobain, une société française, qui possède un objectif de neutralité carbone d'ici 2050 ; • Offre limitée de panneaux recyclée sur le marché actuel.

DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL

Acteurs locaux	<ul style="list-style-type: none"> • MSL, une entreprise québécoise d'envergure, utilise déjà du bois de CRD pour son produit SONOclimat ECO4, un panneau isolant thermoacoustique en fibre de bois ; • La société Produit de construction BP est un autre joueur intéressant présent au Québec dans le secteur des isolants de bois. L'entreprise se positionne maintenant sous le giron de Saint-Gobain ;
Chaîne de valeur locale	<ul style="list-style-type: none"> • Joueurs locaux déjà impliqués dans des démarches de développement durable ; • Collaborations locales existantes ; • Un travail commun de R&D en réponse aux exigences du marché.

ISOLANTS THERMO-ACOUSTIQUES	
Maturité de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> Bonne maturité : les procédés sont à l'étape de la commercialisation, même si encore peu répandus ; En mai 2024, Saint-Gobain a établi un partenariat avec Timber HP au Maine (aux États-Unis), qui est un pionnier dans la R&D et le marketing de ce type de panneaux.
Demande et marché	<ul style="list-style-type: none"> Taille du marché nord-américain conventionnel : 13 milliards \$ US en 2023, dont près de 10 milliards \$ US est attribuable aux États-Unis. Une croissance de 6,6 % est anticipée sur la période 2024 – 2030 pour le marché états-unien. Ce taux croissant s'explique, entre autres, par le fait que ce marché est étroitement lié à celui de la construction, actuellement en essor grâce au besoin en infrastructures et en logements. Marché des isolants biosourcés en Amérique du Nord : 4 milliards \$ US en 2023 ; Marché des panneaux acoustiques en Amérique du Nord : 1 milliard \$ US en 2023 ; Actuellement, les parts de marché des isolants de fibre de bois sont faibles, mais représentent un potentiel d'exploitation intéressant à cause de l'important volume de matière générée ; Le marché des isolants en fibre de bois possède peu de joueurs qu'il est difficile de le quantifier. Présence d'un marché pour l'exportation des produits ; Clients demandent des solutions écoresponsables ; Peu de joueurs sur le marché nord-américain.

Le TABLEAU 7 ci-dessous présente la fiche d'étude de cas sur les absorbants industriels. D'abord, une description des fonctions primaires ainsi que la composition traditionnelle des absorbants industriels sont présentées. Pour continuer, les aspects environnementaux suivis des défis et opportunités associés à l'introduction de résidus de bois de CRD dans la composition d'absorbants industriels sont détaillés. Puis, les opportunités de développement commercial de tels absorbants sur le marché québécois sont introduites. Il est à noter que, comparativement aux deux fiches précédentes, les procédés, les aspects techniques et les exigences réglementaires ne sont pas détaillés pour ce débouché.

TABLEAU 7 Absorbants industriels - Fiche d'étude de cas

ABSORBANTS INDUSTRIELS	
DESCRIPTION	
Présentation [76]	<p>Un absorbant industriel est une matière conçue pour récupérer une multitude de liquides industriels. Le principe est que le liquide à éliminer progresse par capillarité dans l'absorbant, jusqu'à ce dernier soit saturé. Différents types d'absorbants sont nécessaires selon le type de liquide à récupérer. Il existe donc 2 types d'absorbants : les hydrophiles, qui absorbent l'eau, et les hydrophobes, qui sont particulièrement efficaces pour les corps huileux ou gras. Les absorbants hydrophobes sont souvent employés pour absorber les déversements d'hydrocarbures en contact avec l'eau puisque l'absorbant ne retiendra que le liquide déversé sans absorber l'eau.</p> <p>Traditionnellement, les absorbants industriels sont faits de minéraux sous forme de poudre alors que les absorbants synthétiques peuvent être présents sous forme de feuille, ou de boudins.</p> <p>Au Québec, selon la codification du Règlement sur les matières dangereuses, les absorbants contaminés par des huiles usées, des hydrocarbures inflammables, des matières corrosives, des matières lixiviables et des matières toxiques sont considérés comme des matières résiduelles dangereuses et doivent être gérés ainsi en fin de vie [77]. Cependant, selon le contaminant, comme les huiles usées, il pourrait être envisagé d'être utilisé en tant que combustible alternatif pour les cimenteries[78].</p>
Mise en contexte	<p>Le marché des absorbants industriels est diversifié et la plupart des industries qui utilisent des absorbants industriels œuvrent dans le pétrole et le gaz, l'agroalimentaire, le secteur manufacturier, pétrochimique, pharmaceutique, automobile, la protection de l'environnement (déversement), etc.</p> <p>Aussi, de plus en plus de solutions écologiques sont disponibles grâce aux nouvelles avancées en développement de produits, aux politiques internes de développement durable, à une réglementation de plus en plus stricte sur l'émission de contaminants dans l'environnement et sur la santé et la sécurité des employés (exposition aux contaminants chimiques).</p> <p>Le marché américain des absorbants industriels est de 1 milliard \$ US et de plus de 5 milliards \$ US au niveau mondial. Dans ce marché, il existe maintenant une catégorie appelée <i>Natural Industrial Absorbents</i>.</p>

ABSORBANTS INDUSTRIELS	
	<p>Certains fabricants/distributeurs d'absorbants industriels au Québec pourraient être intéressés à discuter des perspectives de développement de nouveaux produits à base de bois CRD tels que Produits Lépine et Sylprotec.</p> <p>Puis, certaines entreprises développent des absorbants industriels à base de cellulose « naturelle et biologique ». C'est le cas de PurAbsorb développé par Finite Fiber (Ohio – É.-U.), tel qu'identifié dans le Tableau 2 [23]. À noter que le développement de ce secteur requiert une expertise en procédé chimique dans la chaîne de valeur, ce qui n'est pas nécessairement le cas des fabricants ou distributeurs d'absorbants au Québec.</p>
ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	
Hiérarchie 3RV	<ul style="list-style-type: none"> Recyclage
DÉFIS ET OPPORTUNITÉS	
Défis	<ul style="list-style-type: none"> Produit qui doit répondre à plusieurs spécificités, et les choix de conceptions doivent prendre en compte l'interaction avec une variété de matières absorbées. Développer une poudre absorbante spécifique à partir des fibres de bois CRD.
Opportunités	<ul style="list-style-type: none"> Évaluer l'intérêt des fabricants dans le développement d'un produit écoresponsable qui utilise le bois de CRD Identifier les chaînons manquants dans la chaîne de valeur (développement de la fibre de bois selon les spécifications, ex. : Finite fiber issue du secteur chimique) L'article 70.5.1 de la LQE stipule qu'un rejet accidentel de matières dangereuses dans l'environnement doit être récupéré sans délai par le responsable et doit retirer toute matière qui n'est pas nettoyée ou traitée sur place [8]. Cet article fait entre autres référence aux absorbants industriels, puis qu'ils constituent un moyen efficace de récupérer un déversement.
DÉVELOPPEMENT COMMERCIAL	
Acteurs locaux potentiels	<ul style="list-style-type: none"> Produits Lépine, distributeur situé à Terrebonne et à Saint-Hyacinthe Sylprotec, distributeur situé à Montréal
Chaîne de valeur locale	<ul style="list-style-type: none"> Joueurs locaux sensibles au développement durable Écosystème moins mature que les autres PVA et donc à mettre en place Collaboration des joueurs dans la chaîne de valeur ajoutée : un travail commun de R&D/tests et de réponse aux exigences du marché
Maturité de la technologie	<ul style="list-style-type: none"> La technologie d'absorbants à base de cellulose est encore une technologie émergente et l'utilisation de bois de CRD n'a pas encore été prouvée efficace pour les absorbants industriels.
Demande et marché	<ul style="list-style-type: none"> Taille du marché des absorbants industriels américains est de 1 milliard \$ US Présence d'un marché d'exportation Demande grandissante due à la conscientisation de la clientèle et même des employés des usines Utilisé par plusieurs industries Demande croissante pour des produits écologiques Réglementation et sécurité imposées par les ministères et l'industrie

4.2.3. Technologies de tri

Puisque le tri est une étape essentielle à la valorisation des résidus de bois, il a été jugé opportun de synthétiser les différentes technologies de tri. L'expertise du SEREX a été ici particulièrement mise à profit. Dans le cas présent, le tri consiste à séparer les fibres de bois des autres matières résiduelles qui se retrouvent dans les résidus de CRD mixtes. Afin d'améliorer l'efficacité de cette étape, des technologies de tri ont été développées et, au Québec, Machinex, Waste Robotics et Sherbrooke OEM en sont les principaux fabricants. Le TABLEAU 8 présente les technologies disponibles, pour la plupart, dans les CDT québécois.

TABLEAU 8 Technologies de tri

Technologie de tri	Description
Tri manuel	Les travailleurs effectuent un tri initial pour retirer manuellement les éléments indésirables (matériaux dangereux, encombrants ou volumineux). Cette méthode est souvent utilisée pour le tri grossier en début de processus. [79]
Tri mécanique	Des machines sont utilisées pour séparer automatiquement les matériaux en fonction de leurs caractéristiques physiques (masse, taille, densité, type de matière). [7]
Séparateurs magnétiques	Un électro-aimant puissant extrait les métaux ferreux (acier, fer) des autres matériaux. [80]
Séparateurs à courants de Foucault	Un champ magnétique est utilisé pour repousser les métaux non ferreux (aluminium cuivre), les séparant du flux de matériaux [81].
Crible rotatif (tamis)	Un tambour rotatif, à mailles de différentes tailles, trie les matériaux selon leur granulométrie. Les petits matériaux tombent à travers les mailles tandis que les plus gros sont évacués à l'extrémité basse du crible. [82]
Séparateurs balistiques	Ce système sépare les matériaux légers (plastique, papier) et lourds (béton, bois) à l'aide de mouvements oscillatoires. Il permet aussi un tri des corps plats tels que les papiers, cartons, plastiques et autres fibres, des corps creux comme les bouteilles de plastique et les contenants de tout type de matière ainsi que les particules fines. [83]
Tri optique (par capteurs)	Des caméras, des capteurs infrarouges ou des lasers sont utilisés pour identifier des matériaux en fonction de leurs propriétés optiques (couleur, composition chimique). Les capteurs détectent le matériau, et des jets d'air comprimé les éjectent dans la bonne direction. [84]
Flottation (séparation par densité)	Les matériaux sont immergés dans un réservoir d'eau ou un autre liquide. Les matériaux flottants (bois, plastique) sont séparés des matériaux lourds (béton, verre) qui coulent. [85]
Tri par air comprimé ou pneumatique	Des jets d'air comprimé sont utilisés pour pousser les matériaux légers dans un flux d'air qui les sépare des matériaux plus lourds. [79]
Tri robotisé	Des bras robotisés équipés de capteurs avancés, tels des capteurs optiques, permettent de reconnaître certaines matières et de les déplacer vers une zone où est regroupée la matière de même catégorie. Le robot peut être accompagné de technologies d'intelligence artificielle (IA), utilisées pour identifier et trier les matériaux en fonction de leur composition qui apprend à différencier les matières similaires qui peuvent se présenter sous différentes formes. Ces robots intelligents sont aussi en mesure de retirer les clous, les agrafes et les vis qui peuvent se retrouver dans le bois. [86]

D'autres technologies de tri restent pour l'instant émergentes ou à venir sur le territoire québécois:

- Tri par IA et apprentissage machine ;
- Capteurs hyperspectraux ;
- Techniques de tri à la robotique collaborative.

L'emploi de ces technologies émergentes a permis une amélioration considérable de l'efficacité du recyclage. Les recycleurs sont désormais en mesure de traiter plus rapidement de plus grands volumes et d'obtenir une meilleure pureté du tri, augmentant ainsi la quantité et la qualité de matériaux pouvant être recyclés, en leur conférant une plus grande valeur de revente. Cette amélioration du tri signifie aussi que moins de matériaux à haut potentiel finissent à l'enfouissement [87]. Toutefois, ces technologies de fine pointe sont dispendieuses et semblent encore peu répandues dans les CDT de résidus CRD. Effectivement, ces technologies sont actuellement présentes sur le marché québécois pour le tri des résidus issus de la collecte sélective, mais dans les CDT des résidus de CRD, la technologie est plus rudimentaire.

Les entrevues avec Matrec, MSL et Écotri Désourdy montrent que les technologies communément employées pour trier et conditionner les résidus CRD sont les broyeurs, les tamiseurs et les électro-aimants. Effectivement, les broyeurs à rouleaux ou à marteaux permettent de réduire la taille de la matière, préalablement séparée en Q1 et Q2, de sorte à faciliter la séparation des éléments ferromagnétiques (vis, clous et agrafes) par les électro-aimants. La matière, quant à elle, est séparée selon la granulométrie obtenue : la matière avec une grande cohésion conservera des granules de tailles plus importantes (tel le

bois) et la matière avec une plus faible cohésion (tel le gypse) atteindra de plus fines poussières. Cette différence granulométrique permettra ensuite de tamiser la résultante et de séparer les diverses matières, moyennant un certain niveau de contamination inférieur à 5 % massique pour le bois de qualité Q1 et entre 10 et 15 % massique pour le bois de qualité Q2. Or, le critère de qualité de reprise des fabricants se trouve à 3 %, et c'est pourquoi des quantités de matières triées et reconditionnées ne sont pas acceptées par les acheteurs.

D'abord, cette façon de recycler le bois permet de ne décontaminer que partiellement la matière. En effet, seulement les contaminants physiques sont retirés et les contaminants chimiques, présents dans le bois de type Q2, y sont toujours. Ensuite, cette méthode est adaptée pour les débouchés qui demandent une petite taille granulaire, comme les panneaux de particules ou les isolants thermo-acoustiques, mais d'autres débouchés du réemploi pourraient nécessiter de conserver le bois sous forme de planche, telle la fabrication de meuble ou la réintroduction comme bois d'œuvre en chantier.

Pour répondre à ce besoin, la compagnie Urban Machine a développé une machine pilotée par l'intelligence artificielle capable d'analyser une planche de bois afin de repérer les différents types d'attaches métalliques qu'elle contient et de procéder au retrait de ce type de contaminant, laissant ainsi la planche de bois intacte. Cette technologie est encore seulement disponible à petite échelle dans l'ouest des États-Unis, mais présente un fort potentiel afin de réintroduire le bois, et ce plusieurs fois, dans le cycle de production, ce qui offre une plus grande valeur ajoutée au bois recyclé [88].

4.3. PRINCIPAUX CONSTATS DE L'ANALYSE DE PRODUITS À VALEUR AJOUTÉE

À l'instar des deux autres analyses présentées précédemment, l'analyse de débouchés potentiels pour les résidus de bois propre de CRD au Québec a identifié la faible qualité de ces résidus comme étant le défi majeur pour sa valorisation, puisqu'ici plusieurs débouchés s'y intéressent et en même temps son approvisionnement est limité.

En effet, actuellement, la quantité de résidus de bois de CRD générée est de qualités diverses et des transformateurs d'envergure seraient à même d'utiliser une plus grande quantité de résidus de bois de CRD s'ils étaient de meilleure qualité, s'ils étaient « propres ». Ceci représente une opportunité intéressante pour développer un créneau, puisque la qualité d'un gisement influence le prix. Cela contribuerait positivement à la pérennité et la faisabilité économique qui passe souvent aussi par une quantité critique à atteindre.

La solution ne réside pas à augmenter la capacité de production d'un seul PVA, comme les panneaux de particules, mais bien de diversifier la production des autres PVA potentiels et d'avoir des gisements de qualité en quantité suffisante pour répondre à la demande actuelle.

De manière plus spécifique, selon l'analyse de marché, il est préférable de partir de la demande existante plutôt que de développer un nouveau produit sans avoir la garantie qu'une demande est présente sur le marché. L'exigence des acheteurs à mieux connaître les impacts des PVA et de leur fin de vie, par une analyse de cycle de vie par exemple, et la popularité grandissante pour les matériaux de construction biosourcés ou avec un contenu en bois recyclé (isolants, revêtements extérieurs, pare-vapeur, etc.) sont de plus à considérer. Il est aussi plus facile de débiter avec une filière établie, comme celle du bâtiment, que de regarder les PVA à la pièce dans certains segments ici et là.

5. RECOMMANDATIONS

Les diverses étapes et analyses de la présente étude ont permis d'identifier les défis et les opportunités en lien avec la valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec. Ceci a permis d'émettre des recommandations éclairées visant à optimiser la valorisation à court et moyen terme de ces résidus.

Les recommandations à l'égard des constats de l'étude seront présentées en deux temps, soient la présentation d'un système optimisé de classification des résidus de bois suivi des stratégies recommandées à mettre en place.

5.1. SYSTÈME OPTIMISÉ DE CLASSIFICATION DES RÉSIDUS DE BOIS

Comme mentionné à la Section 2, le système traditionnel de classification peut être source de confusion pour les acteurs du milieu. Une refonte de ce système permettrait donc d'améliorer l'efficacité des échanges d'information entre les parties prenantes et de renforcer les engagements de chacun, ce qui peut ultimement mener à un meilleur taux de valorisation des résidus de bois propre CRD.

Dans cette optique, le CTTÉI a mené plusieurs démarches pour concevoir un système de classification optimisé pouvant remplacer le système traditionnel.

Pour y parvenir, une collecte d'informations spécifiques sur les systèmes de classification a été menée. Cela s'est fait par une revue de la littérature et, surtout, par la collecte de commentaires d'acteurs de l'industrie lors d'entrevues individuelles semi-dirigées et lors des groupes de discussion, tel que présentés à la Section 1.

Plusieurs points importants ont été révélés par ces démarches et se synthétisent ainsi :

- Le nouveau système doit demeurer très simple pour faciliter son adoption par les acteurs terrain ;
- La nature de la contamination est décisive sur les débouchés potentiels puisqu'elle permet de définir quels conditionnements seront nécessaires et si la présence de contamination affecte les produits finis ;
- Le taux de contamination est aussi une information critique, puisqu'elle informe sur le temps et l'énergie à déployer pour permettre aux résidus de se faire transformer. Plusieurs preneurs utilisent déjà un indicateur du taux de contamination dans leurs contrats de collecte de résidus ;
- L'état géométrique des résidus est le dernier élément critique à considérer pour valider l'accès aux débouchés potentiels. Il faut donc prendre en considération que les dimensions d'un résidu de bois ne puissent être que réduites, que ce soit par des procédés de découpe, de déchiquetage ou de broyage :

Retailles → Copeaux → Sciures

Ainsi, certains débouchés ne seront accessibles que pour les résidus qui respectent les dimensions requises. Par exemple, des copeaux de bois broyés en sciures ne pourront plus être utilisés dans la fabrication de panneaux de bois aggloméré, alors que ce débouché aurait été accessible avant le broyage. D'autres débouchés, tel que la fabrication de matériaux composites, seront accessibles pour l'ensemble des résidus de bois, puisqu'il sera toujours possible de les conditionner pour obtenir les sciures aux dimensions requises.

Le CTTÉI s'est donc basé sur ces quatre points incontournables pour concevoir un système de classification qui respecte les besoins des acteurs terrain. Il est à noter qu'une telle classification en lien avec les besoins du marché se voit complémentaire avec les normes et les exigences environnementales qui peuvent nécessiter l'identification plus spécifique de certains contaminants par des analyses poussées.

La structure de ce nouveau système de classification va comme suit dans l'identification du gisement :

- a. Condition du gisement
- b. Identification du premier contaminant ou affirmation de l'absence de contaminant
- c. Taux de contamination du premier contaminant, si disponible
- d. Identification du deuxième contaminant si applicable et de son taux de contamination, si disponible
- e. Ainsi de suite pour l'identification des contaminants et de leurs taux de contamination

Voici plus de détails à propos de chacun des éléments de cette structure.

5.1.1. Condition

Selon les informations collectées par le CTTÉI, voici, au TABLEAU 9, les principales conditions auxquelles les résidus de bois peuvent correspondre.

TABLEAU 9 Système de classification proposé - Conditions d'un gisement

Condition	Notes
Retailles	Résidus de bois issus de la découpe ou du rejet de produits de bois. Les résidus n'ont pas été soumis à des procédés de conditionnement.
Copeaux	Résidus de bois issus du broyage de bois en copeaux.
Sciures et poussières	Résidus de bois issus de la découpe ou l'usinage du bois et qui sont normalement gérés par aspiration, donc collectés dans un conteneur prévu à cet effet.
Mixte	Combinaison de plusieurs conditions de résidus de bois dans un même gisement. Il est ici recommandé de préciser quelles conditions sont présentes au lieu de simplement écrire « mixte », lorsque ces conditions sont connues.

La condition est donc indiquée au début de l'identification du gisement.

5.1.2. Contamination

Le TABLEAU 10 ci-dessous présente une liste des contaminants typiquement retrouvés parmi les résidus de bois. L'objectif de cette liste est que chaque contaminant peut être signalé dans le système de classification proposé grâce à un indicateur unique à une lettre.

TABLEAU 10 Système de classification proposé - Contaminants identifiés

Indicateur	Contaminant	Notes
A	Absence de contaminant	Attestation d'une absence de contaminant *L'indicateur A devrait idéalement être supporté par une preuve d'absence de contaminant : Analyses, preuves de traçabilité, etc.
C	Colles et bois composites	Colles présentes dans panneaux de copeaux, OSB, contreplaqués, LDF, MDF, HDF (traditionnellement Q2)
F	Fines et poussières de bois	Résidus de sciage ou poussières
G	Granulat et poussières minérales	Gypse, sables, briques, etc.

Indicateur	Contaminant	Notes
H	Humidité	Présence d'eau, absorbée dans le bois ou non
M	Métaux	Quincaillerie ou autres contaminants métalliques, ferreux ou non-ferreux.
O	Matières organiques	Toutes matières putrescibles autres que le bois
P	Plastiques	Tout autre contamination plastique que les revêtements de finition
R	Revêtements	Mélamine, vinyles, etc.
T	Traitement chimique	Tout bois traité (traditionnellement Q3)
V	Verni, Teinture et/ou peinture	Toutes variétés de produits confondues (traditionnellement Q2)
X	Autre	Contaminants non identifiés

L'indication des contaminants se fait en série et selon les informations connues.

Par exemple, pour Copeaux MPX, cela indique la présence de métaux, de plastiques et d'autres contaminants non identifiés dans un gisement de copeaux.

5.1.3. Taux de contamination

Le taux de contamination signifie la proportion massique, en pourcentage, que le contaminant occupe dans le gisement. Cette valeur numérique doit immédiatement suivre l'indicateur de contaminant auquel il s'applique. L'absence de taux de contamination signifie que le taux est inconnu. Dans un même ordre d'idées, l'utilisation du chiffre 0 signifie l'absence du contaminant auquel l'indice est associé.

Par exemple, Retailles H0MR5 indique trois éléments :

- Humidité nulle
- Présence de métaux sans information sur le taux de contamination
- Présence de revêtement à un taux de contamination de 5 %

5.1.4. Champs d'utilisation du système optimisé de classification

Une telle classification mise surtout sur sa valeur efficace de partage des informations. Bien qu'elle ne soit pas idéale pour les échanges verbaux, elle permet de définir plus précisément la matière qui est disponible sur le territoire ou de qualifier la matière désirée par un preneur. Il est donc recommandé de l'utiliser lors d'échanges écrits. Surtout, son utilisation dans la signature d'ententes de services ou dans l'élaboration de devis permet d'assurer un engagement juste des parties impliquées.

Dans cette perspective, il est aussi recommandé de faciliter l'uniformisation de son utilisation par la production de documents de référence et par la diffusion d'une campagne d'éducation. Bien que cela rehausse les efforts en amont en ce qui concerne la courbe d'apprentissage des usagers, le déploiement et l'application du nouveau système en seront grandement facilités.

Par ailleurs, l'idéation d'un tel système de classification a été faite en considérant avant tout les stratégies de recyclage et de valorisation. Inversement, dans le cas des stratégies de réemploi, la classification pourrait s'avérer superflue. Il demeure que cette dernière propose un modèle structuré de partage d'information lorsqu'il y a besoin.

5.2. STRATÉGIES POUR OPTIMISER LA VALORISATION

L'étude a mis en lumière des éléments nécessitant la mise en place de différentes stratégies qui favoriseraient la valorisation des résidus de bois propre de CRD au Québec. Ces éléments ont été préalablement présentés en détail dans les sections respectives des principaux constats de chacune des analyses.

Toutefois, il est essentiel de rappeler que le principal frein à cette optimisation, révélé par l'étude, n'est pas le développement limité de PVA sur le territoire, mais bien l'approvisionnement limité en résidus propres de qualité pour les PVA déjà en place. Ainsi, il est globalement recommandé de miser sur des stratégies visant l'accroissement du gisement de résidus propres de qualité, parallèlement au soutien de la chaîne de valeur en place. De ce fait, les stratégies ci-dessous visent la mise en place de leviers pour contrer ce frein majeur et, de manière générale, l'optimisation de la valorisation des résidus ciblés tout en favorisant la hiérarchie des 3RV et les principes de l'économie circulaire, comme la priorisation du réemploi et ensuite du recyclage.

5.2.1. Accroître les connaissances sur la chaîne de valeur

Il est recommandé de mieux documenter la chaîne de valeur, entre autres, en ce qui concerne le flux des résidus de bois propre de CRD générés au Québec. Une cartographie de ces gisements, ou, à tout le moins, des extrapolations régionales pourrait éventuellement être réalisée, considérant une collecte de données offrant le niveau de détails requis dans un contexte de faible incertitude, autant au niveau des références que des méthodes de calcul et de classification des résidus.

Pour ce faire, il est conseillé d'arrimer les démarches avec les travaux en cours de RECYC-QUÉBEC, comme ceux mentionnés à la Section 2.2.

Il est aussi recommandé de mettre en place des projets pilotes visant à créer un engagement fort dans la chaîne de valeur et à connaître les besoins en temps réel pour améliorer la qualité des approvisionnements. Notamment un projet pilote sur le déploiement structuré d'un système optimisé de classification impliquant des acteurs clés œuvrant dans la production de PVA qui sont déjà engagés dans la chaîne de valorisation des résidus de bois propres afin d'arrimer l'offre et la demande de ces résidus.

Il est conseillé d'offrir un programme structuré de soutien technique et financier pour s'assurer d'un partenariat solide entre les acteurs de la chaîne de valeur et de l'intégration d'intermédiaires, si nécessaire. En plus de contribuer à documenter les impacts et les retombées, un tel programme favoriserait la pérennité des projets pilotes et l'essaimage des connaissances qui y seraient développées.

5.2.2. Approfondir l'expertise en déconstruction

Pour assurer le succès des initiatives de valorisation, il est nécessaire de développer un cadre réglementaire solide, de renforcer les capacités locales, d'en sécuriser le financement et de garantir la qualité des résidus. Ainsi, et afin de favoriser la hiérarchie des 3RV et les principes de l'économie circulaire, il est recommandé d'instaurer un encadrement réglementaire favorisant la déconstruction et un tri à la source de qualité, sur chantier par exemple, et incluant un système de contrôle et de traçabilité appuyé par des incitatifs financiers.

Il est conseillé de consulter les travaux issus du Lab construction portant sur la déconstruction afin de prendre connaissance des enseignements et des ressources qui en résultent [89]. De plus, certains acteurs

québécois développent déjà ce genre de service, comme Construction Longé et Groupe Désourdy, qui peuvent être des modèles inspirants [85-86].

5.2.3. Créer des barrières à l'enfouissement

Il est recommandé d'arrimer les démarches comme celles décrites au point précédent avec celles déployées pour atteindre les objectifs et les orientations stratégiques gouvernementales. Entre autres, de repenser le statut de « matière résiduelle » des résidus de CRD et ses limitations associées à travers la création de barrières à l'enfouissement, tel que suggérée par le comité d'experts du secteur CRD coordonné par RECYC-QUÉBEC [5].

En ce qui concerne l'identification d'orientations, de démarches et de mesures, incitatives ou restrictives, porteuses vers le changement désiré, il est recommandé d'analyser les initiatives québécoises d'implantation de mesures, dans les appels d'offres ou dans la délivrance de permis par exemple, de diverses instances municipales visant, avec ses mesures, à innover dans la gestion des résidus de CRD ou à développer des débouchés hors valorisation énergétique afin, ultimement, de les détourner de l'enfouissement.

Il en est de même pour l'étude détaillée de la REP Bâtiment instaurée en France depuis quelques années, la démarche de son implantation ainsi que l'éventail des méthodes déployées, afin de s'en inspirer.

5.2.4. Supporter les innovations technologiques de décontamination

Dans le but de permettre un accès à des débouchés à valeur ajoutée pour les résidus contaminés, il est recommandé de creuser la R&D vers une innovation technologique de décontamination. Ceci aurait le potentiel d'augmenter les gisements de bois propre, et ainsi augmenter la quantité de résidus de bois de CRD détournée de l'enfouissement, puisque ce n'est pas la capacité de production qui limite l'optimisation de la valorisation de ces résidus, mais bien l'accès à des résidus propres.

5.2.5. Miser sur l'innovation sociale

Il est recommandé d'établir une approche stratégique collaborative et inclusive, comme par l'approche prospective de la démarche de Chemins de transition, pour amener une vision commune et rassembler les points de vue divergents dans la chaîne de valeur vers une direction commune. La démarche de Chemins de transition « invite à se détacher du présent pour imaginer, dans la diversité des futurs possibles, celui qui est le plus désirable dans un horizon de temps précis. Ce faisant, elle nous pousse à explorer les choix difficiles à venir, et à tracer des trajectoires pour concrétiser cet avenir souhaité » [92].

Cette approche permettrait d'accroître la collaboration au sein même de la chaîne de valeur, et collatéralement son optimisation, tout en identifiant les collaborations transversales qui doivent être simultanément développées avec d'autres acteurs, comme pour le renforcement de l'étape de conditionnement.

De plus, l'approche prospective serait un bon point de départ pour répondre aux besoins des acteurs en information, sensibilisation et éducation (ISE) pour opérer les changements nécessaires à l'optimisation de la chaîne de valeur de valorisation, entre autres avec des livrables tel qu'un diagnostic prospectif et une feuille de route. À cela, il est conseillé d'offrir divers outils de diffusion et de transfert de connaissances, comme l'accès à de la formation en EC en lien avec les enjeux socioenvironnementaux et ceux de la chaîne de valeur ainsi que la création d'une vitrine de bonnes pratiques et de projets inspirants.

Miser sur l'ISE des différents acteurs permettrait d'orienter les débouchés et de communiquer les nouvelles exigences, de briser certaines idées réfractaires aux changements, de faciliter leur engagement et de renforcer leurs relations à travers une pertinence socioenvironnementale pour un objectif commun.

CONCLUSION

Le CTTÉI a été mandaté par le CRIBIQ pour mener une étude, financée par le MELCCFP, sur la valorisation des résidus de bois propres de CRD au Québec. Celle-ci visait à émettre des recommandations sur des stratégies à mettre en œuvre afin d'optimiser la filière en s'appuyant sur les principes de la hiérarchie des 3RV et de l'économie circulaire. Pour réaliser cette étude, le CTTÉI a bénéficié de la collaboration de la firme Nuno ID et du SEREX et quatre objectifs spécifiques ont été choisis :

- Actualiser l'état des lieux de la filière de valorisation des résidus de bois propre de CRD
- Analyser sa chaîne de valeur et faire état de la concurrence et des acteurs majeurs
- Identifier les défis de l'industrie au Québec et établir une comparaison avec des cas à l'étranger
- Répertorier les marchés d'application et identifier les opportunités pour certains PVA

À travers la présentation des analyses et de leurs constats respectifs, le présent rapport a mis en lumière différents enjeux de la valorisation des résidus de bois propres de CRD au Québec, entre autres :

- La difficulté à obtenir des données probantes sur les gisements
- Les limites du système traditionnel de classification des résidus de bois de CRD, comme l'absence de balises pour les catégories et l'information partagée incomplète
- L'enjeu d'approvisionnement en résidus propres et de qualité qui limite la valorisation
- Les enjeux au niveau réglementaire qui, par le non-respect de la hiérarchie des 3RV et des principes de l'économie circulaire par exemple, restreignent la mise en valeur des résidus

Des recommandations sur les stratégies à mettre en œuvre afin d'optimiser la filière ont été présentées. Notamment un système optimisé de classification des résidus de bois de CRD qui se veut cohérent et à l'image des besoins exprimés par les acteurs de la filière. De plus, l'étude ayant révélé que le principal frein à l'optimisation de la filière est l'approvisionnement limité en résidus propres de qualité pour les PVA déjà en place, et non pas le développement limité de PVA sur le territoire, il a été globalement recommandé de miser sur des stratégies visant à accroître les gisements propres disponibles et à, parallèlement, soutenir la chaîne de valeur en place. Plus spécifiquement, il a été recommandé de :

- Documenter les flux des résidus de bois propre de CRD afin d'accroître la connaissance sur les gisements
- Miser sur le développement d'une expertise en déconstruction et d'un tri à la source de qualité dans le but de faciliter le réemploi et le recyclage des résidus propres
- Créer des barrières à l'enfouissement afin de prioriser la hiérarchie des 3RV et les principes de l'économie circulaire, entre autres en conservant la valeur dans le marché
- Encourager la R&D vers une innovation technologique de décontamination qui aurait le potentiel d'augmenter les gisements de bois propre
- Miser sur l'innovation sociale afin d'établir une approche stratégique collaborative permettant l'émergence d'une vision commune dans la chaîne de valeur, en plus de répondre aux besoins en ISE pour favoriser le déploiement et l'intégration des changements.

Finalement, il est important de rappeler que les mesures à mettre en place, dont la déconstruction, favoriseront potentiellement aussi la valorisation des autres types de résidus de bois et, de manière plus générale, des résidus de CRD. Aussi, les changements à instaurer ne doivent pas mettre en péril les plus petits maillons de la chaîne de valeur au détriment des maillons forts. Les initiatives locales, variant d'une région à l'autre, sont indispensables pour avoir une pluralité de solutions. C'est pourquoi il est important de soutenir tous les acteurs vers un objectif commun, entre autres par le leadership des industriels, pour orienter les débouchés et communiquer les exigences des ententes afin d'optimiser la chaîne de valeur.

RÉFÉRENCES

- [1] RECYC-QUÉBEC, « Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec », 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2021-complet.pdf>
- [2] Gouvernement du Québec, « Politique québécoise de gestion des matières résiduelles: plan d'action 2011-2015 », 2011.
- [3] Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI), « Recueil de synergies: symbioses industrielles et projets d'économie circulaire », 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cttei.com/recueil-de-synergies-2022/>
- [4] Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire (IEDDEC) et RECYC-QUÉBEC, « Feuillet - économie linéaire et circulaire », 2018. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/feuillet-economie-lineaire-circulaire.pdf>
- [5] RECYC-QUÉBEC, « Actions prioritaires 2024-2026: secteur CRD (construction, rénovation, démolition) », 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/actions-prioritaires-2024-2026-crd.pdf>
- [6] RECYC-QUÉBEC, « RECYC-QUÉBEC s'attaque aux résidus de construction, de rénovation et de démolition (CRD) en collaboration avec l'industrie ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/communiqués-de-presse/recyc-quebec-sattaque-aux-residus-de-construction-renovation-demolition-crd-en-collaboration-avec-lindustrie/>
- [7] Regroupement des Récupérateurs et des Recycleurs de Matériaux de Construction et de Démolition du Québec (3R MCDQ), « Guide des meilleures pratiques: bois de CRD en centre de tri », 2019. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/guide-meilleures-pratiques-bois-CRD-centre-de-tri.pdf>
- [8] Gouvernement du Québec, « Loi sur la qualité de l'environnement ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/q-2>
- [9] RECYC-QUÉBEC, « Étude de caractérisation à l'élimination 2019-2020 », 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/caracterisation-elimination2019-2020.pdf>
- [10] Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, « Catalogue of Wood Waste Classifications in the UNECE Region », 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://unece.org/sites/default/files/2023-02/2228308_E_web_ECE_TIM_DP_91.pdf
- [11] Gouvernement du Québec, « Écocentres et points de dépôt municipaux ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/ecocentres-et-points-de-depot-municipaux>
- [12] RECYC-QUÉBEC, « Programme de reconnaissance des centres de tri de résidus de CRD », RECYC-QUÉBEC. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/entreprises-organismes/performer/crd/programme-reconnaissance-centre-de-tri/>
- [13] RECYC-QUÉBEC, « Installations de traitement de résidus issus des chantiers de construction, rénovation, démolition au Québec », Google My Maps. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1uFhtB-u8NS7WOd8SyAMrplQhbj1PcXc>

- [14] Ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction du développement et de l'innovation de l'industrie, « Usines de première transformation du bois », Google My Maps. [En ligne]. Disponible sur: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1PdQ2H_eTS2ISGc_TGc8DEmvNMRg
- [15] Ministères Territoires Écologie Logement, « Loi anti-gaspillage économie circulaire ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-anti-gaspillage-economie-circulaire>
- [16] Valobat, « Le projet d'éco-organisme Valobat : valoriser chaque déchet du bâtiment ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.valobat.fr/le-projet-eco-organisme-valobat-valoriser-chaque-dechet-du-batiment/>
- [17] Valobat, « Le recyclage du bois », Valobat. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.valobat.fr/le-recyclage-du-bois/>
- [18] Upcyclea, « Diagnostic PEMD : comment l'utiliser pour maximiser le réemploi ? - Upcyclea ». [En ligne]. Disponible sur: <https://upcyclea.com/diagnostic-pemd/>
- [19] Légifrance, « Décret n° 2021-821 du 25 juin 2021 relatif au diagnostic portant sur la gestion des produits, équipements, matériaux et des déchets issus de la démolition ou de la rénovation significative de bâtiments ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043704853>
- [20] Ministères aménagement du territoire transition écologique, « Réglementation environnementale RE2020 ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/reglementation-environnementale-re2020>
- [21] Fédération européenne des panneaux à base de bois, « The use of recycled wood for wood-based panels », EPF, s.d. [En ligne]. Disponible sur: <https://europanel.org/wp-content/uploads/2018/11/EPF-Standard-for-panels-from-recycled-wood.pdf>
- [22] Fédération européenne des panneaux à base de bois, « EFP standard for delivery conditions of recycled wood », EPF, s.d. [En ligne]. Disponible sur: <https://europanel.org/wp-content/uploads/2018/11/EPF-Standard-for-recycled-wood-use.pdf>
- [23] Finite Fiber, « PurAbsorb Industrial Super Absorbent », PurAbsorb Industrial Super Absorbent. [En ligne]. Disponible sur: <https://purabsorb.com/>
- [24] Keycan, « Embrace the Warmth and Beauty of Traditional Wood Siding », Kaycan. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.kaycan.com/engineered-wood-siding/>
- [25] Neolife, « Biomatériaux technologie Vesta ? », Neolife. [En ligne]. Disponible sur: <https://neolife.fr/neolife/technologie-vesta/>
- [26] Indaver, « E-Wood, waste-to-Energy from non-recyclable wood waste ». [En ligne]. Disponible sur: <https://indaver.com/expertise/waste-to-energy/e-wood>
- [27] Elmwood Reclaimed Timber, « New & Reclaimed wood Products ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.elmwoodreclaimedtimber.com/>
- [28] Salvage Solutions, « Reclaimed Building Materials ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.salvagesolutions.ca/materials>
- [29] Recycled Timbers, « Our Products », Recycle Timbers. [En ligne]. Disponible sur: <https://recycledtimbers.co.nz/our-products/>

- [30] A. R. Pitti, O. Espinoza, et R. Smith, « The case for urban and reclaimed wood in the circular economy », *BioResources*, vol. 15, n° 3, p. 5226-5245, 2020.
- [31] Community Wood Recycling, « Recycling wood in the UK », Community Wood Recycling. [En ligne]. Disponible sur: <https://communitywoodrecycling.org.uk/what-we-do/recycling-wood-in-the-uk/>
- [32] Built Offsite, « Mass timber CLT and GLT prototype utilises 100% waste from demolition », Built Offsite. [En ligne]. Disponible sur: <https://builtoffsite.com.au/news/mass-timber-clt-and-glt-prototype-utilises-100-waste-from-demolition/>
- [33] Établissement supérieur en sciences et technologies du matériau bois (ESB), « Carewood, un projet de recherche sur le recyclage du bois », ESB. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.esb-campus.fr/projet-recherche/recherche-recyclage-bois-carewood/>
- [34] CaReWood, « CaReWood: Cascading Recovered Wood ». [En ligne]. Disponible sur: <https://carewood.iam.upr.si/workpackages.html>
- [35] Aurora Material Solutions, « PVC Wood Composites ». [En ligne]. Disponible sur: <https://auroramaterialsolutions.com/materials/pvc-wood-composites/>
- [36] Soprema, « Pavaroo WFB ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.soprema.fr/produits-et-systemes/pavaroo-wfb>
- [37] Best wood SCHNEIDER, « Matière première bois ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.schneider-holz.com/fr/matiere-premiere/>
- [38] The Pallet Loop, « Sustainability ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.thepalletloop.com/why-loop/>
- [39] Pôle emballage bois, « La palette bois en France: données 2019 », 2019. [En ligne]. Disponible sur: https://vem-fb.fr/images/PDF/Marche_palettes_infographies.pdf
- [40] Community Wood Recycling, « Recycling wood from pallets », Community Wood Recycling. [En ligne]. Disponible sur: <https://communitywoodrecycling.org.uk/recycle-wood/pallet-wood/>
- [41] Pfleiderer, « Recyclage du bois ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.pfleiderer.com/fr-fr/magazine/valorisation-du-bois>
- [42] Gbloc, « Dé de palette ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.g-bloc.com/fr/>
- [43] Inka Palet, « Palettes moulées ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.inka-palet.com/fr/produits/palettes-moulees/>
- [44] European panel Federation, « EcoReFibre Project - European Panel Federation ». [En ligne]. Disponible sur: <https://europanel.org/about-us/overview/eu-projects/ecorefibre-project/>
- [45] S. Souidi, « Sprwood ». [En ligne]. Disponible sur: <https://sofiasouidi.com/Work-Superwood>
- [46] Coillte, « Medite Smartply », Coillte. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.coillte.ie/our-business/our-products/medite-smartply/>
- [47] Sonae Arauco, « Sonae Arauco Unveils World's First Dry Fiberboard Recycling Line ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sonaearauco.com/news/sonae-arauco-unveils-worlds-first-dry-fiberboard-recycling-line/>

- [48] Wood & Panel Europe, « Sonae Arauco investit 5 M€ dans deux centres de recyclage du bois ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.woodandpanel.fr/nouvelles-du-bois/article/sonae-arauco-investit-5-millions-d%27euros-dans-deux-centres-de-recyclage-du-bois/>
- [49] EcoReFibre, « European wood panel industry scales up end-of-life recycling and circular use of recovered wood », 2022. [En ligne]. Disponible sur: https://europanel.org/wp-content/uploads/2022/06/Clr091-11_2022-EcoReFibre-kickoff-press-release-ENG-Final-31052022.pdf
- [50] Stilles, « Particleboards from 100% recycled wood », Stilles. [En ligne]. Disponible sur: <https://stilles.com/chipboards-from-100-recycled-wood/>
- [51] Fraunhofer WKI, « Social dialog and quality assurance in the utilization of waste wood along the value chain », Fraunhofer Institute for Wood Research
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.wki.fraunhofer.de/en/research-projects/2024/social-dialog-and-quality-assurance-in-the-utilization-of-waste-wood-along-the-value-chain.html>
- [52] Wood & Panel Europe, « Swiss Krono confie à Dieffenbacher une ligne améliorée de recyclage du bois ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.woodandpanel.fr/nouvelles-du-bois/article/Swiss-Krono-commande-%C3%A0-Dieffenbacher-une-ligne-am%C3%A9lior%C3%A9e-de-recyclage-du-bois/>
- [53] Urban Lumber, « We Are Urban Lumber Co. », Urban Lumber Co. [En ligne]. Disponible sur: <https://urbanlumber.co/about>
- [54] Office québécois de la langue française, « Valeur ajoutée ». [En ligne]. Disponible sur: <https://vitrinelinguistique.oqlf.gouv.qc.ca/fiche-gdt/fiche/8376325/valeur-ajoutee>
- [55] Gouvernement du Québec, « Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/Q-2,%20r.%2017.1%20/>
- [56] M. Hébert, « Guide sur le recyclage des matières résiduelles fertilisantes: Critères de référence et normes réglementaires - Édition 2015 », ISBN-978-2-550-72954-9, 2015. [En ligne]. Disponible sur: https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/fertilisantes/critere/guide-mrf.pdf
- [57] Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), « Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage », Québec, ISBN 978-2-550-80754-4 (PDF), 2018. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/valorisation/lignesdirectrices/compostage.pdf>
- [58] Ressources naturelles Canada, « Panneau de particules ». [En ligne]. Disponible sur: <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/forets/industrie-commerce/demandes-produits-forestiers/taxonomie-produits-bois/panneau-de-particules/15854>
- [59] Forestier en chef, « Analyse des résultats obtenus en matière d'aménagement durable des forêts du domaine de l'État - Période 2013-2018 », Bureau du Forestier en chef. [En ligne]. Disponible sur: <https://forestierenchef.gouv.qc.ca/amenagement-durable/amenagement-periode-2013-2018/>
- [60] Voghel, « Broyeurs permettant de réduire le bois, déchets verts et autres ». [En ligne]. Disponible sur: <https://voghel.com/fr/equipements/broyeurs-2/>
- [61] Höchsmann, « Fabrication de matériaux en bois - déchetage ». [En ligne]. Disponible sur: https://wtp.hoechsmann.com/fr/lexikon/41083/fabrication_de_materiaux_en_bois_dechetage

- [62] s.a., « Séchoir rotatif à tambour pour sciure de bois et petits agrégats pour le sable et les minéraux », Made-in-China.com. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.made-in-china.com/co_fair888/product_Rotary-Sawdust-Drum-Small-Aggregate-Dryer-for-Sand-and-Mineral_uorhyghuny.html
- [63] Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, *Manufacturing of a Particleboard*, (24 septembre 2021). [En ligne Vidéo]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=E4Hx-E0Y57o>
- [64] Environnement et Changement climatique Canada, « Règlement sur les émissions de formaldéhyde provenant des produits de bois composite (CANFER) ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/publications/reglement-emissions-formaldehyde-produits-bois-composite.html>
- [65] Gouvernement du Québec, « Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/Q-2,%20r.%204.1%20/>
- [66] Écohabitation, « L'utilisation efficace des matériaux, la sélection de matériaux écologiques et la réduction des déchets ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecohabitation.com/guides/3016/materiaux-et-ressources/>
- [67] Tafisa, « Panneaux de particules », Tafisa. [En ligne]. Disponible sur: <https://tafisa.ca/fr/panneaux-particules>
- [68] Corepan-Bois, « Équipe ». [En ligne]. Disponible sur: <https://corepanbois.ffgg.ulaval.ca/equipe>
- [69] Myriades veille stratégique, « Isolants en fibre de bois: Dossier thématique », février 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://boislaurentides.com/wp-content/uploads/Isolants-en-fibre-de-bois-20-02-07.pdf>
- [70] Groupe Ratheau, « Isolants Fibre de bois ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.groupe-ratheau.com/produit/isolant-fibre-de-bois>
- [71] MSL, « R+ Isolant-insonorisant rigide en fibres de bois avec coupe-vapeur en aluminium intégré ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ms fibre.com/Produits/Fiche/26/R>
- [72] Turkstra Lumber Ltd, « 7/16"x4'x8' Blackote Coated Wood Fiberboard ». [En ligne]. Disponible sur: <https://turkstralumber.com/products/4-x-8-blackote-coated-wood-fiberboard>
- [73] L. Paradis Bolduc et B. Zizi, « Produit du mois: un panneau de contreventement isolant rigide en fibre de bois recyclé ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecohabitation.com/guides/1294/produit-du-mois-un-panneau-de-contreventement-isolant-rigide-en-fibre-de-bois-recycle/>
- [74] Ecological Building Systems Ltd et N. Crosson, « Enhancing High Performance Building Assemblies: The Potential of Wood Fibre Insulation to Optimise High Performance Construction », 2013. [En ligne]. Disponible sur: <https://wood-works.ca/wp-content/uploads/2013/12/WoodSolutionsFair-niall-crosson.pdf>
- [75] Tout sur l'isolation, « Isolation en fibre de bois ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.toutsurlisolation.com/isolation-fibre-de-bois>
- [76] Securinorme, « Qu'est-ce qu'un absorbant industriel ? » [En ligne]. Disponible sur: <https://www.securinorme.com/prevention-au-travail/299-qu-est-ce-qu-un-absorbant-industriel->

- [77] Ministère de l'Environnement, de la lutte contre les changements climatique, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), « Gestion des matières dangereuses résiduelles - Production du rapport et bilan annuel ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/dangereux/rapport/exemple.htm>
- [78] Infociments, « Les combustibles solides de récupération (CSR), une valorisation matière et énergétique dans le process de cuisson du clinker ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.infociments.fr/enjeux-societe/les-combustibles-solides-de-recuperation-csr-une-valorisation-matiere-et-energetique-dans-le-process-de-cuisson-du-clinker>
- [79] Société VIA, « Nos centres de tri », Société VIA. [En ligne]. Disponible sur: <https://societevia.com/nos-centres-de-tri/>
- [80] Steinert, « Séparation magnétique ». [En ligne]. Disponible sur: <https://steinertglobal.com/fr/aimants-machine-de-tri-par-capteurs/separation-magnetique/>
- [81] Mat Technologic, « Séparateur à "courant de Foucault" », Mat Technologic. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mat-technologic.com/recyclage/separateur-a-courant-de-foucault/>
- [82] Machinex, « Crible rotatif ». 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://www.machinexrecycling.com/wp-content/uploads/2023/02/5116-4_Machinex_Fiche-Trommel_UPD_FR_1Web.pdf
- [83] Bollegraaf, « Séparation balistique ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.bollegraaf.com/fr/technologies/separation-balistique/>
- [84] Machinex, « Trieuse Optique - MACH Hyspec® », Machinex. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.machinexrecycling.com/fr/tri/equipements/trieuse-optique-mach-hyspec/>
- [85] STS Canada, « FLOTTATION ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.stscanadainc.com/flottation.html>
- [86] Machinex, « SamurAI® - Robot Trieur », Machinex. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.machinexrecycling.com/fr/tri/equipements/robot-trieur-samurai/>
- [87] O. Team, « Technologies for Construction and Demolition Debris Sorting », Okon Recycling. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.okonrecycling.com/construction-and-demolition-waste/mixed-construction-waste/construction-and-demolition-debris-sorting/>
- [88] J. Vinoski, « The Urban Machine Team Is Using Robotics To Reclaim Waste Construction Wood », Forbes. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.forbes.com/sites/jimvinoski/2022/12/08/the-urban-machine-team-is-using-robotics-to-reclaim-waste-construction-wood/>
- [89] Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire (CERIEC), « Réemploi des matériaux issus de la déconstruction », Lab construction. [En ligne]. Disponible sur: <https://constructioncirculaire.com/projet/reemploi-des-materiaux-issus-de-la-deconstruction/>
- [90] Groupe Désourdy, « (Page d'accueil du site de Groupe Désourdy) », Groupe Desourdy. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.excavationdesourdy.com>
- [91] Construction Longer, « (Page d'accueil du site de Construction Longer) », Construction Longer. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.constructionlonger.com/>
- [92] Chemins de Transition, « La prospective, c'est quoi ? » [En ligne]. Disponible sur: <https://cheminsdetransition.org/la-prospective-cest-quoi/>

ANNEXE I

Exemples de questions utilisées lors des entretiens semi-dirigés

TABLEAU I I Questions - Experts

Thématique	Question
Général	Sur quelle(s) secteur(s) d'activité avez-vous des données ?
	Quel est votre rôle dans la filière du bois ?
	Sur quelle partie de la filière vous concentrez-vous ?
	Quels enjeux rencontre la filière actuellement ? Par exemple, des enjeux de : <ul style="list-style-type: none"> - Approvisionnement en matière première (prix, délai, disponibilité, réglementation, commerce international, etc.) - Entreposage (espace disponible, coût, <i>shelf-life</i>) - Transport (prix, gestion de flotte, organisation du transport)
	À votre connaissance, quelles synergies ont été réalisées ou sont en cours au sein de la filière bois entre différents acteurs ?
	Quelles améliorations verriez-vous pour la filière du bois au Québec ?
Résidus	Avez-vous identifié et quantifié les résidus de bois pour ces secteurs d'activité ?
	Quels sont les débouchés actuels pour les résidus de bois identifiés ?

TABLEAU I 2 Questions - Concentrateurs

Thématique	Question
Général	Combien de sites de gestion possédez-vous ?
Approvisionnement	Quels sont vos principaux intrants de bois ? Pour chacun, spécifier : <ul style="list-style-type: none"> - Type - Quantité - Qualité (ex. bois pur sans contamination, ou Q1,2,3)
	Comment définissez-vous la qualité du bois que vous recevez ? Quels sont les critères qui définissent votre tri ?
	Quelle quantité de bois propre de CRD recevez-vous ? D'où proviennent principalement ces résidus ? Comment gérez-vous ces résidus de bois ?
Amélioration continue	Quelles sont les difficultés que vous rencontrez au niveau de la chaîne de valeur du bois ? (ex. : achat, vente, valorisation, transport)

TABLEAU 13 Questions - Transformateurs

Thématique	Question
Approvisionnement	Avez-vous mis en place des ententes visant à encadrer l'approvisionnement de résidus bois ?
	Quels sont les principaux critères considérés lors de l'achat de bois ? Exemples : <ul style="list-style-type: none"> - Prix - Qualité - Proximité géographique - Certifications environnementales - Disponibilité - Autre (veuillez préciser) :
	Quels sont vos principaux intrants de bois (biens achetés/consommés) ? Pour chacun, spécifier : <ul style="list-style-type: none"> - Type - Quantité - Qualité (ex. : bois pur sans contamination, ou Q1,2,3) - Source
	Êtes-vous en mesure d'utiliser des résidus de bois de CRD pour vos opérations ? Si oui, avez-vous des restrictions sur les catégories de bois que vous pouvez réutiliser ?
	Quels sont les freins à l'intégration de chutes de bois ou de résidus de bois issus de la CRD dans votre processus de production ?
Résidus	Quels sont vos principaux extrants de bois ? Pour les principaux résidus, spécifier : <ul style="list-style-type: none"> - Type - Quantité - Qualité
	Quelle quantité de bois propre de CRD générez-vous ? Comment gérez-vous ces résidus ?

ANNEXE 2

Exemples d'entreprises québécoises appartenant aux filières des produits à valeur ajoutée sélectionnés

TABLEAU 14 Exemples d'entreprises québécoises appartenant aux filières des produits à valeur ajoutée sélectionnés

Produit à valeur ajoutée	Entreprises
Panneaux	<ul style="list-style-type: none"> • PRODUITS SEATPLY INC. • LES EMBALLAGES CITADIN • TAFISA CANADA INC. • UNIBOARD CANADA INC.
Bois d'ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> • BARETTE STRUCTURAL • NORDIC STRUCTURES • LVL GLOBAL
Litière animale	<ul style="list-style-type: none"> • LANGEBEC • GRANULCO • BRQ FIBRES ET BROYURES • INTERSAND CANADA
Pyrolyse (valorisation matière)	<ul style="list-style-type: none"> • ELKEM (biochar) • ARCELORMITTAL (Biochar) • PYROVAC (fabricant équipement) • AIREX ÉNERGIE INC. (fabricant d'équipement)
Paillis horticole	<ul style="list-style-type: none"> • ÉPANDAGES ROBERT • MATERIAUX PAYSAGERS SAVARIA LTÉE
Matériaux isolants	<ul style="list-style-type: none"> • MSL • LA CIE MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION BP CANADA • ALLIANCE BOIS SLSJ INC.
Matériaux composites	<ul style="list-style-type: none"> • FABRICATION SAINT-LAURENT (FIBROCIMENT)
Revêtement de surfaces et fondation	<ul style="list-style-type: none"> • -
Ensemencement hydraulique des bords de routes et d'autoroutes	<ul style="list-style-type: none"> • HYDROSOL INC. • HYDRO SEMENCE PLUS • ENTREPRISES LAMARCHE & CORNEAU
Absorbants commerciaux ou industriels	<ul style="list-style-type: none"> • BELLEMARE ENVIRONNEMENT • INTERSAND CANADA • OIL-DRI CANADA ULC
Objets moulés	<ul style="list-style-type: none"> • DAMABOIS INC.

PARTENAIRES DE RÉALISATION DU PROJET

ctt*éi*

EXPERT EN LA MATIÈRE



Nuno I.D. Inc.

PARTENAIRES FINANCIERS

Québec 

