

Mémoire de fin d'études : "La nouvelle norme NBN ISO 20887 "développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil - conception pour la démontabilité et l'adaptabilité - principes, exigences et recommandations", est-elle un réel levier pour renforcer et intensifier les pratiques de conception circulaire en Belgique ?

Auteur : Glodkowski, Paul-Antoine

Promoteur(s) : Trachte, Sophie

Faculté : Faculté d'Architecture

Diplôme : Master en architecture, à finalité spécialisée en art de bâtir et urbanisme

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/18263>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



UNIVERSITE DE LIEGE – FACULTE D’ARCHITECTURE

La nouvelle norme NBN ISO 20887

*"développement durable dans les bâtiments et ouvrages de
génie civil – Conception pour la démontabilité et
l’adaptabilité – principes, exigences et recommandations"*

Est – elle un réel levier pour renforcer et intensifier les
pratiques de conception circulaire en Belgique ?

Travail de fin d’études présenté par Paul-Antoine GLODKOWSKI en vue de l’obtention du
grade de Master en Architecture

Sous la direction de : Sophie TRACHTE

Année académique 2022 -2023

Annexes

Annexe 1 : Tableau de vingt-trois critères pour l'évaluation d'un bâtiment dynamique pour l'étude de cas Mahatma Gandhiwijk. (Paduart et al., 2013)

	Interaction	Sous-composition ou conception	Composition ou organisation
Niveau de Élément (avec un ou plusieurs composants)	(1) <i>Réversibilité</i> des connexions. (2) <i>Simplicité</i> des méthodes de connexions. (3) <i>Vitesse</i> (limiter le nombre de connexions et les rendre accessible).	(4) <i>Durabilité</i> des composants par leur résistance à l'usure et leur longue durée de vie. (5) <i>Réutilisation</i> des produits de construction. (6) <i>Compatibilité</i> des composants dans le marché.	(7) <i>Stratification</i> des couches fonctionnelle et technique en fonction de leur durée de vie. (8) <i>Indépendance</i> des composants par rapport aux autres. (9) <i>Préfabrication</i> pour faciliter le montage/démontage.
Niveau Bâtiment	(10) <i>Réversibilité</i> des composants pour leur réparation ou leur remplacement.	(11) <i>Démontage</i> sélectif des composants. (12) <i>Réutilisabilité</i> des éléments de constructions. (13) <i>Extensibilité</i> par le surdimensionnement des éléments structurels ou des gaines techniques.	(14) <i>Répartition variable des fonctions</i> par des espaces polyvalents ou/et la mobilité des éléments de construction.
Niveau Quartier	(15) <i>Simplicité</i> des liaisons entre les bâtiments et les infrastructures urbaines. (16) <i>L'Évolution</i> des liaisons du quartier de façon modulable.	(17) <i>Réutilisation</i> des bâtiments et des infrastructures (18) <i>Dimensionnement</i> pour des infrastructures urbaines. (19) <i>Démontage</i> sélectif des bâtiments et des infrastructures.	(20) <i>Structure spatiale</i> limitant la fragmentation spatiale. (21) <i>Polyvalence</i> des espaces et des équipements publics (22) <i>Diversité</i> dans les fonctions, les équipements et les types d'habitation. (23) <i>Densification</i> par l'extension ou l'implantation de nouvelles fonctions

Qualitative Assessment and Design for Change Guidelines

	Interfaces	Sub-components	Composition
Element	Reversibility Simplicity Speed	Durability Reused Compatibility	Pace-layered Independence Prefabrication
Building	Accessibility	Demountability Reusability Extensibility	Versatility
Neighbourhood	Clear Adaptable	Retrofitted Dimensioned Removable	Unified Multipurpose Diverse Densifiable

Annexe 2 : Tableau des Lignes directrices pour la conception architecturale pour la déconstruction de Philip Crowther. (Crowther, 2000).

Les directives pour le recyclage des matériaux :

- (1) Utilisation de matériaux recyclés et soutien pour le recyclage et la réutilisation
- (2) Minimiser le nombre de matériaux différents pour réduire le tri sur site et le transport sur site.
- (3) Éviter les matériaux dangereux et toxiques pour réduire les risques pour la santé humaine et la contamination des matériaux.
- (4) Que les sous-ensembles inséparables soient fabriqués avec les mêmes matériaux.
- (5) Éviter les finitions secondaires des matériaux qui risque de contaminer les matériaux de bases et de rendre le recyclage plus difficile.
- (6) Fournir une identification standard et permanente des types de matériaux pour faciliter un tri futur.

Les directives pour le retraitement des composants :

- (1) Minimiser le nombre de types de composants différents afin de faciliter le tri sur site.
- (2) Utiliser un nombre limité de pièces à durée de vie courtes pour éviter une obsolescence lors de démontage et de montage.
- (3) Utiliser des connexions mécaniques plutôt que chimiques pour faciliter la séparation des composants et des matériaux.
- (4) Le cas échéant, limiter les liaisons chimiques pour la connexion des pièces.

Les directives pour la réutilisation des composants :

- (1) Utiliser un système de construction ouvert où les pièces sont plus librement interchangeables et moins uniques à l'application.
- (2) Utiliser la conception modulaire
- (3) Utiliser des technologies d'assemblage compatibles avec des pratiques de construction standard
- (4) Séparer la structure du revêtement, des murs intérieurs et des services pour permettre un démontage parallèle sans affecter les autres parties.
- (5) Fournir un accès à toutes les parties du bâtiment et à tous les composants.
- (6) Utiliser les composants dimensionnés pour convenir aux moyens de manutention prévus.
- (7) Prévoir un moyen de manutention des composants lors du démontage.
- (8) Fournir une tolérance réaliste pour permettre le mouvement pendant le démontage.
- (9) Utiliser un nombre minimum de types de connecteurs différents.
- (10) Concevoir des joints et des connecteurs pour résister à une utilisation répétée.
- (11) Utiliser une hiérarchie de démontage liées à la durée de vie du composant.
- (12) Rendre les pièces les plus réutilisables le plus accessibles possible pour permettre leur réutilisation.
- (13) Fournir une identification permanente du type de composant.

Directives pour l'adaptabilité ou la relocalisation des bâtiments :

- (1) Standardiser les espaces tout en permettant une variété infinie d'agencement dans l'ensemble du bâtiment.
- (2) Utiliser une grille structurelle à mesure standard et en fonction de la dimension des composants utilisés
- (3) Utiliser un nombre minimum de composants différents pour limiter les opérations différentes à connaître et faciliter le démontage.
- (4) Utiliser des matériaux et des composants légers afin de faciliter leur manipulation ainsi que la rapidité de montage.
- (5) Identifier les points de démontage de façon qu'ils soient visibles.
- (6) Fournir des pièces de rechange et leur stockage sur place (en particulier s'il y a des composants sur mesure) pour le remplacement ou des changements mineurs.
- (7) Maintenir toutes les informations sur le processus de fabrication et d'assemblage du bâtiment.

Annexe 3 : Les principes généraux de conception et de construction pour le design for deconstruction de Joris KANTERS (Kanters, 2018):

<p>Conception global du bâtiment :</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Des systèmes constructifs simples, flexibles, ouverts et modulaires. (2) Des systèmes constructifs séparés en fonction de leur durée de vie et une séparation des systèmes mécaniques, électriques et plomberies. (3) Un plan en grille modulable et garantir la stabilité du bâtiment lors de la déconstruction.
<p>Matériaux et connexions :</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Minimiser le nombre et les types de matériaux et de connexions différents. (2) Des connexions accessibles et durables. (3) Des joint mécaniques (boulon, écrous ...) par rapport à des liants, des adhésifs ... (4) Utilisation de matériaux non toxiques, non composites, durables et qui sont recyclés et/ou recyclables. (5) Utilisation de composants légers.
<p>Phase de construction et de déconstruction :</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) L'élaboration d'un plan de déconstruction dès la phase de conception. (2) Utilisation de matériaux et de composants préfabriqués. (3) La conception de connexions nécessitant des outils et des équipements courants (4) Le dimensionnement des composants en fonction de la manutention pour que la manipulation soit simple. (5) Un démontage parallèle des composants. (6) L'accessibilité aux éléments du bâtiments
<p>Communication, compétence et connaissances dans le processus de conception</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Un document informatif sur le type de matériaux et de composants utilisés, des méthodes de construction. (2) Et une équipe qui a les compétences et les connaissances pour le démontage et le réemploi.

Annexe 4 : tableau des qualités selon le guide « Concevoir la transition vers l'économie circulaire : Des critères de conception pour guider et inspirer tous les acteurs de la construction » (Galle et al., 2019b) :

<h1>Let's Design Out Waste!</h1> <p>Des idées de conception favorisant une utilisation des matériaux en circuits fermés sont des facteurs clés dans la transition vers la construction circulaire.</p> <p>Ces cartes complètent le guide et rassemblent des concepts, des chercheurs et organisations du domaine et illustrent dans la conception des éléments prêts pour le montage et la démontage. Elles proposent un ensemble d'approches, de concepts et de qualité architecturales pouvant guider les intervenants du projet dès le début de la conception.</p> <p>Une utilisation des matériaux en circuits fermés et la pérennisation de la valeur du projet, des qualités complémentaires à l'optimisation du coût environnemental et économique du projet, mais pas seulement. Découvrir les autres avantages et opportunités, les offrir dans les projets complémentaires ainsi que les rendre plus viables.</p> <p>www.rub.be/architecturaldesign</p>  <p>© 2020 Rub, Vrije Universiteit Brussel, Universiteit Antwerpen, Universiteit Leuven, Universiteit Gent, Universiteit Hasselt, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Universiteit Twente, Universiteit Eindhoven, Universiteit Maastricht, Universiteit Groningen, Universiteit Wageningen, Universiteit Amsterdam, Universiteit Rotterdam, Universiteit Utrecht, Univers</p>	
---	--

Annexe 5 : Carte d'ambition pour la conception et la construction circulaire de L'OVAM
(2022) source : <https://ovam.vlaanderen.be/ambitiekaart-circulair-bouwen>.



**ALGEMENE STRATEGIEËN
ONTWERPEN EN BOUWEN**



Annexe 6 : Résumé de l'interview du 24/05/2023 avec Mme A.L. Maerkx, Manager advies chez Cenergie.

Comment définissez vous la circularité dans le domaine de la construction ?

Il existe de nombreuses définitions de la circularité, mais pas de consensus au niveau du secteur de la construction actuellement.

Pour moi, la circularité dans le domaine de la construction reprend l'ensemble des actions qui permettent une meilleure gestion des ressources naturelles et humaines, avec pour objectif de diminuer l'extraction de matières premières et la production de déchets.

C'est très vaste, mais cela peut se traduire concrètement par des actions sur les matériaux de construction, la conception énergétique et la gestion de l'eau, notamment.

La norme étudiée dans le cadre de votre TFE portant principalement sur la matérialité des bâtiments, je fais le focus sur les matériaux dans mes réponses, mais il faut garder en tête que les consommations d'énergie et la gestion de l'eau font aussi partie des points d'attention.

Quels sont pour vous les critères les plus importants ?

Au niveau de la matérialité des bâtiments, les points suivants me semblent prioritaires :

- Matériaux :
 - Destination des matériaux existants, lors de travaux de rénovation ou démolition : que fait-on des matériaux en présence (maintien, réemploi, recyclage, évacuation en tant que déchets) ? La première stratégie devrait toujours être l'évaluation qualitative du bâti existant, dans un objectif de maintien (rénovation), et le choix d'une programmation adaptée au bâtiment existant.
 - Origine des matériaux nécessaires au projet (maintien, réemploi, matériaux recyclés, matériaux neufs)
 - Minimisation des quantités de matériaux mis en œuvre
 - Impact environnemental des matériaux mis en œuvre
 - Mise en œuvre des matériaux et potentiel de réemploi ultérieur (réversibilité des parois, démontabilité des éléments)
- Adaptabilité :

- Conception des bâtiments pour permettre l'adaptabilité des bâtiments dans le temps (capacité structurelle, hauteurs sous plafond, positionnement des circulations verticales, positionnement et dimensionnement des trémies techniques, ...)
- Indépendance des couches de durabilité du bâtiment (structure – enveloppe – techniques – aménagements intérieurs) pour permettre une flexibilité d'occupation dans le temps
- Gestion des données
 - Récolte et transmission des informations pour permettre la réalisation des scénarios prévus en phase de conception (flexibilité des aménagements, adaptabilité fonctionnelle du bâtiment, réemploi des matériaux, ...)

De plus, des nouveaux business modèles peuvent aussi être intéressants, notamment pour tout ce qui est des installations techniques (product as a service, ...).

Mes recherches m'ont amené à voir la construction sous trois types de conception. La conception pour l'adaptabilité, la conception pour le démontage et la conception pour le réemploi. Ces trois types de conception (adaptabilité, démontage et réemploi) répondent ils aux objectifs de la construction circulaire ?

D'après moi, oui (pour les aspects 'matérialité' des bâtiments, toujours).

Selon vous, où en est la Belgique dans la conception circulaire ?

Il y a actuellement énormément d'initiatives en lien avec la conception circulaire en Belgique. Beaucoup de projets pilotes ou démonstratifs, et des études, scientifiques ou non, qui analysent ces projets pour tenter de lever les freins rencontrés et pour partager les expériences. Comme la construction circulaire couvre beaucoup de thématiques, concerne toute la chaîne d'acteurs de la construction et nécessite un réel changement de mentalité et d'approche, cela prend du temps. Le secteur de la construction cherche son chemin, mais à mon sens, les pionniers avancent quand même relativement vite. Les fédérations, les administrations, ... offrent actuellement des supports importants (accompagnements techniques, soutien financier, ...) pour accompagner la transition du secteur.

Comment les concepteurs peuvent-ils jouer un rôle dans la transformation vers l'économie circulaire ?

De beaucoup de manières différentes, mais d'après moi, l'essentiel est d'intégrer une vision à long terme dans la conception des bâtiments. En pratique, cela se traduit différemment pour chaque projet et nécessite une approche contextuelle. Il n'est, par exemple, pas toujours

intéressant de récupérer les matériaux d'un bâtiment existant, car ils peuvent être en mauvais état, ou très peu qualitatifs. La question de la programmation des bâtiments est aussi cruciale, dans une vision circulaire : le bâtiment existant se prête-t-il au programme que l'on veut y intégrer ? Si ce n'est pas le cas, un autre bâtiment est-il plus approprié ? Les interventions réalisées sont-elles les meilleures dans une optique d'adaptabilité future du bâtiment (démolition/mise en œuvre de cloisons, (re)positionnement des circulations et des trémies techniques, ...) ?

Je soulignerai ici aussi l'importance du rôle des maîtres d'ouvrage, qui fixent les ambitions des projets. Les concepteurs ont pour rôle de transposer ces ambitions dans un projet concret, qui sera exécuté, ensuite, par des entreprises de construction. En l'absence d'ambitions circulaires (ou de vision à long terme) du côté de la maîtrise d'ouvrage, il est plus difficile pour les concepteurs de jouer un rôle actif dans la conception circulaire.

Considérant la chaîne de valeurs de la construction, il est important aussi que les entreprises aient la capacité de mettre en œuvre les concepts circulaires, de même qu'il est important que des produits 'circulaires' soient disponibles sur le marché. Je pense ici notamment à la mise en œuvre de parois réversibles.

Quels sont les freins aux constructions circulaires ?

Il y en a vraiment beaucoup, il est impossible de les lister tous. Mais je dirais que le 1er frein rencontré généralement, est la méconnaissance de ce qu'englobe le concept de 'construction circulaire'. On est souvent confrontés au raccourci 'circulaire = recyclage', ou 'circulaire = réemploi', alors que c'est bien plus que cela.

De nombreux freins peuvent par d'ailleurs être levés par une meilleure communication au sein des équipes de projet (maîtrise d'ouvrage, concepteurs, entreprises de construction).

Pouvez-vous donner des exemples de bâtiments circulaires, en Belgique ?

Il y a quelques temps, j'avais donné la réponse suivante à la question 'existe-t-il déjà beaucoup de projets circulaires ?' <https://www.circubuild.be/nl/faq/besta-an-er-al-veel-voorbeelden-van-circulair-bouwen/>

On trouve également sur le site Gro-Tools des exemples de projets pour chaque critère de leur manuel et on retrouve dans TOE les critères circulaires. Pour cette catégorie, ils ont pris le projet du Jardin Botanique de Meise avec la checklist de GRO qui peut être intéressante à investiguer. Il y a aussi le projet ZIN qui est une bonne source d'inspiration pour la réversibilité

en mettant la possibilité d'implanter différentes fonctions à chaque étage. Ce sont deux exemples importants, sachant que le projet ZIN est l'un des plus ambitieux par rapport à toutes les questions sur la circularité, car il ne reflète pas ce qui se fait de manière standard dans la construction.

Sinon j'ai travaillé dans un immeuble privé nommée Aéropolis, dont le projet est fait pour être adaptable. Il est assez bien documenté sur le site du Guide du bâtiment Durable. L'objectif était qu'il soit assez flexible au niveau de la conception, c'est-à-dire que l'on puisse avoir des espaces de bureau cloisonnés, des espaces open space ou des salles de réunion avec des techniques adaptées et des débits de ventilation plus importants. Il y avait aussi un potentiel de conception pour de futurs logements. Globalement le bâtiment était fait pour être adaptable, modulaire et réversible et l'on avait fait un guide qui représentait un peu le potentiel de flexibilité. Comme le bâtiment était en copropriété, certains étages appartenaient à d'autres propriétaires qui ont décidé de revendre une partie du bâtiment. Or les nouveaux propriétaires ont décidé de faire de nombreux travaux et donc de complètement modifier l'occupation des étages. Ces changements ont impliqué d'ajouter nombre de techniques et cela, par exemple, a mis un sacré bazar dans tout ce qui était système d'éclairage intelligent dont certains fils ont été coupés. Et donc le bâtiment qui a été conçu pour être hyper flexible et pouvoir fonctionner avec un minimum d'interventions n'a pas vraiment fonctionné car les nouveaux propriétaires ont ignoré le potentiel flexible du bâtiment, malgré le fait que cela était documenté et que l'on était présent dans le bâtiment.

Je pense que cet exemple revient sur les freins en constructions circulaire. Selon moi, le transfert d'informations, surtout sur les potentiels de réversibilité, est important mais il n'y a pas encore de procédures permettant que ces informations, même si elles sont créées, générées et rassemblées dans un contexte favorable, arrivent à se perdre. Également, il n'y a pas encore d'études sur la digitalisation de l'information, notamment modèle BIM, les passeports matériaux, etc. Mais je pense que c'est un enjeu important car la conception que l'on produit maintenant, (réversibilité, flexibilité, adaptabilité) n'est sûre d'être mise en œuvre dans 15 ans. Donc, parmi les nombreuses choses que l'on fait, la question du transfert d'informations est le gros point d'interrogation. Je pense que cela dépend de nombreux facteurs comme : la taille du projet, la complexité du projet, la personne qui construit le bâtiment va-t-elle l'occuper ? Les utilisateurs sauront-ils gérer des informations telles que des modèles ou des maquette 3D ? Toutes ces questions ne sont, pour moi, pas encore résolues. Je pense que c'est le prochain grand enjeu en lien avec la question du prolongement de la durée de vie des bâtiments.

Ou en est-on au niveau des conceptions réversibles ?

En termes de conception réversible, beaucoup de choses sont faites et les architectes sont de plus en plus sensibilisés à cette question, les maîtres d'ouvrage public sont aussi de plus en plus demandeurs de projet réversible. Il y a des systèmes constructifs qui commencent à apparaître. On est déjà une étape plus loin : on a déjà toute une étape de recherche et développement en termes de produits de construction qui est achevée. On arrive à trouver des produits sur le marché, même s'il n'y a pas tous les produits ; beaucoup de choses vont se produire, mais je pense que nous sommes sur la bonne voie.

Est-ce un principe important dans la construction ?

Oui et quand on parle de réemploi, de matériaux dans le bâtiment existant, on passe un temps dingue à retrouver les informations sur les matériaux présents et la manière dont ils ont été assemblés. La réversibilité est-elle possible ? Sait-on démonter sans casser et sans utiliser trop de moyens, cela est le futur et cela demande de la documentation.

Il existe donc beaucoup de recommandation sur la conception réversible mais la transmission des données est encore à développer ?

Oui, ce sont des pratiques qui ne sont pas encore détaillées. Dans le projet de Kamp C, il me semble qu'ils ont mis des QR codes à différents endroits pour avoir des informations sur les matériaux et les techniques ; c'est une manière de faire. En outre, sur un petit projet de logement, l'entreprise n'était pas fan de travailler avec des modèles Autocad car lorsque le logiciel est arrivé à expiration, ils ont tout perdu. Ils ont finalement documenté au maximum sur place dans l'idée que lorsque quelqu'un interviendra sur le bâtiment, il y aura un minimum de présence et il regardera la mise en place possible. Par exemple, dans les trémies techniques, ils ont mis des indications sur le fait qu'ils ont prévu d'ajouter un collecteur un peu plus grand pour le chauffage et que des raccordements étaient possibles. Il y avait aussi des percements pour la ventilation qui pouvaient être agrandis. Ainsi, ils ont vraiment essayé d'informer sur place dans les espaces techniques, le potentiel d'adaptabilité de ces techniques plutôt que de faire un dossier papier ou digital qui pouvait être perdu ou obsolète.

On peut aussi se poser la question du support ; il y a 10 ans, on travaillait avec des disquettes ou des CD, or aujourd'hui plus personne ne les utilise. On travaille avec des clés USB et on voit de moins en moins de PC avec un lecteur CD. Cela rejoint la question des évolutions technologiques : comment va-t-on pouvoir conserver ces données dans le temps ? On peut se

dire que les gens vont venir sur place et voir comment cela se passe. Cela peut marcher pour les projets de petite dimension, mais pas pour tous. Par exemple, pour un hôpital avec des dizaines de trémies techniques, et si l'on doit commencer à chercher partout, ce ne sera pas possible.

Après analyse des projets pilotes, je me suis rendu compte qu'il existait beaucoup de soutien en Belgique.

C'est exact. A Bruxelles, il existe au niveau du soutien financier, technique et d'accompagnement énormément d'actions faites pour toutes les questions d'économie circulaire. Maintenant, je pense que lors d'une mission d'accompagnement d'ouvrage public pour Bruxelles environnement, (où on a trois thématiques principales, qui sont : *le maintien du bâti, la programmation et la reprogrammation* en fonction des capacités structurelles des bâtiments existants ; la thématique de tout ce qui concerne les *conceptions réversibles* ; la question du *réemploi*) finalement énormément de projets viennent pour le réemploi, car c'est très concret et que l'on voit les résultats. Pour la question de la conception réversible, elle est beaucoup plus noyée dans le temps, parce que ce sont des scénarios d'occupation future ou d'utilisation future des matériaux, et ce sont des aspects moins tangibles que la question du réemploi in situ. Néanmoins, on essaye de montrer qu'il n'y a pas que ça (le réemploi in situ).

Lors de la production des cahiers des charges, on se rend compte que la mise en place du réemploi ultérieur et d'espaces suffisamment polyvalents – qui sont des questions importantes – ne sont pas forcément des réflexes courants ; même si une partie des acteurs et des ouvrages publics, par rapport à 7 ans en arrière, en sont déjà à ces étapes de conception réversible, il y a une sensibilisation à faire.

Une autre question que se posent les maîtres d'ouvrage privés est celle de la valeur résiduelle des bâtiments et des matériaux. C'est-à-dire, est ce que le surinvestissement fait maintenant, au moment de l'étude, se retrouvera plus tard, lors de la revente du bâtiment ? Cette question n'est pas encore tranchée. Quant à certains maîtres d'ouvrage public, ils le font plus par conviction que par intérêt financier. Il va donc falloir plus d'incitation au niveau des obligations réglementaires pour concevoir des bâtiments avec une certaine réversibilité afin que la question du financier ne se pose plus. Il en existe déjà à Bruxelles, avec des primes et des concours, dont l'efficacité est prouvée.

J'ai l'impression que la question financière vient du manque de retour lors de la fin de vie des ouvrages ?

Effectivement, la construction c'est du long terme et on va devoir attendre avant d'avoir du retour. Sur les questions de reconversion de bâtiment, on a beaucoup de bureaux qui se transforment en logement. Il serait intéressant d'investiguer sur la valeur qu'avaient ces bâtiments, après reconversion, par rapport à d'autres où une démolition était nécessaire. Surtout que selon moi les coûts de démolition ne sont pas élevés par rapport à une déconstruction et à toutes les études nécessaires pour évaluer le potentiel de réemploi etc. L'un des problèmes est que, dans la plupart des cas, la démolition et les matériaux neufs sont trop bon marché pour rendre le réemploi financièrement intéressant.

Où en est-on au niveau des réglementations ?

À Bruxelles il y a une feuille de route sur l'économie circulaire, qui est disponible sur le site de Bruxelles environnement. Elle a été développée dans le cadre du PREC et comporte des objectifs stratégiques ou des actions à entreprendre. Par exemple pour 2030 il y aura des impositions réglementaires, pour les bâtiments publics, en lien avec l'économie circulaire et pour tous les bâtiments en 2040. Entre temps, il y a Renolution qui est arrivé, qui est la stratégie rénovation de Bruxelles pour répondre aux objectifs de l'Europe liés à la rénovation du bâti et aux performances. À la base, il était très orienté sur l'énergie qui, de façon très intelligente, inclut la question de l'économie circulaire et de conception circulaire. De ce fait, il y a un travail de mise à jour de la feuille de route pour coller à Renolution. L'idée est que via cette feuille de route, on puisse définir des nouveaux jalons qui seraient réglementaires. Mais, de nouveau, ce sont des propositions de l'administration vers le cabinet, qui eux choisissent s'ils prennent ou pas.

On a aussi l'évolution du PEB pour inclure l'impact environnemental des matériaux par les régions. Il y a une volonté de faire coïncider la question de l'impact des matériaux (énergie grise embarquée dans les bâtiments) à l'énergie d'utilisation et d'usage car la construction de bâtiments très performants nécessite beaucoup d'énergie. L'idée serait donc d'avoir un équilibre entre les deux, mais cela doit se régler avec le logiciel PEB. Bruxelles Environnement a demandé de lier le PEB avec le logiciel Totem pour avoir un comparatif entre l'augmentation des performances et l'impact sur les matériaux et inversement.

Y a-t-il un lien avec l'analyse du cycle de vie ?

Oui. Pour le moment on se focalise via la PEB sur la phase d'utilisation et de consommation énergétique. L'idée serait d'élargir à tout ce qui touche aux bâtiments, à l'énergie nécessaire à l'extraction des matériaux, la production des éléments, la mise en œuvre, l'entretien et la fin de

vie, pour éviter le focus sur l'utilisation (qui est restreinte) par rapport à l'impact de toute la construction.

Est-ce que vous connaissez des outils qui sont une aide sur la question de la conception circulaire ?

Il existe des outils. Il y a par exemple la check-list de conception réversible sur le site du guide du bâtiment durable ; Il y a l'outil GRO qui reprend les points de conception circulaire dans la catégorie TOE ; chez Cenergie, il y a l'outil C-Calc qui est un outil d'évaluation. Il y a également Buildwise qui a publié son outil « circular built ». Enfin on a le document du docteur Durmisevic pour le projet BAMB, qui définit les niveaux de réversibilité, et les documents de l'OVAM dont les lignes directrices.

Où en est-on au niveau de la séparation des couches fonctionnelles ?

En ce qui concerne les immeubles de bureaux, il existe une logique de stratification en termes d'aménagement intérieur et technique. Maintenant, pour la structure et l'enveloppe, il y a encore des projets qui les lient. Cependant, on voit des réflexes où la façade n'est plus porteuse et la structure est indépendante. Ce sont des méthodes que l'on essaie de mettre en place avec les architectes, dans nos projets de manière générale. En revanche, le fait d'avoir des façades réversibles demande encore de la réflexion car c'est lié à l'aspect extérieur que l'on donne aux bâtiments, à l'élément de finition qui va impacter les composants à l'intérieur et des performances d'étanchéité à l'eau, à l'air, etc. Il faut donc encore effectuer un travail au niveau des connexions entre l'enveloppe et la structure.

Qu'en est-il sur la question de l'utilisation de matériaux réversibles ?

Le groupe Colruyt a adhéré au système de façade de brique click (ou façade click) et ils ont dédié une partie d'un entrepôt pour former les entreprises à l'utilisation de ces matériaux. Au niveau de la formation, Construcity a développé des systèmes de formation pour mettre le focus sur la mise en œuvre de matériaux de réemploi.

Dans mes recherches j'ai remarqué qu'il y avait beaucoup d'acteurs impliqués pour le changement.

Il faut un changement à tous les maillons de la chaîne de la construction pour passer d'une vision à court terme à une vision à long terme et cela implique que tout le monde doit prendre sa part de responsabilité et doit agir différemment sur plusieurs niveaux d'échelle. Les architectes doivent prévoir un bâtiment pour 2 ou 4 types d'occupation différents dans le temps ;

les entreprises doivent construire des choses qui ont des capacités réversibles ; les fabricants doivent produire des matériaux qui résistent à des montages et démontages et qui soient assemblés avec des éléments secs ; les maîtres d'ouvrages doivent définir des ambitions de réversibilité, de prise en compte des différentes phases de vie d'un projet, etc. Concrètement tout le monde doit s'adapter et c'est un changement monumental et complexe mais riche.

Je pense que dans les décennies à venir beaucoup de chose vont se bousculer. Ces dernières années en termes de construction, on a conçu en collant tout et sans réfléchir à l'après. Finalement je pense que maintenant on va revenir à des considérations attentives sur le futur.

Annexe 7 : Résumé de l'interview du 11/05/2023 avec M. Romné A. project manager pour l'économie circulaire et la transition climatique chez l'ICEDD asbl. (Prise de note et non pas enregistrement)

Comment définissez-vous la circularité dans le domaine de la construction ?

Selon lui, il n'y a pas une seule définition mais elle se caractérise selon trois axes principaux (en référence à son texte « vers une économie circulaire dans la construction »).

Le premier axe se base sur les nouvelles constructions et plus précisément comment prévoir leur fin de vie

Le second axe se base sur les bâtiments existants et comment mieux gérer les rénovations et les démolitions. Prendre en compte les renseignements sur les produits recyclés et réemployés.

Enfin le dernier axe se base sur les business models qui créent de la valeur pour la circularité (économie de fonctionnalité, économie ...

Quels sont, pour vous, les critères de la conception circulaire ?

Selon lui, Il faut d'abord utiliser des principes d'adaptabilité ou des conceptions d'espaces flexibles (pouvoir designer un plan pour plusieurs usages...). Ensuite il faut séparer les couches fonctionnelles pour limiter l'impact entre elles. Cela se fait par le choix de certaines connexions et une prise en compte de la fin de vie des éléments. Il faut donc privilégier des connexions sèches, qui sont plus favorables que des connexions humides. Il faut également faire le choix de matériaux durables qui répondent à des critères techniques (résistance à l'usure, critères thermiques, acoustiques, etc.). De même, le secteur de la construction utilise plusieurs produits différents dans le bâtiment, à l'exemple du nombre d'isolants différents qu'il peut y avoir dans un ouvrage. Il recommande, dès lors, de limiter la quantité de types différents de matériaux. Enfin il encourage à prévoir une réversibilité technique des produits car elle permet de récupérer les matériaux.

Est-ce que la conception circulaire est une forme de maintien ?

Il considère le maintien de l'existant comme l'une des formes de la conception circulaire, elle rentre dans une logique de sobriété. Selon lui, les architectes doivent prévoir, pour les bâtiments existants, un changement de programme pour favoriser le maintien. Il a cité comme exemple des entreprises Juno et Gyproc qui ont créé des plaques de plâtre amovibles.

Est-ce que les conceptions pour l'adaptabilité, la déconstruction et le réemploi répondent aux objectifs de la construction circulaire ?

Il a affirmé être assez d'accord sur cette description.

D'après moi les constructions spatialement flexibles sont assez courantes (comme l'école Ket & Co, à Molenbeek-Saint-Jean). Cependant, on trouve peu de bâtiments avec une séparation de couches en fonctions de leur durée de vie. Êtes-vous d'accord avec ce constat ?

L'interviewé a d'abord relevé que les architectes travaillent pour un client et que par conséquent ces principes de conception dépendent des objectifs des Maîtres d'ouvrage. Néanmoins Il existe une prise de conscience de la flexibilité spatiale au niveau des immeubles de bureaux, car ces derniers observent une perte de capacité dans leur agencement et donc effectuent des travaux de réhabilitation. L'adaptabilité est certes plus chère mais c'est un investissement.

La compatibilité des composants (standardisation, modularité, etc.) est déjà ancrée dans les industries, sûrement grâce à des avantages financiers. Néanmoins, est-ce que la réversibilité des éléments constructifs est une méthode de plus en plus pratiquée aujourd'hui, en Belgique ?

L'interviewé a affirmé avoir une vision biaisée par rapport à sa profession. Il remarque qu'aujourd'hui il y a beaucoup d'évolution, les industriels s'y intéressent de plus en plus, cependant il n'y a pas encore de normes. Il atteste que les réglementations ne sont pas là pour « punir » mais pour forcer le changement de nos méthodes.

Je voulais savoir, selon votre expérience, où en était le concept d'Urban Mining dans les pratiques belges ?

Le concept d'Urban Mining est important selon l'interviewer, cependant aujourd'hui ça ne représente pas une pratique courante. Pourtant il pourrait être un levier pour le choix de matières premières secondaires et pour maintien des matériaux.

Il définit l'Urban Mining selon trois objectifs :

- Comment extraire les ressources
- Comment construire **avec** le réemploi
- Comment construire **pour** le réemploi

Selon l'interviewé, les deux derniers points reprennent les grandes lignes de mon sujet. Les enjeux sont de créer des plans et des façades flexibles, de mettre en place une réversibilité techniques des composants, mais aussi de faire des choix structurels et matériels. Pour que les principes soient bien adaptés au projet, cela demande beaucoup de collaboration entre les acteurs du bâtiment. L'interviewé m'a conseillé de me référer au texte de la FCRBE.

Selon vous, où en est la Belgique dans la conception circulaire ?

Selon lui, on va dans le bon sens, il observe l'implication de plus en plus d'acteurs dans les régions. De plus, il existe des pistes de réglementation et des outils comme Totem et Gro qui vont devenir obligatoires pour faire avancer la pratique. Il m'a conseillé de regarder la check-list du site Bâtiment durable de Brussels.

Quels sont les freins aux constructions circulaires ?

L'interviewé affirme, qu'essentiellement, il y a un manque de connaissances et d'acteurs de la construction formés. Il affirme que le monde de la construction connaît une forte inertie.

Les autres freins sont :

- **Technologiques ;**
- **Réglementaires :** certains règlements empêchent certains principes ;
- **Économique :** certains travaux demandent plus d'heure et de main d'œuvres, de plus certains matériaux de réemploi peuvent être plus chers pour répondre aux performances en vigueur ;
- **Sociaux :** Certains promoteurs éprouvent des difficultés à investir dans l'avenir au-delà de leur intérêt personnel ;
- **Urbanistique ; etc...**

Pouvez-vous donner des exemples de bâtiments circulaires, en Belgique ?

L'interviewé m'a conseillé de m'intéresser au projet Mundo Louvain-la-Neuve, mais également aux lauréats des sites Be.circular et Be.exemplary.

Annexe 8 : Résumé de l'interview du 23/06/2023 avec M. Breels S. Project manager dans la construction durable chez le bureau d'ingénierie MATRIciel.

La conception pour l'adaptabilité (plan libre, positionnement des éléments fixes, dimensionnement et possibilité d'extension, etc.), est-elle une pratique récurrente dans le secteur de la construction ?

Au niveau du retour d'expérience et du retour du marché sur lesquels on collabore, la notion de l'adaptabilité se retrouve de manière concrète dans les projets actuels, à l'heure actuelle. On a des projets où effectivement il y a des démarches, plus ou moins poussées, de conceptions qui intègre la notion d'adaptabilité, tant au niveau du logement qu'au niveau de projets tertiaires. Plus particulièrement on a un projet du secteur hospitalier où la démarche a été assez poussée.

Bruxelles a pris un cap, depuis 3 ou 4 ans maintenant, avec le plan régional, en économie circulaire, qui vise à intégrer dans tout nouveau projet une réflexion sur la circularité au sens large et dans laquelle se trouve la notion d'adaptabilité. Par exemple, à Bruxelles vous n'allez pas retrouver un projet dans lequel vous allez dire : je démolis et je reconstruis autre chose, L'administration va vous demander de justifier si la démolition est la bonne solution, et que l'on ne sait plus rien faire du bâtiment existant. Au même titre la région bruxelloise pousse (au sens d'accompagnement et d'aide financière) tout ce qui est projet, type **Renolab**, à s'inscrire dans une logique de circularité.

Cela se traduit, concrètement, au niveau de la spatialité du projet, par la détermination des surfaces, des hauteurs libres et volumes construits. Cela passe également par les stratégies structurelles, comment gère-t-on les éléments porteurs. À titre d'exemple, pour dégager les façades, on va travailler sur des systèmes-poteaux poutres de préférence à des voiles de béton ou des maçonneries qui sont moins réversibles. Il y a également une réflexion au niveau du positionnement stratégique des installations techniques, c'est-à-dire la localisations des trémies, la taille des trémies, la possibilité d'accueil de techniques complémentaires dans le cycle de vie du bâtiment, sans se retrouver avec des trémies trop courtes ou trop étroites. Cela se traduit aussi au niveau des principes constructifs, on retrouve de plus en plus tout ce qui est préfabrication avec des éléments réversibles au niveau des assemblages. Par exemple, une caisse en bois ou la contre cloison, voire même le parement, est directement intégré à l'élément

préfabriqué en ateliers, peut être créer en dissociant tous les éléments l'un de l'autre afin de pouvoir récupérer les différents composants en fin de vie ou lors d'une intervention ultérieure sur le bâtiment.

Pour donner des exemples, on travaille sur un projet où le maître d'ouvrage est un promoteur, c'est-à-dire qu'il va sûrement garder les unités de logement en portefeuille donc il va rester propriétaire. Il a anticipé sur la possibilité de pouvoir rassembler plusieurs logements entre eux. Donc, dans les éléments structurels il y a des installations en attente afin d'unifier plusieurs unités de logement. On a aussi travaillé sur L'hôpital Joseph Bracops à Anderlecht avec le bureau Archipelago. La polyclinique et le bâtiment sont pensés pour intégrer des zones d'accueil, des salles d'attentes médicales et des cabinets médicaux, mais le projet a été réfléchi pour que sa fonction soit transformée en logement d'accueil. Ces réflexions plus ou moins poussées dépendent du maître d'ouvrage et de ce qui peut être anticipé dans le devenir du bâtiment.

En revanche, pour tout ce qui est anticipation sur les capacités verticales et horizontales, c'est plus compliqué et je dirais que, parfois, ce peut être contre-productif par rapport à l'objectif de rationalité constructive et de préservation des ressources. Se dire que l'on va surdimensionner des structures de bâtiments, parce que l'on veut, à terme, il y ait deux étages en plus, alors que l'on ne sait pas si, un jour, ces deux étages existeront, cela implique effectivement de renforcer des fondations, de renforcer des structures, c'est davantage de béton, plus d'acier etc. Et puis cela représente un coût non négligeable sans savoir ce que va devenir le bâtiment. Dans le cas où un industriel n'a plus de terrain et que sa seule possibilité est de pouvoir construire sur ce qu'il a déjà, la probabilité de se faire est plus grande. Mais si vous êtes sur un site où l'espace n'est pas restreint, cela coûtera probablement moins cher, en tout cas dans l'immédiat, d'étendre plus tard à côté du bâtiment. Pour une extension sur le côté du bâtiment, il y a moins d'implication au niveau de l'approche de l'adaptabilité, dans la mesure où ce sont juste des processus de raccord de bâtiment que vous devez générer ; peut-être au niveau des éléments de façade et au niveau structurel, voire éventuellement au niveau de certaines techniques, mais cela se fait régulièrement.

Est-ce que la prise en compte des couches constructives en fonction de leur durée de vie est une méthode fréquente dans le secteur de la construction ?

On est dans une approche qui soulève beaucoup de points d'interrogation. D'un point de vue technique tout est possible, d'un point de vue économique, il est plus compliqué pour les acteurs

d'investir sans savoir si cela sera valorisé à terme. Par exemple, prévoir des cloisons amovibles à l'intérieur du bâtiment est plus concret pour les acteurs, que prévoir la capacité de démontage de la façade dans 30 ans. On va surtout retrouver cela dans des projets exemplaires mais c'est loin d'être la réalité de terrain. Par exemple dans le projet de l'hôpital Joseph Bracops, il existe une flexibilité des éléments de façade grâce à des éléments préfabriqués qui peuvent être désolidarisés. Cela permet de démonter les panneaux extérieurs de la structure pour récupérer l'isolant de manière séparée. Cependant, dans les faits, la question de la séparations des couches ne se fait pas assez actuellement.

Où en est-on au niveau de la réversibilité des connexions, est ce qu'il y a des pratiques courantes d'assemblages secs plutôt qu'humides ?

Cela reste anecdotique ; cela existe dans les projets qui cherchent à évoluer dans le temps et qui mettent en place des techniques d'assemblages. On peut voir des éléments de façade qui sont démontés mais, ensuite, il est rare de les démanteler pour récupérer leurs composants.

Au niveau de la compatibilité des composants où en est-on ?

En ce qui concerne la préfabrication, de manière générale il n'y pas de freins ; on retrouve des éléments de types cadre qui s'associent avec différents types de composants tels que l'ossature bois, le béton préfabriqué etc.

Au niveau des choix des matériaux est-il courant d'utiliser des ressources prévues pour être réutilisées ou valorisées en fin de vie ?

Je pense que tous les matériaux que l'on utilise peuvent, d'une manière ou d'une autre, être réemployés en fonction de leur mise en œuvre et de leur état en fin de vie. On retrouve de nombreux d'exemples intéressants, notamment celui du ZIN, qui a été développé par **befimmo** à la gare du Nord, où ils ont déconstruit la tour existante, ils ont récupéré une quantité assez conséquente de composants, notamment les matériaux d'isolation, la laine de roche qui se trouvait dans les cloisons, et qui ont été remis sur le marché. La société **Dress and Sommers** les a accompagnés dans tout ce qui était identification de ce qui pouvait être récupéré, recherche de marchés, recherche de partenaires, recherche de fabricants intéressés par la reprise des produits. Parallèlement, ils travaillent sur ce projet avec la plateforme MADASTER, qui est un outil, sous forme de plateforme, où l'on peut lister pour un projet donné, le type de matériaux, la quantité des matériaux, où ils sont localisés et de quelle manière ils sont mis en œuvre. Finalement, on a un historique qui va accompagner la vie du bâtiment.

Si on englobe tous les principes, comment voyez-vous la circularité dans le secteur de la construction Belge ? Est-ce qu'elle se développe ?

Je dirais qu'en terme de circularité, la dynamique est bonne, surtout sur la région Bruxelloise et en Flandre. On voit qu'il y a des actes politiques posés, c'est-à-dire que l'on ne peut plus démolir comme on le veut à Bruxelles ; l'objectif est de conserver les ressources, donc il y a des actes concrets mis en place. Cependant, il y a un décalage entre les différentes régions lié au contexte économique ; à Bruxelles-Capitale ou en Flandre, la dynamique est différente et donc éllus ont la possibilité de mettre une politique plus dure, plus avant-gardiste par rapport à la Wallonie.

Où en est-on dans le choix de matériaux moins impactants pour l'environnement ?

Des outils se sont développés, par exemple TOTEM, permettant grâce à une base de données générique ou spécifique de savoir si une paroi est meilleure qu'une autre en fonction des composants qui sont embarqués. Les EPD¹ répondent à des normes pour réaliser l'analyse des impacts environnementaux des produits qui vont être utilisés pour les **Life Cycle Assessment (LCA)** ². Cependant les résultats obtenus ne sont pas forcément garants que vous ayez fait le bon choix de matériaux car ils ne prennent en compte que certains critères. Cependant, dans les marchés publics, cela devient presque un passage obligé, notamment dans le cadre de l'utilisation du GRO, dans le cadre de la certification BREEAM et autres.

On constate aussi une poussée du marché des matériaux biosourcés qui prennent en compte le caractère sanitaire au sens de santé, le caractère ressources au sens renouvelable, le caractère carbone, etc, grâce à certaines politiques de reconnaissances de matériaux et des bureaux d'études spécialisés comme TERRA MATERS. Dans ce cadre on sort d'une logique de chiffre et on se questionne sur d'autres paramètres tout aussi importants.

Globalement, on voit une progression ; il y a dix ans, les outils n'existaient pas ; maintenant, on observe depuis 2015 des bases de données fédérales qui cherchent à s'alimenter. Il y a aussi des réflexions sur le choix des matériaux, l'impact sur le bâtiment et l'aspect sanitaires de ceux-ci.

¹ Environmental Products Declaration

² Analyse du Cycle de Vie (ACV)

Au niveau des matériaux du réemploi, est ce qu'il est courant de les employer dans des projets ?

Cela reste anecdotique sauf pour certains points, peut-être ; mais dans les faits ce que l'on constate, sous-tendu par des marchés publics ou par des certifications environnementales, c'est la nécessité de mettre en place un audit pré-démolition dans lequel il faudra référencer les composants qui peuvent être réutilisés, ou au moins récupérés. Ensuite, à la question est ce que l'on récupère sur place ou non, etc. cela dépend des projets.

Néanmoins, pour la question : que peut-on faire avec l'existant ? c'est quelque chose qui commence à trouver progressivement sa place, et il y a des outils et des structures spécialisés en la matière. On peut voir ROTOR, mais aussi BATITERRE³, RETRIVAL⁴ à Charleroi qui sont des structures qui se spécialisent dans la récupération d'éléments (mobilier, lampes, portes, radiateurs, matériaux d'isolation, etc.) et qui se professionnalisent ; ce sont plutôt sur des petits projets que l'on trouvera des débouchés pour ses produits car ce sont des petites quantités de beaucoup de choses. Pour autant, cela se développe et on voit des protocoles, qui, s'ils sont respectés, donnent lieu à des certifications qui s'appliquent.

Donc on voit que certaines choses se mettent en place et tendent à valoriser les produits sur le marché. En revanche, pour tout ce qui est réutilisation, dans des projets, de matériaux de réemploi, cela reste anecdotique car cela pose de gros problèmes en termes de logistique. Néanmoins, je pense que cela se fait depuis « toujours », mais il n'y a pas de communication sur le sujet.

Il y a des projets en région Wallonne qui dans le cadre d'un appel à projet exemplaire circulaire cherche à pousser les méthodes très loin. Je pense plus particulièrement au projet **MUNDO LLN** avec le bureau **A2M architectes** où ils ont stocké des matériaux de réemploi qu'ils avaient récupérés, le temps de les mettre en œuvre sur chantier. Ils ont aussi utilisé des structures en acier qui ont été démontées au Pays-Bas et certifiées par SECO pour garantir leur performance. Donc, c'est la preuve que cela est possible, mais dans un projet qui se voulait exemplaire et qui répondait à un appel à projet. Dans la réalité ce n'est pas récurrent.

Que manque-t-il pour que les constructions circulaires soient plus récurrentes ?

³ <https://batiterre.be/>.

⁴ <https://retrival.be/>.

D'abord, je dirais qu'il faut un contexte porteur, c'est-à-dire un cadre qui est imposé. S'il s'agit juste de bonne volonté, très vite la partie économique va revenir sur le devant de la scène et l'on risque de passer à côté de beaucoup de choses. Donc je pense qu'il faut un cadre normatif, réglementaire. Il faut également des incitations financières qui portent ce type de projet.

Un autre point est la connaissance et l'information. Il faut trouver des maîtres d'ouvrage qui s'intéressent aux pratiques circulaires et des bureaux d'études ou des bureaux d'architecture qui ont la connaissance et la capacité de pouvoir les mettre en place. Le manque de connaissances et de compétences est un gros frein et, selon moi, le rôle des politiques est de faire émerger des projets innovants pour former les futures générations.

Ces deux points vont pouvoir tirer le marché vers le haut et inciter les acteurs à proposer des produits issus du réemploi et à utiliser des conceptions de déconstruction et d'adaptabilité dans une vision à long terme du projet. Malheureusement, aujourd'hui, il est encore trop facile de démolir pour reconstruire, mais aussi trop facile d'utiliser des ressources de terrains vierges pour construire des bâtiments. Il faut donc que les politiques imposent le *zéro béton* et partent sur la valorisation de ce qui existe.