

Rapport final

Analyse du processus de revalorisation des matériaux, dans le cadre de la rénovation du siège social et d'autres bâtiments administratifs d'Hydro Québec, et recommandations d'optimisation

Équipe solution #15.3 – réemploi de matériaux de construction



Auteur : Augustin Fanier

Date : 16 décembre 2023



TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	1
Remerciements	2
Liste des partenaires en économie circulaire	2
Équipe de travail	2
1 Introduction	4
1.1 Objectifs	4
2 Processus de mise en œuvre du réemploi dans les projets de rénovation d'immeubles à bureaux d'Hydro-Québec	5
2.1 Processus préliminaire	5
2.2 Inventaire pré-travaux et gisements	5
2.3 Conception	8
2.4 Travaux et bilans	9
2.5 Bilan gestion des matières résiduelles post-projet	10
3 Matériaux critiques: gypse, laine isolante et tuiles acoustiques.....	12
3.1 Contexte sur les résidus de CRD, la réglementation, les bénéfices potentiels et l'enfouissement	13
3.2 Revaloriser le gypse post-consommation	15
Figure 1 : le gypse post-consommation du bâtiment Jean-Lesage et son enfouissement	15
3.3 Les tuiles acoustiques de plafond du bâtiment Jean-Lesage	18
Figure 2 : les tuiles acoustiques du bâtiment Jean-Lesage et l'enfouissement.....	18
3.4 La laine de verre acoustique du bâtiment Jean-Lesage	23
Figure 3 : la laine de verre du bâtiment Jean-Lesage et son enfouissement	23
3.5 Figure 4 : Tableau résumé des solutions	27

3.6	Recommandations pour la revalorisation du gypse, laine isolante et tuiles acoustiques	28
4	Conclusion	30
	Bibliographie.....	32

Remerciements

Merci !

À Karine Brisson, Lucie Taliana et les membres des équipes Développement durable, Environnement et Gestion des immeubles pour leurs nombreux conseils et leur support tout au long de l'écriture de ce rapport.

À Emmanuel Benoit Rauflet, Matthias Glaus, Hortense Montoux, Alice Rabisse et toutes les parties prenantes externes pour m'avoir accordé du temps pour échanger sur certaines problématiques et m'avoir aiguillé dans mes recherches.

Enfin je remercie mes proches pour leur support et leurs encouragements tout au long de la réalisation de ce projet.

Liste des partenaires en économie circulaire

Éco-conception:

- Inovem – Adeline Seneclauze et Patricia Gendron
- Mine urbaine - Geneviève Dagneau et Myriam D. Jutras
- ECPAR – Aure Audell
- CÉRIEC – Lab-Construction – Hortense Montoux et Alice Rabisse

Firme de recherche de repreneurs potentiels:

- PME-Montréal - Jean-David Perron
- CTV réutilisons - Vicky Vaskelis
- Fondation La Collecte

Équipe de travail

Développement durable:

- Augustin Fanier, économie circulaire
- Lucie Taliana, économie circulaire Environnement:
- Nathalie Bonin, matières résiduelles Biens meubles excédentaires:
- Nicholas Cloutier, surplus d'actifs
- Stéphane Roy, surplus d'actifs Direction Gestion des immeubles:
- Karine Brisson, bâtiments durables
- Nancy De Bellefeuille, aménagement
- Nathalie Hébert, aménagement
- Guy Genest, matières résiduelles (pendant la libération des espaces)
- Fadila Khobzi, aménagement
- Matthieu Lettre, projets
- Julie Masson, projets
- Geneviève Poisson, aménagement
- Sonia Rolland, aménagement
- Catherine Sauro, projets
- Toute l'équipe de Maintien des actifs, support technique
- Les équipes d'exploitation des trois sites
- La direction
- Les firmes de services professionnels impliquées dans les trois projets

1 Introduction

La direction Gestion des immeubles d'Hydro-Québec travaille actuellement sur la réfection de plusieurs de ses bâtiments administratifs dont la réfection majeure de l'intérieur du siège social, appelé l'édifice Jean-Lesage. Ces projets constituent une opportunité pour l'entreprise de mettre en œuvre une démarche de réemploi des différents matériaux qui seront générés par les travaux, assez représentatifs des projets actuels et à venir de rénovation intérieure d'immeubles à bureaux au Québec. Par cette démarche, Hydro-Québec vise à revoir ses pratiques afin de consommer moins de ressources et de revaloriser les matières en fin de vie utile. Ces actions contribueront à réduire les émissions de GES liées aux projets de réfection; Ces émissions associées au secteur du bâtiment représentant plus de 20% des émissions totales du Québec.

La direction Gestion des immeubles souhaite donc intégrer de nouvelles façons de faire pour assurer une meilleure circularité dans ses projets et veut, en tant qu'entreprise publique, en faire bénéficier d'autres donneurs d'ouvrage. Ainsi, elle documente sa démarche afin de favoriser un meilleur réemploi et de développer des outils : inventaire pré-travaux, mesures de réemploi et de revalorisation particulières.

1.1 Objectifs

La présente étude avait comme objectifs principaux de :

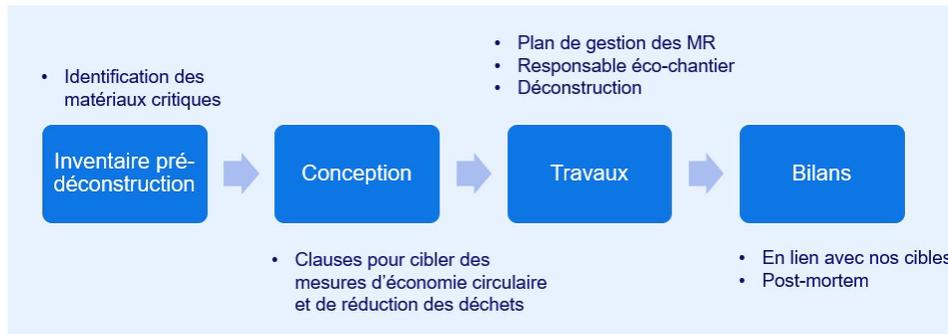
- Documenter un processus de mise en œuvre du réemploi dans les projets de rénovation d'immeubles à bureaux et identifier les obstacles rencontrés et les facteurs de réussite.
- Développer un outil permettant de recenser les différents flux de matières dans le cadre d'un projet de rénovation pour :
 - Dresser un bilan pré-travaux des matériaux qui seront générés afin de connaître les gisements et cibler des mesures de réemploi/revalorisation ;
 - Cibler les matériaux plus critiques (voués à l'enfouissement) ;
 - Estimer le pourcentage de déviation de l'enfouissement qui pourrait être atteint avec les démarches actuelles ;
 - Regrouper les informations afin de mesurer des pourcentages de réemploi, recyclage et autres taux qui permettraient d'alimenter des bilans et rapports de gestion de matières résiduelles en fin de projet ;
- Mettre en évidence les opportunités et les barrières liées à la réutilisation ou au recyclage des matériaux jugés critiques (laine isolante, gypse, carreaux acoustiques) et émettre des recommandations visant à identifier des opportunités au Québec pour ces matériaux.

2 Processus de mise en œuvre du réemploi dans les projets de rénovation d'immeubles à bureaux d'Hydro-Québec

2.1 Processus préliminaire

La figure suivante présente le processus préliminaire permettant la mise en œuvre du réemploi dans nos projets.

FIGURE 1: PROCESSUS PRÉLIMINAIRE DE MISE EN ŒUVRE DU RÉEMPLOI DANS LES PROJETS DE RÉFECTION D'IMMEUBLES À BUREAUX



2.2 Inventaire pré-travaux et gisements

2.2.1 Inventaire

Le processus débute par un inventaire pré-travaux, à l'aide de l'outil de calcul des flux de matières et de visites terrain. Cet inventaire peut être réalisé par du personnel de l'entreprise ou par les firmes externes lors du début du mandat de conception ou en avant-projet. Cet inventaire permet d'identifier les gisements afin de mieux cibler les mesures de réemploi à déployer et de débiter le plus tôt possible les démarches de recherche de repreneurs.

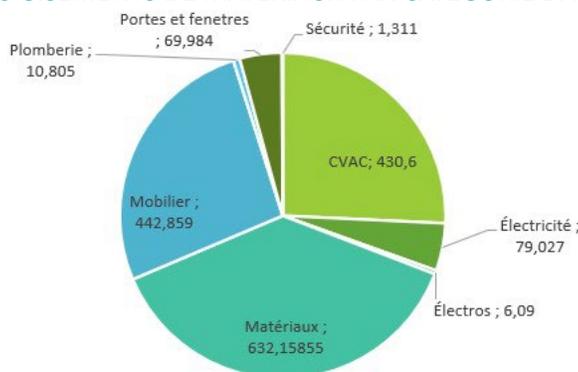
Dans le cadre des trois projets, les inventaires ont été réalisés de façons différentes :

- Édifice Jean-Lesage (23 étages) : inventaire par l'interne, étage-type déconstruit, inventaire du mobilier par un tiers pour des étages-types
- Blainville (2 étages) : inventaire par HQ et firmes
- St Jérôme (2 étages) : inventaire par firmes

2.2.2 Gisements et mesures ciblées

Les inventaires ont permis d'identifier les gisements et de les regrouper par catégorie de matériaux. Les matériaux (tapis, tuiles de porcelaine, tuiles de vinyles, gypse, laine isolante acoustique, bois, métaux, etc.) représentent le gisement le plus important, suivi du mobilier et des composantes des CVAC (Chauffage, Ventilation, Air-Climatisé).

FIGURE 2 : RÉPARTITION DES GISEMENTS DE MATÉRIAUX PAR CATÉGORIE DANS L'ÉDIFICE JEAN-LESAGE



Note : le système électrique et le réseau de plomberie restent encore à être inventoriés, le tonnage total et la proportion des deux catégories devraient donc être plus importants.

Nous avons estimé que la rénovation intérieure de l'édifice Jean-Lesage va générer plus de 1600 tonnes de matières résiduelles et celle du bâtiment de Blainville, 171 tonnes.

FIGURE 3 : EXEMPLES ESTIMATION DES TAUX DE REVALORISATION DE CERTAINS MATÉRIAUX/BIENS

Matériaux/ Biens	Réemploi interne	Donations	Recyclage	Surcyclage (en vue d'être réemployé)	Taux de revalorisation
Tapis	5%		95%		100%
Métaux			90%		90%
Fontaines réfrigérées	100%				100%
Extincteurs	100%				100%
Portes et fenêtres	20%	10%	60%		90%
Cloisons vitrées		10%		20%	30%
Chaises de bureau	35%			35%	70%

Tubes DEL	85%				85%
Armoires de cuisine		30%			30%
Mobilier de bureau	20%			20%	40%
500 boîtes de livres et de papeterie		80%			80%

Trois **matériaux** ont été jugés critiques : le gypse, la laine de verre et les tuiles de plafond acoustiques, pour les raisons suivantes :

- Aucune option de réemploi ou de revalorisation ne semblait disponible ;
- Conservation d'une certaine valeur ;
- Présence en grande quantité.

La présente étude montre le résultat des recherches de filières potentielles de réemploi et de recyclage au Québec pour ces matériaux ainsi qu'un survol d'exemples provenant de l'étranger afin d'identifier des opportunités futures de revalorisation pour la province. En parallèle, d'autres démarches sont en cours avec Synergie Montréal pour trouver des repreneurs potentiels pour les portes, les cloisons vitrées, les tuiles de plafond et les armoires de cuisine.

Les **mobiliers de bureau** constituent le deuxième gisement en quantité. Hydro-Québec dispose déjà d'une équipe qui gère les biens meubles excédentaires et ce, depuis plusieurs années. Une certaine quantité de mobilier étaient donc déjà vouée au réemploi et au recyclage. Toutefois, vu le volume important de ce gisement (3000 postes, plus de 10 000 écrans (partitions) et 4000 fauteuils) et la volonté d'intégrer plus de réemploi, différentes nouvelles initiatives sont à l'étude:

- Réemploi interne d'encore plus de mobiliers (plus de 2000 fauteuils, plus de 1500 armoires, classeurs, tables, etc.)
- Réemploi interne de toutes les toiles solaires
- Don de quelques mobiliers à un OBNL
- Surcyclage de mobilier en vue du réemploi (concepts en développement avec INOVEM actuellement)

Enfin, la troisième catégorie de gisement est les composantes de **CVAC**. Aucune initiative n'a, pour le moment, été identifiée pour revaloriser ces matières résiduelles vu la complexité d'un projet de valorisation de ces composantes; elles seront donc envoyées au recyclage de métal. Un projet-pilote visant à valoriser le gisement des CVAC sera plutôt réalisé en phase ultérieure.

2.2.3 Enjeux rencontrés à la phase d'inventaire

Parmi les enjeux rencontrés dans la réalisation des inventaires, notons:

- La complexité de réaliser un inventaire sur un immeuble de plus de cinq étages, surtout lorsque les étages diffèrent quant aux matériaux et à la disposition; il peut être avantageux de prendre un/des étage(s)-type(s) et de les inventorier plus en détail en vue de répliquer les données par la suite.
- La difficulté de collecter les données sur le gisement ; il faut alors prévoir du temps dans l'échéancier de projet pour un tel exercice.
- L'incertitude sur les données pour les premiers inventaires. L'inventaire pré-travaux se voulant assez général pour identifier les gisements importants, il ne faut pas se perdre dans l'exactitude des données et y aller de façon assez macro.
- Le manque d'outils pour réaliser les inventaires. L'outil des flux de matières a été développé dans Excel mais il aurait été facilitant d'avoir un outil en ligne plus convivial à compléter pendant les inventaires.

2.3 Conception

Dans le cadre des trois projets de réfection, trois modes différents ont été testés pour la conception des projets en lien avec l'intégration de l'économie circulaire:

- Exigence très générale dans l'appel d'offres des services professionnels, sans cible.
- Aucune exigence dans l'appel d'offres des services professionnels, mais une fois l'octroi des mandats aux firmes d'intégrer l'économie circulaire à la conception.
- Exigence précise avec cible et mesures identifiées dans l'appel d'offres des services professionnels.

Le mode qui fonctionne le mieux est évidemment celui où des exigences et cibles sont intégrées à l'appel d'offres. Cela permet d'avoir des firmes qui sont prêtes à innover et à trouver des solutions pour favoriser la meilleure circularité possible dans le projet lors de la conception.

Les clauses intégrées sont disponibles sur demande; elles ont été élaborées à partir des propositions faites par l'ECPAR dans le cadre de la solution 1 du Lab-Construction.

2.3.1 Enjeux rencontrés à la phase de conception

Quelques enjeux ont été rencontrés à la phase de conception:

- Difficulté à trouver des repreneurs pour certains matériaux et pour de grandes quantités. La recherche de repreneurs a été une démarche qui a demandé plus de temps et d'énergie qu'anticipé. Plusieurs intervenants ont été sollicités pour nous aider dans la démarche et ceux-ci ont rencontré les mêmes enjeux que nous. Le marché est en développement et les plateformes d'offres de matériaux sont multiples malgré le peu de repreneurs qui sont prêts à reprendre les matériaux offerts.
- Réticences des parties prenantes impliquées à faire du réemploi. La perception envers le réemploi est parfois mitigée. Les efforts peuvent sembler ne pas valoir la peine. Il y a une perception que l'utilisation de matériaux usagés dans le concept d'aménagement, surtout dans le mobilier, ne donnera pas l'effet "wow" escompté. La sensibilisation des parties prenantes est vraiment importante en amont du projet, ce qui a été réalisé dans notre cas. La documentation des économies monétaires et en carbone nous a aussi été d'un grand support pour convaincre que les mesures proposées avaient des avantages certains.
- Impacts sur l'échéancier; le choix des scénarios de réemploi a été grandement influencé par les échéanciers des projets. À l'avenir, ces échéanciers devront être ajustés pour tenir compte de notre volonté d'intégrer l'économie circulaire dans les projets. Plus on teste notre démarche, plus c'est facile d'intégrer des mesures de réemploi. Il faut garder en tête que le concept est nouveau pour le domaine de la construction.

2.4 Travaux et bilans

Pour bien prévoir les mesures de réemploi lors de la phase travaux, il faut intégrer différentes clauses dans les appels d'offres Travaux. Ainsi, des clauses ont été intégrées, à partir des suggestions proposées par l'ECPAR dans le cadre de la solution 1 du Lab-Construction, notamment:

- Formation obligatoire des employés de l'entrepreneur à la gestion des matières résiduelles;
- Plan de gestion des matières résiduelles obligatoire et requis sur le site, il doit être présenté à tout nouvel employé;
- Désignation par l'entrepreneur d'un responsable de l'éco-chantier, il est défini dans le devis et est en charge des bilans et de la gestion des matières résiduelles en chantier;

- Obligation de réaliser la déconstruction de certaines composantes et de travailler pour en préserver l'intégrité;
- Obligation de réutiliser certaines composantes (portes, armoires, fontaines réfrigérées, etc.) listées dans le devis;
- Obligation d'expédier certaines matières à des recycleurs désignés dans le devis (tapis et tuiles de plafond);
- Objectif de réduction des déchets de 80% demandé pour les déchets gérés par l'entrepreneur.

2.4.1 Enjeux rencontrés lors des travaux

Les travaux ne sont pas encore débutés pour nos trois projets. Toutefois, certains enjeux ont déjà été identifiés:

- Enjeux logistiques de mise en opération des différentes mesures et de coordination avec les repreneurs pendant la séquence des travaux; crainte que les mesures demandées impactent l'échéancier des travaux. L'expérience de l'entrepreneur en éco-chantier et le suivi fait par Hydro-Québec tout au long du projet va fortement influencer la démarche. Une surveillance est prévue en début de projet pour bien débiter les travaux et sensibiliser l'entrepreneur et ses employés.
- Suivi ardu du devenir des matières résiduelles; on anticipe une demande de ressources humaines pour assurer un suivi serré des bilans de matières résiduelles par l'entrepreneur ainsi qu'à l'interne. Ce suivi devra être effectué par le biais de bilans mensuels au fur et à mesure du projet.
- Communication des bons coups; on souhaite communiquer les mesures de réemploi mises en place dans les différents projets afin de sensibiliser les occupants aux efforts déployés et influencer d'autres donneurs d'ouvrage à mettre en place de telles mesures.

2.5 Bilan gestion des matières résiduelles post-projet

Dans le cas des trois projets de rénovation des bâtiments administratifs d'Hydro-Québec, une mesure du pourcentage de revalorisation ainsi que de taux de réemploi ou de recyclage permettront de rendre compte des performances circulaires à l'issue des projets.

Il est essentiel, pour augmenter les initiatives circulaires dans les projets similaires que:

- Le marché offre plus d'alternatives intéressantes de repreneurs pour réemploi (ex.: via une banque publique de repreneurs et d'échange, etc.)

- Le gouvernement fixe un coût plus élevé pour l'enfouissement des matériaux de CRD
- Les donneurs d'ouvrage ajustent leur échéancier pour permettre la recherche et la mise en place de la circularité dans les projets de construction et de rénovation et ce, dès la phase d'avant-projet/conception
- Les donneurs d'ouvrage, firmes et entrepreneurs travaillent de concert pour innover afin d'assurer d'intégrer le plus de circularité possible.

La direction Gestion des immeubles souhaite mesurer le taux de circularité de chaque projet majeur afin de comparer les projets entre eux et fixer des taux et initiatives de circularité pour ses projets futurs. L'outil développé dans le cadre du travail permet de recueillir une partie de l'information nécessaire au calcul de ce taux de circularité. Un travail supplémentaire est indispensable pour mesurer le taux de circularité comme d'identifier et de cataloguer la provenance des approvisionnements. Enfin, un des objectifs du chantier est de détourner de l'enfouissement 80% des matières résiduelles générées durant la démolition intérieure du bâtiment. Grâce à l'outil, on sait théoriquement que plus de 70% des déchets peuvent être revalorisés pour l'instant. Éventuellement, on pourra déterminer avec l'entrepreneur où concentrer les efforts afin d'atteindre notre objectif de circularité.

3 Matériaux critiques: gypse, laine isolante et tuiles acoustiques

Cette section porte sur la recherche de moyens de réemployer ou de recycler les trois matériaux émis en grande quantité qui semblent voués à l'enfouissement dans le cadre de la rénovation du siège social d'Hydro-Québec.

Le gypse post-consommation est une matière qui gagnerait à être circularisée. Depuis 2017, on sait que chaque année au Québec, en moyenne 500 000 tonnes de cette matière sont produites et 200 000 tonnes sont enfouies. Deloitte estime que si chaque tonne de gypse résiduelle était revendue à 30\$, les bénéfices potentiels pour la société s'élevaient à 4,2 millions de dollars alors que le coût théorique de l'enfouissement est de 17 millions de dollars¹. Le recyclage de la matière consiste à broyer les plaques de gypse, séparer les composants et récupérer le minerai afin de pouvoir réintégrer ce dernier dans la production d'autres biens. Une fois récupéré, le gypse, peut être utilisé dans de nombreux secteurs : amendement du sol, additif en eau turbide, applications médicales, additif alimentaire, additif cosmétique, retardateur de flammes, désodorisant pour les litières animales, isolant, ciment, plâtre, fabrication de peinture, de papier et de verre². Les études de Deloitte financées par Recyc-Québec sont une mine d'information sur l'état de la situation du gypse au Québec et regroupent beaucoup de pistes pour aider au développement d'une filière québécoise du recyclage.

En ce qui concerne la laine de verre résiduelle, il n'existe aucune donnée sur les gisements québécois et il semblerait aussi que cette matière ne soit plus produite dans la province. La dernière étude date de 2001 et traite de l'industrie québécoise des isolants pour le bâtiment. Depuis le début des années 2000, le marché a bien changé, mais à l'époque les auteurs avaient mis de l'avant l'usage de plus en plus fréquent de cette matière depuis la seconde guerre mondiale. L'étude ne contient pas d'informations pertinentes sur la laine de verre, mais analyse plutôt les différentes catégories d'isolant selon la valeur de livraison en dollar. La matière peut cependant être réemployée et recyclée, comme c'est le cas en Europe. Contrairement au gypse, le recyclage de la matière vise à réintégrer cette dernière dans la production de nouvelle laine de verre qui en plus de cette option peut également être intégré dans la fabrication d'autres produits. Enfin, il n'existe pas d'information sur le marché des tuiles de plafond au Québec ou encore sur le volume de tuiles résiduelles, comme c'est le cas pour le gypse. Les seules données existantes sur le recyclage de celles-ci sont disponibles sur le site internet du producteur et d'un autre recycleur : Armstrong World Industries et Viking Recycling. Bien que l'on puisse trouver des

¹Deloitte. *Étude sur le gypse résiduel au Québec ANALYSE DE LA FILIÈRE DE RECYCLAGE*, Montréal, Recyc-Québec, 2018.

²Deloitte. *Étude sur le gypse résiduel au Québec ANALYSE DE LA FILIÈRE DE RECYCLAGE*, Montréal, Recyc-Québec, 2018.

exemples de réemploi en Europe, la filière de recyclage des tuiles acoustiques consiste aussi à broyer la matière afin de récupérer les matériaux et les réintégrer dans la chaîne de production.

3.1 Contexte sur les résidus de CRD, la réglementation, les bénéfices potentiels et l'enfouissement

En 2021, les émissions de GES liées au secteur de la construction, rénovation et démolition représentaient plus d'un tiers des émissions de gaz à effets de serre mondiales. De plus, chaque année nous consommons 1,7 fois les ressources de la Terre³. En 2020, les matières résiduelles issues du secteur de la construction, rénovation et démolition représentaient 36% des matières résiduelles totales produites au Québec⁴. D'autre part, plus d'un million de tonnes de résidus de CRD est enfoui chaque année au Québec, c'est pourquoi les possibilités de bonifier les pratiques en développant de nouveaux marchés sont importantes⁵. Afin de pallier la situation, le gouvernement québécois a développé des politiques publiques.

La politique québécoise sur la gestion des matières résiduelles établit un plan pour la période 2019-2024. Parmi les mesures mises de l'avant, on retrouve l'action numéro 3 du plan : « Développer de nouveaux marchés et diversifier les débouchés pour les matières récupérées et triées en encourageant au maximum l'innovation et l'économie circulaire » qui prévoit notamment un taux de recyclage et de revalorisation des résidus de CRD de 70% en 2023⁶. En 2018, il était de 59,6%, soit une diminution de près de 4% par rapport à 2015⁷. Le développement de nouvelles filières permettrait d'augmenter le taux de revalorisation et ainsi contribuer à l'atteinte des objectifs gouvernementaux.

Les gains liés au déploiement de l'économie circulaire dans le secteur de la construction, rénovation et démolition sont multiples. Tout d'abord, la pratique a des effets sur la réduction des émissions de gaz à effets de serre (carbone intrinsèque des matériaux et élimination), sur la réduction de l'extraction de nouvelles ressources naturelles et sur le maintien de la valeur d'une ressource^{8,9}. Si une ressource est réemployée ou recyclée, alors, la valeur de cette ressource est conservée. Par opposition, si une ressource est éliminée, alors la valeur de la ressource n'est pas

³ United Nations. *Tracking progress | Globalabc.* (s.d.). UN environment programme | Globalabc. <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>, 2022, p.16.

⁴ Économie et innovation Québec & Recyc-Québec. *Traçabilité des résidus de construction, rénovation et démolition*, Innovlog, vol 201025, 2020, p.7.

⁵ Jean D. Kabongo, *La valorisation résiduelle : une étude de cas dans douze firmes Canadiennes*, Université de Laval, 2006, p.101.

⁶ Gouvernement du Québec. *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 2019-2024*, Gouvernement du Québec, 2019.

⁷ ACRGTQ et ACQ. *État de situation en matière de valorisation des résidus de construction, rénovation et démolition (CRD) au Québec*. Ressources Environnement, 2021, p.13.

⁸ Julie Milette, *RÉEMPLOI DES RÉSIDUS DE CONSTRUCTION, DE RÉNOVATION ET DE DÉMOLITION AU QUÉBEC*, Savoirs UdeS, 2010.

⁹ Ambroise Lachat, *Le réemploi appliqué au domaine de la construction : principe, impact environnemental et mesure dans le cadre d'une économie circulaire*, HAL open science, 2022.

maintenue. Le déploiement de l'économie circulaire engendre ainsi des bénéfices environnementaux. Afin de maximiser ces bénéfices, il faut prioriser les solutions de réemploi, puisque ces dernières ont un impact moins élevé que le recyclage, qui, dans la plupart des cas, entraîne notamment une plus grande consommation de ressources et d'énergie¹⁰.

D'autre part, la création de valeur qui peut être engendrée par le développement de filières de réemploi et de recyclage pourrait être bénéfique sur le plan économique. Elle pourrait permettre de maintenir la valeur d'une ressource qui une fois enfouie, ne génère que des pertes pour la société. De plus, la création de richesses induites par l'émergence des nouvelles filières de réemploi ou recyclage pourrait aussi contribuer à la création de nouveaux emplois et ainsi, générer d'autres bénéfices économiques et sociaux¹¹.

Actuellement les coûts d'enfouissement sont souvent mesurés seulement en fonction des tarifs d'élimination des matériaux. Cependant, d'autres impacts restent induits par l'élimination des matières. En plus des tarifs liés à la démolition, au transport et aux frais d'enfouissement, s'ajoutent des coûts environnementaux, ainsi que des coûts relatifs à la perte de valeur de la matière pour la société. Par exemple, si le gypse était recyclé plutôt qu'enfoui, la valeur du minerai qui la compose ne serait pas perdue dans le système économique. Il serait au contraire source de création de nouvelle valeur¹².

Le coût total d'enfouissement peut donc être présenté comme suit :

Coût total = coûts de démantèlement (main-d'œuvre) + coûts de transport + coûts d'enfouissement + perte de la valeur que représente cette matière pour la société si elle était revalorisée + coûts environnementaux

Les prochaines sections portent sur la recherche de solution de revalorisation des trois matériaux cités. Pour chaque matériau, après avoir présenté quelques chiffres sur le gisement du bâtiment Jean-Lesage et certains impacts, une analyse des solutions de réemploi, de recyclage et de recherche sera présentée.

¹⁰ Recyc-Québec. *Les 3RV sous la loupe*. RECYC-QUÉBEC, 23 février 2023.

<https://www.recycquebec.gouv.qc.ca/citoyens/mieux-consommer/zone-jeunesse/3r>

¹¹ Ambroise Lachat, *Le réemploi appliqué au domaine de la construction : principe, impact environnemental et mesure dans le cadre d'une économie circulaire*, HAL open science, 2022.

¹² Ambroise Lachat, *Le réemploi appliqué au domaine de la construction : principe, impact environnemental et mesure dans le cadre d'une économie circulaire*, HAL open science, 2022, pp.26-30.

3.2 Revaloriser le gypse post-consommation

FIGURE 4 : LE GYPSE POST-CONSOMMATION DU BÂTIMENT JEAN-LESAGE ET SON ENFOUISSEMENT

Types de coûts	Hypothèse	Estimée
Coûts de démantèlement	Inconnue pour le moment	Inconnue
Transport + enfouissement	Entre 130 et 150\$ la tonne pour 257 tonnes de matière.	Entre 33 400 et 38 500 \$
Perte de valeur pour la société	Le prix le moins cher de la plaque de gypse est de 10 dollars/plaque et il y a près de 7 038 plaques dans le bâtiment. Donc inférieur au prix du neuf.	Moins de 70 000 \$
Environnementaux	Basé sur l'ACV du produit Easy Light de Certain Teed en calculant les coûts évités de la production de 30 966m ² de panneaux.	7 725 kg de CO2 équivalents 1 674 m3 d'eau potable

Le coût total d'enfouissement ne peut pas être mesuré pour le moment en raison du manque d'information.

3.2.1 Le réemploi du gypse post-consommation

Le réemploi du gypse semble se heurter à des barrières économiques et logistiques. En plus d'être une pratique chronophage, la fragilité des plaques et les conditions spécifiques nécessaires au stockage¹³ rendent les projets actuels de réemploi de cette matière non rentables. Dans le passé, un projet de transformation d'un local commercial en habitation a été mené en France. Ce dernier visait à réutiliser des plaques de gypse pour créer des cloisons artistiques. Bien que 65% des cloisons sèches de gypse ont été réutilisées, les surcoûts engendrés ont rendu le projet peu attrayant sur le plan économique. L'augmentation des durées de démolition, de reconstruction et les besoins de stockage ont rendu le projet trop coûteux pour être rentabilisé¹⁴. Jusqu'à preuve du contraire, l'achat de nouvelles plaques de gypse reste l'option la moins chère et la plus simple pour les finis intérieurs. Cependant, une augmentation des tarifs liés à l'enfouissement et au transport de la matière pourrait changer ce bilan dans l'avenir.

Afin de revaloriser le gypse du bâtiment Jean-Lesage, il faudra plutôt orienter les solutions vers la recherche de recycleurs¹⁵.

¹³ Manon. *Réemploi de matériaux : comment démonter une plaque de plâtre proprement ?* Magazine Articonnex, 2023. <https://magazine.articonnex.com/2177-reemploi-de-materiaux-comment-demonter-une-plaque-de-platreproprement.html>

¹⁴ Agence de la transition écologique. *Usage détourné de plaques de plâtre de cloisons pour remplissage et création de nouvelles cloisons.* (2016, July 12). Optigede – Ademe.

¹⁵ Marie-Ève, Shaffer. *Réemploi de matériaux : parcours à obstacles.* Ordre Des Architectes Du Québec. 2022. <https://www.oaq.com/article-magazine/reemploi-de-materiaux-parcours-a-obstacles/>

3.2.2 Le recyclage du gypse post-consommation

Tel que nous l'avons déjà précisé, le recyclage du gypse consiste à broyer les plaques résiduelles et séparer le minerai des composants en papier et des contaminants (peinture, clous...) afin de récupérer chacun des éléments. La poudre blanchâtre obtenue peut être utilisée de plusieurs manières¹⁶ : il est possible de la réintégrer dans de nouvelles plaques de gypse, dans la production du ciment, en agriculture pour l'amendement des sols et même dans les cosmétiques¹⁷.

Actuellement au Québec, aucune entreprise ne semble recycler le gypse post-consommation. Une entreprise a cessé ses activités jugées non conformes à la Loi sur la qualité de l'environnement¹⁸. Cependant des organisations comme gypse du Fjord ont pour mission de recycler des retailles de gypse neuf, une matière moins contaminée et plus facilement recyclable.

Afin de trouver un moyen de revaloriser cette matière, il est possible d'envisager différentes approches. Tout d'abord, on peut rechercher qui sont les recycleurs de gypse postconsommation les plus proches. Il en existe un en Ontario et deux dans l'État de New York. Le tableau suivant répertorie les différents recycleurs les plus proches.

Nom	Adresse	Transformation	Site internet
Cooper Recycling	123 Varick Ave, Brooklyn, New York, 11237	Inconnue	https://coopertankrecycling.com/
Faztec Industries Inc. Recycling and Materials	200 Bloomfiel avenue, Staten Island, New York, 10314	Poudre à composte ? Mais ils ont beaucoup d'autres produits recyclés...	http://www.faztecind.com/
New West Gypsum Recycling Ontario	2182 Wyecroft Road, Oakville, Ontario, Canada L6L 5V6	Panneaux de gypse	https://www.nwgypsum.com/ontario.html

Le recycleur le plus proche est aussi le seul à communiquer sur le procédé de transformation de la matière : New West Gypsum Recycling Ontario. L'utilisation de cette filière de recyclage présente des avantages environnementaux et économiques incertains puisque la distance entre le centre de recyclage et le bâtiment Jean Lesage est importante.

¹⁶ Écohabitation. *Recycle Gypse - Pour la nature et l'environnement*. 2020. www.ecohabitation.com
<https://www.ecohabitation.com/guides/1735/recyc-gyspe-pour-la-nature-et-lenvironnement/>

¹⁷ Deloitte. *Étude sur le gypse résiduel au Québec ANALYSE DE LA FILIÈRE DE RECYCLAGE*, Montréal, Recyc-Québec, 2018.

¹⁸ Hélène Gingras. *Recycle gypse Québec n'a pas déménagé, mais fait du ménage*. 2023.
<https://infodaffaires.com/recycle-gypse-quebec-na-pas-demenage-mais-fait-du-menage/>

Afin de revaloriser le gypse, il est aussi possible de chercher des recycleurs potentiels à travers les réseaux de Synergies. Il s'agit de réseaux d'organisations qui visent à développer des symbioses industrielles et développer l'économie circulaire dans un espace donné. À Montréal, le réseau de synergie qui couvre le territoire de la ville de Montréal est coordonné par PME MTL. Cet organisme met en relation des acteurs dans le but « d'appuyer un écosystème d'organisations qui mettent en œuvre différentes stratégies d'économie circulaire »¹⁹. L'avantage de passer par ce type d'organisme, est d'avoir accès au réseau d'entreprises qui la composent. De potentiels recycleurs de gypse post-consommation pourraient s'y trouver. Il est aussi possible que certains acteurs travaillent actuellement à développer le marché du recyclage de gypse. Le carnet d'adresses des réseaux de synergie pourrait être pertinent dans la recherche de repreneurs pour ce type de matériau.

Enfin, il semblerait que les acteurs qui recyclent des retailles de gypse neuf ne traitent pas le gypse post-consommation en raison des taux de contamination plus importants induits par un faible tri à la source²⁰. Peut-être qu'ils accepteraient de récupérer le gypse du siège social sous condition que les taux de contamination soient suffisamment faibles? Le seul moyen d'en être certain est d'amorcer des discussions avec ces entreprises et mener des projets pilotes, ce qui pourrait être effectué dans un avenir proche.

La structure de coût du projet de démantèlement du gypse est définie comme suit : **Frais de démantèlement, d'entreposage, de transport, de gestion et de reprise**. Pour chacune des solutions, elle serait similaire, cependant les coûts de transports pourraient varier en fonction de la distance et des frais potentiels de reprise.

3.2.3 Piste de recherche pour favoriser la revalorisation de la matière

Le réemploi du gypse dans le cadre du projet de réfection du siège social d'Hydro-Québec n'est pas envisageable en raison du manque de savoir-faire et de la trop faible valeur économique de la matière. Tant que les coûts d'enfouissement restent bas et que les plaques de gypse demeurent fragiles, on ne peut pas concevoir de le réemployer.

Il est cependant, possible de chercher à concevoir des plaques de gypse plus facilement réemployables. Ainsi, une piste de recherche potentielle serait d'appliquer les principes d'écoconception dans le but de favoriser l'émergence de futures filières de réemploi de ce matériau. Du côté européen, Saint-Gobin, une entreprise internationale qui conçoit, produit et distribue des matériaux pour les marchés de l'habitat et de l'industrie, effectue de la recherche sur le sujet. Dans une vision de construction durable, elle prévoit développer cette technologie pour les Jeux olympiques de Paris en 2024²¹. Des plaques de gypse plus facilement réemployables pourraient permettre de diminuer le temps de démontage, de réduire les coûts et ainsi, permettre de faire émerger des filières de réemploi de cette matière.

¹⁹ Synergie Montréal | PME MTL. (n.d.). PME MTL. <https://pmentl.com/outils-et-ressources/synergiemontreal>.

²⁰ Deloitte. *Étude sur le gypse résiduel au Québec ANALYSE DE LA FILIÈRE DE RECYCLAGE*, Montréal, Recyc-Québec, 2018, p.10.

²¹ Lucile Kotler, Violet Michael et Rubin Patrick. *Table ronde Réemploi, Recyclage PLACOPLATRE*. Parlons matière, 16 juin 2022, tiré de : <https://www.darchitectures.com/table-ronde-reemploi-recyclage-placoplatre-a5984.html>

3.3 Les tuiles acoustiques de plafond du bâtiment Jean-Lesage

FIGURE 5 : LES TUILES ACOUSTIQUES DU BÂTIMENT JEAN-LESAGE ET L'ENFOUISSEMENT

Types de Coûts	Hypothèse	Estimée
Démantèlement	Inconnus pour le moment	Inconnu
Transport + enfouissement	Entre 130 et 150\$ la tonne pour 143 tonnes de tuiles-	Entre 18 590 et 21 450 \$
Perte de valeur pour la société	1100 boîtes de 300 pi ² à 78,18\$/ boîte et les tuiles de plafond ont atteint 50% de leur durée de vie utile	+ou- = 42 999\$
Environnementaux	Basé sur les ACV des produits Armstrong World Industries en calculant le coût évité de 330 000 p ² de tuiles de plafond.	180 000 kg de CO ₂ équivalents 5000 m ³ d'eau potable

Le coût total d'enfouissement ne peut pas être mesuré pour le moment en raison du manque d'information.

3.3.1 Le réemploi des tuiles acoustiques de plafond

3.3.1.1 Le réemploi interne des tuiles acoustiques de plafond

Les tuiles de plafond peuvent être aussi bien réemployées à l'interne qu'à l'externe. Un réemploi interne peut être effectué de deux façons : dans le siège social ou dans les autres bâtiments d'Hydro-Québec puisque cette dernière possède un grand nombre d'édifices à travers le Québec. Pour ce qui est du réemploi à l'externe, il peut être effectué par les plateformes de réemploi de matériaux ou encore par les réseaux de synergie.

Voici les différentes étapes relatives au processus de réemploi interne des tuiles:

Démantèlement --> transport --> entreposage --> transport --> contrôle de la qualité --> réinstallation --> gestion

Le choix du site où les tuiles seraient réemployées à l'interne aura un impact sur certains coûts comme le transport. Il sera plus ou moins long et donc coûteux en fonction de la distance entre le lieu de démantèlement et le site où elles seront réemployées. En raison du manque de données, il ne sera pas possible de calculer les coûts relatifs au réemploi à l'interne sans effectuer un projet-pilote. Il existe tout de même un certain nombre d'initiatives de réemploi interne de tuiles acoustiques, comme les études de cas de Cycle up, une plateforme française de réemploi de matériaux de construction, mais les chiffres précis des coûts relatifs au processus de réemploi ne sont pas partagés. On retrouve plutôt des bilans qui résument les statistiques clefs des démarches de réemploi dans différents projets.

Le réemploi interne peut générer des bénéfices économiques et environnementaux. Du côté économique, le réemploi permettrait d'éviter de payer les frais d'enfouissements, d'acheter de nouvelles matières ou encore de diminuer les frais de transport²². Il y aurait aussi un dégageant de valeur lié à la conservation de ces tuiles dans la société²³. Pour parler de réels bénéfices économiques, il faudrait tout de même s'assurer que le processus de réemploi soit plus rentable que l'achat de nouvelles matières. Le peu de données sur le sujet ne permet pas d'établir de bénéfices économiques certains. Le réemploi interne pourrait coûter aussi cher, voire plus, que l'achat de nouvelles tuiles. Pour s'en assurer, il faudrait expérimenter et répertorier avec précision le processus. Les bénéfices environnementaux semblent plus évidents, le réemploi permettrait de diminuer l'utilisation de ressources (énergétiques, minerais, eau) liées à l'extraction, la production et au transport²⁴. Finalement la dernière étape est celle qui englobe toutes les autres, c'est-à-dire la gestion du processus de réemploi interne, qui pour Hydro-Québec représente aussi un coût.

Les barrières au réemploi interne des tuiles de plafond, sont multiples : le manque d'espace de stockage, l'attribution des rôles et responsabilités entre les équipes à l'interne, et, dans le cadre de ce projet spécifique, la taille des tuiles non-standardisée. La trame de plafond ne correspondrait pas à la taille des tuiles particulières, causant ainsi des enjeux techniques avec les composantes d'éclairage et de ventilation. En plus, elle complique le processus de remontage puisque le remplacement des supports de tuiles est nécessaire dans le nouveau concept d'aménagement. Enfin, le réemploi interne à Hydro-Québec dans les autres édifices peut avoir comme obstacle un manque de besoin pour ces dimensions de tuiles non-standardisée dans le parc immobilier. L'édifice Jean-Lesage reste le plus grand bâtiment administratif de l'entreprise.

3.3.1.2 Le réemploi externe des tuiles acoustiques de plafond

La chaîne logistique du réemploi externe des tuiles de plafond serait composée de moins d'étapes que celle du réemploi interne. On peut représenter la chaîne logistique comme suit :

Démantèlement --> gestion de la qualité --> entreposage --> gestion des dons

La gestion des dons peut intégrer ou non des étapes de transport en fonction du repreneur, de ses capacités et du contrat mis en place. Face à l'enfouissement, le réemploi externe peut permettre de diminuer les coûts réels, créant ainsi des bénéfices plutôt macro-économiques. Les attraits économiques de cette solution peuvent être caractérisés par de la création d'emplois due au développement de la filière de réemploi dans la société québécoise. Mais, on peut aussi attribuer une création de valeur dans la société à travers la réutilisation de cette ressource²⁵. La

²² Félix Chiron, *Le réemploi dans la construction : Une perspective pour une architecture soucieuse des enjeux environnementaux*, HAL open science, 2017, p.30-33.

²³ Kristina Overgaard Zacho et al. Capturing Uncaptured Values A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste, *Resources, Conservation and Recycling*. 2018, 136, p.297-305.

²⁴ Félix Chiron, *Le réemploi dans la construction : Une perspective pour une architecture soucieuse des enjeux environnementaux*, HAL open science, 2017, p.30-33

²⁵ Kristina Overgaard Zacho et al. Capturing Uncaptured Values A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste, *Resources, Conservation and Recycling*. 2018, 136, p.297-305

mesure de ces bénéfices économiques reste purement qualitative et le manque de données sur la mesure précise de ces gains, ne permet pas de le calculer précisément. En ce qui concerne les bénéfices environnementaux, ils sont similaires aux solutions de réemploi interne, mais pourront varier en fonction de la distance. Les avantages des solutions de réemploi interne restent donc relativement similaires aux solutions de réemploi externe, bien que les bénéfices économiques seraient d'ordre plus macro-économique dans le second cas.

Le réemploi externe peut être effectué en passant par des magasins de matériaux de seconde main ou encore par le biais des synergies. Les plateformes de matériaux de seconde main sont des espaces où des matériaux et biens collectés sont revendus par la suite. Dans la région de Montréal, on y trouve Restore, Réemployons, Réco/Architecture sans frontières ou encore Facebook Marketplace. Certaines de ces plateformes sont plus spécialisées que d'autres. Par exemple, Réco est spécialisé dans la revente de matériaux de construction²⁶. Pour le moment, il ne semble pas que les tuiles de plafond figurent parmi les matériaux de seconde main en vente sur les différentes plateformes. Cependant, du côté français, dans certaines plateformes de revente de matériaux de seconde main spécialisées dans la construction, on peut trouver plus d'une trentaine de différents modèles de tuiles de plafond. Ceci laisse à penser que si le marché est aussi développé en France, il est possible que la création d'une offre sur le marché québécois engendre l'émergence d'un nouveau produit de seconde main sur le territoire. En ce qui concerne les synergies, leur réseau pourrait permettre de mettre en lien Hydro-Québec et de potentiels repreneurs. Il faut encore, pour développer ces solutions, bien définir les rôles et responsabilités internes et définir les mécanismes entourant l'utilisation du réemploi externe.

Finalement, la standardisation semble être un procédé qui facilite grandement le réemploi. En effet, dans de multiples cas, un bien standardisé peut plus facilement être réemployé ailleurs tandis qu'un bien non standardisé sera confronté à des contraintes diverses. Ces contraintes peuvent être techniques comme le besoin de recouper les plaques pour adapter leur taille. Dans le cas des tuiles du siège social, leur dimension non-standardisée est aussi un enjeu pour le réemploi externe.

3.3.2 Le recyclage des tuiles acoustiques de plafond

En 1999, Armstrong World Industries a lancé le premier programme de recyclage de tuiles de plafond au monde. Le procédé consiste à broyer les tuiles de plafond afin de récupérer les matériaux pour les réintégrer dans le processus de fabrication des tuiles. Aussi, depuis 2014, Armstrong a certifié le recycleur ontarien Viking Recycling qui peut récupérer et traiter les tuiles de la même manière²⁷.

²⁶ ÉCO-RÉNO. (n.d.). ÉCO-RÉNO. https://eco-reno.myshopify.com/?gclid=EAlaIQobChMIubiKyfSMgQMVYRatBh2oxALTEAAYASAAEgJbZfD_BwE&shpxid=a5963220-b55e-4904-8b3d-d440a066aa17

²⁷ SERVICES | Viking Recycling. (n.d.). Viking Recycling. <https://www.vikingrecycling.ca/services>.

Dans le but de démontrer les bénéfices du programme de recyclage, Armstrong a réalisé une étude de cas d'une entreprise qui a fait appel à leurs services de cueillette et de recyclage. Elle se situait à Chicago, une distance quasiment égale à la distance qui sépare Montréal du centre de recyclage d'Armstrong utilisé dans cette étude de cas. Aussi, le volume de tuiles de plafond était inférieur à celui généré par Hydro-Québec (200 000 pi²). Il a été démontré que le recyclage a permis d'effectuer des économies par rapport à l'enfouissement, mais aussi d'éviter 50 160 kg de CO₂e, 946 132 litres d'eau potable et 152 900 kWh d'énergie²⁸. Puisque le volume de tuiles de plafond d'Hydro-Québec est plus grand que dans cette étude de cas, on peut donc imaginer que les économies et les impacts environnementaux d'utiliser un tel programme de recyclage seraient encore plus importants.

Les coûts pour Hydro-Québec ne seront donc constitués que des frais de démantèlement et de gestion du processus, ce qui place cette solution comme la moins coûteuse pour Hydro-Québec pour le moment, surtout vu l'enjeu de dimension non standard.

3.3.3 Piste de recherche d'une nouvelle filière de revalorisation

Étant donné que les tuiles acoustiques de plafond possèdent des capacités d'absorption du son et d'isolation phonique, elles pourraient certainement être utilisées sur les murs intérieurs des bâtiments (habitation, bureau, usine, cinéma, studio d'enregistrement) afin d'améliorer l'acoustique d'une pièce. Bien que ces dernières ne répondent pas aux critères esthétiques généralement recherchés, l'ajout de tissu de recouvrement (idéalement revalorisé) pourrait permettre de les rendre plus attrayantes et peut-être même plus efficaces.

Cycle-up qui récupère et revend beaucoup de matériaux de seconde main en France a développé des panneaux 100 % circulaires nommés « MARIUS » composés de tuiles acoustiques de plafond, d'un cadre en bois et de textiles, tous issus de la revalorisation. Cette entreprise propose un produit modulaire qui peut faire office d'écran, de cloison amovible, de panneau acoustique, de cloisonnette et plus encore. Ces panneaux modulaires développés récemment permettent d'améliorer l'acoustique des bureaux du style à aire ouverte, tout en proposant une solution sur mesure. Les panneaux « MARIUS » de Cycle-up pourraient aussi être produits au Québec dans le but de développer un moyen de réutiliser les tuiles acoustiques toujours performantes qui n'ont pas atteint la fin de leur durée de vie. L'attrait de cette solution réside aussi dans le fait de pouvoir réemployer deux autres matériaux pour construire un bien issu complètement de la revalorisation.

²⁸ Armstrong world industries, *Armstrong ceiling solutions-ceilings recycling programme*, 20 août 2023, <https://www.armstrongceilings.com/commercial/en/performance/sustainable-building-design/ceiling-recyclingprogram.html>

3.4 La laine de verre acoustique du bâtiment Jean-Lesage

FIGURE 6 : LA LAINE DE VERRE DU BÂTIMENT JEAN-LESAGE ET SON ENFOUISSEMENT

Types de Coûts	Hypothèse	Estimée
Coûts de démantèlement	Inconnu pour le moment	Inconnu
Transport + enfouissement	Entre 130 et 150\$ la tonne pour 6,2 tonnes.	Entre 819 et 945 \$
Perte de valeur pour la société	Prix de la "laine isolante beige R12 de CertainTeed en fibre de verre, 3,25 po x 15 po x 47 pi 117,5 pi ² " sur Rona = 64\$/rouleau pour 4 177m ² pour un total de 383 rouleaux	Moins de 24 000 \$
Environnementaux	ACV laine de verre « GR 32 Revêtu Kraft » de ISOVER (seule ACV de laine de verre trouvée). Les impacts seront moins importants puisqu'il s'agit d'une ACV d'un produit plus épais. Calculé pour 4 177m ² de laine de verre.	15 000 kg de CO2 eq 275 m3 d'eau potable

Le coût total d'enfouissement ne peut pas être mesuré pour le moment en raison du manque d'information.

3.4.1 Le réemploi de la laine de verre

3.4.1.1 Le réemploi interne de la laine de verre

Comme pour les tuiles de plafond, le réemploi de la laine de verre peut être interne ou externe. Le processus de gestion du réemploi interne de la laine isolante possède la même chaîne logistique que pour les tuiles de plafond :

Démantèlement --> transport --> entreposage --> transport --> contrôle de la qualité --> réinstallation --> gestion

Pour pouvoir la réemployer, il faudra, au cours du démantèlement, trier la laine isolante afin de la séparer des autres matières. Aussi, la laine de verre est une matière très volumineuse, pour laquelle il faudra prévoir des espaces d'entreposage conséquents, et à l'abri de l'humidité²⁹.

Aussi, le temps de transport peut varier en fonction de la distance entre le siège social, l'espace de stockage et son lieu de réemploi. De même, un contrôle de la qualité est nécessaire pour s'assurer que la laine ne présente pas de taches noires, un signe de moisissure, et qu'elle a bien

²⁹ Pénélope Lallemand, *Vers une filière du réemploi des matériaux de second œuvre : Analyse du paysage lyonnais et propositions pour une chaîne de valeurs complète*, HAL open science, 2021, p.33.

conservé ses propriétés acoustiques³⁰. Finalement, les frais de gestion, bien que difficilement mesurables, seront certainement à peu près égaux aux frais de gestion relatifs au réemploi interne des tuiles de plafond.

Les avantages du réemploi interne de la laine isolante sont eux aussi regroupés dans deux grands axes : les avantages économiques et les avantages environnementaux³¹. Du côté économique, afin de prouver la rentabilité du projet, un projet-pilote serait nécessaire. La diffusion des résultats pourrait permettre d'encourager des pratiques de réemploi dans la province si ces derniers sont positifs sur le plan économique et/ou environnementaux. Du côté environnemental, il pourra y avoir des avantages en termes de réduction d'énergie consommée qui peut être caractérisée par le fait de ne pas avoir à produire de nouvelles ressources³². Cela permettrait aussi de réduire les GES, la consommation d'eau et de ressources qui se raréfient comme le sable, un des composants principaux de la laine de verre³³.

La laine isolante générée dans le projet de réfection du siège social est la laine utilisée pour l'isolation acoustique des bureaux fermés. Les nouveaux espaces prévus dans le projet seront moins cloisonnés et les futurs espaces fermés utiliseront surtout des cloisons amovibles et modulables, la laine isolante ne sera donc pas requise dans le nouvel aménagement de l'édifice Jean-Lesage.

Certaines barrières au réemploi interne de la laine de verre restent les mêmes que pour les tuiles de plafond. C'est le cas des espaces de stockage ainsi que des rôles et responsabilités et des mécanismes internes qu'il faudrait définir. Aussi, pour le réemploi dans les autres édifices d'Hydro-Québec, il faut s'assurer du besoin. L'absence de besoin constitue une barrière au réemploi.

3.4.1.2 Le réemploi externe de la laine de verre

Le réemploi externe, quant à lui, possède aussi une chaîne logistique plus courte que le réemploi interne. Elle se présente de la sorte :

Démantèlement --> gestion de la qualité --> entreposage --> gestion de la donation

³⁰ Morgan Deweerdt et Marilyn Mertens, *Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction*, Interreg North Oest Europe FCRBE, 2020, p.24

³¹ Félix Chiron, *Le réemploi dans la construction : Une perspective pour une architecture soucieuse des enjeux environnementaux*, HAL open science, 2017, p.30-33.

³² Pénélope Lallemand, *Vers une filière du réemploi des matériaux de second œuvre : Analyse du paysage lyonnais et propositions pour une chaîne de valeurs complète*, HAL open science, 2021, p.33.

³³ Le sable, une ressource précieuse et de plus en plus rare. (s. d.). Radio Canada. <https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/bien-entendu/segments/panel/123787/gestion-sable-defi-buchet-bourgeois>

économique et de réduction d'utilisation du sable dans le recyclage de la laine de verre. Il reste que la consommation énergétique du processus rend les options de réutilisation ou de transformation minimales de la matière plus attrayantes sur le plan environnemental. Pour évaluer la pertinence de créer un centre de recyclage de laine de verre au Québec, il faudrait tout d'abord savoir quelle est la quantité annuelle de laine de verre résiduelle. Cette information pourrait permettre d'évaluer le potentiel et la rentabilité de la création d'un centre de recyclage.

3.4.3 Pistes de recherche de nouvelles filières de revalorisation

Le balisage des autres moyens de recycler de la laine de verre a permis d'identifier deux pistes de solution. La première consiste à intégrer des résidus de laine de verre dans la production de céramique. Les effets de l'ajout de laine de verre permettraient d'améliorer les capacités structurelles de la céramique et d'y apporter un côté brillant en surface³⁷. Ainsi, la laine de verre post-consommation pourrait être utilisée dans la production de céramiques plus performantes. Dans le but de pousser les recherches sur le sujet, un échange a été mené avec une spécialiste en intégration de matières résiduelles dans la production de céramique. Elle a déjà travaillé avec le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI), dans un projet d'intégration de matières résiduelles dans la céramique. Le bilan de l'échange a permis de valider la pertinence d'effectuer de la recherche sur le sujet à condition d'avoir suffisamment de données sur la laine de verre, notamment sur la granulométrie. Il est possible en effectuant des tests d'obtenir l'information, même si pour le moment elle n'est pas disponible. La piste de recherche semble donc être une solution pertinente dans le but d'évaluer de potentiels débouchés pour cette matière, qui pour le moment apparaissent inexistantes dans la province.

La deuxième piste de recherche consiste à intégrer de la laine de verre post-consommation dans la fabrication du béton. L'intégration de laine de verre et d'autres matériaux dans le béton a déjà été effectuée et s'est révélée être une solution pertinente dans l'amélioration de ses propriétés³⁸. À l'heure actuelle, on ne connaît pas les effets exacts de l'intégration de laine de verre post-consommation seule dans le béton. Cependant la SAQ a effectué des recherches avec l'Université de Sherbrooke sur l'intégration d'agrégats de verre dans le béton. Les recherches ont montré que le béton composé de résidus de verre était plus durable et avait un bilan carbone moins important. Étant donné que la laine de verre est composée en grande partie de sable, il se pourrait que son intégration dans le béton permette d'obtenir des résultats similaires.

En résumé, le manque de données sur le gisement de laine de verre résiduel au Québec constitue un frein à l'évaluation de la pertinence de la création d'une usine de recyclage de la laine postconsommation comme celle d'ISOVER. De plus, l'absence d'information sur la performance

³⁷ Patrick N. Lemogna, *et al.*, *Utilisation of glass wool waste and mine tailings in high performance building ceramics*, Journal of Building Engineering, volume 31, 2020.

³⁸ Hélène Pavie. *Nos bouteilles transformées en trottoir* ! www.ecohabitation.com, 2014. <https://www.ecohabitation.com/guides/1370/nos-bouteilles-transformees-en-trottoir/>

acoustique de la laine de verre du siège social semble complexifier son réemploi externe. Aussi, le manque d'espace d'entreposage complique aussi les solutions de réemploi interne. C'est pourquoi les pistes de recherches pourraient permettre de développer des solutions de revalorisation qui pour le moment semblent inexistantes.

Le tableau suivant regroupe les différentes pistes de solutions des trois matériaux à dévier de l'enfouissement. La couleur des cases dans la colonne 'Avantages' indique le niveau de probabilité des potentiels bénéfiques de chacune des solutions.

3.5 FIGURE 7 : TABLEAU RÉSUMÉ DES SOLUTIONS

Matériaux	Solutions	Avantages	Coûts (HQ)	Barrières
Gypse	Synergies	Environnementaux Économiques	Démantèlement, entreposage, transport, reprise ? gestion	Repreneur? rôles et responsabilités
	Centre de recyclage Ontario	Environnementaux Économiques	Démantèlement, entreposage, transport, reprise ? gestion	Distance, coûts ?
	Gypse du Fjord / Certain Teed	Environnementaux Économiques	Démantèlement, entreposage, transport, reprise ? gestion	Négociations, tri à la source, entente
	Centres de recyclage US	Environnementaux Économiques	Démantèlement, entreposage, transport, reprise ? gestion	Distance, coûts ? Absence d'information sur le procédé
Tuiles de plafond	Réemploi Jean-Lesage (siège social)	Économiques ? (HQ), Environnementaux	Démantèlement, contrôle qualité, transport (court), entreposage, transport (court), réinstallation, gestion	Espace d'entreposage , rôles et responsabilités internes, taille non standardisée
	Réemploi HydroQuébec	Économiques ? (HQ), Environnementaux	Démantèlement, contrôle qualité, transport (+ou- long), entreposage, transport (+ou-long), réinstallation, gestion	Entreposage, besoins , rôles et responsabilités internes, taille non standardisée
	Magasins matériaux de seconde main	Économiques (macro), Environnementaux, Sociaux	Démantèlement, entreposage, gestion des dons	Marché ? Rôles et responsabilités internes ; taille non standardisée
	Synergies	Économiques (macro), Environnementaux, Sociaux	Démantèlement, entreposage, gestion des dons	Repreneurs ? Rôles et responsabilités internes ; taille non standardisée
	Armstrong Recycling / Viking recycling	Économiques (HQ), Environnementaux	Démantèlement, gestion du processus	En attente de rapport sur la contamination de la matière
Laine de verre	Réemploi Jean-Lesage (siège social)	Économiques ? (HQ), Environnementaux	Démantèlement, contrôle qualité, transport (court), entreposage, transport (court), réinstallation, gestion	Entreposage, rôles et responsabilités internes
	Réemploi Hydro- Québec	Économiques ? (HQ), Environnementaux	Démantèlement, contrôle qualité, transport (+ou- long), entreposage, transport (+ou-long), réinstallation, gestion	Entreposage, besoins, rôles et responsabilités internes
	Magasins de matériaux de seconde main	Économiques (macro), Environnementaux, Sociaux	Démantèlement, gestion de la qualité, entreposage, gestion des dons	Marché ? Entreposage, rôles et responsabilités internes, détails sur la matière
	Synergie	Économiques (macro), Environnementaux, Sociaux	Démantèlement, gestion de la qualité, entreposage, gestion des dons	Repreneurs ? Entreposage, rôles et responsabilités internes, détails sur la matière
	Recherche intégration dans le béton	Économiques ? Environnementaux ? Sociaux ?	R&D	Attrait
	Recherche intégration dans la céramique	Économique ? Environnementaux ? Sociaux ?	R&D	Attrait

Étude terrain sur le processus de gestion d'Hydro-Québec par Augustin Fanier. Évaluation des avantages : vert = fort probable ; orange = mitigé ; rouge = peu probable.

3.6 Recommandations pour la revalorisation du gypse, laine isolante et tuiles acoustiques

À partir de l'analyse des débouchés potentiels pour les trois matériaux, quatre grandes recommandations peuvent être identifiées.

- Expérimenter chez Hydro-Québec le réemploi interne des tuiles de plafond et/ou de la laine isolante dans le siège social et/ou dans d'autres édifices d'Hydro-Québec. La réalisation d'une expérimentation appuyée par la rédaction d'un rapport ou d'une étude de cas permettrait de répertorier la démarche et peut-être même, d'encourager des acteurs à suivre cet exemple s'il s'avère pertinent sur le plan économique et environnemental. Aussi, si l'expérimentation ne s'avère pas rentable, cela ne signifie pas que le réemploi de ces matières le restera avec le temps. Si une variable venait à être modifiée dans le futur, par exemple, une augmentation du coût d'enfouissement, la démarche pourrait ainsi devenir économiquement rentable. Les données pourraient donc contribuer à déterminer la pertinence économique du projet ainsi que les variables qui devraient être modifiées pour rentabiliser les initiatives de réemploi. Évidemment, il serait nécessaire de trouver des moyens de répondre aux barrières telles que le manque d'espace d'entreposage.
- Prioriser les solutions de réemploi externe afin de revaloriser les tuiles de plafond. Il faut tenter d'effectuer un maximum de réemploi externe en fonction des capacités des repreneurs. Pour favoriser le plus de réemploi externe possible, Hydro-Québec devra faire appel aux plateformes de dons et de revente de matériaux de seconde main ainsi qu'aux réseaux de synergies. Il est vrai que la taille non standardisée des tuiles de plafond risque de complexifier les mesures de réemploi. C'est pourquoi, lors des travaux de réfection des bâtiments, la trame de plafond exige maintenant des tuiles de format standards afin de faciliter le réemploi futur de ces dernières. Il est peu probable que l'ensemble des tuiles soit réemployé à l'externe. Ainsi, il faudrait envisager de recycler les tuiles de plafond restantes afin de dévier l'entièreté de la matière de l'enfouissement.
- Favoriser le réemploi externe de la laine isolante. La laine isolante risque d'être plus difficilement réemployable en raison du manque d'information sur ses caractéristiques. Il serait pertinent de passer par les plateformes de matériaux de seconde main et les réseaux de synergie pour tenter de trouver des repreneurs qui auraient besoin de laine acoustique afin d'isoler phoniquement des cloisons intérieures. Il pourrait donc s'agir d'une expérimentation qui viserait à tester la demande de produits isolants de seconde main sur le marché québécois. Cependant, il serait plus simple de réemployer ces matériaux si toutes les informations sur leurs performances étaient disponibles. C'est pourquoi il est aussi recommandé de conserver les fiches techniques de chacun des matériaux qui seront utilisés lors de futurs travaux de réfection. Encore une fois, il semble peu probable que le réemploi externe permette de revaloriser les six tonnes de laine de verre du siège social. Comme aucune filière de revalorisation de laine de verre ne semble

exister au Québec, l'enfouissement semble être l'option la plus probable. Des acteurs externes pourraient cependant effectuer de la recherche sur l'intégration de laine de verre dans la céramique et le béton au Québec. Si les propriétés des matériaux se retrouvent améliorées et que le bilan carbone des produits se trouve amoindri, alors pourquoi ne pas envisager de recycler la laine de verre post-consommation avec un moins bon potentiel de réemploi plutôt que de l'enfouir?

- Favoriser le recyclage du gypse comme l'option de réemploi ne semble pas réaliste. Tout d'abord, Hydro-Québec pourrait envisager de chercher des repreneurs dans les réseaux de synergies ou encore d'amorcer des discussions avec les recycleurs de retailles de gypse neuf afin de convenir de taux de capture suffisamment haut pour être acceptable. Ensuite, si ces pistes de solutions ne fonctionnent pas il pourrait être envisagé de mener une étude qui viserait à calculer le coût environnemental et économique d'envoi de la matière vers le centre de recyclage le plus proche (New West Gypsum Recycling Ontario). Si l'option se révèle moins ou aussi coûteuse que l'enfouissement, alors il est fort probable que le recyclage du gypse en Ontario soit une option envisageable. Enfin, pour favoriser le réemploi de la matière, il faudrait que les producteurs locaux soient encouragés à s'inspirer des essais de l'entreprise française Saint-Gobin qui vise à concevoir un gypse qui soit plus facilement réemployable.

En somme, il semble que le gypse soit la matière la plus problématique des trois. Contrairement aux cas des tuiles acoustiques et de la laine de verre, les solutions de réemploi ne sont pas envisageables et les chances de trouver un moyen de dévier le gisement de l'enfouissement sont faibles. L'analyse des solutions de revalorisation des tuiles acoustiques de plafond et de la laine de verre met de l'avant deux types de barrières : la non-standardisation et le manque d'information sur les caractéristiques des matériaux. La première contraint tous les types de réemploi alors que la seconde fait plutôt obstacle au réemploi externe puisqu'elle prive les potentiels repreneurs d'informations indispensables à son utilisation. Les solutions de traitement de la laine de verre s'orientent donc plutôt vers un réemploi interne à Hydro-Québec. Alors que, les tuiles de plafond pourraient être réemployées à l'externe de différentes manières et ultimement recyclées. Dans le tableau suivant on retrouve des estimations réalisées sur les matériaux analysés. Bien que les résultats ne soient pas élevés, certaines offres pourraient faire varier les résultats. Par exemple, suite à une proposition en analyse, le taux de réemploi externe des tuiles acoustique pourrait dépasser 50%.

Figure 8: Estimé des moyens de traitement des trois matériaux

Matériaux	Masse	Réemploi	Recyclage	Enfouissement
Gypse post consommation	257 tonnes	0%	0%	100%
Tuiles acoustiques de plafond	143 tonnes	5% réemploi externe	95% chez Armstrong	0%
Laine de verre	6 tonnes	0%	0%	100%

4 CONCLUSION

L'inventaire pré-travaux avec le fichier de flux de matières est essentiel pour caractériser les gisements dans un projet de rénovation. Il permet non seulement de quantifier et qualifier les gisements, mais aussi d'identifier les mesures à mettre en place pour assurer la meilleure circularité possible dans un projet. Il doit se faire tôt dans le processus d'un projet, à l'étape de l'avant-projet idéalement ou, au tout début de la conception.

Dans le cadre de nos projets, cet inventaire a permis de voir que les trois gisements les plus importants étaient les matériaux, les mobiliers et les composantes de systèmes de CVAC. Les composantes de CVAC n'ont pas été ciblées dans ces projets pour des mesures de circularité vu la complexité de cette initiative et l'échéancier serré des projets. Plusieurs initiatives sont à l'étude et en développement afin d'assurer une plus grande revalorisation des mobiliers de bureau. Plusieurs initiatives de circularité ont été ciblées pour les matériaux (réemploi interne surtout) mais trois matériaux (gypse, laine isolante, tuiles acoustiques) ont été jugés critiques vu leur quantité et le manque d'option de revalorisation au Québec.

Il semble évident que les filières de réemploi et de recyclage des matériaux critiques mériteraient d'être plus développées. Du côté du gypse, il est nécessaire qu'une entreprise de recyclage s'établisse au Québec et que du travail d'écoconception soit effectué pour faciliter son réemploi. Les pertes inutiles de cette matière sont trop importantes et son utilisation est trop courante pour ne pas essayer d'améliorer les différents moyens de la revaloriser. Pour ce qui est de la laine de verre, le manque de connaissances sur les quantités enfouies chaque année au Québec semble empêcher l'émergence d'initiatives de revalorisation. On ne connaît pas l'état de la situation, il est donc difficile d'émettre des recommandations quant à la nécessité et faisabilité qu'un centre de recyclage s'installe dans la province. Pour les filières de réemploi, il est nécessaire d'effectuer des essais par le biais des plateformes de réemploi et des réseaux de synergies afin de tester le potentiel de ces filières. Bien développées en France, les filières de réemplois des matériaux isolants et des tuiles de plafond pourraient aussi se développer au Québec. Il est également nécessaire d'effectuer de la recherche sur le recyclage de la laine de verre, notamment au niveau de son intégration dans le béton ou la céramique. Finalement, le recyclage des tuiles de plafond semble être l'option la plus développée en Amérique du Nord. Il faut encourager le recyclage mais aussi encourager le réemploi afin de ne plus enfouir cette matière. Ici aussi, une meilleure connaissance du gisement au Québec et des propriétés des tuiles de plafond est requise afin de développer une filière du réemploi de cette matière au Québec.

Pour le moment, il est estimé que près de 70% des résidus générés lors de la phase de déconstruction de l'intérieur du bâtiment seront déviés de l'enfouissement. Ce taux résulte d'une multitude d'initiatives et est représentatif de ce qui est réalisable, avec l'offre et nos connaissances actuelles, en réemploi et revalorisation pour ce type de projet de rénovation. Bien

que l'inventaire ne soit pas terminé et qu'il ne dresse qu'une image globale des matières résiduelles générées lors de la rénovation de l'édifice, l'objectif initial de dévier 80% de ces matières de l'enfouissement reste tout à fait possible. Afin d'y parvenir, les équipes d'Hydro-Québec devront travailler en collaboration avec l'entrepreneur en charge de la déconstruction.

BIBLIOGRAPHIE

- ACRGTO et ACQ. (2021). *État de situation en matière de valorisation des résidus de construction, rénovation et démolition (CRD) au Québec*. Ressources Environnement.
- Agence de la transition écologique. (2016). *Usage détourné de plaques de plâtre de cloisons pour remplissage et création de nouvelles cloisons*. Optigede - Ademe. <https://optigede.ademe.fr/fiche/usage-detourne-deplaques-de-platre-de-cloisons-pour-remplissage-et-creation-de-nouvelles-clois>
- Armstrong Ceiling Solutions – Commercial. (s. d.). Armstrong World Industries. [https://www.armstrongceilings.com/commercial/fr-ca/search.html?q=tuiles+de+plafond#ceilings&bbbh=%7B"selectedItem" ;:%7B"name" ;:"browse","item Index" ;:null%7D%7D](https://www.armstrongceilings.com/commercial/fr-ca/search.html?q=tuiles+de+plafond#ceilings&bbbh=%7B)
- Chiron, F. (2017). *Le réemploi dans la construction : Une perspective pour une architecture soucieuse des enjeux environnementaux* [Mémoire de l'École nationale supérieure d'architecture de Nantes]. HAL open science.
- Deloitte. (2018). *Étude sur le gypse résiduel au Québec ANALYSE DE LA FILIÈRE DE RECYCLAGE*. Recyc-Québec. Tiré de : <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/etude-gypse-residueldeloitte.pdf>
- Deweerd, M., & Mertens, M. (2020). *Un guide pour l'identification du potentiel de réemploi des produits de construction*. Interreg North Owest Europe FCRBE. Tiré de : https://vb.nweurope.eu/media/10130/frfcrbe_wpt2_d12_un_guide_pour_lidentification_du_potentiel_de_r%C3%A9emploi_des_produits_de_construction.pdf
- Écohabitation. (2020). *Recycle Gypse - Pour la nature et l'environnement*. www.ecohabitation.com. <https://www.ecohabitation.com/guides/1735/recyc-gypse-pour-la-nature-et-lenvironnement/>
- Économie et innovation Québec & Recyc-Québec. (2020). *Traçabilité des résidus de construction, rénovation et démolition*, innovlog, vol 201025. Tiré de : https://innovlog.ca/wpcontent/uploads/2021/09/Rapport_Tracabilite_CRD_201025.pdf
- ÉCO-RÉNO. (n.d.). ÉCO-RÉNO. https://eco-reno.myshopify.com/?gclid=EAlaIqobChMIubiKyfSMgQMvYRatBh2oxALTEAAYASAAEgJbZfD_BwE&shpxid=a5963220-b55e-4904-8b3d-d440a066aa17
- Gingras, H. (2023). *Recycle gypse Québec n'a pas déménagé, mais fait du ménage*. L. <https://infods.com/recycle-gypse-quebec-na-pas-demenage-mais-fait-du-menage/>
- Gouvernement du Québec. (2019). *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles 2019-2024*.
- ISOVER Recycling, *recyclage des déchets de laine de verre*. (s. d.). Solutions d'isolation thermique et phonique ISOVER. <https://www.isover.fr/services-aux-pros/isover-recycling#:~:text=La%20laine%20de%20verre%20est,%20et%20à%20l'infini%20!&text=Si%20la%20majeure%20partie%20du,verre%20peut%20encore%20être%20augmentée.>
- Kabongo, J. D. (2006). *La valorisation résiduelle : une étude de cas dans douze firmes Canadiennes*. Université de Laval.
- Kotler, L. Violet, M. et Rubin P. (2022). *Table ronde Réemploi, Recyclage PLACOPLATRE*. Parlons matière. Tiré de : <https://www.darchitectures.com/table-ronde-reemploi-recyclage-placoplatre-a5984.html>

- Lachat, A. (2022). *Le réemploi appliqué au domaine de la construction : principe, impact environnemental et mesure dans le cadre d'une économie circulaire* [Écoles des Ponts ParisTech]. HAL open science.
- Lallemant, P. (2021). *Vers une filière du réemploi des matériaux de second œuvre : Analyse du paysage lyonnais et propositions pour une chaîne de valeurs complète* [Mémoire, Université de Lyon]. HAL open science.
- Lemougna, P. N., Adediran, A., Yliniemi, J., Ismailov, A., Levanen, E., Tanskanen, P., Kinnunen, P., Roning, J., & Illikainen, M. (2020). Thermal stability of one-part metakaolin geopolymer composites containing high volume of spodumene tailings and glass wool. *Cement and Concrete Composites*, volume 114, 103792. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2020.103792>
- Manon, M. (2023). Réemploi de matériaux : comment démonter une plaque de plâtre proprement ? Magazine Articonnex. <https://magazine.articonnex.com/2177-reemploi-de-materiaux-comment-demonterune-plaque-de-platre-proprement.html>
- Millette, J. (2010). *RÉEMPLOI DES RÉSIDUS DE CONSTRUCTION, DE RÉNOVATION ET DE DÉMOLITION AU QUÉBEC* [Université de Sherbrooke]. Savoirs UdeS. Tiré de : <https://core.ac.uk/download/pdf/51340141.pdf>
- Pavie, H. (2014). Nos bouteilles transformées en trottoir ! www.ecohabitation.com. <https://www.ecohabitation.com/guides/1370/nos-bouteilles-transformees-en-trottoir/>
- Recyc-Québec. (2023). *Les 3RV sous la loupe*. RECYC-QUÉBEC, 23 février. <https://www.recycquebec.gouv.qc.ca/citoyens/mieux-consommer/zone-jeunesse/3r>
- SERVICES | Viking Recycling. (n.d.). Viking Recycling. <https://www.vikingrecycling.ca/services>
- Shaffer, M. (2022b). Réemploi de matériaux : parcours à obstacles. Ordre Des Architectes Du Québec. <https://www.oaq.com/article-magazine/reemploi-de-materiaux-parcours-a-obstacles/>
- Synergie Montréal | PME MTL. (n.d.). PME MTL. <https://pmemtl.com/outils-et-ressources/synergie-montreal>
- United Nations. (2022). *Tracking progress | Globalabc*. (s. d.). UN environment programme | Globalabc. <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>
- Zacho, K. O., Mosgaard, M. et H. Riisgaard (2018). Capturing Uncaptured Values A Danish case study on municipal preparation for reuse and recycling of waste, *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 297-305.

