Université Libre de Bruxelles
Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
Faculté des Sciences
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

Recyclage et économie circulaire dans le secteur de la construction - cas du verre plat

Mémoire de Fin d'Etudes présenté par
« DENIS, Guillaume »
en vue de l'obtention du grade académique de
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement
« Finalité et type du Master : ENVI4»
Année Académique : 2017-2018

Directeur : Prof. CORNUT Pierre
Co-directeur : Prof. D'ANS Pierre

Remerciements

A l'issue de ce mémoire, je tiens à remercier les personnes qui m'ont apporté leur aide et leur soutien dans la réalisation de celui-ci.

Mes remerciements vont tout d'abord à Monsieur Cornut et Monsieur d'Ans qui ont assuré leur rôle de (co)promoteur en me guidant tout au long du travail et m'accordant tout le temps nécessaire pour répondre aux différentes questions que je me suis posées lors de la phase de recherches et de la rédaction.

J'exprime ensuite ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont accordé une interview et fourni des informations précieuses sur la problématique des déchets de construction et le recyclage du verre plat. Monsieur Kampelmann (ULB), Madame Leribaux (Architectassoc), Monsieur Slegers (Go4circle), Monsieur Wintermans (Maltha) ont en effet apporté une grande contribution à ce travail.

Finalement, Je voudrais remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu durant ce travail, notamment ma famille et mes amis.

Résumé

Dans le cadre de ce travail, nous avons abordé la thématique des déchets de construction avec une attention particulière sur la fraction verre. Nous avons constaté que la demande croissante de matériaux de construction contribue à une pression sur nos ressources, une grande consommation d'énergie ainsi qu'un rejet important d'émissions CO_2. Repenser notre utilisation des matériaux serait potentiellement une partie de la solution pour résoudre les 3 problématiques du secteur citées ci-avant.

Dans notre étude approfondie du verre de construction, nous avons constaté que malgré l'intérêt évident de recycler le verre de construction pour les avantages économiques et environnementaux qu'il offre, le taux de recyclage du verre post-consumer est excessivement bas. Des questions financières, logistiques, organisationnelles sont soulevées en ce qui concerne la collecte des déchets. Il s'agit aussi d'une question de qualité. Les déchets de verre de construction requièrent effectivement une qualité importante pour pouvoir être recyclés.

Après avoir développé les principaux freins au recyclage du verre, nous constatons que les différents points convergent tous vers une seule et même problématique qui est le tri du verre in-situ. Slegers et Leribaux (2018) considèrent tous les deux que pour faire changer les choses, la déconstruction sélective doit être imposée. Cette mesure n'est cependant pas suffisante. Wintermans (2018) propose d'une part de mettre en vigueur des lois appropriées exigeant une collection séparée (obligatoire) du verre plat, et d'autre part de développer un réseau de collecte. Effectivement, le calcin étant aussi bien utilisable dans la production de laine de verre, de verre d'emballage que de verre plat, il doit toutefois souscrire à des exigences plus importantes pour être réintégré dans la production de verre plat.

Au terme de ce travail, nous jugeons qu'envisager une vente de verre de construction basée sur le modèle de l'économie de la fonctionnalité permettrait de changer la donne et de rendre les pratiques circulaires économiquement intéressantes.

Table des matières

Introduction générale 1
Partie 1 Le secteur de la construction 4
Introduction 4
Les enjeux du secteur de la construction 4
Les déchets de construction 6
Cas du verre de construction/le verre plat 8
Cycle de vie du verre plat 8
Conclusion et présentation de la question de recherche 17
Partie 2 L'économie circulaire 19
Introduction 19
Définition 20
Composantes 21
L'économie de la fonctionnalité 23
Les Labels durables 25
Résumé 27
Les pistes circulaires 28
Réutiliser 28
cas de BAMB 2020 28
Cas du projet HD54 31
Recul critique 34
Recycler / Upcycler 37
Le modèle néerlandais 37
La reverse supply chain de Saint-Gobain 39
Recul critique 42
Conclusion 43
Partie 3 Analyse de cycle de vie 45
Introduction 45
Rappel théorique 45
Impact environnemental du verre 46

Le recyclage 46
Pistes circulaires 50
PARTIE 4: Identification des freins et propositions de pistes 53
Introduction 53
Les freins 53
Synthèse 56
Hypothèse 56
Définition 57
Règlementation en vigueur 57
Discussion 58
(In)Validation de l'hypothèse 62
Conclusion générale 64
Bibliographie 68
Annexes 74
Annexe 1.1 Kampelmann Stephan 74
Annexe 1.2 Slegers Cédric 79
Annexe 1.3 Leribaux Sabine 83
Annexe 1.4 Wintermans Ivo 89
Annexe 2 EPD Double-vitrage 91

« Sois le changement que tu veux voir dans le monde »

« Be the change you want to see in the world »

Gandhi

Introduction générale

Pour survivre l'homme a besoin d'un abri pour se protéger des évolutions de températures et des intempéries auxquelles il est particulièrement sensible. Le degré de résistance très faible aux variations climatiques est effectivement une caractéristique de notre espèce (GODART, 2016). Les bâtiments, donc essentiels à notre survie, inventés par l'homme, ont évolués simultanément avec notre espèce. A l'origine composés de quelques matériaux directement trouvés dans la nature, leur degré de complexité a évolué avec l'Homme pour arriver à des conceptions hautement technologiques composées de matériaux issus de la science moderne.

Si l'Homme démontre jour après jour sa capacité à innover et concevoir de meilleurs matériaux et des bâtiments toujours plus performants, il est aussi responsable des différents enjeux climatiques que nous connaissons tous. Comme nous allons le développer dans le présent travail, le secteur de la construction n'échappe pas à cette ambivalence. Ayant pour but ultime de nous protéger, les bâtiments ont un impact environnemental important qui à terme, pourrait contribuer à notre extinction.

Au sein de l'union européenne, le secteur est responsable de 50% de l'ensemble des matériaux extraits, 42% de l'énergie finale consommée, 35% des émissions de gaz à effet de serre (GES) (CE, 2011) et 32% des flux de déchets solides (AEE, 2012), et les chiffres mondiaux ne sont pas fort différents (Khasreen et al., 2009). Les déchets de construction et de démolition sont effectivement l'un des flux de déchets les plus lourds et les plus volumineux générés dans l'UE (CE, 2016) et se compose de nombreux matériaux, dont le béton, les briques, le gypse, le bois, le verre, les métaux, le plastique, les solvants, l'amiante et les sols excavés.

L'objet de ce mémoire est d'aborder une des pistes capables d'apporter une partie de la solution aux différentes problématiques liées aux bâtiments. Pour ce faire, nous nous intéresserons particulièrement à la fraction verre. Nous avons choisi cette fraction pour

différentes raisons. Tout d'abord, le verre est un matériau largement utilisé dans la construction et dont la valeur est élevée. En 2008, l'union européenne avait atteint une capacité de production d'environ 12 Millions de tonnes de verre plat.

Dans la première partie du travail, nous allons faire un état de l'art de la situation du secteur du verre sur base du cycle de vie de ce dernier afin de discerner les différents liens entre la réalité du secteur du verre et la problématique des déchets de construction. Cette étude nous permettra de formuler la question de recherche suivante :

> *« Comment faire évoluer le secteur de la construction vers une gestion circulaire des matériaux de construction : Cas du verre plat? »*

La problématique des déchets de construction faisant partie intégrante d'une problématique plus large qu'est notre modèle économique linéaire « take make use dispose », nous allons nous intéresser en partie 2 à l'économie circulaire dont nous rappellerons brièvement les origines et développerons les différentes composantes.

Concernant la démarche méthodologique suivie en ce début de mémoire, nous travaillerons dans la première partie du travail selon une démarche essentiellement inductive en analysant le terrain. Nous évoluerons ensuite vers une démarche déductive avec une 2^{ième} partie essentiellement orientée sur les ancrages théoriques que nous fournissent les articles scientifiques et les livres de références qui nous permettront d'améliorer nos connaissances des concepts d'économie circulaire.

Nous étudierons ensuite les différentes pistes que l'économie circulaire propose et nous les illustrerons par différents cas d'étude qui réfèrent à la problématique des déchets de construction. Classifié sous les catégories « réutilisation » et « recyclage », ces cas d'études ont été choisi soit parce qu'ils proposent directement une solution pour donner une seconde vie au verre de construction, soit parce qu'ils proposent un modèle novateur répondant à la problématique des déchets de construction et pouvant (ou non) être appliqué pour le verre également.

Afin d'évaluer la faisabilité de ces pistes et vérifier leur pertinence vis à vis de la problématique, nous mènerons des entretiens semi-dirigés à retrouver en annexe ainsi qu'une recherche documentaire. Les données ainsi récoltées nous permettront d'effectuer un recul critique sur les différentes pistes et cas d'étude présentés.

Dans la 3ième partie, nous tenterons de quantifier les gains réels potentiels que les différentes pistes circulaires proposent. Nous observerons également différents scénarios de recyclage et de réutilisation afin de mesurer l'intérêt du retour du verre plat vers les fours de production de verre. Nous terminerons cette partie par un tableau comparatif donnant une meilleure vue d'ensemble.

Dans la 4ième et dernière partie, nous tenterons de répondre à la question de recherche citée plus haut. Nous commencerons par faire une synthèse des différents freins que nous avons noté tout au long du travail pour mettre en pratique le recyclage et la réutilisation du verre. Sur base de cela, nous élaborerons un recul critique où nous constaterons que les différents points convergent tous vers une seule et même problématique liée aux pratiques de construction.

Nous terminerons le travail par une synthèse des discussions menées avec les différents acteurs de terrain ainsi que des éléments retenus lors d'un workshop au parlement européen traitant de la circularisation des matériaux de construction. Nous proposerons finalement des points d'action à mettre en place pour répondre à la question de recherche.

Partie 1 Le secteur de la construction

Introduction

Dans cette première partie du travail nous allons analyser brièvement les enjeux environnementaux qui planent sur le secteur de la construction. Nous donnerons quelques chiffres et aborderons quelques actions prises par les pouvoirs publics.

Nous parcourrons ensuite la problématique des déchets de construction et chiffrerons leur volume par fraction. Nous analyserons ensuite plus en détails la fraction verre, point central du travail, de l'extraction de ses matières premières à la phase de fin de vie.

Pour terminer, nous ferons état des premiers constats effectués et formulerons la question de recherche qui nous guidera durant le reste du travail.

Les enjeux du secteur de la construction

De nos jours, le secteur de la construction est au centre de bien des débats puisqu'il est dans l'union européenne, responsable de 50% de tous les matériaux extraits, 42% de l'énergie finale consommation, 35% des émissions de gaz à effet de serre (GES) (CE, 2011) et 32% des flux de déchets (AEE, 2012), et les chiffres mondiaux ne sont pas fort différents (Khasreen et al., 2009).

Face à la problématique de l'énergie et aux enjeux climatiques, l'efficacité énergétique des bâtiments est à l'ordre du jour depuis plusieurs années déjà en vue de réduire ce pourcentage cité. L'Europe se concentre effectivement sur la consommation d'énergie à l'usage d'un bâtiment et a pour objectif de parvenir à la situation de « Nearly-zero energy building ». Cet objectif a été énoncé en 2010 lors de la publication de la performance énergétique des bâtiments (Council E.P.A. , 2010). Dès lors que les émissions CO_2 d'un bâtiment à la phase d'usage tendent vers 0, les émissions carbone incorporées mieux

connues sous le nom de « embodied carbon emissions [1]» représenteront alors jusqu'à 90% de l'empreinte carbone tout au long du cycle de vie d'un bâtiment (Sturgis, S., & Roberts, G.,2010).

« Pendant des années, les politiques et les réglementations se sont concentrées sur la réduction de la demande énergétique des bâtiments pendant que nous y vivons, y achetons et y travaillons. En conséquence, le potentiel de réduction du carbone à d'autres étapes de la vie d'un bâtiment est resté largement inexploité » (Pomponi, 2017).

Jusqu'ici, les gouvernements ont échoué en ce qui concerne l'embodied carbon. Or, contrairement à certaines actions requises pour respecter les engagements de l'Accord de Paris, comme nous désintéresser de l'électricité issue des combustibles fossiles, réduire les émissions de carbone incorporées dans les bâtiments est un objectif facilement atteignable (Pomponi, 2017).

Effectivement, différentes pistes sont possibles. Dans leur article, Pomponi et Moncaster (2016) en présentent 17 pistes pour réduire le carbone intégré dans les bâtiments. Dans le cadre de ce travail, nous retiendrons les suivantes :

- La rénovation de bâtiments existants
- La réduction, réutilisation et récupération des matériaux de construction
- L'inclusion des déchets, des sous-produits et des matériaux utilisés

Ces 3 pistes ne sont pas aussi distinctes qu'elles n'y paraissent car elles ont toutes un lien avec notre mode d'utilisation des matériaux de construction. Comme présenté plus haut le secteur de la construction a aussi un impact non négligeable au niveau de la consommation de matières premières et la génération de déchets qui à leur tour consomment également de l'énergie et génèrent des émissions de CO_2.

[1] Les émissions carbones incorporées sont les émissions qui se produisent à travers le construction, entretien, rénovation et modification de un bâtiment, y compris ceux qui découlent de l'extraction et la fabrication de matériaux de construction, leur transport et leur assemblage sur site. Sont également incluses toutes les émissions qui viennent à propos de la démolition et la suppression de tout existant structures ou composants (Sturgis, S., & Roberts, G.,2010).

Les déchets de construction

Alors que nous observons en amont une raréfaction des matières premières due à une demande exponentielle de la part du secteur de la construction, ce même secteur est également responsable d'activités telles que la construction de bâtiments et d'infrastructures civiles, la démolition totale ou partielle de bâtiments et d'infrastructures civiles, la planification et l'entretien des routes en aval dont ce flux de déchets résulte (CE, 2016).

Les déchets de construction et de démolition sont effectivement l'un des flux de déchets les plus lourds et les plus volumineux générés dans l'UE (CE, 2016). Ils représentent environ 25% - 30% de tous les déchets produits dans l'UE (Commission européenne, 2017) et se composent de nombreux matériaux, dont le béton, les briques, le gypse, le bois, le verre, les métaux, le plastique, les solvants, l'amiante et les sols excavés.

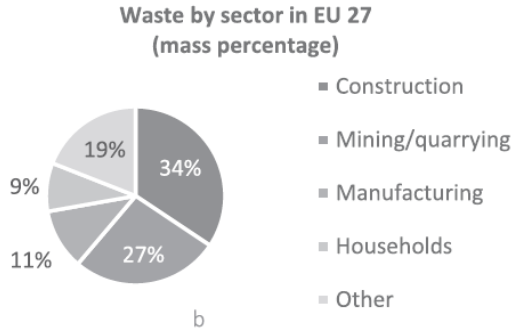


Figure 1: Domestic Material Consumption (DMC) and waste in the EU 27 in 2010 (Eurostat)

Le secteur de la construction ne fait donc pas exception au modèle de l'économie linéaire qui nous gouverne. En effet, si les performances énergétiques des bâtiments sont maintenant prises en compte lors de leur conception ou de leur rénovation, la manière dont nous employons les matériaux de construction demeure inchangée. Encore aujourd'hui, les matériaux sont produits, utilisés et enfin jetés comme de vulgaires déchets lorsqu'ils ne sont plus nécessaires, avec des effets comme la destruction des écosystèmes, l'augmentation des coûts environnementaux et la création de risques de pénurie de ressources.

Outre notre modèle économique, ce résultat est principalement dû aux pratiques actuelles du secteur comme par exemple, le démontage non sélectif. Comme les matériaux ne sont pas séparés à la source, ils peuvent contenir de petites quantités de déchets dangereux, dont le mélange peut présenter des risques particuliers pour l'environnement et entraver le recyclage (CE, 2016). Cela est particulièrement vrai dans le cas de la démolition et de la rénovation. Dans la plupart des cas, le matériau à collecter et à recycler est agrégé à un amas de matériaux divers altérés au cours des années (Sezer, 2015). Cet amas rend l'identification des matériaux difficile et leur traitement impossible.

En conclusion, les matériaux de construction, souvent de grande valeur, sont donc gaspillés par un manque de gestion efficace. Cette problématique est bien connue. Cependant, bien qu'il y ait un grand nombre de publications sur le sujet des déchets sur le chantier, seules quelques-unes traitent des problèmes de gestion qui est lié. De la même manière, le sujet de la rénovation et de la réutilisation du matériel est assez négligé par la littérature (Bosch-Sijtsema, P., & Buser, M.,2017).

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéresserons particulièrement à la fraction verre. Nous avons choisi cette fraction pour différentes raisons. Tout d'abord, le verre est un matériau toujours plus utilisé dans la construction et dont la valeur est très élevée. En 2008, le verre plat avait atteint une capacité de production d'environ 12 Mt de verre plat. À cette époque, les produits de construction représentaient 80% à 85% du marché du verre plat, c'est-à-dire que la production de verre plat pour la construction pourrait aller jusqu'à 10 Mt. Effectivement, suite à une plus grande utilisation du verre dans les façades des bâtiments, la demande pour le verre plat a augmenté (DELOITTE, 2016).

Cependant, il reste à noter que c'est un secteur particulièrement sensible aux cycles économiques en raison de sa forte dépendance à l'égard des industries du bâtiment et de l'automobile. Effectivement, en 2013, sur les 60 lignes de production de verre plat présentes en Europe, 15 avaient fermé (DELOITTE, 2016).

Par ailleurs, comme nous le verrons plus tard, le verre plat est un matériau dont les taux de recyclage restent inférieurs à ceux d'autres produits verriers pour des raisons de qualité. Le recyclage du verre plat, matériau recyclable à l'infini sans perte de qualité, n'en reste cependant pas moins une filière porteuse non seulement en termes économiques mais également environnementaux.

Cas du verre de construction/le verre plat

Cycle de vie du verre plat

Dans ce qui suit, nous allons faire un état de l'art de la situation du secteur du verre sur base du cycle de vie. Il nous parait pertinent d'étudier le verre plat de l'approvisionnement de ses matières premières jusqu'à sa fin de vie pour discerner les différents liens entre la réalité du secteur du verre et la problématique des déchets de construction. Cette étude nous permettra ensuite de formuler notre question de recherche.

L'approvisionnement

De manière générale, le diagnostic établi à l'occasion des bilans matières sur les territoires met en évidence le fait que les matériaux de construction constituent la majorité des volumes nécessaires au fonctionnement de nos société (Aurez, V., & Georgeault, L., 2016). Le secteur contribue largement à la pression générale que nous exerçons sur les ressources. Cela est particulièrement vrai pour le sable, matière première à laquelle on recourt avec une intensité non négligeable dans le secteur de la construction.
Dans le cas du verre, celui-ci est principalement constitué de matières premières comme le sable et le carbonate de sodium. Plus précisément, une feuille de verre est composée de 75% de SIO2 (sable) de 15% de Na2O et de 10% de CaO (Saint-Gobain, 2017).

Selon certaines études, le sable pourrait venir à manquer. En effet, le sable, ressource non renouvelable, est la troisième ressource la plus utilisée après l'air et l'eau dans un ordre de grandeur de 15 milliards de tonnes par an (Consoglobe, 2016). La surexploitation des réserves mondiales de sable nuit à l'environnement, met en danger les communautés, provoque des pénuries et favorise les conflits violents (Torres, et al. 2017).

Ce problème est pourtant rarement mentionné dans les discussions scientifiques. Alors que ces derniers s'efforcent de quantifier l'impact environnemental dont les infrastructures telles que les routes et les bâtiments sont responsables, les conséquences de l'extraction des matériaux de construction comme le sable et le gravier sont relativement négligées (Eco-business. 2017).

Cependant, si de nombreuses preuves existent que le sable est une ressource rare dans de nombreuses parties du monde, il n'est cependant pas encore prouvé que la demande de sable dépasse l'offre (Torres, & al. 2017).

La production

Le verre plat ou *Float glass* est utilisé dans la construction (80-85%), le secteur automobile (15-20%) et dans une moindre mesure dans les panneaux solaires (5%) et d'autres applications spécialisées (Glass for Europe, 2013b). Il tire son nom du procédé de fabrication selon lequel il est produit. Effectivement, Aujourd'hui, presque tout le verre plat est fabriqué à l'aide du processus de flottation dans les usines qui fonctionnent continuellement 24 heures par jour, 365 jours par an pendant des périodes ininterrompues de plus de 15 ans (Glass for Europe, 2017).

Au début de la chaine de production, ces matières premières sont fondues dans un four à une température de 1600°c (Glass for Europe, 2017). Ce mélange fondu forme le verre. Dans un deuxième temps, le verre en fusion est versé sur un bain d'étain qui va assurer une surface de verre parfaitement plate et lisse. C'est de cette deuxième étape que le verre float (flotte en français) tire son nom (Saint-Gobain, 2017). Le verre est ensuite étendu pour donner naissance à la feuille de verre coupée sous des dimensions standards à la fin du procédé. Le verre de base est né.

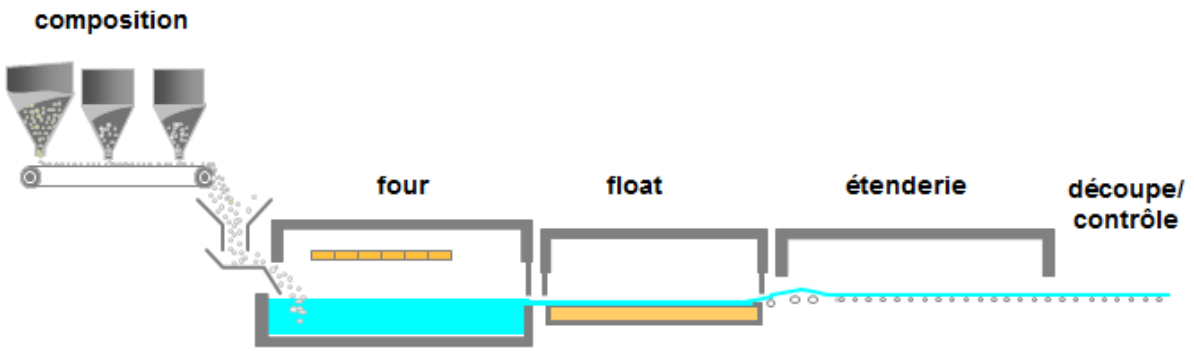


Figure 2: Production du verre float (Source interne Saint-Gobain)

la production de verre consomme une grande quantité d'énergie due à des températures élevées nécessaires pour faire fondre les matières premières. En raison de sa part élevée d'énergie par tonne de produit, l'industrie du verre est généralement considérée comme une industrie à forte consommation d'énergie (IEA IEE, 2007).

L'intensité du carburant dans le secteur du verre plat s'élevait à 9,2 GJ / t pour l'UE25 en 2007. La consommation d'énergie est de 83% pour le four (procédé de fusion), de 5% pour la formation et le recuit du verre et de 2% pour le découpage du verre. La partie restante (10%) concerne l'emballage, l'éclairage, les services, les systèmes de contrôle, le chauffage et l'inspection des installations (Christis, M. & al. ,2013).

Quant à l'intensité totale des émissions pour l'industrie du verre plat elle était en moyenne de 0,73 tCO_2/t. Ces chiffres sont significativement plus élevés que pour le secteur du verre d'emballage (6,4GJ/t et 0,48 tCO_2/t). Cela est principalement dû au fait que l'utilisation de calcin[2] dans la production de verre plat est presque négligeable. La faible proportion de calcin est plausible car, en raison des exigences de qualité élevées dans la production de verre plat, seules de très petites quantités de calcin recyclé après consommation sont utilisées. (Schmitz, A. & al. 2011).

[2] Calcin : Verre broyé et nettoyé utilisé par les verreries en remplacement de la matière première. (Dictionnaire environnement, 2018).

Le fait d'utiliser du calcin dans la fabrication du verre a différents effets positifs. Tout d'abord, il permet de réduire la quantité de matières premières nécessaires à la production. A savoir, l'ajout de 1 tonne de calcin dans les fours verriers permet d'économiser 1,2 tonnes de matières premières, dont 850 kg de sable. Ensuite, chaque augmentation de 10% de l'utilisation du calcin entraîne une économie d'énergie de 2 à 3% dans le processus de fusion. Effectivement, la température minimum nécessaire de fusion du calcin est inférieure à celle du sable. elle a besoin jusqu'à 25 % d'énergie en moins ainsi que plus de la moitié de soude en moins pour abaisser le point de fusion (Fostplus, 2018). Par ailleurs, chaque tonne de calcin utilisée économise 0,3 tonne de CO_2 émis (DELOITTE, 2016).

A l'antipode du verre plat, le verre d'emballage affiche en Europe un taux de recyclage de 74% (FEVE, 2016) grâce à un système de collecte efficace et des exigences de qualité plus faibles.

L'utilisation

Le verre plat pour l'industrie de la construction est utilisé dans diverses applications telles que les portes, fenêtres et façades. Le verre plat est généralement transformé par des traitements et revêtements supplémentaires pour obtenir des caractéristiques spécifiques :. verre isolant, verre de sécurité, verre résistant au feu, miroirs , ... (VGI, 2013).

On pense notamment au Coating (pose d'une couche), feuilletage, trempage, bombage, sablage, émaillage, .. Pour les vitrages extérieurs, on crée des compositions de 2 à 3 couches de verre entre lesquelles on ajoute différentes composantes telles que du gaz, des films plastiques, des couches métalliques pour donner au vitrage les caractéristiques techniques désirées.

En Belgique, le verre isolant représente 40% à 50% de ce marché. Les vitrages isolants sont actuellement dominés par des vitrages à haut rendement (minimum légal en nouvelle construction, 94% de part de marché en 2010) suivis du double vitrage (4% en 2010) et du triple vitrage (2% en 2010). À titre de comparaison en 2002, la part de marché des vitrages à haut rendement n'était que de 37% (VGI, 2013).

La durée de vie du verre plat, estimée à 35ans, est généralement plus courte que celle des autres parties d'un bâtiment, le verre plat est souvent remplacé plusieurs fois avant que le bâtiment ne soit démoli. Un écart important doit cependant être pris en compte (VGI, 2013). Effectivement, de nombreux facteurs influencent la durée de vie du verre plat notamment le cadre (en bois, en aluminium ou en PVC), les facteurs climatiques et économiques.

Notons que le prix du verre à haut rendement pour les fenêtres hors cadre et installation en Belgique est d'environ 90 euros par m² (Test-Achat, 2011).

Force est de constater que, si ces différentes transformations ont divers effets positifs en terme de confort et de durabilité, le verre se retrouve parfois dans des applications si complexe qu'il est alors pertinent de mettre en cause l'écoconception, notion fondamentale de l'économie circulaire.

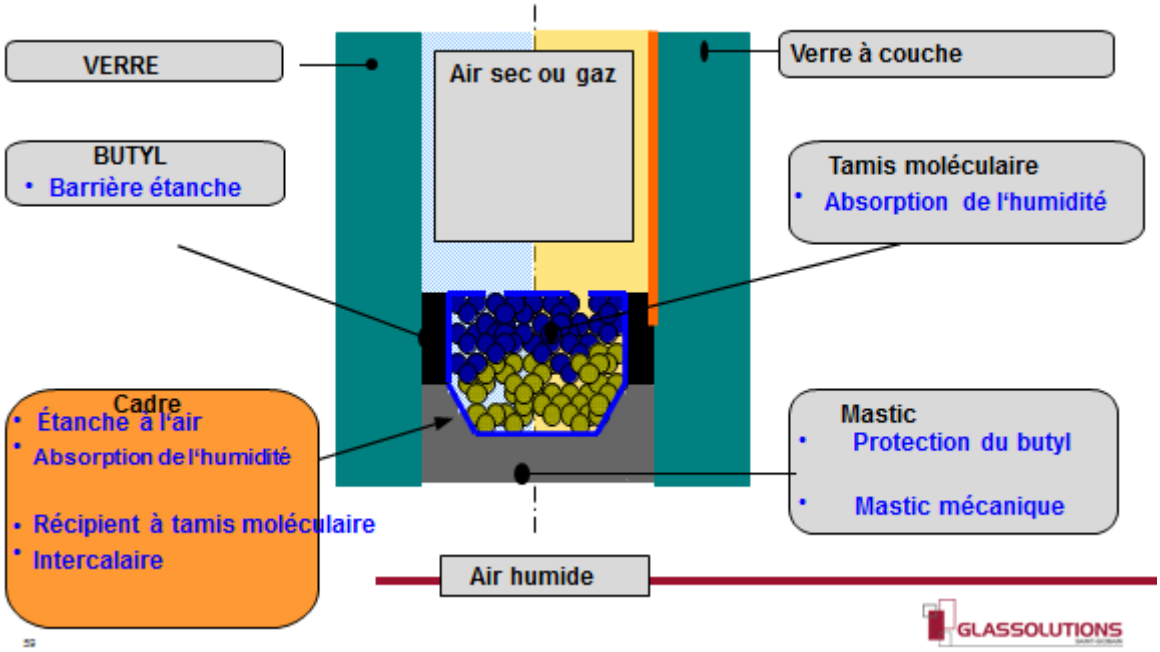


Figure 3: Schéma d'un vitrage isolant (Source interne Saint-Gobain)

La fin de vie

Comme nous le voyons sur la figure 4, le cycle des déchets de verre plat se révèle être un arbre complexe offrant une multitude de sources ou étapes du cycle de vie où des déchets de verre sont produits. Différents chemins sont également possibles. Notons qu'un même chemin collecte systématiquement des verres de différentes origines. Enfin des différentes sources et chemins, le verre finira recyclé ou perdu comme déchet. Notons encore qu'une même source et un même chemin ne mène pas d'office vers le recyclage et vice et versa.

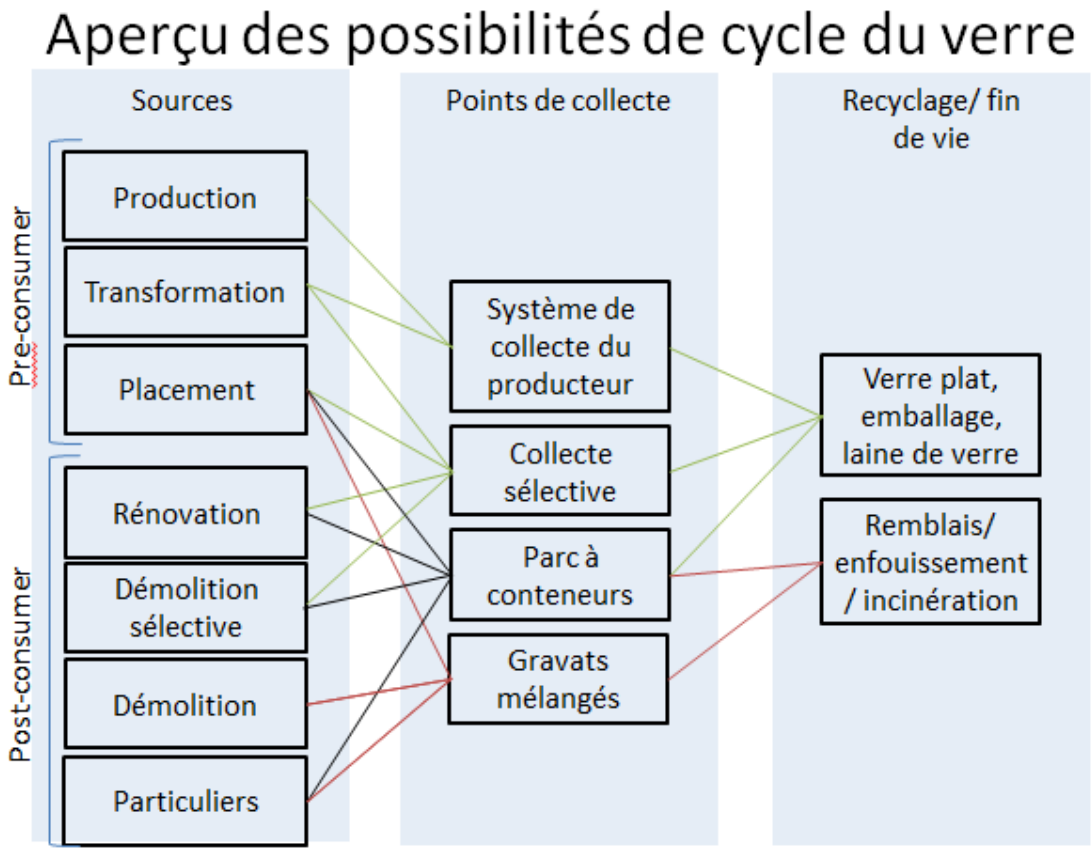


Figure 4: Aperçu des possibilités de cycle du verre

Verre pré- et post-consumer

Comme vous le voyez sur la figure 4, La distinction est faite entre les déchets de verre pré- et post-consumer. Les déchets de verre plat pré-consumer correspondent aux sources suivantes: production, transformation (par exemple découpage), transport ou mise en place. Une distinction est également faite entre les déchets de verre plat pré-consommateur internes et externes. (Christis, M. & al. ,2013).

Le calcin pré-consumer interne provient de la production de panneaux de verre plat (par ex. les déchets de découpe sur le site de production ou d'un lot rejeté) et de sociétés de transformation (par exemple, de découpe et de broyage) appartenant au même groupe que les sites de production. Même si un traitement est nécessaire sur ce flux de déchets, les chutes de verre restent la propriété du producteur de verre plat.

La Commission européenne utilise une définition étroite selon laquelle les déchets de verre pré-consumer interne ne se réfèrent qu'aux fragments de verre plat produits sur le site de production et réutilisés directement (JRC-IPTS, 2011). Pour la Commission, ces fragments internes de verre plat ne relèvent pas de la définition légale de «déchet». Indépendamment du contexte légal, notons que la description par le mot «déchet» n'est souvent pas adaptée compte tenu de la forte demande pour cette matière première secondaire (Christis, M. & al. ,2013).

Les déchets de verre plat pré-consommateur externe apparaissent lors de la transformation des plaques de verre, lors du transport ou lors de la mise en place du produit par un producteur de verre non plat (par exemple machine à découper des panneaux de verre plat). Ce flux de déchets sera généralement acheté et traité par les recycleurs de verre. Les déchets « post-consumer » quant à eux sont libérés par l'industrie et par des particuliers. Dans le cas d'une rénovation ou d'une démolition sélective par un acteur industriel, le verre plat sera typiquement acheté par les recycleurs de verre pour être transformé en fragments de verre (Christis, M. & al. ,2013).

La distinction est intéressante car on constate que le recyclage du verre plat post-consumer est pratiquement inexistant. Effectivement, alors que le verre issu des emballages alimentaires atteint des taux de recyclage d’une moyenne de 73% en Europe (FEVE, 2015), le verre issu de la déconstruction/démolition et de la rénovation des bâtiments ne serait recyclé qu’à hauteur de 5% du volume de déchets verriers estimé à 1,5 millions de tonnes chaque année (Glass for Europe, 2016).

Dans le cas d'une démolition (voir figure 4) sans démontage préalable des fenêtres, du verre plat sera mélangé dans les décombres du bâtiment. Le mélange avec les gravats de construction peut se produire à la fois dans la démolition du secteur tertiaire et chez les particuliers qui louent un conteneur pour l'enlèvement de gravats lors de travaux de démolition ou de rénovation. Le verre qui est recueilli dans ces conteneurs ne sera plus utilisable pour les applications de verre. Il passera dans un concasseur et finira ainsi dans la fraction de gravats mélangés de faible qualité qui ne peut être utilisée que comme remblais (Christis, M. & al., 2013).

« Durant des années, on s'est énormément occupé du verre creux avec des organismes comme Fost Plus. Le verre plat reste le parent pauvre du recyclage. Or, on ne cesse d'utiliser de plus en plus de verre autant dans la construction que dans l'automobile. Le démontage sélectif reste un point essentiel(…) mais clairement il y a un refus de la part des entreprises de déconstruction car ils trouvent que ça coûte trop cher » (SLEGERS, 2018).

Afin de pouvoir utiliser la fraction de gravats mélangés comme remblais, ceux-ci doivent souscrire aux normes de la réglementation unitaire approuvée par l'arrêté ministériel du 25 juillet 2011, mais la présence de verre plat n'est pas critique pour les granulés recyclés. (Christis, M. & al. ,2013). Effectivement, c'est un matériaux inerte. Il n'y a donc pas de risque à ne pas recourir au démontage sélectif pour ce type de fraction (SLEGERS, 2018).

L'essentiel des déchets post-consommation libérés par des particuliers iront vers les parcs à conteneurs. Comme observé sur la figure 4, il s'avère que les déchets de verre plat post-consumer professionnels et privés finissent ensemble au parc à conteneurs. Effectivement, les installateurs indépendants et petites entreprises d'installation de verre plat choisissent également cette route et y emmènent les vieilles fenêtres, cadres inclus.

De manière générale, la qualité des déchets de verre plat collectés dans les parcs à conteneurs est inférieure à celle des déchets post-consumer issus du secteur tertiaire (Christis, M. & al. ,2013). Ceci s'explique par le fait que les déchets industriels se présentent généralement en grands volumes ce qui rend la route de la collecte sélective possible.

Sur la figure 4, vous observez que la collecte sélective est une route menant systématiquement au recyclage de par la haute qualité qu'elle est capable d'offrir, à l'inverse

du parc à conteneur qui n'est pas une route qui mène systématiquement à la même destination.

Volumes

Des 108 millions de m2 de verre isolant vendus en Europe en 2013, on estime qu'approximativement 67 millions ont été vendus dans le cadre d'une rénovation (soit 61%). Selon l'étude de Deloitte (2016), Cela traduit d'une part, 825,000 tonnes/an de déchets verriers générés par le remplacement des vieilles fenêtres dans les bâtiments résidentiels. Et d'autre part, 454,000 tonnes/an de déchets verriers générés par le remplacement des vieilles fenêtres dans les bâtiments tertiaires. Pour les déchets verriers provenant de la démolition, Deloitte (2016) estime pour le secteur résidentiel un volume de 64.000 tonnes par an et 196.000 tonnes pour le secteur tertiaire.

Au total, un volume d'1.5millions de tonnes de verre est arrivé en fin de vie en Europe en 2013 dont 83% issu de la rénovation des bâtiments (résidentiel et tertiaire confondus). Il est aussi estimé que ces quantités de déchets de verre tendent à augmenter dans les années à venir en raison de diverses considérations. Notamment, la mise en œuvre de la législation et des politiques liées à la construction durable (Deloitte, 2016).

Récapitulatif pour les déchets de verre plat provenant de la démolition et rénovation des bâtiments selon Deloitte (2016)			
Secteur	Tonnage généré	Sub-secteur	Tonnage généré
Résidentiel	890.484 tonnes	Rénovation	825.676 tonnes
		Démolition	64.808 tonnes
Tertiaire	650.220 tonnes	Rénovation	454.206 tonnes
		Démolition	196.014 tonnes
Total		1.504.704 tonnes	

Prix

Selon Eurostat(2008), Le prix annuel moyen des exportations et des importations belges a augmenté de 83% et 35% entre 2000 et 2012 et s'élevait à 60,45 EUR / tonne et 40,64 EUR /

tonne en 2012 respectivement. Il est important de noter qu'il s'agit de «verre» qui inclut également le verre creux dans les statistiques. Il n'y a donc pas de distinction entre les déchets pré-consommation et post-consommation. La figure 5 montre que la valeur monétaire des déchets de verre a considérablement augmenté.

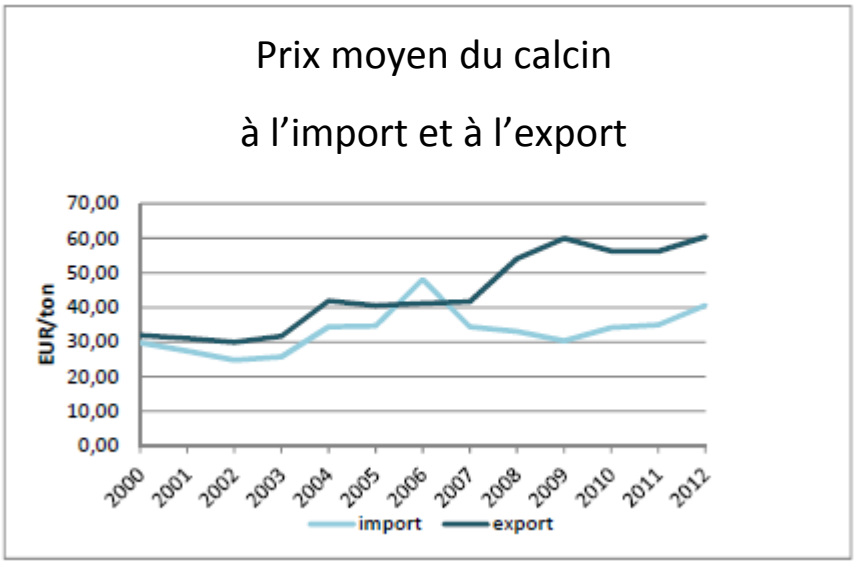


Figure 5: Prix du calcin à l'import/export (Source: Christis, M. & al. ,2013)

Conclusion et présentation de la question de recherche

Comme nous venons de le voir, le secteur de la construction est au centre de diverses problématiques environnementales. A lui seul, il est responsable de 50% de tous les matériaux extraits, 42% de l'énergie finale consommation, 35% des émissions CO_2(CE, 2011) et 32% des flux de déchets (AEE, 2012). Actuellement, on constate par ailleurs que seule la performance énergétique des bâtiments est adressée.

A l'inverse, l' *embodied carbon* reste une thématique dont on se préoccupe trop peu. Effectivement, alors que l'efficacité énergétique des bâtiments s'améliore, les autres impacts qui y sont liés intrinsèquement tels que les flux de déchets générés durant les différentes phases de vie (construction, entretien, rénovation et modification, démolition) tendent à augmenter.

Dans cette première partie, nous avons déjà largement abordé la thématique des déchets de construction avec une attention particulière sur la fraction verre. Actuellement, la demande

de matériaux de construction contribue à une pression sur nos ressources, une grande consommation d'énergie ainsi qu'un rejet important d'émissions CO_2.

Dans le cas du verre de construction, on distingue également un taux de recyclage du verre post-consumer excessivement bas. Or, il apparait de manière évidente que cette fraction gagne à être recyclée davantage pour les nombreux bénéfices économiques et environnementaux que cela offre. En effet, recourir au calcin dans la production de nouveau verre permet non seulement d'épargner des matières premières, mais aussi de réduire significativement la quantité d'énergie nécessaire à la production et par conséquent une diminution des émission CO_2.

Repenser notre utilisation des matériaux serait sans doute potentiellement une partie de la solution pour résoudre les 3 problématiques du secteur énoncées plus haut. Néanmoins, Différents obstacles surgissent directement lorsque l'on envisage le recyclage du verre, notamment. Tout d'abord une question de qualité. Le verre de construction requiert effectivement un niveau d'exigence plus élevé que son cousin le verre d'emballage, ce qui explique des taux de recyclage très distincts. Des questions financières, logistiques, organisationnelles sont également soulevée en ce qui concerne la collecte des matériaux (ou déchets). Nous reviendrons sur ces questions plus en détails dans la seconde et troisième partie du travail.

Sur base de ces différents constats, la question de recherche que nous formulons est la suivante :

> *« Comment faire évoluer le secteur de la construction vers une gestion circulaire des matériaux de construction : Cas du verre plat? »*

Partie 2 L'économie circulaire

Introduction

Comme nous l'avons mentionné dans la première partie, la problématique des déchets de construction fait partie intégrante d'une problématique plus large qu'est notre modèle économique linéaire « take make use dispose » à laquelle les autorités tentent de répondre. A ce titre, la réutilisation ou du moins le recyclage de ces matériaux constitue un objectif majeur (Aurez, V., & Georgeault, L., 2016).

En 2015, la commission européenne a adopté le « Circular Economy Package » qui reprend les propositions législatives révisées sur les déchets. Ce nouveau programme a pour but de stimuler la transition de l'Europe vers l'économie circulaire (Commission Européenne, 2015). L'Europe travaille à garantir un cadre réglementaire adéquat permettant le bon développement du programme de transition d'une économie linéaire vers une économie circulaire ainsi que l'assistance des entreprises en leur donnant une ligne de conduite.

« *Les acteurs économiques, tels que les entreprises et les consommateurs, sont essentiels dans ce processus. Les autorités locales, régionales et nationales mènent à bien la transition, mais l'Union européenne a également un rôle fondamental à jouer en la soutenant* » (Commission européenne, 2015).

Dans le cadre de la transition circulaire du secteur de la construction, la commission européenne lance en 2017, un cadre de reporting volontaire appelé « Level(s) » pour améliorer la durabilité des bâtiments. En utilisant les normes existantes, Level (s) fournit une approche commune de l'UE pour l'évaluation de la performance environnementale dans l'environnement bâti » (CE, 2018).

« Level (s) concentre son attention sur les aspects les plus importants de la performance d'un bâtiment, fournissant un point d'entrée simple à ce qui peut être un domaine très complexe. Chaque indicateur de niveau est conçu pour lier l'impact de chaque bâtiment aux priorités de

l'économie circulaire au niveau européen, notamment l'efficacité des ressources et le cycles de vie des matériaux circulaires » (Build up, 16 juin 2017).

Nous reviendrons à Level(s) plus tard dans le travail.

Dans cette partie, nous rappellerons brièvement les origines de l'économie circulaire, nous la définirons ensuite et développerons ses différentes composantes. Nous présenterons également l'économie de la fonctionnalité, stratégie inhérente au modèle circulaire. Nous étudierons ensuite les différentes pistes que l'économie circulaire. et nous les illustrerons par différents cas d'étude et de travaux qui réfèrent à la problématique des déchets de construction.

Définition

L'économie circulaire est née de différents courants de pensées. On retient entre autres l'économie régénérative et le *Cradle to Cradle.* L'économie régénérative est développée par John T. Lyle (1994) aux Etats-Unis et suit une logique cyclique de l'utilisation de l'énergie et de la matière d'où la notion de déchet est dès lors exclue. Le *Cradle to Cradle* est initié par W. Stahel. Le modèle s'inspire des métabolismes biologiques naturels et le transpose au flux de matériaux industriels qui se conçoivent comme des métabolismes techniques (MacArthur, 2016). A nouveau dans une approche cyclique, le C2C se réfère aux mécanismes naturels dans la régénération de la Biomasse où rien ne se perd, rien ne se crée mais tout se transforme, comme le dit l'adage.

« *L'économie circulaire peut être définie comme un système de production et d'échanges prenant en compte, dès leur conception, la durabilité et le recyclage des produits ou de leurs composants de sorte qu'ils puissent redevenir soit des objets réutilisables soit des matières nouvelles, dans l'objectif d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources »* (Le Moigne 2014).

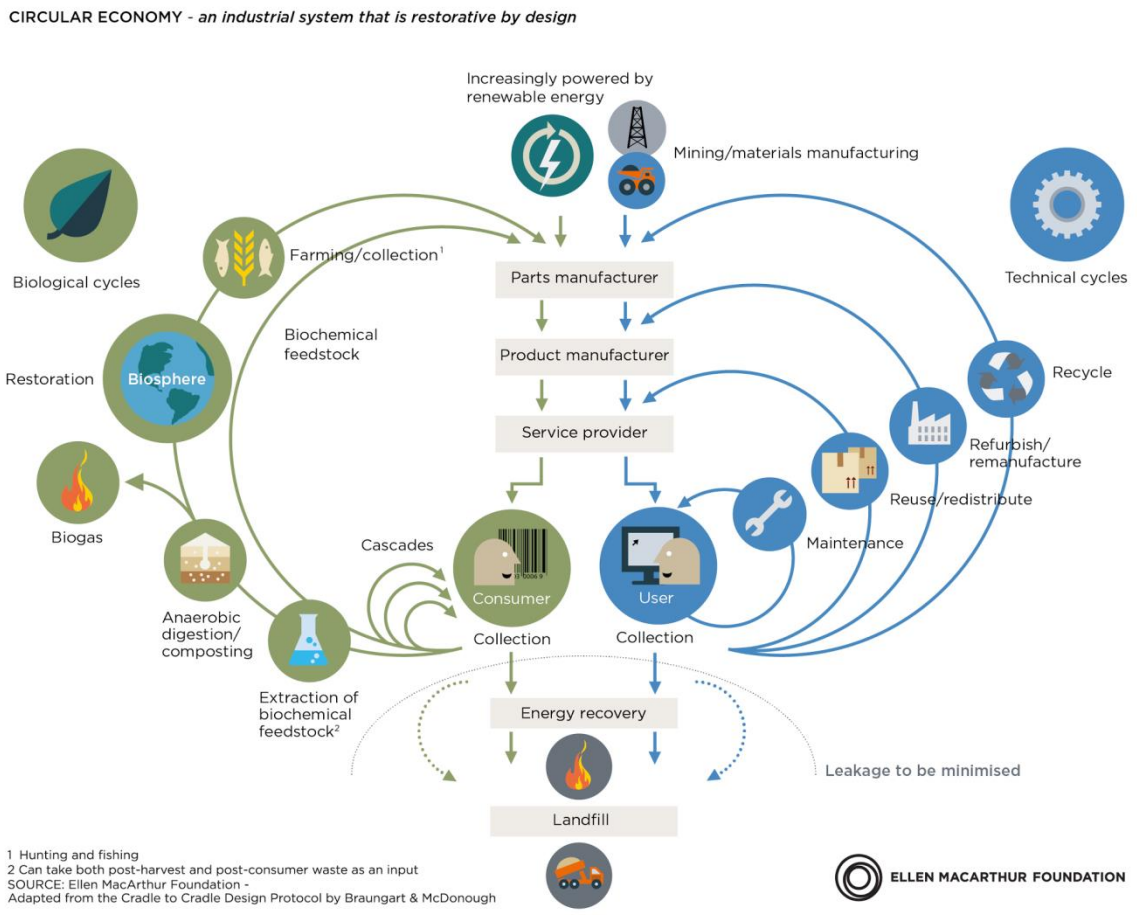


Figure 6:Source: Ellen MacArthur Foundation.(2016) Economie circulaire. Ellen MacArthur Foundation. Récupéré le 28 novembre 2017 de http://www.ellenmacarthurfoundation.org/fr/economie---circulaire/concept

Composantes

L'élément central de l'économie circulaire est sans nul doute l'approche du cycle de vie que nous avons abordé plus haut autour de laquelle s'articulent différentes composantes (Aurez, V., & Georgeault, L., 2016).

La première composante est l'*écoconception* qui se définit de la manière suivante : *« conception d'un produit, d'un bien ou d'un service, qui prend en compte, afin de les réduire, ses effets négatifs sur l'environnement au long de son cycle de vie, en s'efforçant de préserver ses qualités ou ses performances. »* (Myriam, P., 2001).

L'*écoconception* permet de réduire la quantité de matériaux et d'énergie nécessaire à la production du bien. Par ailleurs, le produit est également dessiné de manière à être

facilement désassemblé, ce qui promeut la réparation et facilite le recyclage de ses différentes composantes en fin de vie. C'est ce qu'on appelle aussi « l'*écodesign* ».

Une deuxième composante englobe l'approvisionnement durable et la consommation responsable. Cette composante s'intéresse essentiellement à la question éthique autour des 2 derniers concepts cités. Dans ce travail, nous ne développerons pas cette composante.

La 3ième composante correspond à la « symbiose industrielle » aussi appelée « écologie industrielle ». « *L'écologie industrielle est une application du principe de l'économie circulaire à l'échelle territoriale. Elle vise à s'inspirer du fonctionnement des écosystèmes naturels pour l'appliquer à un système industriel territorialisé* » (Sempels C. et Hoffmann J., 2012).

Il s'agit d'un échange de flux de ressources entre au moins deux entreprises dans un périmètre allant d'un parc industriel jusqu'à une région donnée. Basé sur les études de bilan entrées/sorties[3], les synergies proposées par le modèle de l'écologie industrielle sont sujettes à de nombreux freins organisationnels et réglementaires (Aurez, V., & Georgeault, L., 2016).

La 4ième composante est l'*économie de la fonctionnalité* privilégiant l'usage à la possession et qui tend à vendre des services liés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes. Elle s'applique à des biens « durables » ou semi-durables (Geldron, A., 2013). Lorsqu'une entreprise base son business model sur l'économie de la fonctionnalité, elle tend à rester propriétaire du bien qu'elle met à disposition. Les gains sont alors générés par l'usage du bien. Nous reviendrons plus tard sur ce concept.

La 5ième composante est l'allongement de la durée d'usage allant de pair avec la 1ière et la 4ième composante. Nous prônons ici la réparation, la réutilisation, le remploi, le reconditionnement. Bref, toutes des pratiques de bon sens qui existent depuis toujours.

[3] Bilan entrées/sorties

La 6ième composante est le recyclage et la valorisation des déchets. Pour rappel, il s'agit de *« toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblaiement ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage »* (Article L. 541-1-1 du code de l'environnement.)

L'économie circulaire prône la dématérialisation. Ce concept simplifie essentiellement les interactions complexes entre la nature et l'économie en liant dégradation de l'environnement au débit de matériau (Hinterberger et al. 1997).

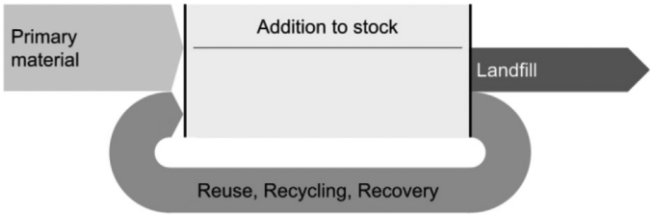


Figure 7: Basic material flow – (Van Ewijk, S., & Stegemann, J. A. 2016).

Les intrants sont les matériaux primaires (extraction vierge) et les matériaux secondaires (recyclage, réutilisation et récupération). Le matériau ne quitte le système que lorsque les déchets sont mis en décharge; de plus, il y a des pertes dissipatives qui sont généralement négligées. La dématérialisation privilégie idéalement la réduction des intrants primaires généralement plus nuisibles par rapport à la réduction des intrants secondaires et vise finalement à limiter les deux (Van Ewijk, S., & Stegemann, J. A. 2016).

L'économie de la fonctionnalité

L'économie de la fonctionnalité est une stratégie inhérente au modèle de l'économie circulaire. Elle se concentre sur le modèle de fabrication et de distribution des produits et services, visant à la fois une amélioration des performances économiques par rapport aux modèles existants et une amélioration dans l'usage des ressources matérielles (Aurez, V., & Georgeault, L., 2016). Selon Buclet (2005), l'économie de la fonctionnalité se définit comme « un nouveau modèle de consommation qui propose de vendre aux clients des services plutôt que des biens matériels. Dans cette optique, une entreprise reste propriétaire des

biens qu'elle met à disposition de ses clients, tandis que son chiffre d'affaires est lié à l'usage de ces biens par les clients ».

L'intérêt de ce modèle réside principalement dans le fait qu'il modifie les intérêts du producteur. Effectivement, dans le modèle que nous connaissons, le producteur doit maximiser le volume de produits vendus pour maximiser son bénéfice. La qualité, la durée de vie et la réparabilité du produit doivent être alors les plus faibles possibles car l'inverse tendrait à diminuer les volumes vendus, chose qui doit être évitée dans le système de consumérisme effréné que nous connaissons. C'est pour cette raison que l'on a vu l'obsolescence programmée [4]apparaitre.

En privilégiant la vente de l'usage du produit à celle du produit lui-même, la logique s'inverse. Le producteur qui vend la jouissance de l'utilisation de ses produits reste propriétaire de ceux-ci. La maximisation du profit n'est donc plus synonyme de maximisation du volume de vente mais plutôt de la maximisation de l'utilisation du produit. En d'autres termes, au plus la durée de vie d'un produit sera longue, au plus le producteur pourra dégager de la valeur d'un seul et même produit. Il devient alors économiquement intéressant de concevoir des produits qualitatifs hautement réparable et recyclable et dont l'obsolescence est alors déprogrammée.

L'économie de la fonctionnalité se décline en 3 applications possibles. A savoir, la consommation collective où un seul et même bien est utilisé par plusieurs personnes, la vente de la fonction d'usage plus connue sous le nom de « leasing », et enfin, la contractualisation du résultat (Van Niel, 2014).

Si ce modèle est une véritable source de nouvelles opportunités répondant aux enjeux de développement durable actuels, il n'est cependant pas sans frein. Il y a tout d'abord le besoin de financements initiaux. Ensuite, le rapport à la propriété et la supervision de l'usage et les données associées (Aurez, V., & Georgeault, L., 2016).

[4] Consiste à rendre intentionnellement un produit obsolète après un nombre d'usages déterminé, afin que le client procède à son renouvellement (De Temmerman, 2015).

Effectivement, il faut tout d'abord une bonne assise financière à l'entreprise pour pouvoir mettre en place un modèle fonctionnel. Le rapport à la propriété peut à son tour être un frein pour les produits qui ont un caractère de marqueur social. Le fait d'avoir un produit neuf peut également jouer. Notons que cela dépend fortement des générations. Enfin, le suivi du modèle fonctionnel peut s'avérer lourd en terme de ressources humaines et financières.

Les Labels durables

Depuis que le secteur de la construction a reconnu dans les années 90 son impact environnemental, différents indicateurs environnementaux distincts ont été élaborés. BREEAM créé en 1990 au Royaume-Uni, fut le premier outil d'évaluation environnementale disponible dans le commerce pour les bâtiments (Grace, 2000). Depuis lors, de nombreux outils ont été lancés dans le monde entier, connaissant un succès considérable au cours des dernières années.

Parallèlement à cela, il y a l'Organisation internationale de normalisation (ISO) qui a défini des exigences normalisées pour l'évaluation environnementale des bâtiments. A savoir :

- ISO/TS 21929-1:2006 sustainability in building construction — sustainability indicators — Part 1: Framework for development of indicators for buildings (ISO, 2006a).
- ISO/TS 21931-1:2006 sustainability in building construction —framework for methods of assessment for environmental performance of construction works — Part 1: Buildings (ISO, 2006b).

A son tour, le Comité européen de normalisation (CEN) a développé des méthodes horizontales volontaires standardisées pour l'évaluation des aspects de durabilité des travaux de construction nouveaux et existants, ainsi que des normes pour les déclarations environnementales des produits de construction, plus connues sous l'abréviation de « EPD ». (CEN, 2005).

Ces EPD ont un rôle majeur dans la thématique que nous étudions. Le marché évoluant vers une certification toujours plus accrue des bâtiments, il devient obligatoire de fournir des informations quant aux produits qui constituent le bâtiment. Les entreprises telles que Saint-Gobain se voient maintenant contraintes de développer ce type de documents pour chacun de ses produits. Ces fiches d'identité mettant en valeur la durabilité du matériaux de construction, il devient avantageux d'un point de vue concurrentiel pour une entreprise de travailler à la durabilité de ses produits.

Cas de LEED

LEED n'est pas bien différent de son concurrent BREEAM. Effectivement, l'un comme l'autre sont des outils évaluant de manière holistique la durabilité du bâtiment. Il est important de noter que ces labels sont en constante évolution et distingue différents niveaux de durabilité.

LEED, ou Leadership in Energy and Environmental Design, est le système d'évaluation des bâtiments écologiques le plus utilisé au monde. Disponible pour pratiquement tous les types de projets de construction, communautaires et résidentiels, LEED fournit un cadre pour créer des bâtiments écologiques sains, très efficaces et économiques (USGBC, 2018).

LEED fonctionne avec un système de crédits. Pour obtenir la certification, un projet devra se souscrire à ces crédits et obtenir un maximum de points. Les types de crédits diffèrent par type de projet. Dans le cas de la construction/rénovation d'un bâtiment, une catégorie de crédits à laquelle il faut répondre est celle des matériaux et ressources. cette catégorie vise à minimiser l'énergie intrinsèque et les autres impacts associés à l'extraction, au traitement, au transport, à l'entretien et à l'élimination des matériaux de construction (USGBC, 2018).

C'est dans le cadre de cette catégorie-là également que le recours aux EPD devient primordial. Effectivement, sans carte d'identité, un matériau ne permettra pas au projet de gagner le point LEED qui y est lié.

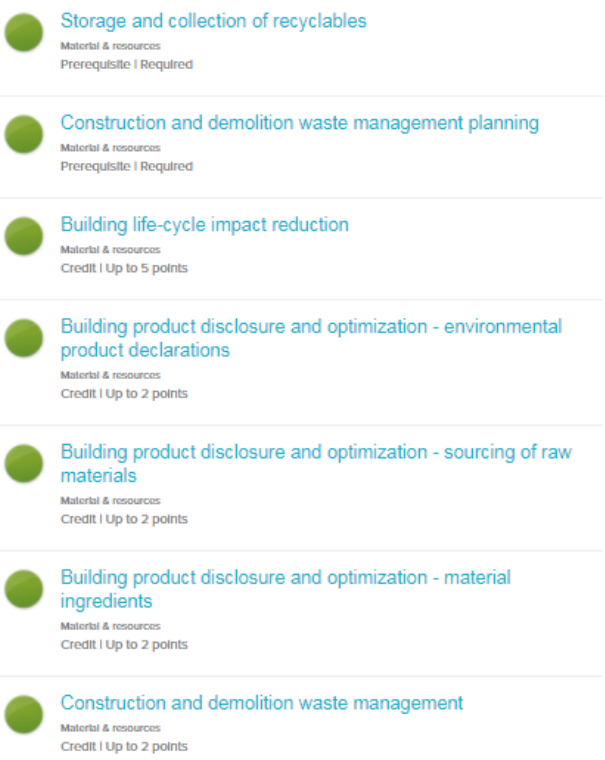


Figure 8 LEED Credits: material resources (USGBC, 2018)

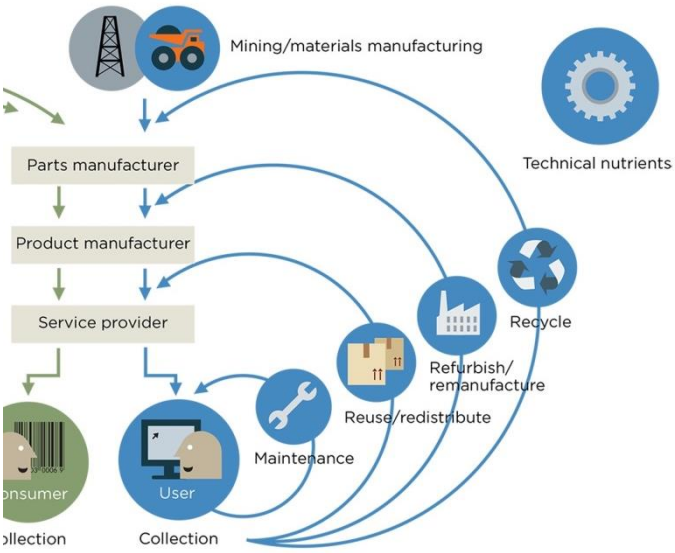
Résumé

Pour rappel, l'économie circulaire est un modèle économique qui proscrit le gaspillage et promeut une utilisation efficace et plus sobre des ressources. Important de souligner l'approche holistique de l'économie circulaire qui va au-delà du recyclage et promeut l'écoconception, les synergies, la sobriété,.. Ces différentes composantes proposées par l'économie circulaire sont de véritables pistes pour régler la problématique des déchets. Cela permet en outre d'adresser les enjeux climatiques d'une part et de créer de la valeur économique et sociale d'autre part.

L'économie de la fonctionnalité propose à son tour une nouvelle manière de consommer. Elle reconsidère un des fondamentaux de notre système économique, à savoir, la propriété privée et recommande une utilisation multiple et partagée des biens et services. Cette pensée holistique permet d'ouvrir le champ des possibles, de réduire la production de biens et donc de déchets, tout en augmentant la création de valeur économique.

Les pistes circulaires

Comme nous l'avons vu précédemment, l'économie circulaire propose différentes pistes pour éviter la génération de déchets. Dans ce qui suit nous allons présenter différents cas d'études qui mettent en pratique les différentes composantes de l'économie circulaire. De manière à structurer le travail, nous les avons classifié sous les catégories « réutilisation » et « recyclage ». Ces cas d'études ont été choisi soit parce qu'ils proposent directement une solution pour donner une seconde vie au verre de construction, soit parce qu'ils proposent un modèle novateur répondant à la problématique des déchets de construction et pouvant (ou non) être appliqué pour le verre également. Sur base de ces cas d'études, nous passerons brièvement en revue les différentes constatations qui ont été développées jusqu'ici et réaliserons un recul critique.



Réutiliser

cas de BAMB 2020

Comme nous l'avons compris, l'environnement bâti est un secteur clé en ce qui concerne la problématique du développement durable. C'est également un secteur où l'économie circulaire peut être mise en œuvre et apporter des réponses aux problématiques existantes. BAMB2020 «Building as Material Banks» est un projet financé par le fond européen horizon 2020 qui s'intéresse particulièrement aux matériaux de construction et plus spécifiquement, à leur utilisation. Le projet est bâti sur la pensée circulaire.

« Chaque brique, planche, morceau de bois ou de verre dans un bâtiment a une valeur. Aujourd'hui, ces matériaux ne sont souvent pas réutilisés après démolition ou remise à neuf, ils sont plutôt gaspillés. BAMB fournira les outils pour permettre une industrie de la construction circulaire" (BAMB2020, 2016).

Dans son modèle BAMB considère les bâtiments comme des «banques de matériaux», c'est-à-dire comme des dépôts ou des stocks de matériaux précieux et de haute qualité qui peuvent facilement être démontés et récupérés. En récoltant les matériaux et les pièces pendant la déconstruction et la rénovation des bâtiments, ces matériaux peuvent être réutilisés dans la construction, l'exploitation ou la rénovation d'autres bâtiments, réduisant ainsi le besoin d'extraction de ressources primaires (BAMB2020, 2016).

« Le projet développe et intègre des outils qui permettront le changement: Passeports de matériaux et conception de bâtiments réversibles - soutenus par de nouveaux modèles d'affaires, des propositions de politiques et des modèles de gestion et de prise de décision » (BAMB2020, 2016).

Les piliers de BAMB

BAMB est donc construit sur 5 piliers :

1) Material Passport

Pour faciliter la réutilisation des matériaux stockés dans les bâtiments, il est nécessaire d'avoir accès à une banque de données où les matériaux ainsi que leurs caractéristiques sont répertoriés. Il existe déjà des outils pour collecter ce type d'informations sur les matériaux et les produits de construction, mais aucun n'a la capacité de soutenir une utilisation circulaire de matériaux durables.

Le but de BAMB est d'arriver d'une part à harmoniser les outils existants, tels que les EPD (Environmental Product Declaration) dont nous avons parlé précédemment, ou encore HPD (Health Product Declaration), pour arriver à avoir une seule et même database reprenant les informations déjà existantes. D'autre part, il s'agit de créer

une fiche produit donnant des informations additionnelles qui stimuleraient la réutilisation des matériaux.

2) Reversible Building Design

Outre la database harmonisée, il est important de travailler à une conception circulaire de nos bâtiments qui rendent la rénovation et le démontage des options abordables financièrement et donc envisageables. En effet, actuellement, la conception de certains bâtiments exclut ces pistes circulaires et génère ainsi d'importantes quantités de déchets de construction.

« *La conception de bâtiment réversible est la conception de bâtiments où les pièces peuvent être enlevées et ajoutées facilement sans endommager le bâtiment ou les produits, composants ou matériaux. La conception réversible de bâtiment permet la réparation efficace, la réutilisation et la récupération des matériaux de construction, des produits et des composants puisque différentes couches peuvent être accessibles sans endommager d'autres parties du bâtiment enlevé ou remplacé.* » (BAMB2020, 2016)

3) Circular building assessment

Pour chaque projet de construction, le choix des matériaux est le résultat de discussions éclairées et de calculs afin de parvenir à la meilleure solution. Il en va de même pour les produits et composants ainsi que la conception et l'assemblage. BAMB désire développer à cet effet un modèle de prise de décision qui permettrait de défavoriser systématiquement les applications ne permettant pas un démantèlement du matériau.

« Afin de prendre des décisions éclairées, les développeurs et les concepteurs ont besoin de moyens facilement accessibles pour comparer et voir les résultats de

différents matériaux de construction et les choix de conception en relation avec la productivité des ressources » (BAMB2020, 2016).

4) Business modèles

« la banque de matériaux en elle-même ne générera pas d'argent. Nous devons comprendre qui possède le matériel et les données (et prend la décision de réutiliser), qui en aura besoin à des fins de réutilisation, etc.»(BAMB2020, 2016).
De par sa pensée disruptive de l'évolution de la construction, BAMB entrevoit des sources d'opportunités commerciales par la génération de nouveau business modèles qui restent encore à découvrir.

5) Policies and standards

« Les gouvernements à différents niveaux peuvent affecter les conditions préalables pour un secteur de la construction circulaire à travers différentes incitations, politiques, normes et réglementations. » (BAMB2020, 2016). Effectivement, si le marché peut être tiré par des initiatives volontaires, pour réellement amorcer un changement il y a lieu de travailler à une législation qui pousse le secteur au changement.

Cas du projet HD54

On peut considérer le projet HD54 comme la version pragmatique du projet BAMB 2020 développé ci-avant. Bien que la réutilisation du verre ne soit pas un chemin que beaucoup de pionniers ont déjà emprunté, elle n'en est pas moins une option à rejeter directement. Effectivement, dans ce cas de figure, la question centrale est de savoir si le vitrage est encore d'une qualité suffisante pour être réutilisé sans maintenance.

Le cas du projet HD54 situé à Auderghem est un projet de 9179m2 d'espace de bureau pris en main par le bureau *architectesassoc*[5] subit actuellement une lourde rénovation où la réflexion environnementale est centrale. Le but est effectivement d'obtenir la certification Breeam[6] « very good ». Outre les performances énergétiques du bâtiment, l'utilisation des matériaux a également été examinée en profondeur. On retrouve dans le projet le concept de l'économie circulaire. *1950m2 de doubles vitrages datant des années 80 vont être récupérés pour construire une serre en Pologne. Les doubles vitrages existants seront en effet retirés et transporté par camion vers le projet où ils auront une nouvelle vie* (De Wolf-Cambier -2017).

Nous nous sommes penchés sur ce projet de serre. Kampelmann, l'initiateur du projet de réutilisation de vitrage dévoile lors de l'interview du 5/01[7] son grand projet de Light-Farm. La Light-Farm répond à un principe d'architecture nouvelle où la couche imperméable de la maison est séparée de quelques mètres de la couche isolante (OSMOS, 2017).

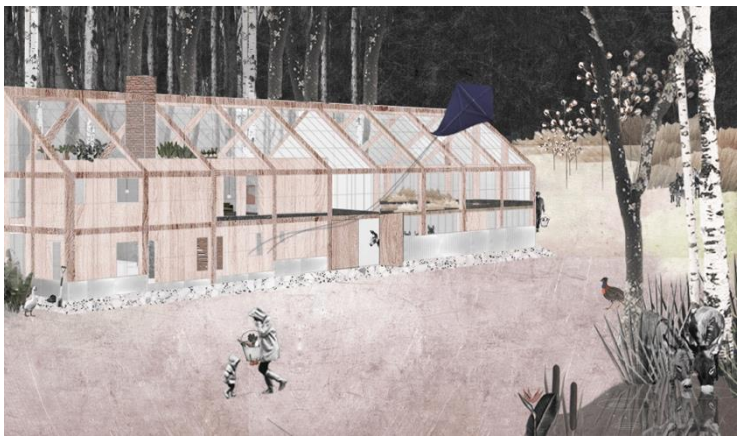


Figure 9 Project Light-farm (Osmosnetwork, 2018)

« Ce type de construction demandant une énorme quantité de vitrages, soit 100m², c'était un véritable défi de le réaliser avec des matériaux nobles tels que le verre et ce dans un budget restreint » (Kampelmann, 2018). Avec l'aide ROTOR[8], Kampelmann a trouvé le projet HD54

[5] http://www.architectesassoc.be/

[6] Le label BREEAM est la principale méthode d'évaluation de la durabilité dans le monde pour les projets de planification, les infrastructures et les bâtiments. Il reconnaît et reflète la valeur des actifs les plus performants tout au long du cycle de vie de l'environnement bâti, de la construction neuve à l'utilisation et à la remise à neuf (BREEAM, 2018).

[7] Voir annexes

[8] ROTOR : http://rotordb.org/

et a fait la demande de pouvoir récupérer le vitrage existant voué à être jeté dans des conteneurs.

L'enjeu principal était organisationnel. Ces pratiques de réutilisation ne sont pas courantes dans le secteur du bâtiment. Dans un projet de rénovation classique, une entreprise est désignée pour l'ensemble de l'étape de démolition, après laquelle les travaux peuvent alors commencer. Le fait de vouloir réutiliser les matériaux existants complexifie cette étape de démolition. Il y a des accords à prévoir en amont et un timing serré à respecter pour l'étape de démolition.

Pour parvenir à son but, Kampelmann s'est donc désigné comme chef de projet pour le démontage du vitrage existant. *« Dans le cahier de charges pour l'entrepreneur, il y a eu un accord préalable avec le propriétaire et les architectes comme quoi l'entreprise de démolition ne s'occuperait pas du vitrage »* (Kampelmann, 2018).

Kampelmann a donc pris la responsabilité d'organiser lui-même le démontage et transport du vitrage. Pour parvenir à ses fins, il a dû prendre des risques car toutes les dispositions concernant les démonteurs, la société de transport, etc. ont été prises avant même d'avoir l'accord pour récupérer le vitrage.
Finalement, 1000 m2 de double vitrages répartis en 730 vitres ont été démontés sur l'espace d'une semaine par 2 hommes, mis en palette et transportés par 4 semi-remorques qui ont été loués à une société de transport polonaise pour un coût total de 10.000€.

Les gains sont multiples dans ce projet. Tout d'abord, le prix du démontage et mise en conteneur du double vitrage est évité pour l'entrepreneur. A savoir, 1 semaine de travail. Pour Kampelmann ensuite, l'argent qu'il a investi pour obtenir son double vitrage équivaut à 10€ du m^2. Prix défiant toute concurrence lorsque l'on sait qu'un double vitrage protection solaire, prix fournisseur est de 75€/m^2 (Source interne Saint-Gobain).

En ce qui concerne le gain environnemental, si une ACV complète n'a pas été réalisée dans le cadre de ce projet, vous trouverez en partie 3, une évaluation chiffrée des gains de CO_2 équivalent de ce projet sur base de 2 hypothèses différentes.

Recul critique

Comme nous l'avons vu précédemment dans le travail, un des freins majeurs au recyclage des matériaux de construction est lié aux pratiques de déconstruction actuelles. Ces pratiques sont en lien avec la réalité des bâtiments actuels qui demande des efforts considérables pour être démontés de manière sélective

Les solutions que BAMB propose sont donc pertinentes vis-à-vis de notre problématique dans la mesure où elles encouragent un shift vers une circularisation du secteur de la construction. Son approche holistique ne se limite pas à débattre de l'utilisation de nos ressources mais aussi de la pertinence des pratiques statiques actuelles de construction face à un monde en mouvement constant.

Selon Leribaux (2018), le modèle BAMB2020 est une partie de la solution pour réutiliser les matériaux. Effectivement, le fait de répertorier les volumes et types de matériaux stockés dans les constructions permettra à terme de faciliter le contact entre les offreurs et les demandeurs de matériaux.

Cependant, si l'inventaire des matériaux permettrait une certaine efficacité dans la réutilisation des matériaux et augmenterait potentiellement la demande et l'accessibilité de ceux-ci. Il parait fort optimiste voire utopiste de considérer la réutilisation pure et simple des matériaux d'un système vers un autre. Effectivement, toutes les personnes rencontrées (Leribaux, S.; Sleger, C.;…) s'accordent à dire que si la réutilisation n'est pas une piste à exclure il est difficilement envisageable de la voir comme LA solution.

Cela pour différentes raisons techniques. Tout d'abord, dans le cas du verre, l'évolution de la recherche et de l'innovation permet de produire des types de vitrages toujours plus performants. Dans le cadre du projet HD54 par exemple, Leribaux affirme avoir considéré

l'option de réutiliser le vitrage in-situ. Cependant, bien qu'en bon état, celui-ci n'était plus adapté aux nouvelles normes d'isolation auxquelles le bâtiment devait répondre.

Un élément omis par BAMB est l'aspect logistique qui n'est pas négligeable. Effectivement, un frein à la réutilisation et même au recyclage est le coût du transport et du stockage provisoire du matériau (Ghyoot, 2018).

En ce qui concerne les nouveaux business modèles, BAMB va dans le sens de Kampelmann (2018) qui affirme que pour pouvoir augmenter la réutilisation des matériaux, il faut créer de nouveaux métiers ou alors des extensions de métier. Leribaux soutient le même discours en disant qu'il y « *énormément d'argent à faire dans ce domaine* ». Reste à trouver quelles sont les voies pour véritablement amorcer le changement.

Comme nous l'avons constaté, la réutilisation du double vitrage est celle qui est la plus positive d'un point de vue environnemental et qui est sans nul doute viable économiquement parlant. En effet, dans le modèle Kampelmann, le maitre d'ouvrage évite le coût de démontage et transport du verre et Kampelmann réalise un gain substantiel en récupérant ce vitrage gratuitement plutôt que de devoir en acheter du nouveau.

Peut-on envisager une généralisation de ce modèle cependant ? Selon Leribaux(2018), c'est une question de bon sens et d'éthique. Actuellement, la réutilisation des matériaux demeure encore fort dépendante du bon vouloir des personnes qui se trouvent autour de la table. Pour assurer la réutilisation des matériaux jusqu'à présent non obligatoire, il faut consacrer du temps à régler les détails logistiques et administratifs sans gagner plus d'argent pour autant.

Outre le bon vouloir, la réalité montre aussi qu'il est très difficile de trouver amateur pour des matériaux de seconde main, verre ou autre. Quand bien même un bâtiment qui doit être transformé regorge de matériaux en bon état et qui ont de la valeur, encore faut-il un demandeur/récupérateur. Une faible demande d'un côté mais également un problème de

stockage. Effectivement, des organisations comme ROTOR[9] admettent que la demande est encore peu présente et qu'ils ne peuvent pas se permettre de stocker de grandes quantités de matériaux (Ghyoot, 2018).

Kampelman (2017) plaide pour une interface où ces 2 parties pourraient se rencontrer. Ghyoot (2018) estime cependant que la réalisation d'une plateforme n'est pas la priorité. Il y a d'abord lieu de stimuler la demande pour les matériaux de seconde main.

Kampelmann (2017) va plus loin encore et dit qu'il y a lieu de créer des métiers/entreprises/extensions des activités. Effectivement, l'expérience HD54 fut un succès car Kampelmann est celui qui a fait le lien entre les différentes parties prenantes sans quoi rien n'aurait été possible. Pour pouvoir généraliser ou du moins augmenter la réutilisation des matériaux, il faut donc que des organisations développent l'expertise et comblent les vides qui mènent actuellement les matériaux à être simplement jetés.

Pour Leribaux (2018), la pratique de réutilisation des matériaux doit également être rendue obligatoire. En effet, de son point de vue, *« quand on dépose un permis d'environnement, on devrait également annexer une liste des matériaux en quantité supposée et dire ce qu'on est parvenu à récupérer (…) je pense qu'il y a un upgrade législatif à faire. N'importe qui pourrait falsifier ce document mais c'est tout de même un éveil à la chose ».*

On remarque effectivement que la passivité des bâtiments rendue obligatoire depuis 2015 à Bruxelles (RTBF, 2012) est quelque chose qui est maintenant connu de tous et dont tout le monde connait les impacts positifs. *« Au niveau de la performance énergétique d'un bâtiment, on reçoit aujourd'hui une petite flèche de couleur. Peut-être qu'au niveau de l'économie circulaire, on pourrait recevoir un certificat qui va de 0 à 100. Une sorte de cote. Une fois sur le marché, le vendeur doit dire quel est l'impact au niveau EC de ce bâtiment. A un certain moment, tout cela deviendra assez important pour que tout le monde s'y intéresse, d'où l'importance de la communication et du marketing »* (Leribaux, 2018).

[9] Rotor

Pour revenir à la question de la réutilisation du verre, les différentes personnes interrogées s'accordent à dire qu'il n'est pas évident de réutiliser du verre. D'une part parce que les performances isolantes ont fortement évolué ces dernières années et aussi que la dimension des vitrages ne permet pas toujours leur intégration à un autre projet. Cette option ne doit cependant pas être exclue. La success story de Kampelmann montre que dans le cadre de certains projets, le vitrage peut avoir une deuxième vie avant d'être recyclé.

On peut donc tout de même espérer une augmentation de la réutilisation pure et simple du verre de construction et des matériaux en général. Cependant, la réutilisation n'est dans le cadre du verre pas une réponse viable unique.

Recycler / Upcycler

Bien qu'une certaine quantité de déchets de construction et de démolition soit réutilisée, il s'agit surtout de déchets de faible qualité qui ne conviennent qu'à la construction de routes. (Hendriks & al. 2003). Il est donc pertinent de spécifier de quel type de recyclage nous parlerons ci-après.

« Le problème, c'est que, vous l'avez cité, le recyclage il y en a 2 types : l'up- et le downcycling. Pour le verre, quand il se retrouve dans les routes c'est du downcycling, quand on le refond en verre, c'est de l'upcycling » (Slegers, 2018).

L'Upcycling est souvent considéré comme un processus dans lequel les déchets sont convertis en quelque chose de valeur et / ou de qualité supérieure dans leur seconde vie. Il a été de plus en plus reconnu comme un moyen prometteur de réduire la consommation de matériaux et d'énergie (Sung, K. 2015).

Le modèle néerlandais

Dans le contexte de la responsabilité élargie du producteur, le secteur du verre plat néerlandais a pris en 2000 une initiative pour améliorer la collecte et le recyclage du verre plat. Après un projet pilote réussi, l'organisation Glas Branche, à laquelle environ 85% des

installateurs de verre étaient liés en 2005, a mandaté l'organisation Flat Glass Recycling Netherlands (VRN) pour mettre en place un système de collecte de fragments de verre plat (Christis, M. & al. ,2013).

Afin de financer la VRN, une contribution de 0,5 euro par m² (initialement estimée à environ 1% du prix de revient) a été convenue pour les vitrages isolants (double vitrage). Afin d'éviter que les membres de la Glass Industry Organization ne subissent un désavantage en termes de coûts vis-à-vis des vitriers non affiliés, le gouvernement néerlandais a rendu la contribution financière obligatoire pour toutes les entreprises. *« Tous les producteurs et / ou les importateurs de vitrage isolant sont tenus de payer les frais de recyclage »* (Vlakglas recycling, 2018). En 2012, 237 entreprises ont payé la redevance d'élimination à la VRN (Christis, M. & al. ,2013).

La collection de verre plat au sein de la VRN s'organise grâce à un réseau de 1 384 points de collecte. Des 1384, 389 sont des points de collecte gratuits, dont la plupart sont disponibles sur place chez les fabricants de verre, les grossistes, les fabriques de fenêtres, les décharges municipales et les entreprises de conteneurs. 453 autres points sont des points de collecte temporaires; On estime que 90% du nombre total est basé sur des sites de rénovation, laissant environ 10% sur des sites de démolition. Ce faible nombre de conteneurs sur les sites de démolition est attribué au fait que les entreprises de démolition utilisent généralement leurs propres conteneurs pour les flux de déchets générés (Deloitte, 2016).

Ces conteneurs loués et placés sur des sites privés constituent une alternative intéressante aux points de collecte publics gratuits car cela assure un meilleur contrôle du tri des déchets de verre plat (Deloitte, 2016). VRN (2013) indique cependant que la collecte sélective de verre plat dans des travaux de démolition ou de rénovation de petite ou moyenne envergure reste un problème.

Les points de collecte VRN acceptent trois types de verre en feuille: le verre float, le verre feuilleté et le verre combiné (c'est-à-dire verre isolé, verre armé, verre feuilleté, verre argenté, etc.). Ils ont des directives strictes d'acceptation de qualité qui stipulent quels

matériaux (céramique, liège, plastique, etc.) ou verre (comme le verre résistant à la chaleur ou le verre plombé) ne sont pas acceptés dans les conteneurs.

De l'ensemble du verre collecté, 10% est allé à l'industrie du verre plat en 2011, 55% à l'industrie de l'emballage et 35% à la production de produits isolants (Staatscourant 2013, VRN 2013a).

La reverse supply chain de Saint-Gobain

Comme nous l'avons vu dans la première partie, il est important de distinguer le verre pré-consumer du verre post-consumer. Pour illustrer cette distinction, voici l'exemple de Saint-Gobain : Comme ses concurrents, le groupe affiche une proportion de 30% de verre recyclé dans la production d'une nouvelle feuille de verre. Après enquête, il ressort que ces 30% correspondent au verre pré-consumer interne et externe, c'est-à-dire, le verre qui n'a pas encore été vendu, qui appartient par conséquent toujours au groupe.

Des 30% de verre recyclé annoncés, 20% proviennent de la production (verre pré-consumer interne). Effectivement, devant souscrire à des normes de qualité très exigeantes, il arrive régulièrement que certaines portions du verre « Float » soient directement « recyclées » après production. Les autres 10 se rapportent au verre « pré-consumer externe », soit à la feuille de verre sortie de l'usine qui est transportée vers un atelier où elle est découpée et mise en application. A cette étape, peut survenir de la casse durant le transport ou le découpage et aussi des chutes (Vinson, 2017).

Il est important de noter que Saint-Gobain ne récupère pas 100% de son verre pré-consumer interne. Effectivement, dans les cas des filiales belges par exemple, éloignées d'une unité de production, le verre trié dans des conteneurs spécifiques est géré par l'entreprise Maltha. Alors que sa qualité est suffisante pour réintégrer le calcin dans la production de verre plat, le fait que celui-ci se retrouve agrégé aux autres flux arrivant chez Maltha, il sera renvoyé vers le secteur du verre d'emballage ou de laine de verre.

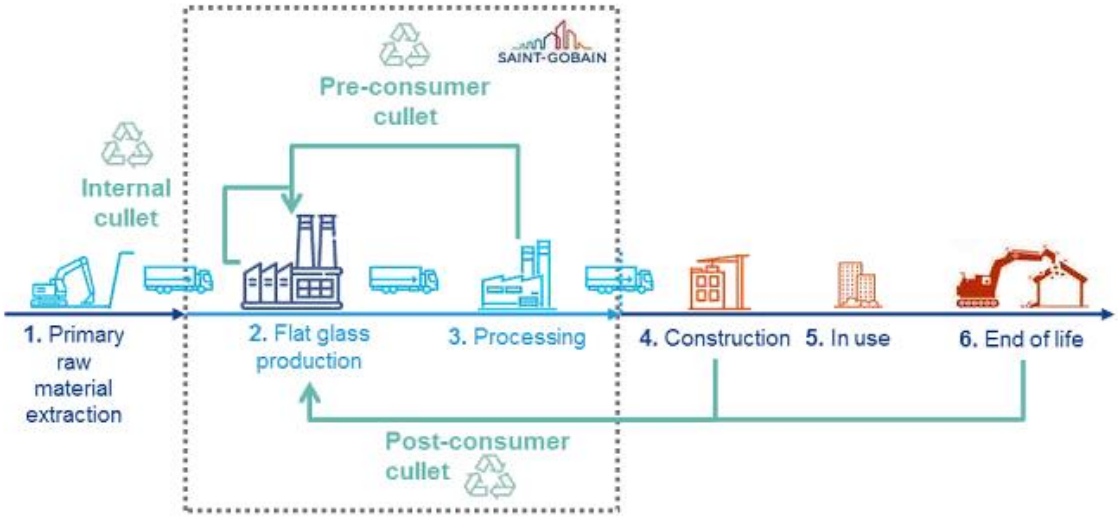


Figure 10 distinction type de calcin. Source interne Saint-Gobain

Le verre « post-consumer », ou plus simplement le verre vendu qui n'appartient plus au groupe représente aujourd'hui moins d' 1% d'une nouvelle feuille de verre (Vinson, 2017). C'est un véritable point d'action pour Saint-Gobain. En 2013, l'entreprise a démarré une collaboration avec la société de gestion et de recyclage des déchets Paprec, ainsi que le groupe Lapeyre (l'un des plus grands fabricants / distributeurs de menuiseries, portes, fenêtres et armoires) pour créer le premier système français de collecte et de traitement industriel pour vieilles fenêtres résidentielles et autres menuiseries en fin de vie (Paprec, 2013). Le but est d'être capable de recycler le verre plat venant de différents secteurs.

Une manière de travailler semblable existe d'ailleurs déjà en Allemagne, où le verre récupéré par les filiales Glassolutions de Saint-Gobain est recyclé à des taux de 90%. Effectivement, outre le verre pré-consumer externe généré dans les filiales, ces dernières offrent à leurs clients (vitriers, installateurs de chassis, etc.) de déposer le vitrage qu'ils ont démontés dans les conteneurs du site.

Ces initiatives impliquent un haut niveau d'organisation, des accords, une optimisation de la logistique et des partenariats avec les entreprises locales actant dans le recyclage du verre (Saint-Gobain, source interne). La distance entre les sites Glassolutions et le site de production du verre est par ailleurs un aspect non négligeable.

En novembre 2017, un engagement pour la croissance verte a été signé en France. Cet accord suit la charte initiée par Saint-Gobain en 2015 sur le recyclage du verre. Inspiré du modèle néerlandais, le nouveau mécanisme tend à favoriser le co-développement d'initiatives pionnières entre le gouvernement et les acteurs privés. En France, 200.000 tonnes de verre plat sont envoyées à la décharge chaque année. L'objectif fixé est de collecter et recycler 40.000 tonnes du verre issu de la déconstruction chaque année (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2017).

Cet engagement a été initié de manière à favoriser le retour du calcin vers le secteur du verre plat lorsque la qualité le permet plutôt que d'être envoyé systématiquement vers les 2 autres secteurs déjà cités plus-haut.

Analogie avec l'activité Gyproc

Comme le verre, le gypse en tant que tel est 100% et éternellement recyclable. En fait, la composition chimique de la matière première et du matériau que l'on trouve dans le produit (par exemple une plaque de plâtre) est identique et reste la même, cycle après cycle.

Depuis 2013, le recyclage du plâtre fait aussi l'objet d'un projet européen EU Life+ soutenant le programme « Gypsum to Gypsum » dont Gyproc est partenaire. L'objectif principal du projet G2G est de changer la manière dont les déchets à base de gypse sont traités. Malgré le fait qu'une boucle fermée soit possible, la réalité est différente. Le projet GtoG vise à transformer le marché européen des déchets de démolition de gypse pour atteindre des taux de recyclage plus élevés des déchets de gypse, contribuant ainsi à une économie efficace dans l'utilisation des ressources (Gypsum to Gypsum, 2018).

Saint-Gobain, aussi actif dans la production et distribution de panneau de plâtre a déjà mis en pratique l'économie circulaire sur son site de Gyproc Kallo (région d'Anvers) puisqu'il récupère les vieux panneaux de Gypse qu'il recycle. Une fois le Gypse extrait du panneau et débarrassé de ses impuretés, il est réintégré au processus de production des nouveaux

panneaux Gyproc. Aujourd'hui, les produits atteignent jusqu'à 20% de matière recyclée (Gyproc, 2018).

« Amorcée pour le retraitement de nos propres résidus de production, l'activité de recyclage s'est étendue par la suite aux déchets de construction et de démolition » (Gyproc, 2018).

Effectivement, dans le cadre de son programme circulaire, Gyproc a mis en place des partenariats avec ses entrepreneurs et autres acteurs locaux de manière à sécuriser l'approvisionnement en « déchets » de Gypse. Les entrepreneurs y gagnent puisqu'ils peuvent d'une part souscrire à des règles strictes de réutilisation et obtenir un bon score dans le cadre des labels de certification durable comme LEED ou BREEAM.

Au niveau des coûts, il n'est pas plus cher pour l'entrepreneur de recourir au recyclage que de mettre les panneaux de plâtre à la décharge. Toutefois, le tri sélectif sur chantier demeure un effort et un investissement en temps (et donc en argent).

Recul critique

Pour terminer cette partie nous allons revenir sur les différents modèles abordés et évaluer leurs forces et faiblesses. Nous reparlerons brièvement des différents cas d'études sur le recyclage du verre pour ensuite formuler une conclusion par rapport à nos différents constats sur différents points et similitudes qui apparaissent de manière évidente.

Nous constatons tout d'abord que la problématique du recyclage du verre de construction est généralisée au niveau européen. Effectivement, si le verre est une filière porteuse car il est économiquement intéressant de recycler du verre pour les raisons techniques que nous avions vus en première partie (A savoir, la température de fusion abaissée et l'économie de matières première), cela reste un challenge pour tous les pays.

Pour reprendre le modèle néerlandais qui peut être considéré comme le plus avancé en matière de collecte et de recyclage du calcin de par leur stratégie de REP (Responsabilité

Elargie du Producteur), ceux-ci admettent n'avoir toujours pas trouvé de solution pour une collecte efficace de verre plat dans des chantiers de petite ou moyenne envergure.

Du cas de Saint-Gobain, il ressort que la récupération efficace du verre demande également beaucoup d'efforts en terme d'organisation et de communication entre les différentes parties prenantes. Il semble être extrêmement complexe de mettre en place un réseau de collecte qui intègre aussi bien les grands que les petits acteurs pour des raisons principalement logistiques, des couts engendrés et de qualité.

L'analogie avec Gyproc nous permet de dire que ces challenges ne sont pas caractéristiques du secteur du verre. Par contre, Gyproc montre également qu'une stratégie circulaire du « closed loop » où les matériaux de construction reviennent vers les producteurs semble tout de même faire ses preuves à plus d'un point de vue.

Les différents challenges notés dans le cadre de cette piste circulaire sont les suivants :

- Collecte de déchets: sources diffuses et nature irrégulière
- Manque de culture du recyclage dans certains pays
- Qualité des matériaux récupérés pas toujours suffisante pour le recyclage
- Marché des matières primaires et secondaires en concurrence imparfaite
- Organisation logistique complexe

Conclusion

Faire évoluer le secteur de la construction est tout sauf facile, avec une dominante conservatrice et des pratiques basées sur des décennies de traditions. Encore aujourd'hui, le renouvellement et la rénovation des bâtiments aboutissent généralement à des solutions linéaires sachant que les solutions de construction circulaires et réversibles (innovantes) sont perçues comme trop chères par rapport aux solutions conventionnelles, optimisées depuis des décennies (Debacker, W. & al., 2017).

Contribuant à une utilisation inefficace de nos ressources pour ne pas parler d'un gaspillage de matériaux de haute valeur autant économique qu'environnementale, notre modèle économique linéaire « Take-Make-Use-Dispose » est à remettre en cause dans cette problématique. Effectivement, les modèles commerciaux et financements traditionnels n'incitent pas à revoir les pratiques. Sans parler des stratégies de vente où l'entreprise produisant les matériaux de construction ne s'occupe plus de ses produits une fois vendus.

Envisager un système basé sur le modèle de l'économie circulaire pourrait changer les pratiques. Certains auteurs affirment dans leurs études que ré-envisager la gestion des différentes phases de vie d'un bâtiment permettrait de recycler/réutiliser davantage des matériaux de construction tout en assurant des gains économiques pour les différentes parties (Debacker, W., & al.). Ils prônent une gestion long terme et circulaire des ressources par les acteurs qui les produisent, les vendent et les mettent en œuvre. En exemple, que l'entreprise qui vend un matériau soit également responsable de son recyclage, comme c'est le cas chez Gyproc.

Certaines tendances sont tout de même discernées dans cet environnement traditionnel :

1. Une sensibilisation accrue à la durabilité et à l'économie circulaire.
2. Le recyclage et l'élimination des déchets de construction et de démolition en tant que solutions de gestion des déchets au sein de l'UE.
3. Une présence grandissante des labels durables

Partie 3 Analyse de cycle de vie

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons analysé les pistes du recyclage et de la réutilisation. Il ressort que si la réutilisation n'est pas une piste à exclure, sa généralisation parait difficilement réalisable. Nous ne considérons donc pas qu'elle réponde à la problématique qui nous occupe. En revanche, le recyclage semble apporter une solution, non seulement au niveau de la problématique des déchets de construction mais également aux autres problématiques inhérentes au secteur de la construction, telles que la consommation d'énergie et les émissions CO_2.

De manière à quantifier les gains réels potentiels à réaliser par une augmentation du recyclage du verre, nous allons maintenant réaliser une analyse de cycle de vie (ACV).

Rappel théorique

L'analyse du cycle de vie (ACV) est un cadre méthodologique pour estimer et évaluer les impacts environnementaux attribuables au cycle de vie d'un produit. En d'autres mots, l'idée de base de l'ACV est que toutes les charges environnementales liées à un produit ou à un service doivent être évaluées de l'extraction des matières premières et jusqu'à l'élimination des déchets (Klöpffer, W. 1997).

Il convient de souligner que l'ACV est encore une application jeune et en évolution. La gestion de l'environnement, en général, est également une discipline jeune. Il n'y a donc pas encore de consensus mais des approches différentes en fonction de la question spécifique, et finalement en fonction de la décision qui doit être soutenue par une étude ACV (Rebitzer, G. & al. 2004). En particulier, la sélection et la pondération relative des impacts environnementaux font l'objet de nombreux débats (Clift et al., 2000).

Notons que l'ACV est une analyse qui demande énormément de temps et nécessite une interprétation potentiellement subjective d'un modèle fortement paramétré, ainsi que de

grandes quantités de données quantitatives précises sur les flux et les impacts environnementaux (Van Ewijk, S., & Stegemann, J. A., 2016).

Etant donné le temps imparti, nous ne pourrons pas réaliser une analyse de cycle de vie complète pour chaque cas énoncé dans la partie 2. Cependant, nous allons tenter de réaliser une synthèse sur base de sources pertinentes afin de mesurer l'impact environnemental des différentes pistes proposées par l'économie circulaire.

Impact environnemental du verre

Le recyclage

Sur base des informations collectées en partie 1, nous estimons que chaque tonne de calcin économise:

- ✓ 1 tonne de déchets provenant des décharges;
- ✓ 1200 kg de matières premières vierges, dont 850 kg de sable, donnant un delta positif de 200kg
- ✓ 25% d'économie d'énergie à la production de nouveau verre soit 1.9Gj/tonne produite[10]
- ✓ 300 kg d'émissions directes de CO_2.

Comme vu précédemment, il est estimé que seulement 5% du volume de 1,5 millions de déchets verriers issus du secteur de la construction est recyclé en nouveaux produits verriers (Glass for Europe, 2016). Il est important de prendre du recul par rapport à ce taux indiqué. Tout d'abord, il varie fortement d'un pays à l'autre en fonction du système de collecte mis en place (cf. la VRN hollandaise). Ensuite, si certains taux plus élevés peuvent être retrouvés, ils prennent généralement en compte la récupération du verre parmi d'autres déchets de construction et réutilisés en remblais. Dans le cadre de ce travail, nous ne considérons pas cette route comme une piste de recyclage car il s'agit de downcycling où la qualité du verre est perdue.

[10] La production de verre demande une intensité en énergie de 9,2Gj/tonne produite dont 73% sont nécessaires pour l'alimentation du four (phase de fusion). Donc (9,2*0,73)*0,25= 1.9Gj

Ainsi, le potentiel de recyclage s'élèverait à 1.425.000 tonnes de verre économisant ainsi :

- Un volume équivalent de déchets soit 0.16% du volume de déchets généré par le secteur en Europe[11]
- 1,7 millions de tonnes de matières premières
- 2.707.500 Giga joules soit 0,015% de la consommation des bâtiments[12]
- 427.500 tonnes d'émissions directes de CO_2 correspondant à 0.1% des émissions de l'industrie manufacturière et construction[13].

Cas du verre plat Saint-Gobain Planiclear 4mm

SGG PLANICLEAR® est un verre basique silico-sodo-calcique produit en utilisant la procédure float[14] pour être utilisé dans le bâtiment, les meubles et les applications industrielles. Ce verre est conforme à la norme européenne EN 572-2[15] (Saint-Gobain, 2016).

Informations de calculs du cycle de vie (Saint-Gobain, 2016)	
Unité fonctionnelle	$1m^2$ de verre extra clair SGG PLANICLEAR® à intégrer dans un bâtiment, un meuble ou une application industrielle. Les impacts de l'installation ne sont pas pris en compte.
Limites du système	Cradle to Gate
Durée de vie de référence	N/A
Règles limitatives générales	Tous les paramètres significatifs doivent être inclus. Selon la norme EN 15804, les débits massiques sont inférieurs à 1% de l'apport massique total; et / ou des flux d'énergie représentant moins de 1% de la consommation totale d'énergie primaire du processus unitaire associé

[11] La production de déchets solides pour le secteur de la construction équivaut à 868.2 millions de tonnes (Eurostat, 2014).

[12] Les bâtiments sont responsables de 40% de l'énergie consommée en Europe, soit $443*10^6$ TOE (Tonne de pétrole équivalent) (CE, 2018). Sachant que 1 TOE = 41.868 GJ, cela équivaut à 18547524000 GJ.

[13] Les bâtiments sont responsables de 36% des émissions CO_2 soit 1.647,1 millions de tonnes de CO_2. D'autres chiffres nous indiquent que l'industrie manufacturière et construction émettait en 2013, 504,2 millions de tonnes équivalent CO_2 (Eurostat, 2016).

[14] Procédé de flottation expliqué en partie 1

[15] Norme européenne à la fabrication du verre de construction

	peuvent être omis. Cependant, la quantité totale d'énergie et de masse omise ne doit pas dépasser 5% par module. Les substances extrêmement préoccupantes (SVHC), telles que définies dans le règlement REACH (article 57), en concentration supérieure à 0,1% en poids, dans les produits finis en verre, doivent être incluses dans l'inventaire du cycle de vie et les règles de appliquer.
Allocation	Les allocations sont faites en masse [16](kg)
Couverture géographique et période de temps	Les informations ont été établies au cours de l'année 2014. Les informations collectées proviennent des sites européens producteurs de SGG PLANICLEAR® (SAINT-GOBAIN GLASS INDUSTRY)
Sources d'information	Les données GaBi ont été utilisées pour évaluer les impacts environnementaux. Les données sont représentatives des années 2012-2015.
Software	Gabi Envision SGG_EPD outil pour Planiclear 1m2_2016-06-27.gbmx

Sur la figure 11, vous pouvez observer les résultats de l'analyse du cycle de vie (cradle to grave) du verre plat Saint-Gobain. Ce verre affiche des émissions de CO_2 de 11,9kg par m^2 de verre produit. Notons que cette ACV est calculée sur base d'une production intégrant 1kg de calcin, soit 10% de la masse de l'unité fonctionnelle[17].

[16] Les formulations verrières sont faites en masse. Après le calcul des quantités de matières premières, tous les calculs se font en m². L'impact global du verre est donc donné par m². Dans cette configuration on prend du verre de 4mm, soit ~10kg/m².

[17] La masse d'un m^2 de verre pèse 2,5kg par mm d'épaisseur

Parameters	Product stage A1 / A2 / A3
Global Warming Potential (GWP) - *kg CO_2 equiv/FU*	11,9
Ozone Depletion (ODP) *kg CFC 11 equiv/FU*	2,38E-10
Acidification potential (AP) *kg SO_2 equiv/FU*	0,0596
Eutrophication potential (EP) *kg $(PO_4)^{3-}$ equiv/FU*	0,0182
Photochemical ozone creation (POPC) *kg Ethene equiv/FU*	0,00388
Abiotic depletion potential for non-fossil ressources (ADP-elements) - *kg Sb equiv/FU*	8,67E-5
Abiotic depletion potential for fossil ressources (ADP-fossil fuels) - *MJ/FU*	142

Figure 11 EPD SGG PLANICLEAR (SAINT-GOBAIN, 2016)

Sur base de ces informations, nous avons pu réaliser différents scénarios [18]en faisant varier la quantité de matière première secondaire intégrée à la production variant de 0% à 100%. On remarque une division par 2 des émissions de CO_2 allant de 12,6kg à 6,9kg CO_2 équivalent lorsque l'on substitue complètement le calcin à de nouvelles matières premières. Notons que, dans l'absolu, il est possible de produire une nouvelle feuille de verre avec 100% de calcin. Les scénarios sont par conséquent potentiellement applicables dans la réalité.

Sur la figure 12 ci-dessous, nous avons repris 3 scénarios à 10, 60 et 80% de calcin. On voit que si les émissions CO_2 liées au recyclage augmentent légèrement, les émissions liées à la consommation d'énergie et de matières premières absorbent cette hausse. Le total est positif et on observe une évolution inversement proportionnelle à la quantité de calcin intégrée à la production.

[18] Les scénarios ont été réalisés selon les mêmes paramètres que ceux utilisés pour le calcul de l'EPD du SGG Planiclear.

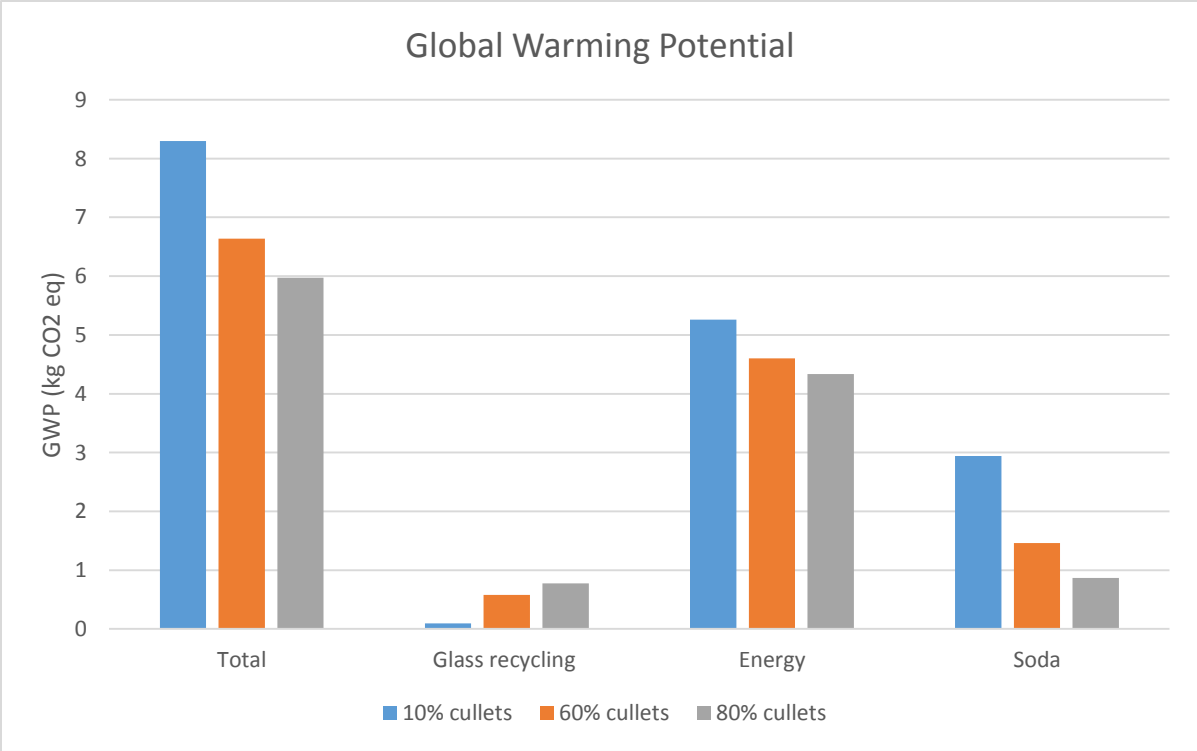


Figure 12 Emissions carbones par taux de calcin recyclé

Pistes circulaires

De manière à comparer les différents scénarios possibles pour le verre de construction, nous avons synthétisé sous forme de tableau les différentes données collectées et calculées afin d'estimer l'impact en émissions CO_2eq de chacune des pistes circulaires. Pour une meilleure lisibilité, nous avons traduit les résultats en m².

Emissions CO_2 équivalent	Verre plat simple (4mm)	Double-vitrage(2 verres plats 4mm)
ACV (Cradle to gate) avec 10% de calcin	11,9kg CO_2/m^2	31,1kg CO_2/m^2
ACV (Cradle to gate) avec 100% de calcin	6,9kg CO_2/m^2	
Impact de la réutilisation (transport sur 1000km avec cadres)		1,7kg CO_2/m^2
Impact du recyclage (transport sur une distance moyenne)	0,4kg CO_2/m^2	0,8kg CO_2/m^2
Impact du recyclage dans la production	- 3kg CO_2/m^2	- 7,5kg CO_2/m^2

Nous avons vu dans le cas du projet HD54 que 1000m^2 de double vitrage avaient été réutilisés. Que peut-on dire de l'impact environnemental de ce type de projet ? Admettons que ce verre n'ait pas été réutilisé. Du côté du projet HD54, il aurait fallu prévoir dans le meilleur cas, l'enlèvement et le transport du vieux vitrage vers un centre de collecte où le verre aurait été transformé en calcin pour être ensuite recyclé en une nouvelle feuille de verre (Scénario recyclage, voir figure 13).

Le transport de ce verre aurait généré inévitablement une série d'impacts environnementaux tels que des émissions CO_2 estimées à 39kg/tonne (Deloitte, 2016) soit 0.8 tonnes de CO_2 dans notre cas. Notons que lorsque le paramètre d'économie d'énergie est pris en compte, chaque tonne de calcin utilisée dans le processus de fusion permettant d'économiser environ 300 kg d'émissions de CO_2, l'impact environnemental total devient positif et on arrive alors à un résultat de -261 kg CO_2 eq /t (Deloitte, 2016).

Du côté du projet en Pologne, il y a 2 cas de figure possibles (Scénario réutilisation (1) et (2), voir figure13). Soit on considère que la réutilisation du double-vitrage de HD54 évite la production d'un nouveau double-vitrage(1), soit on considère que cette même réutilisation évite la production d'un simple vitrage(2). Effectivement, dans le cadre d'un projet de serre, nous ne pouvons pas affirmer avec certitude qu'il était nécessaire de recourir à un double-vitrage.

Dans le scénario où on considère l'évitement de la production d'un double-vitrage, on parvient à un évitement de 31,1 tonnes de rejets CO_{2eq}. Dans le scénario du simple vitrage, l'évitement équivaut à 11,9 tonnes de CO_{2eq}. En ce qui concerne le transport du double-vitrage de Belgique vers la Pologne, soit une distance parcourue de 1000km. Nous estimons que les émissions CO_2 à 1.7tonnes[19].

[19] Le transport d'une tonne de double vitrage encore dans son cadre équivaut à 8,5kgCO_2 par 100km(Deloitte, 2017). Sachant que 1m^2 de double vitrage pèse approximativement 20kg, soit 0,02tonnes, 1000m^2 = 20 tonnes. 20tonnes*(10*8,5)= 1700kg = 1,7tonne de CO^2

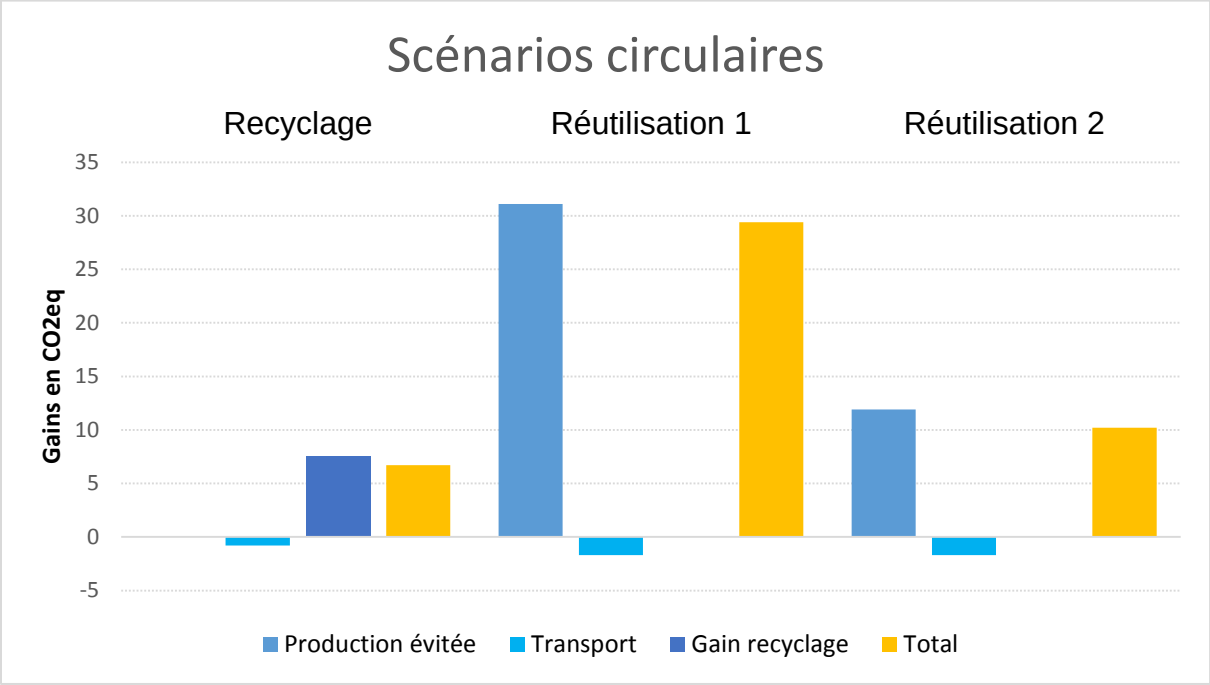


Figure 13 Scénarios circulaires

La figure 13 reprenant les 3 scénarios possibles fait apparaitre de manière évidente que la réutilisation est toujours à privilégier. Effectivement, même dans le cas où l'on ne considère éviter que la production d'un verre plat simple, cette piste circulaire reste plus avantageuse. Toutefois, nous pouvons affirmer que la piste du recyclage apporte également un gain non négligeable.

Pour terminer, il est important de signaler que les données mentionnées ci-dessus sont à prendre avec un certain recul. Effectivement, les impacts du transport ne viennent pas de la même source que les ACV. Les méthodes de calcul sont par conséquent différentes et indiquent des résultats sensiblement différents. Néanmoins, ils nous permettent de faire une première évaluation quant aux gains générés par les 2 options circulaires.

PARTIE 4: Identification des freins et propositions de pistes

Introduction

Dans cette 4ième et dernière partie, nous tenterons de répondre à la question de recherche *« Comment faire évoluer le secteur de la construction vers une gestion circulaire des matériaux de construction : Cas du verre plat? ».*

Nous avons déjà vu dans le premier chapitre que ce n'était pas le matériau en tant que tel qui pose un problème pour le recyclage. Dans le deuxième chapitre, nous avons constaté que les pratiques de construction sont à blâmer pour le faible taux de recyclage de moins de 5% du verre post-consumer. Effectivement, dans la construction, la phase de démolition doit être rapide et efficace économiquement parlant. La solution la plus viable est donc la démolition non sélective où les « déchets » de construction sont récoltés ensemble rendant le recyclage très complexe voire impossible dans le cas du verre. En effet, même si ces déchets sont par la suite transportés vers des centres de tri, le fait de les avoir agrégé au préalable leur fait perdre en qualité.

Nous commencerons par faire une synthèse des différents freins que nous avons noté lors de nos études de cas et les étudierons en profondeur. Ensuite, nous ferons un recul critique et poserons une hypothèse. S'en suivront une discussion et une (in)validation de l'hypothèse.

Les freins

Frein technique

D'un point de vue technique, nous nous sommes posé la question de savoir si le verre mis en application dans des compositions d'une technicité avancée posait des problèmes au recyclage. Nous nous sommes ainsi penché sur le verre feuilleté, verre de construction largement utilisé dans diverses applications notamment celle impliquant un possible risque de chute (balustrade, dalle de sol,…).

On obtient un verre feuilleté en laminant un film de plastique PVB (poly butyral vinylique) entre 2 feuilles de verre. Par son adhérence au feuilles de verre, le film permet de garder le verre en un morceau même après bris de verre.

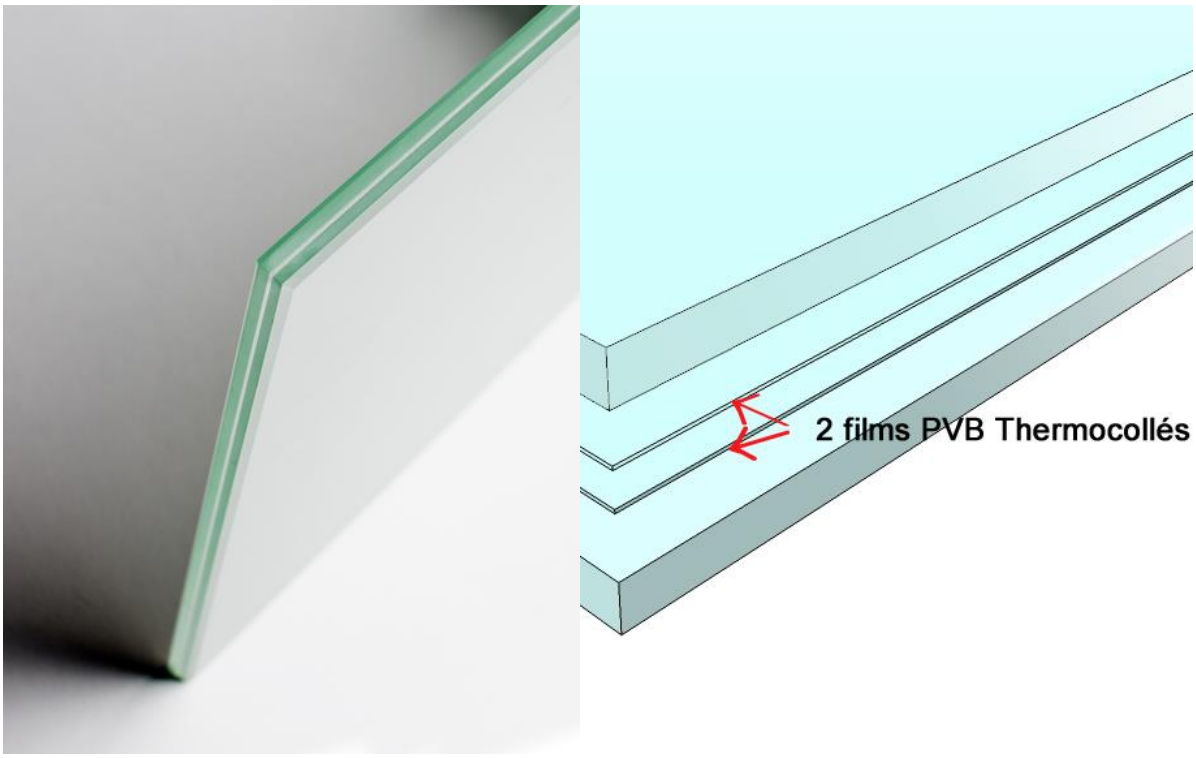


Figure 14 Schéma et photo d'un verre feuilleté (source: Google)

Les vitrages feuilletés tels que celui des vitres de voitures et du vitrage de sécurité sont traités avec un briseur / déchiqueteur et un tamis : le briseur / broyeur casse et / ou déchiquette le verre en morceaux et le tamis sépare le verre du PVB. Cela enlève la majorité du verre de la couche de PVB (Wintermans, 2018)

Le PVB fait l'objet de beaucoup de réflexion au niveau européen. On cherche des applications up- plutôt que down-. Le PVB est une matière qui à la phase « déchet » a une valeur de 1400€/tonne. (Slegers, 2018). « *La technique pour séparer le PVB du verre existe, c'est donc un faux débat de dire que la présence de PVB rend difficile le recyclage. On sait le séparer du verre pour le recycler, par contre, on cherche des nouvelles solutions* (Slegers, 2018). Il n'y a pas de frein technique au recyclage du verre feuilleté.

Selon Wintermans (2018), les contraintes techniques sont généralement liées à la contamination des déchets de verre. Les installations dont ils disposent peuvent seulement

enlever un certain pourcentage de contamination dans le verre. A savoir, si le matériau d'entrée est contaminé de plus de 5%, les équipements ne pourront pas produire un calcin qui sera conforme aux spécifications des acheteurs.

Frein logistique et organisationnel

Un point commun à différentes études réalisées sur le sujet est que le facteur humain a également un grand rôle à jouer dans la résolution de la problématique des déchets de construction (Yuan and Shen 2011). Effectivement, ce sont les hommes de terrain qui décident du sort des matériaux. Lors de notre interview, Kampelmann (2018) prônait le dialogue entre les différentes parties impliquées dans une (dé)construction/rénovation comme une solution pour promouvoir et rendre possible des pratiques plus durables.

La démolition sélective par les entreprises avec démantèlement préalable des fenêtres en verre est généralement faite pour les grands chantiers où il est financièrement intéressant de fournir un conteneur en verre plat en plus du conteneur de gravats mixtes. Après tout, de grandes quantités de déchets de verre plat homogènes ont un prix positif. En revanche, dans le cas de petits projets de rénovation ou de démolition, les coûts de la logistique seront plus élevés. De plus, la valeur des déchets de verre plat collectés sera plus faible car elle est mélangée avec du verre plat d'une couleur / composition différente d'autres petits projets (Christis, M. & al. ,2013).

Frein économique

Afin d'augmenter la pureté des déchets de verre plat postconsommation, il est important de séparer les différents types de verre et les cadres lors de la collecte. Parfois, l'argument de sécurité est invoqué pour ne pas le faire. En pratique, cependant, il semble que le démantèlement des structures en aluminium financièrement intéressant pose rarement un problème. L'argument de la sécurité semble donc avoir peu de valeur. Les obstacles au démantèlement concernent davantage les investissements en temps et les incitations financières. (Christis, M. & al. ,2013).

Synthèse

Après avoir développé les principaux freins au recyclage du verre, nous constatons que les différents points convergent tous vers une seule et même problématique qui est le tri du verre in-situ. Selon Slegers (2018), il est nécessaire, pour augmenter ce volume de recyclage, d'agir au niveau des entreprises de démolition.

Slegers et Leribaux considèrent tous les deux que pour faire changer les choses, la déconstruction sélective doit être imposée. *« Il faudrait au moins qu'on impose dans le permis de déconstruction qu'il y ait une déconstruction sélective obligatoire, et pas seulement dans les bâtiments publics mais également dans les bâtiments privés, y compris du verre »* (Slegers, 2018).

A son tour, Wintermans (2018) ajoute qu'il faut d'une part mettre en vigueur des lois appropriées exigeant une collection séparée (obligatoire) de verre plat, et d'autre part mettre en place un réseau de collecte. L'envoi de verre plat aux producteurs de verre plat nécessite par ailleurs une coopération accrue entre les collecteurs, les recycleurs et les fabricants de verre plat.

Le recyclage du verre de construction reste une problématique, pas parce que la filière de recyclage n'est pas rentable, mais parce que cela pose un problème en terme de main d'œuvre et de temps (Slegers, 2018). L'étude de DELOITTE sur le recyclage du verre de construction va dans le même sens et parle de la démolition comme « *un cas plus complexe* (par rapport à la rénovation) *qui nécessite de régler la problématique des coûts de démantèlement* » (DELOITTE, 2016).

Le démontage sélectif est effectivement gourmand en temps et en main d'œuvre contrairement à une démolition classique. Kampelmann (2018) pointe du doigt le fait que sur le planning d'un chantier, la phase de démolition sera toujours la plus courte possible.

Hypothèse

Sur base de tout ce qui a été développé plus tôt dans cette partie ainsi que dans les autres parties du travail, il ressort systématiquement que le nœud du problème se trouve in-situ, à la fin de vie de l'application dans laquelle se trouvait le verre. Pour recycler plus de verre, il

faut effectivement qu'il soit trié directement sur chantier afin d'assurer une matière première secondaire de bonne qualité. Dès lors, l'hypothèse que nous posons est que :

« Si on généralise le démontage sélectif, alors on augmentera la quantité de calcin recyclé dans la production d'une nouvelle feuille de verre ».

Définition

Le démontage sélectif d'installations techniques et de certains éléments d'ouvrage afin d'en augmenter le taux de valorisation. Les techniques de déconstruction des bâtiments peuvent en effet s'avérer plus performantes, plus simples et globalement moins coûteuses que la réalisation d'un tri complet après démolition traditionnelle dans un centre de tri adapté. Elles peuvent cependant n'être que partielles et complémenter un tri hors chantier. (Dictionnaire environnement, 2018)

Règlementation en vigueur

Cadre européen

Dans le cadre du circular economy package dont nous avons parlé dans la première partie du travail, la commission européenne travaille sur une série de mesures pour assurer une meilleure récupération des ressources précieuses et une gestion adéquate des déchets dans le secteur de la construction et de la démolition. Elle a également proposé dans la proposition législative révisée sur les déchets d'exiger un meilleur tri des déchets de construction et de démolition (CE, 2018).

Par ailleurs dans le protocole de EU Construction & Demolition Waste Management, publié en 2016, la démolition sélective est aussi un point qui est mis en évidence. *« les principaux flux de déchets, y compris les déchets inertes provenant des bâtiments ou des infrastructures civiles, devraient être traités séparément. Pour l'utilisation de matériaux recyclés dans des applications de haute qualité, une démolition plus sélective peut être nécessaire»* (CE, 09/2016).

Législation belge

En Belgique, le démontage sélectif est une affaire régionale. Les règles en vigueur ne sont donc pas les mêmes d'un bout à l'autre du pays. La région flamande est la plus avancée en la matière, elle a déjà rendu la collecte sélective à la source obligatoire pour les déchets industriels (VLAREMA art 4.3.2, 2 ° déchets de verre) et contraint l'entrepreneur à fournir un plan de démolition (VLAREMA art 4.3.3) dans le cadre d'un permis environnemental pour bâtiments non résidentiels de volume> 1000 m³ et bâtiments résidentiels> 5000 m³ (les maisons unifamiliales sont exclues).

Dans la région de Bruxelles, les déchets provenant des sites de construction et de démolition ne sont pas soumis à l'obligation de collecte sélective, à l'exception des déchets dangereux (Brudalex art. 3.7.1). Pareil pour la région wallonne qui n'oblige le tri du verre que dans le cadre des emballages (AGW obligation de tri, art.2 8). La démolition sélective n'est pas non plus d'application dans la législation wallonne. « A un moment donné, on a voulu parler du tri du verre plat mais on s'est heurté à la confédération de la construction wallonne qui trouve le démontage sélectif beaucoup trop cher » (Slegers, 2018).

Discussion

Dans le cadre de différents workshops réalisés au parlement européen sur le thème des déchets de construction, auquel nous avons eu l'opportunité de participer, la discussion s'est orientée vers des actions concrètes à mettre en place afin de faciliter la circularisation de l'usage des matériaux de construction dont le verre.

Le premier axe abordé fut celui relatif à la création d'un marché suffisamment important pour les déchets de construction, ou comme nous les avons appelé, les matériaux de construction secondaires. Un problème aujourd'hui est effectivement lié à des volumes trop faibles de ces matériaux secondaire pour avoir une filière porteuse. Dans le cas où le démontage sélectif est rendu obligatoire en Europe, cela aurait pour conséquence d'augmenter les volumes et générer des flux de matériaux triés dont l'état pourrait éventuellement permettre une réutilisation.

Pour assurer le bon fonctionnement de ce marché, différentes actions doivent être prises : tout d'abord, de nouveaux acteurs devraient intervenir pour le démontage sélectif efficace des matériaux. Effectivement, comme Kampelmann (2018) en témoignait, pour assurer le bon déroulement du démontage, il est nécessaire de savoir comment les matériaux ont été montés. Les techniques du bâtiment étant en constante évolution, un même châssis ne sera pas placé de la même manière aujourd'hui que demain. Il est dès lors impératif de recourir à des experts guidant les démonteurs sur chantier dans la manière de procéder.

Le transport adapté et éventuellement le stockage de ces matériaux de construction est également un point central. L'aspect logistique hautement complexe de la collecte des matériaux secondaires requiert que des experts et les différentes parties prenantes travaillent ensemble pour parvenir à un modèle viable.

Autre type de transport à prévoir, celui des informations relatives aux produits. Non moins important, il s'agit de connaitre la composition d'un produit que l'on récupère afin de le recycler ou réutiliser dans les meilleurs conditions, sans perte de qualité et sans risque de contamination ou intoxication quelconque. Pour ce faire, il existe maintenant des HPD ou « health product declaration » qui contiennent toutes les informations nécessaires. Des différentes pistes, on retient l'idée notamment proposée dans le cadre de BAMB2020 présentant la mise en place d'une plateforme où toutes les informations relatives aux matériaux dont est constitué un bâtiment, seraient stockées et accessibles.

Un deuxième axe abordé était lié à la création de nouveaux business modèles tels que celui de ROTOR permettant de fermer la boucle sur les matériaux de construction secondaires.

Rotor Asbl est un collectif bruxellois de chercheurs, concepteurs et entrepreneurs qui investiguent sur les flux et le réemploi de matériaux dans l'industrie et la construction. L'association gère en outre la conception et la réalisation de projets de design et d'aménagement intérieur à partir de déchets de construction recyclés par « Rotor Déconstruction ». (Bruxelles environnement, 2018)

Rotor Déconstruction est actif dans la récupération de matériaux. Ils font le lien entre les offrant et les demandeurs via une plateforme appelée Opalis, sorte de 2ième Main des matériaux de construction. Dans le cadre de ses activités, l'entreprise estime la réutilisabilité ou recyclabilité d'un matériaux. *« La réutilisation et le recyclage sont complémentaires. Il ne s'agit pas de forcer la réutilisation, car ce n'est pas toujours pertinent, mais de choisir la meilleure piste circulairelons toujours »* (Ghyoot, 2018). Dans son évaluation, ROTOR DC ne tient pas uniquement compte de l'état du matériau mais aussi de sa valeur économique qui permet ou non, l'une ou l'autre piste circulaire.

Il y a donc bel et bien des nouveaux métiers et des entreprises à créer autour de la problématique de ce travail permettant de générer des gains environnementaux et de la valeur économique. Valeur pour qui cependant ? Car quoi qu'il arrive, le démontage sélectif engendre un coût supplémentaire qui doit être assumé par une des parties.

Dans le cas d'une réutilisation pure d'un matériau comme le double-vitrage, il parait envisageable de faire payer à l'acquéreur le service de démontage, stockage et transport. Le prix payé pour le matériau secondaire correspond dès lors à toutes les activités nécessaires pour le transférer d'un bâtiment vers un autre. La condition d'existence est la suivante : le coût du transfert ne peut atteindre le prix du matériau à neuf, dans quel cas il ne serait alors plus intéressant pour l'acquéreur de récupérer un matériau plutôt que de l'acheter

Dans le cas du recyclage, c'est plus complexe car si pareille stratégie peut être appliquée, la condition d'existence sera rarement remplie. Effectivement, un matériau réutilisé garde la valeur qui a été ajoutée par l'entreprise qui a transformé 1 ou plusieurs matières premières en produit fini. Dans le cas du recyclage, cette valeur ajoutée est perdue et la valeur du matériau récupéré équivaut à la valeur marchande des matières premières dont il est composé moins le coût de traitement nécessaire pour réintégrer le matériau dans un nouveau cycle de production (transport inclus). La valeur du matériau devient donc rapidement nulle voire négative.

Dans le cas du verre, nous avons vu plus haut que le prix moyen d'1m² de double-vitrage est de 90€. Par ailleurs, les estimations sur le prix maximum que les fabricants de verre plat et creux de l'UE peuvent payer pour le calcin varient entre 50 et 80 € / tonne (Deloitte, 2016). Soit 1 à 1,6€ pour un m² de double-vitrage en supposant que 100% du verre est récupéré.

En ce qui concerne les coûts du recyclage, ceux-ci dépendent de l'origine du verre, et de la filière vers laquelle il sera envoyé. Les exigences de qualité du calcin pour le secteur du verre plat sont plus élevées que pour le verre creux, mais il est actuellement impossible de différencier les coûts de traitement respectifs associés à ces normes de qualité supérieure (Deloitte, 2016). D'après les données récupérées, le cout moyen total encouru pour la collecte, le stockage, le transport et le traitement s'élève à 147€ / tonne de verre. Il est également estimé que les coûts de traitement représentent 50% de ce total. 40% à 50% sont alloués aux couts de transport.

Les coûts de traitement varient selon que le verre arrive au centre de traitement dans son cadre ou non. Si les vitres ont été séparées des cadres directement sur les chantiers de rénovation / démolition, on estime que la préparation du calcin par les centres verriers coûterait entre 30 et 50 € / tonne de verre. Si le vitrage arrive dans les centres de traitement dans son cadre, le coût de la préparation du calcin comprend alors le coût de la séparation des vitres (manuellement ou automatiquement), et les coûts de préparation du calcin varient dès lors entre 55 et 75 € / tonne de verre.

Notons encore que lorsque le verre plat n'est pas recyclé, il coûte environ 80 € / tonne pour l'enfouissement, sans prendre en compte le coût du transport (Deloitte, 2016).

Dans le scénario où le démontage sélectif est obligatoire, l'offreur de verre (ou une autre partie prenante devra donc supporter les coûts du recyclage. Effectivement, comme nous venons de le voir, des estimations réalistes du prix du calcin montrent qu'au sein de l'UE, le revenu tiré de la vente de ce dernier est, en théorie, insuffisant pour couvrir les coûts de collecte et de traitement. La différence est particulièrement élevée lorsque les déchets de verre proviennent de grandes rénovations ou de sites de démolition. Ces derniers

représentent près de 50% des déchets de verre de bâtiments postconsommation (Deloitte, 2016).

(In)Validation de l'hypothèse

Mettre en place le démontage sélectif comme pratique généralisée dans le secteur de la construction est un véritable levier pour la création d'un marché des « déchets » de construction et la création de nouveaux modèles économiques. Cela permettrait d'amorcer de nouvelles pratiques circulaires dans le secteur de la construction. Nous pensons pouvoir affirmer que les flux de verre plat collectés deviendraient plus abondants et de meilleure qualité, ce qui permettrait d'ailleurs d'entrevoir dans certains cas une réutilisation pure et simple.

Cependant, si le démontage sélectif nous parait être une condition suffisante pour parvenir à assurer un approvisionnement en matière première secondaire, elle n'est que nécessaire pour assurer l'intégration de plus de calcin dans la production d'une nouvelle feuille de verre. Effectivement, le calcin qui peut aussi bien être utilisé dans la production de laine de verre, de verre d'emballage et de verre plat, doit atteindre un niveau de qualité plus important pour cette dernière filière engendrant ainsi des coûts de traitement supplémentaires (Christis, M. & al. ,2013).

Wintermans(2018) explique à son tour que les spécifications quant à la contamination maximale autorisée dans la matière première secondaire qu'ils fabriquent est similaire pour les filières du verre d'emballage et de laine de verre. Pour la production de verre plat, ces spécifications sont plus exigeantes. Dès lors, il n'y a pratiquement pas de verre recyclé retournant vers la production de verre plat.

Pour conclure, le démontage sélectif parait être une démarche pertinente vis-à-vis des enjeux du secteur de la construction. Dans le cas du verre, cette pratique permettrait de collecter davantage de calcin de bonne qualité qui serait alors recyclé en un nouveau produit verrier permettant d'épargner des matières premières, de l'énergie et des émissions CO_2 quel que soit le secteur vers lequel le calcin est renvoyé.

Si on veut sécuriser le retour du calcin vers le secteur du verre de construction, alors d'autres actions devront être prises en plus du démontage sélectif. On pense notamment à l'instauration d'un réseau de collecte et de traitement distinct.

Conclusion générale

Dans le cadre de ce travail, nous avons largement abordé la thématique des déchets de construction avec une attention particulière sur la fraction verre. Très vite nous avons constaté que la demande croissante de matériaux de construction contribue à une pression sur nos ressources, une grande consommation d'énergie ainsi qu'un rejet important d'émissions CO_2.

Repenser notre utilisation des matériaux serait sans doute une partie de la solution pour résoudre les 3 problématiques du secteur énoncées plus haut. Néanmoins, Différents obstacles surgissent directement lorsque l'on envisage le recyclage du verre. Dans notre étude approfondie du verre de construction, nous avons effectivement constaté que malgré l'intérêt évident de recycler le verre de construction pour les avantages économiques et environnementaux qu'il offre, le taux de recyclage du verre post-consumer est excessivement bas.

Il s'agit essentiellement d'une question de qualité. Le verre de construction est un matériau qui, à l'état de déchet, requiert une certaine qualité pour pouvoir être recyclé. Des questions financières, logistiques, organisationnelles sont également soulevées en ce qui concerne la collecte des matériaux (ou déchets).

Par ailleurs, il ressort que le secteur de la construction est dominé par des pratiques conservatrices et fonctionne selon les lois de notre modèle linéaire. Contribuant à une utilisation inefficace de nos ressources pour ne pas parler d'un gaspillage de matériaux de haute valeur autant économique qu'environnementale, ce modèle économique « Take-Make-Use-Dispose » est une fois encore le coupable désigné des pressions environnementales exercées par le secteur étudié.

Les modèles commerciaux et financements traditionnels que nous connaissons n'incitent pas non plus à revoir les pratiques. On pense notamment aux stratégies de vente qui ne

responsabilisent pas les entreprises productrices de matériaux une fois que ceux-ci ne sont plus leur propriété.

Certaines tendances sont tout de même discernées dans cet environnement traditionnel. On note une sensibilisation croissante à la durabilité et à l'économie circulaire, grâce à l'introduction des labels durables pour les bâtiments. Toutefois, les solutions de construction circulaires et réversibles restent aujourd'hui encore perçues comme trop chères par rapport aux solutions conventionnelles, optimisées depuis des décennies (Debacker, W. & al., 2017) et en symbiose avec l'économie linéaire.

Certains auteurs affirment dans leurs études que ré-envisager la gestion des différentes phases de vie d'un bâtiment permettrait de recycler/réutiliser davantage des matériaux de construction tout en assurant des gains économiques pour les différentes parties (Debacker, W., & al.). Ils prônent une gestion long terme et circulaire des ressources par les acteurs qui les produisent, les vendent et les mettent en œuvre. L'idée étant que l'entreprise qui vend un matériau soit également responsable de son recyclage.

Après avoir développé les principaux freins au recyclage du verre, nous constatons que les différents points convergent tous vers une seule et même problématique qui est le tri du verre in-situ. Slegers et Leribaux considèrent tous les deux que pour faire changer les choses, la déconstruction sélective doit être imposée. A son tour, Wintermans (2018) ajoute qu'il faut mettre en vigueur des lois appropriées exigeant une collecte séparée (obligatoire) du verre plat.

Le problème est que le démontage sélectif est gourmand en temps et en main d'œuvre. Kampelmann (2018) pointe du doigt le fait que sur le planning d'un chantier, la phase de démolition sera toujours la plus courte possible.

Par ailleurs, si le démontage sélectif permet d'assurer un approvisionnement en matière première secondaire, il n'assure pas le retour du calcin vers le secteur du verre plat. Effectivement, le calcin étant aussi bien utilisable dans la production de laine de verre, de verre d'emballage que de verre plat, il doit cependant souscrire à des exigences plus

importantes, notamment en terme de qualité pour être réintégré dans la production de verre plat. Cela engendre inévitablement des coûts supplémentaires que quelqu'un devrait prendre à sa charge.

Au terme de ce travail, nous jugeons qu'envisager une vente de verre de construction basée sur le modèle de l'économie de la fonctionnalité permettrait de changer la donne et de rendre les pratiques circulaires économiquement intéressantes. Privilégiant l'usage à la possession, l'économie fonctionnelle tend à vendre les services liés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes. Comme nous l'avons vu, lorsqu'une entreprise développe un business model fonctionnel, elle tend à rester propriétaire du bien qu'elle met à disposition. Les gains sont alors générés par l'usage du bien.

D'après les données récupérées, le prix moyen d'un double-vitrage revient actuellement à 90€/m². Ce prix intègre uniquement les couts de production et la marge de l'entreprise. D'après les données récupérées, le cout moyen total encouru en fin de vie du produit pour la collecte, le stockage, le transport et le traitement s'élève à 2,94€/m² de double vitrage[20]. De manière à sécuriser le retour de son verre plat vers les sites de production, un des acteurs de la chaine devrait prendre ce coût à sa charge.

Dans la mesure où le but est de rester propriétaire de son verre, l'entreprise pourrait entrevoir une location de son produit, donc substituée à une vente sèche. Le calcul du prix de la location intègrerait alors l'ensemble des coûts générés tout au long du cycle de vie du produit.

Ce type de stratégie commerciale ouvre le champ des possibles. Effectivement, l'économie de la fonctionnalité change les intérêts du producteur, notamment en terme de durée de vie et de notion de recyclabilité du produit. Les gains ne sont plus automatiquement générés sur la production du bien lui-même mais plutôt sur le service lié à ce dernier.

[20] Un m² de double vitrage est généralement composé de 2 feuilles de verre de 4mm. Chaque feuille pèse un poids de 10kg. Sachant que le coût total équivaut à 147€ la tonne de verre : (147/1000)*20=2,94

Entrevoir un avenir où les producteurs de verre organiseraient une structure permettant de fermer la boucle du cycle de vie du produit sur base d'un contrat de leasing permettrait potentiellement de récupérer la casi-totalité du verre produit limitant ainsi la pression sur les ressources, et diminuant les volumes de déchets, d'énergie consommée et par conséquent, les rejets de CO_2.

Bibliographie

- Aurez, V., & Georgeault, L. (2016). Économie circulaire: système économique et finitude des ressources. De Boeck supérieur.
- BAMB2020. (2018). About BAMB2020. Site internet de BAMB2020. Récupéré le 3 février 2018 de http://www.bamb2020.eu/about-bamb/
- Bosch-Sijtsema, P., & Buser, M. (2017, September). CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE MANAGEMENT ON THE BUILDING SITE: A. In Proceeding of the 33rd Annual ARCOM Conference (Vol. 4, p. 6).
- BREEAM. (2018). *What is Breeam ?.* Site internet de Breeam. Récupéré le 2/01/2018 de https://www.breeam.com/
- Build Up (16 juin 2017). *Introducing Level(s): a common language for sustainable buildings*. Récupéré le 30/04/2018 de http://www.buildup.eu/en/news/introducing-levels-common-language-sustainable-buildings-0
- CEN. CEN/TC 350 Sustainability of for construction work. Executive summary; 2005 [web page], http://www.cenorm.be/nr/cen/doc/ ExecutivePDF/481830.pdf. Accessed Dec 2006.
- CEREN (Centre of Studies and Economic Research on Energy). (2013). *Les données statistiques du CEREN.* Récupéré le 18 novembre 2017 de https://www.ceren.fr/publications/
- Christis, M., de Romph, T., Dubois, M., Happaerts, S., Hoogmartens, R., Huysman, S., ... & Van Acker, K. (2013). Duurzaam beheer van vlakglas in de bouw. Een stand van zaken.
- Cleary, J., 2009. Life cycle assessments of municipal solid waste management systems: a comparative analysis of selected peer-reviewed literature. Environ. Int. 35, 1256e1266. http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.009.
- Commission européenne. (09/2016). EU Construction & Demolition Waste Management Protocol. Récupéré le 15/05/2018 de file:///C:/Users/G5762655/Downloads/Protocol%20Ares(2016)5840668-101016.pdf
- Commission Européenne. (2017). *Construction and démolition waste*. Récupéré le 4 novembre 2017 de http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm
- Commission européenne. (2017). LEVEL(S) Building sustainability performance. Récupéré le 14 avril 2018 de http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm
- Commission européenne. (2018). Growth. Récupéré le 15/05/2018 de http://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en
- Consoglobe. (27 Décembre 2016). *Le sable, une resource en voie de disparition*. Récupéré le 27 novembre 2017 de https://www.consoglobe.com/le-sable-une-ressource-en-voie-de-disparition-cg

- Council, E. P. A. (2010). Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May, 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union, 13-35.
- Cradle to Cradle certified. (2018). Product certification. Récupéré le 30/04/2018 de https://www.c2ccertified.org/get-certified/product-certification
- De Temmerman, Y. (2015). *Economie circulaire, compétitivité?* (Mémoire de Master). Louvain School of Management, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.
- De Wolf-Cambier B. (22 juin 2017). L'immeuble HD54 fait peau neuve. Le Soir Plus. P6
- Debacker, W., Manshoven, S., Peters, M., Ribeiro, A., & De Weerdt, Y. (2017). Circular economy and design for change within the built environment: preparing the transition.
- Deloitte. (Avril 2016). *Economic study on recycling of building glass in Europe*. Récupéré le 18 avril 2017 de http://www.glassforeurope.com/images/cont/187_20647_file.pdf
- Dictionnaire environnement (2018). Démontage sélectif. Récupéré le 28/04/2018 de https://www.dictionnaire-environnement.com/deconstruction_selective_ID926.html
- EC, 2008. DIRECTIVE 2008/98/EC of the EUROPEAN PARLIAMENT and of the COUNCIL of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives 312, pp. 3e30.
- EC. (2011). Roadmap to a Resource Efficient Europe - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM(2011) 571 Final. European commission
- Eco-business. (11 septembre 2017). *The world is facing a global sand crisis*. Récupéré le 27 novembre 2017 de http://www.eco-business.com/opinion/the-world-is-facing-a-global-sand-crisis/
- EEA. (2012). Material Resources and Waste - 2012 Update. European Environment
- Ekvall, T., 2000. A market-based approach to allocation at open-loop recycling. Resour. Conserv. Recycl 29, 91e109.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). Economie circulaire. Ellen MacAthur Foundation. Récupéré le 28 novembre 2017 de http://www.ellenmacarthurfoundation.org/fr/economie-circulaire/concept.
- Eurostat (2008), *NACE Rev. 2 Statistical classification of economic activities in the European Community*, Office for Official Publications of the European communities, Luxembourg.
- Eurostat, (2017). Waste. Récupéré le 11 novembre 2017 de http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste
- Eurostat. (2014). *Waste generation by economic activities*. Récupéré le 17/05/2018 de http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Waste_generation_by_economic_activities_and_households,_2014-1.png

- FEVE european container glass federation. (14 Septembre 2015). Press release. Récupéré le 29 novembre 2017 de http://feve.org/wp-content/uploads/2016/04/Press-Release-EU.pdf
- FEVE: European Container Glass Federation (Federation Europeenne du Verre d'Emballage), 2016. Brussels, Belgium, /www.feve.org.
- Finnveden, G., Johansson, J., Lind, P., Moberg, Å., 2005. Life cycle assessment of energy from solid wastedpart 1: general methodology and results. J. Clean. Prod. 13, 213e229. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.023.
- Fostplus. (2018). Recycler le verre. Site internet de Fostplus. Récupéré le 4 janvier 2018 de https://www.fostplus.be/fr/trier-recycler/tout-sur-le-recyclage/recycler-le-verre
- GELDRON, A. (2013). Economie circulaire: notions. *Angers, ADEME*.
- Gertsakis, J., & Lewis, H. (2003). Sustainability and the waste management hierarchy. Retrieved on January, 30, 2008.
- Ghyoot, M. (2018). Rotor. Bruxelles.
- Glass for Europe. (2016). *Circular Economy*. Récupéré le 4 novembre 2017 de http://www.glassforeurope.com/en/issues/recycling-of-glass-products.php
- GODART, M-f. (2016). *Cycles écologiques et biogéochimiques*. ULB. Syllabus.
- Grace M. (2000) BREEAM - a practical method for assessing the sustainability of buildings for the new millennium. In proceedings of the Sustainable Building Conference 2000, Maastricht, the Netherlands.
- Green Building Council. (2016).
- Gyproc (2018). Recyclage. Récupéré le 30/04/2018 de http://www.gyproc.be/infinito/fr
- Haapio, A., & Viitaniemi, P. (2008). A critical review of building environmental assessment tools. Environmental impact assessment review, 28(7), 469-482.
- Hendriks, C. F., & Janssen, G. M. T. (2003). Use of recycled materials in constructions. Materials and Structures, 36(9), 604-608.
- Hinterberger, F., Luks, F., Schmidt-Bleek, F., 1997. Material flows vs. natural capital': what makes an economy sustainable? Ecol. Econ. 1e14.
- Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., & Kennedy, C. (2013). Environment: Waste production must peak this century. Nature, 502(7473), 615.
- Hultman, J., Corvellec, H., 2012. The European Waste Hierarchy: from the sociomateriality of waste to a politics of consumption. Environ. Planning-Part A 44, 2413e2427. http://dx.doi.org/10.1068/a44668
- IEA IEE, 2007. International Energy Agency (2007). Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions. Report of the International Energy Agency in support of the G8 Plan of Action, OECD/IEA, Paris.
- IKEA. (2017). Circular economy. Site internet de IKEA Belgique. Récupéré le 3/01/2018 de http://www.ikea.com/ms/fr_BE/this-is-ikea/people-and-planet/circular-economy/index.html#recycling

- ISO. ISO/TS 21929-1:2006(E). Sustainability in building construction – sustainability indicators – Part 1: framework for development of indicators for buildings. Geneva: ISO; 2006a.
- ISO. ISO/TS 21931-1:2006(E). Sustainability in building construction – framework for methods of assessment for environmental performance of construction works – Part 1: Buildings. Geneva: ISO; 2006b.
- JRC-IPTS (2011), *End-of-Waste criteria for glass cullet: technical proposals*, Joint Research Centre/European Commission, EUR 25220 EN, 124 p., http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/111111111/25450.
- Khasreen, M., Banfill, P.F., Menzies, G., 2009. Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. Sustainability 1, 674e701.
- Klöpffer, W. (1997). Life cycle assessment. Environmental Science and Pollution Research, 4(4), 223-228.
- Le Moigne, R. (2014). *L'économie circulaire.*Paris: Editions Dunod.
- Lyle, John T. (1994). *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York: Editions Wiley.
- Ministère de la transition écologique et solidaire. (2017). Le recyclage du verre plat, un engagement pour la croissance verte. Récupéré le 3 février 2018 de https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/recyclage-du-verre-plat-engagement-croissance-verte
- Mohajerani, A., Vajna, J., Cheung, T. H. H., Kurmus, H., Arulrajah, A., & Horpibulsuk, S. (2017). Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review. *Construction and Building Materials*, *156*, 443-467.
- Myriam, P. (2001). ADEME L'éco-conception.
- Nicolas Buclet. *Concevoir une nouvelle relation à la consommation : l'économie de fonctionnalité.* Annales des mines - Responsabilité et environnement , Eska, 2005, pp.57-66.
- OSMOS. (2018). Project Light-farm. Récupéré le 08/01/2018 de http://osmosnetwork.com/light-farm/
- Pahlevani, F., & Sahajwalla, V. (2018). From waste glass to building materials–an innovative sustainable solution for waste glass. Journal of Cleaner Production.
- Paprec group. (25 février 2013). *PAPREC GROUP, LE GROUPE LAPEYRE ET SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE CRÉENT UN PARTENARIAT VERTUEUX*. Récupéré le 19 novembre 2017 de https://www.paprec.com/fr/actualite/paprec-group-groupe-lapeyre-saint-gobain-glass-france-creent-partenariat-vertueux
- POMPONI, F. (Novembre 2017). *So much for COP23 – there's a whole class of carbon emissions we're totally ignoring*. Eco-business. Récupéré le 23 novembre 2011 de http://www.eco-business.com/opinion/so-much-for-cop23-theres-a-whole-class-of-carbon-emissions-were-totally-ignoring/

- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2016). Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment–What does the evidence say?. Journal of environmental management, 181, 687-700.
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Scrutinising embodied carbon in buildings: The next performance gap made manifest. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environment international, 30(5), 701-720.
- RTBF (2012). Bruxelles, le standard passif sera la norme des 2015. Récupéré le 3/02/18 de https://www.rtbf.be/info/regions/detail_bruxelles-le-standard-passif-sera-la-norme-des-2015?id=7860899
- Saint-Gobain (15 septembre 2016) EPD Environmental product declaration SGG PLANICLEAR. Récupéré le 19/05/2018 de http://fr.glassolutions.be/fr-be/produits/planiclear-verre-float-clair
- Saint-Gobain document interne
- Schall, J., (1992), Does the Solid Waste management Hierarchy Make Sense? A Technical, Economic and Environmental Justification for the Priority of Source Reduction and Recycling.
- Schmitz, A., Kamiński, J., Scalet, B. M., & Soria, A. (2011). Energy consumption and CO 2 emissions of the European glass industry. Energy Policy, 39(1), 142-155.
- Sempels C. et Hoffmann J., 2012, Les business models du futur, Ed Pearson France
- Sezer, A A. (2015) Building refurbishment site managers' waste management practices. CIB Joint International Symposium Going North for Sustainability, 23 - 25 November. London South Bank University, 555-565.
- Staatscourant (2013), Wet milieubeheer kennisgeving van het algemeen verbindend verklaren van de Overeenkomst inzake de verwijderingsbijdrage voor vlakglas, Agentschap NL, 242, 10 januari, 10 p.
- Sturgis, S., & Roberts, G. (2010). Redefining zero: Carbon profiling as a solution to whole life carbon emission measurement in buildings. RICS research, Royal Institute of Chartered Surveyors, London.
- Sung, K. (2015). A review on upcycling: current body of literature, knowledge gaps and a way forward.
- Test-Aankoop (2011), Studie Glas en schrijnwerk. Thermische isolatie cruciaal voor uw keuze, 551, http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/milieuvriendelijke/TA_glasschrijnwerk_0311.df.
- Torres, A., Brandt, J., Lear, K., & Liu, J. (2017). A looming tragedy of the sand commons. Science, 357(6355), 970-971.
- Torres, A., Brandt, J., Lear, K., & Liu, J. (2017). A looming tragedy of the sand commons. Science, 357(6355), 970-971.

- UNFCCC. (6 avril 2017). Les producteurs européens d'énergie s'engagent à ne construire aucune nouvelle centrale à charbon après 2020. Récupéré le 30/04/18 de https://unfccc.int/fr/news/annonce-des-producteurs-europeens-denergie.
- USGBC (2018). how LEED works. Récupéré le 5/05/2018 de https://new.usgbc.org/leed#how-leed-works
- Van Ewijk, S., & Stegemann, J. A. (2016). Limitations of the waste hierarchy for achieving absolute reductions in material throughput. Journal of Cleaner Production, 132, 122-128.
- Van Niel, Johan. (2014*). L'économie de fonctionnalité : principes, éléments de terminologie et proposition de typologie. Développement durable et territoires*, vol. 5.
- VGI, Verbond van de glasindustrie (2012a), *Cijfers 2011*, http://www.vgifiv.be/nl/categorie_publication/statistieken/.
- Vinson J. (novembre 2017). Interview avec Julie Vinson, sustainability manager de Saint-Gobain Glass. Tourotte, France.

Annexes

Annexe 1.1 Kampelmann Stephan

Objectif

- Obtenir davantage d'informations concernant le projet circulaire relatif à la rénovation du bâtiment HD54.
- Comprendre sa naissance, sa réalisation et son aboutissement.
- Effectuer une première évaluation de la pertinence du projet dans le cadre de ce travail.

Entretien réalisé le 6/01/2018 à Anderlecht

Type d'entretien : semi-directif

Interviewé : Stephan Kampelmann – Chercheur à la faculté d'architecture de l'ULB – stephan.kampelmann@ulb.ac.be

Guide de l'entretien

Rubrique	Thème	Relance
Projet HD54	L'initiation	1) Comment avez-vous été amené à travailler sur le projet HD54 ? 2) Comment est venue cette idée ?
	La mise en œuvre	3) Comment cela a-t'il fonctionné concrètement ? 4) Quelles ont été les principales contraintes ?
	Les résultats	5) Analyse cout : est-ce intéressant ? Comment mesurez-vous ce résultat ? 6) Avez-vous effectué un bilan carbone ? Quels sont les résultats ? 7) Modèle unique ou réutilisable ?

Compte-rendu

- Bonjour, c'est Guillaume Denis, je vous appelle concernant le projet HD54
- Ah oui bonjour Guillaume
- Voilà, comme je vous l'avais dit dans mon mail, je suis en train d'écrire mon mémoire sur le recyclage du verre. En faisant mes recherches, je suis rapidement tombé sur le projet HD54 et je me demandais si vous pourriez m'en dire plus. Comment cela a-t-il démarré ?
- En fait, je travaille avec différentes organisations qui s'occupent d'enjeux d'écologie urbaine. A l'époque on a rénové des locaux à Bruxelles avec du verre récupéré sur des chantiers. A l'époque on avait fait ça avec deux ou trois verres. Au début de l'année passée, j'avais le projet de construire une serre sur le plan privé en tant que projet expérimental. Cette serre serait à la fois horticole mais aurait aussi une fonction d'habitat. C'est à partir des années 70 que les Scandinaves ont commencé à utiliser des serres industrielles ou neuves en double vitrage pour réaliser des habitations. Cela a plusieurs avantages, notamment thermiques. On a aussi de plus grands espaces pour un même budget.
- Parce que c'est un bâtiment industriel ?
- Non, parce que il y a moins de couches sur l'enveloppe du bâtiment. On crée une distance entre la couche d'étanchéité et la couche isolante. Cette séparation crée l'espace pour un jardin d'hiver et autres activités faisables autour de la maison. Nous on avait le projet de réaliser ce style de bâtiments mais on a vite été confronté au cout du verre neuf. Surtout si on veut travailler avec des matières nobles pour garantir la performance énergétique et la durabilité. On s'est donc dit, soit on trouve plus d'argent, soit on le fait pas. Puis, je me suis rappelé de ce mouvement qu'on avait fait avec les organisations d'écologie urbaine et j'ai essayé de trouver des matériaux de seconde main qui pourraient servir à notre projet. Moi je travaille à la faculté d'architecture de l'ULB et je parlais avec mon collègue Michal Ghyoot qui est fondateur de Rotor.
- Ah oui j'ai pris contact avec lui pour avoir leur rapport mais j'ai trouvé peu d'informations sur le verre
- Oui effectivement, il se concentre sur des produits qui existent sur le marché de la seconde main mais par contre ils voient beaucoup de projets de démolition passer et du coup accès à du double vitrage à récupérer. Je leur ai donc demandé s'il n'y avait pas un projet ou je pourrais trouver du verre à des dimensions standards. Ils m'ont mis en contact avec Architesassoc qui travaille sur la rénovation à Herman Debroux. Pour eux c'était intéressant car cela réduit leur cout et ils peuvent se vanter de l'aspect durable de l'initiative.

- J'ai lu que c'était pour un projet de serre en Pologne ? ..
- Oui c'est ça, ma femme est polonaise
- Ok génial. Rotor s'occupe donc de récupérer des matériaux ?
- C'est pas tellement des matériaux mais plus des objets comme le chauffage, des chaises etc. Uniquement à partir du moment où les produits sont à haute valeur ajoutée. Des objets un peu vintages qu'ils arrivent à vendre à un prix plus élevé.
- Ok, et ils vendent cela à qui ?
- Un peu tout le monde, des entrepreneurs des particuliers etc. Le bar du matin et le Belga sont des exemple d'endroits oùl'équipement vient de Rotor.
- Ah ok donc ils font du mobilier ?
- Oui c'est ca.
- Ok, alors je vais reprendre contact avec eux.
- Oui c'est une très bonne idée. Il est expert sur la réutilisation des matériaux. Moi, je travaille aussi sur cela au plan universitaire au niveau de l'économie circulaire mais pour les questions du verre, j'ai vraiment essayé de le faire, de passer à l'action et voir ce que je pouvais faire pour parvenir à mon projet. C'était pas spécialement évident au niveau logistique et au niveau des différentes parties prenantes à concerter. Le transport, le paletage, l'entrepreneur. Personne ne savait comment faire car c'était nouveau pour tout le monde mais c'était une chouette expérience car tout s'est bien déroulé
- Que ce serait-il passé si vous n'aviez pas repris le verre ? Il aurait été mis en conteneur ?
- Oui, c'est ça. Ils vont le recycler et puis on en fait des bouteilles etc
- Ah bon, on peut faire ça ? J'ai envoyé un mail a Fostplus pour mieux comprendre cela car on voit que les taux de recyclage ne sont pas les mêmes pour le verre emballage et le verre float. Je voulais donc savoir si un type de verre pouvait passé d'une filière à l'autre. C'est possible ?
- Moi, je sais pas comment ça marche en terme d'utilisation mais il peut y avoir des verres qui ne sont pas triés et puis ça passe a une entreprise de gestion de déchets mais dans la plupart des cas il y a un conteneur spécifique pour le verre qui a un prix différent par rapport à d'autres types de déchets de construction. J'ai vu ça chez Shanks et je suppose qu'après, ils en font quelque chose. Donc, je sais pas s'ils font des bouteilles avec ou autre chose.
- Oui pour le moment j'ai lu que ça terminait généralement dans la fabrication des routes
- Oui, c'est ça.
- Vous avez d'ailleurs un contact avec Shanks ?
- Non, je suis juste allé la bas à titre privé, je n'ai pas travaillé avec eux. Nous par contre on veut privilégier la réutilisation au recyclage car c'est en fait du downcycling ou beaucoup d'énergie est utilisée pour faire un produit de moindre qualité alors que

ce sont souvent des produits qui peuvent être réutilisés tels quels si on modifie les plans.

- L'idée de mon projet est de partir sur deux possibilités : la réutilisation et le recyclage pour après voir quelle est la piste à privilégier.
- La question pour moi c'est toujours un peu théorique de savoir dans un idéal comment on pourrait le faire car même si c'est théoriquement mieux ce n'est pas toujours faisable par manque d'acteurs de modèles économiques etc.
- Ça pourrait être généralisé cela ? si on met une plateforme sur pied par exemple ?
- Oui, je pense que c'est tout à fait envisageable pour les matériaux à haute valeur ajouté
- Quels sont pour vous les freins à cela ?
- C'est une question d'habitude. Quand je suis arrivé sur le projet HD, on m'a pris pour un fou car on n'a jamais fait ça. Ce n'est pas dans les pratiques. Il y a donc plein de solutions à inventer.
- Vous me parliez tout à l'heure des contraintes auxquelles vous aviez fait face, pouvez-vous m'en dire plus ?
- Oui, l'enjeu central c'est toujours le timing, la démolition est une étape qui doit être rapide. Moi j'avais mis plusieurs ouvriers sur le chantier pour démonter rapidement le vitrage. Il y avait maximum une semaine pour réaliser le démontage. Ils savent que la partie finition prend toujours plus de temps donc la démolition doit aller vite. J'ai dû donc être rapide, organiser le démontage du verre, me mettre d'accord avec l'entreprise générale alors que je n'avais pas encore l'accord pour avoir le vitrage.
- Ah ok, donc tu as du t'organiser alors que tu n'étais pas sûr d'obtenir le vitrage ?!
- Oui c'est ça, et alors une fois qu'on à l'accord, ça doit être pour demain. Donc pour pouvoir faire ça il faut des accords plus en amont pour être certain que on va le faire et qu'on peut s'investir dans le projet. Moi, j'avais pris 3 grands semi-remorques, je devais voir comment on organisait ça sur les palettes et puis ce qu'on faisait au niveau logistique.
- Au niveau logistique qui s'est occupé de cela, qui a bien voulu prendre le risque ?
- Je suis passé par une entreprise de transport polonais que je connaissais via des amis là-bas. Pour la responsabilité, il n'y a pas eu de problème du moment que cela passait la police allemande.
- Vous étiez donc aussi responsable de la démolition ?
- Oui j'étais responsable de la démolition du vitrage. Dans le cahier de charges pour l'entrepreneur, il y a eu un accord préalable avec le propriétaire et les architectes comme quoi l'entreprise de démolition ne s'occuperait pas du vitrage. J'avais un peu peur car c'était quand même un grand bâtiment.
- Ca a pris combien de temps de démonter le vitrage ?
- Ca a pris une semaine et puis un jour avec un lift pour le descendre. ½ journée pour le mettre sur le camion

- Combien d'hommes?
- Ils étaient 2 pour le démontage et 5 pour le descendre
- Ok et on parle de combien de m2 ?
- Plus ou moins 1000, en tout il y avait 730 vitres
- Au point de vue cout, si je comprends bien l'entrepreneur évite le cout de démolition.
- Oui, il a économisé une semaine de travail de 2 hommes
- Et pour vous, avez-vous fait le calcul ?
- Oui, pour moi ça restait plus intéressant, j'ai pas demandé de devis pour le prix du vitrage neuf mais je savais que ce serait de toute manière plus cher. Il me fallait un double vitrage avec teinte anti solaire : je comptais quand même 200.000€ alors qu'ici j'ai payé 10000€ pour démontage et transport.
- Ah oui effectivement, pour du double vitrage, ça fait pas grand-chose. Au niveau du bilan carbone, vous avez essayé de le calculer ?
- Non, je pense que de manière générale, le bilan carbone pour les rénovations c'est catastrophique car dans le cadre de HD54, le bâtiment fonctionnait bien c'était juste un peu vieillot. En ce qui me concerne, c'est comme pour le prix, avec de la réutilisation, on évite le carbone de la production.
- C'est évident qu'on évite la production et le recyclage, la seule chose c'est le transport.
- Oui, mais bon les 4 camions, c'est assez négligeable.
- Oui, effectivement
- Pour le reste, le projet devrait démarrer en mai, on a reçu une subvention de la communauté européenne. Maintenant, on aimerait quand même développer cette idée un peu plus. Cela fait l'objet de recherches avec OSMOS, spin-off de l'ULB. Pour le reste, c'est le travail avec les architectes qui est important. Car ce sont les architectes qui prennent les décisions concernant les matériaux. A noter qu'il y a souvent 2 (bureaux) d'architectes dans ce type de projets. Derrière ces bureaux, il y a aussi 2 maitres d'ouvrage. Il est donc indispensable de travailler ensemble. C'est un peu la réflexion qu'on a pour le moment car il y a beaucoup d'argent à gagner si on fait ça bien mais il manque encore des outils pour assurer cette coordination.
- Ok ? des outils comme quoi ?
- Il faut des acteurs qui assurent la coordination pour que tout le monde profite de ces démarches
- Il faudrait donc des project managers ?
- Je pense, mais il y a différentes manières d'organiser les choses. Il peut y avoir une entreprise intermédiaire, ça peut aussi être une extension du métier du corps de démolition.
- Ok, je propose que l'on reste en contact à ce sujet.
- Très bien, A bientôt alors.
- Oui, et merci pour toutes vos informations.

Annexe 1.2 Slegers Cédric

Objectif

- Obtenir davantage d'informations concernant la filière du recyclage des déchets de construction.
- Comprendre les forces et faiblesses.
- Evaluer l'intérêt du recyclage du verre issu de la construction.

Entretien réalisé le 10/01/2018 à Anderlecht

Type d'entretien : semi-directif

Interviewé : Cédric Slegers – Directeur adjoint de Go4Circle – cedric.slegers@go4circle.be

Guide de l'entretien

Rubrique	Thème	Relance
Le recyclage du verre de construction	Verre creux vs. Verre plat	1) Pourquoi les taux de recyclage des 2 types de verre sont-ils si différents ? 2) Quelles sont les actions à prendre pour augmenter le recyclage du verre plat?
	La mise en œuvre de la filière de recyclage	3) Comment cela fonctionne-t-il concrètement ? 4) Quelles sont les principales contraintes ?
	Les options	5) Peux-on envisager que la verre de construction soit réutilisé pour du verre creux ? 6) Quelle place pour la réutilisation ?

Compte-rendu de l'entretien

- Tout d'abord merci beaucoup d'avoir répondu à mon mail. Je vous réexplique un peu le contexte, j'ai décidé de réaliser mon mémoire sur le thème du recyclage des

matériaux de construction avec un focus sur le verre. Je vous contacte donc à ce sujet.

- Dans ce débat, c'est un problème essentiel effectivement. Durant des années, on s'est énormément occupé du verre creux avec des organismes comme Fost Plus. Le verre plat reste parent pauvre du recyclage. Or, on ne cesse d'utiliser de plus en plus de verre autant dans la construction que dans l'automobile. Le démontage sélectif reste un point essentiel que nous voudrions bien imposer mais clairement il y a un refus de la part des entreprises de déconstruction car ils trouvent que ça coute trop cher. Il y a actuellement un démontage sélectif quand c'est dans le cahier de charge pour des marchés publics mais pour le marché privé, rien n'est prévu. Actuellement on ne démonte sélectivement que les matériaux dangereux comme l'amiante. Le fait est que le verre ne pose pas de problème quand il se retrouve dans les gravas car c'est un matériaux inerte. Quand il se retrouve dans des gravas pour des sous-bassements de route par exemple, ça ne pose pas de problème physique. J'ai déjà essayé d'imposer ça mais on se heurte clairement à un surcout. Si vous voulez plus d'infos, ils avaient fait il y a quelques années une analyse de la présence de verre dans les gravats. En Flandre, on était à 25 à 30k tonnes.
- L'intérêt du démontage sélectif c'est pour qu'on puisse le recycler sans réaliser un downcycling.
- Oui effectivement, c'est l'avantage du verre, c'est une filière porteuse. C'est économiquement intéressant car on a vraiment intérêt à recycler du verre plutôt que du sable car la température de fusion est réduite. C'est une filière qui a toujours bien tourné. Les recycleurs de verre sont toujours un peu désespérés de voir le peu de réactivité par rapport à ce flux alors que économiquement ils pleurent pour avoir ce genre d'approche. Ce serait intéressant pour vous de mettre cela en perspective dans le cadre du package d'économie circulaire mis en place il y a quelques jours d'ailleurs et qui a quand même la volonté en matière de déchets de construction d'aller plus loin. C'est aussi intéressant dans le cadre du recyclage des châssis, De Keuning fait du recyclage du PVC, il recycle et démonte le PVC. J'ai aussi connu dans le Luxembourg des gens qui faisaient du démontage du châssis, soit, pour récupérer l'acier, soit, pour récupérer le PVC. Il y a quelques initiatives qui existent mais ça reste volontaire et pas imposé.
- Pour vous, que faudrait-il pour augmenter ce volume de recyclage ? Si je comprends bien, le problème se pose au niveau des entreprises de démolition, c'est ça ?
- Oui, oui, il y a deux ans, j'étais à Namur et la grue tapait dans les châssis, j'ai des photos d'ailleurs. Il faudrait au moins qu'on impose que dans le permis de déconstruction qu'il y ait une déconstruction sélective imposée, et pas seulement dans les bâtiments publics mais également dans les bâtiments privés, y compris du verre.
- On s'est toujours fort concentré sur le recyclage du verre creux autant en Flandre qu'en Wallonie. A un moment, on a voulu parler du verre tout court mais on s'est

heurté à la confédération de la construction wallonne qui a toujours dit « oh ça coute cher, si on commence à démonter sélectivement le verre, ça ne va pas .. ». Ça reste un problème non pas en terme de cout de la filière parce que la filière est rentable mais plutôt en terme de main d'œuvre..

- Et de temps aussi ?..
- Oui, c'est aussi le problème des entreprises, le temps, c'est de l'argent. Demander à des ouvriers de commencer à trier quand ils ont fini leur journée, eh bien, ça embête tout le monde.
- A l'inverse, le verre n'est-il pas un problème pour le recyclage étant donné qu'il se retrouve dans des applications où il y a des films plastiques ?
- Oui, on appelle cela des PVB. Le problème, c'est que, vous l'avez cité, le recyclage il y en a 2 types : l'up et le downcycling. Pour le verre, quand il se retrouve dans les routes c'est du downcycling, quand on le refond en verre, c'est de l'upcycling. Le PVB fait l'objet de beaucoup de réflexion au niveau européen. On cherche des applications Up plutôt que down. Le PVB c'est 1400€/tonne. Le PVB est séparable, c'est pas un problème mécanique, c'est donc un faux débat de dire que la présence de PVB rend difficile le recyclage. On sait le séparer, par contre, le PVB en tant que tel on cherche des nouvelles solutions.
- C'est donc pas un problème d'avoir du verre dans des applications plus complexes ?
- En tout cas la séparation PVB et du verre n'est pas un problème.
- Ok, d'accord. Vous connaissez des entreprises qui font le recyclage du verre ?
- Oui, envoyez-moi un mail et je vous donnerai des contacts.
- Oui, je veux bien merci. C'est à la commission européenne que cela se passe ? ?
- Non, c'est une fédération européenne qui s'appelle FERVER.
- Ok d'accord,.. Vous avez des contacts avec SHANKS ?
- C'est un de nos membres
- Ok, parce que j'aurais aimé les contacter et connaitre le trajet du verre une fois collecté. Je sais que dans certains cas, il y a des conteneurs séparés pour le verre mais est-ce qu'a terme cela part avec le reste ?
- Non, quand le verre est séparé, il est recyclé.
- Est-ce que ça retourne pour le verre plat ou éventuellement pour le verre creux ?
- Très bonne question, on me l'a dit mais je ne sais plus… en Belgique on est à 646K tonnes de verre recyclé dont 293K de verre plat mais le problème c'est qu'ils'agit du verre plat pré-consumer
- Des chutes de verres donc..
- Des chutes de verre, des gens qui font des châssis et qui découpent. BRUCO fait du recyclage du verre plat mais c'est rudimentaire, ils mettent les châssis dans un conteneur ou ils tapent le grappin pour que le verre casse et après il récupère les châssis.
- En Angleterre, ils ont développé un système plus élaboré une machine qui crush le verre.

- Vous devriez prendre contact avec Alexandre Albrecht, le patron de cire minérale, une usine du port d'Anvers qui a voulu via flottation récupérer les différentes fractions mais ça n'a jamais marché, ils ont donc reconstruit toute l'usine pour faire du verre creux.. On a aussi fait un travail pour la région bruxelloise sur le verre plat… La commission européenne a fait un travail il y a 2ans sur la gestion des déchets selon les principes de l'économie circulaire. Il y a 10 jours les différentes parties se sont enfin mises d'accord sur les différentes parties qu'il fallait modifier. Pour la région bruxelloises donc on avait fait un rapport pour les châssis. Je peux vous l'envoyer.
- Ok merci beaucoup !
- Il y a un système qui est pas mal et que vous devriez analyser ; c'est le VRN où là les producteurs paient 25 centimes par m2 vendu pour organiser la collecte sélective en aval. Ça n'a jamais été mis en place en Belgique. Aux Pays-Bas, il y a un soutien financier des verriers pour organiser la collecte et que le verre revienne en Usine.
- Ok, je me renseignerai… Toujours dans le cadre du démontage sélectif, ne pensez-vous pas que la réutilisation ait sa place car finalement certains matériaux démontés sont encore en parfait état ?..
- Oui, c'est le débat de la réutilisation vis-à-vis du recyclage mais de toute manière c'est clair que la réutilisation doit avoir lieu.
- Ok, merci beaucoup pour toutes vos informations en tout cas.

Annexe 1.3 Leribaux Sabine

Objectifs :

- Obtenir davantage d'informations concernant le projet circulaire relatif à la rénovation du bâtiment HD54.
- Comprendre le point de vue des architectes sur l'économie circulaire
- Effectuer une évaluation de la pertinence du projet dans le cadre de ce travail.

Entretien réalisé le 24/01/2018 à Uccle

Type d'entretien : semi-directif

Interviewé : Sabine Leribaux – Architecte chez ARCHITECTES ASSOC –sl@architectesassoc.be

Guide de l'entretien

Rubrique	Thème	Relance
Projet HD54	Economie circulaire	8) Comment avez-vous été amenée à travailler avec le concept de l'économie circulaire ? 9) Est-ce un modèle auquel le marché est réceptif ? 10) Est-ce votre manière de travailler ?
	Le projet	11) Comment cela a-t-il fonctionné concrètement ? 12) Quelles ont été les principales contraintes ? 13) Modèle unique ou réutilisable ?

Compte-rendu

- Depuis le départ, la demande d'AXA était de réaliser une rénovation de bureau. Au début, cela devait être une rénovation légère mais dès qu'on a compris la complication inhérente au plan, le projet était difficilement modifiable. C'est pour ça qu'aujourd'hui, on conçoit des bâtiments qui soient beaucoup plus flexibles et qui puissent changer facilement de fonction. Ce qui nous a frappé la première fois que nous avons visité ce bâtiment, c'est que tout était impeccable. On a tout de suite proposé à AXA de travailler avec Rotor mais Rotor n'avait à ce moment-là pas de

demande pour les matériaux que nous proposions. Rotor n'avait pas l'espace pour entreposer. On a eu du mal à trouver des demandeurs pour tous les matériaux que nous avions à disposition. Notamment le vitrage et la pierre bleue ..

- Ah même la pierre bleue ne suscitait pas d'intérêt ?
- Non, nous avons donc contacté Pauline qui travaillait avant pour nous et qui a maintenant ouvert son propre bureau où ils récupèrent beaucoup plus les matériaux. Pauline nous a communiqué le contact de recykpole avec qui nous avons travaillé.

Au niveau de la reprise des matériaux sur chantier, il fallait également faire attention car les clients étant des assureurs, il y a eu un gros travail à faire pour s'assurer que tout était en ordre. C'est plus ou moins à ce moment-là que Stéphane qui était en contact avec Rotor nous a contacté pour savoir s'il pouvait récupérer les vitrages. La question qu'on se pose, pour le transport, il a gardé les vitrages dans les châssis. Qu'a-t-il fait avec les châssis ? Quelle filière de recyclage a-t'il choisi ?

La récupération des matériaux génèrent pas mal de questions au niveau des chefs de chantier, Stéphane en parlerait beaucoup mieux que moi, tout cela passe par des gens qui se parlent.

Vous connaissez BAMB2020 ?

- Vous suivez leurs activités ?
- Non, je n'ai pas le temps de tout suivre mais je trouve le projet super, il y a une logique la dedans qui manque cruellement actuellement. Pour le projet par exemple, il y avait un tas de briques que l'on a démolie et qui sont encore à côté du bâtiment. Ces briques vont être récupérées pour les jardins. Le fait d'avoir un fichier accessible à tout le monde permet de savoir en temps réel quels sont les matériaux disponibles. C'est encore plus vrai pour le vitrage pour lequel le stockage est particulièrement compliqué. La réutilisation de matériaux reste actuellement encore très artisanale. Pour la nouvelle façade, on a voulu du verre recyclé.
- Mais de quel type de verre recyclé parlez-vous ? le pré ou postconsumer ?
- Je ne connais pas la différence
- (explications)
- Ok je comprends mieux, je n'en sais rien car le produit qu'on m'a présenté, affichait du verre recyclé sans plus de précisions. C'est comme le bio finalement, si 40% est bio, le produit est défini comme Bio.. On a aussi cherché des mosaïques en verre issues de la réutilisation mais on n'a jamais trouvé. On pensait que ce serait simple mais finalement non.
- L'économie circulaire pour vous c'est nouveau, ou c'est une manière de faire généralisée ?
- C'est carrément une manière de faire. La limite, c'est ce qui est disponible sur le marché dans un budget donné et avec des performances techniques qui permettent

notamment que les garanties décennales soient fournies. Nous on est convaincus que sans viabilité économique, le durable ne peut pas passer. Ca ne passera que s'il y a un intérêt économique. Si on dépense plus dans certains lots on doit dépenser moins dans d'autres. Pour HD54 par exemple, le vitrage ça a été des heures de travail dépensées mais aussi des couts de démolition qui n'ont pas existé. Certains clients sont plus ouverts que d'autres aussi. Plus particulièrement pour HD54, Frédéric van helst, lui est éthiquement sur cette planète. Il a passé des heures sur le contrat pour que Cardamon puisse venir sur le chantier dans les règles. Chaque projet est réfléchi comme ça, pas seulement au niveau des matériaux car l'économie circulaire est bien plus vaste que seulement les matériaux. Dessiner aujourd'hui des bâtiments plus flexibles ou liquides, c'est-à-dire des bâtiments qui peuvent être facilement transformés. Le projet Aéroglisse, c'est comme ça que nous l'avons conçu. Les promoteurs immobiliers nous regardaient et se demandaient si on allait se casser la figure avec l'économie circulaire. Effectivement, le fait de faire un projet circulaire à un budget raisonnable a énormément d'importance. Et donc, il y a 5 ans on devait peut-être encore pousser le maitre d'ouvrage pour faire tout notre possible pour que ces personnes partent vers le durable. Aujourd'hui, les gros clients qui viennent chez nous, nous supplient de faire un bâtiment à energie positive et circularité, bref un projet exemplaire.

- Ça devient donc quelque chose de normal ?
- Oui. Disons que la communication et le marketing ont aussi leur rôle a jouer la dedans. Ça a énormément d'importance, notamment BREEAM. Actuellement, ça dépend encore beaucoup de quelques personnes qui retroussent leurs manches. Il y a d'une part une énergie à mettre là-dedans mais d'autre part cela devrait devenir obligatoire. Tout le monde n'a pas nécessairement la même éthique, il y a les frontrunners et les followers. A notre niveau, on a pu constater que de par nos prises d'initiatives, on nous contacte maintenant pour des projets fabuleux au niveau de la circularité. Les quelques gouttes de sueur d'il y a quelques années donnent donc un retour.
- Parce qu'il y a une vision aussi ?
- Parce qu'il y a une vision et aussi un coté challenge. On voit le bâtiment et on se dit, ok, c'est gênant, on peut pas tout jeter. Alors on se dit qu'est ce qu'on va pouvoir récupérer, ca devient un petit peu le jeu. HD54, si c'est arrivé, c'est parce que tout le monde était éveillé à cela et qu'on s'est challengé pour éviter des jeter des matériaux en bon état. C'est pour ça qu'on passe maintenant au modèle « Beam », vous connaissez ?
- Non,
- Le modèle Beam, c'est une nouvelle manière de dessiner les bâtiments répertoriés dans un modèle 3d avec différents matériaux structurels, qui permet de faire le métré de manière beaucoup plus systématique, ce qui permet de passer vers un modèle de construction beaucoup plus fluide où l'entrepreneur peut s'assurer plus

facilement que tout est bien construit. Et puis, via ce modèle, un inventaire des matériaux est constitué et mis dans une « material bank ». C'est ça le modèle BAM2020. Et donc à un moment donné, il existera un fichier où l'on pourra voir « ok à cette adresse il y a autant de matériel ». Ce modèle aidera à de nouvelles personnes à construire d'autres bâtiments ou rénover les existants. Nous, aujourd'hui on travaille sur le projet NEO construit autour du stade de foot, construit ou pas construit, à voir. On exige de nous de construire en BEAM c'est une toute autre manière de travailler. Aujourd'hui nous actons cette transition. Concernant l'équipe Bam2020 ; je les trouve un peu déconnectés de la réalité. Ils sont en même temps en train de rêver trop loin ailleurs et on le nez dans le guidon pour certaines choses et ne réalisent pas comment le marché du design et de la construction se fait. Dans ce sens la, si j'avais plus de temps à investir, je devrais y aller. Greenbiz y participe mais je pense que c'est plus pour avoir leur nom sur le site de BAM qu'une véritable contribution.

- Le keyword, c'est donc comme pour la problématique de la récupération du verre, une histoire de communication ?..
- Oui
- C'est ce que Stephan disait, dans son projet, la complication avait été de mettre tout le monde d'accord et de tout organiser..
- Oui, lui c'est le personnage nickel pour gérer ce genre de projet car il a su parler à toutes les parties AXA, BPC, c'est lui qui était là aussi pour déplacer le verre, lui, il sait de quoi il parle. Des personnages comme ca il devrait y en avoir plus.
- Je vois aussi personnellement, pour avoir été dans les différents milieux. Tout le monde veut aller dans le même sens mais tout le monde a des contraintes qui sont différentes. Parfois les gens disent, ok bamb c'est bien mais comme on le dit en ndls « dat is ver van mijn bed »
- Oui, oui je vois bien.
- Pour revenir à ce que vous aviez dit sur le fait que ces démarches devraient être obligatoires, à quoi pensez-vous au niveau législatif ? faudrait-il un état des lieux ? un inventaire ?
- Pour les permis d'environnements, on est obligé de faire un calcul de cogénération et prouver que ça n'est pas intéressant dans le projet
- Qu'est ce qu'est la cogénération ?
- La cogénération, c'est la production simultanée de deux types d'énergies différentes sur le même site. Par exemple, dans un projet de logement et de bureaux. Les bureaux produisent trop de chaleur uqi est alors récupérée par les logements. Il y a là aussi un intérêt économique. Ce qui se passe, c'est que souvent on ne le fait pas car cela demande plus d'énergie et donc ce n'est pas fait systématiquement. Donc, bref à partir d'une certaine taille, il faut montrer par calcul que c'est possible ou pas possible. SI c'est possible, on est obligé. Je trouve qu'on devrait faire la même chose au niveau des matériaux. Quand on dépose un permis d'environnement, on devrait

déposer une liste des matériaux en quantité supposée et dire ce qu'on est parvenu à récupérer. Tout à l'heure, je parlais d'upgrade informatique, je pense qu'il y a un upgrade législatif à faire également. N'importe qui pourrait falsifier la chose mais c'est quelque part un éveil à la même chose. BamB2020 ne prévoit ça que pour les nouveaux bâtiments. Et effectivement, faire ça pour les bâtiments existants, c'est impossible mais je trouve qu'on doit pouvoir quand on rentre un permis d'environnement. On doit faire des études au niveau de l'énergie, de la mobilité,. ; on devrait devoir faire une étude des matériaux. Il y a une évidence là dedans. D'ailleurs on le dit, un enfant ne peut pas jeter son assiette pleine de nourriture. Ce sont plein de principes qu'un enfant de 6ans comprendrait. Cet enfant de 6ans grandit, avance dans le monde et puis il n'y a plus moyen d'obtenir quelque chose de cette personne. Quand ma fille était petite, elle me hurlait dessus comme quoi je tuais la planète parce que je mettais du plastique dans du bac papier. On doit revenir à ça. Mais c'est évident que ça passe par des normes administratives. Evidemment cela rend le procédé encore plus long. Ca fait chier tout le monde, je vais pas en plus commencer à rentrer une liste de matériaux d'un bâtiment que je vais de toute manière démolir… Eh bien si, peut-être bien. De toute manière on voit bien que l'immobilier gagne plus qu'assez bien sa vie. C'est pas parce qu'on va passer quelques jours a remplir un formulaire que cela justifie un refus. C'est très personnel évidemment ce point de vue. Mais donc oui ca doit devenir obligatoire. Je pense que c'est comme ça que cela se passe. Un enfant, c'est peut-être parce qu'il sait que sa mère va le punir s'il vide son assiette dans la poubelle.

- Moi, je vois cela plus comme une question de respect. Respecter la nourriture, les choses. Quand on va jeter du matériel en bon état, ce n'est pas respecter la planète.
- Tout à fait, c'est un cycle infernal. Pareil pour l'eau. Obliger de récupérer l'eau de pluie quand certains en manque, ça me parait évident. Et personne n'est mort parce que l'on impose maintenant des toitures vertes.
- Ca pose des problèmes au niveau des entreprises générales ? Ca rend entre autres la construction plus compliquée
- Nous ça a été parce qu'on avait BPC en face de nous.
- Pourquoi ça a fonctionné avec eux ?
- Il y a des entreprises qui restent une entreprise et BPC a une culture d'entreprise qui a fait que ça ne posait pas du tout de problème à Dominique Stas, responsable du chantier, d'adapter son programme pour que Kampelmann vienne chercher son vitrage. De toute manière au final il y avait aussi un avantage pour lui a la clé car il ne devait alors plus démonter lui-même le vitrage. Donc non, la récupération de matériaux au niveau des chantiers de rénovation, ça n'impacte pas négativement le cours des travaux. Après des chantiers de rénovation de cette taille-là, on n'en a pas fait 15. L'économie circulaire, on l'applique aussi dans le new built et cela implique tout le monde déjà au niveau du choix des matériaux. Le béton par exemple, a un

pouvoir de démontage qui est très faible. Là on réfléchit pour un projet à une structure Acier avec remplissage en bois en CLT.

- C'est quoi ?
- Des épaisseurs de 3 cm de bois. Avec ça, on peut aller jusqu'à 12 étages. Le problème est au niveau du cout. Point de vue des avantages, on a un bâtiment plus léger et plus démontable.
- Et puis avec moins de C02
- Oui. Mais l'acier a une énergie grise plus importante. C'est un peu ça le problème de l'économie circulaire, c'est qu'on a beaucoup de contradictions. Pour moi, l'économie circulaire, c'est un arc-en-ciel avec une série de couleurs différentes que l'on peut pousser plus ou moins loin. Par exemple, la viabilité économique, le bien être social, les énergies grises etc. Tout cela est excessivement complexe. Si on ajoute encore la dimension informatique, c'est encore pire. Tout cela devrait être mieux encadré. On le voit bien, une fois que j'ai fait ma liste de matériaux, qu'est ce qu'on va imposer ? 5% d'utilisation, 40% ? Au niveau de l'énergie on reçoit une petite flèche de couleur. Peut-être qu'au niveau de l'économie ciruclaire on pourrait recevoir un certificat qui va de 0 à 100. Une sorte de quotte. Une fois sur le marché, le vendeur doit dire quel est l'impact au niveau EC de ce bâtiment. A un certain moment, tout cela deviendra assez important pour que tout le monde s'y intéresse, d'où l'importance de la communication et du marketing. C'est excessivement complexe.
- Pour revenir à la réutilisation du verre, le double vitrage a tellement évoluè, est-il pour vous possible de le réutiliser ?
- On va d'un bâtiment des années 90 à une serre qui protège une habitation. On a pour moi un phénomène de down cycling. Pareil pour nos briques de façade qu'on a broyé. Probablement que c'est un peu dommage à ce niveau-là.
- Oui et non. Pour moi dans ce cas précis, on n'a pas vrai mt du down cycling car c'est de la récupération pour un même usage.
- Je peux comprendre ce que vous dites si la serre permet de réduire le besoin en matériaux d'isolation. Pour HD54, réutiliser le vitrage, cela aurait été très compliqué de par la taille. Et aussi à cause du daylight factor dont on ne tenait pas compte dans les années 90. Le meilleur exemple catastrophique que je peux donner, c'est l'œuf ??? où il récupérait des châssis partout en Europe pour protéger l'œuf. Finalement, ces châssis récupérés ont été refaits à 80%. Je reste persuadé que c'est l'éthique des gens qui va faire avancer les choses. Quand on commence sa carrière, on peut faire ce que l'on veut mais je trouve que le sens du devoir guide. Et dans le domaine de la construction durable, ce sont les gens au-dessus qui vont faire bouger les choses. Le passif l'a montré.

Annexe 1.4 Wintermans Ivo

Objectifs

- Obtenir davantage d'informations concernant la collecte et le recyclage du verre
- Comprendre le point de vue des recycleurs sur la problématique du verre
- (In)validation des pistes proposées

Echange de mail
Interviewé : Yvo WINTERMANS – MALTHA – Yvo.Wintermans@maltha.nl
-----Oorspronkelijk bericht-----
Van: Guillaume Denis [mailto:g.denis@outlook.com]
Verzonden: dinsdag 8 mei 2018 15:04
Aan: Yvo Wintermans <Yvo.Wintermans@maltha.nl>
Onderwerp: Re: Information on the recycling of glass

Dear Yvo,

First of all, thanks for your quick reply.
I would have liked to know more about the process you resort to in order to detach the pvb film from the glass.
Laminated glass such as car windows and safety glass is treated with a breaker/shredder and a sieve: the breaker/shredder breaks and/or shreds the glass into pieces and the sieve separates the glass from the PVB. This will remove the majority of the glass from the layer of PVB.

More broadly, i would like to know what are the main technical constraints in the recycling of glass that you are facing/tackling.
Technical constraints are usually related to the contamination of the incoming waste glass. The installation can only remove a certain percentage of contamination in the glass. If the input material is too contaminated (>5%) the installation cannot produce glass that is within specifications of our buyers.

In terms of quality, can you also give me more info on the differences between packaging glass and construction glass?
Both packaging glass and construction glass are going back to the insulation (glass wool) and packaging glass industry which means that the specifications are similar (in terms of the end product that we make). Specifications are related to the maximum allowed contamination in the end product. There is hardly any recycled glass going into the production of flat glass (except their own production residues).

Finally, can you tell me, in your opinion, which actions should be taken in order to collect more glas in the one hand and send more back to the production of flat glass?
More collection can be achieved by:

- Proper law that requires a (mandatory) separate collection of flat glass
- A national collection scheme. In the Netherlands the collection of flat glass is organized on a national level by VRN (www.vlakglasrecycling.nl)

Sending flat glass back to the producers of flat glass requires cooperation between collectors, recyclers and the manufacturers of flat glass. There have been various projects in the past.

Annexe 2 EPD Double-vitrage

Extrait de l'Environmental product declaration (EPD) d'un double-vitrage Saint-Gobain

Parameters	Product stage A1 / A2 / A3
Global Warming Potential (GWP) - *kg CO_2 equiv/FU*	31.1
Ozone Depletion (ODP) *kg CFC 11 equiv/FU*	3.43E-9
Acidification potential (AP) *kg SO_2 equiv/FU*	0.142
Eutrophication potential (EP) *kg $(PO_4)^{3-}$ equiv/FU*	0.0384
Photochemical ozone creation (POPC) *kg Ethene equiv/FU*	0.00961
Abiotic depletion potential for non-fossil ressources (ADP-elements) - *kg Sb equiv/FU*	0.000237
Abiotic depletion potential for fossil ressources (ADP-fossil fuels) - *MJ/FU*	380