

Rapport final

Équipe solution #16

Mise en place d'une
plateforme de démantèlement
des portes et fenêtres issues
des étapes de déconstruction
en vue de leur valorisation



Le lab construction est un projet du Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire de l'ÉTS (CERIEC).

Table des matières

Introduction	3
1.1. CERIEC ET LAB CONSTRUCTION	3
1.2. CONTEXTE DU PROJET	3
1.3. PARTENAIRES TERRAIN	4
Écosystème	4
2.1. CHAÎNE DE VALEUR	4
2.2. ACTEURS	5
2.3. CHAÎNE DE RECYCLAGE	7
Gisement au Québec	7
3.1. IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS	8
3.2. PORTES ET FENÊTRES FABRIQUÉES AU QUÉBEC	12
3.3. INSTALLATEURS	16
3.4. PORTES ET FENÊTRES ISSUES DES RÉNOVATIONS	17
3.5. CHANTIERS DE DÉCONSTRUCTION	18
3.6. TYPES DE COLLECTE	20
3.6.1. COLLECTE PAR CONTENEUR	21
3.6.2. COLLECTE SUR APPEL	22
3.6.3. POINT DE DÉPÔT EN ÉCOCENTRE	22
Démantèlement	24
4.1. ORGANISATION	24
4.2. OUTILS EFFICACES	25
4.3. RÉSULTATS	26
4.4. PERFORMANCES DE DÉMANTÈLEMENT	28
4.5. APPRENTISSAGES	30
4.5.1. RAPIDITÉ OU PRÉCISION	30
4.5.2. COMPOSITION ET COMPLEXITÉ	30
4.5.3. RECYCLABILITÉ ET ÉCO-CONCEPTION	31
4.5.4. COLLECTE DE DONNÉES	32
Recyclage	34
5.1. QUANTITÉ RÉCUPÉRÉE	34
5.2. MATIÈRE RECYCLÉE OU VALORISÉE	35

5.2.1.	BOIS	35
5.2.2.	MÉTAL	36
5.2.3.	PVC.....	37
5.2.4.	VERRE	38
5.3.	TAUX DE REPRISE	39
5.1.	VIABILITÉ FINANCIÈRE.....	40
Conclusion.....		42

Introduction

1.1. CERIEC ET LAB CONSRUCTION

Ces travaux s'inscrivent dans les projets du laboratoire d'accélération en économie circulaire pour le secteur de la construction (lab construction), porté et développé par le Centre d'études et de recherches intersectorielles en économie circulaire (CERIEC). Créé en septembre 2020 à l'ÉTS, le centre a pour objectif de déployer l'économie circulaire au Québec à travers différents programmes de recherche multidisciplinaire, en concertation avec l'ensemble des acteurs de la chaîne de l'économie, du secteur privé, jusqu'aux académies ou organismes gouvernementaux, à travers une démarche cocrée et portée par l'ensemble des parties prenantes.

Le lab construction a réuni, depuis janvier 2021, différents acteurs clés de la chaîne de valeur du secteur de la construction pour : co-élaborer une vision d'un secteur de la construction circulaire, co-identifier les freins (technologiques, réglementaires, comportementaux, etc.) qui limitent le déploiement des différentes stratégies d'économie circulaire dans ce secteur, puis cocréer les solutions visant à lever ces freins.

1.2. CONTEXTE DU PROJET

Dans le cadre du lab construction, des tables de concertation avec l'ensemble des partenaires ont permis d'identifier les freins à la mise en place d'une économie circulaire au sein du secteur de la construction. À l'issue de ces discussions, des solutions ont été imaginées pour répondre à ces freins, et des équipes solutions ont été constituées. Ce document s'inscrit en tant que rapport final des travaux réalisés au sein d'une de ces équipes, porteuse de la solution intitulée :

Mise en place d'une plateforme de démantèlement des portes et fenêtres (P&F) issues des étapes de déconstruction en vue de leur valorisation.

Le déploiement, l'opérationnalisation et l'analyse des résultats établis lors de cette étude ont fait l'objet d'un plan d'action, défini dans les étapes préliminaires en début d'année 2022 lors d'une cocréation avec l'ensemble de l'équipe solution. Ces différentes étapes sont représentées au sein de la Figure 1.

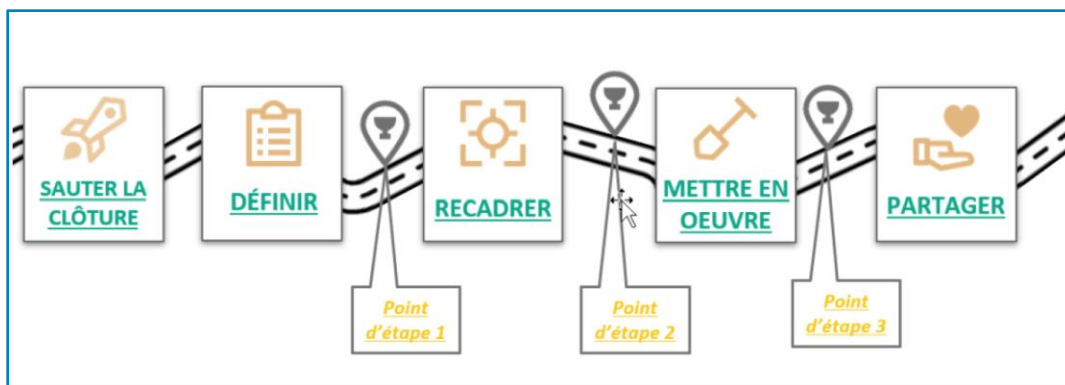


Figure 1 Étapes de développement de la solution 16 (CERIEC, 2022)

Le projet vise à la mise en place d'une plateforme permettant de collecter les portes et fenêtres en fin de vie, d'en séparer les différents matériaux, de les trier et les massifier. Ainsi les matériaux tels que le verre, le métal, le bois, ou le PVC, peuvent être triés et dirigés vers des filières appropriées de recyclage ou de valorisation, contribuant ainsi à réduire la quantité de ces matières qui se retrouvent à l'enfouissement.

1.3. PARTENAIRES TERRAIN

Ce projet s'est tenu entre janvier 2022 et décembre 2023, durant une période 2 ans où l'équipe solution #16 s'est mobilisée afin de tester cette mise en place au sein de la région des Laurentides. L'encadrement et la réalisation sur le terrain ont été suivi par les équipes de Synergie Economique Laurentides et ont été portés par deux organisations différentes.

InterAction Travail (IAT) est un organisme sans but lucratif proposant une boutique de réemploi des matériaux. Située à Sainte-Agathe-des-Monts, l'organisme a joué un rôle crucial dans cette initiative. La collaboration fructueuse entre Inter Action Travail et l'Écocentre régional de la MRC des Laurentides a conduit à l'établissement d'un point de dépôt dédié aux portes et fenêtres pour les résidents. Cette collaboration a permis la création d'un espace spécifique au sein même de l'Écocentre, comprenant divers outils et conteneurs de recyclage afin de développer une premier site pilote. Grâce à sa contribution, le site pilote a été transformé de manière significative, puisque des plateaux de travail ont pu être transformés en ateliers de réinsertion professionnelle dédiés aux personnes confrontées à des obstacles à l'emploi. Cette démarche reflète non seulement l'engagement en faveur du réemploi et du recyclage, mais aussi de la volonté de maximiser les retombées sociales au sein des communautés locales.

À Mirabel, le processus de démantèlement a été confié à Eco & Materio (E&M), une entreprise privée spécialisée dans la récupération des matériaux issus des déconstructions. Cette entreprise se distingue en remettant en état ces matériaux et en les mettant en vente pour le réemploi par les citoyens. Dotée d'un entrepôt, de matériel spécialisé et d'équipes qualifiées, elle s'est engagée à démanteler les portes et fenêtres qui ne peuvent pas être réemployées. Ce partenariat avec Eco & Materio représente une approche novatrice pour maximiser le gisement de déconstruction et à la valorisation des matériaux dans la région de Mirabel. L'entreprise a désormais cessé ses activités pour des raisons de délocalisation.

Écosystème

2.1. CHAÎNE DE VALEUR

Chaque produit mis sur le marché suit un parcours complexe depuis sa conception jusqu'à sa fin de vie. Saisir les différentes étapes de ce processus permet de comprendre les flux qui transitent dans cet écosystème là, mais aussi de détecter les besoins et les intérêts de chacun des acteurs qui participent à la chaîne de valeur de ces produits. C'est par la compréhension de ces enjeux que la mise en place d'une filière de démantèlement peut s'inscrire de manière pertinente. La Figure 2 a pour objectif de proposer une simplification de la chaîne de valeur des portes et fenêtres et de mettre en lumière les flux sortant de cet écosystème.

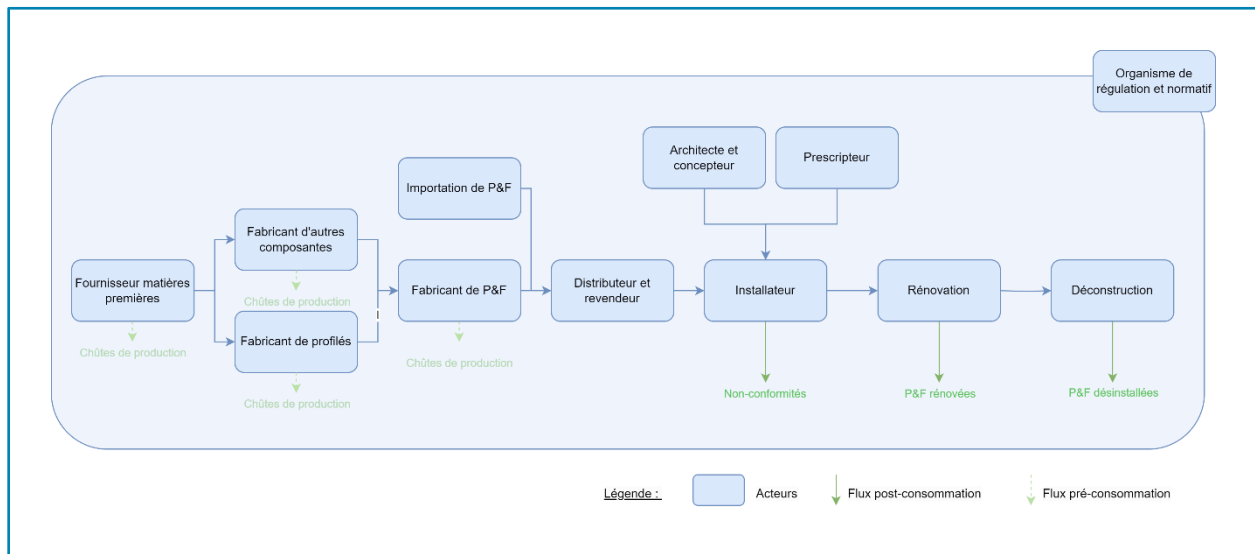


Figure 2 Chaîne de valeur des P&F

Près de 11 acteurs différents composent cette chaîne de valeur simplifiée, et deux types de flux principaux peuvent-être identifiés. Les flux pré-consommation apparaissent aux étapes d’approvisionnement des matières premières, de fabrication des composants, ou bien aux étapes de fabrication des produits. Les flux post-consommation interviennent après l’utilisation du produit, notamment aux étapes d’installation, de rénovation et de déconstruction. De manière générale, il est moins simple de recycler ces flux là car les gisements sont éparés à travers les différents utilisateurs. Les matériaux sont aussi plus complexes à trier car souvent mêlés à d’autres types de matériaux, à cause des collectes non-sélectives. Ce projet s’adresse plus particulièrement aux types de flux post-consommation.

Dans un contexte de recyclage, il pourrait être utile de considérer les flux pré-consommation tels que les chutes de fabrication des fabricants et des fournisseurs. Ces matériaux présentent plus de facilité à être recyclés puisqu’en allant les chercher directement à la source, il est possible d’identifier leur provenance, et donc d’avoir une meilleure estimation de leur composition et qualité. Ces matériaux-là ne sont pas exposés aux contaminations des chantiers. Ils représentent donc un potentiel de gisement intéressant, qui pourrait contribuer, dans la mise en place d’une filière d’envergure, à la massification des matériaux disponibles dans les P&F afin d’atteindre une masse critique.

2.2. ACTEURS

Chaque acteur s’inscrit à des étapes différentes du parcours avec des problématiques liées à leur contexte de développement. Dans un objectif de mise en place d’une filière de valorisation, il convient donc de comprendre leurs besoins spécifiques, afin que chacun puisse y voir une plus-value à son échelle, et ainsi consolider la mise en place de ce type de projet par le soutien d’une majorité d’acteurs.

- Fournisseurs de matières premières :
 - Producteurs d'aluminium, de bois, de polychlorure de vinyle (PVC) ou d'autres matériaux utilisés pour la fabrication des portes et fenêtres. Certaines de ces industries sont capables d'inclure directement des matériaux recyclés dans leur processus pour en refaire des matières premières secondaires. C'est notamment le cas de l'industrie du PVC et de l'aluminium et plus récemment du verre¹.
- Fabricants de profilés :
 - Entreprises spécialisées dans la production des profilés en aluminium, en PVC, en bois ou en matériaux composites qui serviront à créer les châssis des portes et fenêtres.
- Fabricants d'autres composantes:
 - Fournisseurs de quincaillerie et accessoires (poignées, charnières, serrures, etc.).
- Fabricants de portes et fenêtres :
 - Entreprises qui assemblent les composantes et profilés pour fabriquer des portes et fenêtres prêtes à être installées.
 - Intégrateurs de systèmes qui peuvent proposer des solutions complètes, incluant par exemple des portes et fenêtres intégrant des fonctionnalités supplémentaires (filtres UV, mécanismes, etc.).
- Distributeurs et revendeurs :
 - Grossistes qui se fournissent en portes et fenêtres en gros auprès des fabricants et les distribuent aux détaillants.
 - Détaillants spécialisés dans la vente directe aux consommateurs.
- Installateurs :
 - Entreprises spécialisées dans l'installation professionnelle des portes et fenêtres.
 - Installateurs indépendants ou entrepreneurs du bâtiment qui intègrent les portes et fenêtres dans leurs projets de construction ou de rénovation.
- Architectes et concepteurs :
 - Professionnels qui spécifient et intègrent des portes et fenêtres dans les plans architecturaux des bâtiments.
- Prescripteurs :
 - Ingénieurs, consultants en construction, et autres professionnels qui recommandent des solutions spécifiques en fonction des besoins du projet.
- Organismes de régulation et normatifs :
 - Agences gouvernementales responsables de l'émission de normes de construction et de sécurité pour les portes et fenêtres.

¹ L'entreprise Saint-Gobain a réalisé pour la première fois en 2022 la production de verre plat de fenêtre à partir de 100 % de calcin recyclé. (Pouthier, 2022)

- Associations professionnelles qui établissent des normes de qualité et de performance.
- Services de rénovation :
 - Entreprises offrant des services de maintenance, de réparation et de remplacement pour les portes et fenêtres.

2.3. CHAÎNE DE RECYCLAGE

La gestion de la fin de vie des produits suit aussi un parcours complexe. Notamment, la mise en place de filières de recyclage fait intervenir une multitude d'étapes et d'acteurs issus de domaines différents. Il n'est pas rare que certaines matières soient recyclées dans des industries qui n'ont aucun lien à priori avec leur secteur d'origine. Il est donc nécessaire de développer une compréhension approfondie de cette chaîne de recyclage afin d'aborder le défi du démantèlement des P&F. De manière générale, le cycle de recyclage d'un produit s'organise selon une logique assez régulière, identifiée dans la Figure 3.

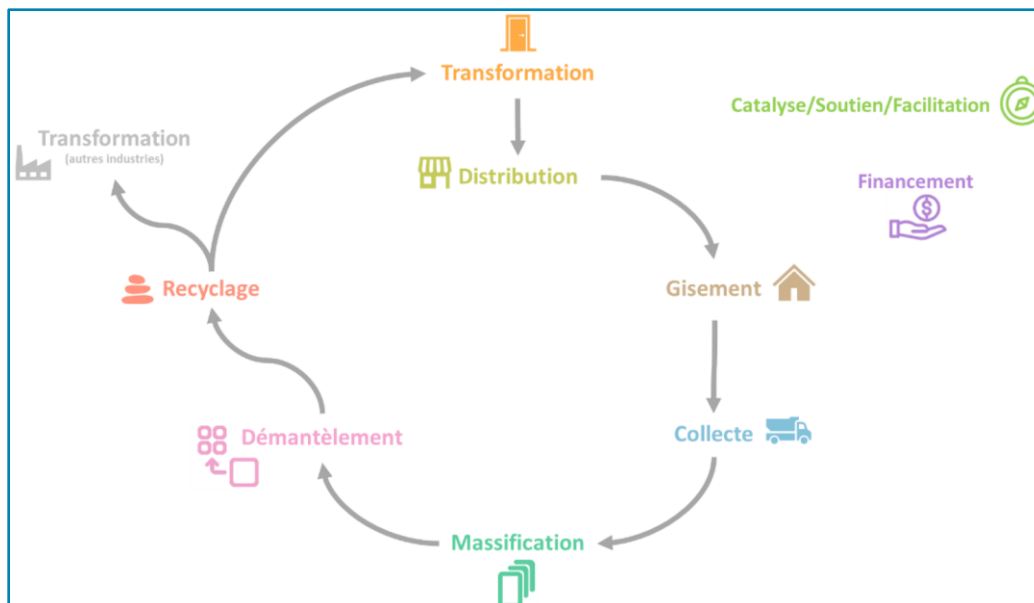


Figure 3 Chaîne de recyclage des portes et fenêtres (Belz, 2022)

Gisement au Québec

La mise en place d'une plateforme de démantèlement des portes et fenêtres est fortement conditionnée par l'identification des volumes à traiter. En l'occurrence, pour la chaîne de valeur des portes et fenêtres, de nombreux flux ont été surlignés. Il est nécessaire de pouvoir estimer les quantités associées à ces flux afin de pouvoir réaliser des projections sur les quantités disponibles à court et long terme, afin de penser le dimensionnement de manière pertinente.

Plusieurs estimations de ces flux ont ainsi été réalisées afin de fournir un premier cadre de réflexion. Les données utilisées proviennent majoritairement des bases de données et études réalisées par le gouvernement du Canada et le gouvernement du Québec. En premier lieu, les chiffres d'importations et d'exportations vont permettre de poser des hypothèses fortes afin de déterminer plus facilement les quantités fabriquées au Québec. À partir de ces quantités, les gisements résultant des étapes d'installation et de rénovation vont pouvoir être estimés plus facilement. Cette séquence de raisonnement est décrite dans la Figure 4.

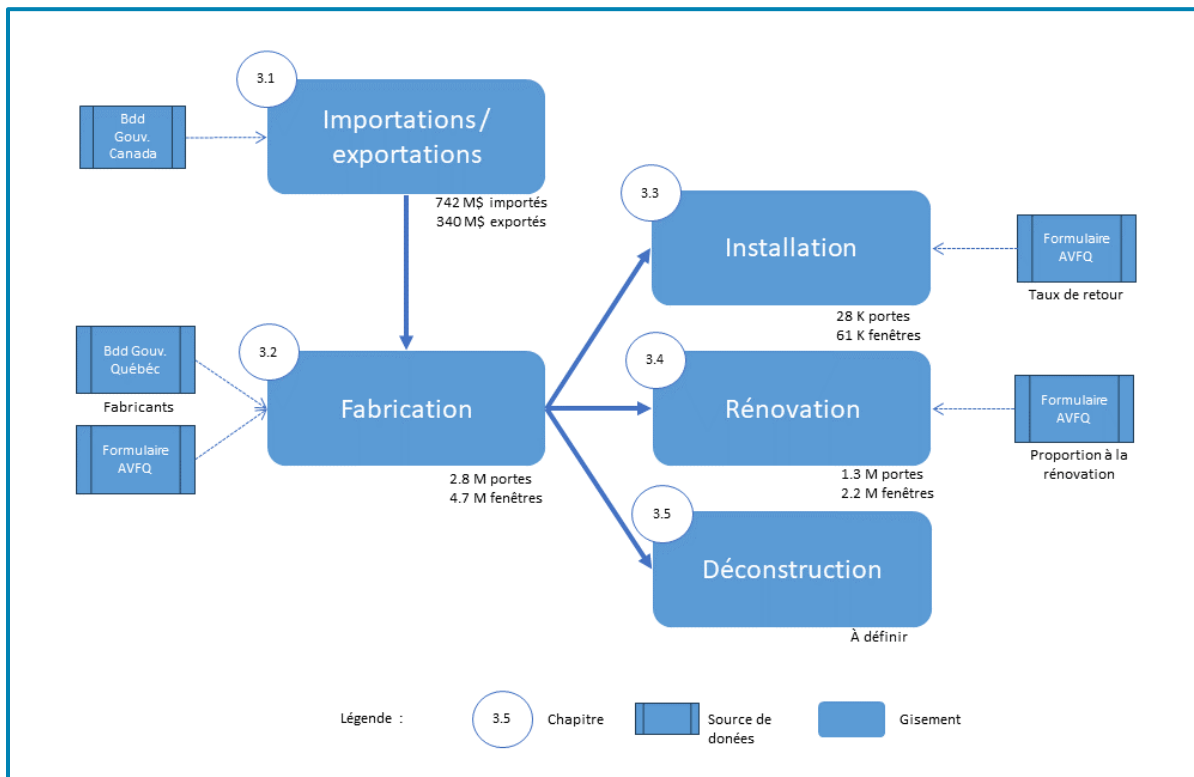


Figure 4 Séquence d'estimation des gisements

3.1. IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS

Avec le développement des échanges commerciaux à l'international, la communauté économique mondiale a mis en place un système de classification permettant de faciliter les flux monétaires et structurer la collecte et le partage des informations entre partenaires. Les quantités échangées entre différents pays sont mesurées, archivées et mises à la consultation des citoyens à travers différentes bases de données.

Le Système Harmonisé est une nomenclature internationale qui classe les marchandises pour les douanes et les statistiques commerciales. Il s'agit d'un système de codification des marchandises utilisé à l'échelle mondiale pour faciliter le commerce international en normalisant la classification des produits. La sixième version du Système Harmonisé est souvent abrégée en SH6. Dans le cas de cette étude, les dénominations suivantes ont été utilisées.

Tableau 1 Dénomination et code SH6 des produits étudiés

Ligne	Dénomination	Code SH6
1	Portes et leurs cadres, chambranles et seuils, en bois	441820
2	Fenêtres, portes-fenêtres et leurs cadres et chambranles, en bois	441810
3	Portes, fenêtres et leurs cadres et chambranles et seuils, en fer ou acier	730830
4	Portes, fenêtres et leurs cadres, chambranles et seuils, en aluminium	761010
5	Portes, fenêtres et leurs cadres, chambranles et seuils, en plastiques	392520

D'après le SH6, les éléments portes et fenêtres sont regroupés sous une même dénomination correspondant aux matériaux prédominants (lignes 3 à 5). Cependant dans le cas du bois, les portes et les fenêtres ont été placées dans des dénominations distinctes (lignes 1 et 2). Pour des raisons de simplification des résultats, les lignes 1 et 2 ont été fusionnées artificiellement pour donner une nouvelle ligne 1*.

Tableau 2 Nouvelle dénomination et nouveau code SH6

Ligne	Nouvelle dénomination	Nouveau code SH6
1*	Portes, fenêtres et leurs cadres et chambranles et seuils, en bois*	441810*

A l'aide de ces codes SH6 ainsi que des bases de données gouvernementales, il est donc possible de retrouver la quantité de portes et fenêtres qui transitent entre l'étranger et les différentes provinces canadiennes depuis plusieurs années. En particulier, la Figure 5 présente les quantités importées et exportées par le Québec sur l'année 2021.

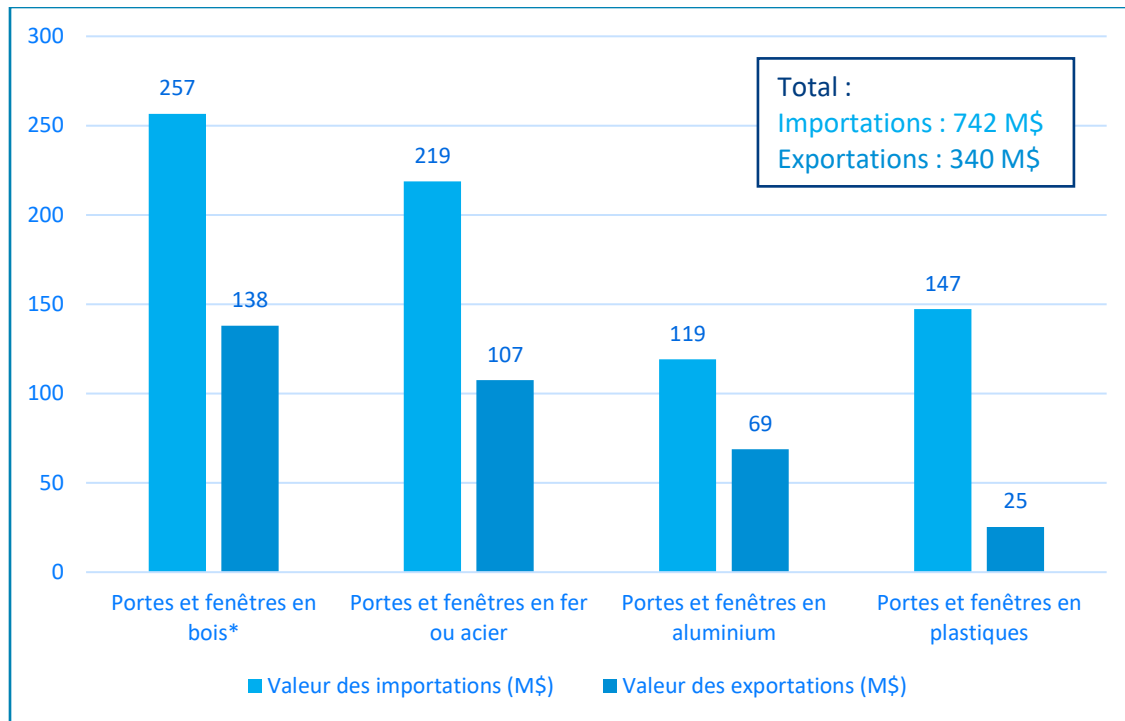


Figure 5 Comparaison des importations et exportations de portes et fenêtres au Québec

Ce sont près de 742 M\$ de portes et fenêtres qui ont été importés cette année-là, avec une prédominance en provenance des États-Unis. En comparaison, ce sont 340 M\$ qui ont été exportés vers le reste du monde. Pour les années suivantes, il est probable que ces chiffres aient augmenté avec la reprise de l'industrie de la construction à la suite de la pandémie.

Ce décalage entre importations et exportations peut poser quelques enjeux à posteriori lors du démantèlement et du recyclage. En effet la composition de produits importés peut être plus difficilement identifiable puisqu'on peut rapidement perdre la traçabilité des matériaux, et cela encore plus dans un contexte où les portes et fenêtres seront démantelées plusieurs dizaines d'années après leur fin de vie.

De même, il est complexe d'effectuer un contrôle précis des produits arrivant sur le territoire, car si des mesures législatives sont prises au Québec ou au Canada afin de faciliter le recyclage ou le démantèlement des portes et fenêtres, il serait difficilement envisageable d'imposer ces mêmes législations aux produits importés.

La faible quantité de produits exportés par rapport aux produits importés laisse entendre que la demande au Québec est bien supérieure à ce que les manufactures locales sont capables de produire. En l'absence d'aide au développement d'industries locales de P&F ou d'augmentation du réemploi, il est donc peu probable de voir une baisse significative de ces importations dans un futur proche.

Pourtant, le démantèlement des portes et fenêtres pourrait permettre de circulariser une grande partie des matières premières au Québec. Un scénario à envisager serait de recycler localement ces matériaux uniquement auprès de recycleurs spécialisés dans la production de portes et fenêtres, afin d'aider au développement des manufactures locales et de combler les besoins du Québec en augmentant la part de produits fabriqués sur le territoire.

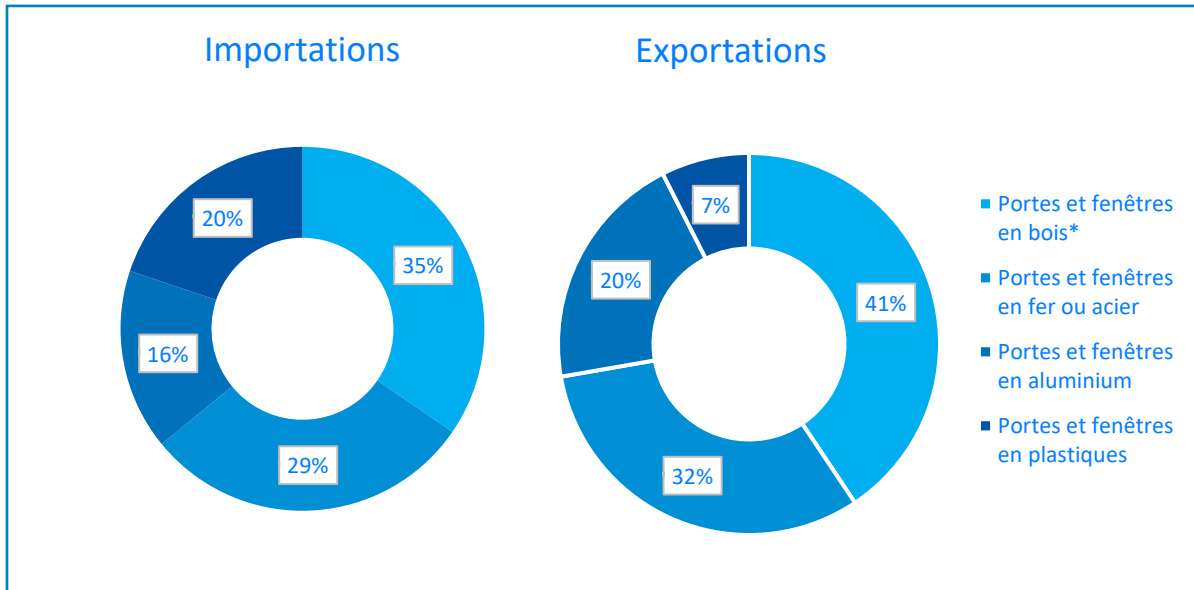


Figure 6 Part des importations et exportations monétaire de portes et fenêtres au Québec (Gouvernement du Canada, 2023) et (Statistique Canada, 2023)

Les parts des importations et des exportations varient grandement en fonction matériaux qui composent les produits. Parmi les échanges internationaux avec le Québec, les portes et fenêtres en métal (fer, acier ou aluminium, tous confondus) représentent toujours une majorité des produits importés et exportés, suivis par les P&F en bois. Les P&F les moins concernées sont celles en PVC. Il est à noter que puisque la durée de vie des P&F dépasse généralement les 20 ans, les importations ne sont pas directement connectées aux gisements qui seront reçus sur les plateformes. Il persiste tout de même une certaine corrélation entre les types de produits importés et les produits retrouvés sur le terrain, comme le montre la Figure 7.

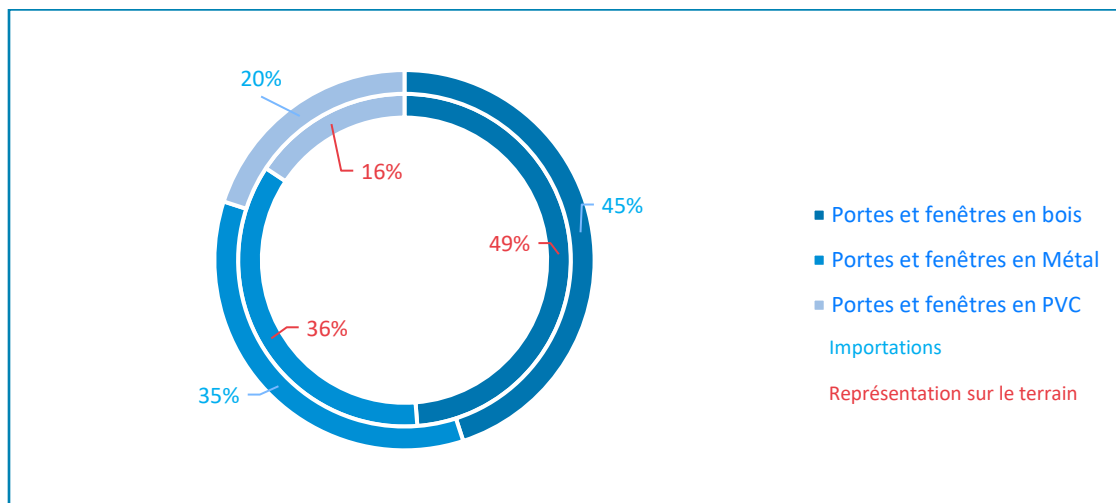


Figure 7 Comparaison des types de produits importés et collectés sur le terrain

Il faut garder à l'esprit que les tarifs d'importation et d'exportation peuvent varier d'un pays à l'autre, cela complexifie les calculs afin de transformer les flux monétaires en flux physiques. Ainsi dans cette étude il n'a pas été question d'utiliser les valeurs d'importations et d'exportation pour définir la quantité de portes et fenêtres équivalente avec un état des flux. Pour consolider la donnée cependant, il pourrait être intéressant de réaliser une veille à travers l'application Web sur le commerce international de marchandises du Canada. En effet celle-ci commence progressivement à intégrer des données de tonnage associées aux flux monétaires. Cette information permettrait de travailler directement sur des flux physiques comptables, et donc d'éviter les incertitudes associées aux tarifs.

Grâce aux résultats précédents, on peut poser l'hypothèse que les quantités produites au Québec sont à minima celles qui sont installées au Québec. En effet puisque les valeurs d'importations correspondent au double des valeurs d'exportations, on peut raisonnablement penser que la quantité de portes et fenêtres produites au Québec n'est pas suffisante pour répondre à la demande du territoire. Ainsi pour la suite de ce document il sera établi que la production québécoise correspond au moins aux quantités d'exportations.

3.2. PORTES ET FENÊTRES FABRIQUÉES AU QUÉBEC

Dans ce contexte, l'estimation de la quantité de portes et fenêtres fabriquées au Québec devient cruciale dans une volonté d'interpréter la dynamique entre la production locale, la demande et la structure industrielle. Comprendre la densité des fabricants sur le territoire permet à la fois de mieux évaluer la dépendance aux importations mais aussi d'évaluer la quantité maximale de gisement que le Québec peut générer, autant d'indices importants dans des perspectives de gestion économique et environnementale du secteur des menuiseries.

Au sein des bases de données gouvernementales, les données d'entreprises sont généralement classifiées à l'aide du SCIAN, un système permettant de classer les industries d'Amérique du Nord en fonction de leurs secteurs économiques, afin de faciliter la collecte et l'analyse des données économiques à l'échelle régionale. Pour les fabricants de P&F, les quatre dénominations sélectionnées sont représentées sur le Tableau 3.

Tableau 3 Dénomination et code SCIAN des fabricants étudiés (Statistique Canada, 2021)

Ligne	Dénomination	Code SCIAN
1	Fabrication de fenêtres et de portes en bois	321911
2	Fabrication d'autres menuiseries préfabriquées	321919
3	Fabrication de portes et de fenêtres en plastique	326196
4	Fabrication de portes et de fenêtres en métal	332321

Ainsi, l'Institut de la Statistique du Québec a notamment décompté le nombre d'entreprise en activités dans la province en fonction de leur code SCIAN pour la période de décembre 2020. La Figure 8 présente ce décompte.

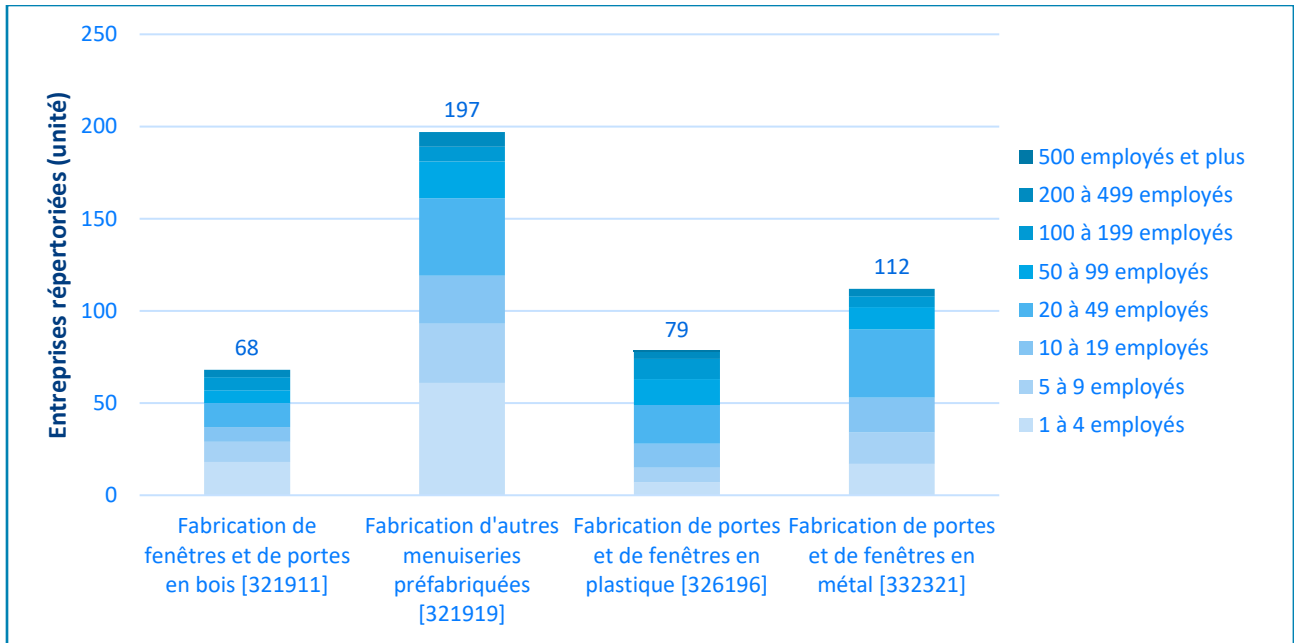


Figure 8 Fabricants de portes et fenêtres répertoriés au Québec en décembre 2020 (Institut de la statistique Québec, 2023)

En décembre 2020, ce sont près de 456 entreprises actives qui ont été recensées auprès du gouvernement du Québec. Parmi elles, plus de la moitié sont considérées comme des TPE (Très Petites Entreprises) avec près de 52 d'entre elles qui sont constituées de 19 employés ou moins.

Durant l'année 2023, nous avons eu la chance de collaborer avec l'Association de Vitrierie et de Fenestration du Québec² (AVFQ) afin d'élaborer un questionnaire concernant le démantèlement et le recyclage des portes et fenêtres. Ce questionnaire avait ensuite été distribué à l'ensemble des membres de l'AVFQ afin de recueillir leurs témoignages et avis. Plus d'une quarantaine de répondants sur l'ensemble des 200 membres de l'AVFQ, ce qui représente un taux de réponse de près de 20 %.

Grâce à ce formulaire, il a été possible d'obtenir une estimation des quantités produites par ces fabricants-là sous forme de plages. Les Figure 9 et Figure 10 présentent ainsi ces différentes plages, pour la production de portes et de fenêtres respectivement.

² <https://www.avfq.ca/>

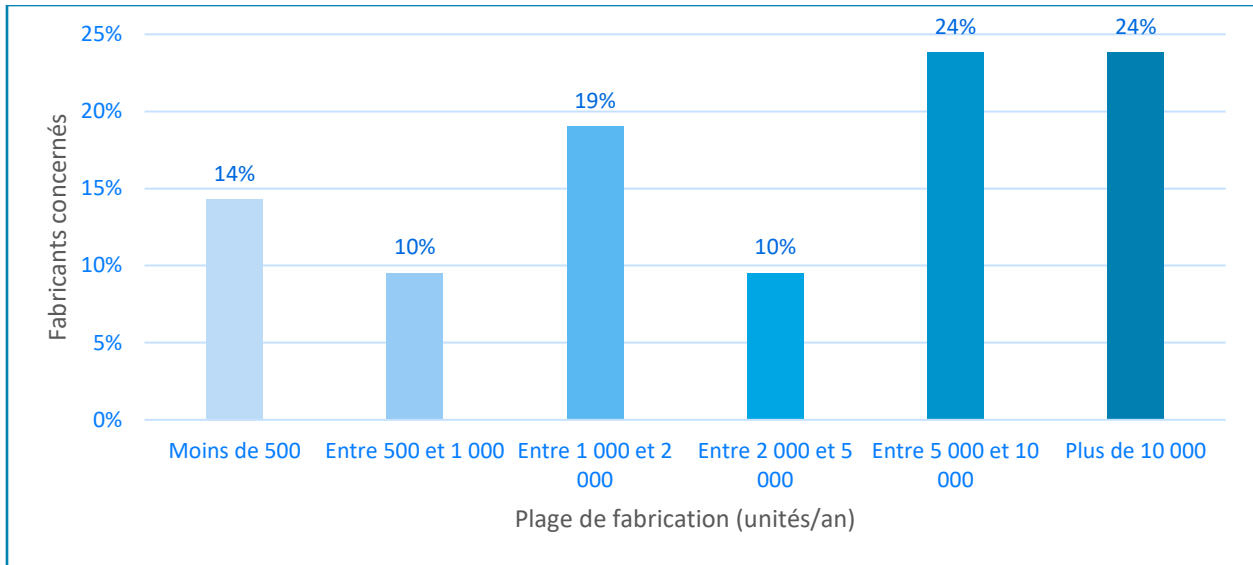


Figure 9 Plage de fabrication des portes au Québec

En grande majorité, près de 86 % des répondants produisent plus de 1 000 portes par an. Parmi eux, plus de 40% produisent plus de 5 000 portes par an au Québec.

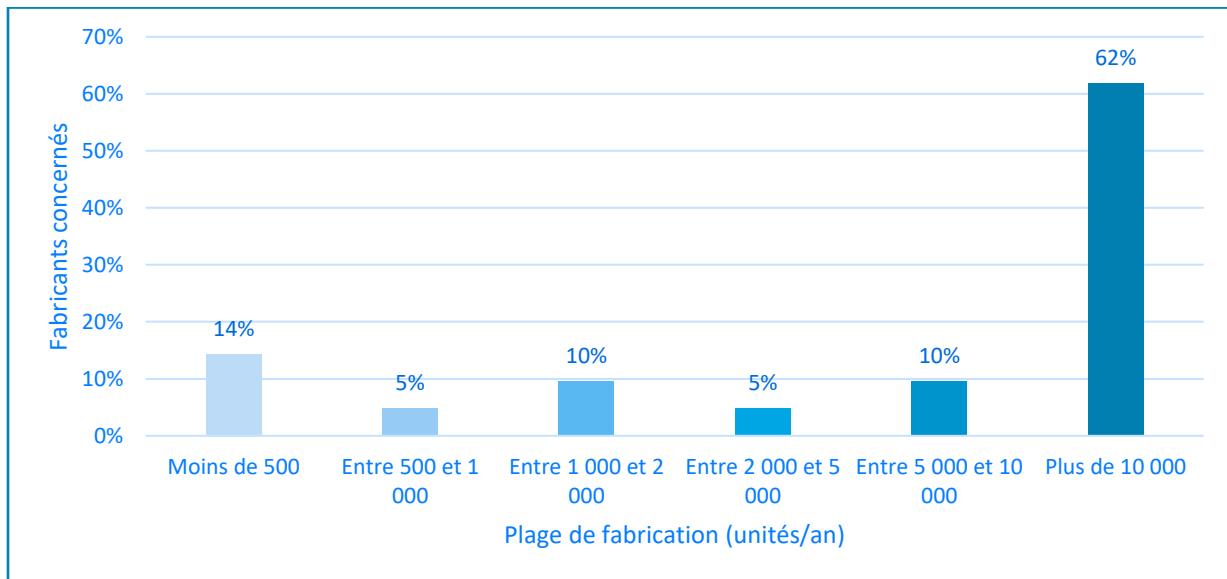


Figure 10 Plage de fabrication des fenêtres au Québec

Pour les fenêtres, près de 62 % des répondants produisent plus de 10 000 fenêtres par an. Pour chaque plage, une valeur basse et une valeur haute sont prises comme bornes, ainsi pour la plage « Entre 1 000 et 2 000 », la plage basse vaut 1 000 et la plage haute vaut 2 000. En reportant ensuite chacune de ces bornes sur la totalité

des fabricants actifs recensés dans la province, il est possible de borner la production du Québec. La Figure 11 présente ainsi les bornes de ces estimations³.

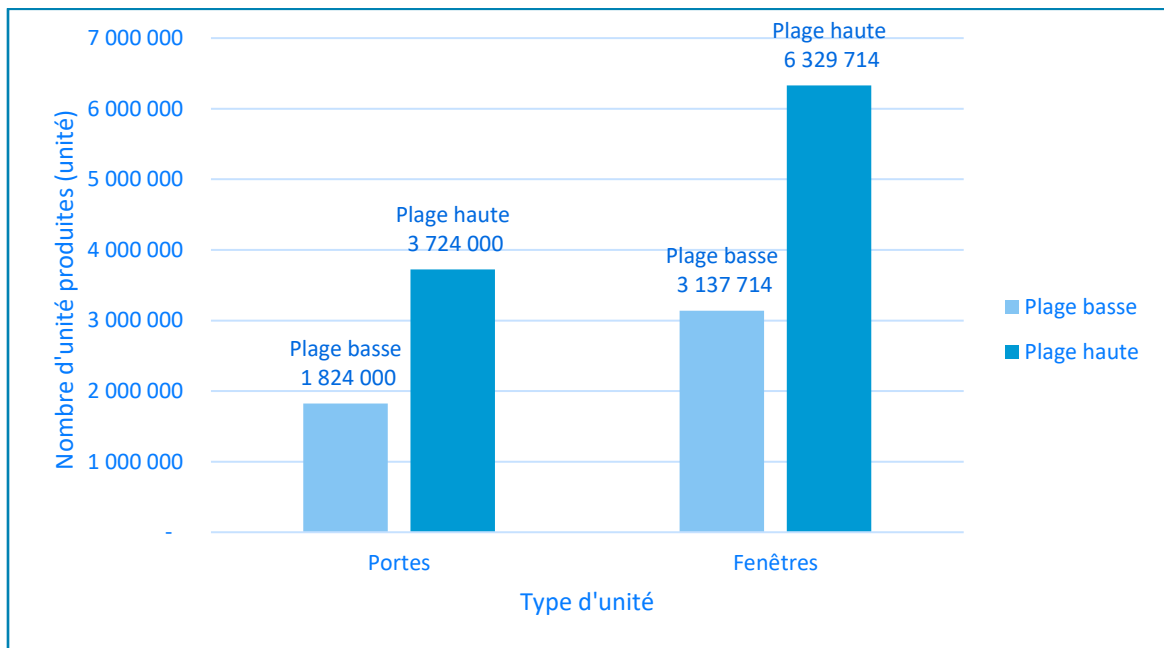


Figure 11 Estimation des quantités de portes et fenêtres produites au Québec

Ainsi, cela représenterait donc entre 1,8 M et 3,7 M de portes produites et entre 3.1 M à 6.3 M de fenêtres produites annuellement au Québec, donc un total d'environ 5 M à 10 M d'unités. Pour la suite de ce rapport, il sera fixé une moyenne entre les plages basses et hautes :

- Portes : 2.8 M
- Fenêtres : 4.7 M

A l'échelle du Québec cela représente une quantité de près de 7.5 M de P&F produites annuellement. Ces chiffres ont été obtenus par estimation et sur la base d'hypothèses fortes⁴. Pour consolider l'échantillon, il conviendrait de faire parvenir des sondages à un plus grand nombre d'entreprises, et d'obtenir des réponses plus précises, notamment sur les valeurs des plages maximales qui peuvent grandement influencer le calcul.

³ Pour les bornes extrêmes, la minimale de la plage « Moins de 500 » a été prise à 0 et la maximale de la plage « Plus de 10 000 » vaut 20 000 arbitrairement, et à des fins de simplification.

⁴ En effet, seul un échantillon de 23 membres se sont exprimés sur ces valeurs, l'hypothèse qu'ils représentent un échantillon suffisant reste à confirmer.

3.3. INSTALLATEURS

Lors de l'installation sur chantier, il existe une proportion de produits qui, pour diverses raisons, ne répondent pas aux normes requises et nécessitent un retour au fabricant ou une élimination. Les causes de non-conformité peuvent varier, allant de défauts de fabrication à des erreurs de mesure. Le calcul de ce taux de non-conformité peut être d'intérêt afin de déterminer s'il représente une source de gisement significative.

Les membres de l'AVFQ ont pu s'exprimer à ce sujet, afin de déclarer quelles quantités de portes et fenêtres étaient retournées depuis le chantier pour causes de non-conformités. Les Figure 12 et Figure 13 présentent les taux de produits retournés.

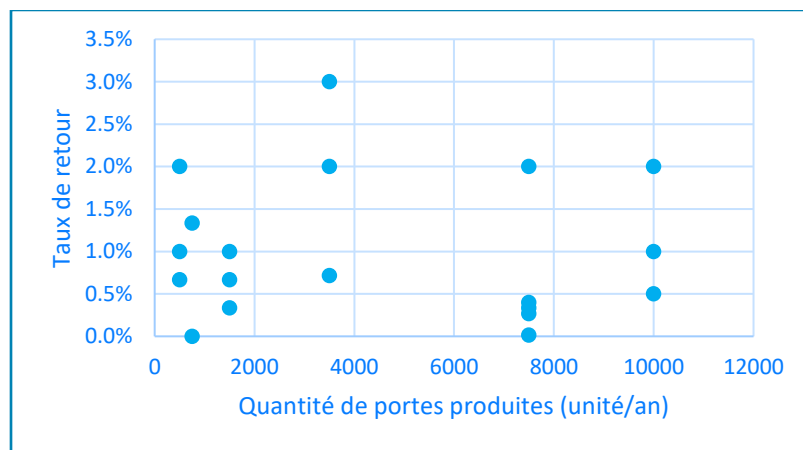


Figure 12 Taux de portes retournées

Parmi les 19 réponses admissibles recueillies, le taux de portes retournées est de 1 %, ce qui représente une faible proportion de produits.

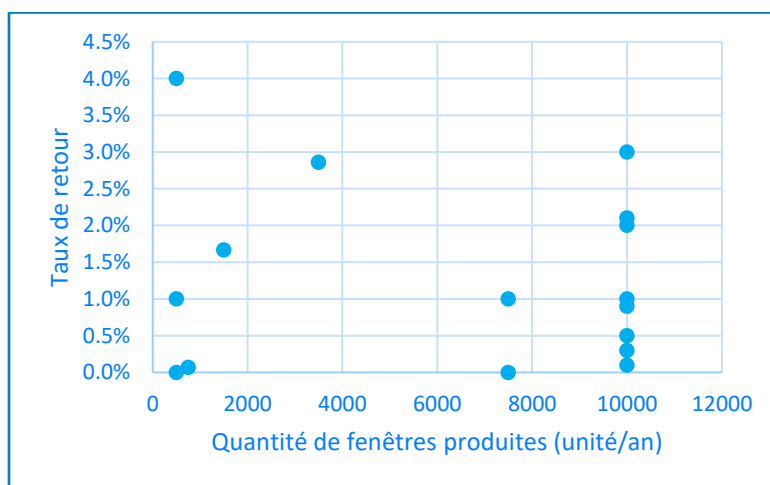


Figure 13 Taux de fenêtres retournées

Parmi les 16 réponses admissibles, le taux de fenêtres retournées est de 1.3 %, soit un taux sensiblement similaire pour les deux types de produits. Pour la suite de ce document il sera admis l'hypothèse que cette vingtaine de réponses est représentative des non-conformités des installateurs au Québec.

Plusieurs méthodes pourraient être utilisées pour estimer la quantité de portes et fenêtres. Il pourrait être possible de quantifier l'ensemble des chantiers de construction (surface, nombre de permis, nombre de bâtiments, types), de définir des hypothèses concernant la quantité de portes et fenêtres utilisées pour chacun. Cependant c'est un travail fastidieux. Afin de simplifier les démarches, l'hypothèse suivante peut être posée : La totalité des portes et fenêtres produites au Québec sont utilisées la même année dans les chantiers de construction ou de rénovation⁵. Ainsi, puisque la quantité de portes et fenêtres produites au Québec a été estimée, il est possible d'en déduire la quantité de portes et fenêtres retournées sur chantier de construction ou de rénovation :

- Portes = $0.01 * 2\,800\,000 = 28\,000$ portes
- Fenêtres = $0.013 * 4\,700\,000 = 61\,100$ fenêtres

Chaque année, environ 30 000 portes et plus de 60 000 fenêtres sont susceptibles de retourner des chantiers au Québec. Bien que cette quantité puisse sembler modeste, il est essentiel de considérer la possibilité d'un retour par logistique inverse vers les fabricants et distributeurs au moment de leur dépôt potentiel sur site. Cette approche pourrait permettre la massification de ces matériaux et faciliter leur envoi vers un centre de démantèlement au Québec.

3.4. PORTES ET FENÊTRES ISSUES DES RÉNOVATIONS

À l'échelle provinciale, les dépenses en construction résidentielle en 2022 ont majoritairement été consacrées aux rénovations (60,8 %). Les dépenses en constructions neuves ne représentaient donc, que 39,2 % du total (Statistique Québec, 2023). Cependant, ces résultats ne corrént pas spécifiquement avec les résultats du sondage effectué auprès de l'AVFQ, en effet sur les 24 répondants, les résultats montrent que :

- 53 % des portes et fenêtres produites sont destinées à la construction neuve
- 47 % des portes et fenêtres sont destinées à la rénovation.

Cette distinction peut s'expliquer notamment parce que les chiffres de Statistique Québec s'expriment en dépense (une valeur monétaire), là où les réponses des producteurs sont exprimées en nombre d'unités. A des fins de simplification, il sera fixé que les résultats du sondage sont représentatifs.

Ainsi, en partant du principe que la production vaut :

- Portes : 2.8 M
- Fenêtres : 4.7 M

⁵ Le terme « instantanément » permet d'ignorer de potentiels effets de réservoirs sur l'année en cours ou les années précédentes.

Alors :

- Portes rinnovées = $2.8 * 0.47 = 1.3$ M
- Fenêtres rinnovées : $4.7 * 0.47 = 2.2$ M

À l'échelle provinciale, ce sont donc près de 1.3 M de portes et 2.2 M de fenêtres qui sont rinnovées chaque année, ce qui représente un gisement de près de 3.5 M d'unité au Québec. Cependant, il est à noter que la localisation du gisement peut avoir un impact non négligeable sur les types de matériaux qui seront collectés. Dans les Laurentides, notamment à Sainte-Agathe-des-Monts où les chalets sont plus nombreux, parmi les types de produits rinnovés, on constate une grande quantité de portes et fenêtres anciennes en bois, car issues des renovations des particuliers.

3.5. CHANTIERS DE DÉCONSTRUCTION

Par opposition à la démolition, le processus de déconstruction d'un bâtiment est un processus sélectif visant à démanteler de manière réfléchie les bâtiments, dans l'objectif de maximiser la récupération des matériaux pour favoriser le recyclage ou la réutilisation.

Certaines villes en Amérique du Nord l'ont déjà démocratisé. Ainsi à Vancouver il est obligatoire depuis 2011 que les maisons érigées avant 1950 soient déconstruites, tout cela afin de garantir que 75 % des matériaux soient recyclés ou réemployés (Architecture sans frontières Québec , 2020). D'autres villes comme Portland et San Antonio ont mis en place des contraintes spécifiques pour promouvoir la déconstruction. Les villes fournissent alors des formations pour les entrepreneurs de la construction et des initiatives de kit de réemploi sont apparues. Encore peu présent au Québec, et même s'il existe encore peu de documentation à ce sujet, la plupart des résultats s'accordent sur le fait que les retombées sur le plan de la circularité du secteur de la construction sont significatives.

Le protocole de déconstruction couvre l'ensemble des activités liées à la déconstruction totale ou partielle d'un bâtiment. Les étapes typiques incluent la séparation des matériaux, le tri des déchets, et la collecte des éléments pouvant être réutilisés ou recyclés. Pour les portes et fenêtres, cela implique leur retrait méticuleux pour les préparer au réemploi ou au recyclage. La Figure 14 présente un processus générique de ces activités de déconstruction, durant les trois phases d'un chantier.

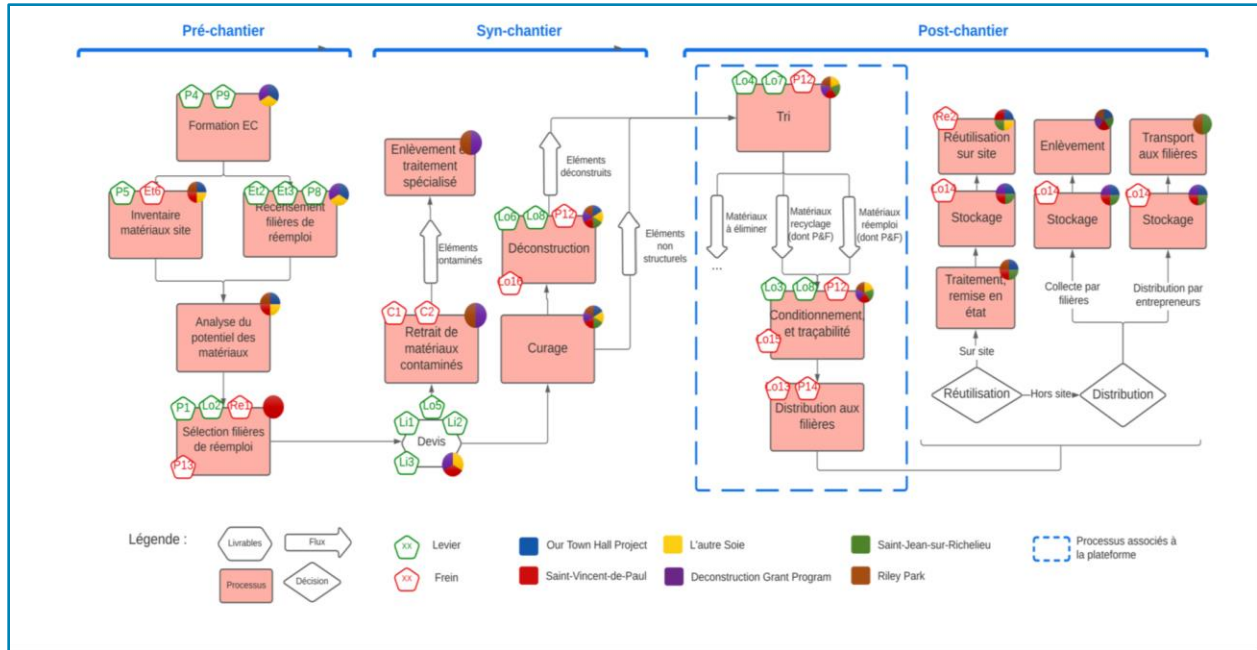


Figure 14 Processus générique de déconstruction (Lahmar, 2022)

Les pratiques de déconstruction ne sont pas encore répandues, néanmoins quelques activités de déconstruction ont pu être réalisées durant cette étude. C'est notamment le cas d'E&M qui s'approvisionnait auprès de l'entreprise SM Démolition. Cette entreprise était notamment spécialisée dans la démolition, mais réalisait quelquefois la déconstruction préliminairement aux phases de démolition afin d'approvisionner le magasin de réemploi des matériaux de E&M. L'entreprise intervenait notamment sur des bâtiments sinistrés à la suite d'accidents domestiques tels que des incendies ou autres types de dommages. Malgré une dégradation partielle des structures, il apparaissait que certains produits (portes, fenêtres, bains, mobiliers, etc.) puissent être réemployés, ou recyclés.

La déconstruction d'une maison sur chantier, initialement estimée à une journée, s'étend d'au moins une demi-journée supplémentaire en raison du processus de démantèlement. Cette prolongation découle du fait que deux travailleurs nécessitent en moyenne 30 minutes pour déconstruire une fenêtre. Cette extension n'est pas compensée financièrement, notamment puisque le contrat n'est pas facturé à l'heure. D'après Eco & Materio, les compagnies d'assurances ont encouragé l'entreprise à indiquer sur les devis que la déconstruction serait faite dans l'optique d'un recyclage des matériaux. Cependant, malgré les avantages en termes d'arguments commerciaux, la concurrence limite la possibilité de tarifs plus élevés. Cette réalité entraîne une augmentation du temps passé sur le chantier sans une augmentation proportionnelle des gains, ce qui se traduit par une perte de profit.

Le travail de déconstruction, physiquement exigeant, nécessite un coût horaire élevé pour les travailleurs, fixé par la Commission de la Construction du Québec (CCQ) à 75 \$/h. Cependant, les revenus générés par le démantèlement ne suffisent pas à compenser les coûts supplémentaires liés au temps humain, y compris la mobilisation et le transport des camions et conteneurs pour une demi-journée supplémentaire. Avec un contrat moyen de déconstruction d'une maison standard s'élevant à environ 20 000 \$, même en ajoutant 5000 \$ pour la déconstruction, les entrepreneurs peinent à réaliser un bénéfice significatif. Une piste de solution envisagée serait d'établir un accord avec la CCQ afin de réduire le taux horaire des travailleurs impliqués dans

la déconstruction des portes et fenêtres, permettant ainsi une rentabilité accrue sans compromettre la compétitivité sur le marché. En résumé, l'intégration de la déconstruction dans les appels d'offres présente des avantages, mais les défis liés à la main-d'œuvre, à la logistique et aux coûts nécessitent une attention particulière. Une analyse complémentaire de ces enjeux est fournie par le projet #15.1 de l'équipe solution, dont le rapport final est disponible [ici](#).

3.6. TYPES DE COLLECTE

En fonction du type de gisement, les contextes d'interventions sont différents, et il est dès lors nécessaire d'envisager plusieurs moyens de collecter les portes et fenêtres. En diversifiant ces méthodes de collecte, on peut répondre efficacement à une variété de situations. Ces approches offrent une flexibilité et une coordination qui facilitent l'accès aux matériaux pour les plateformes de démantèlement.

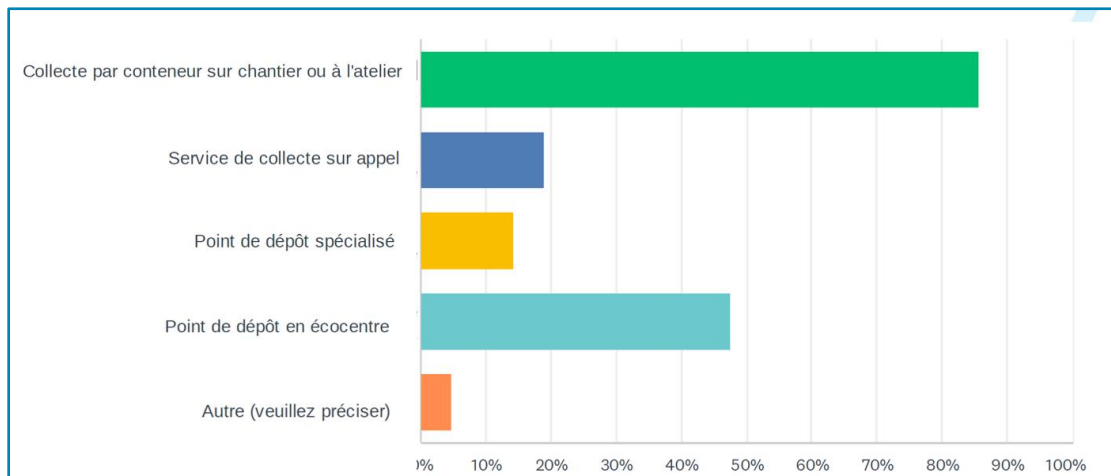


Figure 15 Types de collecte préférés par les répondants

D'après le formulaire présenté à l'AVFQ, une majorité de répondants préférerait l'utilisation de conteneurs sur chantiers, un point de dépôt spécialisé en centre de tri, ainsi qu'une collecte sur appel. Dans le cadre de ce projet, deux de ces méthodes ont pu être testées.

3.6.1. COLLECTE PAR CONTENEUR



Figure 16 Conteneur de produits à démanteler

La collecte par conteneur sur chantier de déconstruction offre une solution pratique et efficace. Elle permet de rassembler les matériaux directement sur le lieu d'intervention, même si elle engendre un supplément de coordination sur le chantier. Cette méthode simplifie la manutention et la logistique de transport pour la plateforme de démantèlement. Le conteneur permet de stocker une grande quantité de matériaux d'un coup, en plus de retenir le verre qui pourrait éventuellement se briser lors des activités⁶.

En contrepartie, cette méthode requiert un espace suffisant sur le chantier afin de pouvoir stocker un conteneur supplémentaire. Même si peu de synchronisation est nécessaire entre le calendrier de déconstruction et la levée du conteneur, il reste que l'utilisation d'un conteneur est souvent à frais. Il en résulte donc la nécessité de prévoir un compromis entre une plage raisonnable de temps et les aléas d'un calendrier changeant. En l'occurrence, la collecte par conteneur sur chantier devait initialement être déployée pour un chantier opéré par Stantec sur un bâtiment municipal de 40 étages qui servait de projet pilote pour le réemploi des matériaux. Cependant, divers imprévus ont occasionné des retards sur le calendrier, rendant impossible la mise en place d'un conteneur sur place.

⁶ Les partenaires terrain suggèrent de nettoyer en amont le fond du conteneur, afin qu'il soit exempt de terre ou autre contamination. Ainsi, même si les vitres se brisent lors du chargement du conteneur, le verre a plus de chances d'être recyclable.

3.6.2. COLLECTE SUR APPEL



Figure 17 Images des produits collectés sur appel

Cette approche permet de planifier la collecte de manière plus flexible, selon le calendrier du chantier et les préférences des entrepreneurs en construction. Cette méthode permet de simplifier le processus, en proposant une solution à moindre frais (pas de location de conteneur sur un long terme) et qui nécessite moins d'engagement temporel pour le gestionnaire du chantier. En contrepartie, il est nécessaire de prévoir une logistique de dépose et de stockage temporaire des portes et fenêtres, ainsi qu'un temps de chargement lors de l'arrivée.

Enfin, il peut arriver que les activités de déconstructions ne correspondent pas avec les besoins ou les capacités des plateformes de démantèlement, il faut donc pouvoir assurer une cohérence entre l'offre et la demande. Ce type de collecte a finalement été utilisé pour le chantier opéré par Stantec afin de récupérer près de 80 unités.

3.6.3. POINT DE DÉPÔT EN ÉCOCENTRE



Figure 18 Point de dépôt à l'écocentre de Sainte-Agathe-des-Monts

Deux points de dépôt en écocentre ont été testés. Ces centres se sont révélés idéaux pour le dépôt des citoyens, suscitant une réception positive et renforçant la sensibilisation environnementale de la part des habitants. Il est cependant très important de bien choisir l'écocentre, car si les citoyens sont trop éloignés ou mal informés, les résultats peuvent être assez modestes, comme illustré par l'expérience moins concluante d'un écocentre participant à Mirabel, trop éloigné des habitations pour être efficace.

Pour l'écocentre de Sainte-Agathe-des-Monts en revanche, de très grandes quantités de produits ont pu être récoltées, nécessitant même une distribution à la plateforme de Mirabel pour éviter d'éliminer le trop-perçu. Cependant, quelques inconvénients sont à noter. La saisonnalité a une forte importance sur les quantités déposées, avec une forte affluence au printemps et en été. De plus, il est assez difficile d'avoir un contrôle fin sur la qualité et la quantité des matériaux déposés, en particulier dans des endroits comme Sainte-Agathe-des-Monts avec beaucoup d'ancien chalets. Dans le cas des citoyens, les rénovations sont aussi souvent influencées par les conditions météorologiques, avec une activité réduite pendant les feux de forêt ou les mauvais temps. Tous ces éléments peuvent avoir un impact sur le flux de produits à démanteler, il est ainsi arrivé certaines fois que le travail s'effectue en flux tendu.

Démantèlement

Le démantèlement vise à décomposer les produits en différents composants, puis à les séparer pour trier les différents matériaux tels que le verre, le métal, le plastique et le bois. En adoptant une approche méthodique, le démantèlement facilite le tri des matériaux afin de maximiser leur recyclage.



Figure 19 Image de la plateforme de démantèlement chez Eco & Materio

4.1. ORGANISATION

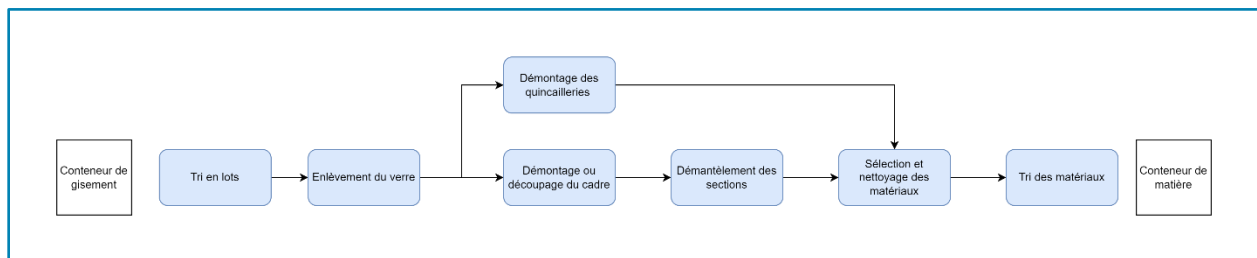


Figure 20 Organisation des opérations de démantèlement

Assez tôt dans la mise en place du démantèlement, un processus logistique efficace a émergé spontanément dans le traitement des portes et fenêtres au sein des deux sites pilotes. Débutant au conteneur de gisement, la première étape importante réside dans le tri des produits par lot similaire, une pratique visant à simplifier les opérations ultérieures en concentrant les efforts sur des matériaux homogènes. Un atelier spécifique est ensuite dédié à l'enlèvement du verre, une tâche généralement commune à tous les produits, qui permet d'alléger le traitement par la suite.

Le démontage en sections intervient ensuite, particulièrement pour les cadres en PVC et en acier. Cette approche permet de travailler sur des sections plus manipulables, moins lourdes, tout en facilitant l'accès aux matériaux spécifiques qui sont insérés dans les profilés. Pour les composants en bois généralement plus vieux, une démarche moins poussée est nécessaire.



Figure 21 Section issue de profilé de fenêtre en PVC

La phase suivante du processus implique le démembrement des sections pour séparer les différents matériaux qui les composent. À ce stade, les différents composants sont sélectionnés et triés, incluant, au besoin, un nettoyage des matériaux pour améliorer leur qualité.

Un tri final répartit les matériaux dans des bacs spécifiques, dédiés au plastique, à l'enfouissement, au métal et au bois. Cette segmentation facilite la manipulation et le déplacement ultérieur des matériaux vers des conteneurs distincts.

Il est nécessaire de penser en amont à la manière optimale de stocker ces matériaux. Étant donné la place nécessaire, et la faible quantité collectée pour certains matériaux, des conteneurs peuvent ne pas être la solution à privilégier, notamment en prenant en compte le coût de location, de la levée et du transport. Dans certains cas des big-bags en plastique sur palette ont été privilégiés. De même, des gaylords en cartons sur palette ont aussi été utilisés, mais il convient alors de prévoir un stockage à l'abri des éléments qui pourraient les abîmer.

4.2. OUTILS EFFICACES

Les outils conventionnels tels que les marteaux, visseuses-dévisseuses et masses font partie de l'équipement standard. Cependant, certains outils se démarquent par leur performance dans des contextes spécifiques :

- L'utilisation d'une table ajustée à la hauteur du travailleur, idéalement équipée d'une moquette pour assurer l'adhérence de la fenêtre.
- La scie circulaire est impérative pour découper les cadres avec précision, permettant ainsi de travailler en petites sections.

- Le pied-de-biche se révèle essentiel pour désassembler et extraire les cadres en bois de manière efficace.
- L'oscilleuse offre une découpe aisée dans le PVC, facilitant le processus de décontamination des vis résiduelles et des agrafes.
- Le grattoir mural joue un rôle essentiel dans le nettoyage des contaminations, notamment pour le retrait de la mousse d'uréthane.
- Pour des raisons de sécurité, l'utilisation de gants anti coupeure, de lunettes de sécurité et éventuellement d'un masque est recommandée, en particulier pour la manipulation du verre.
- En termes de praticité, privilégier des machines fonctionnant sur batterie s'avère avantageux, compte tenu des déplacements fréquents et des partages fréquents d'équipement.



Figure 22 Exemples d'outils efficaces pour le démantèlement des portes et fenêtres

4.3. RÉSULTATS

Pendant plusieurs mois, les deux sites pilotes ont pu collecter de nombreux produits différents depuis des sources variées de gisement. Ces produits ont été démantelés au fur et à mesure, et de grandes quantités de matériaux ont ainsi pu être récupérées.

Afin d'organiser les résultats, une typologie en 5 catégories a ainsi été construite :

- Porte
- Fenêtre
- Vitre seule (représentant du verre sans le cadre)
- Cadre seul (représentant le cadre sans verre)
- Autre (tout ce qui ne rentre dans aucune des catégories ci-dessus)

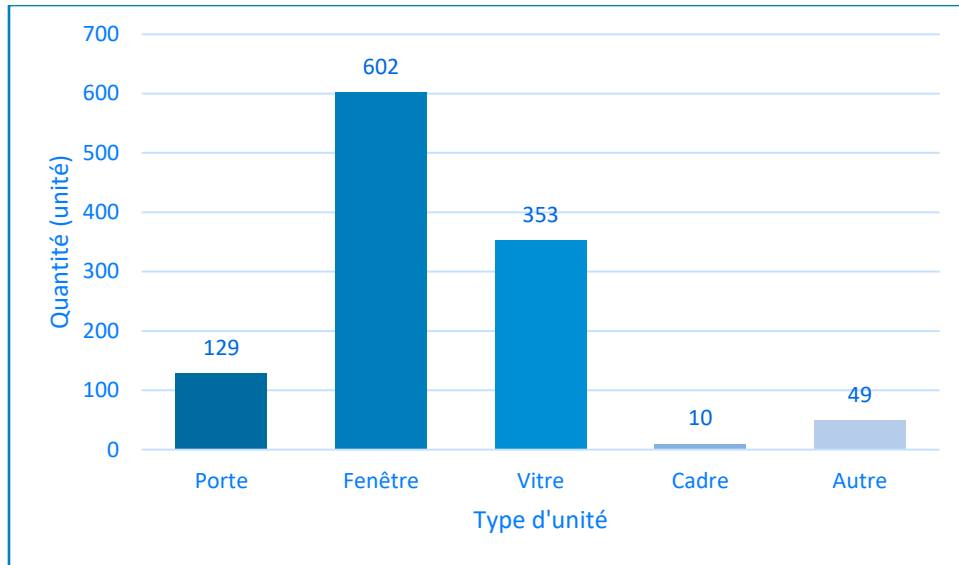


Figure 23 Nombre total d'unité démantelées

Ce sont plus de 1143 unités qui ont été démantelées au sein des deux sites pilotes. Parmi elles, une représentation majoritaire de fenêtres (52 %), suivi d'un nombre important de vitres (31 %), ainsi que des portes, en nombre plus restreint (11 %).

A la suite des premiers essais de démantèlement, il est apparu que la variation de taille entre les types de produits variait énormément. Il est apparu nécessaire de faire intervenir une nouvelle donnée pour représenter correctement ces différences au sein des calculs et améliorer le degré de précision. La surface de chaque produit a donc été mesurée et ajoutée à la collecte d'informations.

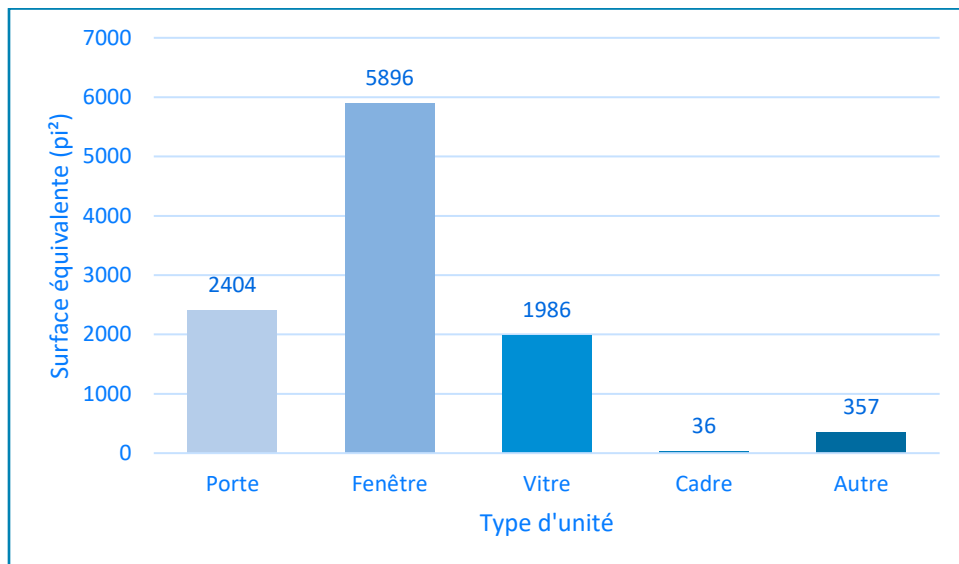


Figure 24 Surface totale d'unités démantelées

Au total, ce sont donc plus de 10 679 pieds carrés de portes et fenêtres qui auront été démantelés. La Figure 25 compare la répartition de ces surfaces totales au sein des différents types de produits.

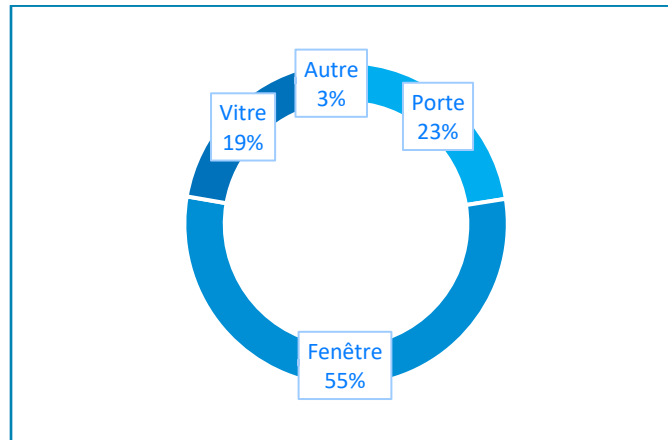


Figure 25 Répartition des surfaces totales par type de produit

En termes de surface, les fenêtres restent les produits majoritairement présents (55 %). Avec l'ajout de cet indicateur, on remarque que les portes représentent en réalité la seconde surface totale la plus élevée (22 %), en effet les portes ont toutes une surface minimale largement supérieure à la moyenne des fenêtres ou des vitres, elle représente en moyenne 19 pieds carrés. Enfin les vitres arrivent finalement en troisième position (19 %), cela s'explique car elles sont souvent démontées préalablement par les citoyens lors des rénovations, il reste alors plus souvent des composantes vitrées de petite taille.

4.4. PERFORMANCES DE DÉMANTÈLEMENT

La comparaison des performances de démantèlement entre deux sites pilotes distincts a révélé des différences significatives. En raison de leurs fonctionnements différents, les performances ont divergé. Il est à noter que, malgré une performance de démantèlement meilleure que prévue, des limites subsistent.

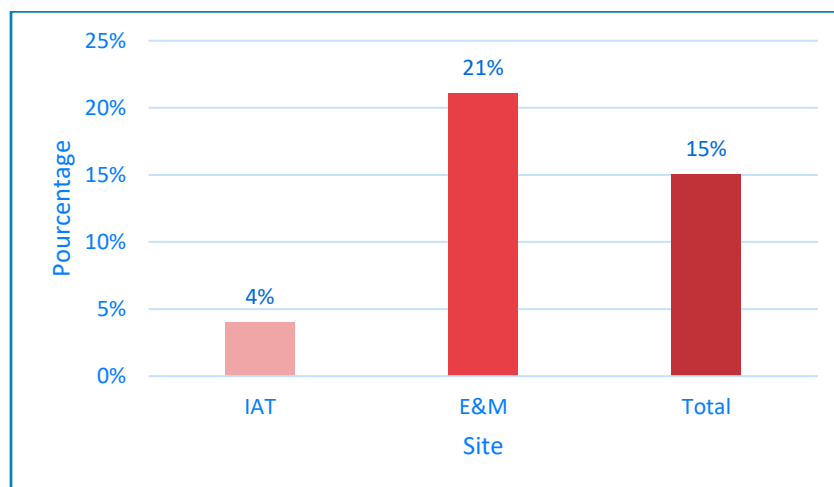


Figure 26 Pourcentage de matériaux enfouis

Le pourcentage de matériaux enfouis varie considérablement d'un site à l'autre. Chez IAT, seulement 4 % de la matière reçue sur le site est enfouie, tandis que chez E&M, ce taux atteint 21 %. En combinant les deux sites, seuls 15 % des matériaux reçus sont finalement enfouis, cela signifie que près de 85 % de la matière est recyclée ou valorisée.

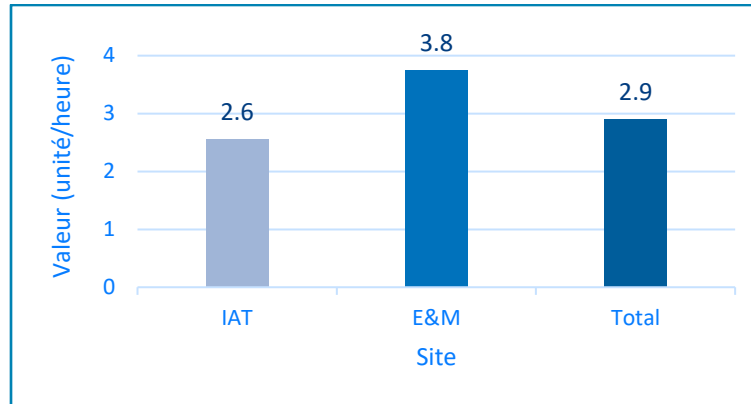


Figure 27 Efficacité de démantèlement unitaire

Selon les essais effectués, une personne est en moyenne capable de démanteler environ 3 unités par heure. Cette estimation dépend de la complexité de chaque unité et d'autres paramètres. Les résultats suggèrent qu'une personne peut réaliser le processus complet de démantèlement pour une unité en environ 20 minutes.

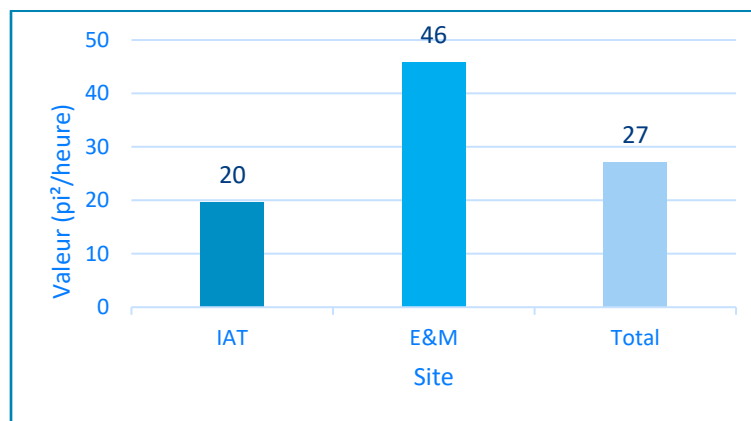


Figure 28 Efficacité de démantèlement surfacique

En ce qui concerne la surface, la productivité moyenne est de 27 pieds carrés démantelés par heure et par personne. Chez InterAction Travail, cette mesure est de 20 pi²/h, tandis que chez Eco & Materio, elle dépasse le double, atteignant 46 pi²/h car les travailleurs étaient tous des professionnels de la construction.

Ces résultats démontrent de la forte corrélation entre la quantité de matériaux enfouis et la rapidité d'exécution. Il existe un compromis à faire entre efficacité et précision, où une augmentation de l'une peut entraîner une diminution de l'autre. Chez InterAction Travail, malgré une vitesse d'exécution de 20 pi²/h, le

pourcentage de matériaux enfouis est seulement d'environ 4%. En revanche, chez Eco & Materio, bien que le démantèlement soit plus rapide, avec une efficacité de 46 pi²/h, le pourcentage de matériaux enfouis atteint environ 12%. Cette disparité s'explique notamment par l'opposition entre la simplicité de jeter un composant trop complexe à démanteler et la minutie ainsi que le temps nécessaire pour sa décontamination.

4.5. APPRENTISSAGES

Au cours des nombreuses heures passées à démanteler, des apprentissages clés ont émergé, mettant en lumière les défis et les compromis essentiels à faire pour maintenir une efficacité suffisante.

4.5.1. RAPIDITÉ OU PRÉCISION

La viabilité de la mise en place d'une plateforme de démantèlement est entre autres conditionnée par la capacité à vendre la matière à des fins de recyclage ou de valorisation. Cependant le prix d'achat de ces matériaux est souvent fonction de la qualité, qui dépend elle-même de l'efficacité du tri et de la décontamination. Cependant, séparer les différents matériaux est un processus qui peut être long et avoir un impact non négligeable sur les coûts d'opération. Il est donc nécessaire d'avoir une idée claire des attentes des recycleurs en termes de matériaux. Des conditions d'acceptabilité de la matière se font souvent au détriment du prix d'achat et il est donc important de prendre en compte aussi ces deux conditions dans la recherche de filières de recyclage.

De la même manière, il est nécessaire de trouver un équilibre entre la rapidité et la précision dans les techniques de démantèlement, afin garantir une qualité suffisante tout en maintenant des coûts d'opération les plus bas possible.

La complexité du démantèlement provient souvent d'une compréhension limitée des produits. Au fur et à mesure des démantèlements d'un même produit, l'efficacité du démantèlement va augmenter selon une courbe de progression : initialement lente pour les premiers produits, l'expérience conduit à la découverte progressive d'une méthode efficace qui accélère le démantèlement des autres produits similaires. Le regroupement de ces produits similaires par lots est assez efficace, en plus de permettre la mise en place de postes de travail très spécifiques, ce qui accroît encore plus l'efficacité. Cette approche suggère que le démantèlement pourrait être plus rapide pour des volumes importants de produits similaires. En ce sens, les chantiers de déconstruction de grands bâtiments sont particulièrement recommandés pour la mise en place de démantèlement car les portes et fenêtres qui y sont récupérées sont souvent identiques et permettent donc de maintenir une cadence élevée.

4.5.2. COMPOSITION ET COMPLEXITÉ

Les menuiseries présentent des niveaux de complexité différents. En ce qui concerne les portes en bois, elles sont caractérisées par une complexité moindre en raison d'un nombre réduit de composantes et de matériaux, ce qui entraîne moins d'étapes lors du processus de démantèlement. Cependant, ces portes n'ont pas été initialement conçues pour être démontées, rendant chaque étape moins précise. Ainsi, des actions telles que

la découpe, l'arrachage et la séparation sont nécessaires, prolongeant considérablement le temps de démantèlement et rendant le travail plus exigeant.

D'un autre côté, les portes en PVC présentent davantage de composantes et de matériaux différents puisqu'elles sont plus récentes et techniquement plus avancées, ce qui nécessite plus d'étapes pour les démanteler. Malgré cette complexité supplémentaire, elles ont d'avantage été conçues pour être démontées facilement, ce qui se traduit par des étapes plus courtes.

La performance du démantèlement est intimement liée à la diversité des composants et des matériaux qui interviennent dans la composition du produit. Par exemple, une porte en métal peut révéler en réalité plus de 11 composants différents, élaborés à partir de 7 matériaux distincts. La Figure 29 décrit l'ensemble de ces composants et matériaux.

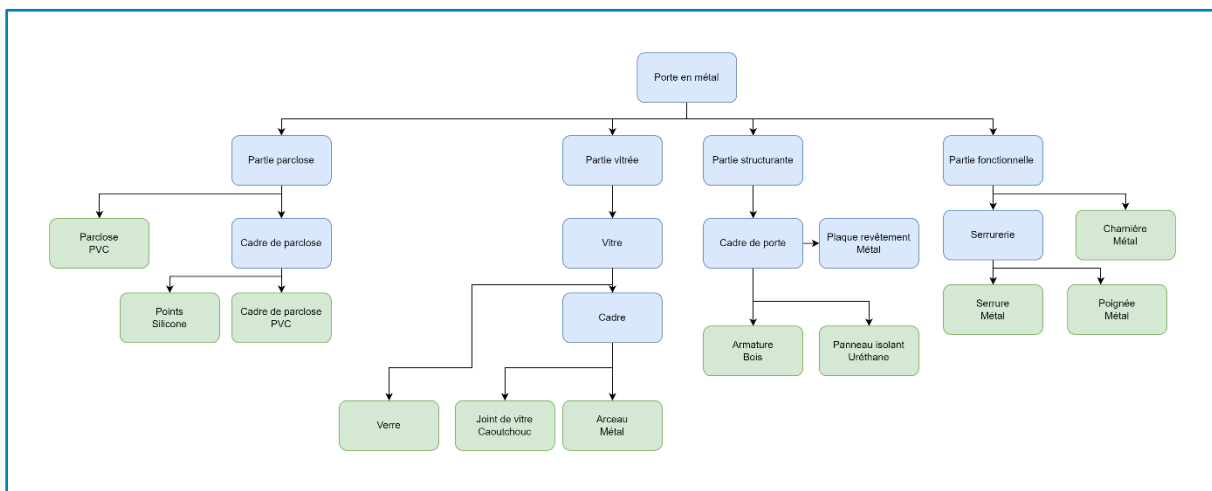


Figure 29 Vue éclatée des composantes d'une porte en bois et ses matériaux

De nombreuses étapes sont nécessaires pour isoler les différents matériaux les uns des autres, et il faut prendre en compte cette complexité dans les enjeux de mise en place d'une plateforme. L'optimisation de chacune de ces étapes est primordiale afin de ne pas réduire la performance. Par exemple, une perte de seulement 1 minute par produit, généralisée à l'échelle des 1143 produits traités, génère déjà 19 heures de travail supplémentaires.

Il devient donc crucial d'associer la mise en place des plateformes de démantèlement à des initiatives d'écoconception auprès des fabricants, afin de les inciter dès le début de la chaîne de valeur à optimiser l'ensemble de ces processus et soutenir la filière.

4.5.3. RECYCLABILITÉ ET ÉCO-CONCEPTION

Chaque produit est composé d'un assemblage de matières spécifiques, représentant chaque fois un défi différent lors du processus de démantèlement. Un exemple notable concerne la séparation de la mousse d'uréthane des cadres en PVC, une étape qui s'avère particulièrement longue. Même si cela peut paraître contre-intuitif, il est impératif de penser la manière dont la matière doit être contaminée. En effet, dans les cas

où il est impossible d'éviter ces contaminations lors de la production, il est nécessaire de déterminer au moins quels matériaux sont plus tolérants à la contamination que d'autres.

Cet exemple concret se manifeste sur la plupart des fenêtres en PVC, où des points de silicone sont généralement appliqués à l'interface entre l'aluminium et le PVC, laissant des résidus sur la matière sur laquelle ils sont posés. Si ces résidus atteignent l'aluminium, cela n'a aucun enjeu sur son recyclage. En revanche, si les résidus se trouvent sur le PVC, cela devient problématique, nécessitant un nettoyage. Étant donné que tous les points de silicone sont systématiquement appliqués sur le PVC, entraînant des résidus de contamination, cela ralentit considérablement les étapes de nettoyage des matériaux. Cela conduit à choisir entre passer du temps sur la décontamination, ou décider de jeter cette partie du matériau, impliquant une étape supplémentaire de découpe.

4.5.4. COLLECTE DE DONNÉES

Face à la diversité de produits arrivant et la complexité à les différencier, de nombreuses questions d'identification sont apparues sur le terrain. Il n'était pas rare que des travailleurs aient des avis différents sur le nom de tel ou tel produit. Il a donc été rapidement nécessaire de développer la classification présentée au paragraphe 4.3, servant de langage commun afin de pouvoir assurer une certaine cohérence dans le travail à effectuer sur le terrain, mais aussi pour la collecte de données.

Pour la collecte d'informations, plusieurs itérations ont été effectuées entre les acteurs terrains et l'équipe de recherche, conduisant à la mise en place d'une fiche de collecte des données. Cet outil a surtout permis d'élaborer un cadre standardisé dans lequel les données, les unités, les classifications sont implicitement décrites. En particulier à Interaction Travail, dans un contexte d'insertion professionnelle, il était nécessaire d'offrir ce cadre-là afin d'assurer une qualité suffisante de l'information, mais aussi une validité. Ces essais-erreurs ont conduit à la mise en place d'une fiche de collecte des données, présentée à la Figure 30. L'objectif était de parvenir à un outil simple d'utilisation qui permet à la fois de s'assurer d'une prise de donnée claire et sans erreur, mais aussi de collecter des informations suffisamment pertinentes en termes de précision et de qualité pour pouvoir être exploitées.

INSTRUCTEURS : Clément (Jocelyn)		une journée c		330							
PARTICIPANTS : Karl, Margaux		nb personnes temps total :		3 16.5							
DATE : 31 Mai 2023											
De quoi est constitué le cadre ?		Bois		Métal		PVC		Verre		Dimensions totales	Quantité totale
Quel est le type de produit ?		Surface Pied carré	Quantité	Surface Pied carré	Quantité	Surface Pied carré	Quantité	Surface Pied carré	Quantité		
DIAGNOSTIC	Poids							X	X	0	0
	On peut passer										
	Fenêtre	52.2	10					X	X	52.2	10
	On NE peut PAS passer										
	Vitre seule	X	X	X	X	X	X			0	0
	Pas de cadre										
Cadre seul	29.8	7					X	X	29.8	7	
Pas de verre											
Autre				90.7	8					90.7	8
Tout le reste											
Combien pèse le bac ?		Bois		Métal		PVC		Verre		Enfouissement	
Portes	Poids du bac (kg)			10.6				73.2		1.8	
Fenêtres	Poids du bac (kg)	41.2		2.6		2.4		44.6		0.2	
Vitres	Poids du bac (kg)										
Cadres	Poids du bac (kg)			4						0.5	
Autres	Poids du bac (kg)										
Total		41.2		17.2		2.4		117.8		2.5	
AVANT DE PARTIR :											
PESER LES BACS		NOTER LE POIDS SUR LA FICHE		VIDER LES BACS		RANGER LES OUTILS ET LES RECHARGER		NETTOYER LE LOCAL (VERRE)			

Figure 30 Exemple de fiche de collecte de données sur site

Recyclage

5.1. QUANTITÉ RÉCUPÉRÉE

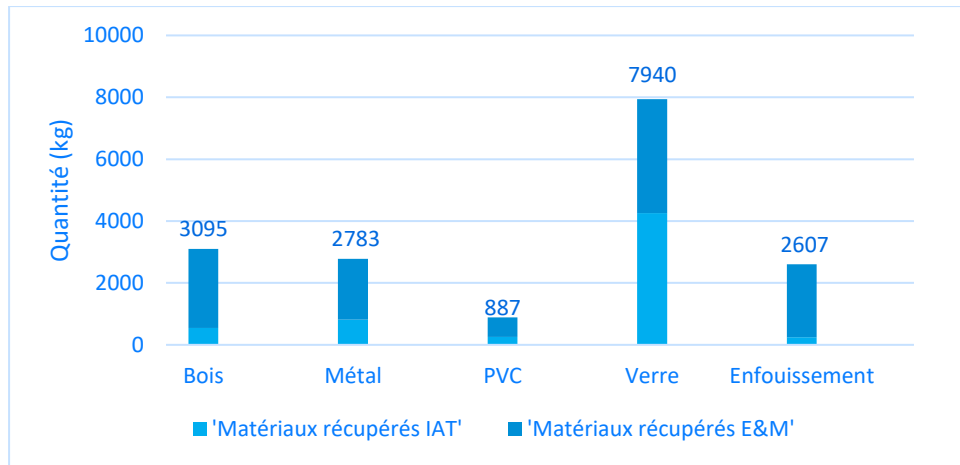


Figure 31 Quantité de matière récupérée pour recyclage ou valorisation (hors enfouissement)

Au total ce sont près de 17.3 tonnes de matières qui ont été démantelées. Ces matériaux sont répartis en 5 catégories principales, donc 4 sont des matières recyclables. Elles ont été récupérés en isolant les différentes composantes des portes et fenêtres selon leur composition. Ces composantes sont ensuite triées et éventuellement nettoyées. Environ 85 % des matériaux démantelés ont ainsi pu être dirigés vers des filières de recyclage ou de valorisation, représentant près de 14.7 tonnes de matière qui ont pu être détournées de l'enfouissement. La Figure 32 présente les proportions présentes dans ces matériaux, pour des lots de portes et des lots de fenêtres qui ont été démantelés chez InterAction Travail.

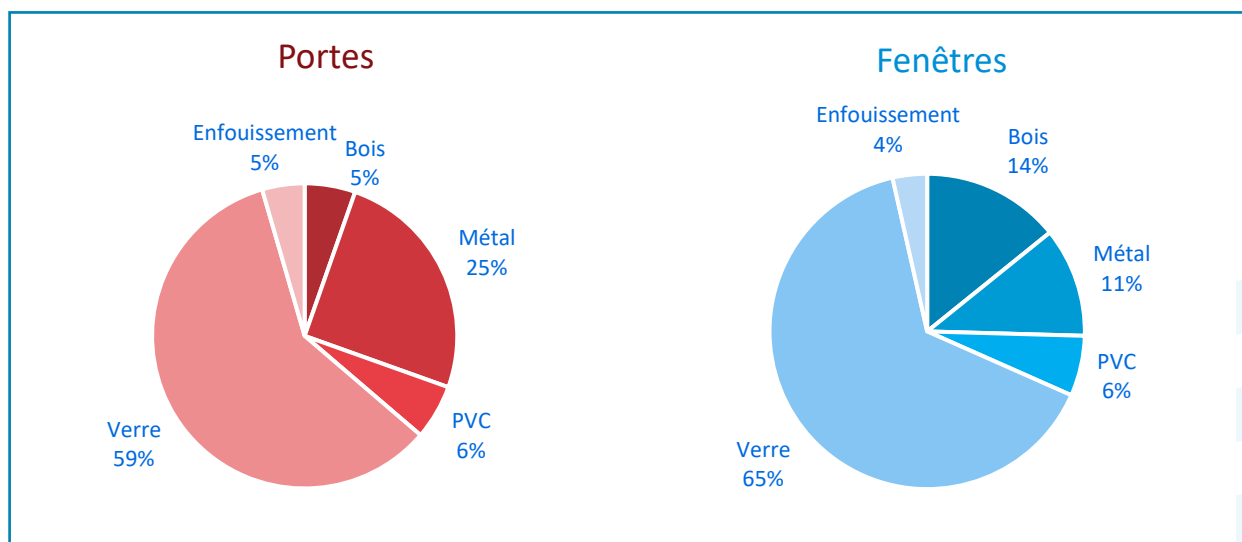


Figure 32 Matériaux présents dans des lots de portes et fenêtres chez InterAction Travail

Les proportions de matériaux qui les composent sont assez similaires. Notamment, on retrouve une très grande part de verre, présente à la fois dans les fenêtres, mais aussi dans les portes, puisqu'un grand nombre d'entre elles sont des portes-vitrées. On remarque aussi que les quantités de PVC sont très similaires, de même que la quantité de matière allant à l'enfouissement. La plus grande différence provient de la proportion métal-bois qui est plus grande en métal pour les portes, alors qu'elle est plutôt également répartie pour les fenêtres. Cette disparité peut s'expliquer notamment par le fait que la seule quantité de métal récupérable dans les fenêtres se trouve sur la quincaillerie (poignées, mécanismes, etc.) là où il existe plusieurs types de portes en métal, mais aussi des portes en bois recouvertes de plaques de métal, en plus de la quincaillerie.

5.2. MATIÈRE RECYCLÉE OU VALORISÉE

5.2.1. BOIS

Représentant près de 9 % du volume total de matières collectées, le bois est fréquemment présent dans les menuiseries en bois, ainsi que dans les portes métalliques dotées d'un cadre interne en bois recouvert d'une plaque métallique. Cependant, le bois récupéré est classé en catégorie 2 en raison de diverses peintures le contaminant, ainsi que de résidus divers de contamination tels que des agrafes, des vis dissimulées, des traces d'uréthane, des joints, etc. Aucun recycleur local n'était en mesure d'accepter ce bois tel quel pour le recyclage, et il a donc été dirigé vers des procédés de valorisation énergétique.



Figure 33 Bois récolté en fin de démantèlement et déposé au centre de tri

Plus de trois tonnes de bois ont ainsi été dirigées vers la Régie Intermunicipale de la Rouge (RIDR) pour de la valorisation énergétique ou Groupe Crête et Domtar pour être utilisées comme biomasse. D'autres options de recyclage du bois existent, mais nécessitent soit un bois de Catégorie 2 ou un conditionnement spécifique (broyé et sec). Si la qualité du bois était meilleure, sans vernis ni peinture, une alternative aurait été l'envoi de ces

matériaux à Mirabûches, une entreprise des Laurentides, qui les aurait reprises moyennant une remise d'environ 40 \$/tonne pour les transformer en bûchettes de bois recyclé.



Figure 34 Exemple de bûches en bois recyclé par Mirabûches

5.2.2. MÉTAL



Figure 35 Métal récolté en fin de démantèlement

La majorité des menuiseries qui ont été traitées durant le projet présentent des parties métalliques, telles que les cadres en acier, les charnières, les serrures, et les poignées. Le métal récupéré représentait 13 % de la quantité totale de matière récupérée. Les différents métaux n'ont pas été séparés, même si la remise pour ce genre de tri est meilleure, les matériaux ont donc été vendus comme un mélange mixte d'acier, fer et aluminium.

Près de 2.8 tonnes de métaux ont donc été envoyées au sein de divers recycleurs comme M.M. Métal ainsi que la RIDR ou Recyclage DC. À l'arrivée, les métaux mixtes sont d'abord triés pour séparer les différents types. Ils sont ensuite fondus à haute température pour être transformés en lingots ou billettes pour rentrer à nouveau dans la fabrication de produits.



Figure 36 Billettes issues d'aluminium recyclé (Magazine MCI, 2021)

5.2.3. PVC



Figure 37 PVC récupéré lors du démantèlement

Le PVC ne constituait que 4 % du poids total des matériaux récupérés, bien que les fenêtres en PVC représentaient une part significative des fenêtres collectées (38 %). Les éléments en PVC sont soigneusement démontés, triés, et nettoyés au besoin. Le PVC de qualité supérieure est apprécié par les recycleurs, bien que le processus méticuleux de nettoyage puisse entraîner des coûts opérationnels plus élevés. Dans ce cas, le PVC

collecté a été acheminé vers Gestion Plastique Management, spécialisé dans le recyclage du PVC pour en faire une matière première secondaire.

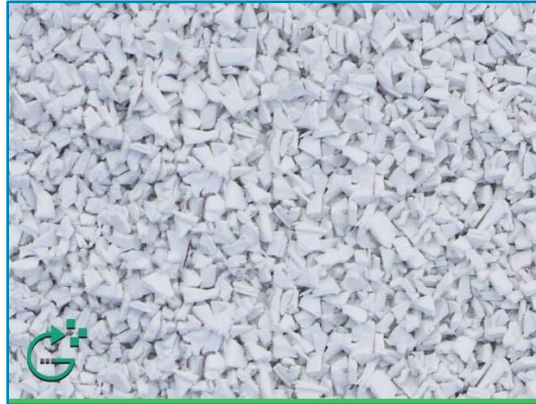


Figure 38 Flocons de PVC réalisés par GPM à partir de profilés de portes et fenêtres

5.2.4. VERRE



Figure 39 Gaylord de verre récupéré lors du démantèlement

Le verre représente la matière la plus abondamment collectée parmi les menuiseries, constituant 70 % du total des matériaux récupérés. Présent dans une très grande majorité de produits, il est très dense et se stocke très bien dans des conteneurs de types gaylords en carton à parois épaisses, disposés sur des palettes. L'avantage du verre réside dans sa facilité à être recyclé, même s'il existe encore peu de recycleurs actuels sur les territoires. En l'occurrence, le recycleur pour cette matière était Verglass, une entreprise qui réalise la micronisation du verre pour le transformer en produit à valeur ajoutée auprès des peintures ou des bétons, notamment pour lesquels la poudre en améliore les propriétés. Le recycleur acceptait tout type de verre plat, tant qu'il ne contaminait pas de grilles en métal de protection ou de filtre venant contaminer le produit.



Figure 40 Produit Miraplast fabriqué à partir de verre recyclé et micronisé

D'autres filières potentielles pour la récupération du verre pourraient être admissibles, notamment en envisageant des massifications avec la laine de verre, qui est composée à plus de 85 % de verre. D'autres entreprises, comme le Groupe Bellemare sont aussi en pleine structuration d'une route du verre au sein du Québec pour le collecter. Il serait intéressant de se pencher vers des filières de recyclages plus circulaires, qui permettent la réinsertion de matière recyclée dans des produits qui seront à leurs tours recyclés, plutôt que dans des produits qui seront ensuite enfouis.

5.3. TAUX DE REPRISE

Les tarifs sur le marché du recyclage varient considérablement, influencés par les cours des matériaux neufs, la valeur ajoutée des produits recyclés, les frais de transport, ainsi que la qualité et la contamination de la matière. De plus, chaque territoire présente un portrait diversifié de recycleurs, restreignant ainsi les options de recyclage en fonction de la proximité géographique du gisement avec ces centres de recyclage. La Figure 41 présente les tarifs de certains des recycleurs qui ont été contactés, les tarifs d'enfouissement ont aussi été placés à titre de comparaison.

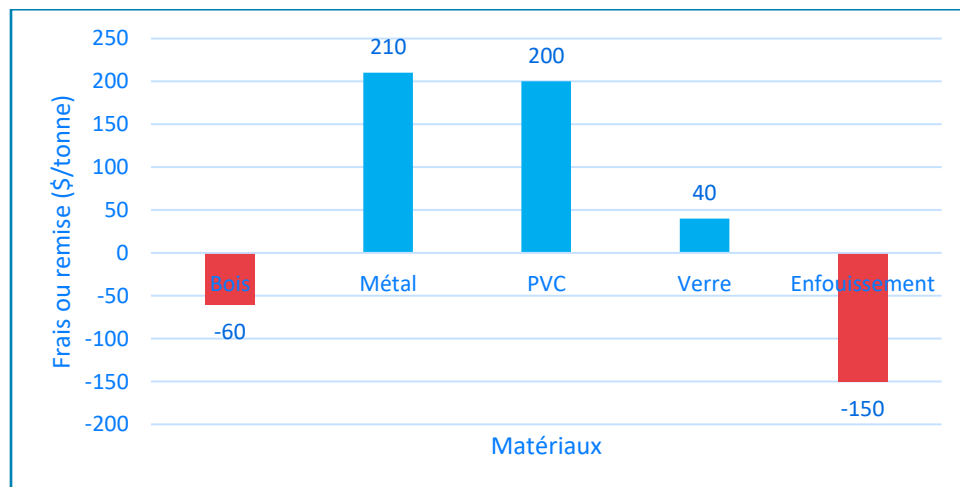


Figure 41 Taux de reprise pour accueil des matériaux

Actuellement, le bois et l'enfouissement ne représentent pas un gain financier, mais prennent plutôt la forme de frais d'accueil. Malgré sa prédominance en quantité, le verre bénéficie de l'un des plus faibles taux de reprise en raison du faible coût de la matière première. En revanche, le PVC et le métal affichent des taux de reprise plus élevés. Il est important de noter que ces coûts sont sujets à des variations fréquentes en fonction des fluctuations des cours du marché, rendant ces chiffres constamment sujets à réévaluation, en particulier compte tenu du contexte dynamique des marchés du recyclage actuel.

5.1. VIABILITÉ FINANCIÈRE

Une équation simple permettrait d'estimer rapidement la structure de coût associés au projet :

$$Balance = Bénéfice - Coût$$

Où

$$Revenu = \sum Remise_{matière} * Quantité_{matière}$$

Et

$$Coût = Coût_{humain} + Coût_{transport} + Coût_{local}$$

Ainsi en pondérant chaque quantité de matière générée par le frais d'accueil associés, on dégage seulement un revenu de 503 \$.

$$Revenu = \sum Remise_{matière} * Quantité_{matière} = 503 \$$$

Afin de simplifier le calcul nous traiterons uniquement le coût humain, et ferons abstraction des coûts du transport et du local. Le terme $Coût_{humain}$ peut être estimé sur une base de 394 heures de démantèlement (hors encadrement et direction). Dans le contexte le plus probable, en comptant un salaire d'un employé de la construction payé 30 \$/h par Eco & Materio (hors CCQ), cela donnerait :

$$Coût_{humain} = 394 * 30 = 11\ 820 \$$$

A noter, ici le terme $Revenu$ représente seulement 4 % du $Coût_{humain}$

Ainsi,

$$Balance = 503 - 11\ 820$$

$$Balance = - 11\ 317 \$$$

En comparaison avec un scénario d'enfouissement classique, avec un tarif à l'enfouissement moyen de 150 \$/tonne, le dépôt de ces 17 tonnes aurait coûté 2550 \$.

Dans ces conditions de revenus et de coût humain, qui ont été estimés très grossièrement, il faudrait donc que le coût à l'enfouissement soit porté à 662 \$/tonne pour que le démantèlement puisse être envisagé par les entreprises.

Le taux actuel qui a été sélectionné d'environ 150 \$/tonne se situe plutôt en haut de la fourchette des taux d'enfouissement au Québec. En considérant l'indexation annuelle de 2 \$ mise en place par le gouvernement, l'exercice de démantèlement ne pourrait être envisageable avant plusieurs dizaines d'années.

Conclusion

La faisabilité du démantèlement des portes et fenêtres a été démontrée, avec la possibilité de récupérer plus de 85 % des matériaux. L'efficacité moyenne de démantèlement par personne est de 3 unités/heure ou 27 pi²/heure.

Différentes sources de gisements sont déjà identifiées, avec plusieurs millions d'unités qui sont récupérables au sein du Québec. Il est nécessaire de mettre en place des logistiques efficaces notamment dans les moyens de collecte, afin de massifier le gisement à moindre coût.

Une grande partie des matériaux récupérés peuvent être recyclés dans la région des Laurentides. En réalité, la recyclabilité des produits récupérés dépend étroitement du contexte territorial, imposant une adaptation de la plateforme de démantèlement en conséquence. En l'occurrence, le portrait territorial des recycleurs a également un impact sur le taux de reprise de la matière.

Pour les trois autres matières (verre, PVC, métal), le taux de remise se révèle insuffisant pour compenser les coûts d'opération, le revenu n'atteignant que 5 % selon les premières estimations. Ainsi, la rentabilité semble hors de portée à ce stade. L'identification d'un seuil de rentabilité demeure une question cruciale.

Pour y parvenir, il serait intéressant de trouver des moyens de réduire les coûts à chaque étape du processus. Cela pourrait impliquer de prioriser dans un premier temps les gisements à faible coût qui proposent des produits plus facilement démantelables, notamment les lots de produits similaires. Il faudrait cibler prioritairement ceux dont les matières sont plus facilement recyclables ou reprises à un tarif plus intéressant. En l'occurrence, des discussions avec la CCQ pour des dispositions salariales spécifiques pour les travailleurs de la déconstruction sur chantier pourraient être envisagées.

Puisque la remise pour les matériaux recyclés est encore faible, l'industrialisation et l'automatisation de la ligne de démantèlement permettrait aussi d'acquérir des revenus sur le volume de matière traitée et non pas sur la qualité. Les premières estimations des gisements au Québec seraient dans ce cas-là à préciser afin de s'assurer d'une quantité suffisamment accessible, des prévisions de retour sur investissement sont nécessaires.

L'industrialisation des processus de démantèlement avec des machineries et des lignes de tri mécanisées pourrait également contribuer à réduire les coûts opérationnels. La transformation des postes de démantèlement en ateliers d'insertion professionnelle, comme cela a été fait chez InterAction Travail, peut être envisagée pour réduire les coûts tout en ayant un impact social positif.

La priorisation du réemploi au sein de la plateforme peut également augmenter les gains, puisque le temps humain joue un rôle moindre, la vente directe des produits récupérés pourrait générer plus de bénéfices. Cette approche a été fructueuse pour les deux partenaires du projet E&M et IAT, qui ont réussi à tirer profit de la vente de portes et fenêtres d'occasion grâce à leurs propres boutiques de réemploi.

Un travail de veille et de suivi continu des dernières pratiques de recyclage pour les matériaux qui composent les portes et fenêtres. Il serait intéressant d'envisager différents réseaux de recyclage multi filière pour surmonter les limitations territoriales imposées par le transport.

Enfin, pour assurer la pérennité de l'ensemble de la filière, un soutien financier global de l'écosystème est nécessaire. Cela pourrait être réalisé par le biais d'une REP étendue, d'écoprais pour les produits mis en vente ou installés, ainsi que par la mise en place d'objectifs obligatoires de déconstruction, à l'instar de certaines villes d'Amérique du Nord, afin de stimuler le développement de ces filières.

