

FICHE DESCRIPTIVE DU TFE *ENET* SUR L'ARCHITECTURE

UCL Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme LOCI, site de Bruxelles

Année académique : 2016-2017

Hélène DELMÉE

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Mots clés : réemploi, réutilisation, récupération, architecture soutenable, adaptabilité

Experte : Émilie GOBBO, Docteur en art de bâtir et urbanisme et chargée de recherche, LOCI, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme, emilie.gobbo@uclouvain.be, 0475 85 88 45

Copromoteurs : Benoît Thielemans et Geoffrey Van Moeseke

Alors que l'homme produit de plus en plus de déchets et épuise ses ressources, le réemploi offre la possibilité de construire en réalisant une économie de matière et d'énergie. Que sait-on de cette pratique dans son contexte bruxellois ? Quels sont les freins, mais aussi les outils mis en place pour en faciliter l'usage ? Ce travail tentera de donner des réponses à ces questions. Il cherchera aussi, à analyser les méthodes existantes de conception qui existent dans les bureaux d'architectures. Nous appliquerons ensuite la méthode de l'inventaire dans un projet d'incubateur d'entreprise réalisé sur le site des abattoirs d'Anderlecht. Ce projet aura pour but d'inclure un maximum de matière trouvée in situ. Pour finir, les flux de matière qui le composent seront quantifiés afin de déterminer quels sont les bénéfices et les inconvénients de cette démarche.



UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Travail de fin d'étude EN et SUR l'Architecture présenté
par Hélène Delmée

Sous la tutelle de Geoffrey Van Moeseke
et Benoît Thielemans (copromoteurs)
et Émilie Gobbo (experte).

Juin 2017

Université catholique de Louvain, Faculté d'ingénierie, d'architecture et
d'urbanisme Saint-Luc (LOCI) Bruxelles

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE
RÉEMPLOI

REMERCIEMENTS

Ce travail de fin d'étude, est le résultat d'un an et demi d'intérêt sur le sujet du réemploi. Cette recherche aura été très stimulante intellectuellement et ponctuée de collaborations, de rencontres, de conseils. C'est pourquoi, je voudrais remercier toutes les personnes qui ont de près ou de loin joué un rôle dans la réalisation de ce travail.

Premièrement, je remercie mon experte TFE, Madame Émilie Gobbo, qui dès les premières lignes de mon pré-mémoire a su me prodiguer des conseils avisés. Elle a aussi contribué à clarifier la structure de ce travail et à l'enrichir en me dirigeant vers de nombreuses références.

J'aimerais ensuite remercier mes copromoteurs et professeurs encadrants à l'atelier d'architecture, Monsieur Goeffrey Van Moeseke et Monsieur Benoît Thielemans pour le suivi et l'attention constante portée au développement cohérent de ce travail écrit et du projet d'architecture qui l'accompagne.

Merci à Romain Tordeur et Gilles De Mol pour leur implication dans les recherches qui ont permis d'élargir les enjeux de ce travail. Merci à Antoine Le Bour, qui a collaboré à l'élaboration du référentiel et du tableau servant à établir le potentiel de réemploi.

Je remercie l'ensemble des étudiants de Master 2 pour leur soutien, leur bonne humeur et leurs conseils. J'aimerais remercier particulièrement les étudiants de l'atelier Utopie réalisable qui ont tout fait pour enrichir ma réflexion.

Pour terminer je remercie mes amis et ma famille pour les discussions interminables qui permettent de clarifier ma pensée, pour les relectures attentives et pour les encouragements constants.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIÈRES	4
INTRODUCTION : UNE UTOPIE RÉALISABLE	7
MÉTHODE DE TRAVAIL.....	10
CADRE THÉORIQUE	11
DÉFINITION DU RÉEMPLOI ET AUTRES NOTIONS	11
MATIÈRE, ÉNERGIE, MÉMOIRE, FORME.....	14
LE RÉEMPLOI, UNE INNOVATION.....	18
LES FREINS VIS-À-VIS DU RÉEMPLOI	20
L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE	22
CONCEVOIR EN MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI	25
Quatre écoles en ce qui concerne le réemploi.....	25
Vers une super-utilisation : SuperUse Studio	26
Construire pour déconstruire : V.U.B	32
Le réemploi, un artisanat : Jean-Marc Huygen	37
Pratiques individuelles.....	42
COMBINAISONS DE CES DIFFÉRENTS PRINCIPES	46
COMPARAISON ENTRE LES ÉTAPES CLÉS POUR LES DIFFÉRENTES ÉCOLES	48
CONCLUSIONS.....	50
LE RÉEMPLOI EN PRATIQUE.....	52
LE PROJET.....	52
INVENTAIRE DE LA MATIÈRE	54
In situ	54
Ex situ	59
Conclusions :.....	62
LE POTENTIEL DE RÉEMPLOI	64
Critères d'exclusions	66
Critères objectifs	67

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE
RÉEMPLOI

Critères non objectivables	73
Application et conclusions	76
LE PASSEPORT MATÉRIAUX.....	78
CONCEVOIR POUR DÉCONSTRUIRE.....	79
Adaptabilité	79
ANALYSE DES FLUX	89
Flux de matières	89
Flux d'énergie.....	100
Conclusions.....	100
CONCLUSION	102
LEXIQUE	103
BIBLIOGRAPHIE	105
OUVRAGES CONSULTÉS.	105
CONFÉRENCES.....	107
SITES INTERNET CONSULTÉS.	107
INTERVIEW	107
LISTE ET SOURCES DES ILLUSTRATIONS.....	108
ANNEXES	111
TABLEAUX RÉCAPITULATIFS DES INVENTAIRES.....	111
TABLEAUX DE CALCUL DU POTENTIEL DE RÉEMPLOI	114
Calcul du potentiel de réemploi de la matière déconstruite	116
Calcul du potentiel de réemploi de la matière mise en œuvre	122
Référentiel de réemploi de matière	128

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE
RÉEMPLOI

INTRODUCTION : UNE UTOPIE RÉALISABLE

A l'heure d'aujourd'hui, la société et le modèle économique dans lesquelles nous vivons produisent une quantité sans cesse croissante de déchets et appauvrissent de plus en plus les ressources finies dont nous disposons.

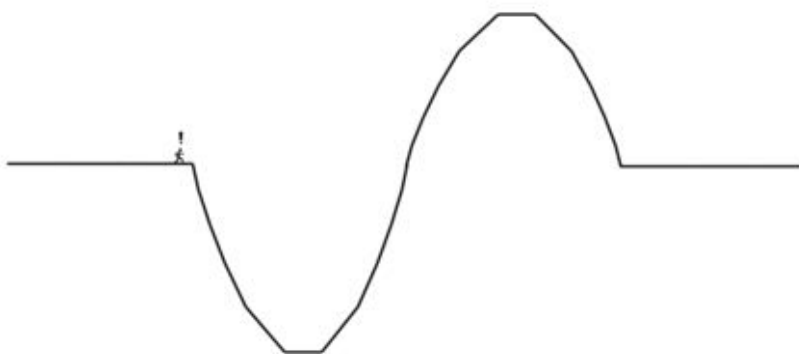


Illustration 1 : Consommation des ressources et productions de déchets.

A l'échelle mondiale, en 2014, on estimait extraire 60 milliards de tonnes de matière par an pour tous processus et accumuler 12 milliards de tonnes de déchet [SUPERUSE STUDIO, ROTOR & ENCORE HEUREUX, 2014]. Ce phénomène a une influence dévastatrice pour nos écosystèmes à une échelle globale. Petit à petit, partout dans le monde, sont nées des initiatives visant à diminuer notre production de déchets. Et ce, aussi en Europe, où depuis quelques années, on tente de mettre en place une réglementation plus efficace en ce qui concerne la gestion des déchets et des ressources. Un des secteurs d'action clés de l'Union européenne est la construction. Il est vrai que ce secteur est l'un des plus énergivores et des plus polluants. Il représente environ :

- 40% de la consommation en énergie,
- 40% des matières premières extraites et
- 15% de l'utilisation en eau.

De plus, il est responsable de :

- Près de 40% des émissions de gaz à effet de serre et
- De 35% de l'ensemble des déchets solides produits à l'échelle européenne [GOBBO, 2015].

La recherche et les réflexions exposées ici, se concentreront principalement à l'échelle de la Région de Bruxelles Capitale (RBC). Ce choix permet à ce mémoire de s'inscrire dans le même spectre que les études du collectif ROTOR, de l'IBGE ou encore celle d'Emilie Gobbo.

En ce qui concerne la Région de Bruxelles-Capitale (RBC), les mêmes observations sont valables que pour l'Union Européenne. Le secteur de la construction produit de grandes quantités de déchets avec 628.000 tonnes annuels soit plus du tiers des déchets produits par la région et consomme beaucoup de ressources. Mais la RBC est également dépendante en ce qui concerne son approvisionnement en ressources et le traitement de ses déchets. Le taux de recyclage des déchets de construction et de démolition (C&D) est estimé à 80%, dépassant ainsi l'objectif de 70% fixé par l'Union Européenne pour 2020, ce qui est en soit une bonne chose. Cependant, la région bruxelloise va encore plus loin en ambitionnant un résultat de 90% de recyclage de ses déchets d'ici 2020. Ces taux relativement élevés s'expliquent par une obligation de recyclage de la fraction pierreuse qui représente presque la totalité en poids des déchets de construction et démolition de la région [GOBBO, 2015]. Malheureusement, ce type de recyclage dit *down-cycling** n'est malgré tout pas idéal car s'il permet de produire de nouveaux matériaux à partir de déchets, ceux-ci sont de moindre valeur. Prenons en exemple le recyclage des inertes, cité ci-dessus, il a pour but de produire des granulats recyclés servant principalement aux remblais et de sous-couche pour des infrastructures routières à partir d'éléments de structure. Il faut aussi prendre en considération que le recyclage implique des étapes souvent énergivores autant en ce qui concerne le transport des matières et déchets que le processus de transformation en lui-même. En effet, au plus un matériau demande de l'énergie pour être fabriqué, au plus il en demandera pour être recyclé [HUYGEN, 2008]. C'est pourquoi, il faut garder à l'esprit que le recyclage réalisé dans l'objectif de diminuer notre impact sur l'environnement comporte des limites et qu'il y a certainement encore beaucoup de choses à faire pour améliorer cette situation.

Dans l'idée d'apporter des améliorations à notre manière de gérer nos déchets, la commission européenne a publié en 2008 une Directive Cadre qui définit une hiérarchie d'action à cinq niveaux en ce qui concerne les ressources naturelles et les déchets et, encourage un système de collecte sélective pour un certain nombre de flux [GOBBO, 2015]. Ces 5 niveaux sont la prévention, la valorisation sans transformation (préparation au réemploi), le recyclage, les autres valorisations (valorisation énergétique par incinération) et l'élimination.



Illustration 2 : Hiérarchie d'action proposée dans la Directive Cadre 2008/98/CE

Depuis, l'Union Européenne tend à associer la problématique du déchet et celle de la ressource au travers de l'*économie circulaire**. Parce que le secteur du réemploi s'inscrit parfaitement dans cette manière circulaire de concevoir l'économie, l'Union Européenne met en place divers leviers pour faire croître celui-ci. Elle finance notamment, le programme BAMB (Building As Material Banks) dont un des axes de recherche vise à favoriser la pratique du réemploi au travers de *passports matériaux**, de la conception de bâtiments réversibles, de modèles circulaires d'entreprises de construction (nouveaux business modèles), des études de cas et des projets pilotes, ... [CONFÉRENCE BAMB, 2016]

Dans la même optique, la RBC a très récemment mis en place un Programme Régional en Economie Circulaire (PREC). Qui prévoit de remplacer le modèle économique linéaire actuel en un système économique circulaire à la fois compétitif sur les marchés pour nos entreprises et générateur d'emplois locaux. Son but est de transformer des objectifs environnementaux en opportunité économique pour des productions locales qui vont engendrer de l'emploi. [CONFÉRENCE ÉCONOMIE CIRCULAIRE, MAI 2016]

C'est en ayant conscience de ce cadre politique en évolution que ce travail tentera de comprendre quels sont les enjeux d'une "innovation" tel que le réemploi en ce qui concerne l'évolution de la pratique de l'architecture. En effet, intégrer des matériaux déjà utilisés à un bâtiment n'est pas un acte anodin même si cette pratique est utilisée depuis longtemps. De nombreux freins existent et l'intensification de cet usage demande de reconsidérer, du moins en partie, notre manière de concevoir un projet. Grâce à ces efforts, nous pouvons espérer que l'utopie d'une architecture plus durable car très peu « matériovore » [CHOPIN & DELON, 2014] et qui ne se focalise pas seulement sur les économies d'énergie.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Ce travail fait l'objet de 3 parties :

- La première : le cadre théorique commence par définir les concepts clés nécessaires à savoir précisément ce que l'on considère comme du réemploi, la réutilisation, le recyclage en effet tous les acteurs autour de ce sujet n'entendent pas toujours la même chose et il est nécessaires de bien fixé de quoi on parle. Le travail détaille ensuite le contexte dans lequel le réemploi se développe à l'heure actuelle en Région de Bruxelles Capital. Quels sont les freins que cette pratique peut rencontrer et quelles sont les initiatives mises en place pour contournés ces freins.
- Dans la deuxième partie de ce travail, nous tenterons de comprendre ce que les architectes mettent en place pour concevoir des projets qui intègrent des matériaux de réemploi. A quoi faut-il faire attention ? Tout le monde utilise-t-il les mêmes outils ? De cette analyse nous tirons ensuite une ligne de conduite à utiliser sur un cas pratique : le réemploi sera abordé à partir d'un inventaire in situ.
- La dernière partie montre comment se déroule l'application de cette ligne de conduite à un cas particulier. Comment faire en sorte qu'un maximum de matière déconstruite soit réemployée sur site ? Nous mettrons en évidence l'outils de détermination du potentiel de réemploi qu'il a fallu créer pour pouvoir déterminer si la matière possède les qualités nécessaires à être réemployée. Nous pointons aussi ici l'impact qu'a la conception d'un bâtiment sur le réemploi futur. Pour finir une quantification des flux de matière que la construction/ déconstructions engendre, afin d'évaluer l'importance de l'impact du réemploi.

CADRE THÉORIQUE

Qu'est-ce qu'un matériau de réemploi ? Nous allons premièrement tenter de répondre à cette question grâce à quelques définitions. Dans un second temps, nous aborderons les aspects qui caractérisent les matériaux de réemploi. Nous mettrons en évidence comment la transformation de la matière entraîne une dépense d'énergie qui a une influence sur la forme et la mémoire d'un objet.

DÉFINITION DU RÉEMPLOI ET AUTRES NOTIONS

Qu'est-ce que le réemploi ? La réponse n'est pas simple. En effet, le concept de réemploi n'a pour le moment pas de définition officielle et précise. Y-a-t-il une différence entre récupération, réutilisation, réemploi, recyclage... ? Si oui, où se situe cette différence ? Comme elle n'est pas clairement définie, une personne utilisant un de ces termes peut vouloir exprimer une idée que son interlocuteur pourrait comprendre de manière totalement différente. Ce manque de définition, même au niveau de la législation, cause notamment « un vide juridique important qui freine toutes les initiatives économiques en la matière car il implique une énorme responsabilité et aucune assurance pour ceux qui le pratique » [CHOPIN & DELON, 2014]. Grâce à la comparaison de plusieurs définitions, nous préciserons ici plusieurs concepts qui permettront de clarifier ce qui est considéré comme du réemploi dans le cadre de ce travail. Mais aussi de définir des pratiques proches qui seront également abordées.

Le réemploi

- 1) La définition légale en Europe du réemploi : « On entend par réemploi toute opération par laquelle des produits ou des composants **qui ne sont pas des déchets** sont **utilisés de nouveau pour un usage identique** à celui pour lequel ils avaient été conçus. » [Directive Cadre Déchet (2008/98/CE)]
- 2) Jean -Marc Huygen définit le réemploi comme « tout acte par lequel on donne un **nouvel usage à un objet existant** tombé en désuétude, c'est-à-dire qui a perdu l'emploi pour lequel il avait été conçu. », « le réemploi d'un objet ou de parties d'objet, se fait pour **un autre usage** » [HUYGEN, 2008].
- 3) Dans sa thèse « *Déchets de construction, matière à conception* », Emilie Gobbo définit le réemploi comme : « toute opération par laquelle **des produits ou des composants** qui **peuvent être des déchets** sont utilisés de nouveau pour **un usage identique** à celui pour

lequel ils avaient été conçus **ou** pour un **autre usage**. » [GOBBO, 2015]

Le fait de pouvoir réemployer les déchets comme matériaux de réemploi semble concorder avec l'inscription de cette pratique dans *l'économie circulaire** décrite plus bas. La définition doit donc le permettre. Pour trancher de la question de l'usage est-il forcément identique, autre ou les deux, il va d'abord falloir définir le concept de réutilisation.

La réutilisation

La réutilisation peut, elle aussi, se définir de plusieurs façons :

- 1) La réutilisation consiste à se resservir de l'objet dans son usage premier [HUYGEN, 2008].
- 2) La réutilisation est un « transfert » de finalité du flux déchet [C2C]
- 3) Réutiliser : utiliser à nouveau [Larousse, 2005]

Nous utiliserons donc ici la notion de **réutilisation** comme **toute opération pour laquelle des objets ou des composants d'objet, qu'ils soient ou non des déchets, resservent dans leur usage premier et ce sans subir de transformation. Le réemploi** quant à lui serait donc défini comme **toute opération pour laquelle des objets ou des composants d'objet, qu'ils soient ou non des déchets, se voient offrir un nouvel usage (identique ou non) et ce sans subir de remaniement complet, tant physique que chimique.**

Cette définition permet d'englober usage nouveau et identique lorsque l'on a besoin de parler de manière générale de réemploi. Cela permet aussi de bien différencier la réutilisation lorsqu'il est nécessaire d'aborder uniquement l'usage identique. En effet, les conditions pour un usage identique seront plus restrictives comme nous le verrons plus bas. Sans précision particulière, la notion de réutilisation sera donc intégrée dans celle de réemploi dans la suite de ce travail. La notion de transformation de la matière est aussi importante dans la définition du réemploi. Pour qu'un matériau puisse être utilisé dans un usage qui n'est pas son usage premier il est parfois nécessaire qu'il subisse des "transformations" (redimensionnement, remise en état ...) plus ou moins réversibles. Ce remaniement ne peut pas être complet auquel cas nous serions confrontés à du recyclage.

Le recyclage

- 1) Le recyclage (ou *down-cycling**) est un processus qui entraîne une **diminution de qualité du produit initial** et une forte **consommation d'énergie** et de ressources additionnelles pour son traitement. [GOBBO]
- 2) Le recyclage consiste à collecter et à traiter les matériaux usagés qui deviendraient normalement des déchets pour en faire de nouveaux produits. [www.2020energy.eu]
- 3) Le recyclage est un procédé de traitement des métaux, plastiques, déchets (déchets industriels ou ordures ménagères) qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui composaient un produit similaire arrivé en fin de vie, ou des résidus de fabrication. [WIKIPEDIA]

En combinant ces différents aspects nous pouvons énoncer la définition suivante : **Le recyclage englobe toute opération pour laquelle des matériaux en fin de vie ou des résidus de fabrication sont réintroduits dans le cycle de production d'un produit. Cela demande un remaniement de matière qui est lié à une forte consommation d'énergie. De plus, dans beaucoup de cas, cela engendre une diminution de qualité du produit initial.**

Ces trois actes : réutilisation, réemploi et recyclage peuvent être résumés en une seule notion : la **récupération** [HUYGEN, 2008].

Il est aussi important de citer la notion de **préparation au réemploi** : celle-ci couvre les opérations de prétraitement (démontage, contrôle, réparation, nettoyage) qui seront nécessaires pour que des objets ou des composants d'objet soient réemployés.



Illustration 3 : Trois types de récupérations

MATIÈRE, ÉNERGIE, MÉMOIRE, FORME

Le réemploi répond à plusieurs enjeux. Un premier enjeu est qu'il permet une économie des ressources. La prolongation de la durée de vie des matériaux par leur introduction dans un nouveau cycle évite la consommation de matière première par substitution. Cette intégration évite donc à un certain nombre de matériaux en désuétude de passer par la case déchet. Celle-ci est souvent synonyme de recyclage, valorisation ou enfouissement (voir la hiérarchie d'action proposée dans la Directive Cadre 2008/98/CE ci-dessus). Cela permet aussi de diminuer la demande en matériaux neufs et donc la consommation de matière première. Cet enjeu lie la thématique du réemploi avec la question de gestion des ressources ainsi qu'avec une question de résilience. Il nous faut éviter la crise qui surviendrait si l'offre ne correspondait plus à la demande de la matière. En effet, on verrait dès lors les prix s'envoler.

Un second aspect est que, cette diminution de production de matériaux neufs s'accompagne d'une réduction de la consommation d'énergie. En effet « tout objet (...) suppose deux types de dépenses énergétiques : d'une part celle qu'il faut engager (...) pour le produire – puis pour le maintenir en « état de fonctionnement » (...) » cette énergie est appelée *l'énergie grise* * ou incorporée « – d'autre part celles qu'entraîne son fonctionnement ou son usage. » c'est l'énergie de fonctionnement [MAROT, 2014]. L'énergie grise ou l'énergie incorporée est donc « l'ensemble des dépenses énergétiques associées à l'existence et à tout le cycle de vie d'un objet, depuis sa production jusqu'à son recyclage (extraction, transformation, fabrication, transport, mise en œuvre, etc.) » [MAROT, 2014]. La page Wikipédia de l'énergie grise met celle-ci en parallèle avec l'énergie d'utilisation. L'énergie grise d'un bâtiment représente plus au moins 30 ans de l'énergie d'utilisation nécessaire à son fonctionnement. Nous pouvons dès lors estimer que construire avec le réemploi équivaut à accumuler, économiser de l'énergie (et du temps) ou encore de capitaliser l'énergie de production et de fabrication initialement investie dans le matériau. Cela permet donc de ralentir le processus *entropique** de dégradation de l'énergie contenue dans la matière.

S'il permet de l'étaler dans le temps, le processus de réemploi ne reste pas moins un processus consommateur d'énergie concernant certaines étapes de préparation (Exemples : souder deux éléments, découper une poutre à bonne mesure, ...) mais en minimise les dépenses. C'est ce que Jean-Marc Huygen appelle le « **principe de complexité** : par un apport d'énergie, la matière devient plus stable et porteuse de mémoire. Il est irréversible : pour désorganiser la matière et revenir à un niveau de complexité moindre, il faut une nouvelle dépense d'énergie. » [HUYGEN, 2008]. La matière non complexe est donc réversible (brique crue) et la matière complexe possède

un caractère plus irréversible (brique cuite). Pour économiser cette énergie, il met en place le « **principe de réemploi** » qui permet de conserver au maximum la matière (ou le matériau ou l'objet) à son niveau de complexité, pour conserver au maximum sa mémoire (sa forme, son histoire) sans dépenser de l'énergie. C'est une conservation maximale et non totale car il y a vie, donc usure inévitable et changement d'usage. C'est le **principe d'entropie** » [HUYGEN, 2008]. Le réemploi permet alors d'appliquer le « **principe de subsidiarité** » : la matière (ou le matériau ou objet), à son niveau de complexité existant, est utilisée à un échelon de subsidiarité plus bas, où la perte de rentabilité est le plus faible compte tenu de ses potentialités, où elle apporte le plus d'efficacité d'usage. Ce principe est réversible : la matière peut monter ou descendre d'un échelon, toujours sans changer de niveau de complexité, être utilisée autrement pour être plus efficace dans d'autres usages, par une simple dépense d'énergie grise » [HUYGEN, 2008]. Ceci peut se résumer par : il faut éviter le *down-cycling** et lui préférer *l'up-cycling**.

On introduit ici un nouvel enjeu du réemploi. En effet le principe de réemploi permet de conserver au maximum la complexité de la matière pour conserver sa mémoire. Mais qu'est-ce que la mémoire ?

« Une posture soutenable, qu'elle concerne la conception ou la pratique, prend en compte conjointement ses impacts d'ordre environnemental, économique et social. À ces trois piliers (...) on ajoute aujourd'hui l'impact culturel » [HUYGEN, 2009]. La mémoire conservée par l'objet réemployé est sa capacité à être porteur de signification, de symbolique et d'histoire. C'est celle-ci qui va être capable d'amener une dimension culturelle dans la matière en elle-même. Par exemple, c'est ce que fait l'architecte Wang Shu pour le musée d'histoire de Ningbo, lorsqu'il collecte des gravats de villages détruits par le développement urbain et s'en sert pour créer, grâce au *wanpan*, une technique traditionnelle de la région, des murs chargés d'histoire et de souvenirs. Cette mémoire que possède l'objet n'est pas forcément historique, elle peut aussi, à l'image du Siège du conseil Européen à Bruxelles être porteuse de symbolique. En effet, le mur rideau, composé de châssis collecté au travers de toute l'Europe représente l'union qu'il y a entre ses pays membres.

La forme d'un objet a donc de l'importance. Premièrement, la mémoire d'un objet est liée à sa forme. Pour conserver la première, il faut que la deuxième soit identifiable. C'est parce que la forme de l'objet résonne avec l'archétype présent dans notre conscience collective que l'on peut identifier les symboles dont un objet est porteur. Deuxièmement, c'est la forme qui, lorsqu'elle est bien pensée, permet de limiter les dépenses d'énergie nécessaires à éviter les changements de niveau de complexité et donc d'importants remaniements de la matière lors de ses utilisations futures. La forme « ne suit pas l'utilité, la solidité, la beauté mais elle les permet ou les accompagne de la manière la plus flexible. » [HUYGEN, 2008].

Le réemploi est donc une intensification de la pérennité et de la soutenabilité d'un objet. Le bâtiment peut dès lors être vu comme une masse de ressources en attente de disponibilité. De là découle l'importance pour rendre ces ressources disponibles, de prévoir la fin de vie du bâtiment et de pouvoir rendre possible sa déconstruction.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

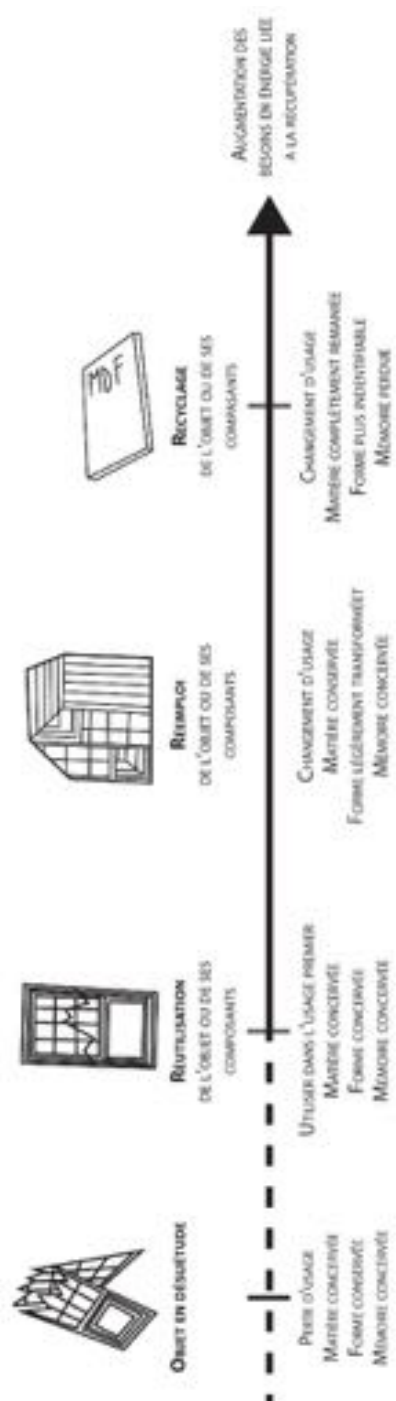


Illustration 4 : Implication sur l'énergie de la mémoire et la formes pour les trois types de récupérations

LE RÉEMPLOI, UNE INNOVATION

Pour que le réemploi puisse être une pratique reconnue, il est nécessaire d'évaluer où cette pratique se situe dans le processus d'implémentation d'une nouvelle pratique constructive. Pour cela il faut être capable d'identifier les freins qui rendent difficile cette pratique mais aussi les leviers d'action qui permettront son développement

Le réemploi est une pratique qui existe depuis toujours. On peut en trouver des exemples à toutes les époques. Les raisons de cet usage sont d'ailleurs nombreuses : économie de moyens, détournement de symbole, mise à profit d'une identité, reconnaissance culturelle, récupération due à des pertes de savoir-faire, ... On se servait alors du réemploi autant pour les lieux publics, de cultes, etc. que pour les petites constructions, les habitations, ... Si cette pratique était si répandue pourquoi est-il difficile d'envisager que la matière usagée soit remise en œuvre à l'heure actuelle. C'est une question de temps. Avec la révolution industrielle notre temps s'est accéléré. L'acte de bâtir reste un acte qui prend du temps mais on n'est, à l'heure actuelle, moins enclin à en accorder. La matière a une temporalité intrinsèque, temps de séchage, de prise, qu'il est vain de vouloir nier. Ce ne serait que le gage d'une mauvaise mise en œuvre. Nous devons donc passer à une autre conception du temps. Le temps court de la disposition immédiate doit être remplacé par un temps plus long et cyclique qui se rapproche de ce qu'on pouvait ressentir avant l'industrialisation. Le réemploi comme la pratique de la terre crue sont donc des innovations dans le sens où l'on puise de l'information dans des savoirs existants pour répondre à des problèmes actuels dans un contexte actuel.

Comme toute innovation, avant de devenir une pratique courante, le réemploi sera sujet à une phase d'implémentation. Le diagramme ci-dessous résume les étapes clé de ce processus [DELMÉE, DEMOL & TORDEUR, 2016].

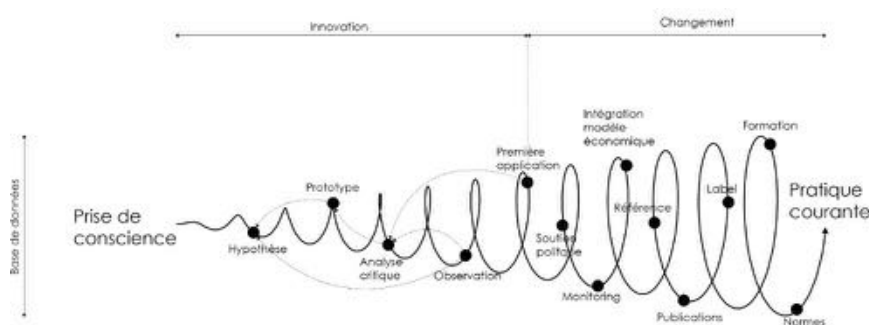


Illustration 5 : Processus d'implémentation de nouvelles techniques constructives.

Dans le cas du réemploi, les premières applications ont été mises en place, de nombreuses références existent sur le sujet. Cependant, il est peu courant d'appliquer cette pratique en Belgique et lorsqu'elle est utilisée ce n'est pas spécialement mis en avant. Ce que la pratique a donc besoin principalement c'est d'un **cadre légal clair et d'un soutien politique**. Celui-ci est cependant amorcé avec la mise en place du PREC, du FEDER-BBSM ou encore le projet BAMB de l'IBGE. Tous trois soutiennent le lancement et le monitoring de projets pilotes. Ceux-ci viendront enrichir la quantité de références et feront probablement l'objet de publications. La formation des entrepreneurs, des ouvriers et des architectes reste, a priori, un des points clés à aborder pour lancer cette pratique. Pour conclure, on sent que cette pratique tend à se développer et que de nombreuses jeunes initiatives se mettent en place.

LES FREINS VIS-À-VIS DU RÉEMPLOI

Pour faire avancer une pratique il est important de cibler quels sont les freins à son développement. Les sources suivantes :

- ROTOR ASBL, VADE-MECUM POUR LE RÉEMPLOI HORS-SITE, *Comment extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics ?*, Septembre 2015
- Julien CHOPIN & Nicolas DELON, *Matériaux / Réemploi / Architecte - Matière Grise*, Pavillon de l'Arsenal, Espagne, 2014
- ROTOR ASBL POUR L'IBGE, *PROJET D'ACTIVATION DES FILIERES DE REEMPLOI DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION EN REGION DE BRUXELLES-CAPITALE*, Opalis, Rapport final, Novembre 2012,

parlent des freins liés au réemploi mais aucune n'en fait réellement une synthèse exhaustive. Ce travail sera réalisé au travers du tableau ci-dessous.

Freins réglementaires et normatif	Freins technologiques, industriels et économiques	Freins institutionnels et culturels
Le comportement mécanique doit respecter des normes de sécurité → Manque de : - Labels et marquages - Essais - Couverture pour les assurances, la responsabilité	Offre peu / pas industrialisée → Engendre : - Des prix élevés - Une augmentation des délais - Une complexification de la logistique	Manque de confiance du grand public → Dû à : - Un manque de connaissance - Un manque de retour - D'expérience
Traçabilité des matériaux	Peu de filières existantes	Barrière quant à la question esthétique
Manque de solution constructives validées et de données pour faciliter la prescription (article de CDC)	Construction nécessitant des mises en œuvre particulière pas toujours documentées	Frein psychologique (Construire en « déchets »)
	Disponibilités fluctuantes de la matière	Apparition de nouveaux métiers (ex : valoriste)

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

	Unicité des matériaux disponibles → Engendre : - Une impossibilité de tout documenter - Un temps de conception et de construction plus long lié à l'unicité du matériau -	Manque d'enseignement et de formation des acteurs de la construction
	Modèle économique actuel → Nécessite : - Un modèle circulaire, des marchés locaux	
	Coût de main-d'œuvre (récupération, remise en état éventuelle et nouvelle mise en œuvre)	
	Mise en œuvre actuelle (Impossibilité de déconstruire)	

Heureusement le nouveau contexte d'*économie circulaire** qui se développe actuellement en RBC, mais aussi plus largement dans l'Union Européenne, favorise la découverte de nouvelles pistes d'action permettant de répondre à bon nombre de ces freins.

L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Le modèle économique mondial en place actuellement, nous l'avons vu plus haut, est linéaire (énergivore, peu respectueux de l'environnement, hautement consommateur de ressources, etc.). La matière est utilisée pour être ensuite considérée comme un déchet destiné au recyclage, à l'incinération ou à l'enfouissement. Il pousse à la surconsommation de nos ressources, à une économie de main d'œuvre, à délocaliser, à produire de manière irraisonnée. En réaction à cette économie consumériste, l'Union Européenne met en place des démarches pour lancer une économie circulaire. « Un modèle économique dans lequel on fait circuler les ressources « en boucle » pour les préserver. (...) En utilisant les ressources de manière plus efficace, en réduisant leur gaspillage, en faisant en sorte que les déchets des uns deviennent les ressources des autres, en allongeant la durée de vie des produits, etc. et tout ceci à l'échelle locale » [PREC, MARS 2016]. C'est une économie inspirée des théories de l'économie industrielle et du cradle to cradle. Le but, à l'image du fonctionnement d'un écosystème naturel, est de créer un cycle pour tendre vers un certain équilibre.

Ce modèle s'inscrit tout-à-fait dans les considérations actuelles de l'Union Européenne qui a mis au point un plan permettant de faciliter son implémentation. Pour cela, elle met en place des aides pour permettre aux entreprises et aux consommateurs un changement de modèle économique plus aisé. Cela se traduit par des aides financières : l'« European Structural & Investment Funds » pour la gestion des déchets et le fond Horizon 2020 permettant de créer des programmes de recherche et innovation et d'investir dans l'économie circulaire à des niveaux nationaux.¹ Le projet BAMB 2020 est un de ces programmes. Il regroupe 16 partenaires provenant de 8 pays européens (l'IBGE et la VUB sont les partenaires belges). « Il a pour but de permettre un changement systémique dans le secteur de la construction en créant des solutions circulaires. BAMB crée des moyens d'accroître la valeur des matériaux de construction. Les bâtiments conçus de manière dynamique et souple peuvent être incorporés dans une économie circulaire - où les matériaux dans les bâtiments conservent leur valeur. » [Conférence : BAMB, 2015] Ce projet travail sur 6 axes de recherches :

- La création de *passport matériaux**,
- La création de détails de construction de bâtiments réversibles (déconstructibles),
- L'établissement d'outils servant à la gestion des données et de clés de décisions,

¹ Les informations liées aux développements de l'union européenne en matière d'économie circulaire sont disponibles sur <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

- L'établissement de business modèles
- La création d'une police et de normes
- La création de projets pilotes au travers de toute l'Europe dont celui de la VUB sera expliqué dans la partie suivante.

La RBC à son échelle lance le PREC (Programme Régional en Economie Circulaire). Il est constitué de 4 types dont un (les mesures sectorielles) visent la construction, les ressources, la logistique, les commerces, l'alimentation. Ces mesures sectorielles servent à relever les défis les plus importants auxquels Bruxelles est confrontée : la création d'emplois, l'impact en matière d'émissions de gaz à effet de serre, la gestion des ressources et des déchets.

- Baticrea, la Confédération Construction Bruxelles-Capitale, Ecobuild.brussels et l'incubateur Greenbizz stimuleront **la création et la pérennisation d'activités** notamment dans des domaines identifiés comme prioritaires **visant l'allongement du cycle de vie du bâti** (entretien, monitoring, rénovation, ...) **et l'utilisation rationnelle des ressources** en construction (notamment le réemploi de matériaux de construction).
- Bruxelles-Environnement et Bruxelles-Propreté mettront chacun en œuvre un programme d'actions en matière de réemploi et de réparation,
- L'Agence Bruxelles-Propreté développera de nouvelles filières créatrices d'emploi au sein du pôle de réemploi Recy-K,
- Atrium appuiera le lancement de 50 projets innovants qui appliqueront les logiques circulaires dans des petits commerces ou des grandes enseignes. [PREC, MARS 2016].

Une autre initiative propre à la RBC, est le projet FEDER-BBSM. Ce projet vise l'établissement du métabolisme urbain de la région bruxelloise concernant le secteur de la construction. La recherche étudie également les opportunités de filières, les aspects techniques et juridiques liés à la valorisation (réemploi, recyclage) ainsi que l'impact de la conception sur les possibilités de valorisation des matières en fin de vie comme nouvelles matières. L'objectif final est le développement d'un outil pour une gestion efficiente et une valorisation des ressources matérielles locales que constituent les déchets de C&D en région bruxelloise. Ce projet FEDER répond aux grands défis socio-économiques (gestion des ressources, renforcement et création de filières, création d'emplois...) de la région, il s'inscrit largement dans une démarche de développement durable et rejoint les nouveaux objectifs d'économie circulaire encouragés par l'Europe et la Région de Bruxelles-Capitale à travers le PREC. [www.bbsm.brussels]

Un des avantages de l'expansion de la filière de matériaux de construction d'occasion est que cela permettra d'encourager l'émergence de nouveaux acteurs liés à la préparation au réemploi ainsi qu'à l'étude des moyens de valorisation de la matière. Ces secteurs émergeants seront créateurs d'emploi non-délocalisables (car liés aux ressources) et accessibles aux profils peu qualifiés (PME et des entreprises d'économie sociale) [ROTOR, 2014].

Puisque des filières de réemploi existaient déjà en Belgique, il n'est pas nécessaire de tout recommencer à zéro mais plutôt de favoriser leur expansion en développant de nouvelles activités pas encore présentes (c'est ce que fait Rotor sur la RBC en créant une filière de réemploi de restauration et de la revente d'éléments d'intérieurs de bureaux mais aussi en mettant en contact les potentiels acheteurs avec les revendeurs. Là aussi Rotor a avancé sur la question en créant la plateforme opalis.be du collectif Rotor. Le principe est de créer un annuaire actualisé de revendeurs professionnels et de matériaux. On sait donc où il est envisageable de trouver le matériau de réemploi mais pas avec quelle disponibilité. Il est probable que ces outils vont continuer à se développer à l'avenir. On pourrait même imaginer la possibilité de mettre à jour les stocks disponibles en temps réel grâce à une application. [Rotor, 2012]. La mise à jour d'Opalis et de ses possibles nouvelles fonctionnalités est en cours grâce à la plateforme réemploi.

Pour conclure, aujourd'hui la matière en fin de vie a très peu de valeur et la main d'œuvre coûte très cher (comparativement au prix de matériaux neufs), ce qui défavorise la pratique de la déconstruction et donc la disponibilité des matériaux de construction pour le réemploi. Cependant, les différents acteurs (entreprises, politiques, ...), en favorisant le développement de *l'économie circulaire* * veulent rendre sa valeur à la matière mais aussi dans un sens, au travail qu'elle engendre. Dans ce cadre socio-économique en mouvement, les pratiques de déconstruction et de réemploi prennent encore plus de sens.

CONCEVOIR EN MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Comment le réemploi se passe-t-il en pratique ? Il est vrai qu'on ne conçoit pas en réemploi exactement comme l'on conçoit de manière traditionnelle. Pour mettre cette différence en évidence, nous avons, dans un premier temps, entrepris au travers de différents exemple de « *réemployeurs** » d'établir les spécificités des méthodes utilisées par chacun d'entre eux. Dans un second temps, une comparaison sera établie entre les différentes méthodes de ces écoles selon les étapes traditionnelles de conception d'un projet. Cette comparaison permettra de dégager une méthode et des outils qui seront appliqués dans un projet servant à illustrer pratiquement cet exposé théorique.

QUATRE ÉCOLES EN CE QUI CONCERNE LE RÉEMPLOI

Pour intégrer le réemploi à un projet, différentes méthodes ont été développées par différents architectes, nous les classerons en quatre écoles. Chacune de ces « écoles » développe des outils différents pour servir le but qu'elle veut atteindre grâce à l'utilisation de cette pratique. En fonction de ces écoles, les étapes clés du développement d'un projet (méthodologie) seront donc différentes.

Grâce à l'étude d'un exemple emblématique appartenant à chacune des « écoles », cette étude tentera de dégager des principes de conception mais aussi des outils visant à simplifier le développement du projet. Ensuite, un exemple illustrera le fait que plusieurs aspects du réemploi peuvent être combinés dans un seul projet.

Vers une super-utilisation : SuperUse Studio

L'analyse proposée dans ce chapitre est basée sur l'exposé de Jan Jongert lors de la conférence Matière Grise donnée au Pavillon de l'Arsenal à Paris en 2014. Ces informations sont complétées par les descriptifs de projet disponible sur le site internet de Superuse Studio : superuse-studios.com.

La pratique du SuperUse Studio se rapproche des principes de l'économie industrielle. En effet, elle applique des principes de bouclage et de valorisation des déchets comme ressources et une étude dynamique de flux des stocks d'énergie, de matière et de déchets ainsi qu'un travail à l'échelle locale.

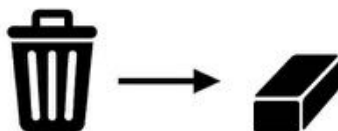


Illustration 6 : Le déchet comme ressource.

La question qui motive le Superuse Studio est : « Comment peut-on utiliser ce qui est disponible autour de nous pour donner à la matière la plus grande valeur possible ? » [JONGERT, CONFÉRENCE MATIÈRE GRISE, 2014]. Pour ce faire, le bureau procède à une analyse des flux de matières se situant à une échelle locale autour du projet à réaliser. Leur but est de transformer ces flux en un bâtiment. Le bureau est composé d'une équipe multidisciplinaire, intégrant des connaissances sur le climat, le traitement de l'eau et de l'air, des connaissances en ingénierie du bâtiment mais aussi dans l'industrie chimique et le design. Ce type d'équipe permet de considérer de manière *systémique** les problématiques inhérentes à l'architecture mais aussi à la planification urbaine et au contexte socio-économique dans lesquels celle-ci s'intègre. Dans cette approche l'architecte a un rôle de gestionnaire de complexité. Il est le concepteur d'une nouvelle expression par l'utilisation de nouveaux matériaux non encore utilisés, de nouveaux systèmes, de nouveaux espaces.

L'usage intensif de la matière.

Pour arriver à créer ces systèmes, le bureau propose tout d'abord d'intensifier l'usage de matériaux déjà disponibles et principalement ceux que l'on considère comme étant en fin de vie de manière à rentabiliser au mieux l'énergie nécessaire à leur production.

Jan Jongert, illustre la démarche de Superuse au travers d'un exemple simple lors de la conférence Matière Grise : *« Le bâtiment tire son intelligence dans le fait de gérer la plus large quantité de flux possible. Prenons l'exemple d'un moulin à vent : il est fabriqué à partir de différents composants qui peuvent être remplacés facilement, mais permet d'abriter un large éventail de fonctions : la production d'énergie servait à alimenter une production vendue dans un magasin, il pouvait même y avoir une maison. Lorsque l'on regarde les éoliennes qui servent uniquement à produire de l'énergie, on se rend compte que nous avons perdu cette complexité qui faisait la richesse du moulin à vent. »*

La question suivante est que faut-il fournir ? Tous les 10 à 15 ans, il est nécessaire de remplacer les pales d'une éolienne. Cela représente, 200-250 pales stockées chaque année au Pays-Bas en attendant d'être incinérées. » [JONGERT, CONFÉRENCE MATIÈRE GRISE, 2014]. Ce processus est très énergivore. Il est donc intéressant d'intensifier l'usage de ces pales en pratiquant leur réemploi. Superuse propose d'utiliser cet élément à travers plusieurs projets, notamment une plaine de jeu, des bancs publics dans le centre-ville de Rotterdam et des arrêts de bus à Almere.



Illustration 7 : Wikado playground, Rotterdam, NL, Superuse Studio

Il est parfois nécessaire d'avoir une connaissance poussée du matériau que l'on souhaite réemployer surtout si celui-ci sort de l'ordinaire comme par exemple des pales d'éolienne. L'étude des diverses possibilités d'utilisation se fait de manière simultanée avec la conception du projet et ce dès l'avant-projet voire même de l'esquisse. Les deux réflexions viennent se nourrir l'une l'autre. Cela permet une intégration très fine des éléments de réemploi. Le résultat ne donne pas une impression de pièces rapportées. Selon l'utilisation que l'on fait d'un matériau de réemploi, celui-ci peut avoir un impact fort sur les trames et le dimensionnement du projet. On observe ce phénomène principalement en ce qui concerne les éléments de structure et de bardage. Les dimensions du matériau de réemploi auront d'autant plus de portée, puisque pour des soucis d'impact environnemental, on y apportera qu'un minimum de transformations. Par exemple des planches récupérées sur des rouleaux de câbles serviront de bardage avec comme unique transformation préalable le démontage et la *platonisation** du bois avec un *chauffage résiduel**. L'agence pousse très loin l'étude dans le détail de ses projets. Elles les étudient parfois jusqu'à l'aménagement intérieur. Lors du dessin de ces détails, Superuse Studio essaie d'imaginer un maximum d'alternatives aux matériaux neufs grâce à l'usage du réemploi.

Finalement, une étude du cycle de vie du projet est réalisée. On y étudie notamment la production de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie grise. Elle concerne l'impact environnemental de l'ensemble du projet mais aussi de chaque élément de réemploi de manière individuelle. Ces études individuelles permettent de comparer l'impact induit par un élément précis dans une mise en œuvre précise par rapport à la mise en place d'un matériau neuf. Il est, dès lors, possible de visualiser l'impact réel des flux mis en œuvre sur l'environnement. Ces bilans servent aussi d'apprentissage, grâce à eux on repère les endroits où des améliorations seraient à apporter si l'on devait à nouveau réutiliser ce matériau de réemploi. C'est dès lors un outil qui aide à mettre en perspective les différentes possibilités de mise en œuvre et l'impact que celles-ci ont sur l'environnement. Ces données serviront aussi de support pour la création d'outils en ligne du type woodguide.com.

Un deuxième aspect du travail de Superuse Studio consiste à cyclifier : à créer une nouvelle *économie circulaire** mettre les entreprises en réseaux pour qu'elles créent un écosystème. Le principe consiste à utiliser les extrants d'une entreprise pour servir d'intrants à une seconde. Par exemple les déchets d'une usine de café peuvent servir d'engrais pour une entreprise proche qui fait pousser des champignons. Non seulement l'agence crée un bâtiment pour une entreprise mais en plus il essaie d'intégrer cette entreprise dans le contexte économique qui l'entoure. Nous ne ferons que mentionner cette pratique qui touche moins à la manière de concevoir l'architecture. Il est cependant évident que les efforts en ce qui concerne le réemploi ne doivent pas être envisagés qu'au niveau des matériaux de construction.

Mise en réseau :

Pour faciliter les différents processus décrits ci-dessus, Superuse Studio a créé 3 sites internet qui permettent de tisser un réseau autour du réemploi des matériaux de construction.

- Le premier www.superuse.com, est un site open source qui permet de partager ses connaissances quant aux utilisations possibles d'un matériau bien précis. On y trouve aussi où trouver ces matériaux de réemploi grâce à des liens vers la seconde plateforme.
- www.oogstkaart.nl : cette plateforme permet de savoir où se procurer différents types de matériaux de réemploi à l'échelle des Pays-Bas. On y trouve une fiche descriptive avec les informations suivantes : la localisation, une description du produit, ses dimensions, la quantité disponible et la date.
En Belgique, il existe un outil similaire : la plateforme **opalis.be** du collectif Rotor. Le principe est de créer un annuaire actualisé de revendeurs professionnels et de matériaux. On sait donc où il est envisageable de trouver le matériau mais pas avec quelle disponibilité. Il est probable que ces outils vont continuer à se développer à l'avenir. On pourrait même imaginer la possibilité de mettre à jour les stocks disponibles en temps réel grâce à une application.
- www.woodguide.org permet de tenir au courant les designers des choix qu'ils peuvent faire pour transformer les matériaux de réemplois. On y reçoit au travers de plusieurs rubriques des conseils pour faire des créations durables, des informations sur les matériaux, les techniques utilisées pour s'en servir et leur impact sur la durabilité du projet avec des alternatives possibles. L'analyse du cycle de vie tient ici compte du transport, du type d'utilisation et de finitions. Le souhait de Superuse Studio est de voir naître d'autres guides de ce type pour d'autres catégories de matériaux (métal, verre, ...)

Analyses du cycle de vie :

Elles peuvent se baser sur 5 critères différents, comprenant chacun plusieurs indicateurs :

- L'économie des ressources énergétiques : énergie grise, consommation d'énergie non renouvelable, transport ;
- L'économie des ressources non énergétiques : la disponibilité/rareté et nature des ressources (naturelle, synthétique, recyclée, renouvelable ou non) ;
- La maîtrise des impacts sur l'environnement : potentiel d'effet de serre, d'acidification, de formation d'ozone troposphérique, transport et pollution atmosphérique ;
- La maîtrise des impacts sur la santé : substances et émissions toxiques pour la santé, nuisances lors de la mise en œuvre ;
- La fin de vie et le potentiel de recyclage.

De nombreux outils permettent le calcul de ces impacts via l'analyse du cycle de vie (LCA). Cependant, l'interprétation de la multitude de résultats peut s'avérer fastidieuse, voire carrément opaque, pour la majorité des concepteurs et maîtres d'ouvrage [GOBBO, 2015]. L'utilisation de ces outils ne devrait pas être cantonnée à la fin du projet. Leur emploi devrait être avantageux dès les premières phases de conception.

Pour conclure, les projets de Superuse prouvent qu'il est possible grâce à une étude assez approfondie d'obtenir une intégration réussie des matériaux de réemploi. Ceci nécessite par contre une équipe pluridisciplinaire dans laquelle tous les intervenants travaillent plus ou moins simultanément à la réalisation du projet. Il est donc nécessaire de mettre en place une synergie entre tous les acteurs travaillant à la réalisation du projet. Il faut aussi être capable de trouver des collaborateurs (entrepreneur, maître d'ouvrage, industrie, ...) convaincus par le réemploi et qui n'ont pas peur de se lancer dans des voies nouvelles.

Cette « école » du réemploi ne vise pas à diminuer les coûts de la construction par rapport à une construction neuve. Elle vise plutôt la mise en place d'un projet durable, ayant moins d'impact sur l'environnement et au prix d'un projet neuf de la même ampleur. Pour cette « école » ce que représente le matériau de réemploi n'est pas différent de ce que représente un matériau traditionnel si ce n'est qu'on rentabilise l'énergie qui a été nécessaire à sa production en intensifiant son usage.

Construire pour déconstruire : V.U.B

Les informations contenues dans ce paragraphe sont tirées des publications de la cellule de recherche de la VUB ae-lab. Ces informations ont été amassées via :

- <http://www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/> ,
- la conférence BAMB donnée à l'IBGE le 03/05/2016 et
- du site www.bamb2020.eu/action-4-refurbishment-lab-van-der-meeren-student-housing/.

Cette approche s'inspire de la stratégie de 4Dimensional Design (ou nouvellement nommé Design for Change) qui offre une réponse anticipative à l'évolution du bâtiment sur le long terme. La conception durable est dès lors basée sur le temps comme quatrième dimension. Il s'agit de construire pour une adaptabilité et une déconstructibilité des systèmes, d'assembler dans le but de désassembler ou d'agrandir. Le potentiel de récupération et de recyclage des matériaux, des composants, des systèmes est étudié pour être optimisé. Il est question de stratégie de conception se basant sur des règles de standardisation d'assemblage et de dimensionnement [GOBBO, 2015].

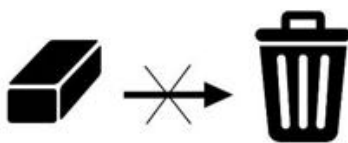


Illustration 9 : La ressource ne devient pas un déchet

L'unité de recherche Transform faisant partie du groupe de recherche de la Vrije Universiteit Brussel en ingénierie de l'architecture, ae-Lab poursuit des recherches sur les thèmes suivants dans un objectif de facilitation de la recherche et de la collecte d'expertise sur la conception et l'évaluation des matériaux, des composants et des structures qui anticipent le changement et le temps grâce à l'ingénierie architecturale. Leurs recherches portent sur les thèmes suivants :

- La rénovation durable et dynamique
- Les analyses de cycle de vie (LCA) et des cycles de coûts (LCC)
- Le dessin de détail permettant le désassemblage
- Le dessin pour la réutilisation des composants au travers de connexions sèches et réversibles
- L'adaptabilité des bâtiments

Ce sont les études menées sur les 3 derniers points qui nous intéressent dans ce cas.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Ces études partent du constat suivant : nous vivons dans une ère où le changement rapide est une tendance culturelle. L'innovation technologique évolue et conduit sans cesse à de nouveaux produits ce qui entraîne une raréfaction des ressources et une augmentation de la production de déchets. C'est pourquoi, il est nécessaire que ces ressources finies soient utilisées à bon escient. En supprimant l'état de fin de vie des produits, on passe d'un processus linéaire à un processus cyclique qui est beaucoup plus économique. Cependant, pour pouvoir mettre en place ce cycle de vie cyclique du produit, il est nécessaire de prévoir des possibilités d'amélioration et pour ce faire de transformation. Prenons en exemple le projet pilote de l'unité TRANSFORM : The sustainable transformation of Van Der Meeren's student houses : A feasibility study dans le cadre du projet Horizon 2020 BAMB (Buildings as Material Banks). L'étude n'est pas finie mais les rapports intermédiaires permettent de comprendre les enjeux du projet.

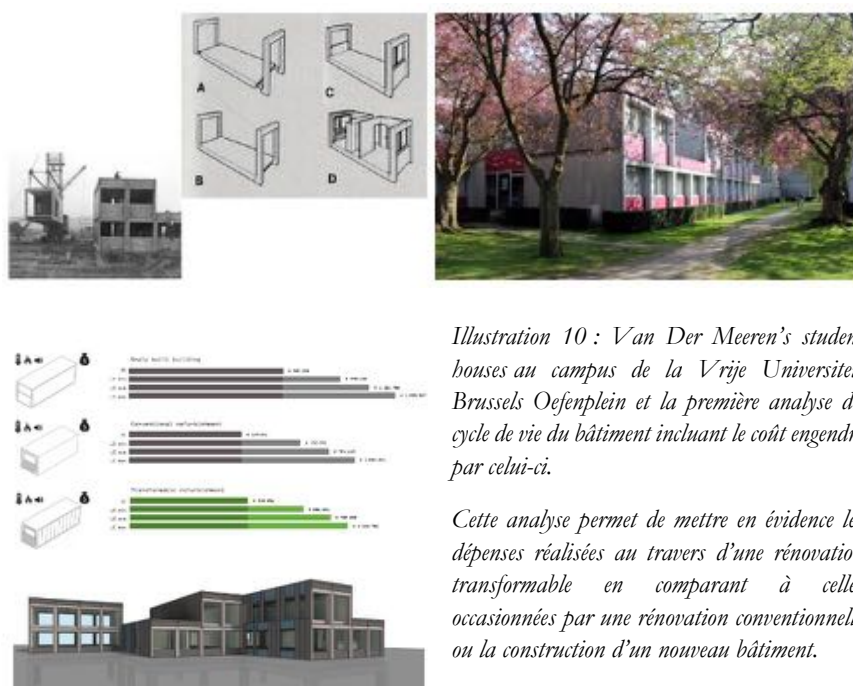


Illustration 10 : Van Der Meeren's student houses au campus de la Vrije Universiteit Brussels Oefenplein et la première analyse du cycle de vie du bâtiment incluant le coût engendré par celui-ci.

Cette analyse permet de mettre en évidence les dépenses réalisées au travers d'une rénovation transformable en comparant à celles occasionnées par une rénovation conventionnelle ou la construction d'un nouveau bâtiment.

L'étude consiste en une analyse de faisabilité sur la transformation des 352 résidences étudiantes situées sur le campus de la Vrije Universiteit Brussels Oefenplein conçues en 1973 par l'architecte belge Willy Van Der Meeren et basées sur un système innovant de construction modulaire. Au travers de ce bâtiment l'équipe TRANSORM va tenter de prouver que la transformation est une alternative viable à la démolition et ce à travers de 3 phases :

- La première permettra de tester et de remettre en valeur des remplissages internes transformables (parois internes, techniques, isolation intérieure, ...) dans le but de diminuer la production de déchet inhérente aux transformations futures de 75-95%.
- La deuxième étudiera la conception de façades extérieures transformables qui permettent de satisfaire les standards de confort actuel mais aussi d'évoluer avec eux. Le but étant aussi de réduire la production de déchet de 75-95% dans le cas de futures modifications.
- La troisième étudiera la modification de l'organisation et de la fonction des unités d'habitations en béton. La réutilisation de l'élément de structure qu'est l'unité d'habitation permet de sauvegarder une trace d'un bâtiment qui a une valeur culturelle mais aussi de diminuer la production de déchet de 40-60% et d'éviter l'extraction de nouvelles ressources.

La démarche reste toujours identique qu'elle que soit l'échelle étudiée (une composante, l'élément de construction, l'unité d'habitation, l'entièreté du bâtiment). On procède à une analyse de la composition du produit pour ensuite le reconfigurer en intégrant éventuellement des composants supplémentaires permettant la mise à niveau des performances de ce produit. Dans ce but chaque composant doit être démontable et compatible avec un autre système. Les différents systèmes forment des sortes de kits de pièces qui peuvent mener à des performances différentes qu'il est dès lors aisé d'améliorer. Si l'on veut que cela fonctionne il faut que les connexions entre les différents constituants soient sèches et réversibles. En fin de compte, le démontage permet une démolition sélective de la structure, un décapage doux qui n'élimine que certaines composantes. Il permet aussi de facilement les réutiliser ou encore de les séparer en fractions pures pour les recycler.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

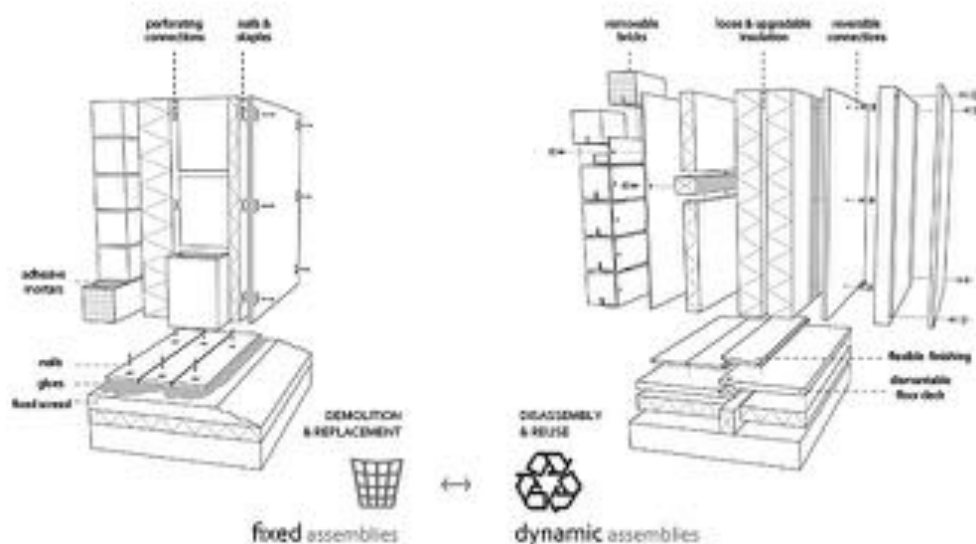


Illustration 11 : Graphical representation of a fixed and a dynamic wall assembly (Anne Paduart)

Cette étude permettra de développer différents outils permettant la simplification des processus.

- Le premier est le protocole de conception réversible : un outil de conception qui favorise le potentiel de réduction des déchets. Ses méthodes d'évaluation sont basées sur trois axes :
 - La réutilisation potentielle (à la fois des structures existantes et conçues)
 - La capacité de transformation
 - Inclusion dans un processus économique dynamique et circulaire.
- Le deuxième est constitué d'analyses du cycle des vies des bâtiments et du coût qu'ils représentent.
- Le troisième est le *passport matériaux* *: un moyen de suivre l'histoire de réutilisation des matériaux de construction tout au long de leur cycle de vie

Ces différents outils en plus d'être nourris par cette étude sont aussi développés dans le cadre plus large de BAMB

Pour conclure, les points d'attention qui pourront être développés à propos de cette « école » du réemploi seront :

- La phase de décision concernant les techniques à utiliser dans le bâtiment. Il est dorénavant nécessaire de les envisager comme des composantes qui pourront être remplacées et non plus être installées pour l'ensemble de la durée de vie du bâtiment. Chaque élément se comporte comme un système à part entière. Il est nécessaire de pouvoir remplacer ce système ou de lui apporter des modifications sans endommager l'ensemble du bâtiment.
- La conception des détails techniques du projet doit permettre des assemblages secs que l'on peut démonter et reconstruire par la suite.
- La mise à disposition dans le DIU* des passeports matériaux de tous les matériaux réemployés.

Les limites de la méthode de cette « école » sont que cette approche est pour le moment uniquement à l'état d'étude. Les outils susmentionnés n'en sont qu'au stade de projet en développement. Il faut aussi mentionner la rigidité de l'approche modulaire qui ne s'adaptera pas à tous les cas possibles. Cette méthode a, en effet recours, à des systèmes multi-modulaires adaptés aux différentes échelles et aux différents systèmes d'un bâtiment.

Le réemploi, un artisanat : Jean-Marc Huygen

Les informations contenues dans ce paragraphe sont tirées d'une interview de J-M HUYGEN pour Radio France International : La Poubelle et l'Architecte par Danielle Birck, de l'article *Matériaux de réemploi et imaginaire social*, dans le Cahier de l'urbanisme n°73, et du livre de Huygen : *La poubelle et l'architecte : vers le réemploi des matériaux*.

Cette « école » à la limite entre artisanat, art, et architecture nous apprend principalement une nouvelle manière d'appréhender la matière, non pas comme un bien de consommation, mais comme un vecteur de relation et de mémoire. Elle propose d'utiliser les objets obsolètes présents autour de nous et de les assembler de manière à obtenir un objet nouveau.



Illustration 12 : Valeur de mémoire

Jean-Marc Huygen est une référence en ce qui concerne cette approche. Il explique dans une interview que le 24/11/1883, est la date de l'arrêté du préfet de Paris Eugène Poubelle imposant la poubelle obligatoire. « *C'est une date importante parce que c'est à partir de ce moment-là qu'on en est arrivé petit à petit jusqu'au XXe siècle, à ne plus prendre conscience des déchets que nous produisons et à les rejeter tout simplement, sans nous en soucier* ». Dès lors nous considérons tous ce qu'on utilise plus comme obsolète et on les jette sans se soucier de la valeur qu'il pourrait encore avoir pour quelqu'un d'autre. Nous l'avons vu précédemment cette attitude tend à changer. « *La première nouveauté de notre XXIe siècle, dit Huygens, c'est de redevenir, ou même devenir, conscients des déchets que nous produisons... Le signifié du matériau (et des techniques) dépend de l'imaginaire social* » Dès lors qu'un matériau est considéré comme un déchet on a eu jusqu'à aujourd'hui tendance à le déprécier. Ce que cette « école » espère pour l'avenir est que l'on reconnaisse la valeur qu'il a encore et qu'on lui ajoute celle dont il se charge avec le temps. Les principes à utiliser pour y arriver ont déjà été expliqués dans la partie matière, énergie, mémoire et forme.

Une architecture relationnelle

« Relationnalisme (venant de relationnel, (...)) : chaque être humain ne peut être tout puissant, il n'est qu'un des éléments du système terrestre, en relation avec les autres éléments (humains, vivants ou inertes, aujourd'hui ou demain). Le *paradigme** en est la *soutenabilité**, c'est-à-dire la nécessité de permettre aux autres de disposer d'au moins autant d'opportunités de bien-être que nous en avons nous-même. L'imaginaire social a donc besoin de matériaux dont à la fois le signifiant et le signifié répondent au *paradigme*. * » [INTERVIEW : BRICK]. Le matériau de réemploi, objet enrichi d'une composante patrimoniale et /ou symbolique est une nouvelle famille de matériau qui est idéale pour créer une relation entre aujourd'hui et hier. Il existe en effet selon Huygen 4 famille de matériaux :

- Les matériaux organiques,
- Les matériaux minéraux,
- Les matériaux métalliques et
- Les matériaux composites.
- Les matériaux de réemploi constituent une cinquième catégorie qui en plus d'être composites ne sont pas produits dans un but constructif : ils sont là [HUYGEN, 2008].



Les « folies liégeoises » sont des infrastructures construites en matériaux de réemploi par des équipes mixtes d'étudiant[e]s en architecture, en ingénierie et en création textile. Et qui ont pour but de :

- jalonner un parcours à la manière du Petit Poucet ;
- afficher des informations sur les diverses activités et les sponsors ; garder la mémoire des activités terminées, d'une saison à l'autre, évoluer par des traces qui s'accumulent ;
- intervenir temporairement sur des espaces délaissés, ou au contraire susciter des appropriations libres ;
- donner à la rue un supplément d'urbanité (banc, toit, coin de rencontre) et la révéler comme espace de la communauté.

[<http://matieras.eu/4.0.folies.html>]

Illustration 13 : Folies Liégeoises

L'ego de l'architecte

Grâce à cette vision nouvelle de l'objet qui ne nous est plus utile et de son utilisation comme une catégorie de matériaux à part entière, la pratique de l'architecture évolue à son tour. L'architecte n'agit plus en « architecte riche », qui utilise des matériaux uniquement issus de la société de consommation, tout beaux tout neufs et qui sont créés sur mesure pour satisfaire son égo, mais en « architecte *réemployeur** », qui utilise des matériaux riches de leur vie d'avant. « L'architecte riche » dessinait les espaces et les formes et puis recherchait des matériaux pour le construire. « L'architecte *réemployeur** » a une pratique qui s'apparente plus à de l'artisanat ou de l'art, il glane, accumule et classe les objets qu'il récupère. Il est forcé d'adapter chaque concept théorique aux matériaux en les assemblant de manière esthétique et performante. Mais il doit aussi conserver une forme de cohérence et d'harmonie du projet final.

Les relations entre les différents acteurs (maître d'ouvrage, usager, entrepreneur, artisan, auteur de projet, ...) devront être amplifiées.

Rural Studio.

Les informations de ce paragraphe sont tirées du site de rural studio : www.ruralstudio.org et de la bibliographie de Samuel Mockbee son fondateur : www.samuelmockbee.net. Le bureau Rural Studio illustre avec des exemples concrets « l'école » de réemploi comme artisanat.

Rural Studio est un partenariat entre l'Université d'architecture d'Auburn et les citoyens de Hale County en Alabama. Il consiste pour les étudiants en un cours pratique où ils réaliseront premièrement une esquisse d'un projet selon une approche participative avec la communauté de Hall County, dans un second temps d'autres étudiants reprendront ces esquisses et sur cette base donneront vie au projet en concevant celui-ci dans le détail et en participant à sa construction.

Il est question pour cette seconde phase de glaner un maximum de matériaux de réemploi, de recyclage ou encore de matériaux de faible coût et de voir comment il est possible d'agencer tout cela. Cette réflexion se fait au travers du dessin mais aussi grâce à la manipulation et à l'expérimentation à partir des objets eux-mêmes. C'est pourquoi, chaque projet est une nouvelle invention. On n'essaye pas, ici, de construire des méthodes de réutilisation de telle ou telle matière. On a telle matière avec telle quantité et qu'est-ce qu'on en fait ? C'est la question que pose cette « école ».

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI



Illustration 14 : Lions Park Playscape, Rural Studio

L'avantage de cette pratique participative est triple :

- D'un point de vue économique : elle permet de réaliser des maisons et des équipements collectifs à moindre coûts pour une population locale défavorisée
- D'un point de vue social : l'approche participative permet de renforcer les liens entre les membres de la communauté.
- D'un point de vue pédagogique : elle offre aux étudiants en architecture un apprentissage grâce à la réalité et la mise en pratique concrète.

En conclusion, il est très difficile de tirer une méthode ou des outils de cette « école ». D'une part parce qu'elle consiste surtout en une manière d'appréhender le déchet et d'autre part parce qu'elle peut prendre de multiples formes qui vont de l'art à l'architecture. Il est cependant certain qu'elle laisse une très grande place à la manipulation et à l'expérimentation en grandeur réelle.

Pratiques individuelles

Les informations contenues dans ce paragraphe sont inspirées de la lecture du Projet d'activation des filières de réemploi des matériaux de construction en région de Bruxelles – réalisée par Rotor.

Cette partie concerne le réemploi mis en place par des particuliers de manière ponctuelle et individuelle dans un but principalement économique.

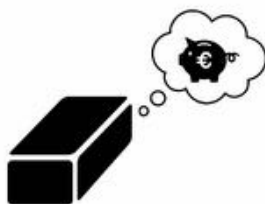


Illustration 15 : Valeur économique

La pratique du réemploi, n'est pas une pratique neuve. De tous temps, les gens ont récupéré des matériaux d'anciens bâtiments lors de leur démolition. Cette pratique était même beaucoup plus courante quand il n'était pas nécessaire de fournir un certificat pour certifier la qualité des produits que l'on mettait en œuvre.



Illustration 16 : Congregation Leaving the Reformed Church in Nuenen, Vincent van Gogh, 1884 – 1885, Amsterdam Museum



Illustration 17 : Sale of Building Scrap, Church in Nuenen, Vincent van Gogh, 1885, Amsterdam Museum

Cette pratique de réemployer des matériaux de construction est toujours bien ancrée. Lors des chantiers de démolition ou de rénovation, de nombreux matériaux sont récupérés, principalement les matériaux nobles à grande valeur marchande ou ayant une valeur patrimoniale forte. En Belgique cela concerne, principalement la pierre bleue, les briques, les tuiles, le carrelage, les pierres naturelles, le bois de construction, ... Les éléments à plus faibles valeurs ou ayant tendance à être dépassés au niveau performance, tel que les portes extérieures, les châssis, ... sont moins faciles à trouver

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

auprès de revendeurs. Et pour cause, le bilan économique entre leur démontage sans destruction et leur valeur de réemploi est souvent négatif.

Les matériaux récupérés sur des chantiers de démolition ne sont évidemment pas les seuls exploitables. Les particuliers vendent ou donnent aussi des quantités d'éléments réemployables leur appartenant. Ces échanges peuvent se faire par voie de bouche à oreille ou encore via des sites tels que : www.2ememain.be. On retrouve sur ce site des annonces de personnes souhaitant vendre, donner, recevoir ou acheter une foule de choses. Cela s'agence sous forme de petites annonces triées par catégories et qui précisent le ou les objets concernés, le prix et les dispositions à prendre pour le ou les récupérer.

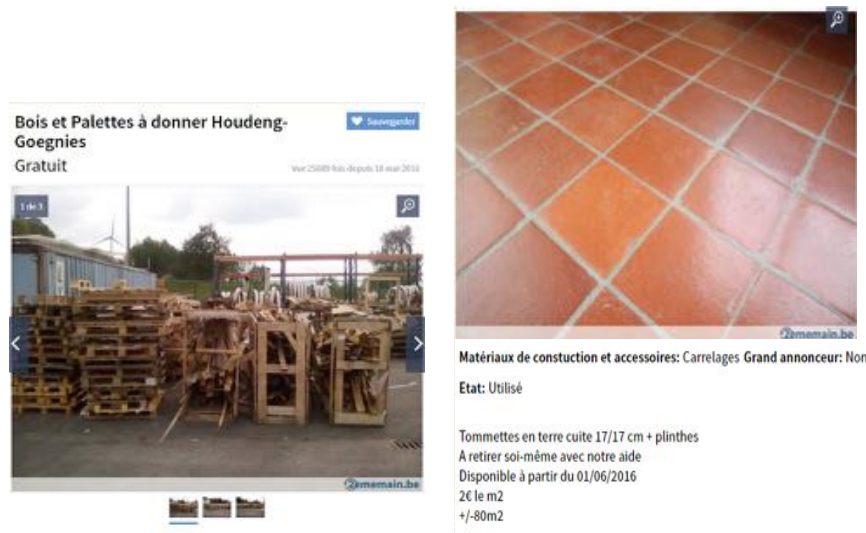


Illustration 18 : Exemples d'annonce que l'on peut retrouver sur www.2ememain.be

Il existe deux options concernant le prix de ces matériaux, soit il s'agit d'une rareté architecturale qui va intéresser un connaisseur et se vendre à très haut prix, soit, et c'est ce qui nous intéresse ici, le matériau de réemploi sera vendu à plus bas prix que le matériau neuf. C'est cette pratique de réemploi comme opportunité économique qui va constituer notre quatrième « école ».

Cette volonté de minimiser le coût de construction en n'utilisant pas des matériaux neufs peut se faire de plusieurs manières :

- A titre particulier (je bricole dans ma maison),
- Via un entrepreneur,
- Via un architecte qui peut prescrire au cahier des charges d'utiliser un matériau de réemploi,

et ce à toutes les échelles. Cela va d'une porte, aux carrelages de la salle de bain, jusqu'aux parements en brique et aux poutrelles de structure.

Il est bien évidemment impossible de recenser ce genre de pratiques de manière exhaustive. Encore moins d'évaluer quelle quantité de flux de matière elles représentent.

Trois points d'attention sont cependant à mettre en évidence :

- Premièrement, comme c'est toujours le cas avec les matériaux de réemploi, on ne peut garantir que ce produit restera disponible et en quelle quantité il le sera. Cela peut restreindre leur utilisation en ce qui concerne certains projets plus conséquents pour lesquels les prescriptions peuvent être faites longtemps avant la construction et dans le cas où il n'est pas envisageable de stocker ces matériaux en attente.
- Deuxièmement, les matériaux de construction d'occasion ne disposent généralement pas de garantie attestant leurs performances. Dès lors, leur utilisation implique une prise de responsabilité de l'architecte, de l'entrepreneur et du maître d'ouvrage. Une bonne connaissance de l'histoire du matériau est néanmoins parfois une garantie suffisante. On verrait donc ici aussi l'avantage de l'instauration de *passport matériau** permettant facilement de retracer cet historique.
- Troisièmement, la préparation au réemploi n'est pas toujours faite avant la vente. Il est parfois nécessaire de procéder à un travail supplémentaire qui, sur chantier, entraîne des suppléments de budget et de temps. Cependant certains revendeurs proposent aussi ces services.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

En conclusion, ce type de pratique du réemploi en vue d'obtenir un matériau à moindre coût est une pratique qui a toujours existé mais tend à se généraliser. Avec cette généralisation, nous assistons à la mise sur pied d'infrastructure permettant cette expansion.

COMBINAISONS DE CES DIFFÉRENTS PRINCIPES

Il est évident que les écoles exposées ci-dessus séparément pour plus de clarté se voient généralement combinées les unes aux autres. Ainsi un projet peut être mis en œuvre avec des matériaux de réemploi et à la fois présenter des assemblages secs et un haut taux de démontabilité. Ces 4 écoles ne sont pas du tout cloisonnées, au contraire, elles ont la capacité de s'enrichir l'une l'autre. Un projet peut bien évidemment respecter chacune d'entre elles. Néanmoins, il y en aura toujours une qui primera sur les autres car le projet est toujours mené vis-à-vis d'une question éthique et cette question est différente dans chaque école. Ce n'est pas tant la manière de mettre en place le réemploi qui est différente, mais plutôt le but dans lequel on l'emploie.

Prenons comme exemple l'Athénée Riva Bella à Braine l'Alleud, réalisé par l'Atelier d'architecture Alain Richard en 2013. Le projet est un projet de rénovation d'un bâtiment scolaire semi- préfabriqué contenant deux sections, une section générale et une section professionnelles. Ce bâtiment peut correspondre à 3 des écoles de réemploi vue précédemment :

- La structure de l'ancien bâtiment semi-préfabriqué est basée sur une trame modulaire et une structure portante de poteaux. Il est donc aisé de se réapproprier l'espace autrement une fois celui-ci vidé de ses cloisons. Ces cloisons préfabriquées ont justement été démontées afin d'en améliorer les performances (acoustiques et résistance au feu). 80% des cloisons ont donc pu être récupérées. Les améliorations et le remontage des cloisons est pensé de manière à ce que l'opération puisse être reproduite par la suite, cet élément garde donc son aspect transformable. Tous ceci correspond assez bien à notre 2ème école.
- La réutilisation de la terre des déblais pour créer les remblais, le fait de laisser en place certains carrelages, ainsi que de conserver des éléments de mobiliers et d'équipements, Correspond assez bien à notre 4ème école.

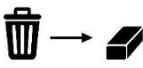
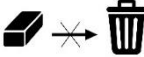
UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

- Cependant, le projet a été créé avec une philosophie qui est proche de la 3ème école. Ceci est dû au fait que les auteurs du projet, en réutilisant les capots d'habillage qui emballait les piliers de la structure en tant qu'élément de bardages, tentent de faire passer un message. « Au moment de décider de l'intervention sur le Bâtiment Semi-Préfabriqué, une forte conviction nous anime : la recherche d'une attitude pédagogique et culturelle ambitieuse qui nous sorte enfin de l'ère du jetable, qui nous aide à dépasser l'ère du recyclable, et qui initie l'ère du renouvelable. Renouveler, au sens de « rendre nouveau en transformant » [www.aa-ar.be]. Ce bardage a effectivement un rôle pédagogique car il permet de garder en mémoire d'où vient le bâtiment et les matériaux qui le composent. Cette attitude pédagogique est encore renforcée par une approche participative. En effet l'auteur de projet a tenu compte que le maître d'ouvrage, en l'occurrence une école, occupait une section technique capable de travailler le métal pour les impliquer dans le projet.



Illustration 19 : Athénée Royale Riva Bella, AA-AR

COMPARAISON ENTRE LES ÉTAPES CLÉS POUR LES DIFFÉRENTES ÉCOLES

	1 ^{ère} école : Super-utilisation	2 ^{ème} école : Composantes transformables	3 ^{ème} école : Le réemploi comme artisanat	4 ^{ème} école : Pratique individuelle
				
But poursuivi	Utilisation intensive de la matière	Ne pas produire de déchet	Mémoire de l'objet en tant que vecteur du relationnel	Minimisation des coûts
Étapes du projet				
Choix du site	-Audit → potentiel de réemploi du site -Réalisation d'une « carte de récoltes »	Plus facile dans le cas de rénovation de bâtiments préfabriqués ou neufs	-Audit → potentiel de réemploi du site	-Audit → potentiel de réemploi du site
Programme	-Etude sur <i>l'économie circulaire*</i> que peut engendrer le bâtiment	-Pas d'impact	-Etudier de façon participative avec les occupants	-Pas d'impact
Étude de faisabilité	-Etudes poussées du potentiel de nouveaux matériaux	-Etude de ce qui doit être démontable	-Analyse des matériaux récupérés	-Pas d'impact
Esquisse	-Inspirée par les « cartes de récoltes »	-Organisation spatiale qui permette la modularité	-Approche participative avec les occupants	-Pas d'impact
Avant-projet détaillé	-Grand impact si la structure est réemployée Attention à la garantie !	-Penser la modularité	-Comment assembler les éléments récupérés ?	-Pas d'impact
Projet architectural	-Mise en valeur du réemploi	-Mise en valeur du réemploi	-Mise en valeur du réemploi	-Etude de la gestion des matériaux
Projet d'exécution	-Articles spécifiques au CDC	-Articles spécifiques au CDC	-Tests grandeurs réelles des assemblages et	-Articles spécifiques au CDC

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

	-Attention particulière aux détails	-Détails pensés pour la déconstruction et la transformation	performance approches par l'essai pratique -Articles spécifiques au CDC	
Appel d'offre	-Soin du choix de l'entrepreneur, possibilité de sa participation dès la conception	-Soin du choix de l'entrepreneur, possibilité de sa participation dès la conception	-Approche participative	-Soin du choix de l'entrepreneur ou -Auto-construction
Chantier	-Plan de gestion des déchets -Evolution des méthodes et outils de travail	-Plan de gestion des déchets -Evolution des méthodes et outils de travail	Participation des occupants, étudiants, ...	-Plan de gestion des déchets ou -Méthode traditionnelle
Réception des travaux	-Valoriser le résultat obtenu -Analyse des cycles de vie - <i>Passeports matériaux*</i> -Partage des informations sur les nouveaux matériaux	-Valoriser le résultat obtenu -Analyse des cycles de vie - <i>Passeports matériaux*</i>	-Valoriser le résultat obtenu	-Valoriser le résultat obtenu
Autres critères de comparaison				
Coûts	Identique au neuf	Economie à la rénovation	Moins cher que du neuf	Moins cher que du neuf
Equipe	- Multidisciplinaire -Plus d'implication des différents acteurs	Contact étroit avec l'ingénieur pour les dessins des assemblages -Plus d'implication des différents acteurs	-Participation des occupants -Plus d'implication des différents acteurs	-Plus d'implication des différents acteurs

CONCLUSIONS

On peut mettre en évidence à travers ces quatre écoles que lors de l'utilisation du réemploi dans une certaine proportion « La matière devient un point de départ qui conditionne la création architecturale. Cela implique une complexification de l'étape de conception et participe à une revalorisation du concepteur capable d'intégrer de nouvelles contraintes. (...) ». Quand une uniformisation du style gagne chaque jour du terrain, le besoin de recourir à un concepteur s'effrite. A l'inverse, les capacités d'analyse de mise en œuvre non conventionnelles ou de juste dosage d'un cocktail performant et durable de matériaux repositionne l'architecte et les équipes de maîtrise d'œuvre élargies au centre d'une équation à multiples inconnues et à multiples solutions. » [CHOPIN & DELON, 2014]. En effet, l'architecte a, dès lors, un important rôle de recherche d'information, d'invention de nouvelles solutions techniques et de création de détails spécifiques au réemploi, mais aussi de recherche de matériaux à réemployer.

La matière la plus proche étant souvent plus rentable d'un point de vue économique et écologique, l'analyse du site va dès lors prendre une plus grande importance. En effet, On remarque que trois des quatre écoles étudiées font intervenir un audit, un inventaire de matériaux avant la conception du projet. Cet inventaire permet d'appréhender ce dont on dispose afin de pouvoir imaginer comment le réemployer. Il intervient selon les « école » à des échelles différentes. Le rayon de recherche va de tout ce que les participants trouvent dans le cas de Rural Studio et Marc Huygen, à une quinzaine de kilomètres dans le cas du Superuse studio, à uniquement ce qui est déjà sur place comme pour l'Atelier d'architecture Alain Richard. Cependant, connaître la matière dont on dispose ne veut pas dire que tout va pouvoir être réemployé.

L'école qui prône la déconstructibilité se différencie ici des autres. En effet, aucun inventaire n'est réalisé préalablement au projet. Le système est ici inversé on ne conçoit pas avec des matériaux réemployés mais pour qu'ils puissent l'être par la suite. Les bâtiments sont les futurs gisements de matière qui seront utilisés pour construire. L'école propose donc des outils pour tracer l'information de cette matière et qui permettrait d'aisément compléter l'inventaire : le *passport matériau**.

Connaître la matière en présence afin de déterminer ce qui sera réutilisable semble donc être un réel enjeu. Cependant, aucune des écoles étudiées ne spécifie comment savoir ce qui est susceptible d'être réemployé. Choisir quelle est la matière potentiellement réemployable est laissé aujourd'hui à l'appréciation subjective de chacun. N'existe-t-il aucun critère objectif sur lequel on puisse se baser ? C'est très peu probable. Nous proposons donc d'identifier les critères qui favorisent le potentiel réemploi

de la matière. Cela permettra de voir clairement à partir d'un gisement de départ quelle part peut être réemployée et quelle part devra être valorisée autrement.

Il semble aussi intéressant d'appréhender par la pratique les impacts de la réalisation d'un inventaire sur la conception d'un projet d'architecture. Cela permettra d'identifier plus particulièrement les difficultés que l'on peut alors rencontrer. Nous appliquerons donc la démarche qu'utilise Superuse studio à un cas d'étude. Cette démarche est choisie car elle invite à maximiser l'usage de la matière présente aux alentours afin de profiter au mieux de sa valeur. Néanmoins, il est difficilement envisageable de n'utiliser que des matériaux de réemploi à une échelle dépassant celle d'un pavillon. Puisque le cas étudié sera un bâtiment plus conséquent l'étude sera complétée par une partie réalisée en matériaux neufs qui, suite à l'étude du travail réalisé par la VUB, comportera des détails permettant un réemploi futur de la matière mise en œuvre.

LE RÉEMPLOI EN PRATIQUE

Cette partie illustrera la manière dont l'utilisation de l'inventaire avant les premières phases de conception influence cette dernière et ce par l'application à un cas précis. Cela permettra aussi de mettre en évidence les difficultés rencontrées lors du processus. Le but sera d'intégrer la plus grande quantité possible de matière réemployée dans le projet. Comme mentionné précédemment ce travail sera complété par une partie étudiant le futur potentiel de réemploi de la matière neuve mise en œuvre.

LE PROJET



Illustration 20 : Projet : un incubateur d'industrie et d'entreprise locale à Anderlecht

Le projet utilisé pour mettre en évidence ces applications, se situe sur le site des abattoirs d'Anderlecht à Bruxelles. La société Abattoir cherche à développer le site en remplaçant les anciens abattoirs par de nouvelles installations plus compactes et respectant mieux les normes actuelles. Pour cela il sera nécessaire de démolir les anciennes installations. Nous proposons dans ce travail un master plan alternatif, où les abattoirs ne sont pas démolis mais déconstruits afin de ne pas transformer en déchet la matière qui les compose. La matière ainsi épargnée pourra donc servir à de nouvelles constructions.

Afin de mettre en place cette déconstruction la transformation du site devra se dérouler en trois phases. La construction de nouveaux abattoirs constituera la première. La réflexion du projet en ce qui concerne ceux-ci sera limitée à un dimensionnement des différentes activités liées à l'abattage qui permettra de réaliser une volumétrie de ces nouvelles installations. La deuxième consistera à démonter tout ce qui peut être réemployé dans les anciens bâtiments. La matière démontée pourra provisoirement être stockée

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

sous les halles. La troisième phase fera l'objet de la création d'un incubateur d'industries et d'entreprises locales à partir d'un maximum de matériaux réemployés provenant des anciens abattoirs.

Situation de départ



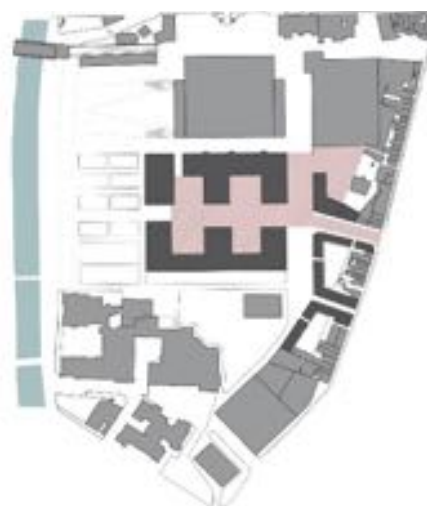
Phase 1 : Construction des nouveaux abattoirs



Phase 2 : Déconstruction des anciens abattoirs



Phase 3 : Construction de l'incubateur



Légende:
■ Zone logistique
■ Bâtiments construits
▤ Bâtiments déconstruits

Illustration 21: Phasage des interventions

INVENTAIRE DE LA MATIÈRE

Afin de visualiser les quantités et la nature de la matière qu'il est possible de réemployer il est nécessaire de réaliser préalablement un inventaire. Celui réalisé dans le cadre du projet d'architecture sur les anciens abattoirs est résumé dans les annexes.

In situ

Le réemploi sur site est celui qui est le plus rentable d'un point de vue énergétique. Il est donc à privilégier. En effet, le processus de préparation au réemploi nous l'avons vu précédemment demande une dépense d'énergie. Celle-ci est liée à la déconstruction, au redimensionnement, au nettoyage, à la réparation. Le réemploi ex situ crée une dépense d'énergie supplémentaire en reconditionnement et en transport. A partir d'un moment les dépenses énergétiques liées à cette préparation dépassent celles liées à la production d'un élément neuf. Le réemploi n'est alors plus rentable d'un point de vue énergétique mais uniquement d'un point de vue d'économie de la matière. Nous conseillons donc, si cela est possible, d'utiliser le plus possible la matière in situ avant d'injecter le reste dans les filières de réemploi.

Dans le cas des abattoirs d'Anderlecht, nous avons la chance d'avoir une grande quantité de matière sur site. Réintégrer une grande part de celle-ci dans le nouveau bâtiment sera donc une priorité. Les matériaux non utilisés, pour des questions de quantités ou parce qu'ils ne correspondent simplement pas au nouveau projet, pourront être réinjectés dans une filière de réemploi. Afin d'éviter les problèmes liés au stockage sur un lieu intermédiaire, la pratique que le « réemployeur » viennent chercher la matière directement sur le chantier de déconstruction est déjà d'usage. Il est aussi imaginable d'utiliser une portion de la halle ou des caves pour mettre la matière à l'abri en attendant la construction.

Lors de l'inventaire, la matière devra être quantifiée. Nous utiliserons les mêmes unités que celles utilisées pour réaliser un métré. Par exemple, les éléments de bardage seront en surface, les profilés de structure en mètre linéaire, les éléments tels que les portes à l'unité. Il est d'ailleurs intéressant dans certain cas de multiplier les unités utilisées. Par exemple, une porte pourrait être réutilisée tel quelle ou réemployée en élément de bardage. Afin d'avoir une idée de la quantité disponible dans les deux cas, il est intéressant d'exprimer cette quantité et en mètres carré et à l'unité.

Dans le cas des abattoirs, trouver un métré déjà fait aurait sans doute facilité grandement ce travail fastidieux d'inventaire. Nous l'avons néanmoins réalisée à l'aide de plans et de coupes assez détaillés fournis par la société Abattoir et d'un reportage photographique. Afin d'obtenir ce genre

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

d'informations, il est important de se renseigner sur le site et auprès de ceux qu'ils l'occupent dès que celui-ci est choisi afin de pouvoir trouver d'anciens documents et de tracer un bref historique. Ces ressources permettront un précieux gain de temps. Cet historique permettra aussi de mettre en évidence les objets qui possèderaient une valeur de mémoire historique ou patrimoniale et qui de ce fait vaudraient la peine d'être conservés.



Illustration 22 : Plan de situation réalisé par le forum abattoir

En ce qui concerne les abattoirs, les installations sont constituées d'un amas de hangars industriels juxtaposés les uns à côté des autres. Ceux-ci ne présentent aucune caractéristique particulière. Seul les bâtiments plus anciens au sud des halles qui contiennent les étables et la phase de traitement des peaux date de la première construction des abattoirs et pourraient avoir plus d'intérêt. Cependant de par les activités qui ont lieu dans ces bâtiment les matériaux sont grandement détériorés. Il est donc jugé opportun de ne pas conserver ce vestige du passé. Les halles quant à elle sont un élément de patrimoine remarquable. Il faudra dès lors trouver un moyen de le mettre en évidence grâce à la nouvelle intervention.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

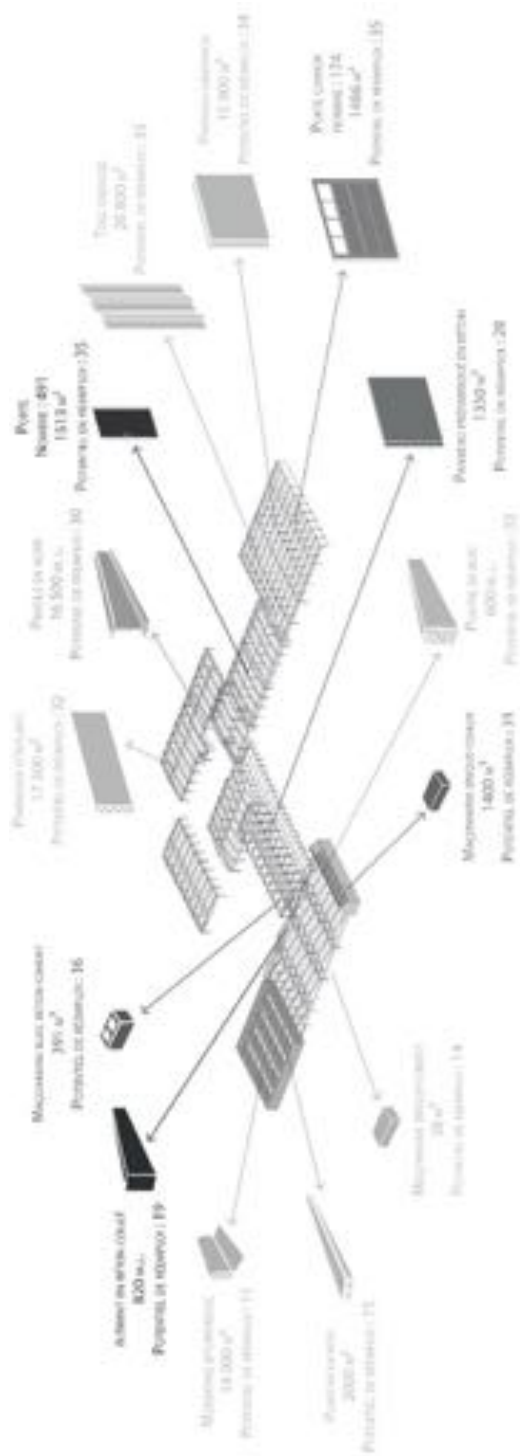


Illustration 23 : Inventaire in situ de la matière

La valeur de mémoire peut aussi être une valeur d'évocation. Le matériau est dès lors, le vecteur de l'histoire du lieu et ce principalement pour ceux qui auront côtoyé le site avant et après sa transformation. Ces personnes, au travers de l'objet de réemploi, garderont le souvenir de ce qui était.

Lorsque la fonction du lieu ne change pas la valeur de mémoire permet d'obtenir une certaine cohérence dans l'apparence des lieux. La matière se charge d'une symbolique qui véhicule une image propre au lieu. Sur le site des abattoirs il est intéressant de conserver l'aspect industriel des lieux. Le réemploi du bardage métallique associé à des formes industrielles des sheds nous semble un bon vecteur pour transmettre ce caractère particulier du site.



Illustration 24 : Façade urbaine de l'incubateur

Ex situ

L'inventaire in situ peut-être compléter par un inventaire ex situ. Il consiste à regarder les matériaux présents autour du site et ce dans un rayon de plusieurs kilomètres (Superuse considère un rayon d'une quinzaine de kilomètres lors de la constitution de ses cartes de récolte). La matière peut être :

- Des chutes de production d'industries ou des lots présentant des défauts, des invendus (ils ont l'avantage d'être disponible en plus grande quantité)
- Des déchets d'industrie (bobines de câbles, pâles d'éolienne, ...)
- Des éléments provenant du secteur de la déconstruction ou des déchets de constructions (portes, bardage, planche de coffrages, tablier de pont, ...)
- Autres déchets de toutes sortes (pneus, bidons, tableaux noirs, ...)

A nouveau sur ces cartes apparaissent des données essentielles comme une estimation des quantités disponibles, les dimension, l'état de la matière, les précédents usages, ainsi que les caractéristiques techniques des matériaux lorsqu'elles sont disponibles.

Cette étape sera, pour ce travail, limitée à la réalisation d'une carte qui récapitule quel type de revendeurs existent en Belgique et où ils se localisent. Elle a été réalisée à l'aide de la plateforme Opalis.

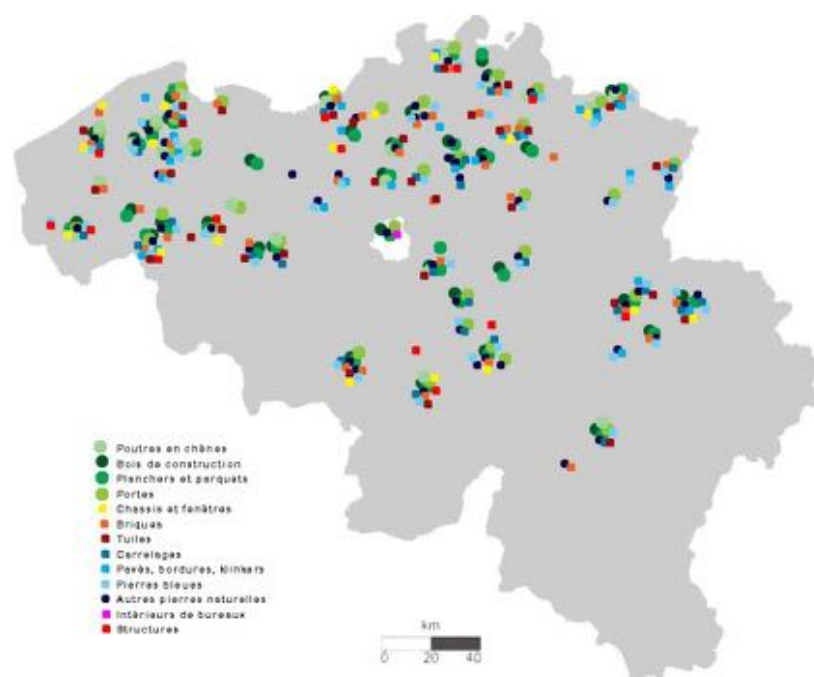


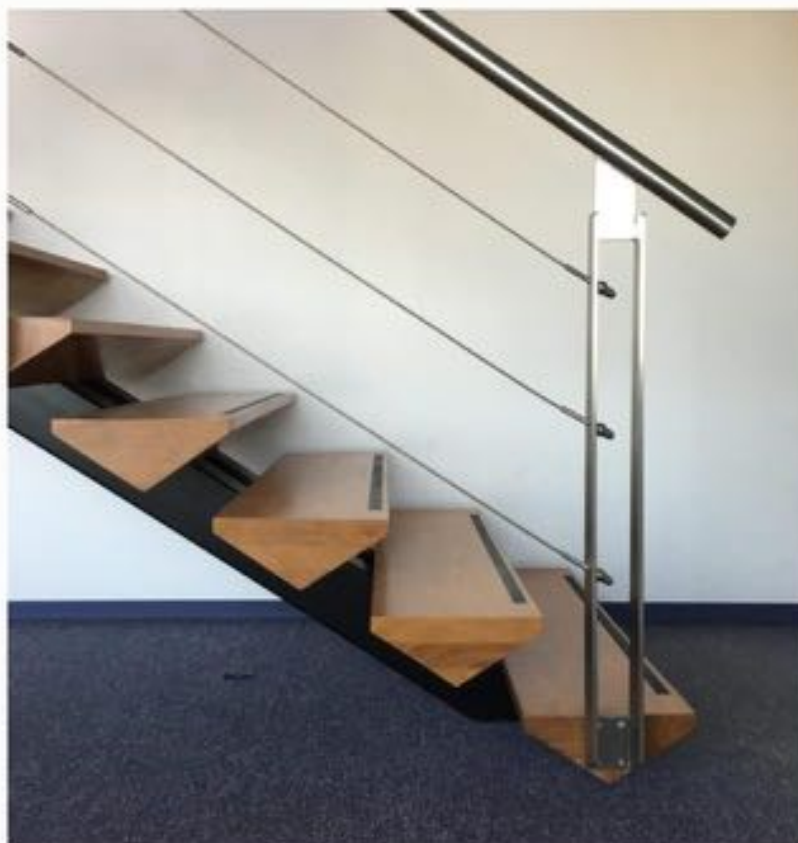
Illustration 25 : Carte des revendeurs via Opalis

Cette carte a notamment permis d'identifier deux éléments du projet qui seront trouvés ex situ : les dalles en pierre naturelle servant de finition de sol pour la toiture terrasse et les panneaux de bardage en panneaux de coffrage qui ponctuent la façade des ateliers.

Les escaliers feront aussi l'objet d'un réemploi ex situ. En effet Rotor déconstruction propose de vendre 16 escaliers ayant les dimensions qui me sont nécessaires pour le projet. Les 15 escaliers à deux volées, présents dans la partie incubateur du projet pourront donc provenir du réemploi. Ceci montre à quel point la pratique du réemploi peut être liée à une démarche de prospection. Si l'on veut profiter de ces opportunités, il faut savoir garder l'esprit ouvert, consulter régulièrement les sites de secondes mains, se construire un réseau de collaborateurs qui vous alerteront lorsque de la matière peut vous intéresser, rester curieux. Ce genre de pratique ne correspond pas à la vision traditionnelle de l'architecture. La matière est disponible de manière fluctuante. C'est donc à l'aide d'architectes, de clients et d'entrepreneurs engagés que ce genre de projet peut réussir.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Dans cet exemple les dimensions des escaliers correspondaient parfaitement à ce qui était prévu mais c'est un coup de chance. Il sera parfois nécessaire afin de s'adapter à la disponibilité de la matière de faire varier un peu le projet afin qu'il soit compatible avec la matière réemployée.



SKU: 068STA001 Categories: Stairs, Wood Tags: 068, 1990s, oak :

Description

Product Description

Treads + landing in solid hardwood.

Tread dimensions: 30.5cm (going), 17cm (riser), 118cm (length), 12.5 (max. timber depth)

Landing dimensions: 113cm x 245cm x 11.5 (depth)

Floor to floor height: 296cm

Illustration 26 : Escaliers de réemploi vendu sur le site rotordc.be

Nous aurions pu aller encore plus loin en repérant les déchets, les éléments défectueux ou les invendus que peuvent avoir les entreprises industrielles proches du site afin de réaliser une carte de récolte. Cependant, ce type de prospection est très gourmande en temps. Il est déjà difficile de repérer chaque entreprise. Savoir ce que chacune produit comme quantité de déchets, d'éléments défectueux est un travail titanesque qui demande d'appeler un responsable dans chacune des entreprises. Ce travail à un intérêt pour un bureau comme Superuse qui fait de cette recherche une base de données à long terme dont ils se servent régulièrement. Il nous est dès lors apparu que c'était impossible à réaliser sur la durée de ce TFE.

Conclusions :

Premièrement, ce travail d'inventaire des flux utilisables prend beaucoup de temps. Il est évident qu'au plus on fait une recherche large et hors des filières existantes au plus la tâche est fastidieuse. Le réemploi lorsqu'il est pratiqué à grande échelle permet d'envisager chaque bâtiment comme un gisement potentiel. Il paraît néanmoins difficile d'imaginer d'inventorier l'ensemble de la ville de Bruxelles. Autant qu'il est difficile de concevoir de construire uniquement lorsqu'un bâtiment est déconstruit. Cependant, il est possible d'analyser de manière plus générale le métabolisme de Bruxelles afin de consolider les filières déjà présente. C'est ce que fait l'étude en cours BBSM (Bâti Bruxellois, Source de nouveaux Matériaux) d'Architecture et Climat. L'objectif est de développer un outil de gestion efficiente et de valorisation des ressources matérielles locales que constitue les déchets de C&D [Site internet d'Architecture et Climat www.bbsm.brussels]. On comprend après avoir passé énormément de temps sur des inventaires à l'échelle d'un projet en quoi ce genre d'outils utile. Il représente une base de données commune et évolutive du patrimoine bâti. Ces outils généraux gagneront probablement à être complétés par des outils plus spécifiques qui auraient l'avantage d'exprimer l'évolution du stock de matière pour un temps t et dans un rayonnement précis par rapport au site. Cela pourrait par exemple prendre la forme d'une application sur laquelle chaque acteur de la filière pourrait encoder en temps réel l'étendue de son stock de matière.

Deuxièmement, le fait d'avoir cet inventaire qui situe une panoplie de matériaux n'a pas uniquement un but logistique. Cet outil est aussi un vecteur de créativité. Dès le début du projet, il permet d'ouvrir l'esprit, de booster la créativité lors de la conception. On imagine dès lors des possibilités de détournement, on trouve de nouvelles manières d'agencer la matière. Pour compléter ce que peut apporter l'inventaire à ce niveau nous avons réalisé un Référentiel de réemploi de Matière non exhaustif et à poursuivre. Comme son nom l'indique, ce travail a pour objet de compiler une soixantaine de références illustrant le réemploi et glanées au cours de nos lectures sur le sujet. Chaque fiche est illustrée et comprend les informations suivantes :

- Une fiche d'identité reprenant le nom du projet, le bureau d'architecture, le lieu et l'année de réalisation ainsi que le programme.
- Une mise en relation des matériaux réemployés et de leur nouvel usage
- Le but poursuivi par le réemploi (culturel, économique, écologique, ...)
- Des sources à consulter pour plus d'informations sur les projets.

Afin de faciliter les recherches dans cet inventaire, une table des matières sous forme de tableau à double entrée met en relation les matériaux ou éléments utilisés et la manière dont on les utilise. Si on recherche par exemple une manière originale de créer un bardage on peut dès lors trouver des exemples réalisés en palettes, en portes, en tuiles, en tableaux noirs, ...

Pour finir, cette étape de l'inventaire a une limite. Si elle permet de comptabiliser l'entière disponibilité de la matière, on ne sait cependant pas comment apprécier si cette matière est effectivement réemployable. La réalisation d'un outil permettant d'identifier ce potentiel de réemploi est donc intéressante et sera développée ci-dessous.

LE POTENTIEL DE RÉEMPLOI

Il n'existe pas de définition figée de ce qu'est un matériau réutilisable. Ce qui distingue un matériau réutilisable par rapport à un matériau qui ne l'est pas, dépend de plusieurs facteurs et notamment :

- un facteur technique qui regroupe le démontage, les caractéristiques physique et mécaniques, le stockage et la préparation au réemploi.
- un facteur temporel : tel matériau pourra intéresser un repreneur de matériaux de réemploi à un moment plus qu'à un autre selon l'offre et la demande.
- d'un facteur économique : le plus souvent, un matériau dont le prix de revente sur le marché de seconde main est très proche du prix de l'équivalent neuf du matériau ne sera pas un candidat intéressant.
- un facteur organisationnel : le démontage soigneux des matériaux nécessite généralement plus de temps. Le timing accordé à la phase de démontage dans le planning de chantier jouera donc un rôle crucial dans ce qui pourra être démonté et récupéré.

« En définitive, un matériau est réutilisable s'il est demandé par au moins un acteur du marché à un moment donné. » [Rotor, 2014]. Dans une optique idéaliste tout matériau s'il est demandé est donc réutilisable.

Néanmoins, il est plutôt évident que certaines catégories de matériaux vont être plus faciles à réemployer que d'autres et ce pour des raisons diverses. Quels sont tous les critères d'évaluation grâce auxquelles il serait possible de savoir si un matériau est réemployable et de comparer pour quels matériaux cette pratique sera plus intéressante ? Nous avons décidé de lister ces critères et de les rassembler dans un outil qui permettrait de donner une valeur numérique à chaque matériau ou élément de construction : le *potentiel de réemploi**. Cela permettrait à tout un chacun sans connaissance particulière sur le réemploi, d'évaluer simplement si le matériau est non-réemployable, difficilement réemployable, réemployable ou aisément réemployable.

Les travaux suivants :

- DURMISEVIC E., Transformable Building Structures : Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction, thèse de doctorat, Technische Universiteit Delft, Delft, Pays-Bas, 2006
- GORGOLEWSKI M., Designing with reused building components : some challenges, research paper, Building Research & Information (BRI), Routledge – Taylor & Francis Group, 36(2), 28 mai 2008, 175-188p
- NORDBY A.S., Salvageability of building materials : Reasons, criteria and consequences regarding architectural design that

facilitate reuse and recycling, thèse de doctorat, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norvège, avril 2009, 198p.

- PADUART A., Re-design for change : a 4 dimensional renovation approach towards a dynamic and sustainable building stock, Thèse de doctorat, Vrije Universiteit Brussel (VUB), VUBPRESS, Bruxelles, Belgique, avril 2012, 380p
- SASSI P., Designing Buildings to close the material resource loop, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Engineering Sustainability 157, Issue ES3, septembre 2004, p. 163-171
- VEFAGO L-H M., El concepto de reciclabilidad aplicado a los materiales de construcción y a los edificios : propuesta de índices para evaluar la reciclabilidad de los sistemas constructivos, thèse de doctorat, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelone, Espagne, 2011, 332p,

traitent de cette problématique de valorisation en fin de vie sous différentes approches et termes employés : critères de réemploi, indice de recyclabilité ou de récupérabilité (proposition de traduction pour le terme salvageability), critères de démontabilité, réversibilité, adaptabilité, etc. Ces recherches ont permis à Emilie Gobbo de développer une liste de paramètres « évaluables » non exhaustive qui influence les possibilités de réemploi. Elle a ensuite sélectionné les paramètres non dépendants de situations spécifiques à l'in situ. [Gobbo, 2015, p215] Cette liste a été retravaillée, nous y avons ajouté et enlevé des critères afin d'obtenir notre propre méthode de classification par le potentiel de réemploi.

Si plusieurs types de critères sont à prendre en compte, ils n'interviendront pas tous de la même manière dans la détermination du potentiel de réemploi d'un matériau. Il est donc intéressant de les trier et d'en tenir compte de différentes manières. Pour cela nous munissons notre outil de détermination du potentiel de réemploi de plusieurs parties.

Critères d'exclusions

La première partie, est constituée de critères qui vont mettre en évidence des incompatibilités liées à la nocivité du produit pour l'utilisateur, pour le préparateur, pour l'environnement. Il n'est dès lors plus envisageable de réemployer ces matériaux, ce sont des critères d'exclusions. Les critères sont :

- **La nocivité du matériau en lui-même** (ex : amiante)
- **La nocivité liée à l'atmosphère dans laquelle s'est trouvé le matériau**
- **Le démontage qui provoque un risque pour l'environnement**
- **Présence d'une pathologie grave**

Suite à cette analyse une question se pose : Peut-on considérer la question de l'obsolescence comme un critère d'exclusion ? L'obsolescence est un terme qui désigne : la diminution de la valeur d'usage d'un bien de production due, non à l'usure matérielle, mais au progrès technique ou à l'apparition de produits nouveaux. [Site internet du Dictionnaire vivant de la langue française] Un matériau ou un élément de construction est obsolète lorsqu'il ne répond pas aux normes techniques qui lui sont imposées. Dès lors il ne pourra plus être mis en œuvre sous peine, en cas de problème, de voir la responsabilité de la personne dont l'usage de celui-ci émane, mise en cause. L'obsolescence est donc un critère d'exclusion en ce qui concerne la réutilisation. Cependant, on pourrait imaginer que cet objet obsolète soit détourné afin d'être réemployé. L'usage que l'on fait de l'objet ne doit dès lors pas être altéré par ce qui le rendait obsolète au départ. C'est pour ces raisons de garantie vis-à-vis des normes qu'il est important de connaître un minimum les caractéristiques des objets que l'on réemploie, de connaître leur histoire, l'usure qu'ils ont subie, ... Il est donc nécessaire de savoir d'où provient un matériau de réemploi.

Dans le cas des abattoirs d'Anderlecht seul les briques exposées à des produits chimiques issus de l'atelier de traitement des peaux et dégradées par l'atmosphère des étables feront l'objet de ce critère d'exclusion. Les briques maçonnées à la chaux étant réemployables, leur potentiel de réemploi à quand même été calculé mais à titre comparatif.

Critères objectifs

La deuxième partie prend en considération les critères directement objectivables qui peuvent donc aisément permettre la comparaison de différents matériaux entre eux. Ces critères seront pondérés. Ils permettront ainsi de déterminer une valeur numérique du potentiel de réemploi. Les scores par paramètres ont été déterminés de manière intuitive. Cette méthode avait été utilisée par Antoine Le Bour dans son pré-mémoire et puisque nous avons travaillé conjointement à l'établissement de ce tableau nous avons décidé de continuer à utiliser ce système. Il était cependant important pour nous d'offrir suffisamment de nuance afin de plus aisément évaluer les critères auxquels il est parfois impossible de répondre par oui ou non. 0 point veut dire que les matériaux ne satisfont pas le critère et 3 qu'il le remplissent totalement. Les critères sont classés en plusieurs catégories : les critères de démontage, les caractéristiques mécaniques, les caractéristiques physiques, les contraintes de stockage, les critères de préparation au réemploi.

Les critères listés ci-dessous ont aussi été rassemblés sous forme de tableau afin de disposer d'un outil de détermination du potentiel de réemploi pratique et facile à transposer.² Un premier jet a été présenté à l'atelier afin de pouvoir le tester. Nous avons présenté l'outil à une dizaine d'étudiants. Chacun d'eux a dû remplir le tableau pour plusieurs objets prédéterminés. Ce premier essai montrait de grandes fluctuations de résultats au niveau de certains critères principalement celui de poids et de taille mais aussi la préparation aux réemplois. Nous pouvions clairement voir que nos indications étaient mal comprises. Nous avons donc affiné les critères afin qu'ils soient plus facilement compréhensibles. Les tableaux ont ensuite été testés une seconde fois. Les résultats ne fluctuaient alors que d'un ou deux points. C'est donc conjointement des références trouvées dans la littérature et de nos propres tests qu'est née la liste de critères présentées ci-dessous.

- **Le démontage** : plus il est aisé et plus le coût du matériau de réemploi sera compétitif par rapport à un matériau neuf. La facilité de démontage varie selon :
 - Le type d'assemblage : En nous inspirant du travail de thèse d'Anne Paduart, nous avons différencié les types d'assemblage suivant :
 - Les **assemblages de type sec ou mécanique** qui permettent un réemploi aisé. Il s'agit de clips, vis, clous, ... : 3 points,

² Il est possible de le consulter en annexe...

- Les **assemblages de type humide** dont $R_{\text{joints}} < R_{\text{matériau}}$ (ex : mortier de chaux et brique) qui rendent le réemploi possible : 2 points,
- Les **assemblages de type humide** dont $R_{\text{joints}} > \text{ou} = R_{\text{matériau}}$ et les colles ou les solidarisation sans éléments tiers (ex : plafonnage) qui limitent fortement, voir annihilent le potentiel de réemploi : 0 points.
- La réversibilité des assemblages : au plus l'assemblage est réversible, au moins il occasionnera de perte de matière. La mise en œuvre pourra aussi rester identique. Il n'est pas nécessaire d'inventer un nouveau dispositif d'assemblage.
 - Les **assemblages sans fixation** (vrac, emboîtement...) permettent de réutiliser le matériau tel quel, il ne nécessite pas d'outils et très peu de temps de démontage : 3 points,
 - Les **assemblages avec fixation réversible** (boulons, vis, équerres...) nécessitent des outils et un peu de temps au démontage : 2 points,
 - Les **assemblages avec fixation semi-réversible** (clous, agrafes...) nécessitent le remplacement des pièces de fixation et occasionnent des pertes de matière [PADUART, 2012] : 1 point,
 - Les **assemblages irréversibles** diminuent très fortement le potentiel de réemploi (colles, solidarisation sans élément tiers, ...) : 0 point.
- Le nombre d'assemblages : plus ce nombre est important, plus la complexité du système constructif risque de croître, plus le démontage et la récupération seront difficiles et onéreux (plus de main d'œuvre et plus de pertes). [GOBBO, 2015]
 - Plus de **6 assemblages** : 0 points,
 - **4 à 6 assemblages** : 1 points,
 - **1 à 3 assemblages** : 2 points,
 - **Pas d'assemblage** : 3 points.
- L'outillage nécessaire : au plus le système constructif est complexe au plus il demande lors du démontage un outillage et une main d'œuvre spécialisée.
 - L'assemblage peut nécessiter l'intervention d'un spécialiste : 0 point,
 - L'assemblage peut nécessiter un outillage lourd (outils nécessitant une formation) : 1 point,

- L'assemblage peut nécessiter un outillage quelconque, que tout bon bricoleur du dimanche possède (visseuse, scie, ...) 2 points,
- L'assemblage peut aussi être démonté à la main sans nécessiter d'autre outillage qu'un simple marteau ou un tournevis, 3 points.
- L'accessibilité des connexions : Nous avons estimé par ce paramètre l'impact de la nécessité de démolition préalable pour arriver à la connexion de la couche considérée ainsi que les conséquences qu'elle entraîne sur le matériau à récupérer (...) L'accessibilité progressive et le type d'assemblage permettent parfois le démontage par couches successives des éléments. [GOBBO, 2015] Nous différencierons les assemblages qui sont accessibles :
 - **Sans tâches préalables** : 3 points,
 - Après le **démontage** d'une ou plusieurs couches et où le démontage **n'abîme pas le matériau de réemploi** : 2 points,
 - Après la **démolition** d'une ou plusieurs couches et où la démolition **n'abîme pas le matériau de réemploi** : 1 point,
 - Après la **démolition** d'une ou plusieurs couches et où la démolition **endommage les matériaux à récupérer** : 0 point.
- **Les caractéristiques mécaniques** : Si un matériau conserve ses caractéristiques mécaniques, il est possible de le réutiliser. Si ce n'est pas le cas, il faudra imaginer pour lui une autre mise en œuvre, un détournement, c'est-à-dire du réemploi. Les caractéristiques que nous tenons en compte sont les suivantes :
 - La conservation des propriétés mécaniques est la capacité physique du matériau à remplir le rôle pour lequel il a été conçu tout en répondant aux normes actuelles,
 - Soit **le matériau remplit cette condition** et il peut être réutilisé et réemployé : 3 points,
 - Soit **le matériau ne remplit pas cette condition** et il ne peut pas être réutilisé mais il pourra peut-être être réemployé : 0 point.
 - La présence d'une pathologie : Une pathologie limite les possibilités de réutilisation mais il reste parfois possible de réemployer les matériaux. Une pathologie grave qui pourrait mettre en danger les déconstructeurs, les ouvriers

ou les futurs utilisateurs ou qui porte atteinte à la structure générale de l'élément sera cependant un critère d'exclusion.

- Soit le matériau **ne présente pas de pathologie** et il peut être réutilisé et réemployé : 3 points,

- Soit le matériau **présente une pathologie** et il ne peut pas être réutilisé mais il pourra peut-être être réemployé : 0 points.

- La résistance aux usages répétés impacte directement la durée de vie des éléments puisque potentiellement, plus cette résistance est importante, plus la durée de vie le sera aussi. N'ayant pas trouvé de données précises relatives à la résistance aux usages répétés des matériaux et parois évalués, les réponses à ce paramètre seront réalisées selon notre appréciation. En effet, ce n'est pas parce qu'un matériau présente une densité et une dureté importantes que sa résistance aux usages répétés sera forcément conséquente (bien que ces caractéristiques puissent néanmoins jouer un rôle) : il peut très bien être « cassant », « fragile » ou ne pas supporter les agressions d'ambiances intérieures spécifiques. [GOBBO, 2015]

- L'élément est **résistant aux usages multiples** : 3 points,

- L'élément n'est **pas résistant aux usages multiples** : 0 point.

- **Les caractéristiques physiques :**

- La forme : les éléments standardisés et en vrac présentent un potentiel intéressant puisque leur standardisation facilite leur « réintégration » sur le marché ou dans une nouvelle construction contrairement aux éléments sur mesure ou hors normes.

- Les éléments ayant une **forme peu conventionnelle** seront plus difficiles à intégrer dans une composition classique mais peuvent parfois disposer d'une valeur de mémoire plus importante et créer un élément central d'une composition : 0 point,

- Les éléments **sur mesure** seront plus difficile à intégrer à une composition classique mais peuvent parfois disposer d'une valeur de mémoire plus importante et créer un élément central d'une composition : 1 point,

- Les **éléments standardisés** seront faciles à réintégrer bien que la dimension qui les caractérise reste une contrainte : 2 points,

- Les **éléments en vrac** seront très faciles à réintégrer, en effet leur dimension n'est pas une contrainte : 3 point.
- La dimension : plus les dimensions du matériau sont petites, plus la production de chutes lors de la mise en œuvre sera faible et, plus le réemploi de ces matériaux sera simplifié. Par contre, plus un élément proposera une échelle importante, plus les risques d'altération liés à la manutention seront grands et plus il sera difficile de replacer ce matériau comme élément réemployé sans redimensionnement préalable. [Gobbo, 2015]
 - Un élément de **petite dimension** peut être transporter par une personne seule : 3 points,
 - Un élément de **dimension moyenne** est trop encombrant pour être porté seul : 2 points,
 - Un élément de **grande dimension** nécessite l'aide d'un élévateur : 1 point,
 - Un élément de **très grande dimension** nécessite un engin de levage complexe : 0 point.
- La masse volumique : Plus le matériau est « lourd », plus potentiellement sa manutention est rendue difficile, accroissant de la sorte les risques de chutes [GOBBO, 2015].
 - Un élément **très léger** peut être transporté par une personne seule : 3 points,
 - Un élément **léger** peut être transporté par deux personnes : 2 points,
 - Un élément **lourd** nécessite l'aide d'un élévateur : 1 point,
 - Un élément **très lourd** nécessite un engin de levage complexe : 0 point.
- **Le stockage** : certains matériaux pour éviter une altération doivent être stockés dans des conditions particulières nous distinguons :
 - Les lieux de **stockages spécifiques** où un contrôle particulier de l'ambiance est mis en place : 0 point,
 - Les lieux de **stockage couverts et chauffés** : 1 point,
 - Les lieux de **stockage couverts** : 2 points
 - Les lieux de **stockage extérieurs** : 3 points
- **La préparation au réemploi** : certains matériaux nécessitent des modifications avant d'être réemployés. Ces modifications peuvent être de l'ordre de :

- L'aspect extérieur du matériau : si le matériau a subi des dégâts il peut ne plus répondre à un critère esthétique et donc avoir moins de chance d'être réemployé. Il sera donc nécessaire de le restaurer pour le remettre sur le marché. Il peut aussi nécessiter un nettoyage.
 - Présence de dégâts **irrémédiables** : 0 point,
 - Présence de dégâts considérables, nécessitant une **restauration lourde** : 1 point,
 - Présence de dégâts légers, nécessitant une **restauration superficielle ou un nettoyage** : 2 points,
 - L'élément n'est **pas ou peu endommagé** et ne nécessite aucun traitement : 3 points.
- Redimensionnement : Pour réemployer un matériau il est parfois nécessaire de réduire sa taille ou d'adapter sa forme pour que celle-ci corresponde à sa nouvelle utilisation. Cette adaptation est soit :
 - **Impossible** : 0 point,
 - **Possible** : 3 points.

Nous avons ensuite utilisé le tableau sur tous les matériaux présents dans l'inventaire des abattoirs ainsi que quelques matériaux très classiques et déjà présents dans les filières de réemploi. Grâce à la comparaison de ces résultats et à nos connaissances subjectives sur ce qui est ou non réemployable acquises au fil de diverses lectures et rencontres, nous avons décidé de proposer comme seuil indicatif un potentiel de réemploi de 21. C'est-à-dire que tous les objets qui obtiendront un score compris entre 0 et 21 ne seront pas considérés comme réemployables tandis que tous ceux qui auront un potentiel de réemploi allant de 22 à 42 seront considérés comme réemployables.

Attention, ce tableau ne fait que déterminer un potentiel. Un matériau avec un score supérieur à 21 pourrait ne pas être réemployé et inversement un matériau inférieur à 21 pourrait l'être dans des conditions très spécifiques. Nous avons ici voulu un outil qui permette une comparaison rapidement appréhendable et facile à réaliser. Il est dès lors impossible de prendre en compte l'intégralité des cas de figures.

Il existe un dernier critère objectif, c'est la disponibilité.

- La **disponibilité** : la fluctuation des quantités de matières réemployables disponibles est la plus grande contrainte du réemploi. On ne peut pas agir comme avec un matériau neuf sans au préalable avoir étudié les disponibilités de la matière que l'on va utiliser. En effet, les filières de déconstruction ne s'intéresseront pas à de la matière si elle n'est pas disponible en grande quantité, il n'est pas rentable d'intervenir pour peu de matière. C'est pourquoi les produits disponibles sur le marché fluctueront beaucoup selon les bâtiments qui ont été déconstruits. Ce critère n'influence cependant pas le potentiel intrinsèque à un objet. C'est pourquoi ce critère n'est pas repris dans le tableau.

Critères non objectivables

Dans un troisième temps, le réemploi peut aussi être influencé par des critères non objectivables. Ceux-ci vont dépendre des convictions du *réemployeur**. Nous en détaillerons trois catégories :

- Les **critères économiques** : Un matériau sera réemployé en fonction de la loi de l'offre et de la demande. S'il n'y a pas de **demande** le matériau ne sera pas réemployable.
 - La **collecte** de « déchets », d'objet en désuétude et la reconstitution à partir de ces éléments sera la méthode de composition qui aura le moins d'impact économique cependant la phase de collecte et/ou de déconstruction augmente sensiblement la durée du projet.
 - De manière générale le *réemployeur** ne sera pas prêt à payer un objet de réemploi à un **prix** égal ou supérieur à un équivalent neuf.
 - Cependant, lorsqu'un objet réemployé à une **valeur ajoutée** (rareté du matériau, patrimoine, ...) certaines personnes seront capables de mettre le prix pour l'acquérir.
 - Les éléments les plus viables d'un point de vue économique sont les éléments qui ne nécessitent pas de **préparation**. Cette étape demande de la main-d'œuvre parfois formée et cela à une influence directe sur la hausse du prix.
 - Le **stockage** fait également grimper le prix, il est préférable de mettre directement en contact le déconstructeur avec le *réemployeur** pour éviter le stockage en filière.

- Les critères de durabilité : pour des questions d'éthique et de *soutenabilité** certaines personnes souhaitent se prêter au réemploi. Cette démarche va alors au-delà des considérations économiques et on acceptera que le projet coûte un peu plus cher qu'un projet neuf. Plusieurs facteurs influencent l'impact sur l'écologie d'un matériau de réemploi :
 - **L'économie des ressources** : si une ressource vient à manquer, il est d'autant plus important et intéressant de réemployer les éléments de construction et les matériaux produits à partir de celle-ci.
 - **Le transport** : L'utilisation de ressources locales devraient privilégier dans la pratique du réemploi. En effet le transport représente des dépenses en énergie considérables. Cela n'a pas vraiment de sens de dépenser plus d'énergie en transport que d'énergie nécessaire à produire un matériau neuf. La distance d'approvisionnement est donc à prendre en compte.
 - **L'énergie grise** : il est d'autant plus important d'essayer de réemployer un matériau lorsqu'il contient beaucoup d'énergie grise. En effet, il paraît logique de rentabiliser celle-ci au maximum. Il faut néanmoins préciser que toute économie est bonne à prendre et qu'il n'est nullement justifié de ne pas réemployer un matériau parce qu'il contient peu d'énergie grise. Il est aussi important d'étudier les transformations nécessaires à la préparation au réemploi pour qu'elles ne représentent pas un trop grand apport d'énergie grise supplémentaire.
- Les critères culturels, esthétiques et patrimoniaux : Dans certains projets ces aspects prennent une dimension très importante. La démarche de réemploi va alors au-delà des considérations économiques et écologiques.
 - La **valeur patrimoniale** (le fait que l'objet soit vecteur d'histoire et de mémoire) constitue une valeur ajoutée qui s'additionne au potentiel de réemploi.
 - Le réemploi peut être un très fort vecteur de **symbolique**.
 - L'utilisation de produit de réemploi à une échelle locale contribue à forger une **identité** au lieu.
 - Le réemploi favorise **l'expression et la créativité** contrairement à la globalisation. Il facilite la valorisation de savoir-faire ancestraux et l'artisanat.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

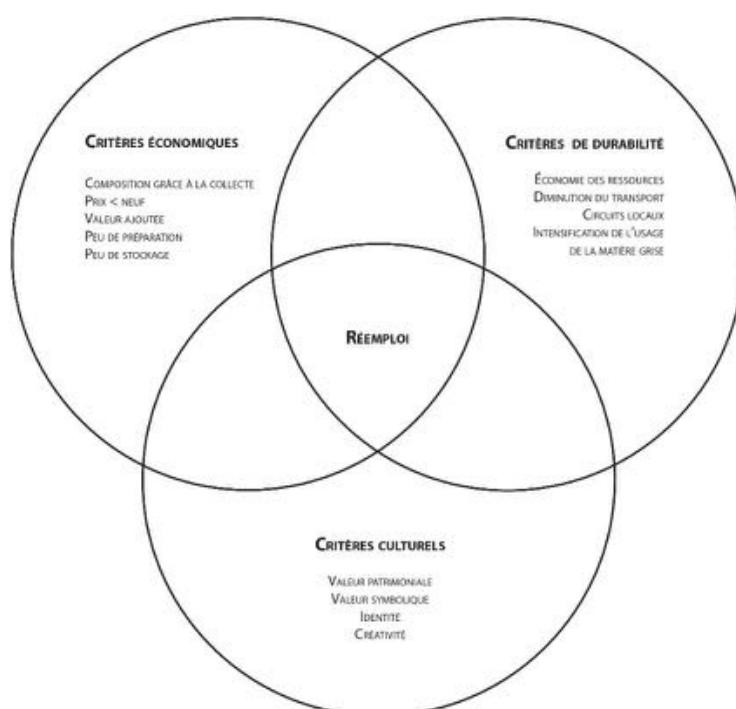


Illustration : les critères subjectifs influençant le réemploi des matériaux

Il est impossible de respecter l'ensemble de ces critères tous en même temps. Il sera de la responsabilité de chacun de fixer au début d'un projet les critères subjectifs que l'on souhaite prendre en considération et dans quelle mesure.

Application et conclusions

L'inventaire in situ est complété par le calcul du potentiel de réemploi des différents matériaux et éléments. Le potentiel de chaque matériau a été calculé pour la matière présente au préalable sur le site mais aussi pour la matière mise en œuvre dans le projet. Cette deuxième partie a pour intérêt de mettre en œuvre un maximum de matière qui sera réemployable dans le futur. Si les potentiels sont exprimés dans le tableau ci-dessous nous joindrons les fiches qui ont permis de les établir en annexes.

Objet	Potentiel de réemploi	Objet	Potentiel de réemploi
Dalles en pierre naturelle	40	Panneaux sandwichs	30
Briques démontables	36	Tôles en acier pour revêtement de façade et toiture	29
Portes	35	Panneaux préfabriqués en béton	28
Portes d'entrepôts	35	Vitrages	27
Planche de coffrage en bois	34	Profilés en acier (3 ^{ème} vie)	25
Poutres en bois	33	Panneaux d'isolant	24
Profilés en acier (linteaux et studs)	33	Éléments en béton coulés	19
Structure en bois des caissons de plancher et de façade	32	Maçonneries en bloc de béton et ciment	15
Panneaux d'OSB	31	Planches en bois dans toiture	15
Maçonnerie en briques et chaux	31	Maçonnerie en briques et ciment	14
Profilés en acier (neuf et 2 ^{ème} vie)	30	Membranes d'étanchéité	12

Il est étrange de voir apparaître l'isolation dans les matériaux réemployables alors qu'à priori aucune filière ne la récupère. En effet, les isolants perdent leur performance d'isolation au bout de trente ans. Ils ne peuvent donc pas être réutilisés. Si leur potentiel est supérieur à 21 cela peut être dû au fait que les caractéristiques prises en compte dans le tableau en feraient un matériau intéressant à détourner. Cependant il est difficile d'imaginer un autre usage à ce type de matériau. Les isolants seront donc considérés dans la suite de ce travail comme des éléments ne pouvant être réemployés. Afin de les valoriser au maximum, ils seront vraisemblablement incinérés plutôt que mis en décharge. En effet, le recyclage de la plupart des matériaux isolants est souvent décrit comme possible, mais n'est réellement pratiqué que pour les chutes de production.

Ce problème par rapport aux matériaux isolants montre les limites de l'outil. Le problème vient de la manière d'attribuer les points. Cet exercice visant à donner des valeurs dans des proportions justes est très difficile à réaliser. Afin d'obtenir un outil plus performant il devrait être testé vis-à-vis d'un plus large spectre de matériaux. Il faudrait sans doute envisager de donner un poids différent à certains critères. Pour le moment chaque critère vaut 3 points afin d'ajuster l'outil certains critères pourraient valoir moins de points que d'autres. Il faut cependant faire attention à ce que l'outil reste facile d'utilisation.

Par contre, les panneaux sandwichs constitués d'isolant enveloppé d'une couche métallique se sont avérés réemployables. En effet, si l'isolant n'a probablement plus les performances requises, les panneaux sont autoportants et peuvent servir de cloisons intérieures. Ces éléments sont fixés par emboîtement et donc peuvent être désassemblés et réassemblés au prix de quelques pertes. Pour ce qui est des planches en bois, qui sont à priori totalement récupérables, c'est la manière dont elles sont mises en œuvre qui est problématique. En effet, l'étanchéité est faite de bitume coulé directement à l'ancien planché formant. Les deux éléments forment désormais une masse composite qu'il est impossible de dissocier. Le fait de ne pas avoir de fractions pures, ici aussi, condamnera les matériaux à l'incinération ou à la décharge. Il est donc important d'éviter de mettre en œuvre ce genre de matériaux.

LE PASSEPORT MATÉRIAUX

Nous l'avons vu plus haut quantifier la matière lors d'inventaire est une chose fastidieuse. Si nous voulons envisager les bâtiments d'aujourd'hui comme un gisement pour les constructions de demain cette étape est pourtant capitale.

Pour ce faire le BAMB travaille à l'heure actuelle sur des passeports matériaux : « des ensembles de données numériques qui décrivent et définissent les caractéristiques des matériaux et des composants présents dans les produits et les systèmes et qui leur donnent de la valeur lors de leur récupération (réutilisation, réemploi, recyclage). » [Conférence BAMB, 2017] Au travers d'une base de données, nous aurions accès à toutes les informations relatives à la composition du bâtiment qui permettraient de « donner une valeur positive à ce qui est récupérable et faire en sorte que les matériaux aillent au bon endroit, et pour cela il faut qu'ils aient leur passeport, qu'on sache s'ils sont non toxiques ou réutilisables, tracer la matière. » [BECKERS Steven dans *Matière grise*, 2014]. Deux aspects sont donc mis en évidence, le premier est la quantification du gisement et le second est l'information sur ce qui compose ce gisement.

Ce passeport n'est pas inventé de toutes pièces. Il existe déjà une grande variété de passeports. Cependant, chacun d'entre eux couvre des aspects très différents. De plus, il n'existe aucune compatibilité entre ces différents outils. Le but serait de regrouper toute cette information existante.

La création de cet outil se heurte cependant à plusieurs défis de taille. Le premier est de savoir quelle information est réellement utile et doit apparaître dans cette base de données. Le second est d'harmoniser les terminologies utilisées dans les différents passeports préexistants. Le troisième est de savoir comment protéger la propriété intellectuelle des fabricants de matériaux. Dans le modèle économique actuel, envisager une transparence totale est impossible. Comment remédier à ce problème ? Le dernier défi est de réaliser un outil réellement pratique et utilisable et non pas un amas de données dans lequel on se perd et qui finit par nous faire perdre notre temps.

C'est encore une utopie à l'heure actuelle, mais des informations telles que le potentiel de réemploi, des manières possibles de réemployer de la matière, un composant, un matériau ou une quantification de cette matière pourrait peut-être à l'avenir constituer une part de l'information contenue dans ce passeport. Cet outil verrait croître le réemploi puisqu'il permettrait aussi de régler les problèmes de traçabilité, et donc de responsabilité, liés à des caractéristiques et un historique indéterminés de la matière.

CONCEVOIR POUR DÉCONSTRUIRE

Il est important de préciser que nous ne considérons pas le produit de réemploi comme unique composant d'un bâtiment. En effet, lorsque l'échelle du bâtiment dépasse celle du pavillon il devient difficilement envisageable de ne compter que sur le réemploi. Cependant, l'association de ce matériau à d'autres matériaux plus traditionnels s'inscrit selon nous dans un processus de construction plus durable. Il s'agit « d'utiliser la bonne quantité du bon matériau au bon endroit » [CHOPIN & DELON, 2014]. Au travers de notre exemple de projet d'incubateur, c'est surtout la matière déjà présente sur site que l'on essaye d'utiliser. La matière réemployée in situ représentera malgré tout une très faible portion de la matière mise en œuvre. Cependant afin que cette démarche soit reproductible et de manière intensifiée, il est nécessaire de penser les possibilités d'adaptabilité et de déconstructibilité du bâtiment. Plusieurs réflexions ont été réalisées au travers du projet à ce niveau. Celles-ci sont brièvement expliquées ci-dessous.

Adaptabilité

L'adaptabilité d'un bâtiment est sa capacité à s'accommoder aux besoins évolutifs dictés par son contexte. Pendant sa durée de vie, les changements seront inévitables, aussi bien pour des raisons sociales, économiques que physiques. En effet, l'évolution de la manière d'habiter et de travailler, mais aussi des normes techniques et de construction durable obligent le bâtiment à continuellement s'adapter. Un bâtiment conçu pour évoluer sera utilisé plus efficacement et restera en service plus longtemps car il pourra répondre à ces changements plus simplement et plus économiquement qu'un bâtiment ordinaire. [MOFFAT S. & RUSSEL P., 2011]

Il existe différentes pistes d'actions pour rendre un bâtiment adaptable. Celle-ci ont été appliquées au projet avec plus ou moins d'intensité. Le recensement de ces pistes d'actions a été tiré du travail suivant : Victor HÉGER et Julie MERSCHAERT, *L'adaptabilité constructive*, Séminaire critique : Utopie réalisable, LOCI, Saint-Luc Bruxelles, novembre 2016.

La flexibilité

La flexibilité permet des changements mineurs d'organisation spatiale. Ces changements spatiaux autorisent une légère évolution du programme en fonction des besoins des occupants. Le plan libre facilite cette très grande flexibilité.

Cela se traduit dans le projet par l'utilisation d'une structure poteau poutre en acier dans les deux bâtiments qui constituent le projet. Au niveau des ateliers, l'espace est laissé vide et entièrement flexible. Il est ainsi possible selon les besoins de le subdiviser. Ce procédé est intéressant en ce qui concerne un incubateur car les entreprises qui s'y installeront auront au départ besoin de très peu de place avant de grandir et d'utiliser de plus grands espaces. En ce qui concerne les espaces de services (vestiaires, espace de logistiques, circulation) ils sont communs à plusieurs ateliers. Ce partage représente à la fois une économie de moyen mais aussi un gage du fonctionnement de la flexibilité des ateliers.

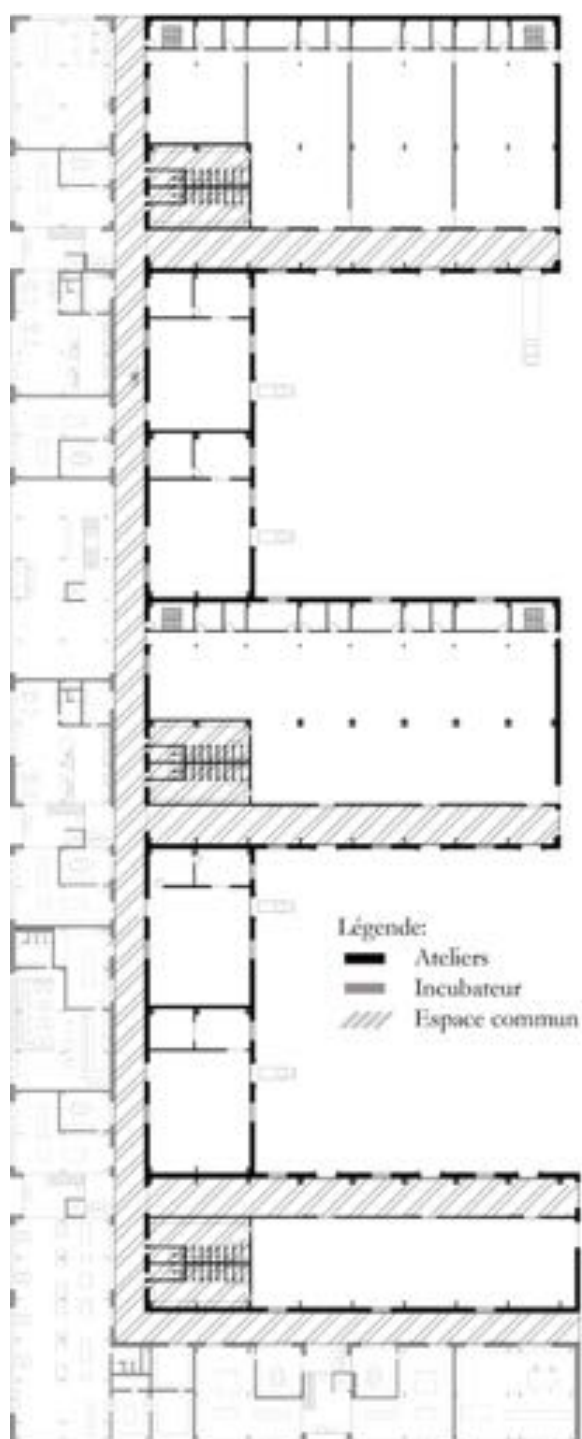


Illustration 27 : Plan du Rez-de-Chaussée

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Dans le bâtiment réservé aux bureaux, au coworking, aux laboratoires, fab-lab, le principe est le suivant. Une première travée est divisée en deux parties, la première est réservée aux services (sanitaires, rangements, kitchenette, gaines, ...) elle représente l'élément pérenne du bâtiment et la seconde est réservée à la circulation. La deuxième travée est réservée à l'espace de travail. Celui-ci peut à l'aide de cloisons amovibles être indifféremment aménagé selon le fonctionnement des occupants. La réflexion sur cet espace flexible a été réfléchi selon 4 scénarios différents :

- des bureaux cloisonnés,
- un espace de bureau paysagé,
- des laboratoires,
- espace polyvalent propice à de grande réunion, à donner une formation ou encore une conférence.

Il est encore possible de considérer un entre deux entre plusieurs de ces programmes.

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

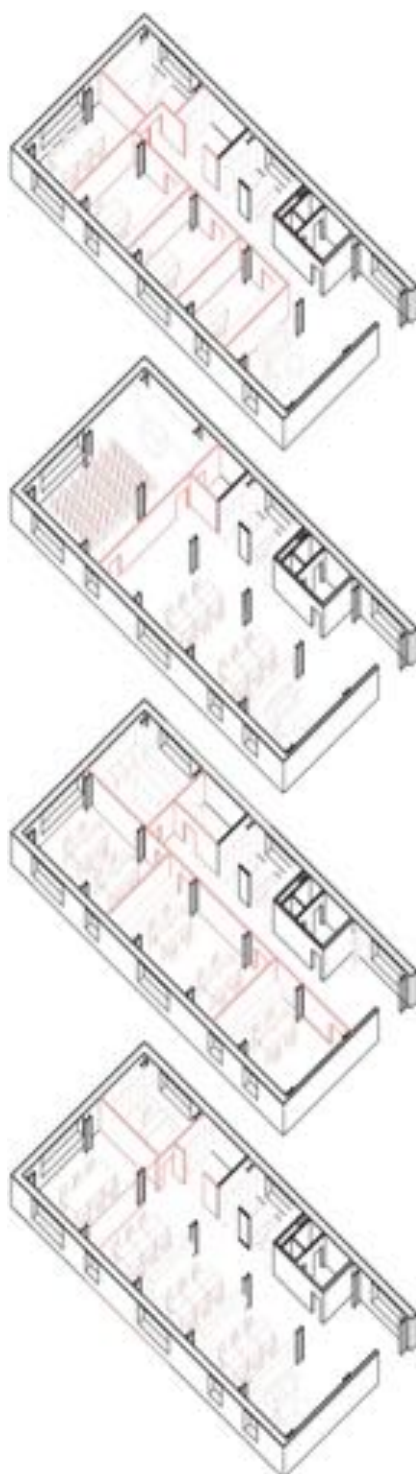


Illustration 28 : Flexibilité : scénarios d'aménagements

L'extensibilité

L'extensibilité permet l'évolution par addition d'espace. Un bâtiment est composé de cellules qui peuvent s'ajouter les unes aux autres sans poser de problème de fonctionnement. Ce principe n'est pas traité dans le projet.

La reconversion

La reconversion permet de modifier l'usage du bâtiment et le programme qu'il contient. Cette pratique n'a pas été abordée dans le projet.

La démontabilité (Design For Dissassembly)

La démontabilité en architecture concerne la capacité d'un bâtiment, d'un système constructif ou d'un assemblage à être démontable, adapté à la déconstruction dans le but d'une réutilisation ou d'un réemploi. Un bâtiment démontable dans l'idéal se caractérise par la possibilité d'être mis en pièces et réassemblé ou réutilisé à l'infini.

Afin de pouvoir procéder à cette déconstruction certains critères doivent être respectés. Le premier est de respecter l'indépendance de chaque couche qui compose le bâtiment. Cette théorie est mise au point par Stewart Brand et est expliquée dans son ouvrage « *How Buildings Learn* ». Il explique que le bâtiment est composé de 6 systèmes qui se répartissent en « layers » ou couches chacune d'elle présente un taux de renouvellement et d'entretien différent. Il est donc insensé de coupler les techniques qui constituent un layers à entretien fréquent avec des éléments de structures qui sont eux très pérennes car il serait dès lors malaisé d'intervenir sur les premières.

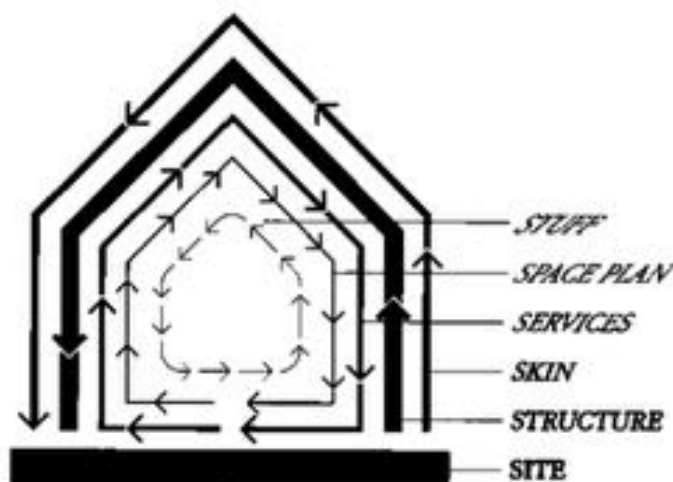


Illustration 29 : les systèmes constitutifs du bâtiment selon Stewart Brand

Le deuxième critère est l'utilisation de connexions sèches et mécaniques (boulons, vis, ...), la sélection de matériaux qui supportent plusieurs utilisations, ainsi que le préassemblage des composants. Ces solutions utilisent des éléments de bâtiments standardisés assemblés comme dans un système Meccano. Cela rend n'importe quel futur remplacement, amélioration ou réemploi possible et ce de manière non destructive et sans alimenter la production de déchets comme dans un bâtiment conventionnel [PADUART, 2012].

Dans le projet, une attention particulière a été portée aux éléments suivants :

- Les murs de parements de la partie « bureaux » de l'incubateur, sa façade urbaine, est constituée pour être démontable de briques ClickBrick. Ce système permet d'éviter l'assemblage des briques au ciment, ce qui empêche actuellement leur réemploi, en mettant en œuvre des connexions sèches. Les briques sont munies d'encoches sur leur face supérieure et inférieure. Celles-ci permettent l'insertion de clips en acier inoxydable qui fixent les briques les unes aux autres. Des tiges sont insérées dans certains de ces clips afin de stabiliser le parement en le fixant au mur [Daas Backsteen].
- La partie portante du mur est constituée d'éléments de remplissage emboîtés les uns avec les autres et fixés à l'aide de pattes d'attaches et de boulons à la structure portante en acier. Ces éléments de remplissage sont des caissons préfabriqués en bois remplis d'isolant. Les panneaux qui ferment les caissons seront fixés à l'aide de connexions réversibles. La structure interne du panneau doit être prévue et dimensionnée pour permettre l'ancrage des tiges servant à stabiliser le mur de parement.
- Les planchers seront réalisés de manière identique et posés sur des poutre de la structure principale
- En ce qui concerne la partie « ateliers » le système est le même si ce n'est que nous n'utilisons pas un parement en brique mais un bardage. Celui-ci est réalisé suivant le module d'un panneau de tôle ondulée provenant des anciens abattoirs. Ces panneaux de tôle ondulées sont fixés à des studs eux même fixés au mur.

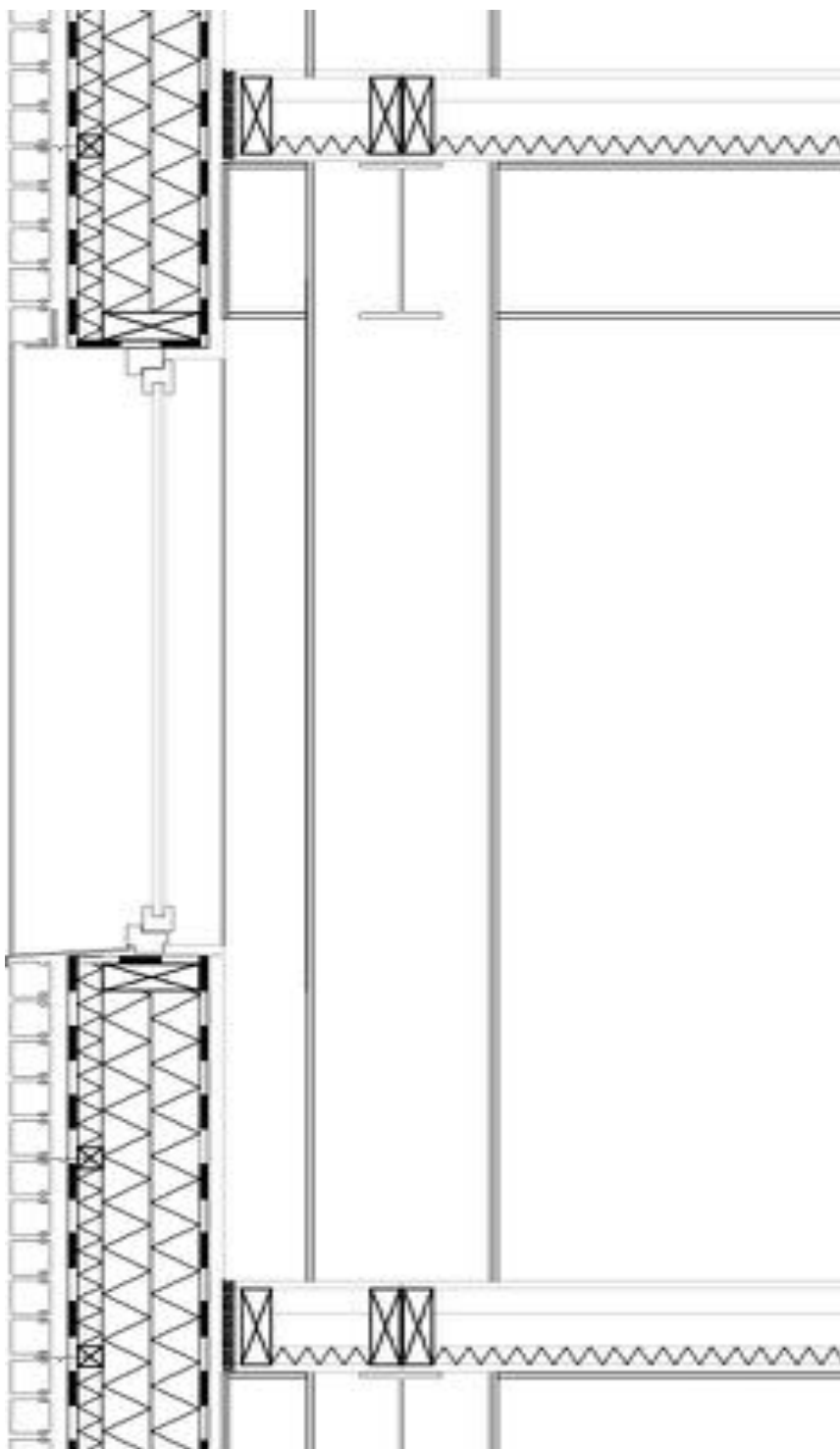


Illustration 30 : Détail constructif réversible avec parement en briques démontables

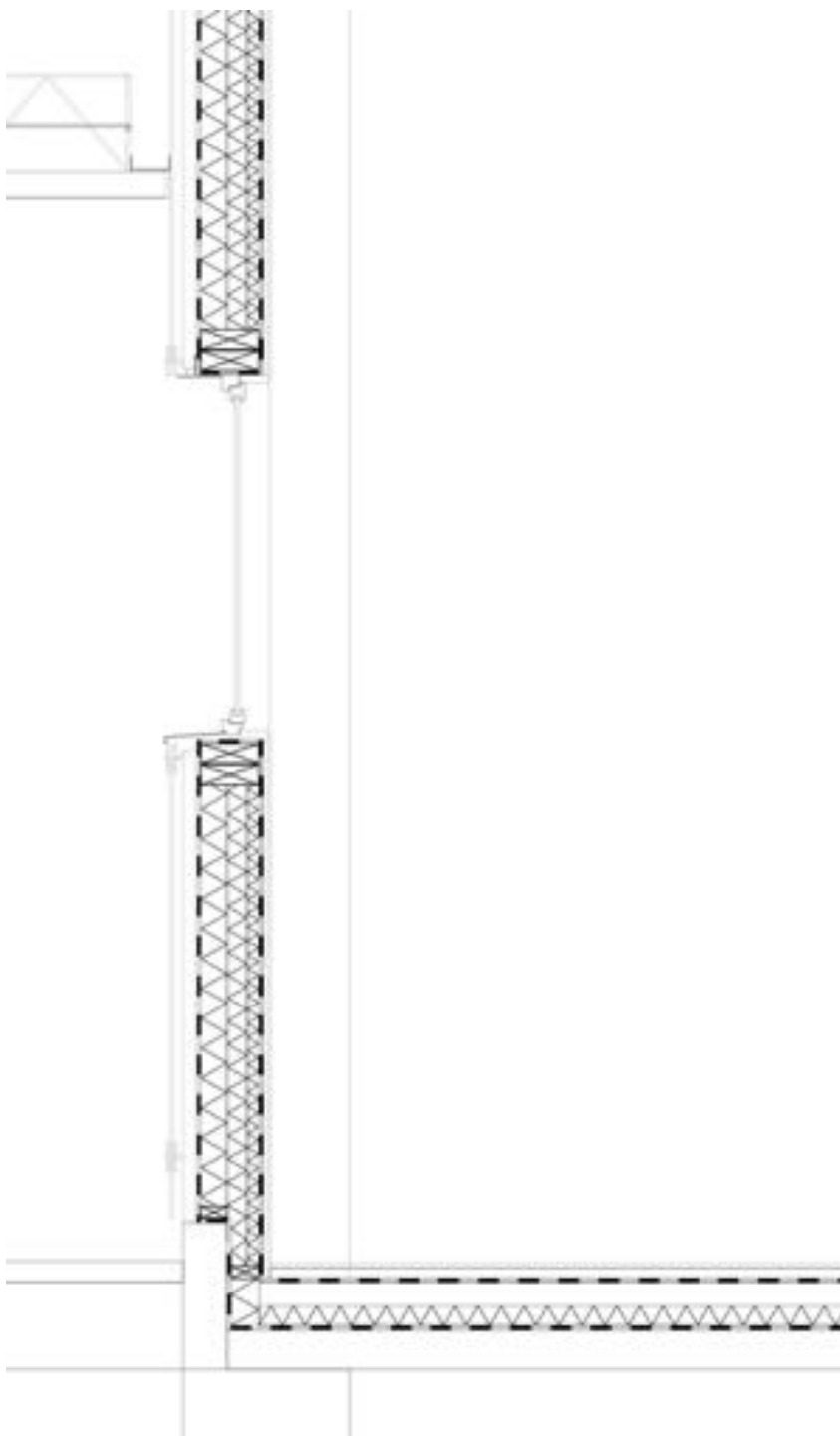


Illustration 31 : Détail constructif réversible avec bardage en tôle réemployée

ANALYSE DES FLUX

Après avoir mis en place les outils servant à faciliter et à intensifier la pratique du réemploi il est intéressant de constater l'effet qu'a cette pratique sur les flux de matières. On regardera donc dans le détail quel est la part de matière déconstruite puis réemployée in situ, celle réemployée ex situ, la part de matière neuve, mais aussi la matière que l'on pourra réemployer à la fin de la vie du bâtiment ainsi que la matière qui devra, malgré tout, être jetée... Ces flux de matières seront analysés selon deux aspects : la quantité de matière en elle-même et la quantité d'énergie liée à cette matière. Cette partie de l'étude permet de démontrer quels sont les bénéfices réels du réemploi.

Flux de matières

Flux de matière engendré par la déconstruction

L'analyse quantitative du flux de matière sera réalisée sur base de deux unités complémentaires : le poids et le volume. « La raison du choix de cette double unité provient de la nature des matériaux et de leur représentativité dans le bâtiment. En effet, nous observons lors des opérations de rénovation énergétique et de construction neuve qu'une part de plus en plus importante est occupée par les matériaux isolants. Cependant, si seule l'unité de poids est considérée, l'impact de ces matériaux (présentant une masse volumique faible) sera négligeable alors qu'en volume, ils constituent une proportion importante de l'enveloppe du bâtiment [GOBBO, 2015]. C'est pourquoi il est important d'étudier les flux en unité de poids et en unité de volume.

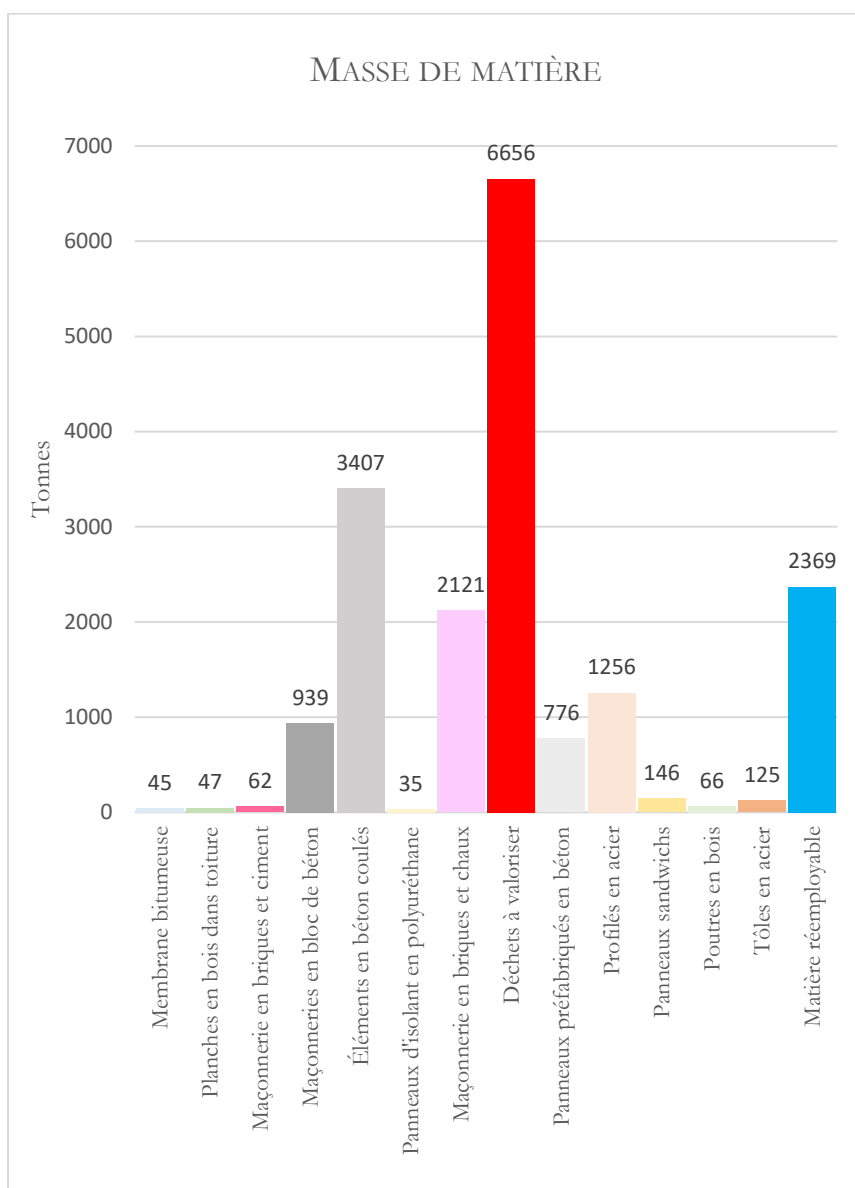


Illustration 32 : Graphique de la répartition de la matière déconstruite selon le poids de celle-ci

Nous constatons que la masse de déchets à valoriser est presque trois fois plus importante que la masse de matière potentiellement réemployable. Ce phénomène est assez logique. En effet, les anciens abattoirs n'ont pas été prévus pour être déconstruits. Le béton coulé est utilisé en grande quantité et pour des petits éléments (sous-bassement, poteaux, poutres, maçonnerie en blocs de béton, ...). La maçonnerie en brique à la chaux est également assez bien représentée (un tiers des déchets). Il est intéressant de le remarquer car dans d'autres circonstances ces briques auraient pu être réemployées. En effet, nous les avons exclues du réemploi car l'atmosphère dans laquelle elle se trouve les détériore. Si nous avions pu réemployer cette matière, les proportions entre la masse à valoriser et la masse à réemployer auraient été plus ou moins identiques. Cela démontre que ce type de bâtiment industriel est une assez bonne source de matière. La matière qui est sans doute la plus intéressante à réutiliser est l'acier présent en grande quantité et qui est utilisé pour faire de grandes fermes permettant de couvrir de grandes portées.

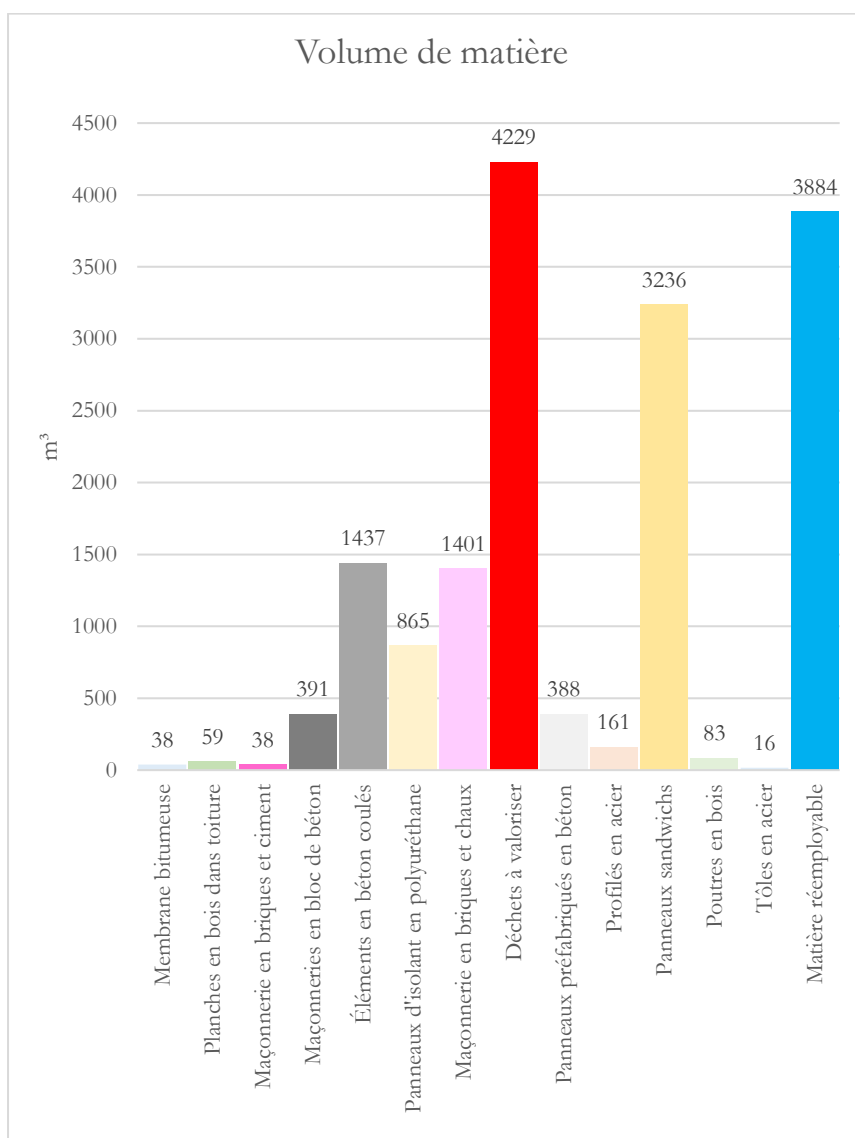


Illustration 33 : Graphique de la répartition de la matière déconstruite selon son volume

Ici nous constatons que le volume de matière réemployable est presque équivalent au volume de déchets. Ceci est dû au fait que l'isolant est mis en évidence par cette quantification. La majorité de murs et cloisons des abattoirs sont réalisés à l'aide de panneaux sandwich majoritairement constitués d'isolant et qui ne figuraient donc pas dans la quantification en masse. Ces panneaux ne peuvent pas être réutilisés puisque les performances de l'isolant sont moindres après environ 30 ans. Cependant ces panneaux sont intéressants à réemployer pour faire des cloisons intérieures par exemple. Ici encore les briques maçonnées à la chaux représentent une grande quantité de déchets. Si elles avaient pu être réemployées, il y aurait eu moins de volume de déchets que de volume de matière réemployée.

Au regard des deux graphiques, il apparaît que l'isolant est un élément impossible à récupérer et qui représente malgré tout une grande part du bâtiment. Il est donc important de le choisir de manière raisonnée. Le béton est aussi à utiliser de manière raisonnée et pour des éléments pérennes du bâtiment tel que la structure.

Flux de matière nécessaire à la construction

Le projet est constitué de deux bâtiments pour lesquels deux approches ont été utilisées. Pour le bâtiment qui représente la façade urbaine et contient les espaces de « bureaux », l'approche a été d'utiliser des matériaux neufs qu'il sera possible de démonter. Ceci est mis en place car il fallait construire une structure neuve. Aucun élément trouvé in situ réutilisable n'aurait supporté autant de charges et il est très difficile de trouver une grande quantité d'éléments de structure d'une autre provenance. La seconde partie du projet contient quant à elle plus de matière réemployée. C'est pourquoi le flux de matière nécessaire à la construction sera étudié en deux parties.

Bâtiment contenant les espaces de « bureaux » :

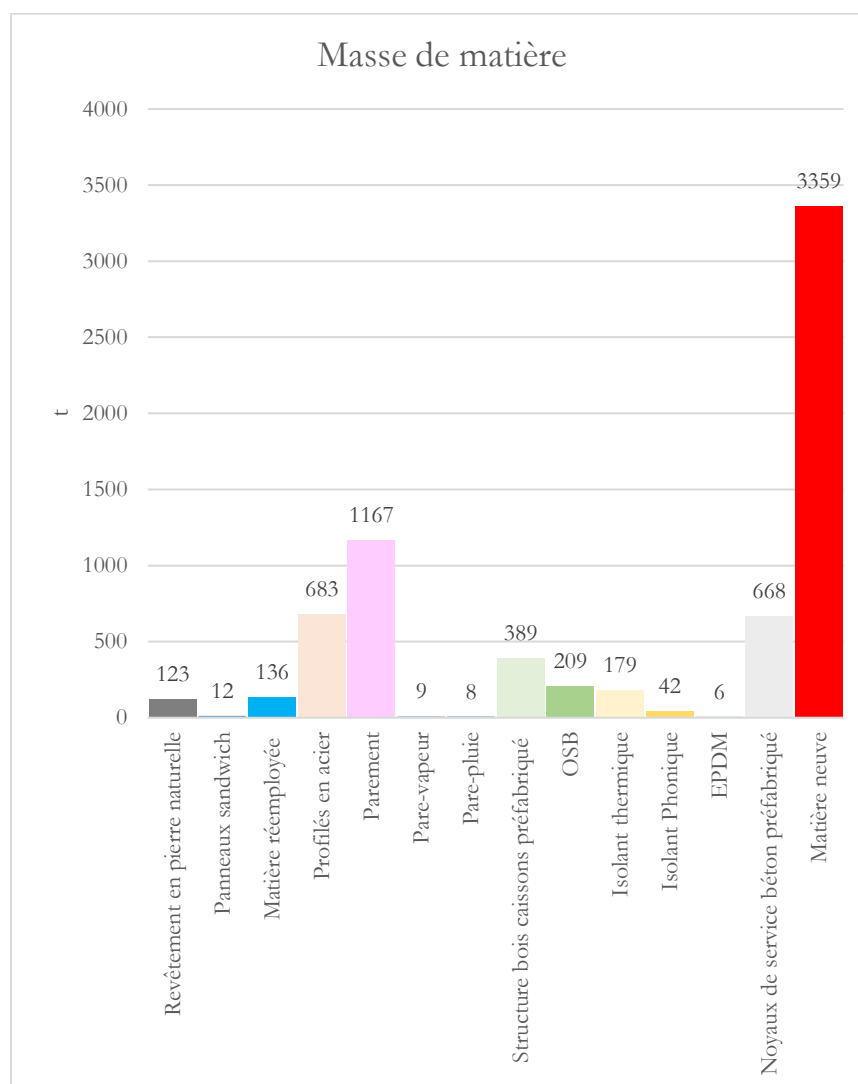


Illustration 34 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire le bâtiment constituant la façade urbaine du projet selon sa masse.

Sans surprise le réemploi ici ne représente qu'une très petite part de la matière (1/200).

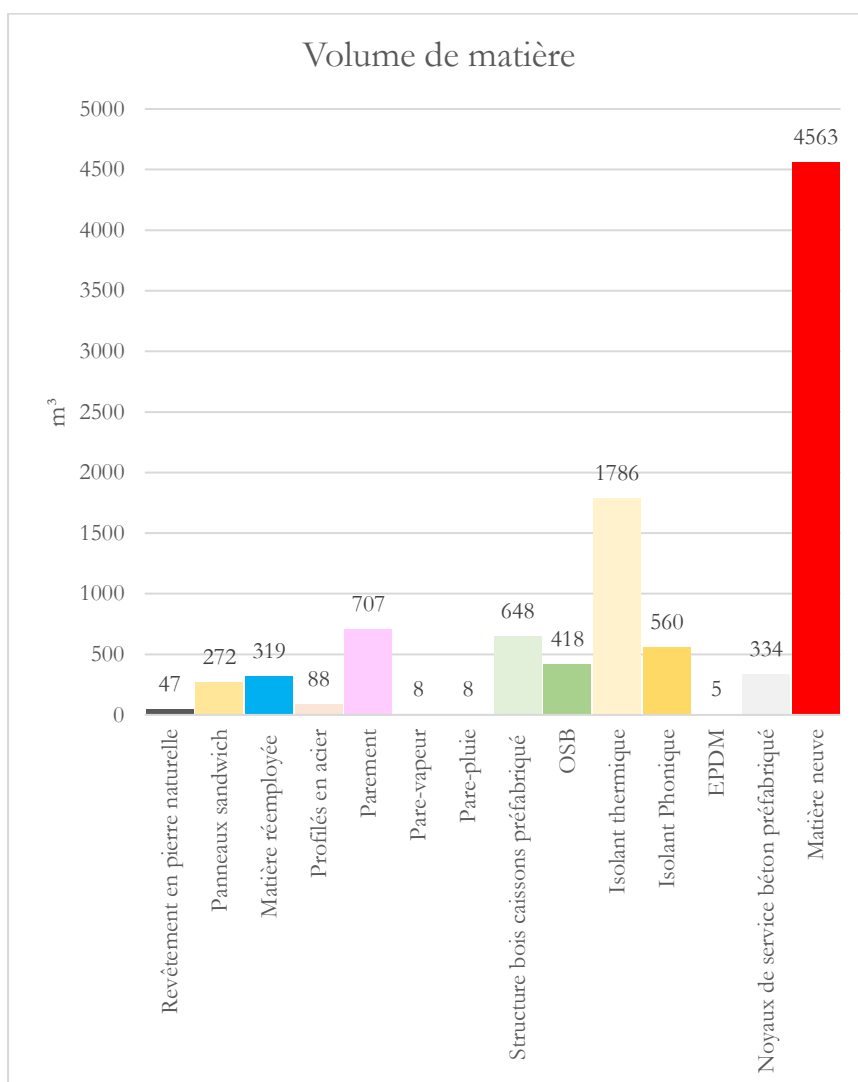


Illustration 34 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire le bâtiment constituant la façade urbaine du projet selon son volume.

La proportion de matière réemployée a ici plus que triplé grâce à la présence des panneaux sandwichs.

Ateliers

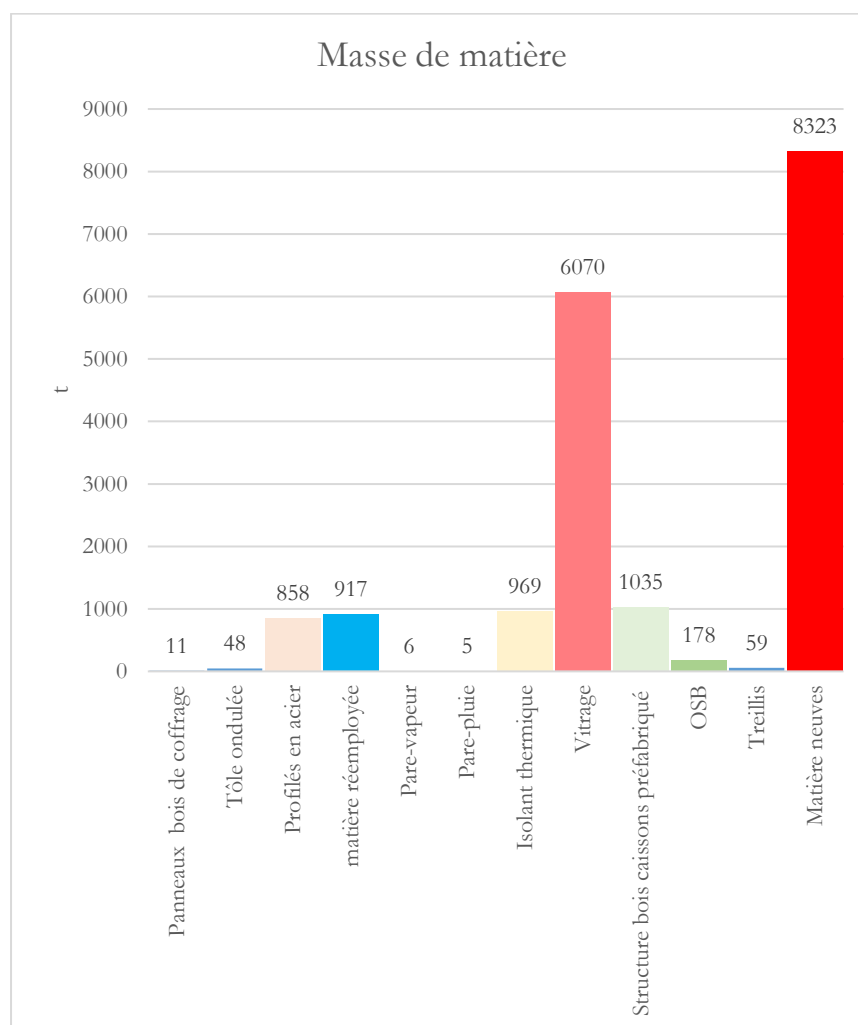


Illustration 35 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire les ateliers selon sa masse.

La masse de matière réemployée représente dans ce cas-ci 1/10 de la matière totale, ce qui n'est pas négligeable. On remarque aussi que la masse la plus représentée est celle constituée par le vitrage. Etant donné qu'il y a des serres sur le toit du bâtiment ce chiffre à priori étonnant est facilement expliqué. Ces serres n'ont pas été imaginées en fenêtres de réemploi. Elles auraient pu l'être, cela aurait demandé un travail de prospection supplémentaire non négligeable. Le reste des matériaux s'équilibre entre quantité de matière réemployée et neuve.

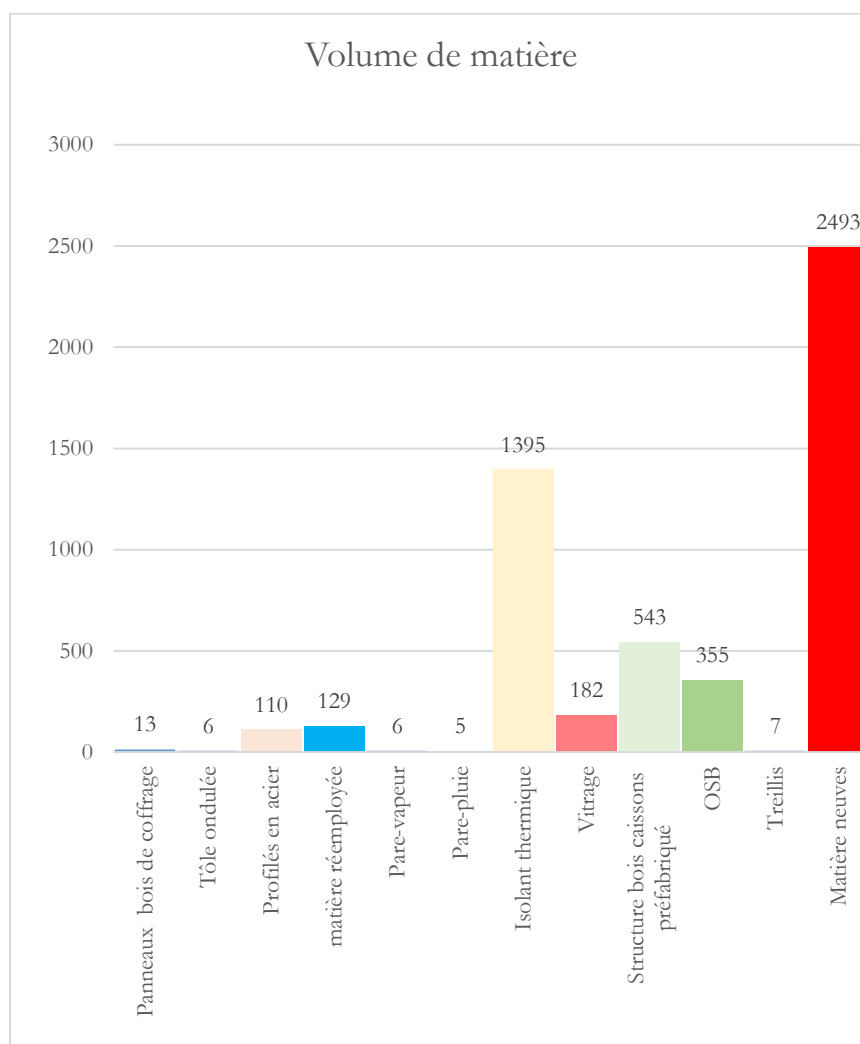


Illustration 36 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire les ateliers selon son volume.

Dans ce cas-ci le réemploi ne représente plus que 5% de la matière totale. C'est l'isolant nécessaire à obtenir des bâtiments aux standards actuels qui représente plus de la moitié du volume de matière.

En regardant l'ensemble de ces graphiques, on se rend compte que la matière réemployée reste en proportion faible par rapport à toute la matière mise en œuvre. Cela est dû au fait que nous nous sommes concentrés sur le réemploi in situ pour réaliser ce projet, mais aussi au fait qu'il est difficile de trouver de grandes quantités de matériaux identiques hors du site. Nous ajouterons encore que l'isolant n'est pas réutilisable et qu'il représentera toujours une grande quantité du volume de matière mise en œuvre.

La matière réemployée in situ représente 40 % de la masse de matière déconstruite réemployable. Ce qui n'est pas négligeable.

Flux de matière récupérable après déconstruction du projet

Nous avons ensuite voulu savoir comment les proportions changeaient dès lors que les détails du bâtiment ont été conçus pour faciliter sa déconstruction. Ici nous avons directement fait le calcul sur l'ensemble des bâtiments.

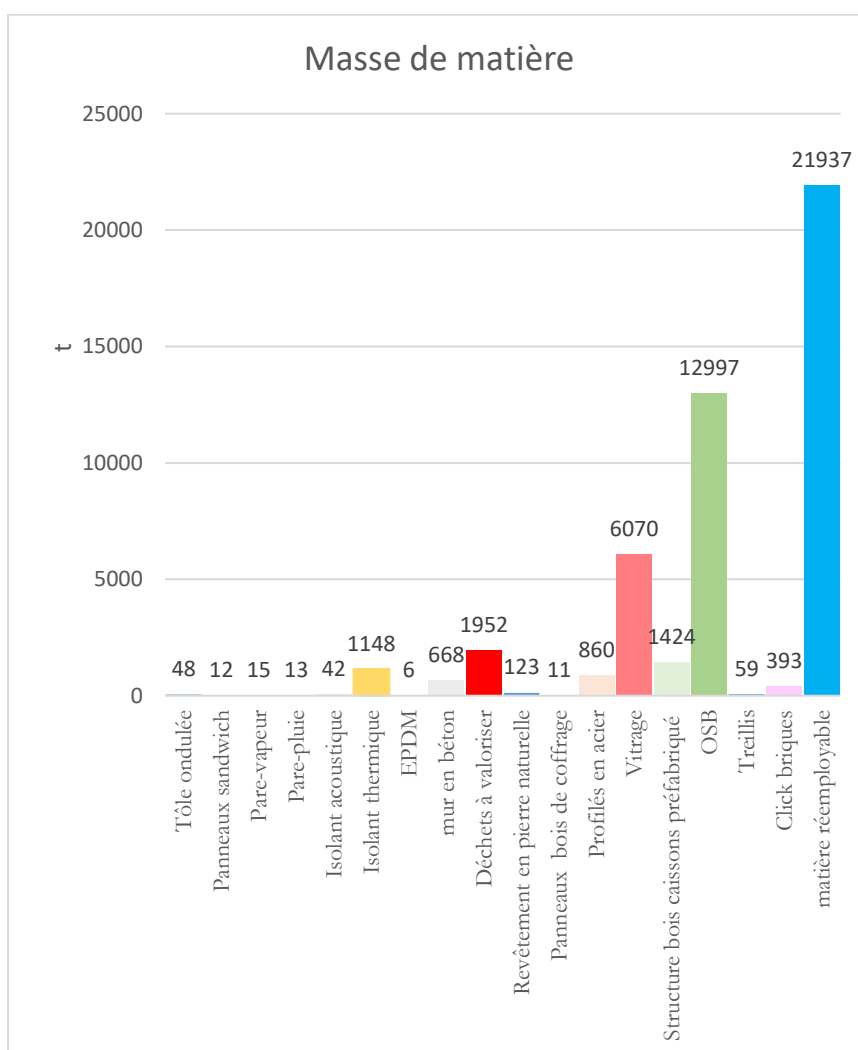


Illustration 37 : Graphique représentant la part de matière réemployable et non- réemployable du projet en masse.

En faisant l'effort de réfléchir à des détails déconstructibles la masse matière réemployable passe de 26 % à 90%.

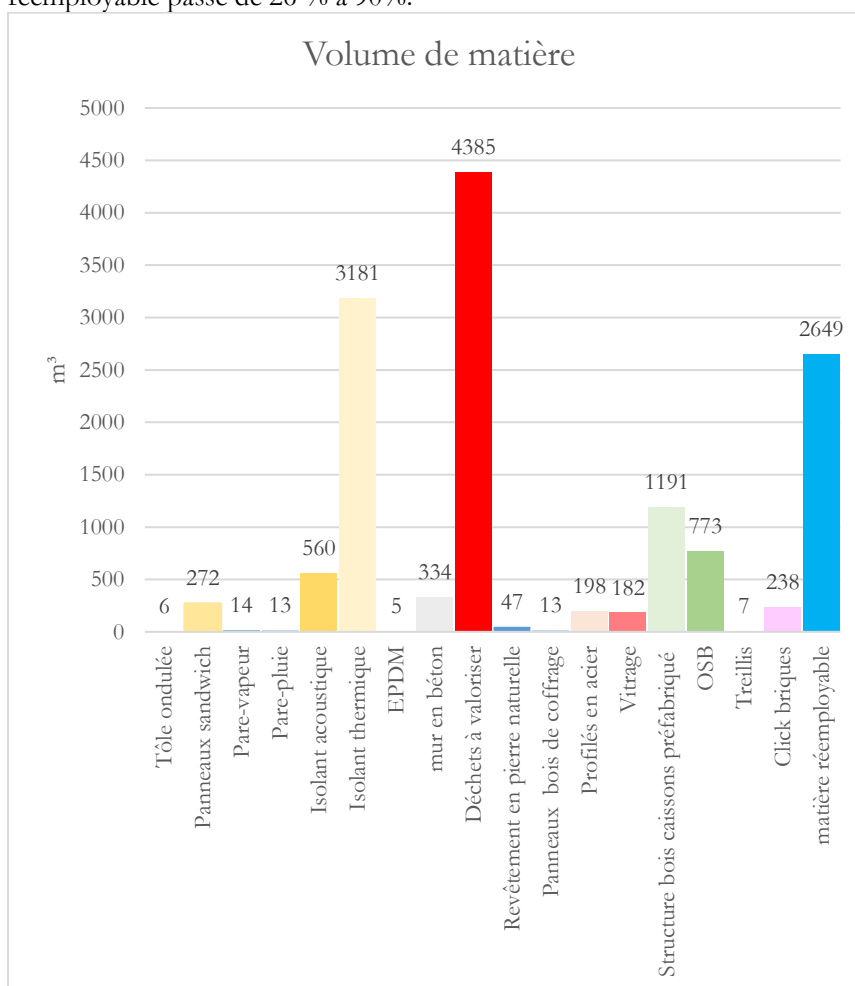


Illustration 38 : Graphique représentant la part de matière réemployable et non- réemployable du projet en volume.

Les isolants restent la principale source de déchets.

Flux d'énergie

Grâce à ces calculs de quantification nous pouvons estimer l'énergie grise et le CO₂ économisés pour ne pas avoir mis en oeuvre de la matière neuve. Pour ce faire, nous avons utilisé les valeurs attribuées pour chacun des matériaux dans le tableau d'écobilan de Sophie Trachte. La dépense d'énergie nécessaire au démontage n'a encore jamais été étudiée, il est donc impossible de la prendre en compte. L'énergie dépensée pour l'élimination des déchets ne sera pas prise en compte non plus puisqu'elle n'est pas renseignée pour tous les matériaux.

- L'économie réalisée grâce au démontage et de 44 084 868 MJ d'énergie grise et 6 884 455 kg CO₂ eq. Elle se divise en 3 978 861 MJ et 4 154 235 kg CO₂ eq économisés in situ et 40 106 006 MJ et 2 730 220 kg CO₂ eq qui sont théoriquement réemployable ex situ.
- L'économie réalisée grâce au réemploi de matériaux provenant d'un autre site représente 316 326 MJ et kg 1233 CO₂ eq. L'économie d'énergie grise totale liée au réemploi dans ce projet est donc de 63 779 420 MJ et l'économie de gaz à effet de serre est de 6 885 688 kg CO₂ eq
- L'économie qui pourrait être réalisée si toute la matière mise en œuvre était réemployée serait de 150 796 955 MJ et 16 188 128 kg CO₂ eq

Conclusions

Par cette analyse des flux, il est démontré que pratiquer le réemploi n'est pas une entreprise vaine, les économies d'énergie et de matière réalisées ne sont pas négligeables. Cela démontre que si le réemploi est possible à mettre en œuvre aujourd'hui, il sera beaucoup plus intense lorsque la déconstruction aura été pensée au préalable.

Cette approche a cependant quelques limites :

- La matière est quantifiée sans prendre en compte qu'une partie va être abîmée, présenter une pathologie, et ne pourra donc pas être récupérée.
- Les volumes calculés ne prennent pas en compte le foisonnement des matières enlevées.
- Globalement ceci est une approche théorique qui reste loin de la réalité du terrain.

Pour finir le réemploi in situ est celui qui est le plus économique d'un point de vue écologique et financier. Cependant, il ne permet pas de couvrir l'ensemble des matériaux qui sont nécessaires, des matériaux neufs doivent toujours être insérés. C'est pourquoi, le réemploi ex situ et la création de filières spécialisées sont si importants. Actuellement, l'intégration de matière neuve dans des bâtiments de grande échelle ne peut pas être évitée. De plus, le processus se complexifie encore si on veut que le bâtiment présente une cohérence et ne soit pas un patchwork de mille choses.

CONCLUSION

Une grande quantité d'initiatives sont actuellement mises en œuvre afin de faciliter et de promouvoir le réemploi. Cependant, pour que le réemploi passe du statut d'innovation à celui de pratique courante, il est indispensable que ces initiatives se développent à plus grande échelle. La diffusion des techniques de conception et de construction liées au réemploi est indispensable à son expansion. La disponibilité accrue de la matière et la certification de sa qualité devraient aussi permettre de démultiplier sa mise en œuvre. Pour ce faire de nouveaux outils tels que le potentiel de réemploi, le passeport matériaux, les outils de mise en œuvre adaptables de la matière devront être créés et perfectionnés.

Si aujourd'hui, seul un public sensible à la nécessité de modifier notre manière de vivre pour préserver notre environnement et revenir à une économie raisonnable y sera sensible, il paraît nécessaire que ces méthodes soient soutenues par les politiques mises en place par les autorités publiques, par des réglementations adaptées et des incitants financiers comme cela a été le cas pour promouvoir l'isolation des bâtiments en vue d'économies d'énergie par exemple. Les récentes avancées de la région de Bruxelles Capital sur ce sujet sont de bons augures à ce point de vue.

Les chiffres et le résultat tiré de l'étude m'incitent à penser que mettre en pratique le réemploi in situ, lorsque l'on dispose, au préalable, d'une quantité conséquente de matière, représente une économie non négligeable. Ainsi l'expansion future de cette pratique ne semble nullement être une utopie.

LEXIQUE

DIU : plan d'interventions ultérieures : il contient les documents décrivant le bâtiment tel qu'il est lors de la réception ainsi que les éléments utiles pour la sécurité et la santé dont il faut tenir compte lors de travaux ultérieurs éventuels et qui est adapté aux caractéristiques de l'ouvrage. [<http://www.uclouvain.be>]

Down-cycling : transformation suite à un recyclage en un produit de moindre valeur que le matériau initial.

Économie circulaire : modèle économique dans lequel on fait circuler les ressources « en boucle » pour les préserver et ce en les utilisant de manière plus efficace, en réduisant leur gaspillage, en faisant en sorte que les déchets des uns deviennent les ressources des autres, en allongeant la durée de vie des produits, etc. et tout ceci à l'échelle locale. On peut alors diminuer l'impact des échanges et de la production sur l'environnement tout en développant le bien-être des citoyens. L'économie circulaire implique aussi une réflexion sur la conception des produits ; dès le départ, on doit savoir combien de temps il va durer et comment on va réintégrer les ressources qui le composent dans le circuit économique à la fin de sa vie. [<http://www.environnement.brussels/>]

Énergie grise ou incorporée : l'ensemble des dépenses énergétiques associées à l'existence et à tout le cycle de vie d'un objet, depuis sa production jusqu'à son recyclage (extraction, transformation, fabrication, transport, mise en œuvre, etc.) » [CHOPIN & DELON, 2014].

Entropie : En thermodynamique, l'entropie d'un système mesure le degré de dispersion de l'énergie à l'intérieur d'un système.

Paradigme : est une forme de rail de la pensée dont les lois ne doivent pas être confondues avec celles d'un autre paradigme et qui, le cas échéant, peuvent aussi faire obstacle à l'introduction de nouvelles solutions mieux adaptées [<http://www.cnrtl.fr/>]

Passeport matériaux : compilation d'informations sur les caractéristiques des matériaux et des composants dans un produit qui lui donne une valeur lors de son usage présent, de sa réutilisation et de son réemploi.

Plans « as-built » : plans décrivant le projet comme il est construit. Ils sont indispensables aux modifications ultérieures. Leur exploitation permet, en

tant que support et source d'information d'établir un système de gestion et de maintenance intégrant la prévention des risques en matière de sécurité et de santé au travail. [<http://www.securisan.be>]

Platonisation du bois : technique de traitement du bois qui permet d'en augmenter la durée de vie en passant le bois dans un four selon plusieurs étapes. Ce procédé utilise uniquement la chaleur et aucun produit chimique. [<http://www.eurabo.be/fr/lexicon/detail/plato/524/>]

De manière **systémique** : comme un ensemble d'éléments en relations mutuelles. [<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>]

Récupérer : action englobant les trois actes de préservation de la matière : la réutilisation, le réemploi et le recyclage.

Recyclage : Le recyclage englobe toute opération pour laquelle des matériaux en fin de vie ou des résidus de fabrication sont réintroduits dans le cycle de production d'un produit. Cela demande un remaniement de matière qui est lié à une forte consommation d'énergie. De plus, dans beaucoup de cas, cela engendre une diminution de qualité du produit initial.

Réemploi : Le réemploi quant à lui serait donc défini comme toute opération pour laquelle des objets ou des composants d'objet, qu'ils soient ou non des déchets, se voient offrir un nouvel usage (identique ou non) et ce sans subir de remaniement complet, tant physique que chimique.

Réemployeur : Une personne pratiquant le réemploi.

Réutilisation : La réutilisation est définie comme toute opération pour laquelle des objets ou des composants d'objet, qu'ils soient ou non des déchets, resservent dans leur usage premier et ce sans subir de transformation.

Soutenabilité : La soutenabilité désigne ce qui paraît raisonnablement contrôlable et le mode d'organisation à mettre en place en vue d'assurer la pérennité de la société humaine.

Up-cycling : transformation suite à une « récupération » de la matière en un produit d'égale ou de plus grande valeur que celle du matériau initial.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES CONSULTÉS.

BRAND S., *How buildings learn : what happens after they're built*, Penguin Books, London, 1995

Julien CHOPIN et Nicolas DELON, *Matériaux / Réemploi / Architecte - Matière Grise*, Pavillon de l'Arsenal, Espagne, 2014

Hélène DELMÉE, Gilles DEMOL et Romain TORDEUR, *Processus d'implémentation de nouvelles techniques constructives*, Séminaire critique : Utopie réalisable, LOCI, Saint-Luc Bruxelles, novembre 2016

GOBBO Emilie, *DÉCHETS DE CONSTRUCTION, MATIÈRES À CONCEPTION*, *Analyse des stocks et flux de matières dans le cadre des opérations de rénovation énergétique en Région de Bruxelles-Capitale*, Thèse de doctorat, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI), Louvain-la-Neuve, Belgique, 2015

GUILLEMEAU Jean-Marc, WAGELMANS Paul & WAGELMANS Jean, *GUIDE PRATIQUE SUR LE RÉEMPLOI / RÉUTILISATION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION*, Ouvrage réalisé avec l'aide de la Région Bruxelles-Capitale et de la Wallonie, janvier 2014

HÉGER Victor & MERSCHAERT Julie, *L'adaptabilité constructive*, Séminaire critique : Utopie réalisable, LOCI, Saint-Luc Bruxelles, novembre 2016

HUYGEN Jean-Marc, LA POUBELLE ET L'ARCHITECTE, *Vers le réemploi des matériaux*, L'Impensé, Actes Sud, Arles, France, 2008

HUYGEN Jean-Marc, *MATÉRIAUX de réemploi et imaginaire social*, dans Cahier de l'urbanisme n°73, *PATRIMOINE ET MODERNITÉ*, Edition Mardaga, Septembre 2009, pp 46-50

LUSCUERE Lars, *Materials Passports : Providing insights in the circularity of materials, products and systems*, Mars 2017

MOFFAT S. & RUSSEL P., *Assessing Building for adaptability*, Novembre 2011

PADUART Anne, *Re-design for change : a 4 dimensional renovation approach towards a dynamic and sustainable building stock*, PHD thesis, VUB, Bruxelles, Belgique, 2012

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI

Région de Bruxelles capital, PROGRAMME RÉGIONAL EN ECONOMIE CIRCULAIRE, 2016 – 2020, *Mobiliser les ressources et minimiser les richesses perdues : Pour une économie régionale innovante*, Bruxelles, Mars 2016

ROTOR ASBL POUR L'IBGE, PROJET D'ACTIVATION DES FILIERES DE REEMPLOI DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION EN REGION DE BRUXELLES-CAPITALE, *Opalis*, Rapport final, Novembre 2012

ROTOR ASBL, VADE-MECUM POUR LE RÉEMPLOI HORS-SITE, *Comment extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics ?*, Septembre 2015

UN VADE-MECUM POUR LA CONCEPTION À PARTIR DE MATÉRIAUX DE
RÉEMPLOI

CONFÉRENCES.

MATIÈRE GRISE, *Matériau, réemploi, architecture*, avec Rotor, Superuse Studio et Encore Heureux, Pavillon de L'Arsenal, Paris, 17 novembre 2014

BAMB (BUILDING AS MATERIAL BANKS), *Launch of stakeholder network*, IBGE, Bruxelles, 3 mai 2015

L'ECONOMIE CIRCULAIRE EN PRATIQUE, *Repenser nos modèles de production et de consommation*, IBGE, Bruxelles, 11 mai 2016

BAMB, *Stakeholder network annual meeting*, IBGE, Bruxelles, 24 janvier 2017

SITES INTERNET CONSULTÉS.

www.aa-ar.be
www.bamb2020.eu
www.bazed.fr
www.bbsm.brussels
www.brusselsretrofitxl.be
www.cstc.be
www.daasbaksteen.com/en/Facade-systems/ClickBrick/page.aspx/67
www.daasbaksteen.com/01/MyDocuments/ClickBrick_Detail_eng..pdf
www.environnement.brussels
www.oogstkaart.nl
www.opalis.be
www.rotordeconstruction.be
www.ruralstudio.org
www.superuse-studios.com
www.superuse.com
www.uclouvain.be/fr/facultes/loci/archi-cli
www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/
www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/transform
www.woodguide.org
www.2020energy.eu/sites/default/files/pdf/recyclage_et_reemploi.pdf

INTERVIEW

HUYGEN pour Radio France International : *La Poubelle et l'Architecte*
par Danielle Birck :

http://www1.rfi.fr/francefr/articles/109/article_77394.asp

LISTE ET SOURCES DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Consommation des ressources et productions de déchets, Dessin inspiré de la conférence MATIÈRE GRISE, Paris, 17 novembre 2014

Illustration 2 : Hiérarchie d'action, Directive Cadre 2008/98/CE

Illustration 3 : Trois types de récupérations, Delmée Hélène et Lebour Antoine, Atelier d'architecture : Utopie réalisable, LOCI, Saint-Luc Bruxelles, mars 2016

Illustration 4 : Implication sur l'énergie de la mémoire et la formes pour les trois types de récupérations, Delmée Hélène et Lebour Antoine, Atelier d'architecture : Utopie réalisable, LOCI, Saint-Luc Bruxelles, mars 2016

Illustration 5 : Processus d'implémentation de nouvelles techniques constructives, Hélène DELMÉE, Gilles DEMOL et Romain TORDEUR, *Processus d'implémentation de nouvelles techniques constructives*, Séminaire critique : Utopie réalisable, LOCI, Saint-Luc Bruxelles, novembre 2016

Illustration 6 : Le déchet comme ressource.

Illustration 7 : Wikado playground, Rotterdam, NL, Superuse Studio : <http://superuse-studios.com/index.php/2008/10/wikado-2/>

Illustration 8 : Harvestmap du Moes : bar et restaurant, Amsterdam, NL, Superuse Studio : <http://superuse-studios.com/index.php/2012/05/moes/>

Illustration 9 : La ressource ne devient pas un déchet

Illustration 10 : Van Der Meeren's student houses, campus de la Vrije Universiteit Brussels Oefenplein et la première analyse du cycle de vie du bâtiment incluant le coût engendré par ce bâtiment est sa rénovation, Unité TRANSFORM du ae-Lab : [http://www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/gallery/projects/bamb/YTDEW9_BAMB - _poster_sarajevo - VUB v01.pdf](http://www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/gallery/projects/bamb/YTDEW9_BAMB_-_poster_sarajevo_-_VUB_v01.pdf)

Illustration 11 : Graphical representation of a fixed and a dynamic wall assembly, Anne Paduart : <http://www.vub.ac.be/ARCH/ae-lab/transform>

Illustration 12 : Valeur de mémoire

Illustration 13 : Folies Liégeoises, Huygen Jean-Marc :
<http://matieras.eu/4.0.folies.html>

Illustration 14 : Lions Park Playscape, Rural Studio : www.ruralstudio.org

Illustration 15 : Valeur économique

Illustration 16 : Congregation Leaving the Reformed Church in Nuenen,
Vincent van Gogh, 1884 – 1885, Amsterdam Museum

Illustration 17 : Sale of Building Scrap, Church in Nuenen, Vincent van
Gogh, 1885, Amsterdam Museum

Illustration 18 : Exemples d'annonce que l'on peut retrouver sur
www.2ememain.be : www.2ememain.be

Illustration 19 : Athénée Royale Riva Bella, par l'Atelier d'Architecture
Alain Richard : www.aa-ar.be et www.bazed.fr/projet-exemplaire/lathenee-royal-riva-bella

Illustration 20 : Projet : un incubateur d'industrie et d'entreprise locale
à Anderlecht

Illustration 21 : Phasage des interventions

Illustration 22 : Plan de situation réalisé par le Forum Abattoir

Illustration 23 : Inventaire in situ de la matière

Illustration 24 : Façade urbaine de l'incubateur

Illustration 25 : Carte des revendeurs via Opalis

Illustration 26 : Escaliers de réemploi vendu sur le site rotordc.be

Illustration 27 : Plan du Rez-de-Chaussée

Illustration 28 : Flexibilité : scénarios d'aménagements

Illustration 29 : les systèmes constitutifs du bâtiment selon Stewart
Brand, BRAND S., *How buildings learn : what happens after they're built*, Penguin
Books, London, 1995

Illustration 30 : Détail constructif réversible avec parement en briques démontables

Illustration 31 : Détail constructif réversible avec bardage en tôle réemployée

Illustration 32 : Graphique de la répartition de la matière déconstruite selon le poids de celle-ci

Illustration 33 : Graphique de la répartition de la matière déconstruite selon son volume

Illustration 34 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire le bâtiment constituant la façade urbaine du projet selon sa masse.

Illustration 34 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire le bâtiment constituant la façade urbaine du projet selon son volume

Illustration 35 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire les ateliers selon sa masse.

Illustration 36 : Graphique de la répartition de la matière servant à construire les ateliers selon son volume.

Illustration 37 : Graphique représentant la part de matière réemployable et non- réemployable du projet en masse.

Illustration 38 : Graphique représentant la part de matière réemployable et non- réemployable du projet en volume.