

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

VALORISATION DU RÉSIDU DE VERRE : RÉFLEXION SUR LA QUESTION DU RECYCLAGE PAR UN

TRAVAIL SUR LA MATIÈRE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN DESIGN DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

GRÉGORY-CHARLES BLANCHETTE

DÉCEMBRE 2025

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.12-2023). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier mon amoureuse, Élisabeth, qui m'a soutenu tout au long de mes études et qui m'a poussé à aller jusqu'au bout de ce mémoire. Merci de m'avoir relu avec autant de soin et de patience ! Sans toi, je n'y serais pas arrivé.

Je souhaite également remercier mes parents, ma famille et mes ami.e.s, pour leur appui constant tout au long de ce parcours plus long que prévu.

Je tiens aussi à remercier Camille, avec qui l'idée et la fascination pour le travail de cette matière recyclée s'est développé.

Un immense merci à Guillaume Sasseville, mon directeur de mémoire, qui m'a transmis sa rigueur de travail, son attention aux détails et sa vision unique de la matérialité.

Enfin, je tiens à remercier les centres de tri et sites de conditionnement de m'avoir ouvert leurs portes avec générosité et de m'avoir permis d'accéder à la matière qui a rendu cette recherche possible. Sans leur participation, cette étude n'aurait pas pu atteindre le développement désiré.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	ix
RÉSUMÉ	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 LE VERRE MATÉRIAUX ET GESTION POST-CONSOMMATION.....	3
1.1 Le matériau	3
1.1.1 Histoire du matériau.....	3
1.1.2 Propriétés du verre	4
1.1.3 Types de verres	6
1.2 Gestion du verre au Québec	7
1.2.1 Mise en contexte et réglementation	7
1.2.2 Élimination du verre.....	10
1.2.2.1 Enjeux environnementaux.....	10
1.2.2.2 Enjeux sociaux.....	11
1.2.2.3 Enjeux économiques.....	11
1.2.3 Récupération.....	12
1.2.3.1 Collecte sélective	13
1.2.3.1.1 La collecte volontaire.....	13
1.2.3.1.2 La collecte de porte-à-porte	13
1.2.3.2 La consigne.....	14
1.3 Valorisation du verre au Québec	17
1.3.1 Verre mixte	17
1.3.1.1 Matériau de recouvrement dans les lieux d'enfouissement technique.....	20
1.3.1.2 Abrasif.....	21
1.3.1.3 Filtration de l'eau.....	23
1.3.1.4 Laine de verre	23
1.3.1.5 Poudre de verre micronisée comme ajouts cimentaires.....	24
1.3.1.6 Matière de charge.....	25
1.3.1.7 Silice précipitée.....	26
1.3.2 Le calcin pour refonte	26
CHAPITRE 2 POSITIONNEMENT ET MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE CRÉATION	31
2.1 Positionnement.....	31

2.1.1	L'approche quantitative versus qualitative	31
2.1.2	Écoconception et Écodesign	33
2.1.3	Évolution des pratiques écologiques en design.....	34
2.1.4	Les types d'écologies	36
2.1.4.1	L'économie linéaire.....	36
2.1.4.2	L'économie Circulaire	36
2.1.5	Application en design.....	38
2.1.6	Question de recherche et lieu d'intervention.....	39
2.2	Méthodologie.....	42
2.2.1	La perception	44
2.2.2	La collaboration	45
2.2.3	L'exploration	45
2.2.4	La diffusion.....	45
	CHAPITRE 3 LA PERCEPTION.....	47
3.1	Le déchet.....	47
3.1.1	Ontologie du déchet	47
3.1.2	La Gouvernance du déchet	50
3.2	Revoir la perception de la matière.....	51
3.2.1	Définition de l'agentivité	51
3.2.2	Théorisation de l'agentivité	52
3.2.3	L'agentivité selon Jane Bennett : Things Power	53
3.3	L'agentivité du morceau de verre	55
3.3.1	L'agentivité dans la dynamique moléculaire du verre recyclé	55
3.3.2	L'agentivité lors de la mise en forme du verre recyclé.....	56
3.3.3	L'agentivité dans les usages post-consommation du verre recyclé	59
3.3.4	Revalorisation matérielle et vocabulaire en transformation.....	63
3.3.5	Requalification matérielle et lexicale.....	64
	CHAPITRE 4 LA COLLABORATION	66
4.1	L'approche matérielle	66
4.2	L'approche plastique.....	68
4.3	La matérialité	70
4.4	La matière	71
4.5	La forme	72
4.6	« Rematérialiser »	74
4.7	La Posture du designer face au verre recyclé	75
	CHAPITRE 5 L'EXPLORATION	77
5.1	Cadre expérimental — paramètres, outils et techniques.....	77
5.1.1	Le chemin conceptuel	77
5.1.2	La matière utilisée.....	78

5.1.3 Les techniques de mise en forme	84
5.1.3.1 Technique expérimentée	84
5.1.3.2 Techniques écartées	84
5.1.3.3 Technique conservée	84
5.1.4 Les outils utilisés	85
5.2 Résultats des expérimentations.....	89
5.3 Conclusion et constats	96
CONCLUSION	98
ANNEXE A Chemin Conceptuelle.....	101
ANNEXE B Exploration matérielle	102
BIBLIOGRAPHIE.....	118

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Représentation d'un solide cristallin et d'un solide amorphe	5
Figure 1.2 Hiérarchie des modes de gestion des matières résiduelles au Québec.....	8
Figure 1.3 Cinq types de granulométrie de verre recyclé	22
Figure 1.4 Bénéfices liés à l'utilisation de calcin dans la production de contenant en verre	28
Figure 2.1 The butterfly diagram: visualising the circular economy	37
Figure 2.2 Sea Chair, Studio Swine	39
Figure 2.3 Cycle de vie simplifié de la collecte sélective	42
Figure 3.1 Anapra, Juárez, Mexique	49
Figure 3.2 Éclatement d'un morceau de verre fusionné en fonction du temps de refroidissement.....	57
Figure 3.3 Observation des contraintes internes d'un verre au polariscope	58
Figure 3.4 Verre dévitrifié versus verre fusionné.....	59
Figure 3.5 Morceaux de verre unique	60
Figure 3.6 Verre post-consommation retrouvé à proximité du Complexe environnemental de Saint-Michel (Montréal), et accumulation de verre chez 2M Ressources (Saint-Jean-sur-Richelieu)	62
Figure 3.7 Verre unique.....	63
Figure 4.1 Protoype CTB and CTC5, Jonathan Muecke	67
Figure 4.2 Bamboo hair Dryer, Samy Rio	68
Figure 4.3 IMac G3 "Bondi blue" lancé en 1998, Apple	69
Figure 4.4 Bouteille en verre versus morceaux de verre	70
Figure 4.5 Chaise <i>Ore streams</i> , Formafantasma	73
Figure 5.1 Chute de verre au CESM.....	79
Figure 5.2 Matière récupérée au CESM	80
Figure 5.3 Bute de verre 2M Ressources.....	81
Figure 5.4 Verre transparent provenant d'un luminaire défectueux.....	82

Figure 5.5 Matière secondaire utilisée pour les explorations	83
Figure 5.6 Four Paragon F120 programmable, UQAM Faculté des arts.	86
Figure 5.7 Moule et contre-moule (plâtre/silice) pour la cuisson de deux tuiles	87
Figure 5.8 Test de fusion du verre dans un four à micro-ondes avec moule réfractaire	88
Figure 5.9 Exploration 1.a et 1.b	90
Figure 5.10 Exploration 2.a et 2.b	91
Figure 5.11 Exploration 3.a et 3.b	92
Figure 5.12 Exploration 4.a et 4.b	93
Figure 5.13 Exploration 5.a et 5.b	94
Figure 5.14 Exploration 6.a et 6.b	95
Figure 5.15 Exploration 7.a à 7.d.....	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Coefficient d'émission (en tCO2équivalent/tonne traitée) pour les différentes matières provenant des systèmes de la collecte sélective et de la consigne	16
Tableau 1.2 : Allocation des coûts par activités 2016 : Détails des coûts nets	18
Tableau 1.3 : Quantité de matières acheminées aux fins de recyclage provenant de la collecte sélective municipale (en tonnes)	19
Tableau 1.4 : Prix de vente des produits issus ou utilisant du verre recyclé	30

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

CESM – Complexe environnemental de Saint-Michel

CIRAIG – Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services

CRIQ – Centre de recherche industrielle du Québec

CRM – Contenants à remplissage multiple

CRU – Contenants à remplissage unique

DAM – Déchets, alimentation et matières

EEQ – Éco Entreprises Québec

FRQSC – Fonds de recherche du Québec – Société et culture

GES – Gaz à effet de serre

GMR – Politique québécoise de gestion des matières résiduelles

ICI – Industries, commerces et institutions

LET – Lieux d'enfouissement technique

LQE – Loi sur la qualité de l'environnement

SAQ – Société des alcools du Québec

UQAM – Université du Québec à Montréal

RÉSUMÉ

Ce mémoire explore la valorisation du verre recyclé par une approche en design axée sur la matérialité. La recherche s'inscrit dans un contexte de surplus de matière et de difficultés liées à la gestion du verre au Québec. Elle interroge les limites d'une logique quantitative, centrée sur l'efficacité technique et économique, au profit d'une approche qualitative qui reconnaît la valeur esthétique et matérielle des résidus. L'étude confronte l'écoconception, issue d'une culture de l'ingénieur, à l'écodesign qui met en avant l'agentivité et la subjectivité de la matière. La méthodologie repose sur la recherche création et se déploie en trois volets : perception, collaboration et exploration. Ce cadre a permis d'expérimenter directement avec la matière secondaire issue du verre post-consommation, afin de documenter ses propriétés, ses contraintes et ses potentialités, tout en proposant de nouvelles pistes esthétiques et fonctionnelles. Les résultats démontrent que le verre recyclé peut être requalifié en matière seconde, ouvrant ainsi des perspectives de design qui dépassent la simple logique de recyclage industriel. Ce projet contribue à repenser le rôle du designer comme médiateur entre la matière et les usages, et propose une réorientation vers une économie circulaire sensible aux qualités intrinsèques des matériaux.

Mots-clés : verre recyclé, design, matérialité, agentivité, économie circulaire, recherche création, collaboration

ABSTRACT

This thesis investigates the valorization of recycled glass through a design approach centered on materiality. In the context of a surplus of glass and ongoing challenges in its management in Quebec, the research questions the limits of a quantitative logic focused on technical and economic efficiency, and instead advocates for a qualitative perspective that acknowledges the aesthetic and material value of residues. The study contrasts ecodesign, rooted in the culture of engineering, with ecodesign, which emphasize the agency and subjectivity of matter. Through a research-creation methodology, the project combines three dimensions; perception, collaboration, and exploration to experiment directly with secondary material derived from post-consumer glass. Thermoforming and fusion tests conducted in the workshop documented the properties, constraints, and potential of this material, while opening new aesthetic and functional possibilities. The results demonstrate that recycled glass can be requalified as a secondary material, thus expanding design perspectives beyond industrial recycling. Ultimately, this work repositions the designer as a mediator between matter and use, and contributes to a reorientation toward a circular economy that is attentive to the intrinsic qualities of materials.

Keywords: recycled glass, design, materiality, material agency, collaboration, circular economy, research-creation

INTRODUCTION

On observe depuis quelques années dans le champ du design une attention accrue portée à la matérialité et à la transformation des matières résiduelles. Plusieurs démarches contemporaines s'intéressent à la relation entre la forme et la matière recyclée, explorant les potentialités esthétiques et fonctionnelles de ce qui est normalement perçu comme un rebut. Ce mouvement s'inscrit dans une tendance plus large que Claire Davril (2014) exprime par le titre de son ouvrage : *Réfléchir par la matière en design* soulignant l'importance accordée à la matérialité. Cette pensée rejoint celle d'Ezio Manzini (1989) qui décrit l'omniprésence de l'artificial dans notre quotidien comme une « seconde nature » constituant un lieu d'intervention à privilégier. Ces perspectives ancrent le design actuel dans une culture qui valorise la matière seconde comme stratégie créative et durable.

Dans ce contexte, l'exploration matérielle devient une composante essentielle du travail du designer. Comme le rappelle Manzini (1989), « faire dans un monde limité » suppose de travailler directement la matière, d'en révéler les aspérités et de mettre en évidence ses qualités sensibles et symboliques. L'exploration matérielle révèle ainsi les particularités des systèmes locaux de gestion des matières résiduelles et propose des esthétiques issues de leur revalorisation. Alice Jarry (2016) souligne également que cette pratique traduit une attention aux infrastructures propres à un contexte donné, tout en inscrivant la création dans une logique critique de durabilité.

Le verre peut occuper une place particulière dans ce mouvement. Ce matériau ancien et recyclable à l'infini est largement présent dans notre quotidien, de l'alimentaire à l'architecture. Sa transparence et ses propriétés stériles en font une matière incontournable. Le verre soulève toutefois d'importants défis de valorisation dans le contexte québécois. Les dispositifs en place (collecte sélective, consigne, conditionnement industriel) permettent de détourner une partie du verre des sites d'enfouissement, mais une proportion importante demeure difficile à revaloriser. Fondés sur une logique de performance technique et quantitative, ces systèmes pourraient être complétés par une approche qualitative qui considère aussi les qualités sensibles et créatives de la matière. Cette situation en fait un terrain d'exploration intéressant, où les aspérités propres aux systèmes locaux de gestion révèlent une valorisation ancrée dans le contexte local.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent mémoire. Il propose d'explorer le verre post-consommation à travers une approche matérielle en design et de le considérer comme une matière seconde, porteuse d'agentivité et de potentiel créatif. En conjuguant analyse théorique et démarche expérimentale, la recherche vise à requalifier le verre recyclé non pas seulement comme ressource technique, mais aussi comme partenaire de création susceptible de générer de nouveaux usages et de nouvelles esthétiques.

Le mémoire suit un parcours centré sur le matériau, allant du résidu à sa requalification, puis à sa mise en forme. Le premier chapitre retrace l'histoire du verre et situe les dynamiques actuelles de gestion post-consommation au Québec. Le deuxième aborde la perception du verre recyclé et introduit les notions de déchet, de matière seconde et d'agentivité. Le troisième s'intéresse à la collaboration entre le designer et la matière à travers différents apports théoriques et pratiques. Enfin, le dernier chapitre présente les expérimentations en atelier par la documentation des propriétés, des limites et des potentialités du verre recyclé.

En proposant une alternative complémentaire aux modes traditionnels de gestion des déchets, ce mémoire met en lumière la contribution du design dans la valorisation des matières résiduelles. Il illustre la manière dont une approche matérielle et créative enrichit les pratiques et ouvre de nouvelles perspectives pour un design attentif à la durabilité.

CHAPITRE 1

LE VERRE MATERIAUX ET GESTION POST-CONSUMMATION

Ce chapitre, aborde les propriétés du verre et esquisse un portrait détaillé de la gestion de cette matière au Québec, mettant en lumière les dynamiques de récupération, de transformation et de valorisation actuellement en place.

1.1 Le matériau

1.1.1 Histoire du matériau

Le verre est défini comme une substance minérale fabriquée, dure et isotrope (Larousse, s.d. b). Les matières vitreuses ont toujours existé à l'état naturel dans notre environnement, mais sous une forme qui nous est moins familière. L'obsidienne, les tectites ou encore les fulgurites, par exemple, qui sont produites par le refroidissement rapide d'une matière à haute température et riche en silice, sont considérées comme des matières vitreuses naturelles répondant à la définition d'un verre, car ce sont des solides amorphes (Chevalier, 2018).

La première utilisation de matériaux vitreux par l'homme remonte à plus de 12 000 ans, soit par les Peuples autochtones des Amériques (Encyclopaedia Britannica, 2025). L'obsidienne, formée par le refroidissement rapide de la lave volcanique, est extrêmement riche en silice et en est composée d'environ 65 à 80 % (*Ibid.*, 2025). Légèrement plus dure que le verre à vitre, l'obsidienne était alors privilégiée en raison de sa cassure conchoïdale (surfaces courbes lisses et arêtes vives) et de sa facilité à être travaillée. Elle était utilisée pour concevoir des armes, des outils, des ornements, mais aussi des miroirs (*Ibid.*, 2025).

Les plus anciennes fabrications d'objets en verre découvertes par les archéologues datent de 6 000 ans, où « de fines particules minérales riches en silices auraient alors été chauffées directement sur de la poterie, formant ainsi un revêtement de verre » (Chevalier, 2018). On voit ensuite apparaître la création d'objets entièrement formés de verre, comme des perles de verre opaques. Les artisans développent ensuite la fabrication des premiers récipients en verre creux ou des bobines de verre chaud étaient enroulées en forme de tire autour d'un noyau d'argile. Une fois le verre figé, il suffisait de briser le noyau d'argile pour obtenir un récipient en verre creux (Infovitrail, s.d.). À cette époque, le verre était considéré comme un produit de luxe et n'était donc pas disponible à tous.

C'est l'arrivée du verre soufflé, il y a 2000 ans, qui permettra de démocratiser l'accès au verre. Effectivement, la découverte de la canne de verre outil permettant de réaliser le soufflage du verre, par des artisans syriens, va permettre de créer plus aisément une grande variété de récipients creux dotés de fines parois (*Ibid.*, s.d.). Bien que la pratique du verre ait énormément évolué, la technique du verre soufflé, quant à elle, est restée pratiquement similaire. C'est l'occupation de la Syrie par les Romains qui a permis de diffuser ce savoir-faire partout dans l'Empire romain. On aperçoit alors dans les églises et les maisons fortunées les premières créations de verre plat intégré aux vitraux.

Les progrès du verre évoluent à un tel point que sa valeur dépasse celle de l'or pendant l'époque gothique. Les premiers procédés de fabrication de verre coulé sont développés dans les années 1600, ce qui offre une plus grande accessibilité et une productivité des plaques de verre dans les constructions, telles que les hôtels de ville, les palais et les châteaux. Une masse de verre visqueuse était versée sur une plaque en cuivre préchauffée. La masse de verre était ensuite transformée en plaque par un rouleau en métal refroidi à l'eau. L'évolution du verre en plaque a connu son apogée suite à la construction du Crystal Palace en 1851. Pour la première fois, le verre faisait partie intégrante de l'enveloppe du bâtiment (Glastroesch, s.d. a).

En 1867, Friedrich Siemens invente le four à bassin, permettant une production de verre continu jour et nuit sans interruption. Il révolutionne ainsi la production mécanique d'emballage en verre. Enfin, en 1903, l'américain Michael J. Owens invente la première machine conçue pour fabriquer des bouteilles de manière automatique (Ministère de la Culture et des Communications et Répertoire du patrimoine culturel du Québec, 2023). Une masse de verre est aspirée dans un moule métallique et est automatiquement formée. Cette technologie permet d'augmenter de façon significative la production de bouteille par heure.

Au fil des années, le verre est devenu indispensable. Voici quelques exemples où l'on utilise ce matériau polyvalent : la vaisselle, les produits d'emballages pour l'alimentation, les bouteilles, la fenestration de bâtiment ou des systèmes de transport, le mobilier, les appareils électroniques, les bijoux, les miroirs, etc...

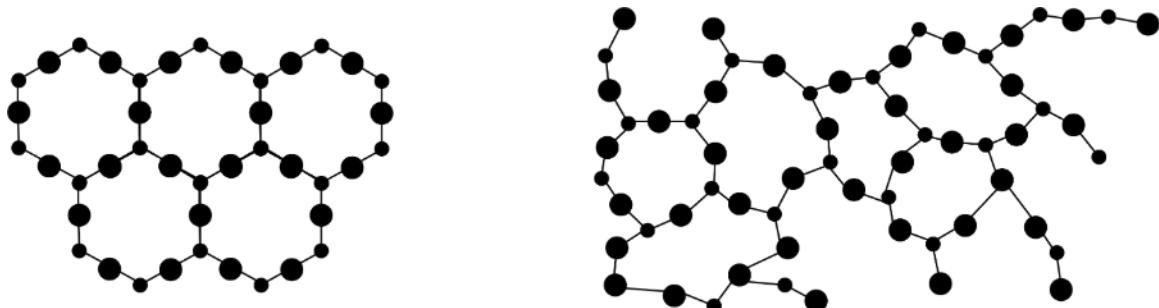
1.1.2 Propriétés du verre

Le verre possède plusieurs propriétés intéressantes en raison de sa versatilité. Il est dur et cassant à température ambiante, liquide ou visqueux à température élevée. Il peut être opaque ou translucide, mais

également incolore ou coloré. Il est prisé pour son caractère inerte, sa pureté, son absence de produits toxiques, ainsi que sa transparence (Glastroesch, s.d. b).

Le verre nécessite toutefois un grand savoir-faire technique pour produire des objets répondant aux standards, et ce, en raison de sa nature amorphe. On dit qu'un solide est amorphe lorsque ce dernier ne possède pas de structure atomique ordonnée. Cela se produit lorsqu'une matière (riche en silice) en fusion se refroidit très rapidement telle que vue pour l'obsidienne ; les atomes qui la constituent se figent de façon désordonnée (König, 2006).

Figure 1.1 Représentation d'un solide cristallin et d'un solide amorphe



Note : Figure par le chercheur, 2022.

Le verre passe alors à l'état vitreux. Ce changement de phase est réversible, « à l'instar des changements de phases entre l'eau et la glace, la formation du verre est un procédé physique réversible et non pas une réaction chimique. Cette réalité explique la recyclabilité facile et virtuellement infinie du verre » (Chevalier, 2018).

Les connaissances acquises aux fils des années ont permis de multiplier les propriétés du verre et d'ainsi lui permettre de combler plusieurs applications comme :

Des propriétés optiques : le verre possède un fort indice de réfraction, c'est-à-dire, qu'il transmet et reflète la lumière d'un milieu à un autre. La couleur dépend des éléments intégrés lors de la fabrication du verre. Par exemple, l'ajout d'ion de fer absorbe et filtre les rayonnements infrarouges et ultraviolets. Ce type de verre est notamment utilisé pour les vitres teintées (Chevalier, 2018).

Des propriétés mécaniques : le verre possède une dureté et une résistance qui lui est conférée par sa base de silice, mais il est également connu pour sa fragilité indésirable. Cet aspect doit être tenu en compte

selon le type d'application. Il peut cependant être combiné avec différentes techniques afin de le rendre très résistant. On pense notamment au verre trempé ou au verre feuilleté (Chevalier, 2018). Le verre ne possède pas de plage plastique, comparativement aux métaux, il est élastique jusqu'à sa limite de rupture. Une rupture soudaine se produit sans signe visible au préalable (GlasTrösch, s.d. b).

La viscosité : le verre peut être défini comme un liquide infiniment visqueux. Cette viscosité diffère en fonction de la température et doit être bien maîtrisée afin d'obtenir des produits de qualités. Par exemple à température de fusion, le verre est liquide et peut ainsi être affiné (élimination des bulles ou défauts). À une autre température, le verre est plus malléable et permet une certaine mise en forme, où l'on peut effectuer le soufflage ou la coulée. La température de recuit, elle, élimine les contraintes résiduelles (Baïlon *et al.*, 2000).

1.1.3 Types de verres

La matière première contenue dans la majorité des verres est la silice (SiO_2). Les fabricants ajoutent à cette matière différents ingrédients, ce qui permet de diminuer la température de fusion et de conférer diverses propriétés techniques au verre (*Ibid.*, 2000). Les variations de compositions des verres limitent cependant leur recyclabilité.

Il existe ainsi plusieurs types de verres qui varient selon leur application :

Le **verre sodocalcique** est composé de silice, de sodium et de calcium. Ce type de verre est abondant en raison de son faible coût de réalisation. Son côté résistant ainsi que sa faible température de fusion le rendent parfait pour les verres à usages alimentaires et les vitrages. Bref, c'est le verre qui nous entoure majoritairement (Etienne *et al.*, 2008). Il est également facilement recyclable par une fusion à basse température (Chevalier, 2018).

Le **verre borosilicaté** ou pyrex offre une bonne résistance thermique, c'est pourquoi il est majoritairement utilisé en laboratoire ou en cuisine. Nécessitant une température de fusion plus élevée, il est donc plus difficile de recycler ce verre avec les autres (Etienne *et al.*, 2008).

Le **verre au plomb** est majoritairement utilisé en art, pour la décoration et les bijoux. L'ajout de plomb améliore l'aspect visuel du verre. Ce dernier ne peut pas être recyclé avec le verre sodocalcique, en raison de sa composition.

Le **verre aluminosilicate** contient de l'aluminium, ce qui fait de lui un matériau de haute résistance thermique excellent pour les ampoules et les matériaux de résistance électrique. Comme le verre borosilicaté, sa température de fusion ne lui permet pas d'être recyclé avec les autres types de verres (Paprec, 2020).

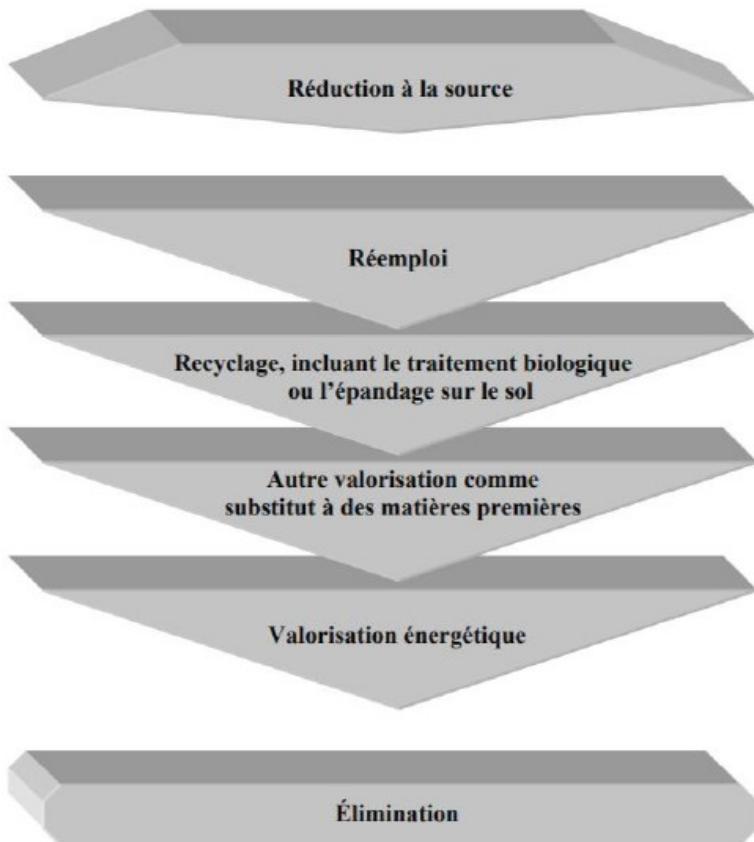
Bref, le verre possède plusieurs aspects intéressants. Ses caractéristiques et propriétés lui confèrent son aspect unique. La prochaine section se penchera sur la gestion du verre résiduel au Québec.

1.2 Gestion du verre au Québec

1.2.1 Mise en contexte et réglementation

La fondation David Suzuki a schématisé la hiérarchie des modes de gestion des matières résiduelles au Québec par ordre d'importance. Naturellement, la réduction à la source est la stratégie à prioriser. L'objectif est de diminuer « [l']extraction de matières premières et leur transformation en produits finis [qui] engendrent de nombreux impacts environnementaux » (Recyc-Québec, 2019). En surplus des impacts de transformation, « il ne faut pas non plus négliger l'impact important du transport des matières premières vers les lieux de transformation et de production, de même que celui du transport des produits vers les lieux de consommation » (*Ibid.*, 2019).

Figure 1.2 Hiérarchie des modes de gestion des matières résiduelles au Québec



Note : (Fondation David Suzuki, 2019)

La réduction à la source permet de réduire l'extraction de silice, la principale composante du verre. En raison de sa présence accrue, nous avons l'impression, à tort, que le sable est une ressource infinie. Le sable est exploité plus rapidement que le rythme auquel il se renouvelle (*Ibid.*, 2019). Le sable est actuellement la deuxième ressource la plus consommée, au monde, après l'eau (Häubi, 2025). Cela s'explique entre autres par l'urbanisation, puisque le sable est également présent dans la composition du béton (Fondation David Suzuki, 2019). Par exemple, 3000 tonnes de sable sont nécessaires pour la construction d'un hôpital de taille moyenne et 30 000 tonnes pour la réalisation de 1 km d'autoroute. Il est estimé que 50 milliards de tonnes de sable sont extraits par an, représentant une valeur évaluée à 1 milliard de dollars (Häubi, 2025).

Cette surexploitation du sable entraîne des tensions géopolitiques notables, surnommées « *Sand Wars* » et de grandes criminalités. La majorité du sable exploité dans le monde s'effectue illégalement, rendant les restrictions liées à la surexploitation très difficiles et coûteuses à implanter. Le sable disponible dans le désert est sculpté par le vent, ses grains sont fins et lisses et n'adhèrent pas bien ensemble (TEDx Talks, 2013). L'extraction du sable se fait donc à même les plages, les rivières et les fonds marins, comme l'exploitation illégale s'effectue facilement sur ces lieux publics, les conséquences de la surexploitation ne se font pas ressentir au niveau de la consommation, mais aux points d'extraction qui sont majoritairement situés dans les pays moins fortunés, créant ainsi plusieurs problématiques comme (Fondation David Suzuki, 2019) ;

- La perturbation des écosystèmes benthiques, relatifs au fond des mers ou des eaux douces, mettant ainsi en péril la sécurité alimentaire de plusieurs régions basées sur les pêcheries (TEDx Talks, 2013) ;
- L'érosion et la déstabilisation des berges fragilisant la résilience des pays insulaires ou côtiers face à la crue des eaux. Cet aspect est davantage problématique, car il est combiné avec la hausse du niveau des mers (*Ibid.*, 2013).

Outre la fondation David Suzuki, le Québec possède également une loi sur la qualité de l'environnement (LQE) qui régit la gestion des matières résiduelles au sein de la province.

Ainsi, « [t]out plan ou programme élaboré par le ministre dans le domaine de la gestion des matières résiduelles doit prioriser la réduction à la source et respecter dans le traitement des matières résiduelles l'ordre de priorité suivant :

1. Le réemploi ;
2. le recyclage, y compris par traitement biologique ou épandage sur le sol ;
3. toute autre opération de valorisation par laquelle des matières résiduelles sont traitées pour être utilisées comme substitut à des matières premières ;
4. la valorisation énergétique ;
5. l'élimination.

Toutefois, [tout plan ou programme] peut être dérogé à cet ordre de priorité lorsqu'une analyse en démontre la justification sur la base d'une approche de cycle de vie des biens et services, laquelle prend en compte les effets globaux de leur production et de leur consommation, ainsi que de la gestion des matières résiduelles en résultant » (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2011)

Cette section a présenté un portrait législatif pour une bonne gestion des matières résiduelles ainsi que les problématiques d'extraction de matière première. Les chapitres suivants étudient les différents modes de gestion du résidu de verre au Québec. Un portrait appliquée montre les enjeux environnementaux, sociaux et économiques liés à l'élimination. Ensuite, la récupération par les méthodes de collecte et consigne est abordée.

1.2.2 Élimination du verre

1.2.2.1 Enjeux environnementaux

Le verre n'est pas une matière organique, sa décomposition ne libère donc aucun GES. Cependant, le transport du verre vers les sites d'enfouissement, situés généralement à l'extérieur des villes, émet beaucoup de GES, comparativement à l'acheminement du verre dans les centres de tri, qui à l'inverse, sont majoritairement situés dans les centres urbains. Cette différence d'émanation est non négligeable et doit être prise en compte lors du développement de méthodes de gestion des résidus de verre (Chevalier, 2018). Le verre résiste bien aux milieux acides et n'est donc pas affecté face au lixiviat des sites d'enfouissement, ce qui aurait pu être problématique, puisque le verre prend jusqu'à 4000 ans avant de se décomposer dans l'environnement (LemonTri, 2024).

Bref, le verre enfoui dans les sites d'enfouissement ne dégage aucune émanation de GES et ne contamine pas non plus le sol. Sa présence contribue cependant à remplir inutilement les sites en raison de sa décomposition très lente.

1.2.2.2 Enjeux sociaux

L'ouverture de nouveaux sites d'enfouissement met en lumière plusieurs enjeux sociaux qui touchent particulièrement les populations avoisinantes. On parle notamment de nuisances, telles que l'émission de biogaz et d'odeurs, de présence d'animaux nuisibles, de bruits générés par les camions et même d'impacts sur la qualité des eaux souterraines et de surface (Martineau et Chayer, 2007). Comme expliqué au préalable, bien que le verre ne produise pas de nuisance directe, il contribue à remplir les sites inutilement, ce qui force éventuellement l'ouverture de nouveau site.

1.2.2.3 Enjeux économiques

L'élimination de matières résiduelles entraîne plusieurs frais reliés notamment à l'exploitation du site (main-d'œuvre, gestion des eaux de lixiviation, administration ou terrain) (Chevalier, 2018). Ces frais sont couverts par les clients des sites d'enfouissement, soit les institutions, les compagnies et les municipalités et, par intérim, les habitants.

En plus de ces frais, des redevances doivent être payées au gouvernement provincial. Elles visent à « décourager l'élimination et [...] stimuler la valorisation des matières résiduelles » (Gouvernement du Québec, 2025). Le but ici étant de dégager des sommes, destinées principalement aux municipalités, pour qu'elles financent des programmes en faveur de la gestion des matières résiduelles.

En 2025 la redevance est établie à 34\$ pour chaque tonne métrique de matières résiduelles envoyées dans les centres d'enfouissement (*Ibid.*, 2025). Ces frais sont acquittés par les exploitants des lieux d'élimination et ont une répercussion directe sur le prix payé par les clients.

Selon Recyc-Québec (2025a), 180 000 tonnes de verre provenant des résidences ont été envoyées dans des centres d'enfouissement. Ainsi, les redevances acquittées pour disposer du verre s'élèvent à environ 6 120 000 \$.

Le verre est utilisé comme recouvrement journalier dans les centres d'enfouissement ce qui constitue la perte d'une matière potentiellement valorisable. De plus, cette pratique de recouvrement n'est pas assujettie aux redevances destinées à réduire l'élimination. Les résidus de verre remplissent les sites

d'enfouissement et ne contribuent pas à financer les services municipaux en faveur de gestion des matières résiduelles (Fondation David Suzuki, 2019).

L'élimination de matières résiduelles engendre beaucoup de coûts comparativement à l'industrie du recyclage, où il est possible de vendre la matière récupérée, et donc d'amortir les coûts d'exploitation.

Bref, les enjeux environnementaux, sociaux et économiques liés à l'élimination du verre illustrent l'importance de minimiser le rejet de matières pouvant être réutilisées. Cette section du travail démontre également les limites d'une économie linéaire qui met une pression accrue sur les ressources et leur finalité de postconsommation. Il serait pertinent, voire nécessaire, de remplacer le système d'économie linéaire par un mode d'économie circulaire visant la réduction à la source et la valorisation, comme prescrit par le gouvernement du Québec en 2010. À l'époque, le ministère s'était doté de *La Politique québécoise de gestion des matières résiduelles* (GMR) (*Ibid.*, 2019). Cette politique « vise à créer une société sans gaspillage grâce à une saine gestion des matières résiduelles. Son objectif fondamental est que la seule matière résiduelle éliminée au Québec soit le résidu ultime » (*Ibid.*, 2019). Basée sur les éléments prescrits dans la politique, la prochaine section traitera de la revalorisation du verre comme matière secondaire.

1.2.3 Récupération

Selon Recyc-Québec (2025b), une matière secondaire se définit comme un : « [r]ésidu récupéré, conditionné ou non, qui peut être utilisé dans un ouvrage ou un procédé de fabrication ». Une matière secondaire, telle que le verre, est d'abord récupérée, puis ensuite recyclée. La récupération est une « [m]éthode de traitement des matières résiduelles qui consiste à récupérer ou conditionner [...] des matières mises au rebut en vue de leur recyclage ou de leur valorisation » (*Ibid.*, 2025b). De son côté, le recyclage se définit comme une : « [u]tilisation, dans un procédé manufacturier, d'une matière récupérée en remplacement d'une matière vierge » (*Ibid.*, 2025b).

La première étape du recyclage est donc le passage au centre de tri, dont la tâche est de séparer les matières à valoriser. Ensuite, le récupérateur/conditionneur prépare la matière sous différentes formes selon les spécifications des marchés. Finalement, le recycleur va intégrer la matière valorisée à divers niveaux de sa production en remplacement d'une matière vierge. Les recycleurs dépendent donc des

centres de tri et des conditionneurs pour le développement d'une application alternatif dans les cycles de productions industrielles.

Il existe actuellement au Québec deux systèmes pour la récupération du verre, soit la collecte sélective et la consigne.

1.2.3.1 Collecte sélective

La collecte sélective est un « [m]ode de récupération qui permet de cueillir des matières résiduelles pour en favoriser la mise en valeur. La collecte sélective procède par apport volontaire à un point de dépôt [...] ou de porte-à-porte » (Recyc-Québec, 2025b).

1.2.3.1.1 La collecte volontaire

La collecte volontaire du verre gagne de plus en plus en popularité dans les municipalités. Des conteneurs sont placés à des endroits stratégiques où les citoyens ont la possibilité d'aller porter le verre recyclable. Il s'agit d'une action très bénéfique pour procéder au recyclage de la matière, car il est séparé par couleur à la source. Ce type de collecte permet un haut pourcentage de recyclabilité, mais demande plus d'investissement de la part des citoyens (Fondation David Suzuki, 2019). De plus, cette approche permet de favoriser le recyclage dans les régions ayant un faible volume de verre et où un investissement majeur serait nécessaire pour effectuer un tri optique ou mécanisé (*Ibid.*, 2019).

1.2.3.1.2 La collecte de porte-à-porte

La collecte de porte-à-porte est la méthode de récupération la plus familière. En effet, la quasi-totalité des ménages (99 %) bénéficie de ce service (Recyc-Québec, 2017). Cette méthode de récupération est celle qui nécessite le moins d'effort de la part du citoyen qui n'a pas à trier les matières et n'a qu'à sortir son contenant personnel sur le bord du chemin lors du jour de la collecte (Chevalier, 2018). Cette dernière, dépendamment de la municipalité, s'effectue chaque semaine ou aux deux semaines et représente un système onéreux à mettre en place et à opérer. Par sa facilité la collecte de porte-à-porte est privilégiée au Québec et permet de récolter un volume de matière plus important que l'apport volontaire (*Ibid.*, 2018).

La matière récupérée chez les citoyens est acheminée chez les récupérateurs ou les conditionneurs. Ce sont des entreprises privées qui effectuent « la collecte, l'entreposage ou le conditionnement (déchiquetage, mis en ballots, broyage, etc.) de matières résiduelles, en vue de leur recyclage ou leur valorisation » (Recyc-Québec, 2025b). La performance du recyclage final dépend intrinsèquement de l'efficacité du tri chez les conditionneurs, mais aussi chez les citoyens ; il va de soi que la désinformation affecte directement la qualité du tri (Chevalier, 2018). Il est donc primordial pour les municipalités de bien informer les consommateurs par le biais de campagnes de sensibilisation (*Ibid.*, 2018).

Le tri à la source, consiste à séparer les résidus par ceux qui les génèrent, à l'endroit où ils sont produits, puis déposé dans un bac par matière prévu à cette fin. Le tri du verre dans plusieurs pays d'Europe se fait notamment de cette façon ou des bacs spécifiques sont utilisés pour séparer le verre par couleur. Cette méthode pourrait simplifier et améliorer la tâche des conditionneurs de même que la pureté des matières. Cependant, il pourrait également se produire un effet pervers de découragement chez les citoyens susceptible de diminuer la performance de récupération globale (Chevalier, 2019). Le tri à la source pourrait également rendre la collecte plus onéreuse et complexe. À Montréal, un tri à trois matières (organiques, recyclables, déchets ultimes) est appliqué. Il serait donc peu probable de voir apparaître un tri de type porte-à-porte individuel pour le verre.

1.2.3.2 La consigne

La consigne se définit comme un « [m]ode de récupération utilisant la perception d'une somme d'argent à l'achat d'un produit, remboursable en totalité ou partiellement, pour en favoriser la récupération après consommation » (Recyc-Québec, 2025b). Il existe au Québec deux modes de gestion des contenants consignés, déterminés par la durée de vie des contenants, soit les contenants à remplissage multiple (CRM) ainsi que les contenants à remplissage unique (CRU).

Les CRM sont régis par le domaine privé, notamment les industries brassicoles. Les bouteilles brunes traditionnelles sont un exemple connu d'un contenant à remplissage multiple. Ce modèle de consigne se base sur le réemploi des contenants (*Ibid.*, 2025b). Le système est géré par les brasseurs eux-mêmes qui s'occupent de reprendre les bouteilles vides, lors d'une livraison à un point de vente, par exemple. Les bouteilles sont ensuite nettoyées et à nouveau remplies (*Ibid.*, 2025b). Elles peuvent être remplies jusqu'à 15 fois avant d'être refondues et réintégrées à la conception de nouvelles bouteilles (Consigneco, 2016).

Les CRM représentent ainsi un exemple parfait d'emballage suivant un procédé d'économie circulaire. Rapporter ce type de verre chez le détaillant assure que la matière est recyclée à 100% (*Ibid.*, 2016).

Les CRU, quant à eux, sont régis par le domaine public. Ce sont des contenants à remplissage unique constitués soit d'aluminium, de verre ou de plastique. Les CRU ont gagné en popularité lors des dernières années. On note une augmentation de 42% de 2012 à 2015 du nombre de bières vendues en cannette d'aluminium (Recyc-Québec, 2018). Une fois récupérés, ces contenants sont triés et concassés par couleur avant d'être retournés dans un nouveau procédé industriel où ils sont recyclés (Chevalier, 2018 ; *Ibid.*, 2018). Le conditionneur 2m ressources, situé à St-Jean-sur-Richelieu, traite la majorité de cet apport de matière. Le système de consignation assure aux conditionneurs accrédités une matière déjà triée et exempte de contaminants (*Ibid.*, 2018). Cela confère donc à ces matières une bonne valeur économique sur le marché des matières recyclées (*Ibid.*, 2018).

Une étude réalisée par le *Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services* (CIRAIQ) démontre que « [...] la pertinence, au niveau environnemental, de favoriser la mise en marché de contenants en verre à remplissage multiple (CRM) par rapport aux contenants à remplissage unique (CRU) actuellement sur le marché » (Saunier *et al.*, 2015).

De plus, la consigne offre un incitatif monétaire aux individus ou aux organismes pour utiliser les contenants consignés mal disposés ou donnés pour ramasser des fonds. Cet aspect contribue, du même coup, à éliminer les déchets dans la ville tout en augmentant la quantité de matière récupérée (Chevalier, 2018).

On note deux initiatives montréalaises reliées à la consigne. *Les Valoristes* visant une gestion inclusive et participative de la récupération des contenants consignés (Les Valoristes Coopérative de Solidarité, s. d.), ainsi que *La consigne j'accroche*, qui met à disposition des crochets permettant aux citoyens de suspendre leurs contenants consignés dans des sacs pour qu'ils soient récupérés par des organismes ou individus (La Consigne j'accroche, s. d.).

La consigne est l'approche la plus efficace pour récupérer les contenants de verre consignés. Cependant, elle demande l'effort des citoyens. Un rapport du *Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs* (2022) stipule qu'une perte monétaire en lien avec les

consignes non réclamées est estimée à 36 millions de dollars annuellement. Ce chiffre représente 500 millions de contenants perdus ou jetés annuellement.

Selon l'*Étude comparative des systèmes de récupération des contenants de boisson au Québec* réalisée par le Create (2015), même si la consigne demande au citoyen de se déplacer, le différentiel d'émission de GES entre la consigne et la collecte sélective serait équitable (tableau 1.1). Cela s'explique par le fait que seuls 15% des transports effectués par le consommateur au point de dépôt sont pris en compte dans le calcul. Seuls les transports dédiés uniquement au retour des consignes sont considérés, ce chiffre est relativement bas, puisque le retour de consigne est souvent combiné à d'autres déplacements (Buist *et al.*, 2015).

Tableau 1.1 Coefficient d'émission (en tCO₂équivalent/tonne traitée) pour les différentes matières provenant des systèmes de la collecte sélective et de la consigne

Matière	Collecte sélective		Consigne		Différentiel (consigne - collecte sélective) (tCO ₂ éq./tonne)	
	Coefficient d'émission (tCO ₂ éq./tonne)		Coefficient d'émission (tCO ₂ éq./tonne)			
	Recyclage	Élimination	Recyclage	Élimination		
Carton	1,7	4,8	S/O	S/O	S/O	
Verre	0,3	0,4	0,3	0,4	0	
Plastique	0,7	3,1	0,5	3,2	-0,2	
Aluminium	1,7	2,8	5,3	6,5	3,6	

Note : (Buist *et al.*, 2015)

Le gouvernement a actuellement élargi la consigne. Cette démarche est entrée en vigueur progressivement depuis novembre 2023 (Consignation, 2023). La première étape était les contenants de boisson en aluminium de 100 ml à 2 L, consignés à 0,10 \$, sauf pour les bouteilles de verre de 500 ml et plus, déjà consignées à 0,25 \$. En mars 2025, la consigne a été élargie aux contenants de boisson prêtes à boire en plastique de 100 ml à 2 L. Cette réforme vise à simplifier le tri des matières consignées, augmenter la participation citoyenne et accroître les volumes de matières récupérées. Enfin, une dernière étape est prévue en mars 2027, alors que les contenants en verre de 100 ml à 2 L seront également consignés (*Ibid.*, 2023).

Bref, tel que vu dans cette section, le verre subit une finalité, lorsque destiné à l'enfouissement ou au recouvrement. Cependant, la matière a le potentiel d'être valorisée lorsque les systèmes en place sont efficaces. Le prochain chapitre s'intéresse donc à la valorisation du verre au Québec ainsi qu'aux problématiques sociales et politiques auxquels la valorisation fait face.

1.3 Valorisation du verre au Québec

1.3.1 Verre mixte

Le verre mixte constitue la matière disponible provenant de la collecte sélective. Plusieurs en dénoncent la mauvaise qualité du tri. En effet, la matière n'est jamais assez pure pour la refonte et, par conséquent, elle se retrouve dans les sites d'enfouissement (Robillard, 2019 et Caillou, 2017). Cependant, la réalité est beaucoup plus complexe; de plus en plus de démarches sont effectuées pour revaloriser le verre en d'autres sous-produits que la refonte. Pour bien saisir les enjeux découlant de la collecte et les types de débouchés disponibles, un portait de la situation sera fait.

La problématique du recyclage au Québec remonte en 2013, alors que cette période fut caractérisée comme « la crise du verre » (Fondation David Suzuki, 2019). Cette crise fut causée par la fermeture de l'usine Klareco, seule usine capable de conditionner le verre et qui traitait de 70% à 80% des résidus collectés au Québec (*Ibid.*, 2019). La fermeture de l'usine s'explique par sa difficulté à revendre le verre traité à un prix suffisamment élevé pour lui permettre de couvrir les frais d'exploitation, qui étaient alors de 15 à 20 \$ par tonne métrique (Marchand, 2013).

La fermeture de Klareco a mis l'emphase sur une problématique importante du système de valorisation du verre. En effet, les centres de tri ne possédaient pas, à l'époque, l'équipement nécessaire au tri de la matière. Ainsi, pour atténuer la pression sur les centres de tri, des mesures d'assouplissement étaient mises en place pour envoyer le verre dans des sites d'enfouissement, où il pouvait être utilisé comme matériau de recouvrement ou pour l'aménagement de chemins d'accès (Fondation David Suzuki, 2019). Cette réglementation, qui est en vigueur depuis 2013, devrait progressivement être abolie pour permettre un meilleur recyclage de la matière.

Lorsqu'aucun équipement sophistiqué n'est utilisé pour le tri, le verre contamine les autres matières, mais est également contaminé par le papier, le carton, les plastiques, les métaux et les céramiques (Chevalier, 2018 ; Fondation David Suzuki, 2019).

Plusieurs technologies sont disponibles « [...] comme l'écrasement, la classification à l'aide de jets d'air, le tamisage, la séparation des métaux, l'extraction sous vide [et] le contrôle des poussières pour éliminer les contaminants comme le papier, le plastique et le métal » (*Ibid.*, 2019).

Ces équipements sont cependant très dispendieux et l'investissement est difficile à rentabiliser. Le prix du verre moyen payé aux centres de tri par les conditionneurs ou recycleurs est encore aujourd'hui de - 33.33\$/Tm en date de janvier 2024 (Recyc-Québec, 2024).

Ce prix demeure une moyenne ; « il est possible qu'un centre de tri obtienne un prix différent du prix indiqué. Cela peut être causé par plusieurs facteurs : variation de qualité de tri de la matière, [...], ententes à long terme avec prix définis, quantité vendue, coûts de transport, etc. » (Recyc-Québec, 2024). Un prix moyen négatif signifie que les centres de tri doivent débourser des frais pour se départir de la matière. Pour le verre, par exemple, les centres de tri du Québec assument un coût pour que cette matière soit prise en charge. Une étude réalisée en 2016 par Éco entreprise Québec et Recyc-Québec sur les coûts d'exploitation de la collecte sélective par matières recyclables. Le tableau 1.2 présente les frais reliés à la collecte sélective du verre. Il coûte en moyenne actuellement en 2023 178 \$/ Tonne (t) au centre de tri pour le traitement de la matière, alors qu'en 2016 la revente d'une tonne de verre était à -23\$ \$/t. Le centre de tri déboursait alors un coût net de 201 \$ par tonne de verre qu'il recevait et vendait.

Tableau 1.2 Allocation des coûts par activités 2016 : Détails des coûts nets

Matière : Contenants et emballages de verre	Coût brut (\$/t)	Coût de collecte (\$/t)	Coût de tri (\$/t)	Revenu (\$/t)	Coût net (\$/t)
Verre clair	179 \$	167 \$	12 \$	(22) \$	201 \$

Verre coloré	178 \$	167 \$	11 \$	(23) \$	201 \$
Moyenne	178 \$	167 \$	11 \$	(23) \$	201 \$

Note : Ce prix est seulement applicable aux centres de tri et non aux conditionneurs ou aux recycleurs. La valorisation de la matière par un tiers parti augmente la valeur de revente (Éco entreprises Québec et Recyc-Québec, s. d.)

Suite à la fermeture de l'usine et au manque de débouchés, Recyc-Québec a recensé une diminution de 75 % de verre recyclé vendu entre 2010 et 2015. Le tableau 1.3 présente les quantités de verre vendues par les centres de tri aux recycleurs et conditionneurs au fil des années. Ces données calculées en tonnes représentent la matière qui a été valorisée. Le recyclage du verre a atteint un bas fond en « [...] 2015 avec plus de 86 000 tonnes de verre expédiées par les centres de tri vers des LET [...] » (Recyc-Québec, 2018). Il était donc primordial pour les instituts gouvernementaux de mettre en place des politiques afin de résorber cette problématique, ce qui explique les chiffres drastiquement bas pour cette année.

Tableau 1.3 : Quantité de matières acheminées aux fins de recyclage provenant de la collecte sélective municipale (en tonnes)

	2010	2012	2015	2018	2021	DIFFÉRENCE 2010 À 2015	DIFFÉRENCE 2015 À 2021
TONNES DE VERRE	94 000	66 000	23 000	45 000	50 000	- 75%	+ 117 %

Note : (Bilan de la gestion des matières résiduelles au Québec, 2015/2018/2021)

Dans le but de venir en aide aux centres de tri et de contrer les problématiques entourant le recyclage, l'organisme à but non lucratif Éco Entreprises Québec a mis en place et financé en 2016 le plan Verre l'innovation. Ce plan vise « [...] à moderniser des centres de tri par le biais de nouveaux équipements éprouvés et à stimuler le développement des débouchés du verre » (Éco entreprises Québec, s. d.). L'organisme a ainsi offert à cinq centres de tri un équipement de triage du verre permettant d'obtenir un taux de pureté de 97%, suffisant pour permettre la valorisation de la matière. Les cinq centres de tri

sélectionnés à travers la région sont : EBI Environnement (Lanaudière), Tricentrис (Lanaudière), la Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles de la Gaspésie (Gaspésie), Récupération Frontenac (Chaudière-Appalaches) et le Centre de tri de Québec, géré par la Société VIA (Capitale-Nationale) (*Ibid.*, s.d.).

Le plan vise les trois axes principaux, soit : la collecte, le traitement et la valorisation du verre. Il a pour objectif donc à augmenter le pourcentage de recyclabilité du verre via la collecte sélective auprès des ménages, mais également les entreprises (industries, commerces et institutions (ICI). Le plan veut stimuler la demande pour le verre recyclé et développer les marchés pour le verre issu de la collecte sélective afin d'éviter l'enfouissement du verre.

Avec les équipements de tri sophistiqué, les centres sont capables de fournir du verre mixte de différents granulats. N'ayant toujours pas d'équipement de tri optique, le verre ne peut être séparé par couleur. Sans ce tri optique, la matière ne peut être utilisée pour la refonte et ainsi redevenir un contenant de verre (*Ibid.*, s.d.). Les prochaines sections résumeront brièvement les techniques et feront un portrait des avantages et inconvénients de chaque approche.

1.3.1.1 Matériaux de recouvrement dans les lieux d'enfouissement technique

Le verre de la collecte sélective peut être utilisé comme agent de recouvrement journalier dans les lieux d'enfouissement techniques (LET). Le recouvrement journalier des matières résiduelles dans les LET est fait « dans le but de limiter le dégagement d'odeurs, la propagation des incendies, la prolifération d'animaux ou d'insectes et l'envol d'éléments légers. [L]es matières résiduelles doivent, à la fin de chaque journée d'exploitation, être recouvertes d'une couche de sol ou d'autres matériaux » (Éditeur officiel du Québec, 2025). Outre le verre, on retrouve aussi des résidus de déchiquetage d'automobiles mis hors service et qui sont non métalliques (aussi communément appelé *fluff*) ou encore des particules fines de matériaux secs provenant de centres de tri (Quantis, 2015).

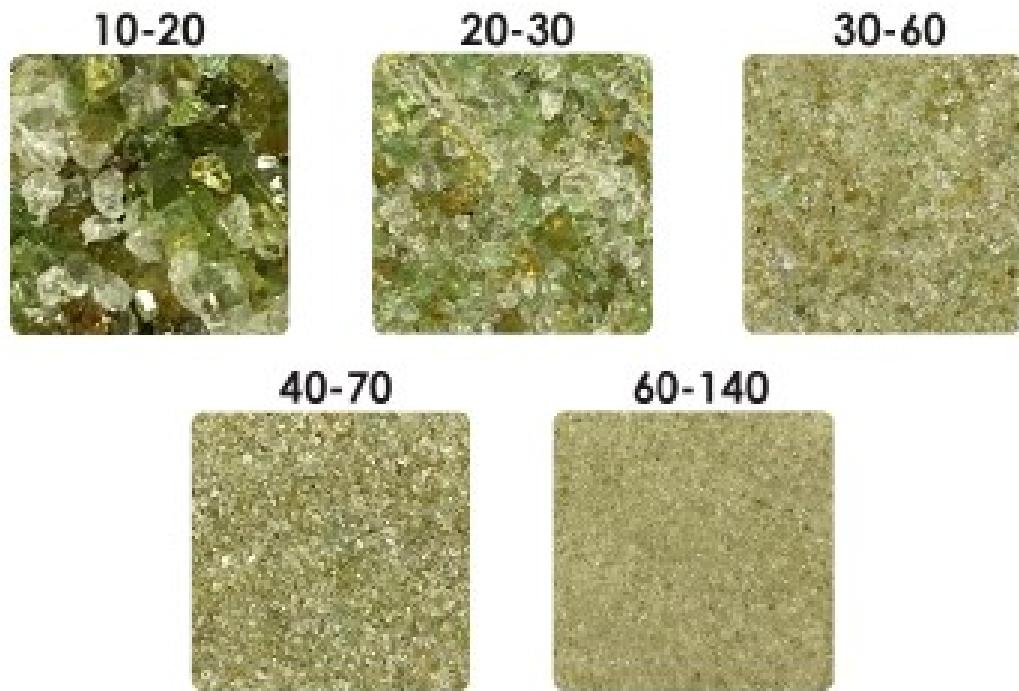
Au niveau environnemental, l'utilisation du verre en LET offre une approche alternative à l'enfouissement de la matière. Dans les deux cas, le verre se retrouve à la même place et utilise le même espace, par contre, il permet de remplacer une matière première et l'espace que cette matière occuperait (Quantis, 2015).

L'utilisation du verre comme revêtement demande beaucoup plus d'efforts (transport du verre au centre de tri, tri, transport au LET) que les avantages qu'elle produit. Cette technique devrait donc être utilisée en dernier ressort, puisqu'elle constitue la perte d'une matière à fort potentiel de valorisation.

1.3.1.2 Abrasif

Les produits abrasifs fabriqués de verre recyclé existent depuis plusieurs années. Cette technique prend de plus en plus de place sur le marché afin de remplacer le jet de sable. Elle est utilisée pour « raviver, nettoyer ou préparer une grande surface » (Groupe Bellemare, 2023). Les particules de verre sont projetées par jet d'air à haute vitesse et servent à retirer des couches de peinture, de vernis ou de corrosion. « Différents abrasifs peuvent être sélectionnés selon le matériau à décapier. En effet, chacun a des caractéristiques propres qui guident leur utilisation sur des matériaux spécifiques » (*Ibid.*, 2023). L'entreprise québécoise, Groupe Bellemare occupe principalement le marché des abrasifs de verre recyclé. Elle vend son produit selon cinq types de granulométrie permettant plusieurs types de finitions pour le ponçage des surfaces (figure 1.3). Au niveau environnemental, les abrasifs de verre recyclé réduisent la pression sur l'extraction du sable, une ressource limitée.

Figure 1.3 Cinq types de granulométrie de verre recyclé



Note : (Groupe Bellemare, 2025)

Les abrasifs de verre recyclé offrent également un avantage considérable au niveau de la santé des travailleurs. Cette matière amorphe ne contient ni métaux lourds ni silice libre (-0,1 % de silice libre) ce qui rend l'exposition au produit beaucoup moins nocive (*Ibid.*, 2023).

Selon une étude réalisée par Éco Entreprise Québec (ÉEQ) (2021), le marché des abrasifs « se rapproche [cependant] de son point de saturation ». Il existe effectivement une dizaine d'entreprises qui commercialisent ce produit en Amérique du Nord. Le tri pour ce type de débouché ne nécessite pas de triage par couleur, mais il peut tout de même générer un certain pourcentage de contamination sans pourtant affecter la qualité du produit, car aucune certification n'est nécessaire (*Ibid.*, 2021). L'utilisation du verre recyclé comme abrasif lui confère une fin de vie rapide et une valorisation éphémère. La matière est rapidement contaminée par les matériaux à sabler (peinture) et est ensuite jetée.

1.3.1.3 Filtration de l'eau

Le traitement de l'eau implique l'utilisation de filtres pour retenir les particules en suspension. L'eau est poussée sous pression à travers ces filtres, qui peuvent être composés de sable, de silice, de zéolite ou de verre. Bien que les filtres les plus couramment utilisés soient ceux à base de sable, l'utilisation de filtres en verre est de plus en plus répandue, notamment en France et en Grande-Bretagne (*Ibid.*, 2021). Ces filtres de verre recyclé offrent plusieurs avantages techniques, tels qu'une efficacité accrue et une durée de vie plus longue que les filtres en sable traditionnels.

Au niveau écologique, le verre remplace d'abord une matière première et peut être recyclé à nouveau post-consommation. Utiliser ce produit filtrant « [...] nécessiteraient des rinçages (*backwash*) 75 % moins fréquents que ceux au sable [...] » (Chevalier, 2018). De plus, les rinçages consomment moins d'eau, car les contaminants sont retirés plus facilement (*Ibid.*, 2018 ; Éco Entreprise Québec, 2021). Ainsi, un système de filtration au verre possède une durée de vie trois fois plus longue que le sable, soit d'au moins neuf ans (Chevalier, 2018). La filtration d'eau par le verre recyclé est une approche intéressante puisque la matière peut être recyclée de nouveau en fin de vie. Par contre la demande est moins importante que la quantité de matière à recycler.

1.3.1.4 Laine de verre

La laine de verre est un produit isolant thermique et acoustique majoritairement utilisé dans la construction de bâtiment. Sa fusion à haute température lui confère la capacité d'être une excellente barrière contre les incendies (Éco Entreprise Québec, 2021). Les ingrédients pour la fabrication de la laine de verre sont la silice, le carbonate de sodium et le carbonate de calcium (Chevalier, 2018). Tel que vu précédemment, le verre est majoritairement constitué de silice, c'est pourquoi le verre recyclé est un élément de substitution favorable. Les matières premières sont fondues à haute température, environ 1400 °C. Elles se transforment ensuite en fibres de quelques microns de diamètre par centrifugation dans des disques comportant des dizaines de milliers de trous dans lesquels s'échappe la laine de verre fondu qui devient de la fibre (Knauf Insulation, 2023). L'utilisation du verre mixte dans le processus de fabrication de la laine permet de réduire l'utilisation de matière première, la température de fusion et l'émission de gaz à effet de serre (Chevalier, 2018). Ce procédé se rapproche beaucoup de celui de la refonte du verre en bouteille. En revanche, cette technique a pour avantage de ne pas nécessiter un tri par couleur

comparativement à la refonte. Cela dit, aucune usine de fabrication de laine n'existe actuellement au Québec (*Ibid.*, 2018 ; Quantis, 2015). Le transport des matières n'est donc pas à négliger, mais il ne représente pas suffisamment d'impact pour prioriser l'enfouissement à la valorisation. Comme le mentionne l'étude Quantis sur *Analyse environnementale du cycle de vie de projets de commercialisation du verre mixte récupéré via des centres de tri de matières recyclables au Québec* (2015), même si l'enfouissement pouvait s'effectuer très près du centre de tri (distance de moins de 1 km), les projets de valorisation en laine de verre demeureraient très significativement favorables, on parle d'une atténuation des changements climatiques de 9 % par rapport au scénario d'enfouissement (*Ibid.*, 2015).

1.3.1.5 Poudre de verre micronisée comme ajouts cimentaires

La micronisation à partir de verre mixte consiste à réduire la matière jusqu'à l'obtention d'une poudre de dimension de l'ordre du micron (Larousse, s.d. c). « Les matériaux micronisés détiennent [ainsi] des caractéristiques uniques, notamment par l'augmentation de leur surface spécifique et, conséquemment, de leur réactivité » (Chevalier, 2018).

La poudre de verre micronisée est caractérisée comme un matériau pouzzolanique (matière siliceuse qui, lorsque mélangée à de la chaux, forme un produit liant). Elle possède donc les mêmes propriétés que le ciment, qui sert de colle, mélangée aux agrégats, au-sable et à l'eau pour former le béton. La chaire SAQ de l'Université de Sherbrooke, lancée en 2004 par le titulaire Arezki Tagnit-Hamou et son équipe, travaille à la valorisation du verre mixte. Il propose notamment d'utiliser de la poudre de verre pour réduire l'utilisation du ciment dans la composition du béton. Pour le moment, la poudre peut substituer de 20 à 30% du ciment dans une structure en béton (Quantis, 2015). Des essais ont été réalisés pour la construction des deux ponts Darwin sur le boulevard de L'Île-des-Scœurs, où 10% du ciment a été remplacé par la poudre de verre (Radio-Canada Info, 2021).

Au Québec, deux usines produisent la poudre de verre :

- L'organisme à but non lucratif Tricentrис, également propriétaire d'un centre de tri, produit la poudre Verrox à partir du verre de la collecte sélective ;
- Les Produits Verglass Inc. produisent Miraglass à partir de verre post-industriel.

La poudre de verre est avantageuse économiquement pour les conditionneurs, car elle possède une bonne valeur de revente (Tableau 4), mais également pour les entrepreneurs, car elle possède un coût moins élevé que le ciment traditionnel (Chevalier, 2018).

Du point de vue environnemental, « [I]es émissions de GES liées à la production de poudre de verre représentent à peine 3 % des émissions liées à la production d'une quantité fonctionnellement équivalente de ciment portland » (Quantis, 2015). L'industrie cimentière « [...] est l'une des deux plus grandes sources d'émissions du secteur industriel dans le monde, représentant 26 % de toutes les émissions industrielles de CO₂ en 2019 » (Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2021). Au Canada, on produirait près de 14 millions de tonnes de ciment par année, ce qui représentait en 2017 1,5 % des émissions en GES du Canada (*Ibid.*, 2021). En moyenne, pour chaque tonne de ciment produit, on émet pratiquement une tonne de CO₂ (Radio-Canada Info, 2021). Les GES sont principalement libérés lors du chauffage et de la calcination des minéraux (Ciment Québec, 2017). Le chauffage s'effectue à très haute température (1450 °C) et est habituellement alimenté par des combustibles fossiles, tels que le charbon, le gaz ou le pétrole (*Ibid.*, 2017). Lors de la calcination, les cimenteries ont besoin de transformer le calcaire (CaCO₃) en oxyde de calcium (CaO), il reste alors du CO₂ rejeté.

L'utilisation de la poudre de verre en remplacement du ciment est donc favorable au niveau environnemental, car elle permet de réduire la quantité de matières premières calcinées pour la fabrication du ciment. D'autres matières, comme les cendres volantes ou la fumée de silice, récupérées d'un processus industriel, servent également de remplacement au ciment (Chevalier, 2018). Par contre, lorsque le verre est utilisé comme ajout cimentaire, cela lui fait perdre une de ces caractéristiques intéressantes, soit sa recyclabilité à l'infini. Une fois que le verre est ajouté au béton, les deux matières ne peuvent plus être dissociées ainsi la fin de vie du béton coïncide avec celle du verre.

1.3.1.6 Matière de charge

La poudre de verre micronisé peut également servir comme de la matière de charge. Selon le dictionnaire de l'Office de la langue française (2023), « une matière de charge est une substance blanche ou peu colorée utilisée pour ses propriétés chimiques et physiques ». La poudre de verre micronisée, produite à partir de verre mixte, peut servir efficacement comme matière de charge en remplacement des charges minérales

conventionnelles en raison de sa couleur blanche. Cette poudre blanche sert dans la fabrication d'adhésifs, de caoutchoucs, d'encre, de peintures et de plastiques.

1.3.1.7 Silice précipitée

En 2008, la SAQ participe à une étude avec le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) afin d'expérimenter le développement d'une silice précipitée produite à partir de verre recyclé mixte de la collecte sélective (SAQ, 2019). La silice précipitée « est une composante utilisée notamment dans les pneus, les peintures, les revêtements, les dentifrices, etc. Elle permet entre autres d'augmenter la résistance et la durabilité des produits dans lesquels elle est utilisée » (Le Tricentris express, 2019). Les travaux du CRIQ démontrent les débouchés potentiels et mandate SiliCycle pour la mise en application à l'échelle industrielle ayant pour but la production de la composante à partir du verre mixte. L'usine est implantée à Lachute près de celle de micronisation de Tricentris avec lequel une entente de 20 ans pour 30 000 tonnes de verre avait déjà été signée (*Ibid.*, 2019). Ce procédé est intéressant au niveau environnemental, car il permet de réduire la quantité de matière première extraite. L'intérêt de cette approche réside davantage dans le cycle court de valorisation de la matière qui est traité sur le même site qu'est effectué le conditionnement.

Voici un portrait des approches actuelles pour la valorisation du verre mixte. Une autre démarche de valorisation existe au Québec ; celle qui consiste à utiliser le calcin recyclé pour la fabrication de nouvelles bouteilles de verre. La prochaine section fera état des enjeux liés à la valorisation de ce type de matière et présentera les avantages liés à ce débouché.

1.3.2 Le calcin pour refonte

L'une des méthodes de réutilisation du verre consiste à réintroduire un pourcentage de verre recyclé, appelé calcin, dans la production de nouveaux verres creux (bouteille, pot, etc.). Le calcin utilisé pour la refonte se différencie du verre mixte, car il demande plus de contrôle de la part du recycleur qui doit s'assurer de conserver un taux de contamination minimal, séparer le verre par couleur et conserver un granulat plus important.

Le calcin provient majoritairement de la consigne (CRM et CRU) puisque le verre y est déjà exempt de contaminant et est constitué d'un type de verre connu et non du système de collecte de porte-à-porte (le bac bleu). Tel que vu dans la sous-section 1.3.1, il existe différentes recettes de verre qui lui confère des propriétés distinctes, il est donc important lors de la refonte d'avoir un certain contrôle sur la matière entrante.

La valorisation du verre recyclé au sein d'une production industrielle est très bénéfique, autant écologiquement qu'économiquement, voici pourquoi :

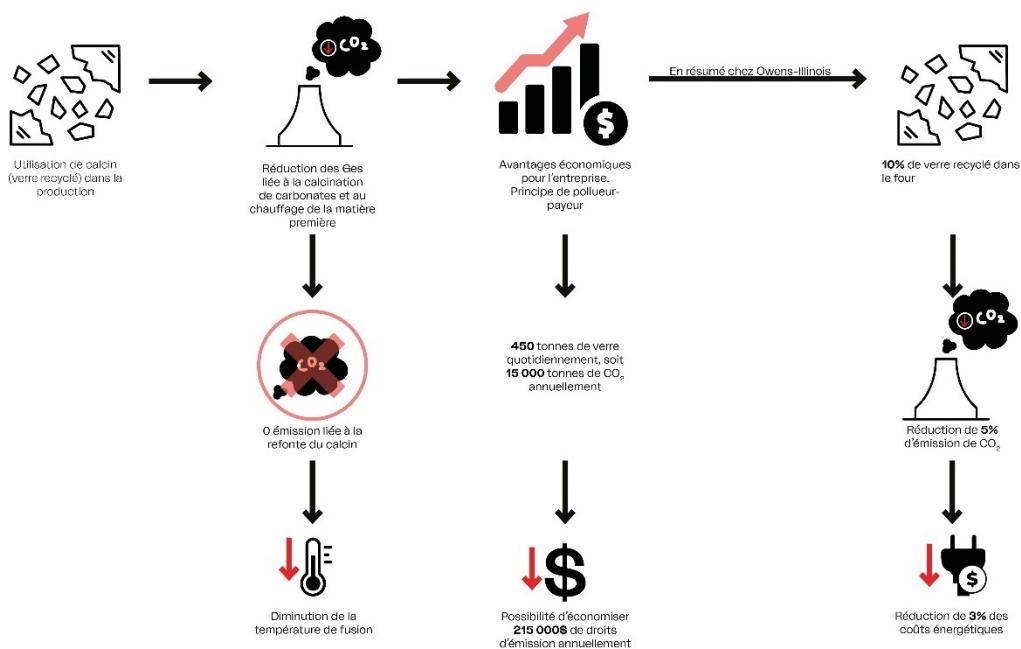
- Le verre récupéré n'émet pas de GES lors de la refonte, car il ne contient aucun carbonate. Ainsi, lorsqu'il est chauffé et recyclé sous forme de nouveau verre, il ne génère aucun nouveau CO₂ comme le feraient à l'opposé d'autres matières premières (Chevalier, 2018).
- L'utilisation du calcin permet de réduire la température de fusion lors de la fabrication du verre, puisque la liaison chimique entre les molécules est plus faible que celle présente dans la matière première (*Ibid.*, 2018). Il est ainsi possible d'abaisser la température nécessaire destinée à détruire ces liaisons et d'obtenir la fusion du verre (*Ibid.*, 2018). L'usine peut donc diminuer sa consommation de gaz naturel, réduisant d'une part l'émanation de GES et offrant également une réduction des coûts énergétiques.
- Le remplacement de la matière première dans la production signifie un enjeu primordial pour les industries qui peuvent se procurer le calcin à un prix similaire que la matière première (*Ibid.*, 2018). Par contre, cela leur permet de réduire leurs coûts d'opération et ainsi d'être plus compétitifs sur le marché. Ceci représente un enjeu de taille, car les verriers asiatiques gagnent de plus en plus de parts de marché avec des produits de qualité moindre qui, malgré la distance, possèdent un coût inférieur aux produits québécois (*Ibid.*, 2018).

L'usine Owens-Illinois, située à Montréal, est la seule usine produisant des bouteilles de verres creux au Québec. L'usine montréalaise produit « [...] 1,6 million de contenants en verre creux quotidiennement, totalisant 450 tonnes de verre » (*Ibid.*, 2018). Ceci représente « [...] ainsi 95 % du marché québécois pour l'embouteillage de bières et 25 % pour l'embouteillage du vin » (*Ibid.*, 2018). L'usine inclut 40 % de verre récupéré pour la production de verre ambré et 20% pour le verre clair. Ce faible pourcentage s'explique

en raison de l'offre de verre recyclé dont la qualité et la quantité est insuffisante pour fournir la production de l'usine (*Ibid.*, 2018). L'usine n'utilise aucun verre provenant de la collecte sélective en raison de sa faible pureté. Afin d'obtenir une plus grande quantité de calcin, l'entreprise s'approvisionne en Ontario et au Nouveau-Brunswick, provinces où la consigne comprend également les bouteilles de vin et de spiritueux.

Les bénéfices spécifiques à l'usine Owens-Illinois, située à Montréal, sont illustrés dans l'illustration suivante.

Figure 1.4 Bénéfices liés à l'utilisation de calcin dans la production de contenant en verre



Note : Figure par le chercheur.

L'usine Owens Illinois possède deux fours, un pour le verre ambré et l'autre pour le verre clair. Ces fours ont une durée de vie de 15 à 20 ans (visite Owens Illinois, mars 2023). L'industrie se doit donc de contrôler l'apport de matière qu'elle rajoute dans les fours pour s'assurer de la qualité et conserver sa capacité de production quotidienne. Par exemple, si elle ajoute une trop grande quantité de verre recyclé ayant des propriétés variées ou des contaminants, elle devra mettre beaucoup d'effort et ajouter de nouvelles matières premières pour contrebalancer et retrouver un niveau de pureté acceptable. Cela explique notamment l'importance du contrôle de la matière entrante.

Outre la contamination par d'autres types de verre, la couleur demeure un enjeu très important (*Ibid.*, mars 2023). L'ajout d'une trop grande quantité de matières d'une autre couleur que celle produite engendrerait un verre gris (*Ibid.*, mars 2023). L'usine peut donc recycler seulement le verre clair et ambré, mais travaille actuellement à l'intégration de verre vert dans sa production (*Ibid.*, mars 2023). Si l'entreprise veut tirer profit de la consigne élargie, elle se doit d'être en mesure d'intégrer un certain pourcentage de verre vert, car il est présent majoritairement dans les bouteilles que nous utilisons.

Le calcin du Québec provient majoritairement de l'entreprise 2m Ressources située à St-Jean-sur-Richelieu (2m Ressources, s. d.). Le recycleur traite annuellement 110 000 tonnes métriques de verre en provenance de diverses sources. « Le verre est trié selon la qualité et la couleur pour ensuite être nettoyé et conditionné afin d'atteindre la qualité et les standards de l'industrie de la refonte » (*Ibid.*, s.d.).

Le fabricant Owens-Illinois et le conditionneur Groupe Bellemare de Trois-Rivières ont conclu, en 2019, une entente de principe permettant la fabrication de bouteilles à partir de verre provenant de la collecte sélective (Québec circulaire, 2019). Le groupe Bellemare projette pouvoir fournir environ 35 000 tonnes de verre de qualité à la fonderie grâce à de nouveaux équipements de tri optique qu'il envisage d'acheter. Par contre, les deux parties promettent d'aller de l'avant seulement si le gouvernement met fin à l'autorisation temporaire d'envoyer le verre à l'enfouissement (*Ibid.*, 2019). Cette condition permet au conditionneur de s'assurer de son apport de verre et ainsi de rentabiliser l'achat des nouveaux équipements très dispendieux (*Ibid.*, 2019).

L'approche de valorisation du verre mixte et celle du calcin ont des particularités et des complexités distinctes. Le verre mixte demande moins de contrôle au niveau du tri; il possède un plus haut potentiel de valorisation et une multitude de débouchés. Par contre, ces débouchés conduisent majoritairement à du sous-cyclage. Ce type de valorisation permet à la matière un cycle de vie supplémentaire, mais se retrouve tout de même dans un cycle de vie linéaire. Bref, lorsque la matière ne sera plus utile, elle sera jetée. Pour le calcin, le tri en amont est primordial et demande plus d'efforts. Cependant, le verre peut être valorisé à l'infini, ce qui le place dans un mode d'économie circulaire. Les deux approches comportent des points positifs et négatifs, c'est pourquoi elles doivent continuer de coexister pour maximiser le pourcentage de valorisation.

Un point important de la recyclabilité d'une matière réside également dans sa valeur de revente. Dans le tableau 4, nous pouvons constater que les abrasifs, la filtration et les ajouts cimentaires sont les approches ayant le plus de valeur. La valeur se fixe en fonction des efforts nécessaires pour le tri, mais aussi en fonction de la demande sur le marché.

Tableau 1.4 : Prix de vente des produits issus ou utilisant du verre recyclé

Produit	Prix de vente
Abrasif	150-300 \$/t
Filtration d'eau	60-295 \$/t
Ajout cimentaire	Environ 150 \$/t
Calcin pour bouteille	95-100 \$/t
Paillis ornemental	Environ 60 \$/t
Remblai	5-15 \$/t

Note : (EEQ, 2025)

En réponse à la sous-question a. du mémoire, *Dans un contexte de surplus de matière actuelle, quelle est la perception du résidu de verre au Québec ?* ce chapitre a montré que la perception de la matière est fortement conditionnée par les dispositifs en place, tels que la collecte sélective, la consigne et le conditionnement industriel. Bien que ces filières permettent de détourner une part importante de la matière de l'enfouissement et d'assurer divers débouchés, elles contribuent aussi à faire du verre un matériau perçu comme complexe à gérer, en raison des coûts, de la contamination et de la variation de sa qualité. La perception du verre résiduel oscille ainsi entre celle d'un déchet encombrant et celle d'une ressource technique à valoriser.

Les enjeux du recyclage du verre étant maintenant esquissés, le chapitre suivant abordera le positionnement du chercheur face à cette problématique et proposera une approche de valorisation fondée sur un travail de matérialité.

CHAPITRE 2

POSITIONNEMENT ET MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE CRÉATION

Ce chapitre expose le positionnement du chercheur face à la logique quantitative dominante, en proposant une approche qualitative axée sur la matérialité. Il oppose l'écoconception, centrée sur l'efficacité technique, à l'écodesign et à l'écosophie, qui intègrent la subjectivité et l'agentivité de la matière. L'analyse distingue l'économie linéaire de l'économie circulaire, orientée vers la prolongation des cycles de vie et la valeur perçue des matériaux. Enfin, l'approche méthodologique du projet qui repose sur la recherche création est définie.

2.1 Positionnement

2.1.1 L'approche quantitative versus qualitative

Dans un contexte où les préoccupations environnementales occupent une place croissante dans les débats publics et les politiques internationales, les aléas des changements climatiques sont de plus en plus perceptibles. Cela dit, de nombreuses solutions visant à les atténuer sont mises en place à travers le monde. On dénote différentes initiatives, par exemple, la taxe carbone, qui vise à quantifier les coûts associés à la pollution par une tarification des émissions de carbone. Instaurée en 2019 au Canada elle est reconnue comme étant le moyen le plus efficace de réduire les émissions de gaz à effet de serre tout en stimulant l'innovation (Gouvernement du Canada, 2025). Les certifications énergétiques, comme ENERGY STAR®, sont un autre exemple. Utilisé au Canada, aux États-Unis, en Australie et au sein de l'Union européenne, ce type de programme gouvernemental aide les usagers à « [...] reconnaître facilement les produits offrant le meilleur rendement énergétique sur le marché » (Hydro-Québec, 2023). Il leur permet de diminuer leur consommation d'énergie et, par le fait même, de faire des économies monétaires. (Gouvernement du Canada, 2013). Ces mesures témoignent d'une volonté d'agir sur l'impact environnemental, mais elles s'inscrivent principalement dans une approche quantitative de la durabilité, où la performance est évaluée en termes de réduction des émissions ou d'efficacité énergétique.

Cependant, les solutions dénotées sont purement quantitatives et performatives, ce qui comporte certaines lacunes. Par exemple, dans le cas de la certification ENERGY STAR®, on questionne beaucoup le rendement des appareils, mais jamais l'utilisation qu'on en fait ou les procédés de fabrication. Prenons l'exemple d'un lave-vaisselle. La consommation d'eau (litre/cycle) et d'électricité (kWh/an) de

l'électroménager sont prises en compte pour certifier l'appareil (Energy Star, s.d.). Si ces données techniques entrent dans les standards établis par le programme, l'appareil sera alors classé écoénergétique. En sachant que chaque ménage utilise le lave-vaisselle à des fréquences différentes, l'échelle de valeurs est donc, compromise et biaisée. Ainsi, dans cette classification l'impact environnemental d'un lave-vaisselle est simplifié à ces deux unités numériques : le nombre de gallons d'eau utilisé et la dépense énergétique par cycle. Cette logique de « l'ingénieur » (Petit, 2015), basé sur la performance, est mise de l'avant et exclut toute remise en question de l'acte de base et l'effort lié à la fabrication. Nous ne connaissons ni l'impact de sa production initiale ni celui de sa fin de vie. Est-ce que cet objet est conçu pour être réparé facilement ou a-t-il été seulement réfléchi dans une optique d'optimisation énergétique ? Le but de l'argument n'est pas de contester l'action de laver, mais plutôt de questionner les pratiques commerciales qui verdisse l'image d'un produit. Comme quoi il est toujours possible de « consommer vert, même si c'est une consommation qui ne cesse d'augmenter » (Prignot, 2010).

On dénote également cette logique quantitative à l'échelle du résidu. Dans cet écosystème, la récupération, la réutilisation et le recyclage visent à revaloriser le déchet afin de permettre son retour depuis l'extérieur – où, une fois rejeté, il devient un bien public géré par les instances collectives – vers l'intérieur, c'est-à-dire un retour dans la sphère privée où il peut retrouver un usage (Pesqueux, 2016). Le système priorise cette logique au détriment d'une réduction à la source telle qu'illustrée précédemment pour la problématique de récupération du verre. On tente donc majoritairement de résorber la problématique du déchet en aval plutôt qu'en amont. Selon Bertolini (1990), ce cycle extérieur versus intérieur, démontre que le déchet est nomade et que son statut n'est que provisoire. Un déchet recyclé évolue et se modifie pour devenir autre chose. Cependant, avant de franchir cette dernière étape, le déchet se doit de posséder une valeur économique et marchande.

L'objectif du travail, proposé par le chercheur, n'est pas de renverser le système de gestion des matières résiduelles actuellement en place ou encore refaire le système de certification. Le projet cherche plutôt à démontrer que le déchet ne possède pas seulement une valeur monétaire (quantitative), mais peut aussi posséder une valeur matérielle (qualitative). Le pronostic est qu'en conférant une valeur esthétique aux matériaux recyclés, par un travail de design, que l'utilisateur pourra pleinement saisir les opportunités de valorisation et contribuera à la propagation d'un nouvel esthétisme des matières recyclées. Ce travail matériel, pour qu'il soit viable, doit cependant se faire de pair avec l'effort lié à la transformation afin de

limiter l'impact du processus. Pour bien saisir le positionnement du chercheur, deux approches distinctes liées à la conception environnementale sont détaillées. D'une part, l'écoconception, qui repose sur des fondements quantitatifs, et d'autre part, l'écodesign, qui fait référence au qualitatif.

2.1.2 Écoconception et Écodesign

Dans un premier temps, les approches plus technocratiques quantitatives accordent une importance marquée aux données techniques en détriment des facteurs humains, sociaux et esthétiques (Centre national de ressources textuelles et lexicales, 2012). Cette vision, appliquée à la conception, se nomme l'écoconception et fait référence à la culture de l'ingénieur, selon Victor Petit (2015). Elle valorise l'efficacité et la performance des systèmes. Sa réflexion est axée sur la conception de la machine et de son impact environnemental et économique, reflétant ainsi une approche centrée sur les aspects fonctionnels et opérationnels. L'ingénieur est principalement motivé par l'optimisation des performances techniques des systèmes. En se concentrant sur l'efficacité et la fonctionnalité, il vise à concevoir des produits et des processus qui répondent aux normes de qualité et de rendement pour réduire la pression sur le système environnemental. Cette perspective est bien illustrée précédemment dans l'exemple du lave-vaisselle, où les performances techniques de l'appareil sont considérées. Comme le mentionne Petit (2015), cette technique peut être perverse puisqu'elle considère l'environnement comme quelque chose de quantifiable et contrôlable.

En opposition à cette vision, Victor Petit (2015), présente l'écodesign et fait référence à la culture du designer. Sa réflexion est posée sur la matière et son environnement. Il prône pour la propagation de pratique durable et le partage de connaissance. Bref, il porte une plus grande importance à la conception de son milieu, suggérant qu'on ne modifiera pas l'environnement si on ne se modifie pas d'abord nos pratiques (Ibid., 2015). En opposition à l'écoconception, cette approche se penche sur des données qualitatives.

Felix Guattari à la fin des années 1980, propose un concept dans la même ligne d'idée que Victor Petit (2015) approche qu'il nomme l'écosophie. Selon lui, la résolution des problèmes écologiques de façon purement quantitative serait insuffisante. Ainsi, une « réorientation globale des objectifs de production des biens matériels et immatériels » serait nécessaire (Antonioli, 2013). La « subjectivité » ou « singularité » devrait être, selon Guattari, l'élément clé de cette réorientation. La subjectivité est définie comme tout ce qui appartient à la perception, elle englobe le domaine de l'expérience de l'individu (Superprof

Ressources, 2007). Centré sur l'usager, la subjectivité « [...] ne se présente [...] pas comme un processus simple [quantifiable] elle se présente sous forme d'agencements machiniques complexes[...], mais dont on ne peut pas faire l'économie » (Prignot, 2010). Ainsi, Guattari nous suggère de revoir les discours et les directives concernant le développement durable, actuellement soumis aux logiques du profit. L'objectif de cette écologie est la production d'une zone viable pour l'existence humaine. Elle ne propose pas d'adopter une logique de décroissance, mais de questionner nos façons de produire et consommer. Porter une réflexion qualitative sur la manière et les objets pour qu'ils interviennent dans nos vies afin de les rendre plus durables.

Selon le chercheur, cette vision doit, en premier lieu, être soutenue par de bonnes pratiques en design. C'est pourquoi la prochaine section analysera brièvement différentes approches conceptuelles afin de mieux illustrer les nuances entre l'écoconception et l'écodesign.

2.1.3 Évolution des pratiques écologiques en design

Les mouvements environnementaux étaient déjà en place dans les années 1964, alors que 33 designers reconnus à l'international signaient le manifeste *First Things First* (1999). Cet écrit revendiquait un renversement des priorités en faveur de pratiques plus utiles, durables et démocratiques en design. L'objectif était de modifier la production, habituellement basée sur des aspects marketing, pour se pencher vers l'exploration de nouvelles pratiques plus durables.

De cette théorie, deux avenues opposées découlant de la pratique (parxis) se distinguent alors dans les années 1970, soit l'approche de Buckminster Fuller et celle de Victor Papanek et Ezio Manzini (Petit, 2015). La première voulait faire de l'environnement une entité objective et quantifiable, la seconde un milieu qualitatif relatif au respect de l'habitant (Petit, 2015).

Buckminster Fuller fut une figure incontournable du design écologique. Par son approche technocrate, il avait pour vision de transformer la terre en objet de design. L'idée est simple, créer un monde artificiel à l'intérieur de son dôme géodésique. Il propose ainsi une possibilité de croissance infinie dans un monde fini (Petit, 2015). Cette approche a grandement aidé à questionner l'impact et la place de l'humain dans son environnement. Dans *Operating Manual for Spaceship Earth*, Fuller affirme que « we are all astronauts », soulignant ainsi que la Terre doit être envisagée comme un système fermé aux ressources limitées (Fuller, 1969). L'idée de contrôle totalitaire de l'environnement se rapproche ainsi de la culture de

l'ingénieur, elle tente de régler la problématique par l'optimisation de la machine. En cherchant à régler les problématiques environnementales par une optimisation technique, Fuller illustre la manière dont le design peut viser une gestion systémique de la nature, redéfinissant ainsi l'humain dans un environnement conçu comme une structure organisée.

À l'inverse, la vision de Papanek tente d'établir une distinction entre les besoins réels et factices et suppose que le designer devrait être en mesure de faire cette différence (Petit, 2015). Contrairement à la démarche technocratique de Fuller, qui repose sur une organisation méthodique de l'environnement, Papanek envisage le rôle du designer comme un acteur social. Ainsi, la pratique du designer se construit en dictat du marché afin de produire et de concevoir tout en s'adaptant aux problématiques environnementales. De cette mentalité, découle une vision sociale de transmission du savoir c'est pourquoi, Papanek prône pour une pratique "open source". Contrairement aux solutions centralisées et techniques, la démarche de Papanek valorise une coopération décentralisée, où chaque utilisateur, concepteur et membre de la communauté peut jouer un rôle actif dans la réduction des impacts environnementaux (Papanek, 1971).

Manzini reprend la pensée de Papanek et ajoute qu'on devrait mieux saisir l'opposition entre l'état naturel et l'artificiel des choses. Selon lui, les techniques et les connaissances se multiplient à un point tel que les objets produits nous apparaissent dorénavant comme une seconde nature synthétique (Manzini *et al.*, 1991). Cette seconde nature marquée par l'omniprésence de l'artificiel dans notre quotidien, masque la portée réelle de son impact écologique. Il suggère une meilleure compréhension de l'artificiel transformé par l'humain afin de démystifier et de mieux réaliser leur impact sur l'environnement. Ainsi, comme la nature n'est pas capable d'absorber les matières extraites transformées par l'homme, la production humaine artificielle s'accumule et devient un résidu problématique.

Bref, Manzini (1991) suggère de « [p]asser d'une culture du "faire en l'absence de limites" à une culture du "faire dans un monde limité" appelle[ant] un changement profond qui implique l'ensemble des acteurs du système de conception, production et consommation » (*Ibid.*, 1991).

Se « faire dans un monde limité », est l'un des fondements de ce projet de recherche qui réfléchit à la retransformation des objets artificiels tout en minimisant leur impact environnemental. S'inspirant également des idées de Papanek sur la responsabilité sociale du designer, ce travail prend en compte les cycles de vie des matériaux ainsi que l'effort de transformation requis pour prolonger leur durée de vie.

Afin de bien comprendre les possibilités d'intervention du chercheur, la prochaine section examinera les différentes formes d'écologies présentes dans notre système de production actuel.

2.1.4 Les types d'écologies

2.1.4.1 L'économie linéaire

L'économie linéaire, basée sur le concept de take-make-waste (Ellen MacArthur Foundation, s. d.), est largement reconnue comme étant le modèle le plus dommageable pour l'environnement. Cette approche, qui implique la production de produits à usage unique, trouve ses fondements dans les débuts de la révolution industrielle. Bien qu'elle ait permis de grandes avancées, notamment en améliorant les normes sanitaires et en favorisant la croissance économique, elle a aussi engendré une exploitation insoutenable des ressources naturelles. L'essor des objets jetables dans le domaine médical, par exemple, visait à limiter les risques de contamination, mais a également contribué à normaliser une logique de l'usage unique. Bref, même si cette approche présente certains avantages, elle se traduit principalement par des dommages environnementaux importants et une perte considérable de matériaux précieux.

2.1.4.2 L'économie circulaire

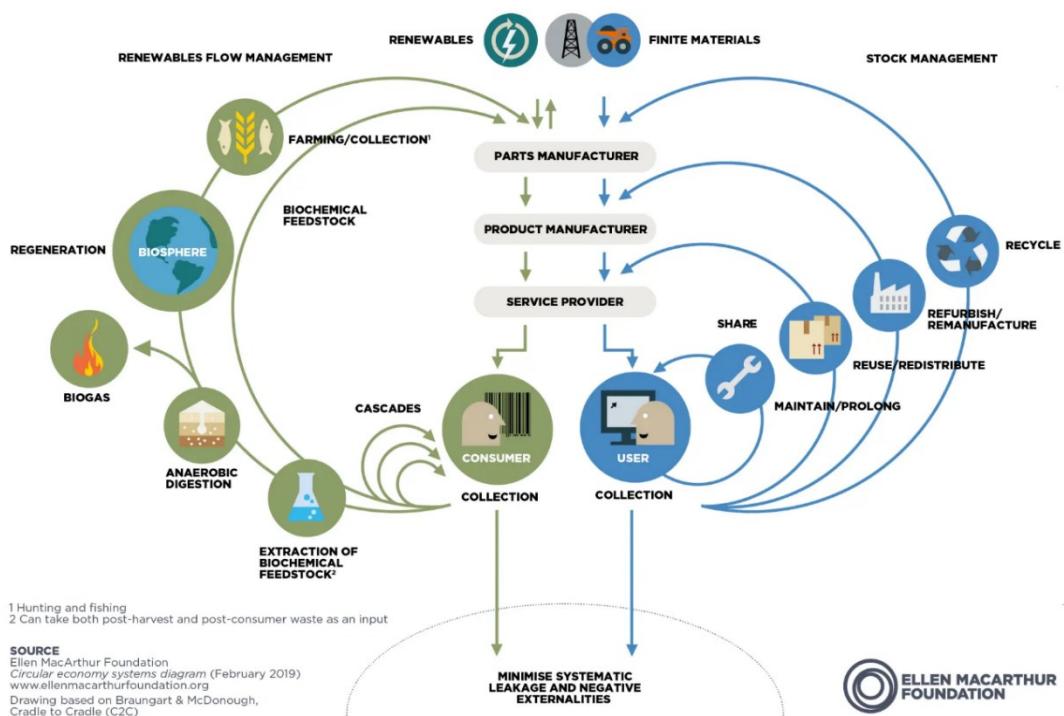
L'économie circulaire, à l'opposé de l'approche linéaire conventionnelle, repose sur un parcours continu des ressources. Celles-ci sont exploitées au maximum de leur potentiel tout en tenant compte de leur état de dégradation. L'objectif est de limiter la production de déchets et de prolonger leur durée de vie. Cette approche favorise l'optimisation des produits et des matériaux grâce à divers processus, tels que l'entretien, la réutilisation, la remise à neuf, la refabrication, le recyclage, le partage et le compostage, permettant ainsi de maximiser la valeur de chaque ressource.

Pour cette économie, la Fondation Ellen MacArthur (s.d.) fait la distinction entre deux types de cycles « the technical cycle and the biological cycle » (*Ibid.*, s.d.). Dans le premier, les matériaux non dégradables, tels que le verre, le plastique et le métal, sont valorisés. Leur haute valeur économique et l'énergie investie dans leur fabrication justifient leur maintien en circulation le plus longtemps possible. On dénote notamment des processus comme le partage, la réutilisation, la réparation, la refabrication et le recyclage. À l'inverse, dans le cycle biologique, les matériaux biodégradables, tels que les déchets alimentaires, le bois et le coton, doivent retourner à la terre pour contribuer à la préservation des écosystèmes naturels. Ces matériaux traversent différentes phases d'utilisation en fonction de leur état de dégradation,

permettant une réintégration progressive dans l'environnement. On peut penser notamment au compostage ou à leur transformation en biomasse.

Le diagramme papillon de la Fondation Ellen MacArthur illustre visuellement ces principes, en soulignant l'importance de maintenir les matériaux en circulation, de limiter les efforts de transformation à chaque cycle, et de préserver la valeur perçue des objets.

Figure 2.1 The butterfly diagram: visualising the circular economy



Note : (Ellen MacArthur Foundation, 2021)

Cette approche vise à prolonger la durée de vie des matériaux tout en minimisant l'énergie requise pour leur extraction initiale et leur transformation. La notion d'effort, principe clé de cette démarche, se porte sur l'atténuation de l'énergie nécessaire à la transformation d'une ressource. Cette notion est bien illustrée par la Fondation Ellen MacArthur qui utilise l'exemple du bois. Bien que ce matériau organique soit moins dommageable pour l'environnement, son extraction et sa transformation nécessitent tout de même une certaine quantité d'énergie. Ainsi, l'objectif principal est de prolonger son utilisation afin d'atténuer l'effort initial. Ce principe suppose également que les transformations ultérieures tiennent compte de l'usure progressive du matériau. Une transformation prématuée vers un état final pourrait limiter ses usages

intermédiaires potentiels et écourter son cycle de vie. Par exemple, une planche de bois utilisée dans la fabrication de meubles pourrait être réutilisée comme panneau de particules, puis transformée en compost. En adoptant cette approche, une même ressource peut être utilisée à plusieurs reprises, évitant ainsi un cycle unique. Dans cette optique de prolongation des matériaux, il est important de ne pas mélanger les cycles technique et biologique, car cela risquerait de rompre cette continuité. Par exemple, le mélange du coton, une fibre végétale, avec du polyester, une fibre synthétique à base de polymère, entrave la récupération du coton et son éventuel retour à la terre.

La notion de valeur perçue constitue un facteur déterminant dans la prolongation du cycle de vie des produits au sein d'une économie circulaire. Les objets auxquels est attribuée une forte valeur symbolique ou fonctionnelle seront conservés plus longtemps, ce qui limite la demande en matières premières. Par exemple, bien que les composants d'un téléphone mobile soient majoritairement recyclables, la valeur perçue de l'appareil en tant qu'objet demeure supérieure à celle de ses éléments séparés. En ce sens, la mise en valeur de la qualité et de la durabilité d'un produit contribue à en maintenir l'usage, réduisant ainsi son empreinte écologique.

Le rôle du designer devient alors primordial pour cette mise en valeur. La sélection des matériaux et des procédés doit tenir compte de leur trajectoire future, de leur compatibilité avec les cycles de transformation, et de leur capacité à regénérer une valeur perçue. Le chapitre suivant présente un projet développé par un bureau de design, illustrant l'application concrète des notions émises dans ce présent chapitre.

2.1.5 Application en design

Pour le chercheur, le projet Sea Chair du studio Swine (2012) constitue un exemple significatif d'application des principes de l'écodesign. Le studio reconside le statut du déchet plastique en mettant en œuvre une démarche de collecte et de mise en forme in situ, qui s'éloigne des circuits industriels conventionnels de traitement et de valorisation. Ce choix méthodologique témoigne d'une volonté de repenser les systèmes de gestion des matières résiduelles en proposant une approche située, à la fois critique et pragmatique. Le déchet y est transformé par un effort minimal, combiné à un savoir-faire en design, permettant ainsi de reconfigurer sa valeur d'usage et sa valeur symbolique. Dans cette perspective, le plastique n'est plus uniquement associé à une externalité négative, mais se voit réinscrit dans un cycle de production. La forme

donnée à l'objet n'est pas uniquement fonctionnelle, mais également manifeste. Par la mise en forme de la matière, le plastique, d'abord considéré comme un rebut environnemental, devient un objet désirable.

Cet objet manifeste vise à sensibiliser à la problématique des déchets plastiques dans les océans, notamment dans le gyre du Pacifique Nord, où s'accumule une quantité significative de résidus issus de la consommation mondiale (*Ibid.*, 2012). En fabriquant les tabourets directement à bord de bateaux de pêche, à l'aide du plastique récupéré dans les filets, les designers mettent en œuvre une pratique ancrée, dont la dimension performative participe à renforcer le discours critique du projet.

Figure 2.2 Sea Chair, par Studio Swine



Note : (*Ibid.*, 2012)

2.1.6 Question de recherche et lieu d'intervention

Pour reprendre la vision de Manzini (1991), c'est exactement se « faire dans un monde limité » qui devrait être mis de l'avant afin de résoudre la problématique entourant le recyclage au Québec. Comment le designer devrait-il se positionner quant à l'utilisation de matière recyclée possédant des propriétés qui lui sont propres? Comme le propose Manola Antonioli (2013) et Swine studio (2012), le rôle du designer, devrait se complexifier pour évoluer et passer outre son statut de médiateur qui le restreint à la production et la consommation. Loin de la simple fonction d'intermédiaire, le designer pourrait ainsi ouvrir des champs de possibilités aux usagers et mettre en place un processus de création. C'est exactement ce processus qui doit être mis de l'avant pour les matières recyclées et qui sera étudié dans cette recherche. Par ce travail matériel, le design contribuerait à transformer la vision accordée aux matières résiduelles.

Cette démarche offrirait un nouveau cycle aux matières résiduelles et permettrait de mettre en lumière leur potentiel.

La pratique de valorisation du résidu est bien présente dans le milieu de l'écoconception, où des procédés industriels sont mis en place que la matière recyclée soit valorisée au sein des processus de fabrication. Par exemple, pour le verre, les entreprises de conditionnement le réintègrent majoritairement dans des écomatériaux, tels que des dalles écologiques, des particules pour la filtration d'eau, de la laine minérale, des paillis ornementaux et horticoles, du verre cellulaire ou encore du béton (Éco entreprises Québec, s. d.). Pour le béton, le verre recyclé est utilisé en tant qu'ajout cimentaire. La poudre de verre est intégrée avec les ingrédients traditionnels pour la fabrication de béton qui, ainsi fabriqué, offre une meilleure résistance structurale, une imperméabilité supérieure et une plus grande durabilité. La poudre de verre permet une réduction des coûts de production et une diminution des GES par mètre cube de béton produit (*Ibid.*, s.d.).

Cependant, ce type de transformation se nomme du sous-cyclage. Cette pratique consiste à utiliser des matériaux recyclés pour une application de moindre valeur que son objectif initial (Allwood, 2014). Cette approche est intéressante, cependant l'utilisation du résidu de verre comme éco matériaux lui fait perdre l'une de ces caractéristiques primordiales, soit sa recyclabilité infinie et ses qualités optiques. Cette approche ne respecte pas non plus la vision de la Fondation Ellen MacArthur (2021) puis que ce matériau technique n'est pas conservé en circulation le plus longtemps possible. De plus, Karel Ménard, directeur général du Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets, ajoute que les marchés pour ce type de valorisation sont en grande partie saturés. Il faut donc trouver d'autres débouchés. (Tchandem Kamgang, 2019).

Comme cette pratique d'écoconception est déjà bien implantée dans le recyclage du verre au Québec, il serait pertinent que l'écodesign s'y penche également pour promouvoir une autre réalité à celle du recyclage industriel. L'apport du designer serait judicieux dans ce cas-ci et pourrait même promouvoir de nouveaux comportements. Victor Petit (2015) nous rappelle qu'«« [é]co-design », « écologie industrielle », « économie circulaire », « économie de la fonctionnalité »» sont des concepts qui visent tous le même objectif, soit celui de l'écologie, mais avec des pratiques différentes. Les deux entités, soit l'ingénierie et le design, peuvent ainsi contribuer à répondre à la problématique, chacun à leur manière. Le but ici n'est

pas de rabaisser l'approche déjà en place, mais plutôt d'inspirer et de réfléchir à la problématique sous un nouvel angle axé davantage sur le travail matériel.

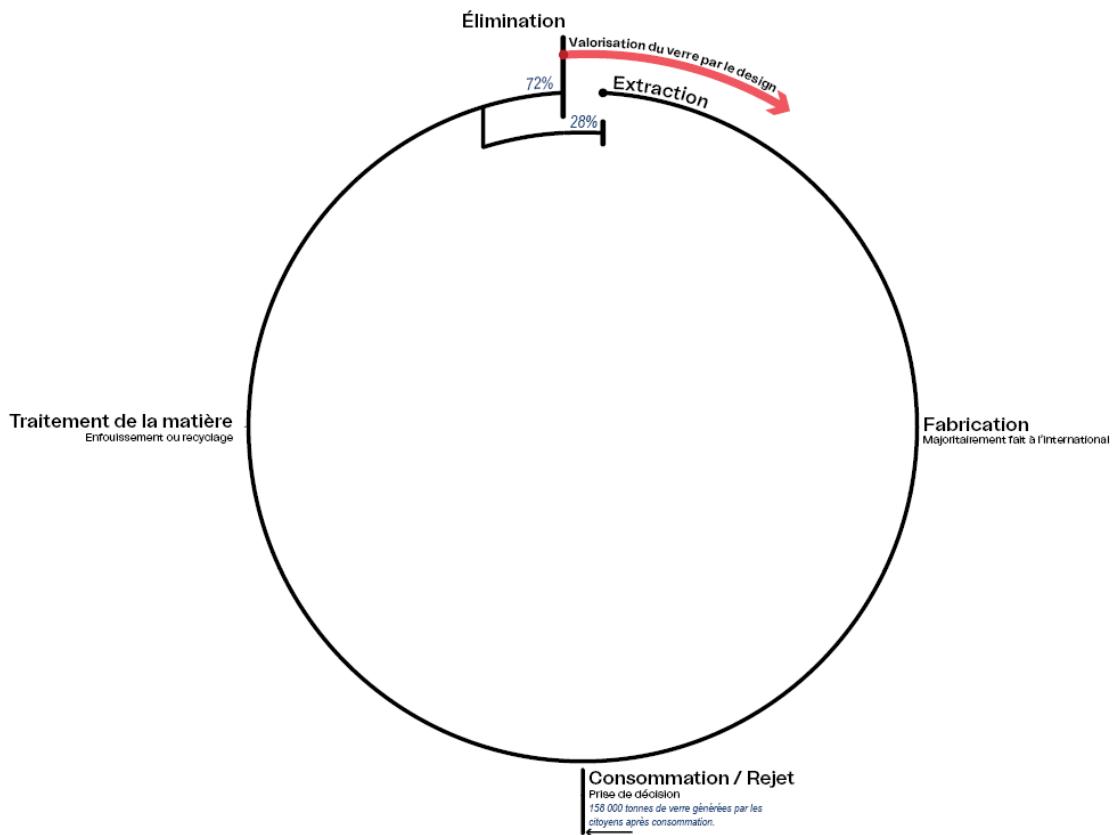
Le projet de recherche création vise donc à requalifier la valeur des rejets de verre disponibles au Québec par une approche en opposition au système en place. Le choix de matière pour l'analyse vient s'ancrer dans une problématique de gestion locale et aborde une matière qui possède un fort potentiel de valorisation souvent négligé. Cette recherche souhaite contribuer à ce que les résidus de verre soient perçus comme une matière première dissociée de son statut de déchet.

Afin de répondre à cette problématique, le chercheur se demande de quelle façon le design peut-il, à travers une approche matérielle et expérimentale, contribuer à modifier la perception et l'utilisation du verre recyclé au Québec ? Pour répondre à cette question principale, trois sous-questions sont élaborées :

- 1) Dans un contexte de surplus de matière actuelle, quelle est la perception du résidu de verre au Québec ?
- 2) Quelle posture le designer doit-il adopter pour travailler avec une matière recyclée comme le verre ?
- 3) Quels procédés de transformation permettent une mise en valeur optimale du verre recyclé tout en respectant ses qualités intrinsèques et en minimisant l'effort de retransformation ?

Le chercheur se concentrera majoritairement sur le verre disponible dans la collecte sélective et la consigne, puisque ce type de collecte est privilégié au Québec et permet de récolter un volume de matière plus important que l'apport volontaire ou la consigne (Chevalier, 2018). Comme mentionné précédemment, la quasi-totalité des ménages (99 %) bénéficie de ce service (Recyc-Québec, 2017). De plus, cette méthode de récupération est celle qui nécessite le moins d'effort de la part du citoyen qui n'a pas à trier les matières et n'a qu'à sortir son contenu personnel le jour de la collecte (Chevalier, 2018). La matière, récupérée chez les citoyens, est acheminée chez les récupérateurs ou les conditionneurs. Ce sont des entreprises privées qui effectuent « la collecte, l'entreposage ou le conditionnement (déchiquetage, mis en ballots, broyage, etc.) de matières résiduelles, en vue de leur recyclage ou leur valorisation » (Recyc-Québec, 2025b). Le chapitre sur la gestion du verre au Québec, présentée en introduction, a permis au chercheur de cibler efficacement et de façon critique son lieu d'intervention représenté par la flèche rouge. Le cycle permet au verre d'être réintroduit sans perdre son aptitude à être recyclé infiniment.

Figure 2.3 Cycle de vie simplifié de la collecte sélective



Note : Figure par le chercheur.

2.2 Méthodologie

Pour démontrer le potentiel de valorisation du verre par le design, le chercheur adopte la méthode de recherche création. Selon la définition du Fonds de recherche du Québec – Société et culture (FRQSC) (2022), la recherche création « [...] vise à produire de nouveaux savoirs esthétiques, théoriques, méthodologiques, épistémologiques ou techniques ». Cette production issue de la création « [...] [offre] un caractère de renouvellement ou d'innovation du point de vue de la démarche suivie, des processus déployés, des technologies ou des matériaux utilisés [et] des modes de présentation ou d'expérimentation [...] ».

Cette définition rejoint la pensée de Lysianne Léchot-Hirt (2015), qui défend la recherche création en design comme une approche « légitime et féconde » (*Ibid.*, 2015), capable de produire du savoir par la

création d'artefacts. Elle critique la rigidité de la recherche académique lorsqu'elle tente de se conformer aux paradigmes des sciences humaines ou des sciences de l'ingénierie, et souligne l'importance d'un mode de production du savoir propre au design. Selon elle, la recherche création ne se limite pas à une simple exploration esthétique ; elle mobilise des décisions conceptuelles et plastiques ayant des effets concrets sur l'expérience et la cognition des usagers (*Ibid.*, 2015). Ainsi, cette approche permet d'expérimenter directement avec les matériaux et d'engager les utilisateurs dans un dialogue sur les possibilités et les implications du design.

Le chercheur oscille ainsi constamment entre recherche et création. Un filon continu se déploie autour du verre recyclé, qui voit évoluer son identité tout au long de la démarche afin de proposer un nouvel esthétisme issu de matière seconde.

Le projet a abordé les propriétés du verre et esquissé un portrait détaillé de la gestion de cette matière au Québec, mettant en lumière les dynamiques de récupération, de transformation et de valorisation actuellement en place. Cette mise en contexte a permis d'analyser les pratiques d'économie circulaire et d'appuyer le lieu d'intervention du chercheur (voir chapitre #1). Le chercheur se positionne en réponse à la vision quantitative, cette recherche propose une approche qualitative qui s'intéresse à la nature même du matériau et à ses caractéristiques intrinsèques. Contrairement à une démarche strictement axée sur l'optimisation économique, une approche qualitative explore la matérialité sous l'angle de ses qualités physiques, sensorielles et esthétiques, permettant ainsi d'envisager des modes de valorisation qui respectent mieux l'identité du matériau. Dans cette optique, le chercheur étudie la matière dans son environnement et essaie de donner un sens ou d'interpréter les phénomènes en se fondant sur les significations que leur apporte cette dernière. Observer et analyser le verre recyclé dans son contexte permet de mieux saisir ses potentialités et d'explorer de nouvelles façons de le requalifier. Ce projet s'adresse donc aux concepteurs et propose une réorientation du rapport à la matérialité par la vision de l'écodesign. En intégrant la recherche création, cette étude ne se limite pas à une observation passive des propriétés du verre recyclé, mais engage une réflexion active à travers l'expérimentation et la production d'artefacts.

La recherche qualitative se construit de façon structurée et propose l'évolution d'un résidu jusqu'à l'acceptabilité d'une matière seconde. Bien qu'un cadre conceptuel guide le chercheur, il se met dans une position de découverte tout au long du processus. Ainsi, les résultats de cette recherche ne sont pas

préalablement définis ; ils se précisent progressivement selon les aspérités découvertes. Cette approche basée sur la découverte permet la sérendipité, un concept qui s'appuie sur le fait de trouver une chose lorsque l'on en cherche une autre ; dans certains cas, la chose trouvée devient plus intéressante que la chose cherchée. Une subjectivité demeure tout de même présente dans les choix des approches et des procédures. Cette subjectivité laisse ouverte l'exploration, mais les aspérités découvertes peuvent dépasser la pensée du chercheur. Cette vision se rattache à l'agir du matériau (Bennet, 2010) qui sera considéré tout au long des explorations.

Cette façon de réfléchir et d'honorer la matière sert de fondement, qui une fois appliquée au verre, guide le chercheur tout au long du projet. Ce dernier se déploie sous trois volets; la perception, la collaboration et l'expérimentation.

2.2.1 La perception

« La perception renvoie à la « représentation », c'est-à-dire à l'image, la prise de conscience que l'on a d'une chose, d'un événement, voire à l'idée que l'on s'en fait. C'est la fonction de notre corps qui permet d'avoir une connaissance du milieu qui nous entoure » (Luyat, 2014). Le chercheur distingue quatre types de perception. La perception environnementale et expérientielle est plus générique et touche la communauté, la perception plastique intéresse davantage le designer et la perception de performance a trait à l'ingénieur.

Ces différentes perceptions influencent directement la manière dont elle est perçue et catégorisée. Ainsi, dans cette section, le concept de résidu est défini, puis remis en question. Le chercheur souhaite démontrer qu'un travail axé sur le vocabulaire et l'identité pourrait transformer la vision sociale attribuée aux matières secondes. En leur conférant de nouveaux qualificatifs, il serait possible de modifier leur perception. C'est pourquoi les termes « matière seconde » et « verre unique » sont utilisés pour décrire le verre recyclé. Le chercheur désire éviter de le qualifier de résidu ou de rebut en cohérence avec le positionnement adopté, et favorise une reconnaissance élargie de cette matière dans les pratiques de design. Cette partie aborde également en profondeur le concept d'agentivité, les différentes théories lui étant associées et le rôle d'actant du chercheur.

2.2.2 La collaboration

La recherche adresse la question de collaboration, qui suggère une association entre les matières et celui qui les met en forme. Une étude théorique oppose d'abord des philosophes comme Enzio Manzini ou encore des designers comme Kontantin Gric présentant leur vision de la matérialité. Cette étude théorique avance la pertinence d'un travail collaboratif qui présente « une matière à la fois champ [de recherche] et co-équipier » (Davril, 2014). Ce rapport entre matière et pratique est, également au cœur de la pensée philosophique de Deleuze et Guattari qui critiquent l'idée d'une matière inerte sur laquelle une forme est imposée de l'extérieur par un sujet humain actif (Alice Jarry, 2020). Le chercheur poursuit ensuite cette réflexion en explorant le concept de lignée technologique qui définit la matérialité comme « [...] un ensemble de singularités prolongeables par des opérations qui convergent et les font converger sur un ou plusieurs traits d'expressions assignables » (Deleuze et Guattari, 1980). Cette pensée guidera la suite de la recherche création, soit l'exploration matérielle du verre unique.

2.2.3 L'exploration

L'exploration permet de définir les propriétés, les limites, les techniques de mise en forme et les outils nécessaires à la transformation de cette nouvelle matière. Ici, les différents procédés de transformation du verre unique sont analysés, et pour certains, testés par le chercheur. Certaines techniques sont retenues et appliquées, puisqu'applicables au verre unique, d'autres sont rejetées. Des constats suivent donc ces explorations. Cette phase est présentée par un graphique évolutif qui montre les interactions entre matière et chercheur. Cette série d'interactions s'appuie sur la littérature existante pour le verre pur, puis l'adapte et la modifie selon les découvertes. Cette façon de faire est préconisée, comme la littérature qui concerne la mise en forme du verre recyclé est limitée.

2.2.4 La diffusion

Finalement, le volet diffusion, qui se déroule tout au long du projet de recherche, permet de démontrer le potentiel des points avancés par la création d'artéfacts, réalisés lors de la phase d'exploration. Cette façon de fonctionner est pensée pour répondre aux exigences de la recherche création, qui stipule que la pratique doit répondre et améliorer les façons dont les humains peuvent habiter et interagir avec le monde. Ici, des photographies et des visuels démontrent le potentiel de la matière et illustrent les différentes propriétés découvertes. L'objectif final est de permettre l'appropriation par les pairs de cette matière seconde, afin de questionner les standards de l'industrie et ainsi multiplier les capacités de valorisation liées à l'utilisation d'une matière seconde. Dans cette optique, le mémoire dans son ensemble constitue

le principal outil de diffusion, en intégrant de manière transversale les résultats de la recherche théorique et pratique, plutôt qu'intégrer ce volet dans un chapitre distinct.

CHAPITRE 3

LA PERCEPTION

Dans ce chapitre, où les flux de matières excèdent les capacités de transformation (voir chapitre 1), analyser la perception des résidus permet de comprendre les mécanismes qui conduisent à leur élimination. Pour déceler la perception du verre résiduel au Québec, il faut d'abord clarifier ce qui définit un déchet. Avant d'être rejetées par l'usager, les matières passent par un processus de disqualification propre à chaque individu. L'analyse du mot « déchet » permet de mieux saisir à quel moment une matière passe du statut de ressource exploitable à celui de résidu. Une fois ce point éclairci, le chercheur propose d'explorer des alternatives conceptuelles, notamment à travers l'agentivité, afin de modifier la perception de cette matière et de contribuer à ce qu'elle ne soit plus perçue comme résiduelle.

3.1 Le déchet

3.1.1 Ontologie du déchet

La notion de déchet constitue une prémissse fondamentale de ce projet de recherche. L'analyse du terme permet de comprendre à quel moment et pourquoi un bien devient-il indésirable. Cette réflexion s'inscrit dans une étude plus large des relations qu'une société entretient avec ses résidus, tout en mettant en lumière les logiques de gouvernance qui sous-tendent leur gestion, leur tri et leur valorisation.

Pour en cerner les notions culturelles et symboliques, il convient d'abord de s'attarder à l'étymologie et aux définitions du mot. Le mot « déchet », est dérivé du verbe déchoir, qui signifie « tomber dans un état inférieur à celui où l'on était » (Casevitz, 2021). Le dictionnaire Le Robert (s.d.) le définit comme :

Une perte ou une diminution qu'une chose subit dans l'emploi qui en est fait ;
Ce qui reste d'une matière qu'on a travaillée ou ;
Un résidu impropre à la consommation, inutilisable.

Le mot « déchet » renvoie à « ce qui reste » ou « ce qui subsiste » après un usage ou une transformation (*Ibid.*, s.d.). Ce « reste », alors nommé résidu, est perçu comme quelque chose d'impropre, de sale et/ou d'encombrant. Ainsi, la saleté ou le déchet sont des synonymes qui décrivent des choses qui ne sont simplement pas à leur place dans un certain ordre ou contexte (Knaebel, 1991). Ce concept fonctionne comme un barème, permettant de distinguer les substances ou objets jugés désirables de ceux qui sont

indésirables. Bref, une classification subjective détermine ce qui est « sale, moins sale et le reste » (Hill, 2009) et cette hiérarchisation transgresse également dans le tri que l'on fait de nos matières, soit ce qui est un déchet, ce qui peut être recyclé et les objets du quotidien à conserver (Knaebel, 1991).

La définition du déchet est donc essentiellement qualitative : elle repose sur un jugement subjectif de la saleté et de l'utilité. Un même objet peut ainsi être perçu comme fonctionnel ou désirable par certains, alors que d'autres le considéreront comme un résidu indésirable. La perception du déchet est relative et tributaire du contexte social, économique et culturel dans lesquelles les individus s'inscrivent. Ces dimensions déterminent les seuils de tolérance, influencent les pratiques d'élimination et orientent les logiques de valorisation adoptées par les usagers. Dans cette optique, le déchet peut aussi être envisagé comme un révélateur des dynamiques sociales : il permet de questionner les modes de production, les habitudes de consommation et les valeurs propres à une culture donnée (Pesqueux, 2016).

Par exemple, les dispositifs mis en place pour éliminer les matières résiduelles illustrent le rapport qu'une société entretient avec celles-ci. Dans les sociétés orientées vers la consommation de masse, l'élimination du déchet tend à être plus présente et plus acceptée. Cette acceptabilité repose en grande partie sur la capacité des infrastructures à l'évacuer rapidement, proprement et sans désagrément. Ainsi, le déchet est éloigné facilement de notre quotidien, physiquement et mentalement (Hill, 2009). Dans ce contexte, la réparation des objets est souvent délaissée au profit de leur remplacement par des produits neufs, favorisant un cycle rapide de consommation et de mise au rebut. À l'opposé, dans plusieurs pays en développement, le déchet est perçu comme une ressource susceptible de générer une forme de revenu (Pesqueux, 2016). Des écosystèmes locaux de récupération, de réparation et de revalorisation y sont mis en place, témoignant d'une approche circulaire et contextualisée. Cette dynamique s'est notamment manifestée dans le contexte de l'exportation des matières recyclables mal triées, envoyées pendant de nombreuses années vers ces pays, où elles ont été intégrées à des systèmes locaux de valorisation (Mercure, 2019).

C'est également le cas à la frontière entre les États-Unis et le Mexique. Des objets mis au rebut par des résidents américains traversent la frontière « [...] non pas pour y mourir, mais pour y renaître » (Hill, 2009). À Anapra, un quartier autoconstruit de Ciudad Juárez, des matériaux jetés sont réemployés dans la construction de l'environnement bâti. Des pneus servent de murs de soutènement, tandis que des palettes

de bois sont transformées en clôtures. Cette approche révèle une capacité à revaloriser des ressources autrement disqualifiées.

Figure 3.1 Anapra, Juárez, Mexique



Note : (Redaccion, 2018)

Cet exemple montre les divers niveaux d'acceptabilité du déchet et permet de mieux comprendre cette limite ambiguë qui classe la matière. Cette frontière n'est ni fixe ni universelle : elle est soumise à des variables culturelles, sociales, économiques, mais aussi symboliques. Une distinction se crée entre ce qui est propre et ce qui est sale, le sale étant ici la première étape du cycle de vie d'un déchet. La matière franchit une première frontière symbolique et fonctionnelle : celle de l'utile à l'inutile (Pesqueux, 2016).

Cette première frontière marque le moment où un bien cesse d'être un objet privé pour devenir, par le geste du rejet, une responsabilité publique. Il est alors déposé sur le bord du chemin, dans l'espace public, pour être pris en charge par les dispositifs de collecte municipaux. Ce transfert s'accompagne d'un détachement symbolique : le propriétaire cesse d'en assumer la responsabilité et délègue son devenir à une instance extérieure. L'objet devenu déchet échappe ainsi au champ de la préoccupation individuelle. Il devient invisible pour le citoyen, malgré le fait qu'il continue à exister matériellement, parfois pendant plusieurs décennies, au sein d'une chaîne de traitement ou dans un site d'enfouissement (Pesqueux, 2016).

Un objet subjectivement catégorisé comme déchet franchit une première frontière, celle de la perception visuelle. La seconde transition s'opère, celle du passage du déchet de l'intérieur vers l'extérieur. Cette seconde étape, spatiale et symbolique, marque le moment où l'objet, auparavant intégré à un espace domestique structuré et contrôlé, est expulsé dans un espace extérieur, non structuré (*Ibid.*, 2016). Ce déplacement physique du résidu incarne une forme de retour paradoxal à la nature. Ce processus de transition fonde la deuxième frontière: « vouloir – culpabilité [...], mauvais vouloir quand il s'agit de rejeter sans autre forme de procès, bon vouloir quand il s'agit de trier, de conditionner » (*Ibid.*, 2016). Lorsque le déchet est correctement trié, le détenteur, il permet au déchet de se retrouver dans un cycle de valorisation. Ainsi, le déchet recyclé pourrait paradoxalement revenir dans la sphère privée. La reprivatisation du déchet, par sa transformation ou son recyclage, fonde ainsi « [sa] genèse et [son] cycle de vie » (*Ibid.*, 2016).

C'est sur cette idéologie que les thématiques de récupération, de réutilisation ou de recyclage se développent, le but étant de valoriser le déchet pour espérer son retour éventuel dans la sphère privée. Les sociétés de consommation, comme le Québec, priorisent cette logique au détriment de la réduction à la source. La problématique du déchet est donc résorbée en amont plutôt qu'en aval. Ce cycle démontre, selon Bertolini (1990), que le déchet est nomade et que son statut n'est que provisoire. À l'aide du recyclage, le déchet va évoluer et se modifier afin de devenir autre chose. Le recyclage pose donc une dernière frontière ; celle où le déchet n'est plus (Pesqueux, 2016). Cependant, notre système est conçu de façon à ce que, pour franchir cette dernière frontière, le déchet se doit de posséder une valeur politique et économique.

3.1.2 La Gouvernance du déchet

La gestion du déchet ne relève pas uniquement de jugements individuels ou culturels. Elle est aussi structurée par des logiques politiques, économiques et institutionnelles qui encadrent leur traitement.

Ces logiques s'accompagnent de dimensions normatives, morales et politiques, susceptibles d'influencer le fonctionnement des sociétés. Le déchet, « donne [entre autres] prise à la construction politique d'une dimension [...] morale (le déchet, ce n'est pas bien et c'est en cela qu'il est qualifié d'ordure, notion à connotation négative) et d'une dimension politique (quelle attitude face au déchet dont il s'agit le plus souvent de se débarrasser [...]) » (Pesqueux, 2016). C'est notamment le cas de la problématique de recyclage du verre au Québec qui constitue maintenant un enjeu de société médiatisé. D'un point de vue

moral, le verre possède une grande importance puisque de nombreux citoyens sont conscients qu'il peut être recyclé à l'infini. Ils demandent donc qu'il soit pleinement recyclé. D'un point de vue politique, comme la population demande un recyclage optimal du verre et une recyclabilité infinie, on tente de purifier le verre par un système amélioré de gestion des résidus. Cependant, comme vu dans le Chapitre 1, une amélioration du tri ne garantit pas nécessairement une plus grande quantité de matière recyclée. Cela pourrait permettre à des entreprises telles qu'Owens Illinois de réutiliser un plus grand apport de verre québécois, mais la quantité serait tout de même trop importante.

Au-delà des dimensions morales et politiques, le recyclage repose également sur des logiques économiques. La valeur marchande de la matière conditionne sa prise en charge et sa transformation. Le coût associé à la collecte, au tri et à la transformation, excède la valeur de la matière récupérée. Ce qui affecte de facto sa recyclabilité. Le verre est un exemple probant. Bien qu'il soit recyclable à l'infini, son poids élevé, son coût de transport et la complexité de son tri en font une matière peu rentable dans certains contextes. Cela révèle une tension fondamentale dans les systèmes de gestion des déchets : la recyclabilité technique d'un matériau ne suffit pas à assurer son recyclage effectif sans un modèle économique qui soutient la valorisation.

En somme, le statut du déchet ne relève pas uniquement de critères techniques ou matériels, mais bien d'une construction sociale, culturelle, politique et économique. Sa perception est conditionnée par des logiques de tri, des systèmes de gouvernance, ainsi que par la valeur qui lui est attribuée. Modifier cette perception apparaît comme un levier stratégique pour favoriser sa réintégration dans des cycles de valorisation variés. Pour le design, cela implique de considérer le déchet non comme une fin, mais comme un point de départ : une matière dotée d'un potentiel d'expression, d'usage et de transformation uniques.

Le prochain chapitre propose de questionner la perception d'une matière résiduelle et les qualificatifs qu'on emploie pour la décrire. Le concept d'agentivité est défini, puis examiné à travers son évolution et son application par différents philosophes.

3.2 Revoir la perception de la matière

3.2.1 Définition de l'agentivité

Selon l'Office de la langue française (2017), le concept d'agentivité, traduit du mot anglais agency, désigne la faculté, pour un agent, d'agir et d'influencer les événements et les êtres qui l'entourent. Couramment

utilisé en sciences sociales, il fait l'objet d'un certain consensus et renvoie à une forme de « puissance d'agir » (Laplante, 2021). Toutefois, cette notion demeure sujette à débat dès qu'il s'agit de déterminer à qui elle s'applique. Comme le souligne Laplante (2021), elle « [...] suscite la dissension dès qu'il s'agit de la qualifier ou de l'allouer à l'humain ou au non humain, ou encore à l'individu ou à la structure ». Comprendre comment cette puissance d'agir se manifeste et à qui elle peut être accordée constitue un enjeu central dans l'analyse des relations entre humains, objets et systèmes. La prochaine section explore différentes approches théoriques de l'agentivité en sciences sociales afin d'en préciser son axe conceptuel.

3.2.2 Théorisation de l'agentivité

Chez plusieurs théoriciens comme Weber (1991) ou Durkheim (1967), l'agentivité est généralement envisagée à travers l'action humaine, conditionnée par des choix conscients. Contrairement à l'animal, par exemple, l'humain est considéré comme capable de décision réflexive, bien que son pouvoir d'agir demeure « contingent [...] aux structures qui impliquent la contrainte » (Laplante, 2021). La structure fait ici référence à l'organisation et au système dans lequel nous vivons, soit les cadres sociaux, économiques et institutionnels qui façonnent nos actions. Ces cadres se construisent et se renforcent par les interactions entre les individus eux-mêmes, chaque action étant à la fois le produit d'un contexte social et un facteur qui contribue à façonner ce contexte. Bref, l'individu est à la fois influencé par les comportements d'autrui et, en retour, les traduit à travers ses propres choix.

D'autres théoriciens, tels que Ingold (2017), proposent de détacher l'agentivité non seulement des structures sociales et des individus, mais aussi des catégories de sujet et d'objet. Selon Ingold, l'agentivité émerge d'une action propre à la nature même de l'être concerné, une action « attentionnelle plutôt qu'intentionnelle » (Laplante, 2021). Cette approche suggère que l'agentivité n'est pas nécessairement dirigée par une volonté consciente, mais découle plutôt d'une présence active et attentive au monde. Cette idéologie rejoint les pensées de Deleuze et Guattari (1980), qui envisagent une forme d'immanence traversant à la fois les individus et les structures. Ils décrivent une agentivité en mouvement perpétuel, évoluant de « métastabilité en métastabilité » (Laplante, 2021). Dans cette perspective, l'agentivité ne préexiste pas à l'action, mais se constitue dans un flux d'interactions entre éléments.

Plus le concept évolue dans le temps, plus il semble s'éloigner d'une conception centrée sur l'humain, pour se déployer dans un réseau d'influences entre êtres vivants, objets et environnements. On voit ainsi se dessiner une notion d'agentivité détachée de l'intentionnalité et de la subjectivité humaine (Ingold, 2017).

Comme le propose Gell (1998), l'humain, l'animal ou la chose peuvent exercer une agentivité, dans la mesure où ils ont le potentiel d'influencer les relations avec d'autres éléments. Les « rapports qui composent un individu, qui le décomposent ou le modifient, correspondent à des intensités qui l'affectent, augmentant ou diminuant sa puissance d'agir, venant des parties extérieures ou de ses propres parties » (Deleuze et Guattari, cité dans Laplante, 2021). L'agentivité n'est donc pas une propriété fixe : elle émerge d'un réseau dynamique d'interactions et se déploie à travers des flux, plutôt que d'être attribuée à un sujet ou à un objet de façon stable.

En somme, le concept d'agentivité propose une puissance d'agir, d'agent humain et non-humain qui s'influencent de façon plus ou moins importante allant au-delà de la notion de structure et d'individu, mais aussi de sujet et d'objet. L'agentivité peut ainsi émerger de toute entité et se manifester de manière continue dans un réseau d'interactions (Laplante, 2021).

Cette agentivité appliquée aux choses permet de remettre en perspective les problèmes environnementaux. Latour (Cité dans Laplante, 2021), dans sa réflexion sur l'Anthropocène, propose de « [...] distribuer cette agentivité aussi loin et de manière aussi différenciée que possible, jusqu'à ce que les concepts de sujet et d'objet n'aient plus d'intérêt ». Dans cette perspective, la matière n'est plus considérée comme passive ou secondaire, mais comme actant, sur un pied égalitaire avec l'humain. Dans *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things* (2010), Jane Bennett approfondit la pensée de Latour en mettant l'accent sur les objets et leur puissance d'agir. Cette approche, qui propose une reconsideration de la matière comme actant dans les processus de conception, constitue un concept clé pour ce projet de recherche et sera détaillée dans le chapitre suivant.

3.2.3 L'agentivité selon Jane Bennett : Things Power

Jane Bennett, philosophe et théoricienne politique américaine, est reconnue pour ses travaux sur la matérialité, l'écologie politique et la pensée vitaliste. Dans ses recherches, elle cherche à démontrer le rôle actif des matériaux non humains dans la sphère publique : « In short, [she] [...] will try to give voice to a thing-power » (*Ibid.*, 2010). Elle distingue d'abord l'objet de la chose. L'objet correspond à ce que l'on reconnaît selon une identité : un nom, une fonction, une forme stéréotypée. À l'inverse, les choses (things) signalent le moment où l'objet devient autre où le sujet expérimente la chose de façon incertaine, étrange, ou inconnue. La chose représente alors une force non visible qui échappe aux cadres habituels de connaissance et de représentation. Dans l'ouvrage *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things* (2010),

Bennett illustre cette distinction à partir d'un amas de déchets dans une bouche d'égout, formé d'un assemblage de matières hétérogènes — gant, feuille, métal, plastique. Cet amas cesse d'être perçu comme un simple résidu identifiable et acquiert une présence autonome et agissante. Il devient une chose, non plus par sa fonction ou sa forme, mais par l'intensité de son effet sur l'attention du sujet.

Bennett évoque la pensée de Spinoza (1849) pour s'en distancer sur un point précis : sa distinction entre le corps humain et les autres corps, en affirmant que la vertu humaine consiste à « vivre sous la conduite de la raison » (Spinoza, cité dans Bennett, 2010). Si Spinoza accorde une place privilégiée à la rationalité humaine, Bennett cherche, au contraire, à mettre en lumière la puissance d'agir des corps non humains, indépendamment de toute intention ou raison. Elle retient néanmoins de Spinoza l'idée que tout corps, humain ou non, possède une force de persévérance en son être, un *conatus* (*Ibid.*, 2010), qui témoigne d'une puissance d'agir propre. Cette puissance d'agir est équivalente pour tous les êtres, qu'ils soient perçus comme plus ou moins parfaits :

Any thing whatsoever, whether it be more perfect or less perfect, will always be able to persist in existing with that same force whereby it begins to exist, so that in this respect all things are equal. Even a falling stone is endeavoring, as far as in it lies, to continue in its motion » (Bennett, 2010).

Contrairement à Spinoza qui donne priorité aux humains comme corps connaissant, Bennett propose l'inverse en plaçant la chose en tant qu'actant. Elle tente de désigner le moment où une chose acquiert son indépendance, passant ainsi du langage épistémologique (théorie de la connaissance), à l'ontologie (théorie de l'être). Elle explique : « I will try to give voice to a vitality intrinsic to materiality, in the process absolving matter from its long history of attachment to automatism or mechanism » (2010). Par exemple, une bouteille de verre brisée peut s'affranchir de son usage initial et se manifester comme un objet singulier, défini par sa présence matérielle et ses caractéristiques physiques : éclats, résistance, couleur, texture, etc.

Bennet affirme que le développement d'une vitalité matérielle singulière permettrait des interventions plus judicieuses et écologiques dans notre rapport au milieu. Elle appelle à limiter notre surconsommation et à reconnaître la continuité de la vie de la matière, y compris lorsqu'elle est jetée à la poubelle. Bennett soutient que la matière résiduelle est, à la fois le produit de l'activité humaine, et tout ce qu'on aimerait cacher de celle-ci. L'objectif est de parler de « choses en soi », dotées d'une valeur propre, et non plus simplement d'objets à exploiter à notre guise (Granjou, 2014).

Sa théorie propose un assemblage dynamique entre l'être humain et la chose, et invite à porter attention à la vie impersonnelle qui nous entoure. La chercheuse soutient que la matière ne se définit pas uniquement par son usage, mais qu'elle possède une dynamique propre qui contribue au monde par ses interactions et ses agencements. Dans cette perspective, le travail du designer consiste à reconnaître cette vitalité, à entrer en dialogue avec elle et à lui conférer une aspérité singulière par la mise en forme. Ce positionnement invite le designer à considérer la matière non comme une entité passive, mais comme un partenaire actif dans le processus de création. Cette idée sera approfondie dans les chapitres suivants.

3.3 L'agentivité du morceau de verre

Cette section souligne la vitalité du verre recyclé en mettant en évidence l'agentivité que lui reconnaît le chercheur. En illustrant cette vitalité, on renforce l'idée que la matière ne se réduit pas à un simple déchet. S'appuyant sur la pensée de Jane Bennett, la démarche vise à considérer les choses comme un assemblage unique d'éléments. Cette lecture subjective du matériau, rendue possible par une attention particulière portée au contexte, a permis au chercheur de percevoir ce que Bennett nomme le « *thing-power* » (2010).

L'agentivité du verre recyclé sera démontrée par une perspective qui évolue à travers différentes échelles d'observation, à la manière du film *Powers of Ten* des designers Charles et Ray Eames (1977). En s'attardant d'abord à la dynamique moléculaire du verre, puis à sa mise en forme et enfin à son usage post-consommation, il devient possible de percevoir la matière non plus comme une substance inerte, mais comme un agent actif. Ce regard permet de reconnaître une vitalité matérielle immanente, porteuse de contraintes, mais aussi de possibilités formelles et esthétiques. Le travail du designer s'inscrit alors dans une position d'écoute et d'interaction, idée qui sera développée dans le chapitre suivant sur la collaboration.

3.3.1 L'agentivité dans la dynamique moléculaire du verre recyclé

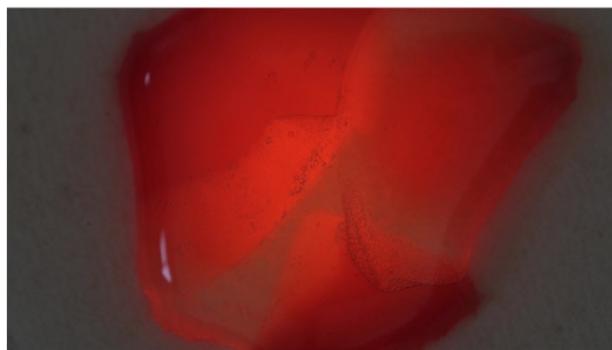
Par sa dynamique moléculaire, le verre démontre une certaine vitalité. Son organisation atomique « [...] se situe entre celle des solides (ordonnée, cristallisée) et celles des liquides (en mouvement donc amorphe) » (Infovitrail, s.d.). L'état vitreux désigne un solide amorphe dans lequel la répartition des atomes est désordonnée et figée dans le temps. Cette aspérité, même si elle est moins perceptible que pour les matériaux liquides, démontre une matière en mouvement figée temporairement et forcée ainsi. C'est d'ailleurs cet agencement qui complexifie le travail de ce matériau. La fusion et le refroidissement doivent être bien contrôlés pour ne pas infliger de stress au matériau. Le tout doit se faire progressivement afin

de ne pas créer une trop grande tension interne entre les atomes, ce qui pourrait conduire à des fissures, des bris ou des éclatements. Pour le chercheur, ce travail à l'échelle moléculaire permet de contrer le désir des molécules de retrouver leur position initiale ordonnée et renforce l'idée d'une collaboration avec un matériau non inerte.

3.3.2 L'agentivité lors de la mise en forme du verre recyclé

Les enjeux liés au façonnage du verre sont plus nombreux lors de la fusion de verre recyclé, puisqu'elle implique l'amalgame de verres aux compositions chimiques variées. Comme vu au chapitre 1, le verre est composé majoritairement de silice, mais il est possible d'ajouter différents oxydes pour lui conférer diverses propriétés. Par exemple, les oxydes de sodium et de potassium font baisser la température de fusion de 1730 C° à 1400 C°, tandis que d'autres oxydes, comme l'oxyde de cobalt (bleu), servent à colorer le verre (*Ibid.*, s. d.). Ces différentes compositions ont pour effet de faire varier les coefficients de dilatation (variation de la longueur par degré de changement de température) lors de la fusion et du refroidissement (*Ibid.*, s.d.). Par exemple, le verre sodocalcique possède un coefficient élevé en opposition au verre borosilicaté. Ainsi, au courant des variations de température, le morceau sodocalcique prend beaucoup d'expansion et de recul comparativement au morceau borosilicaté, générant ainsi des tensions internes susceptibles de provoquer des fissures, bris ou éclatements. Les photos présentées ci-bas illustrent la fissure dans un morceau de verre qui a été refroidi trop rapidement suite à la fusion.

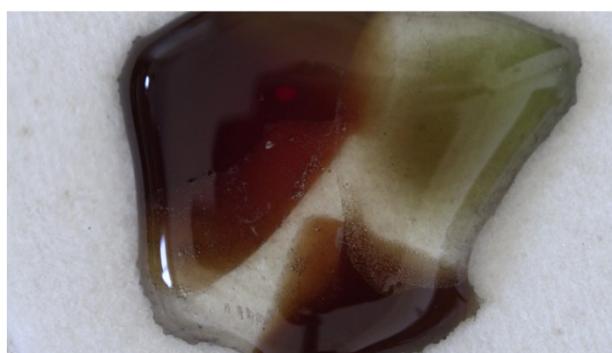
Figure 3.2 Éclatement d'un morceau de verre fusionné en fonction du temps de refroidissement



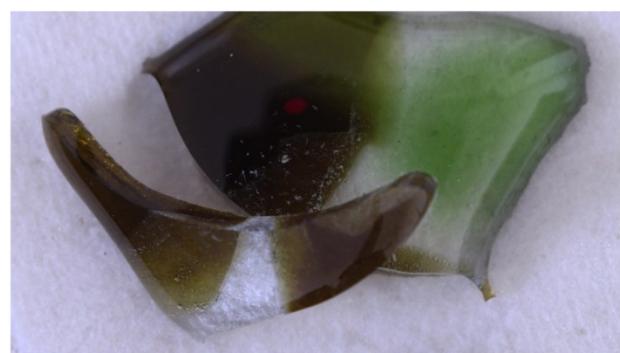
Temps de refroidissement: 00:00:10s.



Temps de refroidissement: 00:00:30 s.



Temps de refroidissement: 00:02:30 min.



Temps de refroidissement: 00:05:02 min.

Note : Figure par le chercheur.

Les tensions internes du verre peuvent être mises en évidence à l'aide d'un polariscope. Le verre est une matière isotrope, c'est-à-dire « [q]ui présente les mêmes propriétés dans toutes les directions » (Le Robert, s.d.). Toutefois, lorsque le matériau présente des tensions résiduelles issues d'une fusion ou d'un refroidissement inadéquat, la lumière polarisée traversant la pièce est diffractée, générant des ondes lumineuses visibles sous forme de stries ou de motifs colorés. Cet effet optique permet de transposer à l'échelle macroscopique des tensions présentes à l'échelle microscopique, les rendant ainsi perceptibles à l'œil nu. Ce constat ouvre ainsi la voie à une compréhension plus profonde de la dynamique vitreuse, qui se manifeste également dans d'autres phénomènes tels que la dévitrification.

Figure 3.3 Observation des contraintes internes d'un verre au polariscope



Note : (Luceo, 2022)

Le verre fusionné peut subir un phénomène de dévitrification lorsque certaines conditions thermiques ne sont pas respectées, notamment lors d'une montée en température trop rapide ou d'un refroidissement trop lent après la fusion. Lors de ce phénomène, « [l']état vitreux disparaît en même temps que sa structure s'organise, se cristallise » (Infovitrail, s.d.). La matière perd alors ses propriétés optiques de transparence, adopte une apparence opalescente et passe vers une phase cristalline de type rocheux, ce qui altère sa capacité à être recyclée à l'infini.

Figure 3.4 Verre dévitrifié versus verre fusionné



Note : Figure par le chercheur.

3.3.3 L'agentivité dans les usages post-consommation du verre recyclé

Bien que la dynamique moléculaire du verre et ses conditions de transformation illustrent une vitalité intrinsèque à ce matériau, cette vitalité se prolonge aussi dans son utilisation post-consommation.

Une fois écarté de la sphère d'usage, le verre conserve une capacité d'agir. La prochaine section explore les aspects issus des processus de traitement et des transformations subies par la matière recyclée. Ces changements témoignent d'un second type de vitalité, observé par le chercheur dans le parcours industriel du verre. Une fois jeté, le verre est transporté par camion, fracassé et parfois nettoyé. Il est ensuite trié, entreposé, rejeté ou valorisé. Chaque étape de ce processus laisse une trace inaltérable sur la matière. Cette empreinte révèle sa singularité et devient potentiellement source de créativité. Nous avons tendance à percevoir les choses comme « des formes stables et fixes » (Bennett, 2010), mais « les objets sont des matérialités mobiles qui vieillissent plus lentement que nous, qui s'altèrent à une échelle inférieure au seuil de la perception humaine » (*Ibid.*, 2010). Cela renforce l'idée, souvent implicite, que la matière est stable et inerte, alors qu'elle est en réalité en constante évolution. Dans le cas du verre recyclé,

ces transformations sont visibles, et redéfinissent la matière brute elle-même. Reconnaître cette agentivité revient à admettre que le parcours industriel du verre façonne non seulement ses propriétés physiques, mais aussi ses potentialités esthétiques et expressives.

Figure 3.5 Morceaux de verre unique



Note : Figure par le chercheur.

Lorsqu'il est jeté après utilisation, un morceau de verre prend en moyenne 4000 ans à se décomposer dans l'environnement s'il n'est pas recyclé (LemonTri, 2024). Cette durée dépasse largement l'échelle humaine, mais elle est souvent non perceptible en raison du système de gestion des déchets en place. Dans *Vibrant Matter*, Bennett critique le matérialisme de la société de consommation, qui valorise l'accumulation de produits tout en réduisant leur durée de vie. Ce paradoxe produit une forme d'« antimateriality » (Bennett, 2010), où la matière est à la fois omniprésente et effacée de notre culture. Sensibiliser la vie incessante d'une matière, tel que proposé par l'agentivité de Jane Bennett, permet de revoir nos relations avec les choses qu'on consomme et de reconsiderer la limite entre objet et déchet.

Les Meadowlands, situés dans le nord-est du New Jersey, ont été en grande partie urbanisés au XXe siècle et sont devenus des sites majeurs d'enfouissement pour la ville de New York. Dans *The Meadowlands: Wilderness Adventures at the Edge of a City*, Sullivan (1998) observe la persistance matérielle des déchets dans un écosystème urbain transformé. Dans le chapitre *Valley of the Garbage Hills*, Sullivan rapporte sa visite sur ces terrains et décrit l'activité continue de la matière résiduelle. Il écrit : « [...] a vital materiality can never really be thrown 'away,' for it continues its activities even as a discarded or unwanted commodity » (*Ibid.*, 1998).

Une observation analogue a été faite par le chercheur lors de visites de terrain au Complexe environnemental de Saint-Michel et chez 2M Ressources à Saint-Jean-sur-Richelieu (Figure 13). Dans ces lieux, la matière, retirée du cycle de consommation, demeure présente et conserve un potentiel de transformation. Ces accumulations confirment que la matière ne disparaît pas une fois rejetée, mais qu'elle persiste, se déplace et continue à agir dans son milieu.

Figure 3.6 Verre post-consommation retrouvé à proximité du Complexe environnemental de Saint-Michel (Montréal), et accumulation de verre chez 2M Ressources (Saint-Jean-sur-Richelieu)

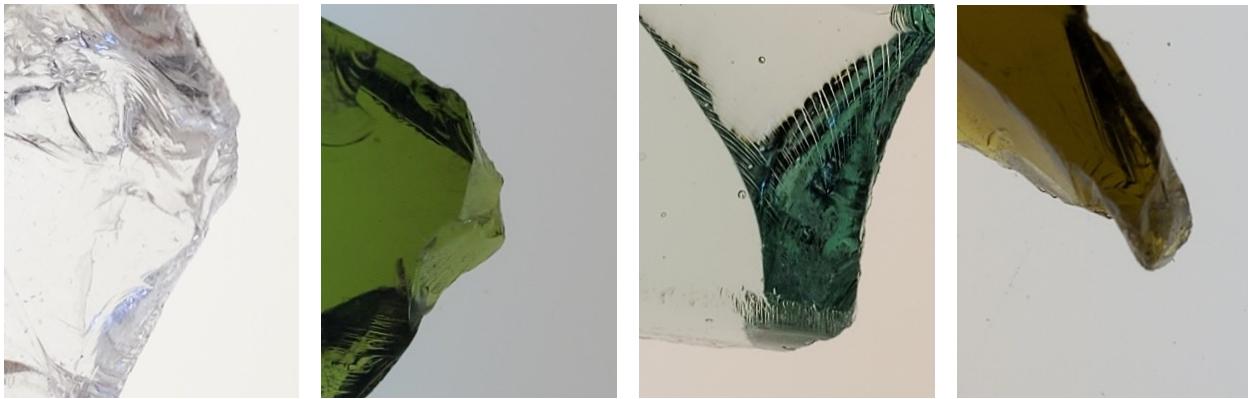


Note : Figure par le chercheur.

Des choses inanimées peuvent produire des effets — un agir — même après qu'on ait cherché à les éliminer, comme l'explique Bennett dans sa théorie du thing-power (Bennett, 2010). Dans les deux centres visités, les morceaux de verre apparaissent comme des minéraux de matière transformable dotés d'une valeur potentielle.

La notion d'agir est donc pertinente pour la valorisation du verre recyclé par le design. En effet, elle permet de ne pas considérer cette matière comme stable et inerte, mais plutôt comme un assemblage d'éléments uniques, constitués du morceau de verre en mouvement, en flux, en variation, « porteur[rs] de singularités et de traits d'expressions » (Jarry, 2020).

Figure 3.7 Verre unique



Note : Figure par le chercheur.

3.3.4 Revalorisation matérielle et vocabulaire en transformation

Reconnaître l'agentivité du verre recyclé, c'est reconnaître une matière active, marquée par un parcours, des contraintes et des spécificités qui influencent sa mise en forme. Loin de chercher à masquer ses irrégularités, cette approche les intègre comme des éléments constitutifs de son identité. Ces caractéristiques, combinées au savoir-faire du designer, confèrent une plus-value qui révèle de nouvelles potentialités. En ajustant les termes employés pour décrire le verre, on amorce un déplacement du regard susceptible de favoriser d'autres formes de reconnaissance matérielle. Ce travail avec la matière vise à comprendre ce qu'elle peut faire plutôt qu'à définir ce qu'elle est.

Une telle perspective se reflète dans le travail de l'artisan verrier Jean-François Boivin, qui explore les tensions entre le verre, la technologie et le geste, et illustre une approche sensible et non normative de la matière transformée. Lors d'une entrevue réalisée en 2021, il partage une vision singulière du verre recyclé, fondée sur l'observation attentive des effets de la transformation thermique. Il parle d'un verre « [...] déchiré, à la fois opaque et transparent, parfois fendu [qu'il] conserve autant que possible brut, carré et tranchant, comme reçu de cuissons intenses et répétées » (Boivin, 2021). L'artisan ne cherche pas à masquer les aspérités ni à imposer une forme, mais entre plutôt en dialogue avec la matière, en transmettant ce qu'elle lui évoque. Il s'oppose également « [...] aux caractéristiques habituellement recherchées : fluidité, douceur, transparence, luminosité, pureté, finesse, élégance, perfection, fragilité, etc. Des phases rocheuses ou dévitrifiées se mêlent à sa fluidité habituelle, une danse ou un combat s'établit au sein du médium » (*Ibid.*, 2021).

Cette posture met en lumière une manière de concevoir la matière à partir de ses manifestations, plutôt que de sa signification (Thielemans, 2015). L'objectif devient alors de révéler ses possibilités expressives dans une logique de requalification : « recategorizing waste as a valuable resource, we can find ways of addressing some of our most existential environmental problems » (Treggiden, 2020).

Le terrazzo illustre également comment un matériau issu du rebut peut être transformé par une approche matérielle et contextuelle. À Venise, dès le XVe siècle, les artisans ont développé un savoir-faire consistant à réutiliser les éclats de pierre issus de la construction des palais pour fabriquer des revêtements de sol plus accessibles, en s'inspirant des mosaïques antiques (Porro, 2018). Cette pratique montre que la valeur d'un matériau ne repose pas uniquement sur son origine, mais sur ce qu'il devient lorsqu'il est intégré à un système technique, culturel et esthétique cohérent. Aujourd'hui, le terrazzo est perçu comme un matériau noble, largement utilisé en architecture et en design.

Ces exemples, tirés de pratiques passées ou actuelles, montrent que la transformation matérielle s'accompagne souvent d'une requalification symbolique. Comme il est démontré à travers ces cas, il devient nécessaire de reconsidérer les termes employés pour désigner la matière. C'est à cette dimension lexicale que s'attarde la section suivante.

3.3.5 Requalification matérielle et lexicale

Reconnaitre le potentiel actif du verre recyclé implique également de reconnaître l'incidence du vocabulaire sur notre perception des matériaux. Le langage mobilisé pour qualifier une matière influence non seulement son statut, mais aussi les usages et les valeurs qui lui sont associés. Repenser ce vocabulaire permet ainsi d'ouvrir de nouvelles perspectives de valorisation, en accord avec les dynamiques expressives et transformatives de la matière elle-même. Dans cette perspective, et comme le proposent les différents auteurs cités dans ce chapitre, la matière ne doit plus être perçue comme une entité passive, mais comme un acteur au sein d'un réseau. Cette posture permet d'élaborer une syntaxe propre à cette matière, fondée non sur sa forme, mais sur sa capacité à produire des effets dans un contexte donné. Cette approche prolonge la réflexion amorcée dans le chapitre précédent, où il a été démontré que la notion de déchet repose sur des critères culturels, politiques et symboliques. Il ne s'agit donc plus de juger ce qu'est la matière, mais de porter attention à ce qu'elle peut produire lorsqu'elle est mise en forme (Thielemans, 2015).

Percevoir le résidu de verre par sa signification permet d'interroger le vocabulaire utilisé pour le décrire ; matière résiduelle, déchet, résidu. Comme démontré plus tôt, ces termes sont porteurs d'une connotation négative. Ils renvoient à un reste, à ce qui vient après un usage, à une matière considérée comme secondaire. Une évolution terminologique contribuerait à réorienter la perception, d'ouvrir une réflexion critique et d'envisager de nouvelles formes de valorisation. La notion de résidu pourrait ainsi disparaître au profit d'une matière reconnue pour ses propriétés. Chaque fragment est informe, unique, et porte des traces de son parcours. Je propose donc que l'on donne le nom d'unicité du verre ou de matière seconde à ce verre appelé à être valorisé.

Dans un contexte de surplus de matière, la perception du verre résiduel repose sur des constructions culturelles, économiques et symboliques qui associent le déchet à une perte de valeur. Ce chapitre a montré que cette perception peut être déplacée. L'agentivité du matériau et sa capacité à produire des effets et à résister aux classifications établies constituent un point d'ancrage pour reconsidérer ce que l'on nomme un déchet. Le travail de Jean-François Boivin, qui engage un dialogue avec les tensions internes du verre recyclé, et l'exemple du terrazzo, historiquement constitué de rebuts et aujourd'hui perçu comme matériau de référence, démontrent que le design peut jouer un rôle actif dans cette requalification. En développant un nouveau vocabulaire, fondé sur ses spécificités et ses capacités, il devient possible de proposer une autre lecture du verre recyclé : non plus comme un reste à éliminer, mais comme une matière à transformer.

En appliquant le concept d'agentivité de Bennett, on présuppose que la connaissance de la matière par le designer ne repose pas uniquement sur ses compétences techniques, mais sur une interaction avec les matériaux et les outils utilisés. Le designer doit être attentif aux réactions de la matière et aux possibilités offertes par les outils, ce qui donne lieu à un dialogue entre ces éléments. Cette approche peut enrichir la pratique en permettant une compréhension plus fine des possibilités et en proposant une autre lecture de la matérialité. Le prochain chapitre abordera ce travail collaboratif.

CHAPITRE 4

LA COLLABORATION

Cette section aborde la notion de collaboration en design à travers une approche matérielle. Cette démarche passe notamment par une utilisation plus judicieuse des matériaux en considérant leur rôle actif dans le processus de création. Ce positionnement, développé dans le texte, de Claire Davril (2014) Réfléchir par la matière en design, questionne « la primauté du monde des idées sur le monde matériel ». L'approche proposée par Davril (2014) cherche à supplanter l'approche plastique. La forme découle ainsi de la matérialité et respecte ses capacités, ses limites et améliore sa fonction (*Ibid.*, 2014). C'est l'utilisation du matériau brute qui prime.

4.1 L'approche matérielle

On peut penser notamment à des designers comme Max Lamb, Samy Rio ou encore à Jonathan Muecke. Ce dernier développe du mobilier en exploitant les propriétés du carbone. Chaque pièce est conçue pour défier les limites de l'industrie liées à l'usage d'un seul matériau (Muecke, 2023). Ici, le matériau et les technologies employés ne sont pas accessoires, ils constituent la genèse du projet et en déterminent les fondements.

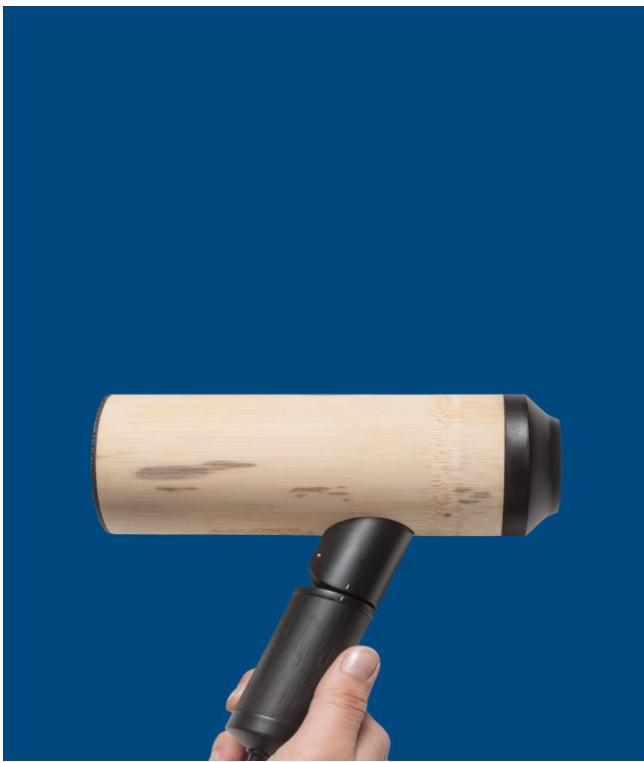
Figure 4.1 Prototype CTB and CTC5, par Jonathan Muecke



Note : (Muecke, 2023).

Dans la même logique d'un travail ancré dans les propriétés intrinsèques du matériau, le designer Samy Rio, à travers son projet Bamboo Hair Dryer, propose une alternative aux coques plastiques des appareils domestiques. Le corps de l'objet est constitué d'un tube de bambou dans lequel les composantes techniques viennent s'insérer. Le choix du bambou repose autant sur ses qualités écologiques que sur sa résistance mécanique et thermique, qui en font un substitut idéal au plastique. Ce projet s'inscrit dans une démarche plus large, dans laquelle le bambou est considéré comme un « semi-finished product » (Rio, 2015). Travailisé à l'aide d'outils industriels, le matériau présente une finition plus uniforme et une stabilité qui permettent d'envisager de nouveaux usages techniques. L'objet démontre ainsi la manière dont un matériau naturel peut être intégré dans un dispositif technologique tout en affirmant ses qualités propres et en remettant en question les standards de production (*Ibid.*, 2015).

Figure 4.2 Bamboo hair Dryer, Samy Rio



Note : (Rio, 2015).

4.2 L'approche plastique

À l'opposé de ces démarches qui placent la matière au cœur du processus, l'approche plastique repose sur une logique différente. Elle définit d'abord la fonction, la forme et l'expérience utilisateur, puis détermine le matériau le plus approprié pour réaliser l'objet. Cette posture a permis d'importantes avancées en termes d'ergonomie et de diffusion industrielle. Comme le rappelle le designer Dieter Rams, « [g]ood design makes a product useful » (Rams, cité dans Bora, 2022) . Suivant cette logique, le rôle du designer est avant tout de rendre l'objet intuitif et fonctionnel. Le designer Jonathan Ive exprime une logique similaire dans la conception de l'iMac, cherchant à rendre l'ordinateur plus accessible et moins intimidant pour l'utilisateur. Pour ce type d'objet précisément, les matériaux, souvent polymères, servent avant tout de support à une intention formelle ou à un scénario d'usage défini en amont. Ils ne visent donc pas à mettre en valeur leurs qualités intrinsèques. Ces formes sont davantage basées sur le désir.

Figure 4.3 iMac G3 "Bondi blue" lancé en 1998, par Apple



Note : (Bolo, Unknown date)

Par la technique, l'approche matérielle s'éloigne des formes dictées par le désir. Les gestes posés ainsi que l'esthétisme de l'objet proposent une représentation imagée des potentialités et des limites du matériau (Davril, 2014).

Selon cette approche, une association entre pensée et matière est suggérée, mettant en avant la matérialité comme composante essentielle du projet. Cette orientation prolonge l'analyse du chapitre précédent qui a mis en évidence la vitalité des matériaux. Le présent chapitre explore plutôt la notion de collaboration en remettant en question l'idée d'une création comme « produit exclusif de l'esprit » (*Ibid.*, 2014). Les sous-sections suivantes préciseront les notions de matérialité, de matière et de forme, afin de clarifier les fondements conceptuels de la collaboration entre la pensée et la matière. Elles démontreront que la création d'objets résulte d'une interaction complexe entre ces éléments. Enfin, la section introduira la notion « rematérialiser » développée par le philosophe français François Dagognet (1985) qui propose de repenser notre rapport à la matière comme un processus vivant et relationnel.

4.3 La matérialité

La matérialité se distingue de la matière. Elle « constitue un acte » (Larousse, s.d. a) et correspond à une matière mise en forme (DAM, 2022). Dans le champ du design, elle constitue ce qui est produit par l'intention d'un projet et par la mise en œuvre technique. Elle ne se réduit pas à un résultat formel ; elle engage un dialogue entre matière, forme et inscrit l'objet dans un contexte d'usage.

La matérialité communique. Elle rend visibles les qualités d'une matière et traduit les choix de conception qui ont orienté sa lecture. En ce sens, la matérialité agit comme un langage, révélant à la fois ses propriétés physiques et les valeurs sociales ou symboliques qui y sont associées.

Par exemple, un comptoir en acier inoxydable sera perçu comme une surface froide, dure et stérile, plutôt que comme un alliage de fer, de chrome et de carbone résistant à la corrosion (Mayer, 2017). De la même façon, une bouteille de verre renvoie à une matérialité définie par sa forme ergonomique et son rôle de contenant stérile, tandis qu'un fragment de verre met en évidence la matière brute dont il est issu. Bref, la signification et la perception varient, même lorsque les deux éléments sont constitués de la même matière.

Figure 4.4 Bouteille en verre versus morceaux de verre



Note : Figure par le chercheur.

4.4 La matière

Pour l'anthropologue britannique Tim Ingold (2017), la matière est l'élément dont les choses sont faites. Elle se compose d'atomes, d'unités de base et de molécules, regroupements d'atomes, combinés en une masse et un volume. Bref, c'est ce qui nous constitue et ce qui compose notre environnement. Lors du chapitre précédent, la composition moléculaire du verre a été décrite : sa cohésion amorphe résulte de forces électromagnétiques. Ces forces, qui traduisent l'attraction et la répulsion entre les particules chargées, sont présentes partout autour de nous. Par exemple, elles empêchent l'ordinateur sur lequel je travaille de traverser la table, car les deux éléments portent une charge négative qui les repousse (CEA, 2022).

Il n'est pas nécessaire de détailler l'échelle moléculaire lorsqu'on aborde la matérialité en design. Ce rappel souligne toutefois que les matières sont des agencements de particules en mouvement, en interaction constante. Comprendre cette dynamique permet d'illustrer leur agentivité et oriente les gestes du concepteur. Considérer l'échelle moléculaire devient ainsi une forme de respect : reconnaître la matière, jusqu'à l'atome et à la molécule, c'est admettre que toute mise en forme s'ancre dans ses fondements mêmes.

Pour le designer, la matière ne renvoie pas nécessairement à l'échelle moléculaire, mais à l'élément brut disponible prêt à être mis en forme. L'auteur Henry Hodges (1964), dans *Artifacts*, propose une classification exemplaire qui comprend la poterie, le verre, les émaux, les métaux, la pierre, le bois, les fibres, les textiles, le cuir ou encore l'ivoire. Hodges fait état d'une classification des matériaux dits naturels très complète.

Cette vision de la matière brute se modifie avec l'industrialisation du XIX^e siècle qui transforme profondément notre rapport aux matériaux. La fabrication des biens passe des « activités artisanales rurales » aux « activités industrielles urbaines » (L'Encyclopédie canadienne, 2006). Ce changement est marqué par une économie d'échelle fondée sur l'automatisation, la production en série et la recherche de standardisation. La stabilité des matériaux devient alors essentielle pour optimiser la production. On passe d'un produit non homogène, marqué par ses variations, à un produit standardisé préouvré. Ces matériaux artificiels deviennent la base de tout projet de design et assurent au concepteur uniformité et dimensions prévisibles. Le bois, par exemple, est transformé en plaquage ou en panneau d'aggloméré, combiné à des résines ou à des liants qui le rendent moins recyclable.

Lors de cette révolution, on observe également un glissement dans la définition de la matérialité : on passe d'éléments ayant des spécificités requises « pour faire quelque chose » à des matériaux qui « font quelque chose » (Manzini, 1991). Les matériaux se synthétisent et se spécialisent pour répondre à des usages et à des contraintes précises. L'automatisation exige que les produits soient « identiques » et « prévisibles » ; les matériaux artificiels sont donc standardisés.

Selon le designer Ezio Manzini (1991), ces nouveaux matériaux, combinés aux techniques de fabrication spécialisées, contribuent à une « dématérialisation [du] [...] rapport avec la matière ». Ce phénomène tend à s'amplifier alors que des strates de matières artificielles s'accumulent dans nos environnements. Ces choses artificielles, teintées d'une identité, deviennent ainsi le substrat, la matière de base. Manzini compare ce phénomène à une stratification géologique : à l'inverse des déformations rocheuses naturelles, l'artificiel renvoie à des strates de produits industriels porteurs de leurs propres techniques, organisations sociales et cultures. Pour lui, les « nouveaux produits sont d'abord des instruments permettant de faire différemment ce que l'on faisait déjà ». Ainsi, plus on conçoit de nouveaux produits, plus on s'éloigne de la matière de base.

Cette transformation modifie la dialectique entre idée et matière : « [a]u matériau de départ, solide et bien défini, se substitue un système fluide et impalpable de connaissances et de possibilités techniques » (*Ibid.*, 1991). D'une part, ces avancées offrent une liberté nouvelle aux concepteurs, mais elles contribuent aussi à les désorienter. Devant la multiplicité des possibilités, la matière n'apparaît plus comme une substance brute, mais plutôt comme « un système de langages, de savoirs et de technologies » (*Ibid.*, 1991). La conception d'un objet ne se fonde donc plus seulement sur des possibles formels, mais se heurte à des domaines de fabrication fragmentés et à des savoirs technologiques spécialisés.

C'est pourquoi Manzini (1991) suggère « un retour à la matière traditionnelle, mais avec l'application des procédés technologiques industriels ». Ce constat souligne l'importance d'un ancrage dans les propriétés matérielles. La multiplication des techniques et des savoirs conduit les concepteurs à réorienter leur pratique, entre autres grâce à l'attention accordée à la matière.

4.5 La forme

Elle contribue à la matérialisation d'une matière par le biais du projet (Focillon, cité dans *Design in translation*, 2013). Comme le mentionne Focillon (cité dans *Design in translation*, 2013), « la forme serait imposée à la matière, ou encore [...] la matière subirait la forme ». Selon ce modèle, la forme serait

préconçue lors du projet, puis imposée à une matière lors de la réalisation exprimant ainsi la matérialité de la chose. Le projet de recherche veut démontrer que cette approche n'est cependant pas unidirectionnelle. Comme le mentionne Focillon (cité dans Design in translation, 2013) la matière, dans le champ du design, possède une certaine vocation formelle, mais elle impose également « sa propre forme à la forme » par sa texture, sa couleur, son grain, etc. Ainsi, il n'existerait aucune copie identique formelle malgré ce que l'industrialisation tend à proposer.

Le projet *Ore Streams* (2017) du studio Formafantasma illustre bien cette articulation entre matière, matérialité et forme. En explorant les déchets électroniques comme ressources, ils montrent que la mise en forme d'un résidu ne consiste pas à effacer son origine, mais à en révéler la matérialité complexe, faite de strates, de traces et de marques d'usage. Cette matérialité est porteuse de valeur, transformant le déchet en ressource signifiante. La forme qui en résulte émerge de ce dialogue : elle ne s'impose pas à la matière, mais se construit à partir de ses qualités et de son contexte. Cet exemple met en évidence que la création est inséparable de l'interaction entre matière, matérialité et forme, et prépare la réflexion sur la nécessité de « rematérialiser » notre rapport au matériau, telle que proposé par François Dagognet (1989).

Figure 4.5 Chaise *Ore streams*, Formafantasma



Note : (Formafantasma, 2017)

4.6 « Rematérialiser »

François Dagognet, dans *Rematérialiser* (1989), propose de repenser notre rapport à la matière en dépassant l'idée qu'elle serait un simple support inerte pour la forme. Les propriétés matérielles ne sont pas des attributs fixes, mais des processus et des relations qui se transforment continuellement au contact de leur milieu. Rematérialiser signifie alors rétablir une attention à la « nature propre » de chaque matière, à ses capacités et à ses contraintes et inscrire la conception dans une logique de découverte (*Ibid.*, 1989).

Cette perspective s'applique au verre second : il ne s'agit pas de l'assimiler à une matière première standardisée, mais de reconnaître son identité et son agentivité. Le préfixe re- implique ici un retour à la base, effaçant les idées préconçues pour traiter ce matériau comme une ressource première. Comme le souligne Davril (2014), la matière devient une co-équipière du processus, dont les qualités se révèlent par l'exploration matérielle. Les projets de Samy Rio ou de Formafantasma témoignent de cette posture : la mise en forme d'une matière naturelle ou résiduelle n'efface pas son origine, mais construit une matérialité signifiante qui oriente la perception et ajoute de la valeur au déchet.

Dans cette logique, le designer adopte une position d'écoute et de découverte. Les formes ne sont pas imposées de l'extérieur à un substrat passif, mais émergent dans un flux de relations entre matière, techniques et contextes (Dagognet, 1989). Comme le formule Davril (2014), la matière agit comme un « drôle de co-équipier » qui répond aux impulsions du concepteur, sans jamais s'y soumettre entièrement. Cette démarche rappelle la figure de l'artisan, qui manipule, transforme et multiplie, avant d'industrialiser. Elle renvoie à l'idée que la conception est un processus évolutif dans lequel chaque résultat demeure provisoire.

Manzini (1989) prolonge cette perspective en décrivant le designer comme un intermédiaire : celui qui déplace les contraintes matérielles dans d'autres systèmes de référence pour générer de nouvelles possibilités. La forme n'est alors pas une image imposée à la matière, mais le produit d'un dialogue itératif. C'est aussi ce que défend Focillon (cité dans Design in translation, 2013), en affirmant que matière, matérialité et forme sont indissociables : chacune informe et conditionne l'autre. Ingold (2017) ajoute que tout artefact n'est qu'un état temporaire d'une matière en transformation, comme le verre second qui circule d'une bouteille à un fragment, puis à un nouvel objet.

Le matériau possède ainsi une identité qui persiste à travers ses cycles. Les traces du passé restent visibles dans l'objet transformé. L'objectif n'est pas de purifier la matière pour imiter une ressource première, mais de développer un nouvel esthétisme de la durabilité, qui assume l'irrégularité et questionne la standardisation industrielle. Comme le rappelle Bennett (2010), c'est dans cette reconnaissance de l'unique et de l'imperfection que se dessine une esthétique renouvelée, fondée sur l'agentivité de la matière.

La distinction entre matière, matérialité et forme permet de comprendre la création comme un processus d'interactions et non comme une simple projection de l'esprit. La perspective du « rematérialisé », telle que proposée par Dagognet (1989), invite à réinscrire cette dynamique dans un rapport attentif aux propriétés des matériaux.

4.7 La Posture du designer face au verre recyclé

En réponse à la sous-question b. du mémoire *Quelle posture le designer doit-il adopter pour travailler avec une matière recyclée comme le verre ?* les constats des sections sur la perception et la collaboration mettent en évidence l'importance d'une approche centrée sur la matérialité et fondée sur une interaction sensible avec les matières.

La perception d'un résidu est souvent marquée par des constructions culturelles et économiques qui l'associent à une perte de valeur. En développant un vocabulaire renouvelé qui insiste sur l'unicité et les spécificités, le design peut contribuer à requalifier les matériaux, en le faisant passer du statut de déchet à celui de matière seconde. Dans cette recherche, la posture proposée implique de reconnaître l'agentivité du verre et sa capacité à produire des effets à chaque étape de son cycle de vie.

La création d'objets repose sur une interaction constante entre matérialité, matière et forme. Dans cette perspective, le rôle du designer n'est pas d'imposer une forme à un substrat passif, mais de participer à ce flux relationnel en collaborant avec la matière. L'objectif étant de découvrir la « nature propre » (*Ibid.*, 1989) de chaque matière, ses contraintes, ses capacités et inscrire le processus de conception dans une logique de découverte. La posture du designer face au verre recyclé doit donc être celle de l'écoute et de l'exploration, afin de co-construire avec la matière, plutôt que de la contraindre et de tirer parti de ses spécificités.

L'exploration du verre unique s'inscrit dans cette logique et la prochaine section rend compte de la mise à l'épreuve de ces fondements théoriques.

CHAPITRE 5

L'EXPLORATION

Cette section du mémoire se consacre à l'exploration pratique par la mise en forme. Elle articule les savoirs théoriques développés en amont aux apprentissages issus de la manipulation concrète de la matière. Une série d'essais itératifs ont été menés sur le verre post-consommation afin d'interroger ses comportements, ses limites et ses potentialités. L'objectif est double : d'une part, identifier les paramètres techniques favorisant la mise en forme du verre recyclé dans une pratique en design et d'autre part, mettre en application et illustrer les notions de collaboration entre matière et concepteur développées précédemment.

5.1 Cadre expérimental — paramètres, outils et techniques

Le cadre expérimental repose sur une série de tests réalisés dans l'atelier de design et le secteur des arts de l'UQAM. Douze tuiles de 2,5 pouces de large par 5 pouces de hauteur ont été produites. Celles-ci, conçues comme supports expérimentaux, témoignent des techniques mises à l'essai et de l'adaptabilité de la matière.

Lesdites techniques mettent en valeur les objectifs de la recherche. En ce sens, les outils et les équipements choisis visent à inscrire l'exploration dans une perspective de reproduction réaliste, tant à l'échelle artisanale qu'industrielle.

L'expérimentation propose donc un esthétisme qui s'écarte des standards industriels actuels, en assumant les imperfections et les variations propres au verre recyclé. Cette section présente plus en détail les paramètres de l'expérimentation soit, le chemin conceptuel, les matériaux utilisés, les techniques de mise en forme et les outils employés.

5.1.1 Le chemin conceptuel

Le chemin conceptuel (voir annexe A) est un outil élaboré au fil de l'exploration matérielle et qui se déploie sous forme de diagramme. Ce dernier documente la progression de la recherche en indiquant quand et pourquoi certaines décisions ont été prises. Contrairement aux tableaux techniques présentant des données de fusion ou de cuisson, le chemin conceptuel regroupe les constats issus des tests et met en évidence les liens entre les expérimentations.

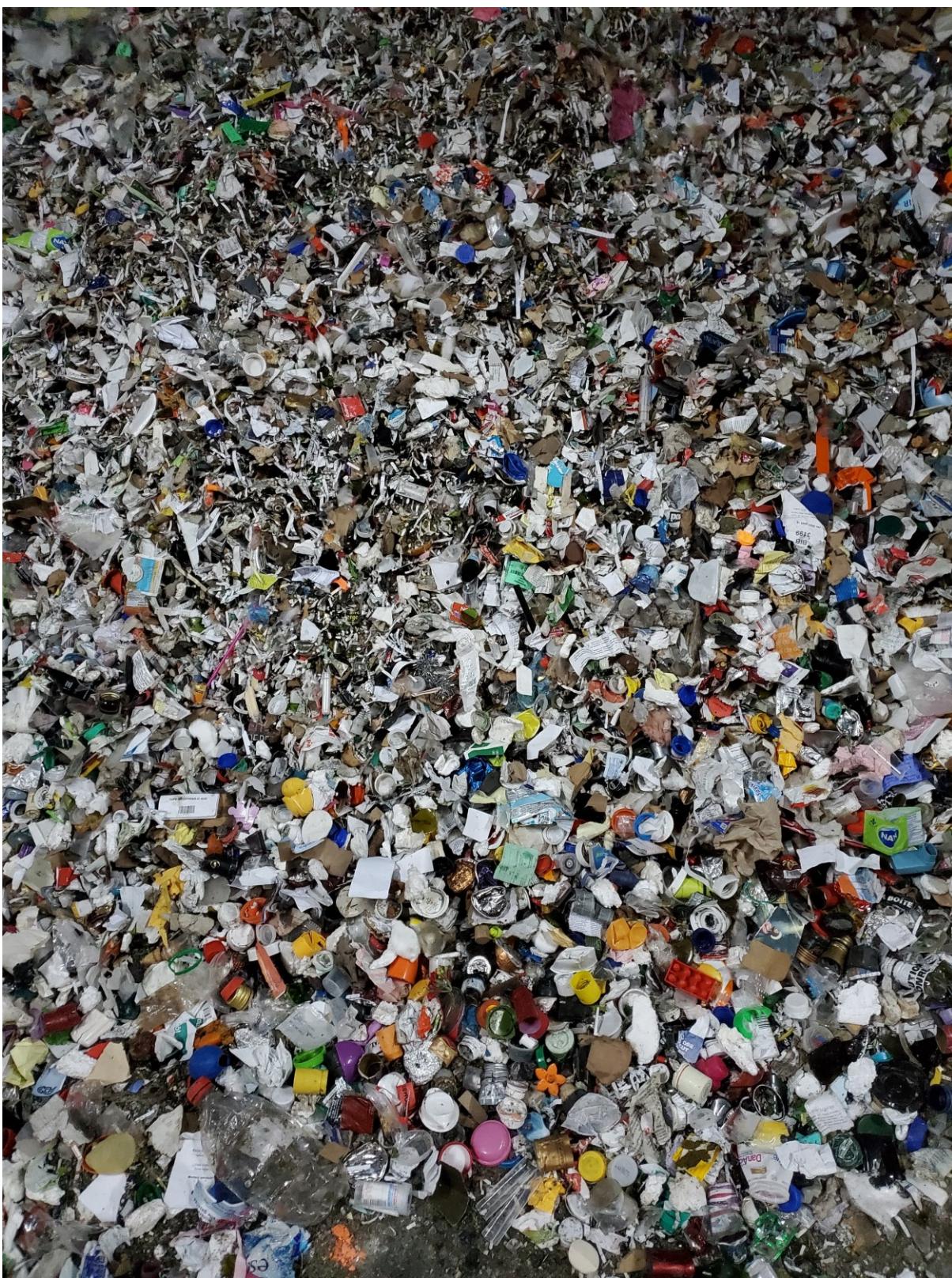
Ce diagramme constitue un outil de travail pour le chercheur. Il permet de garder une vue d'ensemble du processus, de relier les étapes entre elles et d'orienter les tests en fonction des résultats obtenus. L'utilisation du logiciel Miro a facilité l'ajout, le déplacement et la mise en relation des éléments durant l'exploration. Le diagramme est présenté tel qu'il a été produit, sans réorganisation *a posteriori*, afin de refléter son rôle exploratoire. Il témoigne du processus itératif et des ajustements réalisés par le chercheur.

5.1.2 La matière utilisée

Le verre post-consommation, issue de deux principales filières de récupération — la collecte sélective municipale et la consigne, incluant les contenants à remplissage multiple (CRM) et ceux à remplissage unique (CRU) — sert de matière première à l'exploration matérielle. Ce choix repose à la fois sur des considérations pratiques (disponibilité, volume, accessibilité) et sur une volonté de concentrer l'étude sur les circuits majoritaires de récupération au Québec.

Une première visite terrain a été réalisée au Complexe environnemental de Saint-Michel (CESM) situé près du parc Frédéric-Back. Le CESM est également chargé de la mise en valeur des restes de cuisine, des résidus de végétaux et des matières recyclables pour la ville de Montréal. Pour cette raison, la matière issue de ce centre s'est avérée trop contaminée par des résidus organiques, plastiques et autres impuretés, rendant sa valorisation impossible. Le chercheur a rapidement réalisé que de tels centres n'ont pas les équipements nécessaires pour trier le verre. Ils envoient généralement leur matière contenant du verre à des conditionneurs spécialisés comme Tricentris ou le Groupe Bellemare (Chevalier, 2018).

Figure 5.1 Chute de verre au CESM



Note : Figure par le chercheur

Figure 5.2 Matière récupérée au CESM



Note : Figure par le chercheur

La deuxième visite terrain a été effectuée chez le Groupe Bellemare, situé à Trois-Rivières. À partir du verre recueilli dans divers centres de tri, l'entreprise fabrique des granulats calibrés et nettoyés, qui trouvent ensuite application comme paillis de verre recyclé ou comme granules servant à l'abrasion et à la filtration (Groupe Bellemare, 2023). Contrairement aux échantillons issus du CESM, la matière fournie par le Groupe Bellemare était visuellement propre, homogène et exempte d'impuretés. Pour cette raison, elle constitue l'une des principales sources de matière utilisée dans les expérimentations. Quatre granulométries ont été obtenues : 10–20, 20–30, 30–60 et 60–140, mesurées selon le système mesh impérial, c'est-à-dire le nombre d'ouvertures par pouce linéaire sur un tamis.

Des échantillons provenant de l'entreprise 2M Ressources, située à Saint-Jean-sur-Richelieu ont également été récupérés lors d'une troisième visite terrain. Cette matière, issue du système de consigne, est triée par couleur (clair, vert, brun, bleu), lavée et débarrassée de toute contamination. Les étiquettes de papier sont conservées comme combustible dans les procédés de valorisation.

Figure 5.3 Bute de verre 2M Ressources



Note : Figure par le chercheur

Du verre transparent provenant d'un luminaire défectueux a aussi été utilisé. Cette matière, issue d'une source homogène et contrôlée, permettait de tester si une composition uniforme facilitait la fusion en limitant les contraintes liées à la variabilité chimique.

Figure 5.4 Verre transparent provenant d'un luminaire défectueux



Note : Figure par le chercheur.

Outre le verre du luminaire, les matières recueillies constituent un échantillonnage représentatif du verre post-consommation disponible au Québec. Le verre fourni par le Groupe Bellemare provient de la collecte sélective et regroupe différents types de compositions, incluant principalement du verre sodocalcique, mais aussi dans certains cas, du borosilicate et d'autres variantes. À l'inverse, le verre issu de 2M Ressources provient du système de consigne et correspond essentiellement à des bouteilles, ce qui assure une plus grande homogénéité dans la composition, et par le fait même, de la stabilité lors de la fusion. L'échantillonnage permet ainsi de comparer les comportements d'un verre hétérogène à celui d'un verre plus uniforme.

Figure 5.5 Matière secondaire utilisée pour les explorations



Note : Figure par le chercheur.

5.1.3 Les techniques de mise en forme

Plusieurs techniques de mise en forme ont été considérées au début de l'exploration, en fonction de leur accessibilité, de leur compatibilité avec les propriétés du verre unique et des objectifs de la recherche. Voici ce qui est ressorti de diverses analyses et discussions avec des artisans verriers.

5.1.3.1 Technique expérimentée

La technique du **verre coulé**, inspirée de la pâte de verre, a fait l'objet d'un essai exploratoire. Il s'agissait de faire fondre du verre post-consommation dans un creuset et d'ensuite le couler dans un moule. Toutefois, le verre de bouteille possède des propriétés qui favorisent un refroidissement rapide. Les tests se sont donc avérés peu réussis en raison du court délai de mise en forme et de la faible viscosité de la matière ayant limité les possibilités de façonnage. De plus, d'imposantes émanations ont été observées lors du deuxième test de fusion de granulats issus du Groupe Bellemare, indiquant la présence probable d'impuretés résiduelles. Faute d'équipements spécialisés (four ventilé ou four de recuisson) et d'outils de façonnage, cette technique ne représentait pas une voie réaliste à approfondir pour la présente recherche.

5.1.3.2 Techniques écartées

Le **soufflage de verre** permet la réalisation de pièces creuses et complexes, mais elle est peu compatible avec les caractéristiques du verre unique. Ce dernier présente une composition variable et difficilement traçable, générant des tensions lors de la fusion et de la mise en forme. Selon les artisans rencontrés, ces contraintes rendent la production instable et difficilement maîtrisable. L'absence de certitude quant au comportement du matériau entraîne un taux de rejet élevé, rendant cette technique peu pertinente dans un contexte de recherche exploratoire.

Les techniques d'assemblage, telles que le collage ou l'ajout d'un matériau liant (style terrazzo) impliquent l'ajout de matériaux externes, ce qui modifie la composition du verre et nuit à sa recyclabilité. Puisqu'un des principes de cette recherche est de préserver l'intégrité matérielle du verre recyclé, le chercheur a choisi d'écartier cette méthode afin de répondre aux objectifs fixés.

5.1.3.3 Technique conservée

Couramment employé pour travailler le verre recyclé, **le thermoformage** consiste à placer la matière dans un moule réfractaire, puis à la chauffer pendant plusieurs heures afin qu'elle épouse progressivement la forme du moule. Cette approche permet un contrôle rigoureux des cycles de cuisson, limitant les risques

de bris liés aux tensions internes, particulièrement fréquentes dans le verre hétérogène issu du recyclage. En contrepartie, le thermoformage impose des contraintes : le temps de mise en œuvre est long et les formes réalisables sont conditionnées par la géométrie du moule. De plus, la fabrication de moules adaptés, souvent à base de plâtre et de silice, constitue une étape technique supplémentaire.

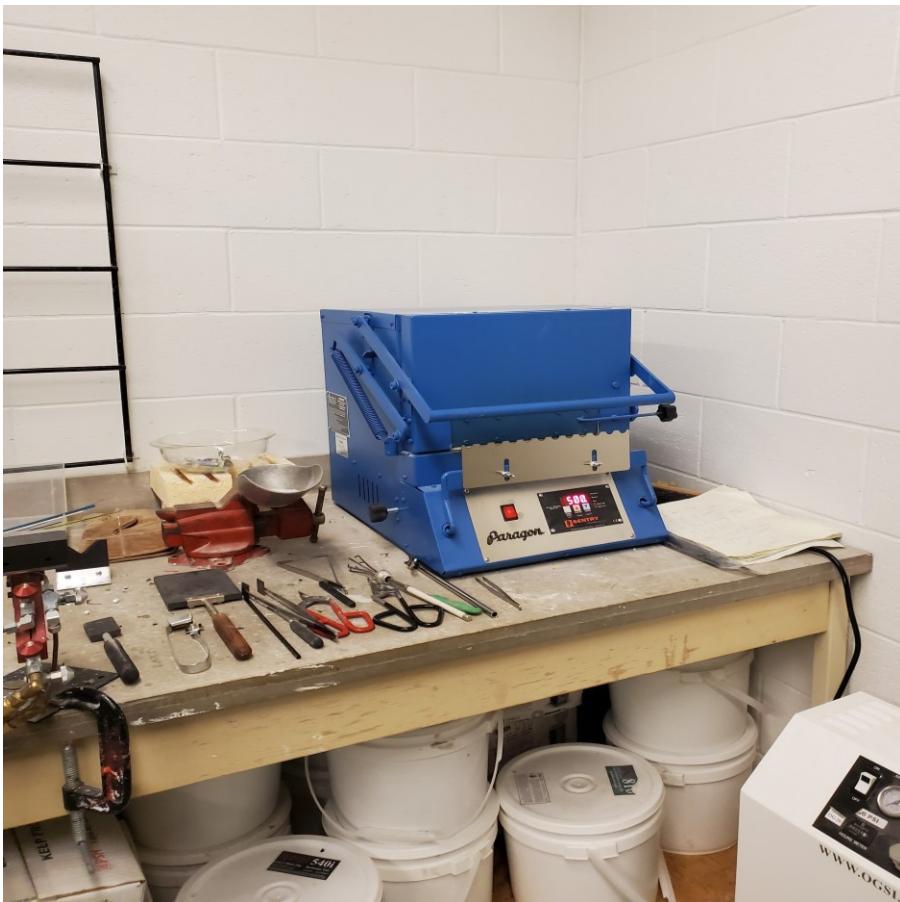
Cela dit, cette méthode permet d'observer et de documenter de manière précise la transformation du verre en fonction de courbes de température, offrant ainsi une compréhension de ses seuils de transformation. Il s'agit ainsi de la technique privilégiée dans le cadre de cette recherche.

5.1.4 Les outils utilisés

Les outils utilisés dans le cadre de cette recherche ne sont pas de simples instruments techniques. Ils agissent comme des médiateurs entre le chercheur et la matière. Selon la théorie de l'agentivité (voir chapitre 3), ils assument un rôle d'intermédiaire qui structure l'interaction entre le sujet (designer) et l'objet (verre recyclé), orientant eux aussi la pratique expérimentale. De même, Dalsgaard (2017) conceptualise les outils de conception comme des instruments de questionnement, modulant la perception, la réflexion et l'action sur la matière en fonction des performances observées.

Les différentes expérimentations ont été réalisées à l'aide d'un four Paragon F120 programmable qui permet une montée en température précise et un contrôle rigoureux des paliers thermiques. Ce four a été utilisé pour l'ensemble des essais principaux en thermoformage. Les temps de cuisson et les courbes thermiques associées sont détaillés dans la section suivante.

Figure 5.6 Four Paragon F120 programmable, UQAM Faculté des arts.



Note : Figure par le chercheur.

La technique de thermoformage repose sur l'idée que le verre devient malléable en traversant différents états de viscosité, allant du solide à une texture visqueuse semblable au miel. Les moules permettent de contenir cette matière en fusion et de lui imposer une forme définie. Pour cette recherche, les moules ont été fabriqués à partir d'un mélange de plâtre et de silice à parts égales (1 : 1), une composition standard en raison des propriétés réfractaires de la silice. Afin d'améliorer la durabilité des moules, le mélange a été renforcé avec de la fibre de verre, puis matelassé avec cette même matière. Le chercheur a ensuite appliqué une fine couche de poudre de graphite à l'intérieur des moules pour éviter que le verre fondu n'adhère à leur surface. Après la cuisson, le plâtre perd sa cohésion initiale et devient friable. La solidité du moule repose alors principalement sur la fibre de verre et la silice qui assument le maintien jusqu'à la fin du processus. En raison de leur fragilité, les moules ne peuvent servir qu'une seule fois.

Figure 5.7 Moule et contre-moule (plâtre/silice) pour la cuisson de deux tuiles



Note : Figure par le chercheur.

En parallèle des essais menés avec le four principal, le chercheur a découvert une technique alternative de thermoformage. Un moule conçu pour une utilisation au micro-ondes a servi d'outil pour réaliser certaines fusions. Il s'agit d'un moule en céramique dont l'intérieur est recouvert d'un revêtement à base de carbure de silicium, matériau qui agit comme élément chauffant. Ce revêtement absorbe les micro-ondes émis par l'appareil : les particules entrent en vibration et génèrent une chaleur intense par frottement moléculaire. En quelques minutes, cette réaction permet d'atteindre des températures excédant 800 °C (Cheng *et al.*, 2024). Cette chaleur est transmise directement au verre placé au centre du moule, assurant une montée rapide en température sans les inerties thermiques associées aux fours classiques. Le système est également conçu pour maximiser l'isolation thermique, ce qui permet de conserver la chaleur nécessaire à la fusion et au refroidissement, tout en protégeant le micro-ondes et l'utilisateur. Toutefois, cette technique présente certaines limites : la taille réduite de l'espace de cuisson restreint son usage à de petites pièces. Elle est ainsi principalement employée dans le domaine de la

joaillerie. Certains artisans l'utilisent aussi pour expérimenter la pose de glaçures sur de petites pièces en céramique.

Figure 5.8 Test de fusion du verre dans un four à micro-ondes avec moule réfractaire



Note : Figure par le chercheur.

En somme, les outils employés ont fourni un cadre de travail accessible et reproductible, mais leur utilisation avec le verre recyclé a exigé certaines adaptations pratiques. Le verre post-consommation introduit une variabilité liée à sa provenance, à sa granulométrie et à ses impuretés. Cette variabilité ne doit pas être perçue uniquement comme une contrainte, mais comme un paramètre à explorer et accepter. C'est dans cette perspective que la prochaine section présente les résultats des explorations en exposant les comportements observés et les apprentissages dégagés à travers les différentes séries de tests.

5.2 Résultats des expérimentations

Les essais ont été réalisés par paires, en fusionnant simultanément différents morceaux de verre dans un moule double. Cette organisation permettait de comparer, à paramètres de cuisson identiques, l'influence des variations de provenance, de granulométrie ou de composition chimique propres aux échantillons de verre recyclé utilisés. Chaque test produisait ainsi deux résultats distincts, analysés en parallèle. L'annexe B : *Exploration matérielle* présente de façon détaillée l'ensemble des paramètres, observations et résultats obtenus pour chacun de ces tests.

1.a et 1.b – Les premiers essais portaient sur du verre transparent et du verre vert provenant de 2M Ressources. Les deux échantillons, d'un poids identique de 200 g et moulés dans un mélange plâtre/silice renforcé de fibre de verre, révélaient une fusion homogène des agrégats, bien qu'une dévitrification légère ait été observée. Dans le test 1.a, le lettrage en relief de la bouteille de Corona demeurait visible après la fusion, illustrant la persistance de certaines caractéristiques initiales du matériau. Ce phénomène témoigne, dans une perspective d'agentivité (Bennett, 2010), la vitalité de la matière.

Ces premiers essais mettent en évidence deux constats techniques. D'une part, le temps de refroidissement ou de recuisson constitue un paramètre non négligeable lors de la fusion du verre. Ce paramètre s'avère d'autant plus crucial avec le verre recyclé, en raison de sa sensibilité aux fractures. Le cycle appliqué dans cette série s'est révélé trop long et a orienté la décision d'adopter un refroidissement plus rapide dans les tests suivants. D'autre part, l'absence de contre-moule lors du test 1.b a généré une surface irrégulière, confirmant l'importance du maintien d'une pression constante lors de la cuisson.

Figure 5.9 Exploration 1.a et 1.b



Note : Figure par le chercheur.

2.a et 2.b – La deuxième série de tests comparait un granulat 10-20 du Groupe Bellemare à un mélange de verre transparent 2M Ressources et de granulat 30-60. Après un premier essai mené à 900 °C, la température a volontairement été réduite à 800 °C afin de tester le seuil minimal de fusion. Les pièces présentaient une cohésion insuffisante : le granulat 10-20 est resté peu amalgamé, tandis que le 30-60 a montré une meilleure cohésion, mais est demeuré friable.

Deux constats se dégagent de cette série. D'abord, le verre recyclé, contrairement au verre industriel, requiert une température plus élevée pour compenser son hétérogénéité. Une température de 800 °C s'est révélée insuffisante pour assurer la cohésion, ce qui a conduit à tester des températures plus élevées lors des tests subséquents. Ensuite, l'épaisseur non uniforme des échantillons a empêché une compression adéquate, ce qui a souligné la nécessité de concevoir des contre-moules en plusieurs sections afin de mieux répartir la pression.

Figure 5.10 Exploration 2.a et 2.b



Note : Figure par le chercheur.

3.a et 3.b – La troisième série de tests a mis en relation du verre transparent provenant de 2M Ressources et du granulat 20-30 du Groupe Bellemare. L’élévation de la température à 925 °C (capacité maximale du four) et de la vitesse de montée à 150 °C/h a favorisé la fusion des morceaux, tant pour le verre transparent que pour le granulat 20-30. Le test 3.a a montré une augmentation de la transparence, malgré la persistance d’une légère dévitrification. Le test 3.b a révélé des morceaux encore discernables, mais une cohésion robuste.

Bref, la montée rapide en température, combinée à un palier de température élevée, favorise une fusion plus complète et une meilleure homogénéité visuelle. Cette approche valide les travaux de Le Corre (2014), qui indiquent que la dévitrification du verre survient principalement entre 550 et 850 °C ; franchir rapidement cette zone critique contribue ainsi à limiter la cristallisation.

Figure 5.11 Exploration 3.a et 3.b



Note : Figure par le chercheur.

4.a et 4.b – La quatrième série de tests impliquait du verre transparent de 2M Ressources et du granulat 60-140 du Groupe Bellemare. Le chercheur a augmenté la vitesse de montée jusqu'à la température maximale du four (925 °C) afin de vérifier si une fusion plus rapide pouvait améliorer les résultats précédents. Cette accélération a toutefois provoqué un code d'erreur sur l'appareil et a accentué la dévitrification attribuable à une cuisson incomplète.

Le chercheur attribue le problème à la rapidité de la chauffe et à la limite technique du four qui avait atteint sa température maximale. Ce test a ainsi permis d'établir un barème des vitesses de montée et des températures à respecter pour la suite des expérimentations.

Figure 5.12 Exploration 4.a et 4.b



Note : Figure par le chercheur.

5.a et 5.b – La cinquième série de tests comparait du verre brun de 2M Ressources et des résidus de verre homogène provenant d'un luminaire défectueux. La réduction de la vitesse de montée à 250 °C/h a permis d'éviter l'erreur observée lors de la série précédente, mais les résultats sont moins concluants que ceux obtenus au test 3 (150 °C/h). Le verre est resté fragmenté et a montré une perte de transparence plus marquée dans le cas du verre brun. En revanche, l'échantillon 5.b, constitué d'un verre homogène provenant des résidus d'un luminaire, a montré une meilleure fusion. Cette différence met en évidence l'avantage d'une composition uniforme qui limite les tensions internes et favorise la cohésion. Ces résultats rejoignent la perspective de Jane Bennett (2010) sur l'agentivité de la matière : le verre recyclé ne peut être contraint à se comporter comme un verre standardisé homogène.

Figure 5.13 Exploration 5.a et 5.b



Note : Figure par le chercheur.

6.a et 6.b – Les paramètres du test 3 ont été appliqués à nouveau sur le verre bleu et le verre transparent provenant de 2M Ressources, en utilisant cette fois un moule courbe. Les résultats montrent une meilleure performance du verre bleu. Le chercheur a d'abord avancé l'hypothèse que cet effet découle du cobalt servant à la coloration, lequel pourrait agir comme agent fondant. Or, la littérature montre que le cobalt agit uniquement comme pigment et en proportion infime, environ 0,05 % suffisant à colorer le verre en bleu, ce qui demeure trop faible pour influencer son comportement thermique. À titre comparatif, des oxydes métalliques comme le fer doivent être présents en proportions beaucoup plus élevées (3 à 8 %) pour produire une coloration (InfoVitrail, s.d.; Colomban et al., 2021).

L'amélioration observée relève davantage de la composition globale du fabricant de verre bleu que du cobalt en soi. Les bouteilles bleues, notamment celles de la marque 1664, représentent l'un des principaux intrants de verre consigné au Québec. Leur relative homogénéité chimique réduit la variabilité et favorise

une meilleure cohésion lors de la fusion, contrairement aux verres verts ou bruns, souvent issus de mélanges plus diversifiés.

Figure 5.14 Exploration 6.a et 6.b



Note : Figure par le chercheur.

7.a à 7.d – La septième série d'essais (tests 7.a à 7.c) ont porté sur du verre transparent, brun et vert provenant de 2M Ressources, tandis que le test 7.d a été réalisé avec du granulat 20-30 fourni par Groupe Bellemare. Ces dernières explorations ont été réalisées dans un four à micro-ondes à l'aide d'un moule en céramique recouvert de carbure de silicium.

La montée rapide en température a permis une fusion complète du verre, produisant des pièces transparentes et homogènes, sans dévitrification apparente. Seul le test 7.d présente une perte de cohésion attribuable aux impuretés et à la granulométrie fine du verre Bellemare 20-30. L'expérience confirme que le franchissement accéléré de la zone critique limite la cristallisation du verre. Les contraintes

liées au format restreint du four et à l'absence de contrôle précis des paliers thermiques limitent cependant cette approche à des essais exploratoires.

Figure 5.15 Exploration 7.a à 7.d



Note : Figure par le chercheur.

5.3 Conclusion et constats

Les expérimentations démontrent que le verre unique n'agit pas comme un matériau neutre. Il impose des contraintes, oriente les gestes et influence l'esthétique finale, agissant comme un co-actant, dont la « vitalité matérielle » se manifeste à chaque étape du processus (Bennett, 2010).

La série de tests a permis de faire ressortir sept principaux constats, les voici :

1. Le temps de refroidissement ou de recuisson constitue un paramètre déterminant dans le processus de fusion du verre.
2. Un refroidissement rapide du verre s'avère essentiel afin de limiter les défauts.

3. Le maintien d'une pression constante lors de la cuisson favorise une fusion uniforme.
4. Contrairement au verre industriel, le verre recyclé requiert une température plus élevée afin de compenser son hétérogénéité.
5. La montée rapide en température, combinée à un palier thermique élevé, favorise une fusion plus complète et une homogénéité visuelle accrue.
6. Le franchissement accéléré de la zone critique contribue à réduire la cristallisation du verre.
7. La dévitrification influence non seulement la transparence du verre, mais également sa capacité à préserver une recyclabilité infinie.

Les constats ci-haut apportent des éléments précis pouvant répondre à la sous-question suivante : *quels procédés de transformation permettent une mise en valeur optimale du verre recyclé tout en respectant ses qualités intrinsèques et en minimisant l'effort de retransformation ?*

Ils soulignent d'abord l'importance de paramètres tels que la durée du refroidissement ou de la recuisson, la brièveté du cycle de fusion et la rapidité du refroidissement, qui favorisent la qualité de la mise en forme.

Le maintien d'une pression constante assure une cuisson uniforme, tandis que l'hétérogénéité propre au verre recyclé impose de recourir à des températures plus élevées que pour le verre industriel. De plus, une montée rapide en température, associée à un palier thermique élevé, permet d'obtenir une fusion plus complète et une homogénéité visuelle accrue.

Le franchissement accéléré de la zone critique contribue à limiter la cristallisation, alors que la maîtrise de la dévitrification conditionne à la fois la transparence et la capacité du verre à préserver sa recyclabilité infinie. Ensemble, ces constats définissent les procédés de transformation les plus aptes à valoriser le verre recyclé, en conciliant optimisation des résultats et respect de ses qualités intrinsèques.

Cette exploration matérielle montre que la mise en forme du verre recyclé ne consiste pas seulement à tester des paramètres techniques, mais à instaurer une relation de collaboration avec une matière active et expressive ayant une identité propre. Ces constats, qui rassemblent des dimensions techniques, théoriques et symboliques, nourrissent la réflexion centrale de ce mémoire : *De quelle façon le design, par une approche matérielle et expérimentale, peut-il contribuer à transformer la perception et l'usage du verre recyclé au Québec ?* La conclusion générale reprendra cette question afin de dégager les apports de la recherche et les perspectives ouvertes par cette recherche.

CONCLUSION

Cette recherche avait pour objectif de répondre à la question suivante : *De quelle façon le design peut-il, à travers une approche matérielle et expérimentale, contribuer à modifier la perception et l'utilisation du verre recyclé au Québec ?* En conjuguant analyse théorique et expérimentations pratiques, elle a permis d'éclairer le rôle du design dans la requalification d'un matériau perçu comme un déchet, mais ayant encore un fort potentiel de valorisation.

Pour structurer cette réflexion, trois sous-questions ont été développées, chacune abordant un angle complémentaire : la perception sociale et culturelle du verre résiduel, la posture que le designer doit adopter face à cette matière et les procédés permettant de la transformer en respectant ses qualités intrinsèques.

En réponse à la sous-question a. *Dans un contexte de surplus de matière actuelle, quelle est la perception du résidu de verre au Québec ?* le chapitre 1 a montré que cette perception demeure variable. Le verre est reconnu pour ses propriétés uniques et sa recyclabilité infinie, mais il demeure largement associé à des difficultés de gestion liées aux coûts, à la contamination et à la qualité de la matière issue de la collecte sélective. Cela dit, les filières existantes, qu'il s'agisse de la consigne ou de la collecte sélective, permettent de détourner une part significative de la matière de l'enfouissement. Ce paradoxe révèle que la perception du verre résiduel ne découle pas uniquement de ses propriétés intrinsèques, mais également des contraintes techniques, économiques et politiques propres au système québécois de gestion des matières résiduelles.

En réponse à la sous-question b. *Quelle posture le designer doit-il adopter pour travailler avec une matière recyclée comme le verre ?* les chapitres 2 et 3 sur la perception et la collaboration ont montré que cette posture repose sur une approche centrée sur la matérialité. Le designer doit d'abord reconnaître l'agentivité du verre unique, sa capacité à produire des effets et à résister aux classifications établies (rejet). Cette reconnaissance conduit à une requalification du résidu, soutenue par un vocabulaire renouvelé qui contribue à transformer la perception du verre afin qu'il soit reconnu comme matière seconde. À partir de cette base, le designer doit entamer un travail collaboratif, où la matière n'est pas considérée comme un substrat passif, mais comme un coéquipier du processus créatif. La posture proposée est donc celle de l'écoute et de l'exploration, dans laquelle les formes émergent d'un dialogue entre matières, techniques

et contextes. Ce travail invite à réinscrire la conception dans une logique de découverte et de co-construction.

En réponse à la sous-question c. *Quels procédés de transformation permettent une mise en valeur optimale du verre recyclé tout en respectant ses qualités intrinsèques et en minimisant l'effort de retransformation ?* le chapitre 4 a présenté une série de tests ayant permis de mettre en évidence plusieurs paramètres essentiels. Le temps de refroidissement ou de recuisson constitue un facteur déterminant dans le processus de fusion. Le maintien d'une pression constante assure une fusion uniforme, tandis que l'hétérogénéité propre au verre recyclé impose de recourir à des températures plus élevées que pour le verre industriel. La montée rapide en température, combinée à un palier thermique élevé, favorise une fusion plus complète et une homogénéité visuelle accrue. De plus, le franchissement accéléré de la zone critique (entre 550°C et 850°C) contribue à réduire la cristallisation, alors que la dévitrification conditionne à la fois la transparence du verre et sa capacité à préserver une recyclabilité infinie.

Ces constats définissent les procédés les plus aptes à valoriser le verre recyclé, en conciliant optimisation technique et respect de ses qualités intrinsèques. Il s'agit toutefois d'un premier échantillonnage fondé sur les découvertes propres au chercheur qui ne prétend pas épuiser l'ensemble des procédés ou approches possibles, mais ouvre plutôt la voie à d'autres explorations.

Ainsi, à la question de recherche principale *De quelle façon le design peut-il, à travers une approche matérielle et expérimentale, contribuer à modifier la perception et l'utilisation du verre recyclé au Québec ?* cette recherche met en évidence trois contributions possibles du design. Premièrement, en requalifiant le vocabulaire associé au verre. En parlant de « matière seconde » ou de « verre unique » plutôt que de résidu, le design contribue à transformer les représentations sociales et symboliques du matériau. Deuxièmement, en adoptant une posture de collaboration et d'écoute, le designer s'engage dans une démarche où la matière participe activement à la conception. Troisièmement, en expérimentant des procédés adaptés à ses spécificités, le designer reconnaît la capacité du verre à générer de nouveaux usages et de nouvelles esthétiques, en complémentarité avec les filières industrielles existantes.

L'apport de ce mémoire se situe donc dans l'articulation entre théorie et pratique. D'une part, une réflexion critique sur la perception du résidu et l'agentivité des matériaux est effectuée. D'autre part, une mise en œuvre expérimentale illustre les potentialités du verre unique. Ce travail matériel s'inscrit dans

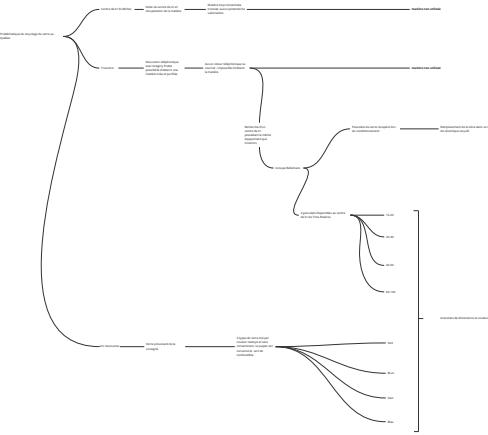
une démarche propre au Québec, au sens où il prend appui sur les spécificités locales du système de gestion du verre et propose une valorisation liée à ce contexte précis.

Cette recherche a montré que la posture du designer face au verre recyclé doit être celle de l'écoute, de l'exploration et de la co-construction. Toutefois, une question demeure ouverte : jusqu'où peut-on parler de collaboration entre matière et concepteur ? Quel est le seuil entre une posture d'accompagnement, où la matière oriente la conception, et une intervention plus directive, dans laquelle le designer pousse le matériau à ses limites pour en révéler de nouvelles potentialités ? Comme le rappellent Ingold (2013) et Bennett (2010), l'agentivité se joue toujours dans une zone intermédiaire, où humains, outils et matériaux co-agissent sans qu'aucun ne puisse revendiquer un rôle exclusif. C'est dans cette incertitude, entre contrainte et découverte, que s'ouvre le champ des futures recherches, appelant à repenser la création comme un équilibre précaire et dynamique entre intention humaine et vitalité matérielle.

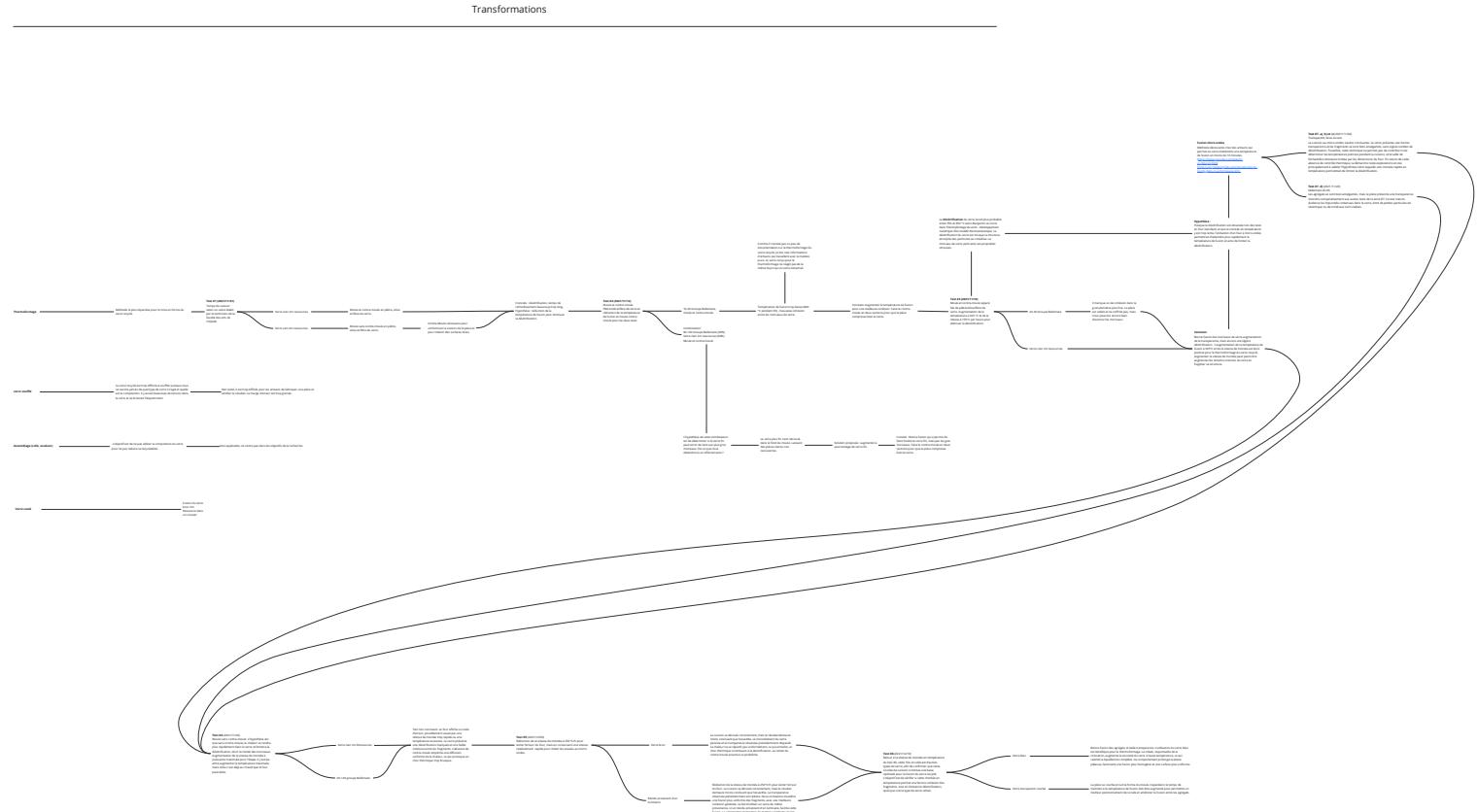
ANNEXE A

CHEMIN CONCEPTUELLE

Matières



Transformations



ANNEXE B

EXPLORATION MATÉRIELLE

Test #1. a)

#1.a)_2M ressources transparent_thermoformage_plâtre silice_2021/11/01

Matière : Verre transparent 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

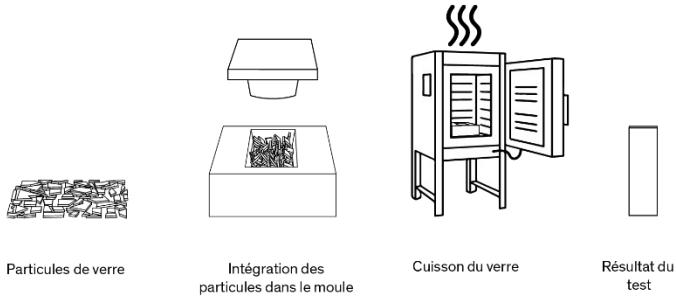
Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : 200 grammes

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Dévitrification légère observée, mais bonne fusion entre les agrégats. Le lettrage en relief de la bouteille de Corona reste visible après la fusion du verre. Le temps de refroidissement appliqué est trop long, un refroidissement plus rapide sera testé.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
75	900	5
9999	540	0
30	515	16
2	430	0
25	30	0

Programme du four



Lettrage conservé post-fusion



1.a

Test #1. b)

#1.b)_2M ressources vert_thermoformage_plâtre silice (sans c-m)_2021/11/01

Matière : Verre vert 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

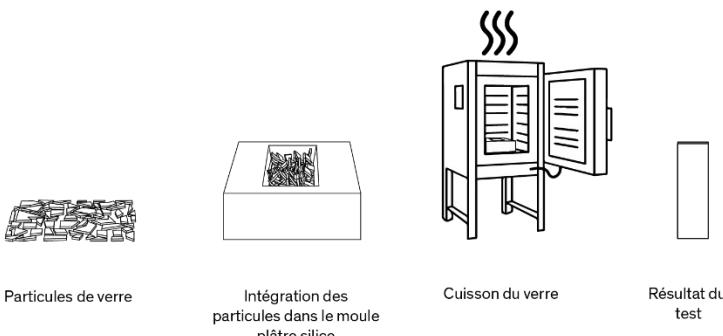
Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : 200 grammes

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, **sans** contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Dévitrification légère observée, mais bonne fusion entre les agrégats. Le temps de refroidissement appliqué est trop long, un refroidissement plus rapide sera testé. L'absence de contre-moule entraîne une cuisson irrégulière et des surfaces non uniformes, cela confirme la nécessité pour les autres tests.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
75	900	5
9999	540	0
30	515	16
2	430	0
25	30	0

Programme du four



Verso de la tuile



1. b)

Test #2. a)

#2.a)_Groupe Bellemare,10-20_thermoformage_plâtre silice_2021/11/12

Matière : Verre Groupe Bellemare granulométrie 10-20, Trois-Rivières

Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : 200 grammes

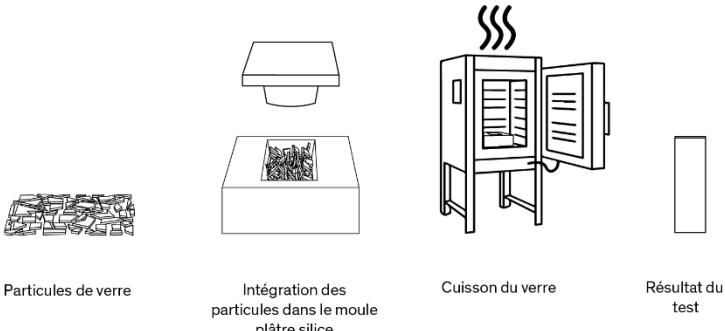
Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec contre-moule commun

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Température de fusion trop basse (800 °C pendant 3 h), mauvaise cohésion entre les morceaux de verre. Le temps de refroidissement est réduit significativement et n'impacte pas la fusion de la pièce thermoformée. Ce paramètre deviendra la base pour les explorations futures.

°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
75	800	3
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Test #2. b)

#2.b)_Groupe Bellemare, 30-60 (30%) et 2M ressources transparent (70%) _thermoformage _plâtre silice_2021/11/12

Matière : Verre transparent 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu et Groupe Bellemare granulométrie 30-60, Trois-Rivières

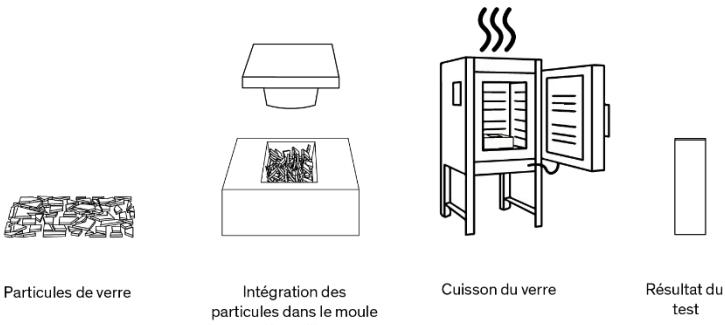
Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : Verre transparent (140g) et granulat 30-60 (60g)

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec contre-moule commun

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Température de fusion trop basse (800 °C pendant 3 h) : les plus gros morceaux de verre ne fondent pas, contrairement au granulat 30-60 qui s'amalgame bien, mais demeure légèrement friable. La pièce #2a, plus épaisse, empêche le contre-moule de bien compresser la pièce #2b. Pour les prochains tests, le contre-moule sera fabriqué en deux sections afin d'assurer une compression adéquate du verre.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
75	800	3
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Verso de la tuile



#2. b)

Test #3. a)

#3.a)_2M ressources transparent _thermoformage _plâtre silice _2021/11/19

Matière : Verre transparent 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

Dimension de l'échantillon : 2.5" x 5"

Poids : 200g

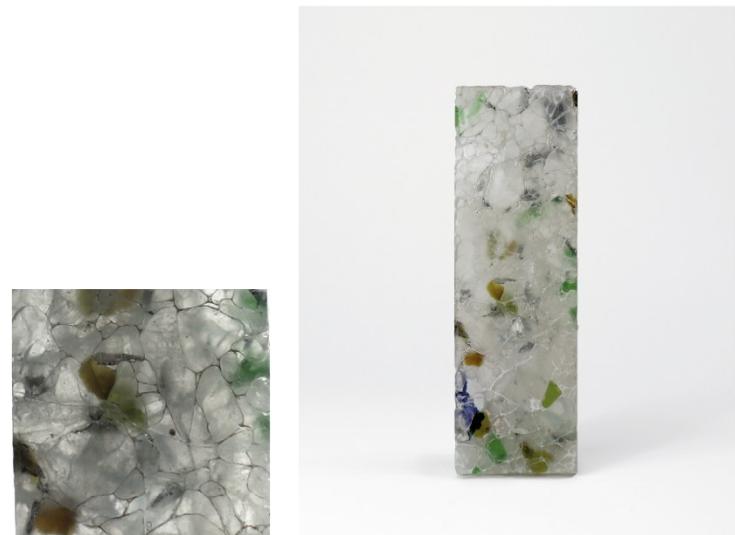
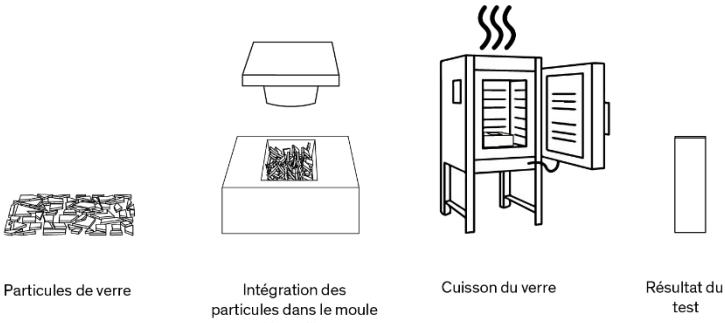
Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Augmentation de la température à 925 °C (température maximale du four) et de la vitesse de montée à 150 °C/h pour atténuer la dévitrification. Bonne fusion des morceaux de verre, augmentation de la transparence, mais légère dévitrification toujours présente. Le test confirme que le verre recyclé ne se comporte pas comme le verre de thermoformage : une montée rapide et élevée en température est nécessaire pour assurer une fusion adéquate.

°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
150	927	3
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Transparence dans la tuile

#3. a)

Test #3. b)

#3.b)_Groupe Bellemare 20-30_thermoformage_plâtre silice_2021/11/19

Matière : Groupe Bellemare granulométrie 20-30, Trois-Rivières

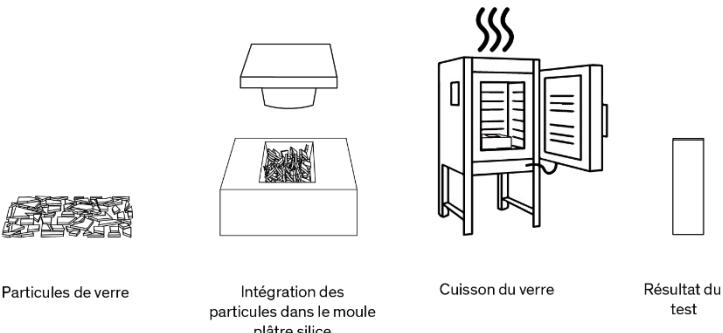
Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Augmentation de la température à 925 °C (température maximale du four) et de la vitesse de montée à 150 °C/h pour atténuer la dévitrification. Bonne fusion des morceaux de verre. Il manque de cohésion dans la granulométrie plus fine. La pièce est solide et ne s'effrite pas, mais nous pouvons encore bien discerner les morceaux.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
150	927	3
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Vue agrandie



#3. b)

Test #4. a)

#4.a)_2M ressources transparent _thermoformage _plâtre silice _2021/11/26

Matière : Verre transparent 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

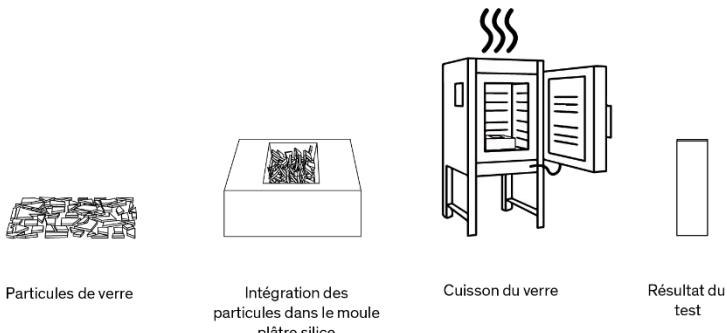
Dimension de l'échantillon : 2.5" x 5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, sans contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Augmentation de la température à 925 °C (température maximale du four) et de la vitesse de montée à puissance maximale pour atténuer la dévitrification. Résultat moins concluant que le test #3. a) : la montée trop rapide accentue la dévitrification. Le test est non concluant ; le four affiche un code d'erreur, dû à une vitesse excessive ou à une température trop élevée.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
9999	927	3
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Vue agrandie



#4. a)

Test #4. b)

#4.b)_Groupe Bellemare 60-140_thermoformage_plâtre silice_2021/11/26

Matière : Groupe Bellemare granulométrie 60-140, Trois-Rivières

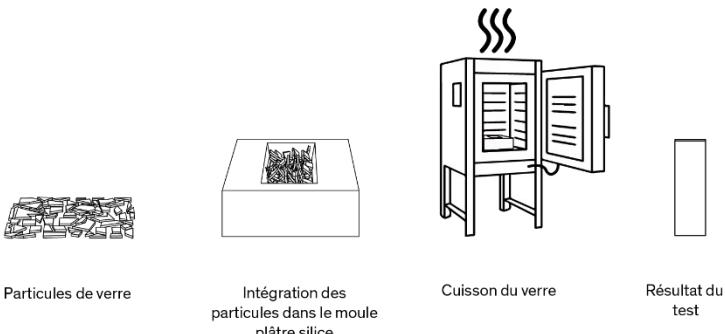
Dimension de l'échantillon : 2.5" x 5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, sans contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Augmentation de la température à 925 °C (température maximale du four) et de la vitesse de montée à puissance maximale pour atténuer la dévitrification. Résultat moins concluant que le test #3. a) : la montée trop rapide accentue la dévitrification. Le test est non concluant ; le four affiche un code d'erreur, dû à une vitesse excessive ou à une température trop élevée.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
9999	927	3
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Test #5. a)

#5.a)_2M ressources brun _thermoformage_plâtre silice_2021/12/03

Matière : Verre brun 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

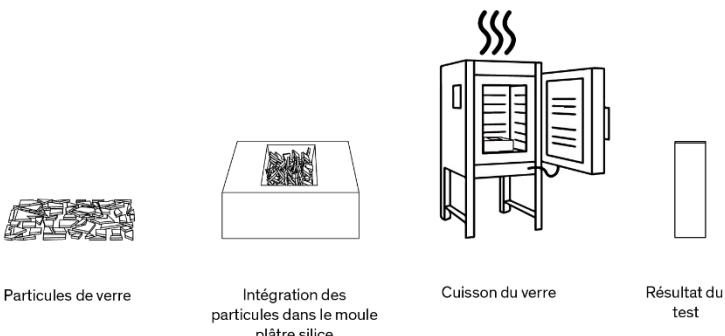
Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, sans contre-moule

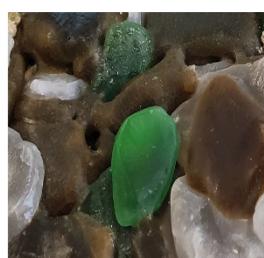
Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques: Réduction de la vitesse de montée à 250 °C/h pour éviter l'erreur du four. La cuisson se déroule correctement, mais le résultat demeure moins concluant que l'essai #3a. Le morcellement du verre persiste et la transparence observée précédemment disparaît. La chaleur ne se répartit pas uniformément, ce qui entraîne un choc thermique contribuant à la dévitrification. Le retrait du contre-moule accentue ce problème.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
250	927	1
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Vue agrandie agrégats



#5. a)

Test #5. b)

#5.b)_Verre luminaire Sainte, Lambert et fils_thermoformage_plâtre silice_2021/12/03

Matière : Verre luminaire Sainte, Lambert et fils

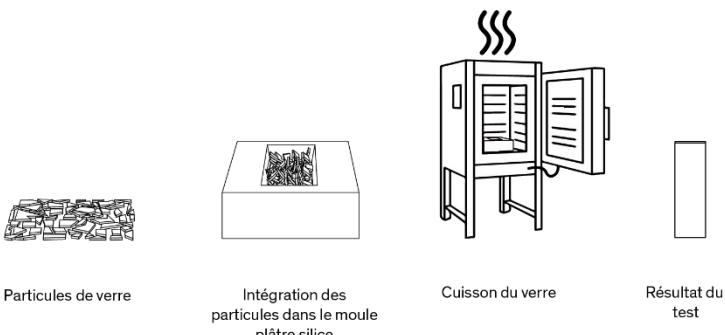
Dimension de l'échantillon : 2.5" x 5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, sans contre-moule

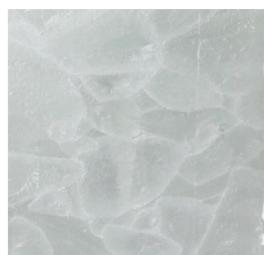
Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Réduction de la vitesse de montée à 250 °C/h pour éviter l'erreur du four. La cuisson se déroule correctement, mais le résultat demeure moins concluant que l'essai #3a. La transparence observée précédemment est réduite. Nous constatons toutefois une fusion plus uniforme des fragments, avec une meilleure cohésion générale. Le fait d'utiliser un verre de même provenance, ici un résidu provenant de l'atelier de Lambert & Fils, facilite cette fusion. La composition homogène du matériau limite les écarts de dilatation thermique, réduisant ainsi les tensions internes.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
250	927	1
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Vue agrandie agrégats



#5. b)

Test #6. a)

#6.a)_2M ressources bleu _thermoformage_plâtre silice_2021/12/03

Matière : Verre bleu 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

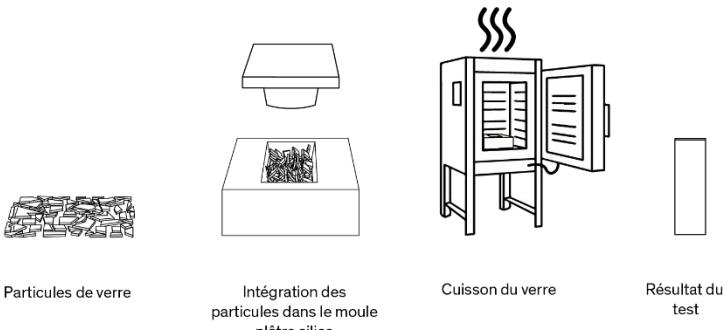
Dimension de l'échantillon : 2.5"x5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec contre-moule

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : Retour au temps de cuisson du test #3. Bonne fusion des agrégats et belle transparence. L'utilisation du verre bleu est bénéfique pour le thermoformage. Le cobalt, responsable de la coloration, augmente la viscosité du verre à haute température, ce qui ralentit la liquéfaction complète. Ce comportement prolonge la phase pâteuse, favorisant une fusion plus homogène et une surface plus uniforme.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
150	927	1
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Vue agrandie agrégats



#6. a)

Test #6. b)

#6.b)_2M ressources transparent _thermoformage _plâtre silice _2021/12/03

Matière : Verre transparent 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

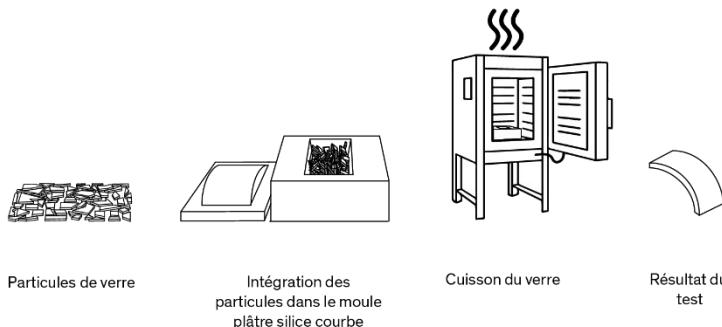
Dimension de l'échantillon : 2.5" x 5"

Poids : 200g

Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre, avec moule et contre moule courbe.

Procédé: Thermoformage, four Paragon F120

Remarques : La pièce se courbe et suit la forme du moule. Cependant, le temps de maintien à la température de fusion doit être augmenté pour permettre un meilleur positionnement de la tuile et améliorer la fusion entre les agrégats.



°C/heure	Température (°C)	Plateau (heure)
75	100	3
75	400	4
150	927	1
9999	540	0
30	515	4
11	430	0
100	30	0

Programme du four



Test #7. a)

#7.a)_2M ressources transparent _Cuisson micro-ondes _plâtre silice _2021/11/20

Matière : Verre transparent 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

Dimension de l'échantillon : 1.5" Ø

Poids : 30g

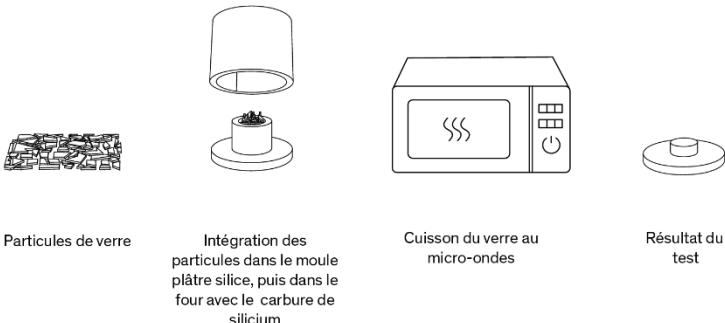
Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre.

Procédé: Thermoformage au micro-ondes, four en céramique avec côté intérieur recouvert de carbure de silicium.

Temps de cuisson : 3x 5 minutes

Temps de refroidissement : 30 minutes

Remarques : La cuisson au micro-ondes s'avère concluante. Le verre présente une bonne transparence et les fragments se sont bien amalgamés, sans signes visibles de dévitrification. Toutefois, cette technique ne permet pas de contrôler ni de déterminer les températures précises pendant la cuisson, et la taille de l'échantillon demeure limitée par les dimensions du four. En raison de cette absence de contrôle thermique, la démarche reste exploratoire et vise principalement à valider l'hypothèse selon laquelle une montée rapide en température permettrait de limiter la dévitrification.



Vue agrandie de l'échantillon

#7. a)

Test #7. b)

#7.b)_2M ressources brun _Cuisson micro-ondes_plâtre silice_2021/11/20

Matière : Verre brun 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

Dimension de l'échantillon : 1.5" Ø

Poids : 30g

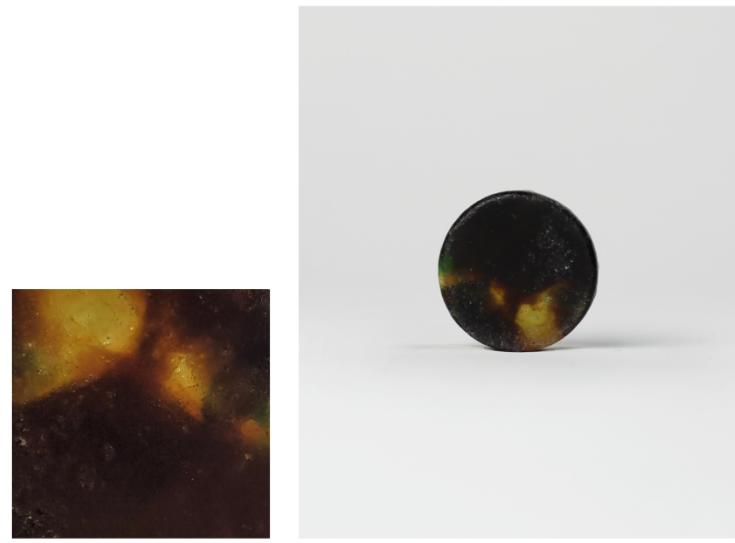
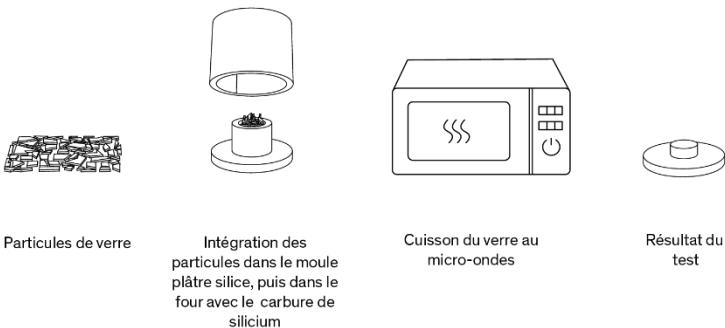
Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre.

Procédé: Thermoformage au micro-ondes, four en céramique avec côté intérieur recouvert de carbure de silicium.

Temps de cuisson : 3x 5 minutes

Temps de refroidissement : 30 minutes

Remarques : La cuisson au micro-ondes s'avère concluante. Le verre présente une bonne transparence et les fragments se sont bien amalgamés, sans signes visibles de dévitrification. Toutefois, cette technique ne permet pas de contrôler ni de déterminer les températures précises pendant la cuisson, et la taille de l'échantillon demeure limitée par les dimensions du four. En raison de cette absence de contrôle thermique, la démarche reste exploratoire et vise principalement à valider l'hypothèse selon laquelle une montée rapide en température permettrait de limiter la dévitrification.



Vue agrandie agrégats

#7. b)

Test #7. c)

#7.a)2M ressources vert _Cuisson micro-ondes _plâtre silice _2021/11/20

Matière : Verre vert 2M-Ressources, St-Jean-sur-Richelieu

Dimension de l'échantillon : 1.5" Ø

Poids : 30g

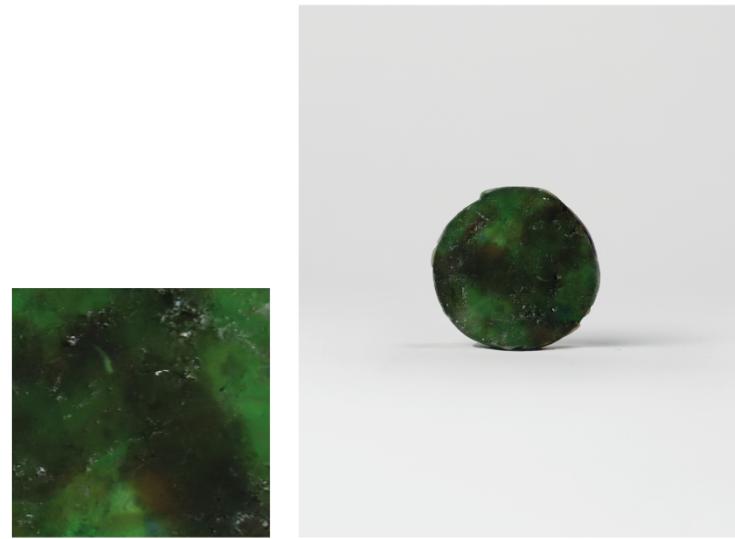
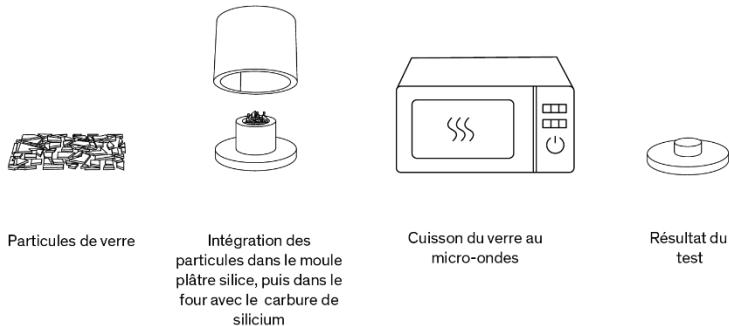
Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre.

Procédé: Thermoformage au micro-ondes, four en céramique avec côté intérieur recouvert de carbure de silicium.

Temps de cuisson : 3x 5 minutes

Temps de refroidissement : 30 minutes

Remarques : La cuisson au micro-ondes s'avère concluante. Le verre présente une bonne transparence et les fragments se sont bien amalgamés, sans signes visibles de dévitrification. Toutefois, cette technique ne permet pas de contrôler ni de déterminer les températures précises pendant la cuisson, et la taille de l'échantillon demeure limitée par les dimensions du four. En raison de cette absence de contrôle thermique, la démarche reste exploratoire et vise principalement à valider l'hypothèse selon laquelle une montée rapide en température permettrait de limiter la dévitrification.



Vue agrandie agrégats

#7. c)

Test #7. d)

#7.d)_Groupe Bellemare 20-30_Cuisson micro-ondes_plâtre silice_2021/11/20

Matière : Groupe Bellemare granulométrie 20-30, Trois-Rivières

Dimension de l'échantillon : 1.5" Ø

Poids : 30g

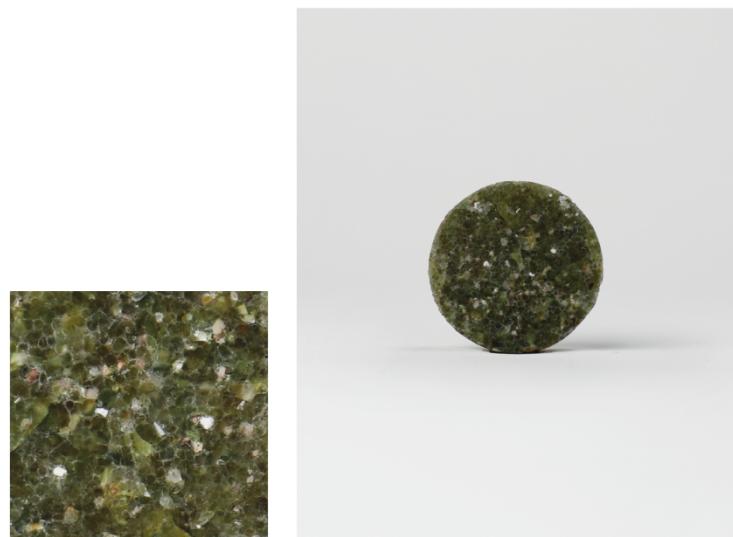
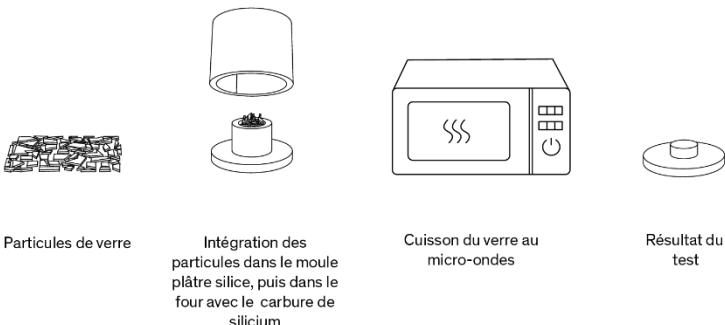
Moule : Plâtre et silice (1 pour 1) et fibre de verre.

Procédé: Thermoformage au micro-ondes, four en céramique avec côté intérieur recouvert de carbure de silicium.

Temps de cuisson : 3x 5 minutes

Temps de refroidissement : 30 minutes

Remarques : Les agrégats se sont bien amalgamés, mais la pièce présente une transparence moindre comparativement aux autres tests de la série #7. Ce test met en évidence les impuretés contenues dans le verre, dont de petites particules de céramique ou de minéraux sont visibles.



Vue rapprochée impuretés dans la matière
#7. d)

BIBLIOGRAPHIE

2m Ressources. (s. d.). Verres recyclés. *2M Ressources*. <http://2mressources.com/produits/verre/>

Allwood, J. M. (2014). Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies. Dans E. Worrell et M. A. Reuter (dir.), *Handbook of Recycling* (p. 445-477). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396459-5.00030-1>

Baïlon, J.-P., Dorlot, J.-M. et Palissy. (2000). *Des matériaux* (Troisième édition). Presses internationales Polytechnique.

Bennett, J. (2010). *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things*. Duke University Press.

Bertolini, Gerard. (1990). *Le marché des ordures : économie et gestion des déchets ménagers*. L'Harmattan, Paris. <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb366479158>

Bolo, R. & M. (s.d.). *Apple iMac G3 computer*. Own work.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IMac-IMG_7043.jpg

Bora. (2022). *Dieter Rams and 10 principles for good design*. Medium. <https://uxdesign.cc/dieter-rams-and-ten-principles-for-good-design-61cc32bcd6e6>

Buist, M.-È., Cissé, I., Criner, G., Dubé, J., Gauthier, F., González, P., Journeault, M., Trabelsi, S. et West, G. E. (2015). *Étude comparative des systèmes de récupération des contenants de boisson au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/etude-comparative-syst-recup-create.pdf>

Casevitz, M. (2021). Déchets et détritus. *Raison présente*, 220(4), 114-115. <https://doi.org/10.3917/rpre.220.0114>

CEA. (2022, 13 mai). *La matière*. CEA/Découvrir & Comprendre. <https://www.cea.fr/comprendre/Pages/matiere-univers/essentiel-sur-la-matiere.aspx>

Centre national de ressources textuelles et lexicales. (2012). *TECHNOCRATIQUE : Définition de TECHNOCRATIQUE*. <https://www.cnrtl.fr/definition/technocratique>

Cheng, S.-C., Kao, M.-S. et Hwang, J.-J. (2024). Advanced Integration of Microwave Kiln Technology in Enhancing the Lost-Wax Glass Casting Process: A Study on Methodological Innovations and Practical Implications. *Journal of Composites Science*, 8(5), 168. <https://doi.org/10.3390/jcs8050168>

Chevalier, N. (2018). *Vers des options de recyclage de résidus de verre plus performantes : le Québec saura-t-il implanter une gestion plus durable du verre?* [Essai, Université de Sherbrooke]. <https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/12625>

Ciment Québec. (2017). L'ABC de la fabrication du ciment. *Ciment Québec*. <https://www.cimentquebec.com/ciment/fabrication/>

Colomban, P., Kırmızı, B. et Simsek Franci, G. (2021). Cobalt and Associated Impurities in Blue (and Green) Glass, Glaze and Enamel: Relationships between Raw Materials, Processing, Composition, Phases and International Trade. *Minerals*, 11(6), 633. <https://doi.org/10.3390/min11060633>

Consignaction. (2023). Modernisation - Vers un système de consigne moderne et écoresponsable pour le Québec. <https://consignaction.ca/modernisation/>

Consigneco. (2016). *Que faire des canettes et bouteilles consignées*. Consigneeco. <https://consigneeco.org/>

Corre, B. L. (2014). *Thermoformage du verre - Développement numérique d'un modèle thermomécanique* [phdthesis, Université de Lorraine]. <https://theses.hal.science/tel-01750665>

Dagognet, F. (1985). *Rematerialiser: matières et materialismes*. J. Vrin.

Dalsgaard, P. (2017). Instruments of Inquiry: Understanding the Nature and Role of Tools in Design. *International Journal of Design*, Aarhus University, 11(1). <https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/2275/767>

DAM, C. (2022, juin). *Design in Translation / #2 - Matérialité*.

<https://dit.dampress.org/readers/materialite>

Davril, C. (2014). Réfléchir par la matière en design. Normal Studio, Martin Szekely, Konstantin Grcic.

Marges, (18), 51-65. <https://doi.org/10.4000/marges.866>

Deleuze, G. et Guattari, F. (1980). *Mille plateaux*. Éditions de minuit.

Design in translation. (2013). FOCILLON, Henri, « Les formes dans la matière », Vie des formes (1934).

Presses Universitaires de France. <https://dit.dampress.org/readers/materialite/du-factuel-au-definitionnel/focillon>

Eames Office. (1977). *Powers of Ten*. <https://www.youtube.com/watch?v=OfKBhvDjuy0>

Éco entreprises Québec. (s. d.). *Plan Verre l'innovation*. Éco Entreprises Québec. Récupéré le 11 mars 2021 de <https://www.eeq.ca/outils-et-ressources/outils-et-ressources-pour-les-centres-de-tri-les-conditionneurs-et-les-recycleurs>

Éco entreprises Québec et Recyc-Québec. (s. d.). *Allocation des coûts par activité : résultats 2016*.

https://www.eeq.ca/assets/Outils-et-ressources/Outils-et-ressources-OM/Rapports-publications-et-memoires/Resultats_ACA_2016_VFF.pdf

Éditeur officiel du Québec. (2025). *q-2, r. 19 a.41 - Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles*. <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/q-2,%20r.%2019>

Ellen MacArthur Foundation. (2021). *The butterfly diagram: visualising the circular economy*.

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

Ellen MacArthur Foundation. (s. d.). *The Circular Economy | Definition & Model Explained*. Récupéré le 6 septembre 2025 de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/>

Encyclopédie Britannica. (2025). *Obsidian | Rock, Color, Composition, & Uses*.

<https://www.britannica.com/science/obsidian>

Energy Star. (s. d.). *Dishwashers, Why ENERGY STAR?* Récupéré le 31 mai 2023 de <https://www.energystar.gov/products/dishwashers>

Environnement et Changement climatique Canada. (2025). *Les systèmes de tarification de la pollution par le carbone au Canada.* <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/fonctionnement-tarification-pollution.html>

Etienne, S., David, L., Gaudry, E., Lagrange, P., Ledieu, J. et Steinmetz, J. (2008). *Les Matériaux de A à Z, 300 entrées et des exemples pour comprendre.* Dunod, Paris. <https://hal.science/hal-00385030>

Fondation David Suzuki. (2019). *Mandat d'initiative sur les enjeux de recyclage et de valorisation locale du verre.* <https://fr.davidsuzuki.org/publication-scientifique/mandat-dinitiative-sur-les-enjeux-de-recyclage-et-de-valorisation-locale-du-verre/>

Fonds de recherche du Québec. (2022). Appui à la recherche-création (RC) 2022-2023. *Fonds de recherche du Québec.* <https://frq.gouv.qc.ca/programme/appui-a-la-recherche-creation-rc-2022-2023/>

FormaFantasma. (2017). *Ore Streams.* <http://formafantasma.com//work>

Fuller, R. B. (1969). *Operating manual for spaceship earth.* Simon and Schuster.

Gell, A. (1998). *Art and agency: an anthropological theory.* Clarendon Press.

Glastroesch. (s.d. a). *Le matériau de construction, le verre / Historique.* <https://www.glastroesch.com/ch/fr/services/connaissances-specialisees/le-verre-et-ses-applications/le-materiau-de-construction-le-verre/historique>

GlasTrösch. (s.d. b). *Propriétés physiques et chimiques du verre plat.* <https://www.glastroesch.com/ch/fr/services/connaissances-specialisees/le-verre-et-ses-applications/le-materiau-de-construction-le-verre/proprietes-physiques-et-chimiques-du-verre-plat>

Gouvernement du Canada. (2013). *Achat des produits certifiés ENERGY STAR*. Ressources naturelles Canada. <https://ressources-naturelles.canada.ca/efficacite-energetique/energy-star-canada/energy-star-produits/achetez-produits-certifies-energy-star/13606>

Gouvernement du Québec. (2025). *Redevances pour l'élimination de matières résiduelles*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/redevances/index.htm>

Granjou, C. (2014). Vibrant Matter. A political Ecology of Things. *Revue d'anthropologie des connaissances*, Vol. 8, n° 4(4), 839-843.

Groupe Bellemare. (2023). Décapage et préparation de surfaces au jet. *Groupe Bellemare*. <https://www.groupebellemare.com/blogue/decilage-preparation-surface-sablage-au-jet/>

Guattari, F. (2013). Aphorismes sur l'éco-design. *Multitudes*, 53(2), 214-216. <https://doi.org/10.3917/mult.053.0214>

Häubi, R. B. (2025). Sand, an overexploited resource at the heart of global tensions. *SWI swissinfo.ch*. <https://www.swissinfo.ch/eng/international-geneva/sand-an-overexploited-resource-at-the-heart-of-global-tensions/89942557>

Hill, S. (2009). Rebuts ici, recyclés là-bas: les matériaux usagés à travers les frontières de l'Amérique du Nord. Dans *Actions : comment s'approprier la ville* (p. 170-178). Centre canadien d'architecture.

Hirt, L. L. (2015). Recherche-création en design à plein régime : un constat, un manifeste, un programme. *Sciences du Design*, 1(1), 37-44. <https://doi.org/10.3917/sdd.001.0037>

Hydro-Québec. (2023). *Les produits certifiés ENERGY STAR*. <https://www.hydroquebec.com/residentiel/mieux-consommer/certifications-ecoenergetiques.html>

Infovitail. (s. d. a). *Histoire du verre*. infovitail. Récupéré le 3 septembre 2025 de <https://infovitail.com/contenu.php/fr/d/---histoire-du-verre/211de779-703d-4d50-a392-746d9063d85b>

Infovitail. (s. d. b). *La composition du verre*. infovitail. Récupéré le 4 juillet 2023 de <https://infovitail.com/contenu.php/fr/d/---la-composition-du-verre/e9b609c9-91f5-4a08-86a6-6112dc12b66d>

Infovitail. (s. d. c). *L'état physique du verre*. infovitail. Récupéré le 15 juin 2023 de <https://infovitail.com/contenu.php/fr/d/---l-etat-physique-du-verre/36136abd-1fc1-45fb-aae4-3368d94f7b2a>

Ingold, T., Gosselin, H., Afeissa, H.-S., Gosselin, H. et Afeissa, H.-S. (2017). *Faire : anthropologie, archéologie, art et architecture*. Éditions Dehors.

Innovation, Sciences et Développement économique Canada. (2021). *Déclaration commune : L'industrie canadienne du ciment et le gouvernement du Canada annoncent un partenariat*. Innovation, Sciences et Développement économique Canada. <https://ised-isde.canada.ca/site/isde/fr/declaration-commune-lindustrie-canadienne-ciment-gouvernement-canada-annoncent-partenariat>

Jarry, A. (2020). *Dust agitator : l'agir distribué entre une pratique itérative de l'installation et la poussière résiduelle de verre recyclé* [Thèse ou essai doctoral accepté, Université du Québec à Montréal]. <https://archipel.uqam.ca/13795/>

JF Boivin. (s. d.). Sculpteur-Verrier. <https://www.jfboivin.com/>

Knaebel, G. (1991). Le rangement du résidu. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 23-31.

Knauf Insulation. (2023). *Fabrication de la laine de verre*. <https://www.knaufinsulation.fr/nos-laines-minerales/la-laine-minerale-de-verre/processus-de-fabrication-laine-minerale-de>

König, C. (2006). *La silice amorphe, verre*. Futura. <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/geologie-coeur-silice-silex-wafer-567/page/6/>

Laplante, J. (2021). Agentivité. *Anthropen*. <https://doi.org/10.47854/NJFW6857>

Larousse. (s. d. a). *Définitions : matérialité*. Récupéré le 17 août 2023 de <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mat%C3%A9rialit%C3%A9/49839>

Larousse. (s. d. b). *Définitions : verre, verres - Dictionnaire de français Larousse*. Récupéré le 3 février 2023 de <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/verre/81618>

Larousse. (s. d. c). *Définitions : micronisation - Dictionnaire de français Larousse*. Récupéré le 9 mai 2023 de <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/micronisation/51276>

Le Petit Robert. (s. d.). *Déchet - Définitions, synonymes, prononciation, exemples*. Récupéré le 6 septembre 2025 de <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/dechet>

Le Tricentrism Express. (2019). Silicycle et Tricentrism s'unissent pour donner de la valeur au verre, 15(2), 4.

LemonTri. (2024). Le temps de décomposition des déchets dans la nature. *Lemon Tri*. <https://lemontri.fr/le-temps-de-decomposition-des-dechets-dans-la-nature/>

l'Encyclopédie Canadienne. (2006). *Industrialisation au Canada*. Historica Canada. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/industrialisation>

Les Valoristes Coopérative de Solidarité. (s. d.). *Coop Les Valoristes*. Récupéré le 6 septembre 2025 de <https://coouplesvaloristes.ca/language/fr/accueil/>

Luceo. (2022). Polariscopie – About visual performance. https://luceo.co.jp/en/wp-content/uploads/2022/04/Polariscopie_leaflet_202202_E.pdf

Luyat, M. (2014). Chapitre 1. Qu'est-ce que la perception ? Dans *La perception* (p. 11-21). Dunod. <https://www.cairn.info/la-perception--9782100710324-p-11.htm>

Manzini, E., Pilia, A., Lewisch, M., Llopès, M.-C. et Centre Georges Pompidou. (1991). *Artefacts: vers une nouvelle écologie de l'environnement artificiel*. Centre Georges Pompidou.

Marchand, C. (2013). Que faire avec le verre? | La Presse. *La Presse*, Actualités.

<https://www.lapresse.ca/actualites/201310/28/01-4704506-que-faire-avec-le-verre.php>

Martineau, G. et Chayer, J.-A. (2007). *Développement et application d'un outil d'évaluation des scénarios de gestion des matières résiduelles - rapport final*.

<https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2217163>

Mayer, N. (2017). *Acier inoxydable : qu'est-ce que c'est ?* Futura. <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-acier-inoxidable-16677/>

Mercure, P. (2019). Exportation de déchets: nous devrions avoir honte. *La Presse*, Éditoriaux.

<https://www.lapresse.ca/debats/editoriaux/2019-07-26/exportation-de-dechets-nous-devrions-avoir-honte>

Ministère de la Culture et des Communications et Répertoire du patrimoine culturel du Québec. (2023).

Bouteille à bière - Répertoire du patrimoine culturel du Québec. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/detail.do?methode=consulter&id=234494&type=bien>

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2011). *Modifications proposées dans le projet de loi modifiant la LQE - Régime de compensation pour les services municipaux fournis en vue d'assurer la récupération et la valorisation de matières résiduelles.* <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/regime-compensation/modifications.htm>

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. (2022). *Analyse d'impact réglementaire des Règlements concernant la modernisation des systèmes de consigne et de collecte sélective.* <https://www.environnement.gouv.qc.ca/matieres/consigne-collecte/analyse-impact-reglementaire-modernisation-consigne-collecte-selective.pdf>

Muecke, J. (2023). MU-EC-KE. <https://mu-ec-ke.com>

Office québécois de la langue française. (2017). *Fiche Terminologique / Agentivité.*

http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26543907

Papanek, V. (1971). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. Academy Chicago.

Paprec. (2020). La classification des différents types de verre. <https://www.paprec.com/fr/solutions/les-matières-que-nous-valorisons/verre/la-classification-des-different-types-de-verre/>

Pesqueux, Y. (2016). *Le déchet* [Doctoral]. UCAD, Senegal. <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01325113>

Petit, V. (2015). L'éco-design : design de l'environnement ou design du milieu ? *Sciences du Design*, 2(2), 31-39. <https://doi.org/10.3917/sdd.002.0031>

Photo gallery 13th Festival / Festiwal Wysokich Temperatur.

<https://festiwalwysokichtemperatur.pl/2021/08/28/photo-gallery-13th-festival/>

Porro, K. (2018). Seeking Truth in Terrazzo: Digital Practices and Traditional Crafts. *The Journal of Modern Craft*, 11(3), 219-231. <https://doi.org/10.1080/17496772.2018.1538634>

Prignot, N. (2010). 05. Retour sur les trois écologies de Félix Guattari. <https://etopia.be/05-retour-sur-les-trois-ecologies-de-felix-guattari/>

Quantis. (2015). *Analyse environnementale du cycle de vie de projets de commercialisation du verre mixte récupéré via des centres de tri de matières recyclables au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/acv-projet-commercialisation-verre-recupere-rapport-complet.pdf>

Radio-Canada Info. (2021). *Carbone / Utiliser du verre pour rendre le ciment plus écologique*.

https://www.youtube.com/watch?v=cgvh_0pdiHU

Recyc-Québec. (2017). *Bilan 2015 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2015.pdf>

Recyc-Québec. (2018). *Système de consignation*. <https://icionrecycle.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Documentation/Sections/TelechargerPieceJointe/CONSIGNE>

Recyc-Québec. (2019). *Réduction à la source*. <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000442844>

Recyc-Québec. (2020). *Bilan 2018 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2018-complet.pdf>

Recyc-Québec. (2023). *Bilan 2021 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2021-complet.pdf>

Recyc-Québec. (2024). *L'indice du prix des matières*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/collecte-selective-municipale/indice-prix-matieres/>

Recyc-Québec. (2025a). *Bilan 2023 de la gestion des matières résiduelles au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/actualite/recyc-quebec-diffuse-les-resultats-du-bilan-2023-de-la-gestion-des-matieres-residuelles-au-quebec-bilan-gmr/>

Recyc-Québec. (2025b). Lexique. *RECYC-QUÉBEC*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/lexique/>

Redaccion. (2018). AMLO destinará 10 mil mdp a ciudad Juárez y 14 ciudades más para abatir pobreza. *Noticias Código 13*. <https://www.codigo13parral.com/archivos/55670>

Rio, S. (s. d.). Bamboo hair dryer. <https://www.samyrrio.fr/index.php/project/bamboo-hair-dryer/>

Robillard, J.-P. (2019). Recycler le verre reste un défi. *Radio-Canada*. <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1163614/recyclage-verre-quebec-enfouissement-depotoir-centre-de-tri>

Saunier, F., Van Durme, G. et Ménard, J.-F. (2015). *Mise à jour d'une analyse du cycle de vie de contenants de bière au Québec*. <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/acv-contenants-biere-rapport-2015.pdf>

Studio Swine. (2012). *Sea Chair*. Studio Swine. <https://studioswine.com/work/sea-chair/>

Sullivan, R. (1998). *The meadowlands : wilderness adventures at the edge of a city*. New York : Scribner.

Superprof Ressources. (2007). *L'Objectivité et la Subjectivité en Philosophie*. Superprof Ressources.
<https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/philosophie/resume-philo5/terminale-s-philo5/globalite-individualite-philo.html/>

Tchandem Kamgang, A. C. (2019). Recyclage du verre au Québec : bientôt possible de fabriquer des bouteilles avec du verre de la collecte sélective? RCI. <https://www.rcinet.ca/fr/2019/08/12/groupe-bellmare-recyclage-du-verre-au-quebec-lutte-aux-changements-climatiques-owens-illinois-ministere-de-lenvironnement-et-de-la-lutte-contre-les-changements-climatiques-consigne-du-v/>

TEDx Talks. (2013). *Let's talk about sand: Denis Delestrac*.
<https://www.youtube.com/watch?v=VOXikTyZxPA>

Thielemans, V. (2015). Au-delà de la visualité : retours critiques sur la matérialité et l'affect. *Perspective. Actualité en histoire de l'art*, (2), 141-147. <https://doi.org/10.4000/perspective.6171>

Treggiden, K. (2020). *Wasted: When Trash Becomes Treasure*. Thames & Hudson.