



Bulletin de veille scientifique,
technique et stratégique

Préparé pour :

Régie
du bâtiment

Québec    



Mars 2024

Sujet : Économie circulaire

Intégration des principes de l'économie
circulaire au secteur du bâtiment : des
exemples de réglementation

Préparé par : Myriam Drouin

Avertissement

Le présent document doit être considéré comme informatif. Même si toutes les précautions ont été prises pour que les informations encapsulées ne soient ni erronées ni trompeuses au moment de la publication, la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) ne peut garantir leur exactitude ou exhaustivité.

Le manuscrit renvoie parfois vers des sites Internet ou données externes sur lesquels la RBQ n'a aucun contrôle et pour lesquels elle décline toute responsabilité. Comme le lecteur est entièrement responsable de l'utilisation du document, de son interprétation et des décisions découlant de la lecture de la monographie, elle ne peut en aucun cas être tenue responsable d'éventuels dommages résultant de l'application des idées et principes énoncés.

Résumé

Ce bulletin de veille couvre le sujet de l'économie circulaire dans l'industrie de la construction. Des exemples tirés de la littérature grise et scientifique, de stratégies de l'économie circulaire appliquées au secteur du bâtiment ainsi que de politiques, réglementations et incitatifs mis en place dans différents pays y sont présentés afin de faciliter la transition du secteur vers ce nouveau modèle économique.

Le potentiel d'atténuation des stratégies de l'économie circulaire dans le secteur de la construction est particulièrement grand vu son impact environnemental majeur. Pour assurer une saine transition, plusieurs stratégies existent : reconversion de bâtiments, réduction à la source, conception pour l'adaptabilité et la déconstruction, choix de matériaux biosourcés, recyclage et réemploi des matériaux, etc. Ces stratégies visent bien souvent à allonger la durée de vie du bâtiment ou encore à donner une deuxième vie aux matériaux, en privilégiant la déconstruction au lieu de la démolition lorsque le bâtiment est arrivé en fin de vie.

La mise en place de ces stratégies impose toutefois plusieurs défis de taille. D'une part, la phase de déconstruction est plus coûteuse et longue que la démolition traditionnelle, car elle fait appel à l'acquisition d'un nouveau type d'expertise par les entrepreneurs. Du côté de la réutilisation des matériaux, un des principaux défis est le manque de données sur leur disponibilité, leur quantité et leur qualité ainsi que sur les moyens de s'en procurer ou de les traiter. Les infrastructures de collecte, de tri et de traitement ne sont pas toujours présentes ou, du moins, efficaces ou suffisantes. Le manque de demande pour de tels projets de la part du grand public constitue aussi un défi pour le réemploi de ces matériaux. Enfin, lorsque l'utilisation des matériaux recyclés dans de nouveaux bâtiments est souhaitée, la phase de conception s'en trouve prolongée puisque les architectes doivent localiser les sources de matériaux ainsi qu'effectuer des recherches, tests de matériaux et consultations.

Pour faciliter la transition vers une économie circulaire dans le secteur, des mesures incitatives peuvent être prises. Parmi les exemples présentés dans ce bulletin de veille, il est observé que plusieurs juridictions optent pour la réglementation, notamment pour bannir l'enfouissement de certains matériaux de construction. Obligées de détourner les matériaux du dépotoir, les entreprises tentent donc de trouver de nouvelles avenues pour les matériaux issus de la construction, de la rénovation et de la démolition (CRD), que ce soit via le réemploi, le recyclage ou la valorisation énergétique.

En plus de la réglementation, l'importance des projets pilotes pour s'approprier graduellement les nouvelles façons de faire de l'économie circulaire est digne de mention. Les programmes de certification volontaire, tel Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), qui encouragent la déconstruction via l'attribution de crédits ou, encore, les programmes qui permettent des crédits de taxes pour le don de matériaux sont également des moyens de stimuler l'économie circulaire dans le secteur. De plus, le développement de formations, autant pour les entrepreneurs en lien avec la déconstruction que pour les concepteurs pour la maîtrise des différentes stratégies de l'économie circulaire, est souhaitable pour faciliter son déploiement.

Enfin, bien qu'elles demeurent une pratique de niche, les solutions propres à l'économie circulaire dans le secteur de la construction gagnent en popularité. Fort à parier qu'elles continueront en conséquence à prendre de l'importance et que, face à la rareté des ressources et lieux d'enfouissement, elles deviendront la norme. Ainsi, la section *Thèmes en suivi* de ce bulletin de veille présente un projet pilote de la ville de New York visant à tester un programme d'inspection virtuelle des bâtiments. La refonte du diagnostic de performance énergétique français y est également traitée.

Table des matières

Intégration des principes de l'économie circulaire au secteur du bâtiment : Des exemples de réglementation.....	5
Survол de la littérature grise	6
Barbarese et Guay, 2020_ Déconstruction, vers une économie circulaire des matériaux	6
Kernan, 2002 _ Old to New. Design Guide. Salvaged Building Materials in New Construction.	7
The American Institute of Architects (AIA), 2020 _ Design for Adaptability, Deconstruction, and Reuse.....	8
Government of the District of Columbia, 2017_ District of Columbia Green Construction Code	12
Ellen MacArthur Foundation, 2019_ City Governments and their Role in Enabling a circular economy transition. An Overview of Urban Policy Levers	14
Chayer, et al., 2019_ La réduction à la source des matériaux et résidus de construction. Guide pour la planification et la gérance de chantier	16
Wallonie, 2019 _ Priorisation des matériaux de réemploi à intégrer dans le cahier des charges type bâtiments 2022 (CCTB 2022) et prescription de recommandations dans la perspective du réemploi et de promotion de la construction/rénovation durable	18
Delta Institute, 2018_ Deconstruction & Building Material Reuse: A tool for Local Governments & Economic Development Practitioners	26
Australian Government, 2012 _ Construction and Demolition Waste Guide -Recycling and re-use across the supply chain.....	28
Wigley and Gertsakis, 2019 _ Review of standards and specifications for recycled content products	30
Survол de la littérature scientifique.....	31
Karoubi, 2016 _ Encouraging recycled construction materials in new buildings	31
Pavlů, et al., 2019 _ Catalogue of Construction Products with Recycled Content from Construction and Demolition Waste	34
Shooshtarian et al., 2020 _ Using Recycled Construction and Demolition Waste Products: A Review of Stakeholders' Perceptions	37
de Brito et al. 2019_ Legal regulations of recycled aggregate concrete in buildings and roads	38
Kozminska, 2019 _ Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies	43
Conclusion	47
Thèmes en suivi.....	49
La Ville de New-York mets en place un projet pilote pour des inspections virtuelles.....	49
Refonte du diagnostic de performance énergétique français	50
Références.....	52

Thème principal

Cette section présente un dossier complet sur le thème principal de ce bulletin de veille.

Sujet : Économie circulaire

Actualité

Cette section traite de l'actualité en lien avec le thème principal du bulletin de veille. Elle vise à fournir au lecteur des connaissances de base sur le matériau, le système ou la technologie présenté ainsi que son taux de pénétration dans le marché.

Intégration des principes de l'économie circulaire au secteur du bâtiment : des exemples de réglementation

La rareté grandissante des ressources naturelles et la menace des changements climatiques nous forcent à intégrer de nouveaux modèles économiques à plus faible impact environnemental. D'une économie linéaire, où les matières sont extraites, transformées, consommées et jetées, plusieurs secteurs tendent tranquillement à s'approprier les principes de l'économie circulaire afin de minimiser la production de déchets et l'extraction des ressources naturelles, et ce, en conservant le plus longtemps possible dans l'économie la valeur des produits, matériaux et ressources.

Le potentiel d'atténuation des stratégies de l'économie circulaire dans le secteur de la construction est particulièrement grand vu son impact environnemental majeur. Pour assurer la transition du secteur vers une économie circulaire, plusieurs stratégies existent : reconversion de bâtiments, réduction à la source, conception pour l'adaptabilité et pour la déconstruction, usage de matériaux biosourcés, recyclage et réemploi des matériaux, etc. Ces stratégies visent bien souvent à allonger la durée de vie du bâtiment ou encore à donner une deuxième vie aux matériaux en privilégiant la déconstruction au lieu de la démolition, du moins lorsque le bâtiment arrive en fin de vie.

Ce bulletin de veille présente des exemples de stratégies de l'économie circulaire appliquées au secteur du bâtiment. Il s'attarde notamment aux politiques, réglementations et incitatifs mis en place dans différentes juridictions afin de faciliter la transition du secteur de la construction vers une économie circulaire. Comme mentionné par Taggart en 2001 :

“Designing new buildings for flexibility and adaptability will help to address this problem in the future, but there is also a need to change our present attitudes to the demolition and disposal of existing buildings and to extract the full service life from all building materials by reclaiming and re-using them wherever possible. In this way, architects can assume the role of curators, not just creators, of the built environment. ...”

Survol de la littérature grise

Barbarese et Guay, 2020_ Déconstruction, vers une économie circulaire des matériaux



Lien Web :

https://console.virtualpaper.com/uploads/cdf073dddfd8e7c910243f4eb91b6905/94d40b89a916a94c2f41b3f70cfb5198/pdf/ACQ_Construire_E2020-complet-editable-interactif.pdf

Dans cet article paru dans le magazine québécois CONSTRUIRE est brossé un portrait de la déconstruction dans le secteur du bâtiment. Il y est souligné que cette pratique, qui fut plus courante par le passé, a pratiquement disparu au profit de la démolition, moins coûteuse en temps et en argent. Les enjeux environnementaux forcent toutefois son retour. Les auteurs fournissent quelques exemples de villes ou pays qui donnent d'ailleurs le ton en matière de déconstruction.

« La ville de Vancouver place la déconstruction au cœur de ses priorités. Un règlement en vigueur depuis 2011 et mis à jour en 2019 précise que les maisons construites avant 1950 doivent être déconstruites de telle sorte qu'un minimum de 75 % de leurs composantes soient recyclées ou réutilisées. Cette proportion monte à 90 % pour les édifices classés maisons de caractères. Bien que la ville de Vancouver encourage les entrepreneurs à réutiliser ou à recycler les matériaux autant que possible, ces taux ne s'appliquent pas dans le cas d'immeubles commerciaux et industriels. Dans son plan d'action visant à devenir la ville la plus verte au monde, Vancouver propose deux mesures incitatives aux demandeurs d'un permis de déconstruction volontaire, soit un rabais de 50 % sur les coûts d'élimination dans le lieu d'enfouissement et l'obtention plus rapide du permis.

Aux États-Unis, une industrie de la déconstruction existe depuis 30 ans. Différents intervenants y travaillent conjointement pour défaire les édifices étage par étage et couche par couche afin de récupérer les matériaux. Il existe aussi l'organisme à but non lucratif Build Reuse¹ créé en 1994 pour promouvoir le réemploi des matériaux de construction. La mission de cette organisation, qui compte aujourd'hui 120 membres, est de faire en sorte que les déchets de construction et de démolition deviennent de nouvelles ressources. La ville de Portland en Oregon a même adopté une réglementation à propos de la déconstruction des édifices patrimoniaux, qui stipule que ces derniers doivent être déconstruits plutôt que démolis.

¹ www.buildreuse.org

Quant au Japon, il a innové dans le domaine de la déconstruction de gratte-ciels grâce à deux techniques non conventionnelles. Ces dernières permettent d'éviter l'utilisation d'une boule de démolition ou d'explosifs et réduisent le bruit et la poussière sur les chantiers. La méthode Taisei Ecological Reproduction System est utilisée pour les immeubles de plus 100 mètres de haut. Elle consiste à démanteler la structure de l'intérieur du bâtiment, étage par étage, du haut de l'immeuble vers le bas. La méthode Kajima Cut and Take Down, quant à elle, consiste à démonter un édifice du bas vers le haut en commençant par le rez-de-chaussée ».

Au Québec, l'usage de la déconstruction est encore limité, mais tranquillement une filière se met en place. Parmi les projets de déconstruction ayant eu lieu sont cités l'hippodrome de Montréal et l'actuel démantèlement du pont Champlain. L'initiative Matériaux Sans Frontières mise en place par Architecture Sans Frontières Québec (ASFQ) est un programme de récupération de matériaux en voie d'implantation. Ce programme permettra aux particuliers, entrepreneurs en construction et autres professionnels du bâtiment de se départir de manière économique et écologique de certains matériaux de construction encore en bon état et de recevoir un reçu de charité fiscalement avantageux pour leur don. Comme mentionné par Bruno Demers, membre de l'organisation :

« Pour voir réellement une filière de la déconstruction de bâtiments se déployer dans la Belle Province, les différents acteurs doivent se mobiliser, se donner une vision commune et aller chercher les ressources nécessaires. »

Kernan, 2002 _ Old to New. Design Guide. Salvaged Building Materials in New Construction.



Lien Web: <https://www.lifecyclebuilding.org/docs/Old%20to%20New%20Design%20Guide.pdf>

Ce guide préparé pour la région métropolitaine de Vancouver s'adresse aux architectes. Son objectif premier était de transmettre aux concepteurs des informations pratiques pour faciliter la conception à partir de matériaux recyclés.

L'utilisation de matériaux de construction récupérés en substitution aux matériaux neufs peut être un moyen efficace de préserver les ressources naturelles et de réduire l'énergie intrinsèque, tout en présentant des avantages économiques tangibles. L'utilisation de matériaux de récupération n'est toutefois pas aussi facile à intégrer dans les pratiques de construction conventionnelles que d'autres stratégies de conception écologique. Outre les problèmes techniques, les différences les

plus significatives sont liées aux processus de spécification, de localisation et d'acquisition des matériaux recyclés.

Documents de construction : le permis de construction

Le code du bâtiment de la Colombie-Britannique (*BC Building Code*) et le règlement de la Ville de Vancouver (*Building By-law*) jouent un rôle important dans la détermination des types de matériaux autorisés dans l'industrie de la construction. Ils font référence également à de nombreuses normes qui définissent la qualité des matériaux et composants. Ces documents traitent explicitement de l'utilisation de matériaux récupérés. En fait, le code fait référence à des « matériaux usagés », mais l'intention y est claire : il y est stipulé que, sauf indication contraire, il est permis de réutiliser les matériaux, les appareils et l'équipement usagés lorsqu'ils satisfont aux exigences du présent code pour les matériaux neufs et qu'ils sont satisfaisants pour l'utilisation prévue. À ce titre, le *BC Building Code 2.4.1.3. 1* mentionne :

“Unless otherwise specified, used materials, appliances and equipment are permitted to be reused when they meet the requirements of this Code for new materials and are satisfactory for the intended use ()”

Bien que le principe général de l'autorisation des matériaux récupérés soit clair, la question à savoir si des matériaux ou des composants particuliers répondent aux exigences spécifiques du code ou des normes référencées pour l'utilisation prévue peut toutefois être plus difficile à établir. Somme toute, les architectes ont généralement reçu une réponse favorable de la part des organismes de réglementation municipaux lorsqu'ils ont proposé de spécifier et d'utiliser des matériaux de récupération. En partie grâce au succès du *Materials Testing Lab*, la Ville de Vancouver a déclaré qu'elle encourageait les entrepreneurs à utiliser des matériaux de construction recyclés ou récupérés lorsqu'ils répondent aux exigences du code du bâtiment. Dans tous les cas, le service municipal de la construction doit être informé dès le début de l'intention d'utiliser des matériaux de récupération. Afin d'assurer l'acceptation et d'éviter les malentendus, la communication et l'échange d'information doivent être permanents. Ce qui explique que les matériaux récupérés doivent être identifiés et notés sur les plans de permis.

The American Institute of Architects (AIA), 2020 _ Design for Adaptability, Deconstruction, and Reuse



Lien : http://content.aia.org/sites/default/files/2020-03/ADR-Guide-final_0.pdf

Ce document préparé par l'*American Institute of Architects (AIA)* présente les fondements de stratégies de l'économie circulaire appliquées au domaine du bâtiment, soit la conception pour l'adaptabilité et la déconstruction ainsi que le réemploi des matériaux.

Conception pour l'adaptabilité

Il est intéressant de réfléchir aux utilisations futures lors de la conception initiale d'un bâtiment afin de retarder la démolition ou l'abandon aussi longtemps que possible. C'est là que la conception pour l'adaptabilité entre en jeu, soit la mise en place de stratégies intentionnelles pour soutenir de multiples utilisations potentielles ou, en d'autres mots, concevoir pour faciliter ce changement d'usage dans le futur et ainsi favoriser une plus longue vie des bâtiments. Parmi les approches et stratégies pouvant être mises en place pour soutenir ce type de conception, notons :

- Introduire des portées libres qui créent de grands espaces ouverts et permettent différentes possibilités d'usages. Ainsi, les changements futurs d'usages sont moins onéreux puisqu'ils peuvent être faits sans apporter de changements majeurs à la structure (Figure 1);
- Favoriser des hauteurs de plancher à plafond généreuses est également une bonne façon de planifier pour le futur, permettant par exemple de transformer un usage résidentiel vers un usage commercial. Ces hauts plafonds sont également utiles pour l'éclairage et la ventilation naturels, car ils facilitent l'ajout ou la mise à niveau de la mécanique du bâtiment;



Figure 1 Les portées libres facilitent le réaménagement futur des espaces (Source : AIA, 2020; crédit photo : Dror Baldinger, AIA and Scott Adams, AIA)

- Limiter les transitions de hauteur des planchers qui permettent plus de flexibilité lors des rénovations ou changements d'usages futurs. Ils favorisent également un design universel;
- Mettre en place de cloisons intérieures non porteuses, au lieu de murs porteurs, permet de garantir une adaptabilité des espaces sans menacer l'intégrité structurelle du bâtiment. La possibilité de démonter et déplacer les cloisons contribue également à la flexibilité et à l'adaptabilité des espaces;
- Concevoir une structure plus robuste que le besoin peut faciliter le réemploi futur du bâtiment. Par exemple, en renforçant les éléments porteurs, il est possible de déplacer facilement les ouvertures intérieures dans l'espace. Des fondations plus solides peuvent ensuite permettre des ajouts verticaux (ajout d'étages supplémentaires au bâtiment). Une plus grande flexibilité structurelle peut également faciliter l'ajout de futurs systèmes tels que les systèmes photovoltaïques et les toits verts;

- Séparer les différents systèmes, les uns des autres et de l'enveloppe, pour s'assurer que les systèmes mécaniques, de plomberie, d'électricité et de technologie (IT) puissent être plus facilement entretenus, remplacés ou modifiés sans dommage au bâtiment ou aux autres systèmes (Figure 2);
- Rendre un bâtiment prêt pour l'énergie solaire ou pour la recharge de véhicules électriques en prévoyant des gaines électriques ou un précâblage. Cela rendra les mises à niveau futures moins coûteuses et réduira les impacts sur les murs et finitions existants;



Figure 2 Séparer les différents systèmes, les uns des autres et de l'enveloppe, facilite l'entretien, le remplacement ou la mise à niveau sans endommager ces systèmes ou le bâtiment (Source : AIA, 2020; crédit photo : Brad Guy, AIA)

- Recourir à l'utilisation de matériaux durables et à l'utilisation minimale de finitions supplémentaires (en particulier lors de finitions qui sont collées plutôt que fixées mécaniquement) peut contribuer à assurer une plus longue durée de vie au bâtiment. Leur usage réduit ainsi le remplacement des matériaux. S'ils sont fixés mécaniquement, ils peuvent également avoir une autre vie lorsque démantelés. Les matériaux durables nécessitent généralement moins d'entretien, ce qui réduit les coûts d'exploitation. Ils résistent également. Utiliser des attaches mécaniques et l'usage minimal d'adhésif permettent d'adapter plus facilement le bâtiment au cours du temps puisque cela facilite le désassemblage;
- Fournir une documentation claire et efficace des stratégies d'adaptabilité mises en place dans le bâtiment permettra d'assurer que les futurs propriétaires et concepteurs comprennent les options de flexibilité et d'adaptation. Une telle documentation devrait être intégrée au modèle numérique du bâtiment;
- Garder en tête que la beauté et un design de qualité sont des facteurs qui contribuent à la longue vie du bâtiment et à son réemploi. Si un bâtiment a réussi à capturer le cœur de ceux qui y vivent ou y travaillent, le militantisme pour assurer son entretien et sa conversion vers d'autres usages sera plus élevé.

Conception pour la déconstruction

Quand ils sont arrivés en fin de vie, la plupart des bâtiments sont démolis sans égard à la préservation des matériaux. Le processus de démolition endommage les matériaux, les mêle tous ensemble et les conduit trop souvent dans les sites d'enfouissement. La déconstruction est une autre façon de procéder qui permet de mieux conserver les matériaux. Lors d'une déconstruction, les employés trient les matériaux et mettent de côté ceux qui peuvent être réutilisés, recyclés ou valorisés autrement. La conception pour la déconstruction est donc une conception intentionnelle d'un bâtiment afin de favoriser sa déconstruction et la réutilisation de ses matériaux dans d'autres projets. Certaines des approches et stratégies favorisant une telle conception sont similaires à celles de la conception pour l'adaptabilité, comme l'utilisation de matériaux durables, la séparation

des systèmes (mécaniques, électriques, de plomberie, etc.) et l'utilisation d'attaches mécaniques (non collées). Parmi les autres stratégies à prioriser, il est suggéré :

- L'utilisation de connecteurs exposés pour aider les futurs propriétaires et ouvriers à mieux saisir comment le désassemblage est possible et pour aider à la réutilisation. Les structures en bois et en acier sont de bons candidats pour les connecteurs et fixations mécaniques exposés (Figure 3);
- La création d'un manuel de déconstruction aidera les futurs propriétaires et les ouvriers à effectuer le travail de manière sûre et efficace. On suggère aussi de sauvegarder les plans de construction originaux comme guide des systèmes et des matériaux de construction qui seront disponibles même plusieurs décennies plus tard;
- La priorisation de systèmes simples, comme fabriquer toutes les poutres à une taille standard et éviter les systèmes composites complexes combinant plusieurs types de matériaux, peut faciliter le démontage et la revente des matériaux.



Figure 3 Le Centre de découverte des abeilles et pollinisateurs Tasjian conçu par MSR Design frames est un exemple de bâtiment avec des connecteurs exposés (Source : AIA, 2020; Crédit photo : Richard Brine)

Réutilisation des matériaux

La conception pour la déconstruction n'est qu'un côté de la médaille. L'autre côté est l'utilisation des matériaux ainsi préservés dans d'autres projets. Cette réutilisation peut s'avérer un défi, vu les contraintes liées à ce type de matériaux. Les architectes peuvent contribuer à leur usage en sensibilisant leur clientèle à l'impact environnemental de nouveaux matériaux. Les gouvernements peuvent également y contribuer en instaurant des mesures incitatives pour motiver de tels projets.

Par exemple, le Massachusetts, le Vermont, la Virginie, Washington D.C. et de nombreuses juridictions locales interdisent la mise en décharge des matériaux CRD. Ces réglementations peuvent contribuer à encourager la déconstruction, la réutilisation et le recyclage des matériaux de construction. Le *D.C. Green Construction Code* comporte à cet égard des exigences et options qui incluent la réutilisation des bâtiments, la réutilisation des matériaux et la conception pour la déconstruction. D'autres villes comme Vancouver ont des exigences de déconstruction pour le retrait des bâtiments d'un certain âge. Les crédits d'impôt pour la restauration des bâtiments historiques ont été exceptionnellement efficaces pour permettre la réutilisation des bâtiments, mais ils ne concernent qu'une très petite partie du parc immobilier. Les retombées économiques sont bien documentées et la mesure pourrait être étendue aux bâtiments non historiques.

Du côté de l'AIA Environnement, le programme de prix *Top Ten Awards* de la commission de l'environnement de l'AIA (COTE) comporte un critère de conception pour le changement. Pour y

répondre, les candidats doivent soumettre une description de la manière dont le projet incorpore la conception pour l'adaptabilité ou la façon dont il réutilise un bâtiment.

Enfin, les certifications *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED, *Building Research Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) et *Green Globes* encouragent la réutilisation de bâtiments entiers ainsi que de matériaux de construction par le biais de crédits optionnels. BREEAM et Green Globes offrent des crédits pour la conception en vue de la déconstruction, alors que LEED offre un crédit appelé « Design for Flexibility » pour les projets de soins de santé ainsi que pour les projets de construction.

Government of the District of Columbia, 2017_ District of Columbia Green Construction Code



Lien Web :

<https://eservices.dcrd.dc.gov/DocumentManagementSystem/Home/retrieve?id=2017%20DC%20Green%20Construction%20Code.pdf>

Le 28 mars 2014, le *District of Columbia* a adopté le *2013 D.C. Green Construction Code*. Avec ce code, la ville a été la première à adopter tous les chapitres et l'annexe A du *International Green Construction Code (IgCC)*, en plus d'autres exigences minimales de la construction. Pour tenir compte des priorités, des politiques et du contexte propres au district, le code intègre également plus de 100 amendements locaux. Le produit final, qui est soigneusement intégré à d'autres lois et règlements (y compris le code énergétique actuel basé sur l'IECC 2012), est sans doute le code de construction le plus écologique du pays (USGBC, n.d.).

Ce code comporte des exigences qui traitent de la réutilisation des bâtiments, la réutilisation des matériaux et la conception pour la déconstruction. De façon résumée, le code exige, pour les bâtiments de plus de 25 000 pieds carrés ou plus, que les matériaux remplissent deux des trois options suivantes :

1. La somme du contenu recyclé et du contenu en matériaux récupérés doit constituer un minimum de 30 %, sur la base du coût, de l'ensemble des matériaux du projet de construction;

2. Au moins 40 %, sur la base du coût, des matériaux ou produits de construction utilisés doivent être extraits/récoltés/récupérés et fabriqués dans un rayon de 800 km autour du site du projet;
3. Au moins 5 %, sur la base du coût, des matériaux de construction utilisés doivent être des produits biosourcés.

Les équipements suivants font exceptions et n'ont pas à se conformer à ces normes, soit les équipements électriques, mécaniques, de plomberie, de sécurité et de détection des incendies, les systèmes de gicleurs automatiques, les ascenseurs et les systèmes de transport.

Les paragraphes ci-dessous tirés intégralement du code présentent certaines de ces exigences.

SECTION 504 [RESERVED]

SECTION 505 MATERIAL SELECTION

505.1 Material selection and properties. For projects that are 25,000 square feet (2323 m²) and larger, building materials shall conform to Section 505.2, 505.3 or 505.4.

Exception: Electrical, mechanical, plumbing, security and fire detection, and alarm equipment and controls, automatic fire sprinkler systems, elevators and conveying systems shall not be required to comply.

505.2 Reduced impact materials. The *building project* shall comply with any two of the following: Section 505.2.1, 505.2.2, or 505.2.3. Calculations shall only include materials *permanently installed* in the project. A value of 45 percent of the total construction cost shall be permitted to be used in lieu of the actual total cost of materials.

505.2.1 Recycled content and salvaged material content. The sum of the *recycled content* and the *salvaged material content* shall constitute a minimum of 30 percent, based on cost, of the total materials in the *building project*.

505.2.1.1 Recycled content. The *recycled content* of a material shall be the *postconsumer recycled content* plus one-half of the *preconsumer recycled content*, determined by weight (mass). The recycled fraction of the material in a product or an assembly shall then be multiplied by the cost of the product or assembly to determine its contribution to the requirement.

The annual average industry values, by country of production, for the *recycled content* of steel products manufactured in basic oxygen furnaces and electric arc furnaces shall be permitted to be used as the *recycled content* of the steel. For the purpose of calculating the *recycled content* contribution of concrete, the constituent materials in concrete (e.g., the cementitious materials, aggregates, and water) shall be permitted to be treated as separate components and calculated separately.

505.2.1.2 Salvaged material content. The *salvaged material content* shall be determined based on the actual cost of the *salvaged material* or the cost of a comparable alternative component material.

505.2.2 Regional materials. A minimum of 40 percent of building materials or products used, based on cost, shall be regionally extracted/harvested/recovered and manufactured within a radius of 500 miles (800 km) of the project *site*. If only a fraction of a product or material is extracted/harvested/recovered and manufactured locally, then only that percentage (by weight) shall contribute to the regional value.

Exception: For building materials or products shipped in part by rail or water, the total distance to the project shall be determined by weighted average, whereby that portion of the distance shipped by rail or water shall be multiplied by 0.25 and added to that portion not shipped by rail or water, provided that the total does not exceed 500 miles (800 km).

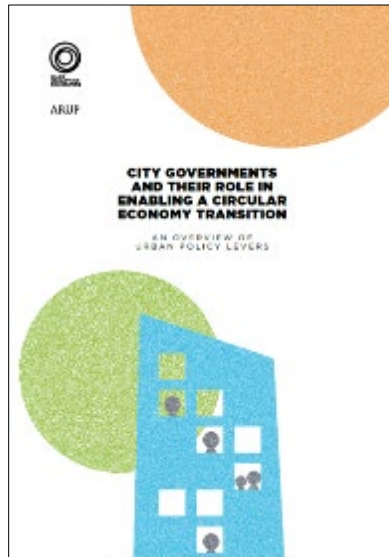
505.2.3 Biobased products. A minimum of 5 percent of building materials used, based on cost, shall be *biobased products*. *Biobased products* shall:

1. Comply with the minimum biobased contents of the USDA's BioPreferred Program;
2. Contain the "USDA Certified *Biobased Product*" label; or
3. Be composed of solid wood, engineered wood, bamboo, wool, cotton, cork, agricultural fibers, or other biobased materials with at least 50 percent biobased content.

505.2.3.1 Wood building components. Wood building components, including but not limited to structural framing, sheathing, flooring, subflooring, wood window sash and frames, doors, and architectural millwork, used to comply with this requirement shall contain not less than 60 percent certified wood content tracked through a chain of custody process, either by physical separation or percentage-based approaches, or wood that qualifies as a *salvaged material*. Certified wood content shall be certified by the Forest Stewardship Council. Wood building components from a *vendor* shall be permitted to comply when the annual average amount of certified wood products purchased by the *vendor*, for which they have chain of custody *verification* not older than two years, is 60 percent or greater of their total annual wood products purchased.

Ellen MacArthur Foundation, 2019_ City Governments and their Role in Enabling a circular economy transition. An Overview of Urban Policy Levers

Lien Web : www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/CE-in-Cities_Policy-Levers_Mar19.pdf



Ce document traite du rôle des villes dans la transition vers une économie circulaire dans lequel ils ont un rôle clé à jouer vu leur proximité avec les préoccupations et besoins quotidiens des citoyens et entreprises ainsi que les leviers politiques à leur disposition. De plus, ces gouvernements municipaux voient, expérimentent et gèrent souvent les conséquences négatives de l'économie linéaire actuelle, que ce soit par le biais des fonds publics dépensés pour la gestion des déchets solides, les coûts engendrés par les déchets des bâtiments, les coûts économiques dus à la congestion ou les coûts sanitaires dus à la pollution atmosphérique et sonore. La Figure 4 présente les différents leviers de la politique urbaine pour une transition vers l'économie circulaire.

Bien que le document porte sur tous les secteurs de l'économie, plusieurs leviers peuvent s'appliquer au secteur du bâtiment. Les lignes ci-dessous présentent des exemples d'incitatifs économiques ainsi que des lois et règlements qui peuvent s'appliquer à ce secteur.

Incitatifs économiques

Les allègements fiscaux accordés par les gouvernements locaux et conformes aux politiques des gouvernements de niveau supérieur peuvent jouer un rôle important dans l'incitation et l'établissement d'un environnement propice aux produits de l'économie circulaire :

- Afin de stimuler la construction et l'achat de bâtiments écologiques dans leurs villes, Cleveland et Cincinnati ont offert des allègements fiscaux de 100 % pendant 10 à 15 ans pour les nouvelles constructions et rénovations de bâtiments existants certifiés LEED;
- La ville de Shandong s'est attardée à stimuler les opportunités que peuvent offrir les composants modulaires préfabriqués. La ville propose à cet égard un certain nombre de programmes tels que des remboursements de taxes aux fabricants d'éléments modulaires préfabriqués, des remboursements de coûts pour l'utilisation de murs préfabriqués, des subventions aux entreprises qui investissent dans la recherche et le développement ainsi que

des réductions des dépôts d'assurance qualité pour les projets de construction de bâtiments préfabriqués.

Lois et règlements

La mise en place de règlements, normes, exigences et interdictions est une façon de favoriser les pratiques circulaires. Ces mesures constituent un levier politique efficace souvent utilisé en conjonction avec d'autres leviers politiques tels que les marchés publics, la planification urbaine et les mesures fiscales. Dans le secteur du bâtiment par exemple, la circularité peut être intégrée dans les plans de zonage, les normes de construction, les codes de construction et les appels d'offres pour les terrains :

- En Californie, la Ville de *Palm Desert* a publié une ordonnance stipulant qu'un permis de construction ne peut être accordé que si un plan de gestion des déchets a été soumis, démontrant « la réutilisation et le recyclage maximums des débris et autres déchets générés par les projets de démolition, de construction neuve, de toiture, d'aménagement paysager et autres projets de construction »;
- La Ville d'Amsterdam considère mettre en place des zones circulaires au sein de son agglomération, où des développements urbains d'économie circulaire peuvent avoir lieu avec une réglementation de soutien;
- Dans des villes comme Baltimore et New York, les règlements de zonage ont été modifiés afin de supprimer les obstacles à la construction et à la modernisation des bâtiments écologiques.



Figure 4 Les leviers de la politique urbaine pour une transition vers l'économie circulaire (Source : Ellen MacArthur Foundation, 2019)

Chayer, et al., 2019_ La réduction à la source des matériaux et résidus de construction. Guide pour la planification et la gérance de chantier



Lien Web : https://batimentdurable.ca/fichiers/depot/ageco_eclar_cbdcaqc_guideecogestion-avril-2019-affichageecran1.pdf

Les débris provenant du secteur CRD représentent plus du tiers des rebuts générés au Québec. Dans le bilan de la gestion des matières résiduelles produit par Recyc-Québec en 2015, le total de résidus de CRD reçus par 37 centres de tri au Québec était estimé à 1,63 M de tonnes. Ces chiffres peuvent donner une idée de l'ampleur des résidus de construction (bois, gypse, bardeau d'asphalte, béton, ciment, métaux, plastique, etc.) générés à travers les dizaines de milliards de dollars de travaux réalisés chaque année au Québec pour créer et entretenir le cadre bâti. Il est déplorable de constater qu'encore en 2019, une bonne partie des résidus de CRD est malheureusement acheminée vers des sites d'enfouissement malgré le potentiel de récupération et de revalorisation.

Lors d'un projet de construction, l'action de réduire à la source signifie de réduire la quantité de matériaux neufs utilisés, de même que le gaspillage, la perte, la dégradation ou le rejet de matériaux, et ce, à toutes les étapes du cycle de vie d'un ouvrage bâti (conception, planification, distribution, construction et entretien). Ce guide a pour but de donner des outils et pistes de solutions pour favoriser la réduction à la source des matériaux et la meilleure gestion des résidus de construction. Son objectif est d'outiller le secteur de la construction pour apporter des changements profonds et durables dans les façons de faire en matière de planification, de réalisation des chantiers et de travaux dans une vision d'économie circulaire. Plus précisément, ce guide vise à :

- Comblent le manque de connaissances en sensibilisant les professionnels du bâtiment aux bonnes pratiques de réduction à la source;
- Modifier les façons de faire de l'ensemble de l'industrie, à partir du concepteur jusqu'aux donneurs d'ouvrage, aux entrepreneurs, au responsable du chantier et ultimement à la main-d'œuvre;
- Documenter les barrières et conditions gagnantes pour l'implantation des bonnes pratiques de réduction à la source dans les chantiers du Québec;

- Faire ressortir les avantages financiers, logistiques et concurrentiels à adopter dans le cadre de bonnes pratiques de réduction à la source liées aux projets de construction.

Le guide en question présente aussi un ensemble de bonnes pratiques pour réduire à la source. Le Tableau 1 résume les principaux débouchés pour les matériaux récupérés par les centres de tri.

Tableau 1 Ressources et débouchés pour les matériaux récupérés (Source : RECYC-QUEBEC; tiré de Chayer et al., 2019)

**RÉSUMÉ DES MARCHÉS ET DES DÉBOUCHÉS PAR MATIÈRE PRODUITE
PAR LES CENTRES DE TRI DE RÉSIDUS DE CRD**

Matière	Marché	Produit(s)	Débouché(s)
BOIS	Recyclage	Bois broyé	Fabricants de panneaux (de particules ou insonorisants)
	Valorisation énergétique	Bois broyé	Serres, industries papetières, cimenteries
GYPSE	Recyclage	Poudre de gypse	Fabricants de panneaux, cimenteries, industries agricoles
BARDEAUX D'ASPHALTE	Recyclage	Bardeau déchiqueté Pierre bitumineuse	Fabricants d'asphalte
	Valorisation énergétique	Carton bitumineux	Cimenteries
AGRÉGATS	Recyclage	Matériel granulaire	Fabricants d'asphalte, fabricants de béton
MÉTAUX	Recyclage	Métaux mélangés	Ferrailleurs, déchiqueteurs, fonderies
CARTON	Recyclage	Recyclage	Industries papetières
PLASTIQUES	Recyclage	Plastiques mélangés	Conditionneurs et recycleurs
	Valorisation énergétique	Plastiques mélangés (sans PVC)	Conditionneurs et cimenteries

Tiré de RECYC-QUÉBEC, mars 2018.

Pour tester les pratiques de réduction à la source dans les chantiers et en analyser les défis et les conditions de succès, trois études de cas dans lesquelles de grands donneurs d'ouvrage ont été sélectionnés et suivis à travers le temps sont présentées dans ce rapport. Il s'agit d'un chantier de rénovation dans lequel a été pratiqué le resurfaçage de toitures à l'Aéroport de Montréal, d'un chantier de déconstruction sur le site de l'Hippodrome de Montréal et d'un chantier de construction ayant eu recours à des composants préfabriqués, soit le projet d'habitation de Pointe-aux-Lièvres issu de la Société d'habitation du Québec (SHQ). Il est intéressant de noter que la préfabrication est citée comme une bonne pratique de réduction à la source. Lesdites études de

cas ont permis de tester la mise en œuvre de solutions pratiques et de faire le pont entre les équipes de conception, de gestion du chantier et celles responsables des achats. Elles ont aussi permis d'outiller les équipes dans la mise en place des meilleures pratiques en matière de réduction à la source des matériaux et résidus de CRD.

Wallonie, 2019 _ Priorisation des matériaux de réemploi à intégrer dans le cahier des charges type bâtiments 2022 (CCTB 2022) et prescription de recommandations dans la perspective du réemploi et de promotion de la construction/rénovation durable



Lien Web : https://developpementdurable.wallonie.be/sites/default/files/2020-02/2019-09_CCTB%20R%C3%A9emploi%20rapport%20enrichi%20final.pdf

Ce document livre les résultats d'un travail ayant pour objet de prioriser les éléments de matériaux de réemploi à insérer dans le cahier des charges type bâtiments (CCTB) daté de 2022 et d'établir des recommandations permettant de favoriser le réemploi ainsi que la construction durable.

En première partie de rapport, les éléments du cahier des charges en vue du développement de clauses spécifiques au réemploi sont priorisés. Dans la version actuelle du CCTB, neuf tomes sur dix concernent principalement la prescription de postes relatifs à la mise en œuvre des éléments de construction. Le dixième tome, numéroté Tome 0, énonce quelques articles liés à la déconstruction des éléments tout en prévoyant également certains articles liés à la mise en œuvre d'éléments de construction (équipements permanents de sécurité et de protection). L'ensemble des dix tomes traitent donc de la mise en œuvre d'éléments. Il est possible d'intégrer à cette structure des clauses spécifiques aux éléments de réemploi à condition de distinguer deux cas de figure, soit les éléments de construction issus du réemploi qui font l'objet d'une commercialisation suffisamment stable et prévisible et ceux qui ne font pas encore l'objet d'une commercialisation très courante.

Quels produits de réemploi peuvent être prescrits tels quels? Telle est la question qui repose avant tout sur la disponibilité des éléments. De fait, il n'y a pas de sens à décrire une clause prescriptive dans un cahier des charges types si celle-ci ne correspond pas à ce que le marché est effectivement en mesure de fournir (spécialement si des quantités importantes de tel ou tel élément sont en jeu).

Voici les éléments de construction présents de manière stable, prévisible et en quantité importante sur le marché du réemploi :

- Les briques;
- Les éléments de pavage (pavés, bordures...);
- Les bardages en bois (différents types de bois);
- Les parquets en bois massifs (majoritairement le chêne);
- Les carreaux de carrelages en céramique;
- Les revêtements de sol intérieur en pierre naturelle de réemploi (différents types de pierre);
- Les moellons en pierre naturelle;
- Les ardoises naturelles.

Pour ces éléments, il est imaginable de rédiger des clauses techniques typiques qui pourraient être intégrées dans le CCT-B. Si des architectes et maîtres d'ouvrage devaient faire usage de ces clauses, le marché existant serait très vraisemblablement capable de répondre à une telle demande. En ce qui concerne les produits présents de façon moins stable sur le marché, leur prescription gagne à être accompagnée d'une série de mesures complémentaires dans le projet :

- Prévoir une certaine flexibilité dans les lots demandés;
- Prévoir des alternatives si (tous) les produits ne peuvent pas être trouvés en version réemploi (repli vers des produits neufs, etc.);
- Prévoir des missions distinctes pour le rassemblement des éléments recherchés (broker, assistance à la maîtrise d'ouvrage, etc.);
- Prévoir des tests sur mesure permettant de vérifier l'aptitude à l'usage des produits;
- Etc.

Le secteur du réemploi est amené à évoluer. Stimuler le marché par des commandes de plus en plus conséquentes est une façon très pertinente d'accompagner ce développement. Certains éléments de réemploi sont aujourd'hui absents du marché, alors qu'ils se prêtent plutôt bien à des démontages soigneux. Le cas des cloisons de bureaux ou des planchers surélevés techniques représente à cet égard un bon exemple. Pour ces éléments, le prescripteur ne trouvera (actuellement) pas (ou difficilement) de fournisseur en tant que tel. En spécifiant ces matériaux, il peut en revanche encourager l'entrepreneur ou les fournisseurs existants à élargir leur gamme de produits. En s'y prenant à l'avance et dans un cadre adéquat, cette opération sera tout à fait possible.

En complément de l'approche méthodologique précitée, différents critères de priorisation des éléments de construction peuvent être définis et évalués au regard de leur intérêt pour le réemploi. Neuf critères techniques, environnementaux, de disponibilité ou économiques ont été identifiés, de manière à ce qu'ils soient indépendants les uns des autres. Il s'agit de la facilité de démontage, la facilité de remise en œuvre, la modularité, le stockage (in situ), la quantité en place (occurrences), l'offre actuelle (opérateurs et services), la localisation, l'impact environnemental à la production et le niveau d'exigence performancielle. Une définition succincte ou un objectif opérationnel sont donnés pour chaque critère retenu. Les critères sont évalués de manière qualitative sur une échelle à quatre niveaux maximum (0-1-2-3). Chacun des niveaux d'évaluation


étant définis de manière propre à chaque critère. L'encadré ci-dessous présente un exemple de définition, soit le critère de facilité de démontage.

Critère n°1	Technique	Facilité de démontage
Définition et objectif du critère Ce critère permet de prendre en compte qu'un démontage qui nécessite une main d'œuvre très qualifiée ou un outillage spécifique impactera la disponibilité et la rentabilité de l'élément (au plus il est nécessaire de recourir à une main d'œuvre qualifiée ou à un outillage spécifique, au moins l'élément sera disponible et rentable à être récupéré).		Mode d'évaluation La note la plus haute correspond à un démontage rapide, ne nécessitant pas de précaution d'usage, d'outils ou de formation spécifiques. 0 : élément qui nécessite une équipe hautement spécialisée pour être démonté 1 : élément qui implique une équipe de travailleurs lourdement outillés 2 : élément qui implique un travailleur bien outillé 3 : élément qui peut être démonté « à la main »

Le rapport présente ensuite une méthode de classement (priorisation) des matériaux en se basant sur le mode d'évaluation propre à chacun des neuf critères détaillés ci-dessus et en accordant des facteurs de pondération à ces critères.

En deuxième section de rapport, on se penche sur les freins et opportunités belges et européens en matière d'incitation au réemploi. En particulier sur quatre contextes européens (Royaume-Uni, Finlande, France et Région de Bruxelles-Capitale) à travers des ouvrages qui présentent la situation dans ces régions. Par la suite, d'autres ouvrages pertinents sur la question de l'économie circulaire dans la construction sont présentés. Tous ces documents sont présentés de façon intégrale dans les encadrés ci-dessous ainsi que les liens pour y accéder sur Internet, lorsque disponibles.


Enfin, ce rapport se termine par des recommandations et bonnes pratiques pour inciter au réemploi.

Finlande	Barriers and opportunities of structural elements re-use
	<p>Auteur Petr Hradil</p> <p>Contexte <i>Ce rapport a été réalisé dans le cadre du projet de recherche "ReUSE" du Ministère de l'Environnement. Le projet vise à réduire les déchets de C&D, à préserver les ressources naturelles et à diminuer globalement l'impact environnemental des bâtiments en encourageant la réutilisation des éléments du bâtiment. Il est étroitement lié au programme national de promotion de l'efficacité des ressources et des matériaux "Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella". Le projet est financé conjointement par le Ministère de l'Environnement, VTT Technical Research Centre of Finland, Tampere University of Technology, Ekokem and Finnish Wood Research.</i> </p> <p>Edition <i>Research report, Technical Research Center of Finland (VTT), 2014</i> </p>

Lien Web :

www.researchgate.net/publication/271849055_Barriers_and_opportunities_of_structural_elements_re-use

France Identification des freins et des leviers au réemploi de produits de construction




Auteur
RDC Environment, éco BTP, I Care & Consult
(pour le compte de l'ADEME)

Contexte
Le Programme National de Prévention des Déchets 2014-2020 (PNPD) fixe les déchets du BTP au rang de priorité n°1, avec un ensemble de 4 mesures, dont celle d'identifier et utiliser les leviers d'actions pour développer le réemploi des matériaux du secteur du BTP.

Edition
ADEME, 2016

Lien Web : <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/2404-identification-des-freins-et-des-leviers-au-reemploi-de-produits-et-matériaux-de-construction.html>

Bruxelles Stratégie réemploi des matériaux de construction.
Encourager le réemploi des matériaux de construction en Région de Bruxelles Capitale



Auteur
Groupe de travail réemploi (Alliance Emploi Environnement), 2015.

Contexte
Faute de pouvoir exercer un impact direct sur les modes de production des matériaux et sur le mode de traitement des déchets de C&D (qui se déroulent hors de son territoire), la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) a mené un travail pionnier sur la promotion de modes de (dé)construction moins gourmands en matériaux neufs et moins producteurs de déchets.

Edition
2015

Lien Web : www.confederationconstruction.be/Portals/19/Plateforme%20R%C3%A9emploi/20150506_strategie_reemploi_MCD_version_print.pdf

Ressources récentes en Belgique

Outre les rapports précités, les questions de réemploi des éléments de construction font l'objet d'une littérature de plus en plus abondante. Pour la Belgique, trois documents méritent d'être mentionnés :

1

Vers une économie circulaire dans la construction. Monographie.



Auteur

Ambroise Romnée, Jeroen Vrijders

Objectif

Donner un aperçu de ce qu'est ou pourrait être l'économie circulaire pour la construction dans ses aspects techniques et économiques. Via une analyse de l'état actuel et des enjeux futurs du modèle circulaire et d'exemples concrets, le professionnel de la construction peut s'inspirer, et anticiper proactivement cette nouvelle évolution.

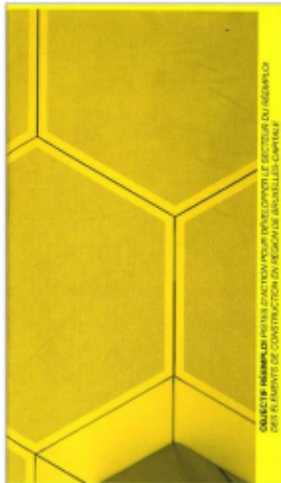
Edition

CSTC, Septembre 2018

Lien Web : www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00010714

2

Objectif réemploi. Pistes d'action pour développer le secteur du réemploi des éléments de construction en Région de Bruxelles-Capitale



Auteur

Rotor

Objectif

Ce rapport publié par Rotor dans le cadre du projet de recherche FEDER "le bâti bruxellois source de nouveaux matériaux" (BBSM) détaille sept grands défis qui se posent au secteur du réemploi et propose 14 jalons que les autorités publiques peuvent mettre progressivement en place pour accompagner le développement de filières de réemploi professionnelles.

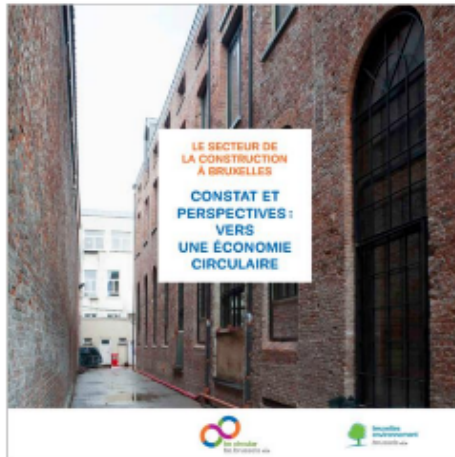
Edition

Août 2017

Lien Web : <http://rotordb.org/en/projects/objectif-reemploi>

3

Le secteur de la construction à Bruxelles. Constat et perspectives : vers une économie circulaire



Auteur

Corinne Bernair, Isabelle Sobotka, Ambroise Romnée, Lara Pérez Dueñas, Charline Boyer, Philippe Van Ginderdeuren

Objectif

Cette publication est basée sur le travail réalisé dans le cadre du Programme Régional en Economie Circulaire (PREC) et plus spécifiquement des deux mesures pilotées par Bruxelles Environnement, à savoir une étude commandée à l'ULB sur l'économie circulaire dans le secteur de la construction (mesure CD01) et une collecte de données commandée à PWC sur le secteur bruxellois de la construction (mesure CD02).

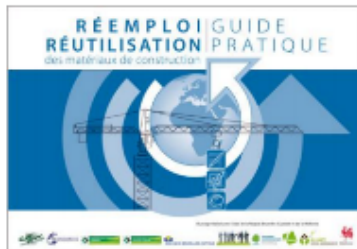
Edition

Février 2018

Lien Web : www.circulareconomy.brussels/wp-content/uploads/2018/02/be_prec_fr.pdf

4

Réemploi, réutilisation des matériaux de construction Guide pratique



Auteur

Une collaboration a été mise en place entre la Confédération Construction (CCW et CCB-C), représentant le secteur de la construction, et l'asbl RESSOURCES, représentant le secteur de l'économie sociale du réemploi, pour sensibiliser tous les acteurs de la construction, et ceci depuis le maître d'ouvrage jusqu'à l'entrepreneur en passant par l'auteur de projet. Le CIFIUL, centre d'ingénierie pédagogique de l'Université de Liège, a apporté son appui dans la rédaction du présent guide.

Objectif

Ce guide présente une démarche structurée qui vise à préserver les ressources de matières. Pour répondre à cet objectif, il privilégie d'abord le réemploi sur site, ensuite le réemploi hors site et enfin le recyclage. Des recommandations renforcent cette logique aux différentes phases d'un projet.

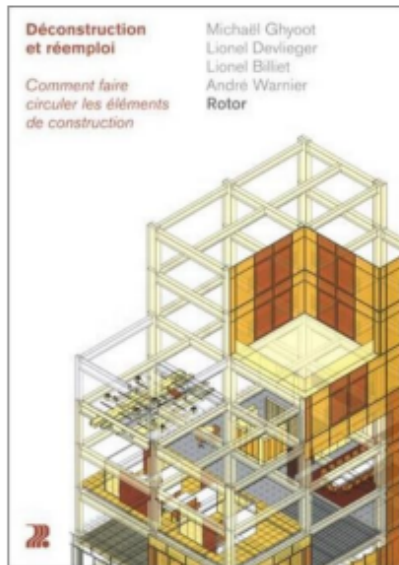
Edition

Éditions de l'Université de Liège - CIFIUL - 2013

Lien Web : www.confederationconstruction.be/Portals/28/cellule%20environnement/guidesdocumentsutiel/s/Guide%20r%C3%A9emploi_r%C3%A9utilisation%20des%20mat%C3%A9riaux%20de%20construction.pdf

5

Déconstruction et réemploi – Comment faire circuler les éléments de construction

**Déconstruction et réemploi**

Comment faire circuler les éléments de construction

Michaël Ghyoot
Lionel Devlieger
Lionel Billiet
André Warnier
Rotor

Auteurs

Ghyoot, Devlieger, Billiet, Warnier, Rotor

Objectif

Rassemblant des chercheurs et des concepteurs spécialisés dans les questions d'économie matérielle, le groupe Rotor présente ici un état des lieux sans précédent du réemploi des matériaux de construction. Il expose les obstacles qui subsistent, les solutions permettant d'y remédier, illustre le propos d'exemples remarquables et replace cette pratique dans sa dimension historique. Cette référence fait également le point sur les dimensions et les perspectives économiques de cette pratique. Ce livre s'adresse aux étudiants et praticiens actifs dans le domaine de la construction (architectes, ingénieurs civils) ou concernés par le réemploi des matériaux de construction (bureaux d'études, commanditaires, pouvoirs publics, consultants en environnement).

Edition

Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2018

Lien Web : www.epflpress.org/produit/872/9782889152391/deconstruction-et-reemploi

Autres ressources

D'autres sources utiles pour la préconisation de l'extraction ou de la prescription de matériaux de réemploi existent encore :

1

Vade-mecum pour le réemploi hors-site. Comment extraire les matériaux réutilisables de bâtiments publics ?

**Auteur**

Rotor

Objectif

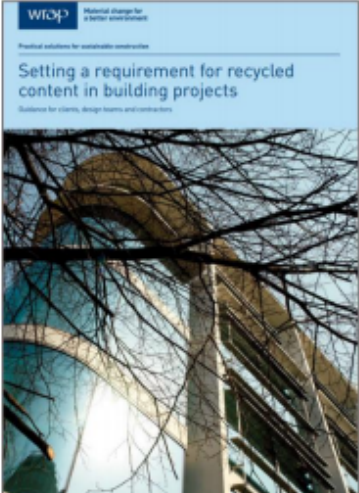
Le Vade-mecum est consacré à l'extraction des matériaux de construction réutilisables en vue de leur réemploi hors site, c'est-à-dire : au démontage et à l'enlèvement soigneux des matériaux de construction réutilisables incorporés dans un bâtiment en vue de les (re-)mettre en œuvre dans d'autres ouvrages constructifs.

Edition

2015

Lien Web : <http://rotordb.org/en/projects/vade-mecum-site-reuse>

2 **Setting a requirement for recycled content in building projects. Guidance for clients, design teams and contractors.**



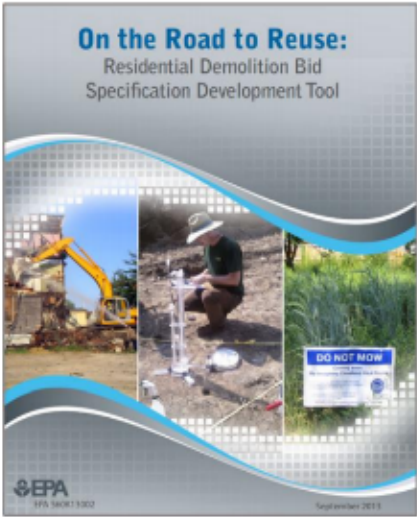
Auteur
WRAP, UK (Waste and Resources Action Programme)
WRAP is not-for-profit, working with governments, businesses and citizens to create a world in which we source and use resources sustainably.

Contexte
L'établissement d'une norme minimale pour le contenu recyclé comme résultat d'un projet de construction est simple. Toutefois, comme pour toute nouvelle exigence de rendement, il est important de comprendre les implications de l'établissement d'une exigence et de la communiquer clairement à ceux qui seront responsables de son application.

Edition
2008

Ce document propose une méthodologie pour intégrer des matériaux contenant un certain pourcentage de constituants issus du recyclage ou des matériaux de réemploi dans un projet. La méthode propose une formule pour exprimer le "contenu recyclé" d'un produit sous une forme quantitative. Une annexe du document propose des clauses types à intégrer dans différents documents de marché.

3 **On the Road to Reuse: Residential Demolition Bid Specification Development Tool**



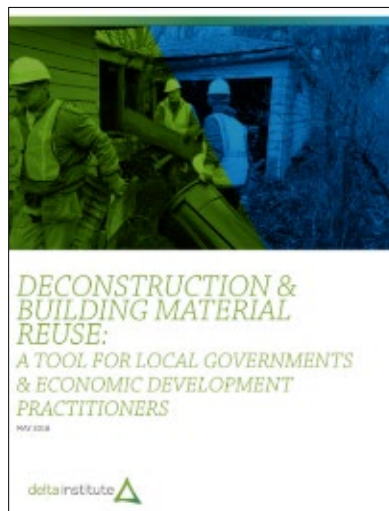
Auteur
Environmental Protection Agency (EPA) Region 5

Objectif
Mis au point par les autorités publiques, ce document s'adresse aux propriétaires de patrimoine immobilier résidentiel important. Il propose des méthodes de planification de projet qui incluent les bonnes pratiques en matière de déconstruction. Le document comprend des aspects spécifiquement liés à la rédaction des appels d'offre, notamment en ce qui concerne des clauses types pour la déconstruction des éléments réutilisables (cf. p. 43-47).

Edition
2013

Lien Web : www.epa.gov/sites/production/files/2013-09/documents/road-to-reuse-residential-demolition-bid-specification-201309.pdf

Delta Institute, 2018_ Deconstruction & Building Material Reuse: A tool for Local Governments & Economic Development Practitioners



Lien Web :

<https://delta-institute.org/wp-content/uploads/2018/05/Deconstruction-Go-Guide-6-13-18-.pdf>

Le Delta Institute est un organisme basé à Chicago qui collabore avec les communautés afin de résoudre des problèmes environnementaux complexes. Depuis sa fondation en 1998, l'organisme a géré plusieurs programmes et projets de déconstruction dans la région. L'organisme rapporte d'entrée de jeu que la déconstruction d'une maison typique peut générer jusqu'à 25 % de matériaux pouvant être réutilisés et jusqu'à 70 %, recyclés (Figure 5).

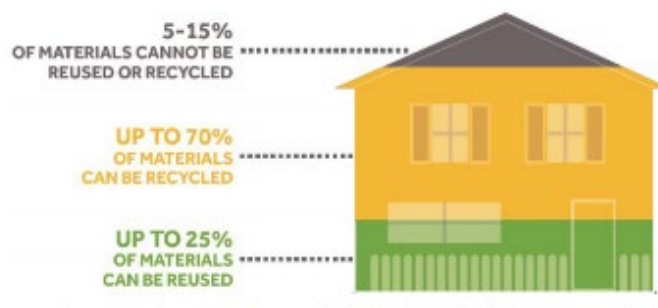


Figure 5 Proportion moyenne des matériaux qui peuvent être recyclés ou réutilisés (Source : Delta Institute, 2018)

Ce rapport du Delta Institute se veut un outil pour les gouvernements et développeurs économiques régionaux pour les aider à la mise en place de politiques de déconstruction et de réutilisation des matériaux de construction. Il fournit par exemple, une méthode d'évaluation pour les décideurs qui désirent évaluer la pertinence de la mise en place de la déconstruction dans leur communauté.

Avant de développer pleinement une infrastructure pour encourager la déconstruction, de nombreuses collectivités cherchent à mettre en place des projets pilotes. Dans les faits, ceux-ci offrent un moyen peu risqué de tester la viabilité et faisabilité de la déconstruction dans une communauté, de développer une partie de l'infrastructure nécessaire à la déconstruction et de susciter l'adhésion de ceux réticents à soutenir la déconstruction. Ce document aborde la question

en fournissant des conseils sur l'organisation d'un projet pilote de déconstruction dans une communauté. Il offre également des conseils sur les meilleures pratiques pour gérer le travail effectué par les entrepreneurs engagés afin de réaliser cette déconstruction. La gestion des contrats d'approvisionnement pour ces entrepreneurs est un aspect important d'un projet de déconstruction. Les services de l'entrepreneur et les paramètres pour évaluer la qualité de son travail doivent être définis.

La formation des entrepreneurs est une étape importante dans la mise en place d'un programme de déconstruction. À cet égard, un guide fournit un modèle de résolution sur la réutilisation des matériaux de construction pour faciliter le travail des élus qui souhaitent justement mettre une telle politique en place.

La section suivante du rapport offre un encadrement pour créer une politique de soutien à la déconstruction. Les ordonnances réglementant les déchets de CRD visent à réduire la production de déchets et à les détourner davantage de la mise en décharge.

Le guide dévoile 13 exemples d'ordonnances existantes dans différentes villes ou différents comtés des États-Unis. Le tableau suivant présente brièvement quelques-uns de ces exemples.

San Jose, CA - Construction Demolition Diversion Deposit (CDDD) Program (CD)
2001

Method/Mechanism

Minimum of 75% of construction materials must be recovered from the site and diverted from landfill.

Receipts documenting diversion deposits are collected, to be refunded after verification of landfill diversion.

Non-Compliance

Certificate of final occupancy not awarded
Loss of deposit

Los Angeles County, CA - Construction and Demolition Ordinance (CD & Reuse)
2005

Method/Mechanism

Minimum 50% of C&D materials generated, no more than two-thirds of which may be inert materials, must be reused or recycled. Minimum 50% of all inert materials must be reused or recycled.

Approved Recycling and Reuse Plan must accompany permit application. Regular progress reports and final report with waste facility receipts must be submitted to the county.

Non-Compliance

\$250 fine per ton not recycled/reused as required

San Mateo, CA - Recycling and Diversion of Debris from Construction and Demolition (CD)
2002

Method/Mechanism

For any demolition project over \$5,000, construction or renovation project over \$250,000, or any new structure over 2,000 sq.ft. - 100% of inert solids and minimum 50% of remaining debris must be diverted from landfill.

Waste management plan must be submitted with permit application and updated with receipts and totals within 30 days of project completion.

Non-Compliance

Fines up to \$1,000 and/or 60 days in jail

Orange County, NC - Regulated Recyclables Materials Ordinance (CD)
2002

Method/Mechanism

All regulated recyclable material generated must be recycled excluding health risks and inability to separate from non recyclable material.

Material must be recycled at a certified commingled recycling facility and may not be disposed of in any other manner.

Non-Compliance

Doubled tip fee for landfilled recyclables
Permit revocation
Fines up to \$500 or 30 days in jail

Chicago, IL - C&D Recycling Ordinance (CD)
2006

Method/Mechanism

Minimum 50% of C&D waste from residential buildings over four units and nonresidential buildings over 4,000 sq.ft. must be diverted from landfill.

Contractor, in conjunction with waste/recycling provider, must submit form and affidavit within 30 days of completion.

Non-Compliance

\$500 fine for projects less than 10,000 sq. ft.
\$1,000 fine for larger projects

Evanston, IL - Green Building Ordinance (CD)
2011

Method/Mechanism

Buildings over 20,000 sq.ft (or 10,000 sq.ft. if owned or funded by the city) must achieve LEED Silver rating or higher. Non-city owned buildings between 10,000 and 20,000 sq.ft. can choose LEED Silver rating or to employ eight or more Evanston Sustainable Building Measures for New Construction. LEED requirements include waste management planning and diversion of recyclable or reusable material.

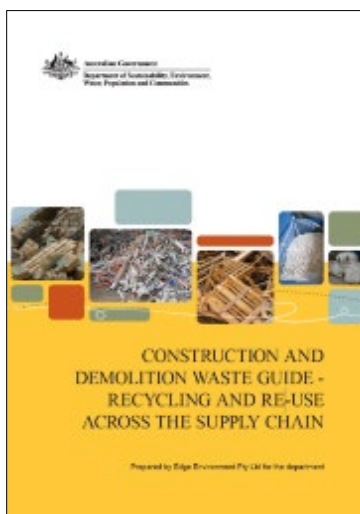
Proposal for meeting criteria must be submitted with permit application. USGBC LEED approval letter must be submitted after project completion.

Non-Compliance

Fine equal to 0.75% construction cost multiplied by number of credits short

Australian Government, 2012 _ Construction and Demolition Waste Guide - Recycling and re-use across the supply chain

Lien Web : www.environment.gov.au/protection/waste/publications/construction-and-demolition-waste-guide



Ce guide publié par le gouvernement de l’Australie a pour objectif d’aider à développer des marchés efficaces pour les matériaux détournés ou dérivés du flux des déchets issus de la construction et de la démolition. Plus précisément, il présente la politique nationale en matière de gestion des CRD, les principaux facteurs qui influencent leur recyclage et réemploi, les innovations en matière d’écologie industrielle, les opportunités et profils des différentes classes de matériaux et enfin, quinze études de cas sélectionnées pour représenter un large éventail d’initiatives de recyclage et de réutilisation de CRD dans toute l’Australie.

Dans sa politique nationale de gestion des déchets, le gouvernement australien a inclus une stratégie dédiée au secteur des déchets CRD. Cette stratégie, la stratégie 11 plus précisément,

requiert que tous les gouvernements continuent à encourager les meilleures pratiques de gestion des déchets et de récupération des ressources pour les projets de construction et de démolition.

Le gouvernement australien ne légifère pas directement la gestion des déchets CRD. La gestion des questions environnementales, y compris tous les flux de déchets, relève en grande partie de la responsabilité des gouvernements des États et Territoires australiens. Les exceptions à ce principe général concernent les traités internationaux. Le guide présente la liste des réglementations pour chacune desdites juridictions en lien avec la gestion des CRD. Le Tableau 2 présente les différentes réglementations sur la gestion des CRD dans ces juridictions.

Tableau 2 Réglementation et législation sur les déchets dans les différentes juridictions (Source : Australian Government, 2012)

State	Source of information
New South Wales	NSW Department of Environment, Climate Change and Water (DECCW) website: www.environment.nsw.gov.au NSW DECCW (2007) Waste Avoidance and Resource Recovery Strategy 2007 NSW Government (2006) State Plan, A New Direction for NSW NSW DECCW (2010) NSW Waste Avoidance and Resource Recovery Strategy—Discussion Draft: Strategic Directions and Implementation Plan 2011–2015 NSW DECCW (2010) NSW Extended Producer Responsibility Priority Statement 2010 NSW DECCW (2007) Report into the Construction and Demolition Waste Stream Audit 2000–2005 NSW Roads and Traffic Authority Environment website: http://www.rta.nsw.gov.au/environment/index.html
Victoria	Sustainability Victoria website: www.sustainability.vic.gov.au Environmental Protection Authority Victoria website: www.epa.vic.gov.au Metropolitan Waste Management Group website: www.mwmg.vic.gov.au State Government of Victoria (2005) Towards Zero Waste Strategy Department of Sustainability and Environment (2009) Metropolitan Waste and Resource Recovery Strategic Plan Sustainability Victoria (2010) Towards Zero Waste Strategy Progress Report for 2008–09 VicRoads contract documents website: http://webapps.vicroads.vic.gov.au/VRNE/csdspeci.nsf/
Queensland	Department of Environment and Resource Management (DERM) website: www.derm.qld.gov.au Department of Environment and Resource Management (2010) Queensland's Waste Reduction and Recycling Strategy 2010–2020 Department of Transport and Main Roads Standard Specifications Roads website: http://www.tmr.qld.gov.au/
South Australia	Zero Waste SA website: www.zerowaste.sa.gov.au Environmental Protection Authority South Australia website: www.epa.sa.gov.au Zero Waste SA (2010) South Australia's Waste Strategy 2010–2015 Consultation Draft South Australia Environment Protection (Waste to Resources) Policy 2010, under the Environment Protection Act 1993 Environmental Protection Authority South Australia (2010) Waste Guidelines—Waste Levy Regulations
Western Australia	Department of Environment and Conservation website: www.dec.wa.gov.au Zero Waste WA website: www.zerowastewa.com.au Western Australian Waste Authority (2010) Draft II Waste Strategy for Western Australia March 2010
Tasmania	Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment website: www.environment.tas.gov.au Department of Infrastructure, Energy and Resources website: www.dier.tas.gov.au Taswaste website: www.taswaste.com.au Department of Environment, Parks, Heritage and the Arts website: www.dpipwe.tas.gov.au
Australian Capital Territory	Department of the Environment, Climate Change, Energy and Water (DECCEW) website: www.environment.act.gov.au Department of Territory and Municipal Services (TAMS) website: www.tams.act.gov.au/live/recycling-waste Department of the Environment, Climate Change, Energy and Water (2010) Draft ACT Sustainable Waste Strategy 2010–2025
Northern Territory	Northern Territory Government website: www.territory2030.nt.gov.au Northern Territory Department of Natural Resources, Environment and the Arts website: www.nt.gov.au/nreta Environment Protection Authority Northern Territory website: www.epa.nt.gov.au The Department of the Chief Minister (2009) Territory 2030 Strategic Plan Packaging Stewardship Forum of the Australian Food and Grocery Council website: www.afgc.org.au/psf/remote-and-indigenous.html

Wigley and Gertsakis, 2019 _ Review of standards and specifications for recycled content products



Lien Web : www.environment.gov.au/system/files/resources/659ffb53-319b-4431-b6c7-3be73a480521/files/review-standards-specifications-recycled-content-products.pdf

Dans le même ordre d'idée, mais pour tous les secteurs confondus, ce document fait un survol des normes et spécifications pour le contenu recyclé des produits en Australie. En plus de fournir les détails sur les normes et spécifications australiennes actuelles concernant l'utilisation de matériaux recyclés dans la fabrication de produits, de bâtiments et des travaux d'infrastructure, les auteurs avaient également pour objectif de consulter les principales parties prenantes pour savoir si l'absence de normes ou spécifications particulières peut faire obstacle à l'adoption de matériaux recyclés et à une utilisation plus large de ces matériaux.

Ce rapport compile non seulement les normes obligatoires, telles que celles développées et approuvées par Standards Australia ou l'Organisation internationale de normalisation (ISO) pour assurer un niveau minimum de performance ou d'utilisation, mais il inclut aussi d'autres spécifications, normes volontaires, codes de pratique de l'industrie, directives, notes techniques et dispositions s'appliquant aux matériaux récupérés. Des professionnels et gestionnaires provenant de différentes industries et différents secteurs ont été consultés, via des entrevues ou à travers un questionnaire d'enquête. Bien qu'il ne porte pas seulement sur le domaine de la construction, le document permet de comprendre les défis rencontrés lors de l'utilisation de matériaux recyclés, ainsi que les perspectives de l'industrie et du gouvernement.

Perspectives de l'industrie

Pour le secteur du bâtiment, l'industrie de la construction a historiquement préféré l'utilisation de techniques éprouvées, ce qui peut constituer un obstacle à l'adoption de nouveaux modèles d'approvisionnement qui encouragent l'utilisation de matériaux recyclés. Les projets pilotes offrent la possibilité de surmonter le scepticisme potentiel et de fournir des enseignements qui peuvent être diffusés dans tout le secteur. Cela nécessite le partage d'informations et la collaboration des acteurs clés, tels que les entrepreneurs. L'industrie a déclaré qu'il y a une place pour des instruments obligatoires afin de garantir des niveaux plus élevés de contenu recyclé dans les

produits, bâtiments et infrastructures. Ces instruments doivent être identifiés et évalués en fonction de leurs mérites et performances individuels.

L'adoption du contenu recyclé dans les bâtiments et infrastructures est liée à la qualité des matériaux recyclés. Il est possible d'y contribuer en améliorant la collecte et le tri du recyclage, la productivité du secteur du recyclage et l'investissement dans l'infrastructure de recyclage pour s'assurer que les produits recyclés soient prêts à être commercialisés.

Il est possible de réaliser des gains rapides pour accroître le recyclage en reliant mieux l'offre nationale de matières premières non utilisées à la demande en améliorant l'infrastructure de collecte et en réduisant la contamination, en faisant correspondre la technologie de séparation aux capacités de traitement actuelles et aux nouveaux équipements, ainsi qu'en soutenant la croissance progressive des marchés actuels et nouveaux.

Perspectives du gouvernement

Divers enjeux, dont la fiabilité de l'approvisionnement, la certitude, la comparaison des coûts avec les matériaux vierges, les performances inconnues de certains matériaux, les problèmes de santé et de sécurité au travail ainsi que les préférences organisationnelles, ont été identifiés comme importants.

Le risque que des matières potentiellement dangereuses soient introduites dans les matériaux ou les infrastructures finaux a été cité. Cela peut être dû à des normes et contrôles mal établis concernant le nettoyage approprié des matériaux recyclés primaires, au manque de concurrence sur le marché entre les fournisseurs, à l'absence de normes/spécifications nationales et au fait que les cadres réglementaires ne sont pas mis à jour assez rapidement pour suivre les activités de développement du marché.

Catégories de produits

Des tableaux Excel présentant les normes et spécifications pour les différentes régions du pays, au niveau national et international sont présentés séparément au lien suivant : www.environment.gov.au/protection/waste/publications/review-standards-specifications-recycled-content.

Comme ces tableaux permettent de le constater, la majorité des documents identifiés concernent l'utilisation des matériaux dans les projets d'infrastructure, y compris les routes et chaussées, ainsi que pour le terrassement et remblayage. Très peu touchent le secteur du bâtiment.

Survol de la littérature scientifique

Karoubi, 2016 _Encouraging recycled construction materials in new buildings

Lien Web :

<https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/graduateresearch/310/items/1.0342794>].

Prix : Accès libre

Ce rapport examine l'efficacité relative de différentes réglementations gouvernementales (nationales, provinciales et municipales) qui encouragent le recyclage des déchets CRD et l'utilisation de matériaux recyclés dans les nouveaux bâtiments. Pour y arriver, les politiques en place dans la Ville de Vancouver, dans l'état du Massachusetts et en Suède ont été analysées.

L'étude s'est également penchée sur les coûts actuels des matériaux recyclés et leur disponibilité pour la construction de nouveaux bâtiments dans la Ville de Vancouver.

Le rapport décrit brièvement les réglementations provinciales en lien avec les résidus de construction et démolition au Canada ainsi que les organismes impliqués dans le domaine. Les programmes mis en place dans les provinces pour encourager le détournement des déchets et leur recyclage/réemploi y sont présentés. En Ontario par exemple, la réglementation en place (*3R's regulations*²) exige qu'un rapport d'audit sur les déchets et un plan de travail pour leur réduction soient fournis pour les projets de construction et de démolition de plus de 2 000 mètres carrés. Ces plans et audits ne doivent pas rencontrer de cibles particulières et ne doivent pas être approuvés. Des vérifications aléatoires sont réalisées.

À travers le pays, des interdictions d'enfouissement ont été mises en place pour certains matériaux. Dans la grande région de Vancouver, les panneaux de gypse ne peuvent être enfouis. Certaines juridictions augmentent même les coûts pour enfouir des déchets afin de rendre le recyclage financièrement plus avantageux. À Calgary par exemple, les déchets CRD ordinaires coûtent 80 \$/tonne, mais passent à 170 \$/tonne pour l'asphalte, la brique, le béton, les cloisons sèches, le bois recyclable et la ferraille.

Méthodologie

Cette recherche cherchait à établir quelles politiques sont efficaces pour encourager le recyclage des matériaux de construction et démolition et promouvoir leur usage dans les nouveaux bâtiments. Pour y répondre, l'auteur a réalisé des interviews auprès de responsables municipaux, des décideurs et des régulateurs pour discuter de la façon dont les politiques ont été mises en place pour identifier les défis rencontrés et de la manière dont ils ont été surmontés, ainsi que pour évaluer les causes de succès et d'échec.

Résultats

Vancouver Metro

En 1992, la Ville de Vancouver a établi une interdiction d'enfouissement pour le gypse. Cet article raconte les défis rencontrés lors de la gestion de cette interdiction. Il y est précisé notamment que la mise en place d'une telle réglementation est facilitée par la présence d'installations pour la collecte. En 2014, cette ville a également introduit de nouvelles exigences pour les permis de démolition : pour les maisons construites avant 1940, 75 % des matériaux devaient être recyclés, alors que cette proportion montait à 90 % pour les maisons à caractère historique. Ces exigences ont été mises à jour en 2015 et en 2018 pour inclure les maisons construites avant 1950 et, par la suite, elles furent appliquées à toutes les maisons unifamiliales. Pour s'assurer que la réglementation est respectée, la ville requiert un plan de réutilisation et de recyclage avant de fournir un permis de démolition et un rapport de conformité une fois la déconstruction effectuée. Un dépôt de 15 000 \$, dont 350 \$ non remboursable, est également demandé. Parmi les embûches rencontrées au cours de la première année du règlement, la ville n'a pas vu autant de récupération et réutilisation qu'elle l'aurait souhaité. Pour remédier à cette situation, en décembre 2015, la ville a modifié le règlement afin que les matériaux récupérés bénéficient d'un crédit de poids cinq fois supérieur. Une autre difficulté rencontrée est la fluctuation du marché du bois recyclé dans la région de Vancouver. Le bois recyclé est souvent réduit en copeaux et utilisé pour la biomasse. Toutefois, lorsque ce marché est saturé, il n'y a pas d'endroit pour recycler le bois. De plus, le bois ne peut pas être réutilisé à des fins de construction, car il devrait être recertifié pour pouvoir être

² Regulation 102/94, from the Ontario government.

utilisé structurellement. La recertification du bois est coûteuse et peu envisagée lorsque le bois vierge est facilement accessible. Malheureusement, la ville ne peut rien faire pour remédier à la question de la recertification du bois, puisque le classement du bois est un système national.

Tout comme les interdictions d'enfouissement de matériaux, les réglementations sur la déconstruction écologique sont efficaces, en partie parce qu'elles sont intégrées dans la loi. De plus, ces types de règlements sont plus efficaces lorsqu'ils bénéficient du soutien du marché (p. ex. installations de recyclage, options de réutilisation, etc.).

Massachusetts

L'État du Massachusetts dispose d'un plan de gestion progressive des déchets qui comprend un nombre considérable d'actions visant à promouvoir une économie circulaire. Ce plan a été établi en 1990 et est mis à jour tous les dix ans. La mise à jour la plus récente a donné lieu au document suivant *Massachusetts 2010-2020 Solid Waste Master Plan : Pathway to Zero Waste*³. La section C&D du plan fixe l'objectif d'augmenter le taux de recyclage des matériaux de CRD à 50 % en 2020 par rapport à 2007, à l'exclusion de l'asphalte, de la brique et du béton (ABC), car ces matériaux ont déjà un taux de recyclage élevé. Pour assurer le succès du programme en place, plusieurs mesures ont été déployées. L'industrie privée (LEED, architectes, ingénieurs, etc.) a même été rencontrée pour promouvoir une économie circulaire grâce à l'utilisation de matériaux de construction recyclés. Des programmes spéciaux de crédits de taxes et de prêts ont été déployés pour mettre en place une filière de récupération et de réutilisation. L'État est conscient que, pour que les interdictions d'enfouissement fonctionnent correctement, il faut qu'il y ait une économie qui les soutienne. Avant de mettre en œuvre une interdiction, une évaluation du marché a été réalisée pour analyser la faisabilité. Des interdictions d'enfouissement sont en place pour les matériaux suivants : bois traité et non traité, métaux ferreux et non ferreux, panneaux de gypse propres, asphalte, pavé, brique et béton.

Suède

En Suède, il existe à la fois des restrictions légales et des accords volontaires établis par le gouvernement et l'industrie privée. La gestion des déchets est réglementée dans le code de construction avec l'aide du Conseil national suédois du logement, de la construction et de la planification (Swedish National Board of Housing, Building and Planning). De plus, le chapitre 15 du code national de l'environnement suédois exige que chaque municipalité crée un plan de gestion des déchets. Le site de la Fédération suédoise de la construction (SCF) (Sveriges Bygginstitut) élabore des lignes directrices à l'intention du secteur privé afin de promouvoir des pratiques normalisées en matière de démolition et traitement des déchets de CRD. La Suède a atteint l'objectif européen de réutiliser ou de recycler 70 % des déchets de CRD d'ici 2020. Le SCF a révisé une série de lignes directrices pour la gestion des déchets de CRD. Celles-ci ont été introduites à l'origine comme un moyen d'adhérer à la législation sur les déchets. Elles détaillent les étapes nécessaires au détournement des déchets lors de la construction et de démolition, qui comprennent des audits de matériaux, des plans de gestion des déchets et des instructions détaillées pour les matériaux.

Coûts et disponibilité

L'auteur a également comparé la disponibilité et les coûts du gypse, du béton et du bois, qu'ils soient recyclés ou non. Bien que le processus de comparaison ait atteint certaines limites, à titre informatif, il est notable que, pour le béton et le gypse, les matériaux recyclés ont présenté des

³ www.mass.gov/doc/2010-2020-solid-waste-master-plan-a-pathway-to-zero-waste/download

prix plus bas que les matériaux vierges. Cependant, pour le bois, ce ne fut pas le cas, car les matériaux recyclés étaient plus chers.

Pavlů, et al., 2019 _Catalogue of Construction Products with Recycled Content from Construction and Demolition Waste

Prix : Accès libre

Lien Web : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/290/1/012025/meta>

L'objectif principal du présent projet réalisé pour le gouvernement tchèque était de créer un catalogue de produits et matériaux de construction contenant des éléments recyclés provenant de résidus de CRD. La motivation de ce travail était de soutenir une utilisation plus élevée de matériaux de construction à contenu recyclé dans le pays. Ce catalogue a été conçu pour des architectes, concepteurs, ingénieurs civils, entrepreneurs en construction et investisseurs publics et privés. Il fournit une vue d'ensemble des produits à contenu recyclé ainsi qu'une liste d'exigences valides sur l'utilisation de matériaux recyclés énumérés dans les normes et la législation. Des exemples de bonnes pratiques sont également présentés afin de briser les barrières psychologiques existantes à l'utilisation de matières premières recyclées dans l'industrie de la construction tchèque.

Le résultat obtenu est diffusé sur un portail Web accessible au lien suivant : www.recyklujmestavby.cz/. Les paragraphes suivants résument les grandes lignes de l'initiative.

Données sur les matériaux recyclés ayant un potentiel d'utilisation dans les produits de construction

La Figure 7 présente les taux de récupération pour les différentes catégories de matériaux CRD ainsi que leur utilisation ultérieure. Le constat s'y dégageant est que le béton, la maçonnerie et la céramique constituent la principale catégorie de matériaux, suivie des métaux. La part des mélanges bitumineux, du goudron et des produits goudronnés, dont le taux de recyclage est supérieur à 90 %, représente près de 13 %. Ils sont principalement utilisés comme matériaux primaires dans les structures routières. D'autres catégories de matériaux comme le bois, le verre, les plastiques, les isolants, le gypse représentent moins de 2 % chacune et leurs taux de recyclage n'ont pas été rapportés en détail.

Usages potentiels pour les matériaux recyclés

Pour chacune de ces catégories de matériaux, les auteurs présentent les usages potentiels pour les matériaux recyclés et les principaux risques ou barrières à leur réemploi ou recyclage. Pour les résidus de béton, l'usage initial dans les bâtiments ou les structures de transport influence la qualité possible de l'utilisation. Les principaux obstacles sont la grande disponibilité et le faible coût des matières vierges, l'incertitude quant à la qualité du matériau recyclé et son influence sur les propriétés des nouveaux produits.

Pour ce qui est de la maçonnerie, les déchets qui en proviennent ne doivent contenir que des briques rouges, des blocs de céramique et des mortiers. Cependant, ils sont généralement contaminés par d'autres matériaux tels que la céramique, le verre, le plastique, le bois, etc., ce qui limite les possibilités d'utilisation ultérieure. Les principaux obstacles à leur réutilisation et à leur recyclage sont la disponibilité élevée et le faible coût des ressources naturelles, l'incertitude quant à la qualité des matériaux recyclés et leur influence sur les propriétés des nouveaux produits.

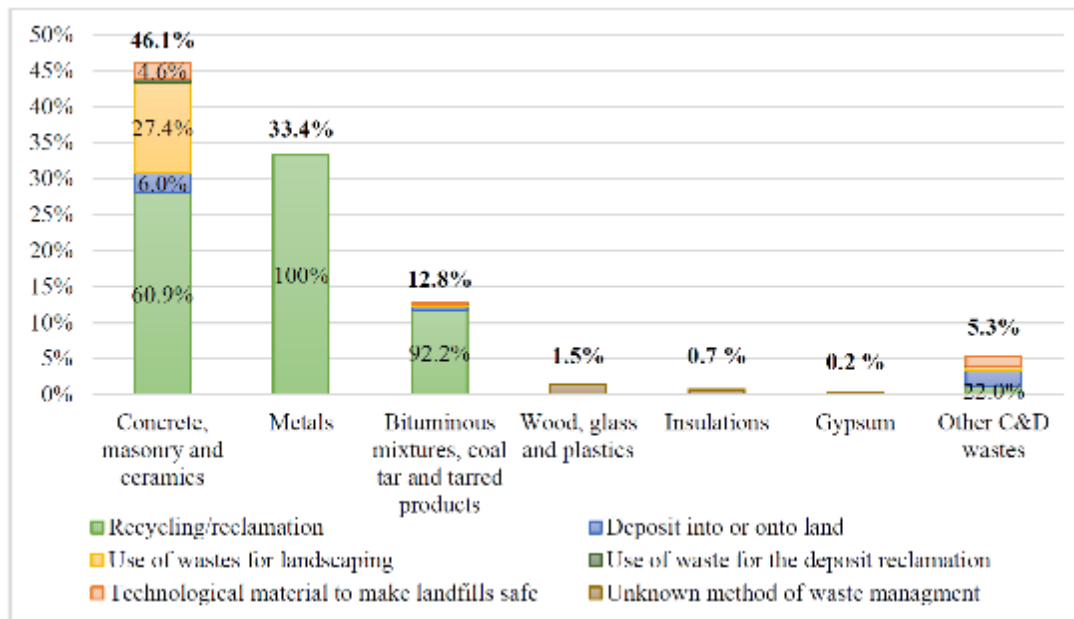


Figure 6 Pourcentage en poids des catégories de matériaux CRD et leur utilisation ultérieure (Source : Pavlů, et al., 2019)

Les métaux présentent un fort taux de recyclage en raison du prix élevé des métaux recyclés. Les métaux sont séparés des déchets de construction et de démolition et sont collectés dans des centres spéciaux, puis utilisés comme matière première pour la production de nouveaux éléments métalliques. Leur taux de recyclage est de presque 100 %.

Les possibilités d'utilisation de l'asphalte recyclé dépendent de leur usage initial et de la qualité du processus de recyclage. Il faut garantir que l'enrobé récupéré est exempt de contamination pour faciliter sa récupération ou son recyclage en tant que matériau de construction.

En ce qui a trait au bois, au verre et aux plastiques, leur usage potentiel dépend également de leur utilisation initiale dans le bâtiment et de la qualité du démantèlement. À ce titre, la contamination influence leur usage futur. La *fédération des panneaux de bois* définit la quantité de produits chimiques contenus dans le bois. Le bois recyclé peut être utilisé comme matière première pour la production de panneaux de bois. Les déchets de fenêtres peuvent, quant à eux, être séparés pendant le processus de démolition et utilisés comme matière première pour la production de nouveaux produits. Les matériaux provenant du démantèlement des fenêtres sont le verre plat, l'aluminium, le plastique, le bois et l'acier. Le verre plat est un matériau clair et précieux, sans impuretés, qui présente un fort potentiel de recyclage en circuit fermé sans influence sur la qualité des nouveaux produits. Les cadres en plastique sont produits à partir de chlorure de polyvinyle non plastifié (PVC-U) qui, après démontage, est recyclable à 100 %. Le PVC des anciennes fenêtres peut être recyclé au moins sept fois sans avoir d'impact sur la qualité ou les caractéristiques de résistance aux intempéries ou il peut même être ajouté aux nouveaux cadres de fenêtres en plastique.

Les matériaux isolants, thermiques et acoustiques ont un potentiel de recyclage qui dépend également de leur usage original dans le bâtiment. Il est plus facile de démanteler et recycler les isolants qui n'ont pas de couches additionnelles telles que du plâtre ou des adhésifs. Aujourd'hui, le recyclage des déchets issus de la production d'isolants est efficace et se fait normalement. Le taux de récupération de ces déchets est d'environ 75 % pour les isolants en verre. Il est également

possible et efficace de recycler les déchets d'isolation générés par le processus de construction de grands bâtiments. Cependant, le recyclage des isolants provenant des déchets de démolition n'est pas efficace en raison de la contamination potentielle par des impuretés indésirables.

Enfin, le recyclage des panneaux de gypse est aussi lié à son usage dans le bâtiment. De nos jours, le recyclage des déchets générés pendant la production de panneaux de gypse est efficace et couramment utilisé.

Produits de construction avec contenu recyclé

Le Tableau 3 présente des exemples de matériaux de construction trouvés sur le marché et qui ont un contenu recyclé. Certains peuvent être utilisés de la même façon que les matériaux sans contenu recyclé, d'autres ont des limites d'utilisation, définies dans les normes ou déterminées par les fabricants.

Conclusion

En conclusion, le taux de récupération des matériaux issus des déchets CRD dépend de la qualité du processus de déconstruction et du recyclage. Les déchets qui sont démantelés pendant le processus de démolition ont un fort potentiel d'utilisation en tant que matières premières secondaires pour la production de nouvelles constructions. Néanmoins, de nombreux matériaux sont contaminés par des impuretés ou produits chimiques indésirables, ce qui conduit généralement à un recyclage compliqué et inefficace. Pour cette raison, il est très important d'optimiser les processus de démolition et de recyclage afin d'obtenir des matières premières secondaires de haute qualité qui seront techniquement, écologiquement et économiquement comparables aux matières premières primaires.

Tableau 3 Exemples de matériaux de construction à contenu recyclé (Source : Pavlů, et al., 2019)

Construction product	Possible utilization	Maximum content of recycled materials content
Recycled mixed aggregate	Backfilling Landscaping	Up to 100%
Recycled concrete aggregate	Aggregates for bituminous mixtures Aggregates for unbound and hydraulically bound materials	The maximum content of recycled aggregate it is not defined by standards.
Recycled aggregate concrete	Concretes of defined exposure classes	Up to 50% of coarse fraction of recycled concrete aggregate
Precast concrete elements	Precast concrete elements Same ways as conventional concrete	Up to 20% of recycled concrete aggregate with defined origin
Concrete blocks for walls with recycled (concrete, masonry or mixed) aggregate	Same ways as conventional products Limitations of utilization have to be determined	The maximum content of recycled aggregate it is not defined by standards.
Metals	Same ways as conventional products	Up to 95%
Reclaimed Asphalt	Bituminous mixtures	Up to 100%
Wood panel	Same ways as conventional products	The maximum content of recycled aggregate it is not specified by standards.
Windows with PVC-U profiles	Same ways as conventional products	Up to 100% Approx. 30%
Mineral wool (stone)	Same ways as conventional products	Not specified amount of waste from production
Mineral wool (glass)	Same ways as conventional products	Up to 80% of waste glass Approx. 50% of waste glass
Expanded polystyrene	Same ways as conventional products	Not specified amount of waste from production
Gypsum plaster boards	Same ways as conventional products	Up to 10% of waste gypsum from production

Shooshtarian et al., 2020 _Using Recycled Construction and Demolition Waste Products: A Review of Stakeholders' Perceptions

Prix : Accès libre

Lien Web : www.mdpi.com/2313-4321/5/4/31

Bien que l'utilisation de déchets de CRD recyclés soit techniquement faisable et réglementée et que des succès d'applications existent, un travail demeure à faire pour engager les acteurs clés à tirer parti de cette opportunité dans les projets de construction. Des recherches antérieures ont en effet démontré qu'il existe un certain niveau de résistance à la réutilisation des déchets CRD dans lesdits projets. Il est donc indispensable d'identifier le rôle des principales parties prenantes et les obstacles auxquels elles se heurtent lorsqu'elles utilisent des matériaux de CRD recyclés.

La présente étude analyse les types de parties prenantes qui influencent le réemploi des déchets de CRD et les principaux facteurs qui influencent les décisions de ces parties prenantes d'utiliser des déchets de CRD par le biais d'une analyse systématique de la littérature. Cette revue de la littérature a examiné les considérations des parties prenantes quant à l'utilisation de matériaux recyclés dans les projets de construction et les obstacles perçus dans le cadre de leur utilisation. Le constat qui s'y dégage est qu'encore peu de recherches ont été menées à ce jour pour couvrir l'utilisation de produits recyclés dans l'industrie de la construction après le traitement des déchets de CRD. La raison est que plupart des études se sont surtout concentrées sur des stratégies visant à réduire ou à éliminer ces déchets.

Parties prenantes

Cette étude révèle six catégories clés de parties prenantes pouvant influencer la décision d'utiliser des produits recyclés dans l'industrie : le client, le gouvernement, le recycleur, l'architecte, l'ingénieur civil/structurel et le constructeur. L'étude présente des discussions sur la façon dont leur perception, leur décision et leur comportement influencent l'utilisation des matériaux CRD recyclés.

Barrières

Parmi les principales barrières identifiées à travers la littérature, les suivantes sont dignes de mention : le coût plus élevé de certains matériaux recyclés, le manque de connaissance sur les produits recyclés, la technologie limitée en matière de valorisation des déchets, la faible qualité, la contamination et la performance réduite de certains produits, la non-disponibilité de certains produits sur le marché, les limites causées par les spécifications, normes et permis et, enfin, la perception négative entretenue à l'endroit des produits recyclés.

Les auteurs présentent un modèle émergent de barrière et d'instruments (catalyseurs) au réemploi des déchets de CRD (Figure 8). Les catalyseurs proposés sont les suivants :

- Sensibiliser et éduquer la communauté sur les produits recyclés;
- Développer des réglementations, politiques et caractéristiques techniques en support;
- Faciliter les programmes de développement durable;
- Promouvoir la certification des produits;
- Préconiser des technologies ciblées et des pratiques innovantes.

Cette étude contribue à l'ensemble des connaissances en donnant un aperçu des facteurs qui, selon les différentes parties prenantes, influencent le marché des produits recyclés de CRD. Des

commentaires sur la façon dont les perceptions, les décisions et le comportement des parties prenantes influencent l'utilisation des produits recyclés de CRD y sont présentés. En fait, cet ouvrage constitue un point de référence pour les autorités qui pourront ainsi prendre en compte les connaissances comportementales pour la réforme des politiques. Bien que les auteurs reconnaissent les limites des critères d'échantillonnage, cette recherche crée une opportunité pour des enquêtes futures et avancées dans le domaine de la gestion des déchets. Outre l'identification des principales parties prenantes influençant le réemploi des déchets de CRD, la prochaine étape essentielle serait de tester et valider les facteurs favorables et défavorables à l'utilisation des déchets recyclés et d'examiner, plus en détail, les facteurs qui influencent les décisions des parties prenantes d'utiliser des produits recyclés de CRD pour permettre un circuit fermé de recyclage des déchets.

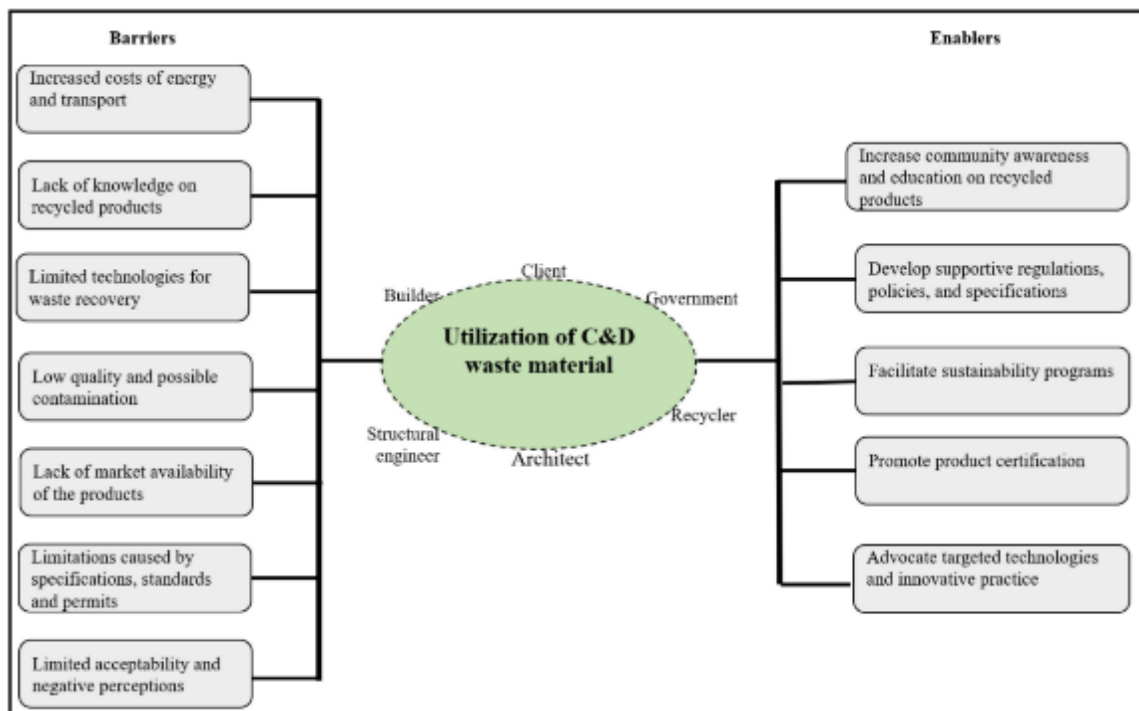


Figure 7 Modèle de barrières et catalyseurs à l'utilisation de matériaux CRD recyclés (Source : Shoostarian et al., 2020)

de Brito et al. 2019_ Legal regulations of recycled aggregate concrete in buildings and roads

Prix : 31,50 \$

Lien Web: www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008102480500018X?via%3Dihub

Ce chapitre du livre *New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete* résume les différentes réglementations disponibles à travers le monde sur l'intégration d'agrégats de béton recyclés dans les bâtiments et routes.

En introduction, l'article 11 de la *Directive sur les déchets* (2008/98/CE) du Parlement européen déclare que les États membres doivent adopter les mesures nécessaires pour permettre à l'Union européenne d'évoluer vers une société de recyclage avec un haut degré d'efficacité des ressources. L'article suggère spécifiquement que :

« D’ici 2020, la préparation en vue du réemploi, le recyclage et les autres formules de valorisation de matière, y compris les opérations de remblayage qui utilisent des déchets au lieu d’autres matériaux, des déchets non dangereux de construction et de démolition, à l’exclusion des matériaux géologiques naturels définis dans la catégorie 17 05 04 de la liste des déchets, passent à un minimum de 70 % en poids.⁴ »

En matière d’agrégats de béton recyclés (*recycle aggregate* (RA)), l’une des premières approches utilisées pour réglementer leur utilisation dans la production de béton a été d’imposer des propriétés physiques spécifiques et d’établir des limites d’incorporation strictes, et ce, afin de garantir que le béton résultant présente une performance similaire à celle d’une solution traditionnelle correspondante. Cependant, peu de développements ont été observés dans les normes et spécifications existantes concernant l’effet de l’AR sur les propriétés du béton, malgré le nombre considérable de recherches publiées au cours des deux dernières décennies. Par conséquent, cet article présente une vue d’ensemble et une comparaison des documents normatifs existants sur l’utilisation de l’AR pour la production de béton liée à la construction de bâtiments et de chaussées routières. Il vise à identifier les points communs et lacunes spécifiques pour le développement futur d’une spécification plus complète et internationalement acceptable, capable de surmonter la réticence des concepteurs à utiliser le béton RA (RAC).

Réglementations et classifications des agrégats recyclés

Il existe beaucoup de variation dans la réglementation sur les agrégats recyclés. Des variations considérables dans la classification et le vocabulaire utilisés s’y retrouvent pour décrire les agrégats dans les différentes régions du monde. Néanmoins, les normes et spécifications existantes ont permis de s’accorder sur les principaux types de particules contenues dans les RA. Il s’agit de granulats de béton recyclé (RCA) provenant de structures en béton en fin de vie et de granulats de maçonnerie recyclés (RMA) provenant de blocs de béton léger et cellulaire, de blocs et de briques de laitier de haut fourneau, de briques en céramique et de briques silicocalcaires.

Dans la norme EN-12620:20021A1:2008 (2008), les RA sont évalués et certifiés selon leurs principaux constituants : les fragments de béton et de mortier concassés sont désignés comme Rc; les granulats naturels non liés par Ru; la maçonnerie concassée par Rb; les matériaux bitumineux par Ra; le verre par Rg et les autres particules comme X (argile, terre, métaux, bois non flottant, plastique, caoutchouc et plâtre). Cependant, cette norme présente plusieurs catégories avec des variations considérables dans le contenu de chacun des constituants. Cela constitue une barrière à l’utilisation plus large de l’AR dans la production de béton, car les concepteurs et producteurs de béton ne sont pas conscients des effets réels de cette variation sur la qualité du béton.

Béton de granulats recyclés dans les bâtiments

Une comparaison a été réalisée entre les différents paramètres dans chacune des spécifications existantes. Actuellement, les AR sont classés principalement en fonction de la quantité de chacun de leurs constituants, variant de manière significative entre les documents normatifs. Le tableau 4 résume ces exigences.

Applications

Dans la section suivante du chapitre, le livre s’attarde aux applications du béton de granulats recyclés dans les bâtiments issus de différents pays du monde ou au sein d’organisations. En résumé, la réglementation divise les usages possibles des agrégats recyclés selon leur nature et la nature des éléments pouvant être construite avec le béton ainsi fabriqué. À ce titre, les

⁴<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=FR>

paragraphe ci-dessous résume la réglementation dans certains de ces pays et au sein du International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM).

Tableau 4 Exigences pour la composition des RA (Source : Adapté de Brito et al., 2019)

Spécification	Classification	Composition (%)					
		RCA + NA	RMA	Matière organique	Contaminants	Matériaux légers	Remplisseur
NBR-15116 (2005) (Brésil)	RCA	>90	-	2.0	3.0c	n.a.	7
	MRA	<90	-	2.0	3.0c	n.a.	10
DAfStb (2010) and DIN-4226-101 (2017) (Allemagne)	RCA	>90	<10	0.1	1.0b; 1.0h	2.0	n.a.
	RCA	>70	<30	0.1	1.0b; 2.0h	2.0	n.a.
	RMA	<20	>80	n.a.	1.0b	n.a.	n.a.
	MRA	>80		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
WBTC-No.12 (2002) (Hong Kong)	RCA	<100	-	n.a.	1.0	0.5	4
GB/T-25177 (2010) (Chine)	RCA	n.a.	n.a.	n.a.	1	n.a.	1
	RCA	n.a.	n.a.	n.a.	1	n.a.	2
	RCA	n.a.	n.a.	n.a.	1	n.a.	3
JIS-5021 (2016) (Japon)	RCA	n.a.	2.0e				1C; 7F
JIS-5022 (2012) (Japon)	RCA	n.a.	2.0e				2C; 8F
JIS-5023 (2012) (Japon)	RCA	n.a.	3.0f				3C; 10F
KS-F-2573 (2014) (Korea)	RCA	n.a.	n.a.	1.0 F	n.a.	n.a.	n.a.
RILEM (1994) (RILEM)	RMA	-	<100	1.0	5.0	1.0	3
	RCA	<100	-	0.5	1.0	0.5	2
	RCA1 NAa	<20	<10	0.5	1.0	0.5	2
BRE (1998) (Royaume-Uni)	MRA	-	<100	1.0	5.0g,b,h	n.a.	
	RCA	-	<10	0.5	1.0g,b,h	n.a.	
	MRA	-	<50	2.5	5.0g,b,h	n.a.	
BS-8500-2:20151A1:2016 (2016) (Royaume-Uni)	RCA	n.a.	<5	n.a.	5.0b; 1.0h	0.5	5
	RA	n.a.	<100	n.a.	10b; 1.0h	1.0	3
NEN-5905:2005/A1:2008 NEN-5905:2005/A1:2008 (2008) (Pays-Bas)	RCA	> 90	n.a.	0.1	1.0b	0.1	n.a.
	RMA	n.a.	<50	1.0	1.0b	n.a.	n.a.
LNEC-E471 (2009) (Portugal)	RCA	> 90	<10	0.2		1.0	n.a.
	RCA	>70	<30	0.5		1.0	n.a.

	MRA	> 90		2.0		1.0	n.a.
PTV-406 (2003) (Belgique)	RCA	> 90	<10	0.5	0.5 ^b	n.a.	n.a.
	MRA	> 40	> 10	0.5	1.0 ^b	n.a.	n.a.
	RMA	< 40	>60	0.5	1.0 ^b	n.a.	n.a.
HB-155 (2002) (Australie)	RCA	n.a.	-	1.0		n.a.	n.a.
	MRA	n.a.	<30	2.0			n.a.
NCA (1999) (Norvège)	RCA	>94	<5	0.1	1.0 ^b ; 1.0 ^d	n.a.	n.a.
	MRA	>90	0.5		1.0 ^b ; 2.5 ^d	n.a.	n.a.
EHE-08 (2010) (Espagne)	RCA	-	<5	n.a.	0.25 ^g ; 1.0 ^b ; 1.0 ^h	1	1
OT-70085 (2006) (Suisse)	RCA	<100	-	n.a.	1 ^d	n.a.	n.a.
	MRA	<100	-	n.a.	1	n.a.	n.a.
DCA (1995) (Danemark)	RCA avec test	>95	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	RCA sans test	>95	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	MRA	>95		n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

C, coarse; F, fine; n.a., not available; RCA, recycled concrete aggregates; RMA, recycled masonry aggregates; MRA, mixed recycled aggregate.

^aNatural aggregates.

^bAsphalt.

^cOrganic material content included.

^dOther materials (glass, plastic, metals) except asphalt and lightweight materials.

^e

^f

^gClay lumps.

^hGlass and other materials (plastic, metals).

Source: Adapted from Gonçalves, P., de Brito, J., 2010. Recycled aggregate concrete (RAC) _ comparative analysis of existing specifications. Mag. Concr. Res. 62 (5), 339_346.

Brésil

Dans ce pays, la spécification NBR-15116 (2005) autorise uniquement l'utilisation de RA grossier et fin dans la production de béton non structurel. Les exigences relatives à ces deux types de RA sont moins strictes que celles exprimées dans d'autres normes. Bien que le matériau ne soit pas destiné

à des applications structurelles, puisque des limites moins strictes sont appliquées pour la teneur en contaminants, la performance du béton résultant (RAC) peut être compromise.

Allemagne

Les spécifications allemandes pour l'utilisation d'agrégats recyclés stipulent que leur usage est limité au béton structural de classe C30/37 (selon EN-1992-1-1 (2008)). Selon cette directive, seuls les agrégats de Types I et II selon la norme (DIN-4226-101 (2017)) peuvent être utilisés dans un nouveau béton structural. Les plus bas grades peuvent uniquement être utilisés dans les éléments non structuraux.

Royaume-Uni

La version récente de la norme BS-8500 catégorise les agrégats valorisés en deux groupes : les granulats de béton concassé (CCA) et les agrégats recyclés (RAs). Le CCA, qui présente certaines exigences, peut être utilisé dans le béton structural de classe de résistance maximale de C40/50 et peut être utilisé dans les classes d'exposition X0, XC1_XC4, XF1 et DC-1. DC-1. Le taux de remplacement est limité à 20 %, à moins que le spécificateur n'en dispose autrement. Le CAA pur et fin est considéré comme convenant à la production de béton structural. Cependant, comme il peut contenir un certain nombre de contaminants fins, tels que du plâtre pulvérisé, son utilisation est laissée à la spécification du projet, en considérant par exemple la source du CCA. L'usage de RA grossier est autorisé, mais son utilisation dans le béton doit être évaluée au cas par cas en tenant compte de sa composition spécifique et de son influence sur les propriétés du béton.

RILEM

Au RILEM, la recommandation (1994) considère l'utilisation de trois types de RA grossiers (Types I, II et III) applicables au béton avec des classes de résistance maximale de C16/20, C50/60 et sans limites, respectivement. Des facteurs de correction ont été proposés pour certaines propriétés du béton lors de la conception de structures en béton (Tableau 5).

Tableau 5 Coefficients de correction pour certaines propriétés du RAC (Source : RILEM, 1994; adapté de : de Brito et al., 2019)

Valeurs de conception	RAC de Type I	RAC de Type II	RAC de Type III
Résistance à la traction (f_{ctm})	1	1	1
Module d'élasticité (E_{cm})	0.65	0.8	1
Coefficient de fluage ($\phi(N,t_0)$)	1	1	1
Retrait (ϵ_{cs0})	2	1.5	1
RAC : recycled aggregate concrete (béton de granulats recyclés)			

Enfin, cette analyse globale des documents normatifs a permis de constater que, bien que les matériaux soient essentiellement les mêmes, ils présentent généralement un manque d'uniformité sur la classification des RA, les teneurs spécifiques de chacun de leurs composants, les exigences relatives aux propriétés physiques, les niveaux d'incorporation maximaux et la manière dont leur présence affectera les performances du béton résultant. Une plus grande unification des nomenclatures, de la classification, des limites, des applications dans la construction et des approches de conception devrait être réalisée au niveau international.

En ce qui concerne la certification actuelle des RA, en considérant le marquage CE par exemple, même si elle signifie que le produit est conforme à toutes les exigences de la norme EN-12620:20021A1:2008 (2008), cette norme présente un large éventail de limites pour la composition et les propriétés physiques des RA. Ainsi, les professionnels des installations de recyclage des résidus de CRD ont ressenti un degré de liberté considérable pour appliquer un contrôle de qualité minimal pendant la production de RA. Par conséquent, un RA de qualité médiocre est très susceptible d'être trouvé et, donc, largement évité par les producteurs et concepteurs de béton. À cet égard, des limites plus strictes devraient être imposées par certains documents normatifs. Plus précisément, les installations de recyclage des déchets CRD devraient modifier leurs pratiques afin d'obtenir des RA certifiés conformes aux normes industrielles.

Kozminska, 2019 _ Circular design : reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies

Prix : Accès libre

Lien Web: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/225/1/012033>

Le réemploi des déchets de construction et la conception en vue d'une réutilisation future nécessitent des étapes supplémentaires (réalisation de tests, évaluations et consultations sur les matériaux, recherches des sources de déchets disponibles, recherches approfondies sur les éléments des bâtiments, les techniques de maintenance et les scénarios de réutilisation, etc.). Il en résulte une phase d'introduction plus longue et souvent un coût plus élevé du projet. La conception circulaire est confrontée à d'autres défis en lien avec le potentiel de recyclage, la perception sociale des matériaux réutilisés, les infrastructures de traitement des résidus et le manque de souplesse de la réglementation en matière de construction.

Ces aspects influencent souvent le processus de conception déjà techniquement compliqué. Cependant, il existe des projets dans lesquels les matériaux réutilisés ont été mis en œuvre avec succès. Dans cet article, le processus de conception circulaire et les défis qui y sont liés sont analysés et le rôle émergent de l'architecte dans ce processus y est étudié. Des études de cas sélectionnées en Allemagne, aux Pays-Bas, en Pologne et au Danemark ayant réutilisé différents types de déchets de construction dans l'architecture, y compris les déchets de béton, briques, bois, métal, plastique et verre, y sont présentées.

Défis

Le principal défi concernant la réutilisation des matériaux de construction est le manque de données sur leur disponibilité, leur quantité, leur qualité ainsi que les moyens de s'en procurer ou de les traiter. Les concepteurs sont rarement formés à la réutilisation des déchets de construction et à la conception en vue de leur réutilisation. Un autre défi réside dans le manque de demande pour de tels projets de la part du grand public. De plus, l'infrastructure de collecte, de tri et de traitement est souvent inefficace ou insuffisante. La réutilisation des matériaux de construction est également entravée par des procédures de désassemblage inadéquates, la contamination des ressources secondaires, les propriétés instables des matériaux réutilisés, l'absence de certification des matériaux ainsi que par la difficulté d'identifier leur contenu et leur utilisation. En outre, le processus de conception et de construction plus long et non standard se traduit généralement par un coût de construction plus élevé, car l'utilisation de matériaux réutilisés nécessite souvent des tests et consultations supplémentaires pour obtenir les certificats et autorisations nécessaires. La

complexité accrue du démantèlement par rapport à la démolition traditionnelle bloque souvent le processus de conception réversible, vu qu'il est considéré comme une solution plus coûteuse.

La conception circulaire dépend également de multiples facteurs économiques, environnementaux et sociaux. Par exemple, les politiques environnementales ainsi que la planification urbaine influencent la manière dont les matériaux sont utilisés. Une approche flexible et holistique des réglementations et des codes, ainsi qu'un cadre adéquat pour les modèles commerciaux, sont essentiels au processus de conception circulaire. Les pratiques de réutilisation sont de plus influencées par les capacités de traitement d'une région et par la qualité des transports et infrastructures nécessaires à la collecte et au traitement des déchets. Les impacts environnementaux jouent également un rôle. Un autre facteur important déterminant la réutilisation des matériaux est leur impact sur la santé humaine et leur potentiel de recyclage. Tous les matériaux ne peuvent pas être recyclés de manière efficace sur le plan environnemental. En outre, la réutilisation des matériaux de construction dépend d'aspects économiques tels que le niveau de développement économique du pays, la demande de matériaux réutilisés, la présence d'incitations économiques et un coût plus élevé des matériaux.

Études de cas

Villa Welpeloo Enschede, Pays-Bas

Conçue par *Superuse Studios* et construite en 2009, la Villa Welpeloo est une maison unifamiliale de deux étages qui a su intégrer 60 % de matériaux réutilisés et d'origine locale (Figure 9, gauche). Les façades du bâtiment ont été finies avec des planches de bois réutilisées et imprégnées thermiquement, extraites de bobines de câbles de l'usine voisine. La structure du bâtiment a été réalisée à partir d'éléments en acier provenant d'une machine textile. L'isolation a réutilisé de vieux panneaux de polystyrène provenant d'une usine de production démantelée à proximité. D'autres matériaux réutilisés ont été utilisés pour les finitions (plastique recyclé, verre recyclé, panneaux routiers récupérés, etc.). Les matériaux ont été traités de manière minimale et le projet a été développé de manière à permettre la réversibilité de la construction. Il a été estimé que l'utilisation de matériaux réutilisés pour le revêtement de la façade ne génère que 5 % des émissions de CO₂ générées par l'utilisation de matériaux neufs. La réutilisation d'éléments structuraux a entraîné une réduction similaire (12 %). La phase d'introduction du processus de conception a été prolongée puisque les architectes ont dû localiser les sources de matériaux ainsi qu'effectuer des recherches, tests de matériaux et consultations. De plus, le projet a été fréquemment modifié au cours du processus de construction en raison des propriétés imprévisibles des matériaux réutilisés (par exemple, en raison de la toxicité des dalles de chemin de fer initialement envisagées pour la structure du bâtiment ou en raison de l'absence de méthodes de traitement et de normes de construction).

Bibliothèque en plein air Salbke Magdeburg, Allemagne

La bibliothèque en plein air Salbke conçue par *KARO Architekten* a été construite en 2008-2009 sur un site laissé en plan après la démolition d'une bibliothèque locale à Magdebourg (Figure 9, droite). Le projet a été développé en étroite collaboration avec la communauté locale afin de créer un espace public inclusif. La bibliothèque s'articule autour d'une place urbaine verte entourée de façades composées de 550 éléments modulaires préfabriqués en aluminium provenant d'une usine démantelée. Ces éléments préfabriqués n'ont nécessité aucun traitement structural. Ils ont été nettoyés, peints en blanc et montés sur la structure originale du rail avec des joints mécaniques pour permettre un démontage futur. Au cours de la phase d'introduction, les concepteurs ont recherché des matériaux réutilisés, les ont testés et ont créé des prototypes pour trouver des

solutions techniques optimales. Le projet a fait l'objet de consultations répétées avec les experts et autorités pour obtenir les autorisations nécessaires. Le processus de conception participative a prolongé la durée du projet, mais a permis de surmonter l'un des principaux défis, à savoir travailler avec des matériaux réutilisés et leur perception négative.



Figure 8 Gauche) Villa Welpeloo, Droite) Bibliothek en plein air Salbke (Source : Kozminska, 2019; crédit photo : U. Kozminska)

Plattenpalast, Berlin, Allemagne

Plattenpalast est un duplex de 39 m² qui sert actuellement d'espace d'exposition à Berlin. Le bâtiment a été créé en 2009 dans le cadre d'un processus de recherche par la conception menée à la TU Berlin, en collaboration avec la firme *Wiewiorra Hopp Architekten*. L'objectif était de créer un prototype d'habitation durable à partir de panneaux de béton préfabriqués réutilisés. Le pavillon est composé de 13 panneaux préfabriqués en béton provenant d'un bâtiment démonté et de 12 cadres de fenêtres en aluminium. Les panneaux de béton préfabriqués ont subi des tests de durabilité et ont été nettoyés, raccourcis, coupés en diagonale, percés et assemblés avec des chevilles d'acier réversibles. Ils ont été imprégnés d'un produit hydrofuge anti-graffiti sur la face externe et recouverts de l'isolation interne et de plâtre minéral par l'intérieur. Le projet a été financé par une subvention fédérale et des parties privées. Il a permis de s'attaquer à un problème fondamental de la conception circulaire, à savoir le manque de connaissances sur les méthodes de transformation possibles. La phase conceptuelle a nécessité plusieurs recherches, consultations et tests de matériaux. Le modèle développé sert d'exemple de procédure de construction standardisée permettant de réutiliser des éléments en béton courants et prouve qu'une collaboration étroite et subventionnée entre les concepteurs et universitaires peut conduire à une application efficace, sur les plans environnemental et économique, des matériaux réutilisés dans les bâtiments.

Usine Warszawa Konstancin-Jeziorna, Pologne

Cette ancienne usine alimentaire et le garage adjacent ont été adaptés à la production de tuiles en béton en 2016 par les architectes de Mech.build. Le projet de modernisation visait à réorganiser la disposition fonctionnelle et à améliorer l'apparence du bâtiment. Les murs extérieurs existants revêtus d'éléments préfabriqués en plâtre assuraient une bonne isolation, mais nécessitaient un alignement vertical. Les nouvelles façades ont été habillées de planches de bois huilées provenant de la rénovation de la maison voisine. Le garage a été recouvert de planches de bois brûlé recyclées montées sur la sous-structure et constituées d'éléments en acier soudé qui proviennent de la toiture du site. Le portail, les portes, la toiture et la nouvelle structure de l'abri de garage ont été construits avec des éléments réutilisés+ des précédents bureaux et de l'ancienne charpente. Le démontage sélectif a été défini comme le principal défi du processus de construction. Les éléments réutilisés ont été traités sur place et le projet a été modifié de manière itérative pendant la phase

de construction. Cette approche flexible du processus de conception et la collaboration avec des ouvriers qualifiés et expérimentés ont facilité l'utilisation efficace des matériaux réutilisés locaux.



Figure 9 Gauche) Plattenpalast (crédit U.Kozminska), Droite) Usine Warssawa (crédit : Mech.Build) (Source : Kozminska, 2019)

Complexe résidentiel Lisbjerg Hill, près d'Aarhus, Danemark

Développé entre 2014 et 2018, le complexe résidentiel de la colline de Lisbjerg (Figure 11 gauche) est un logement communautaire de 4 100 m² conçu par le cabinet *Vandkunsten Architects*. L'objectif du projet était de créer un espace de vie flexible qui s'adapterait aux besoins changeants de ses habitants. Le système de construction hybride se compose d'un noyau et de fondations en béton, ainsi que d'une structure préfabriquée en bois qui a été renforcée par des éléments en acier et reliée par des joints métalliques réversibles pour permettre un démontage facile et la réutilisation des éléments. Les façades ont été recouvertes de bois non traité et protégées de la pluie par de grands toits en surplomb. Les intérieurs sont également finis avec du bois non traité. Le projet a obtenu un score élevé en matière de consommation d'énergie, de conditions d'éclairage naturel, d'empreinte carbone et de conservation des ressources. Il a été développé par des concepteurs expérimentés qui ont recherché et vérifié de multiples méthodes de réutilisation dans des projets antérieurs.

Complexe résidentiel Resource Rows Copenhague, Danemark

Resource Rows est un complexe de logements situé dans Ørestad, soit une nouvelle zone urbaine de Copenhague (Figure 11 droite). Il a été conçu par Lendager Group en collaboration avec *Arkitektgruppen*, la société de développement NREP et le consultant en ingénierie MOE. Le projet visait à créer 9 148 m² d'espace de vie dans des bâtiments de trois à sept étages entourant la cour intérieure. L'objectif environnemental du projet était de réduire la consommation de ressources naturelles et de minimiser les émissions de CO₂ causées par le processus de construction. Cet objectif a été atteint en utilisant des briques réutilisées pour le revêtement de la façade. Elles provenaient de l'ancienne brasserie Carlsberg à Copenhague. Les murs en briques ont été découpés et renforcés par des cadres en acier pour créer des modules de façade qui ont été utilisés comme des éléments de façade préfabriqués standard. Ils ont été montés directement sur la structure du mur isolé. Ce projet montre comment la collaboration interdisciplinaire de divers experts au cours du processus de conception permet de créer une solution architecturale innovante, écologique et esthétique pour une construction aisée et une utilisation efficace de matériaux réutilisés.



Figure 10 Gauche) Complexe résidentiel Lisberg Hill, Droite) Resource Rows (Source : Kozminska, 2019; Crédit photo : U. Kozminska)

Ces études de cas montrent que des solutions circulaires peuvent être développées avec succès dans le secteur de la construction. Ces développements ont eu lieu malgré les multiples défis en matière d'infrastructures et de planification, ainsi que sur les plans légaux, sociaux, environnementaux et économiques. Pour y arriver, les architectes doivent aller au-delà des solutions éprouvées et doivent remettre en question les pratiques traditionnelles. Le rôle émergent de l'architecte, qui participe au processus de conception circulaire, exige des connaissances étendues pour négocier entre des circonstances souvent contradictoires sans compromettre la qualité de l'architecture durable créée.

Conclusion

Ce bulletin de veille a mis en lumière plusieurs exemples d'intégration de l'économie circulaire dans le secteur de la construction. Le constat principal qui s'y dégage est qu'un système de distribution et une demande doivent exister pour recycler ou réutiliser les matériaux de construction. D'ailleurs, l'implication gouvernementale est souhaitable pour arriver à mettre en place une telle filière. Cette implication passe fréquemment par des réglementations visant à bannir l'enfouissement des déchets de CRD, ce qui force les parties prenantes à trouver de nouvelles avenues à ces déchets, que ce soit via le réemploi, le recyclage ou la valorisation énergétique. Les programmes de certification, tels LEED, qui encouragent la déconstruction via l'attribution de crédits ou, encore, les programmes qui permettent des crédits de taxes pour le don de matériaux sont d'autres exemples d'initiatives qui visent à encourager l'implantation de l'économie circulaire. La mise en place de projets pilotes et la formation des entrepreneurs sur la déconstruction des bâtiments sont aussi souhaitables.

Bien que l'intégration des principes de l'économie circulaire ne se fait pas sans défis considérables, elle s'avère un incontournable pour réduire l'impact environnemental du secteur de la construction. Les solutions de l'économie circulaire dans le secteur de la construction demeurent une pratique de niche, mais gagnent en popularité. Fort à parier qu'elles continueront à prendre de l'importance et que face à la rareté des ressources et des lieux d'enfouissement, elles deviendront la norme.

Enfin, vu l'engouement pour le sujet, le présent bulletin de veille met en valeur un très grand nombre de rapports et d'articles sur le sujet. En plus de ceux résumés dans ce bulletin, le tableau

ci-dessous présente en rafale quelques articles et rapports supplémentaires qui pourraient être d'intérêts.

Tableau 6 Articles et rapports en lien avec l'économie circulaire dans la construction (Sources variées)

Titre	Lien Web
Veena Sahajwalla on reforming old materials into the next generation of better ones	https://thefifthestate.com.au/innovation/materials/veen-a-sahajwalla-on-reforming-old-materials-into-the-next-generation-of-better-ones/?utm_sour%E2%80%A6
The importance of materials recovery coordination in construction & demolition	www.wastetodaymagazine.com/article/cd-materials-construction-demolition-recovery/
Salvaged Materials in New Buildings	www.canadianarchitect.com/salvaged-materials-in-new-buildings/
Building green via design for deconstruction and adaptative reuse	https://ufdc.ufl.edu/UFE0024439/00001
The Art of Salvage	www.architectmagazine.com/technology/the-art-of-salvage_o?utm_source=newsletter&utm_content=Article&utm_medium=email&utm_campai%E2%80%A6
Maximizing Reuse and Recycling of Construction Materials	http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2012/paper/CPR_T135002012.pdf
Salvaged Building Materials Inspection	www.nachi.org/salvaged-building-materials-inspection.htm
Recycling Construction Materials	www.ny-engineers.com/blog/recycling-construction-materials
Setting Requirements for Recycled Content and Waste Management in Construction	http://www.eauc.org.uk/file_uploads/24165_-_wrap_workshop_-_caspr_-_071009.pdf
Salvage & Reuse	https://vancouver.ca/files/cov/Green-Home-Salvage-and-Reuse.pdf
Le CCCA-BTP s'allie à Agyre pour développer l'économie circulaire par la formation	www.batiactu.com/edito/ccca-btp-s-allie-a-agyre-developper-economie-circulaire-61640.php
How the architecture and design community can contribute to the circular economy	www.bdcnetwork.com/blog/how-architecture-and-design-community-can-contribute-circular-economy?oly_enc_id=6355B8983823F1A
Designing out Waste: a design team guide for buildings	www.modular.org/marketing/documents/DesigningoutWaste.pdf
Design for Deconstruction	www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/designfordeconstrmanual.pdf

« Pour définir la manière optimale de réutiliser les déchets de construction, il est nécessaire de procéder à l'évaluation détaillée, souvent par des spécialistes, de leurs propriétés techniques, de leur état actuel, de leurs modes d'utilisation antérieurs, de leur durabilité, de leur composition chimique, de leur impact sur l'environnement, de leur toxicité, de leur contamination et d'autres défauts. » - Kozminska, 2019

Thèmes en suivi

Cette section du bulletin présente des informations complémentaires en lien avec les différents domaines d'intervention de la RBQ. De nouvelles informations ou un suivi des thèmes abordés dans les bulletins précédents y sont présentés.

N° 1 : Inspection des bâtiments

La Ville de New-York mets en place un projet pilote pour des inspections virtuelles

Le service de la construction (*Department of building (DOB)*) de la Ville de New York a mis en place un projet pilote pour tester un programme d'inspection virtuelle permettant aux inspecteurs de faire leur travail sans avoir à être physiquement présents sur les sites. Le projet est basé sur l'utilisation de technologies vidéo numériques courantes. Ce projet, qui s'étend seulement sur un peu plus d'un mois, permettra d'identifier les principaux défis opérationnels d'une telle pratique. Il vise les quartiers de Staten Island and Brooklyn. Si les résultats s'avèrent intéressants, il sera étendu au reste de la ville.

L'adoption de pratiques d'inspections à distance des projets de construction a été accélérée en raison de la pandémie. Dans des États comme la Floride, l'Ohio et le Nevada, les inspecteurs ont souligné leur intention de poursuivre cette pratique en fin de pandémie. Dans d'autres états, l'adoption est plus limitée. Selon l'*International Code Council*, environ 60 % des services de construction interrogés ont déclaré qu'ils n'avaient pas encore la capacité d'effectuer des inspections à distance. Le conseil a publié une série de lignes directrices et de recommandations à l'intention des organismes, afin qu'ils adoptent rapidement cette pratique tout en respectant les directives en matière de COVID-19. Parmi ces recommandations faites, la présence des éléments suivants est suggérée :

- Une connexion Internet forte et fiable dans l'ensemble de la propriété;
- Un appareil numérique qui possède une caméra et qui peut facilement être déplacé partout sur le site, tels un téléphone cellulaire ou une tablette;
- Un éclairage adéquat pour assurer la qualité des images;
- Un éclairage supplémentaire mobile, comme une lampe de poche, pour les endroits les plus sombres;
- Un employé autorisé possédant un ruban à mesurer pour mesurer certaines dimensions.



Remote Video Inspections (RVI) Procedure Pilot Program

Contents

Purpose	1
Remote Inspection Pilot Information	5
Advocating and Allowing for Remote Video Inspection Procedures	1
Instructions for Requesting a Remote Video Inspection	2
Advocating/Consolidating a Remote Video Inspection	7
Remote Video Application	2
Remote Video Inspection Requirements	3
CO-RS-RLT Construction DEY Checklist - Stakeholder	8
GWO Practitioner/Work Without Permit Construction CM Checklist - Detail	6

Pour en savoir plus :

- <https://www.constructiondive.com/news/nyc-pilots-video-inspection-program/597220/>
- https://www1.nyc.gov/assets/buildings/pdf/dob_rvi_procedure.pdf
- www.constructiondive.com/news/icc-offers-guidance-for-remote-virtual-inspections/585302/

N° 2 : Efficacité énergétique

Refonte du diagnostic de performance énergétique français

En France, le diagnostic de performance énergétique (DPE) est un document qui donne une estimation de la consommation énergétique d'un logement et son taux d'émission de gaz à effet de serre. Ce document vise à informer l'acheteur ou le locataire sur le bien qu'il projette d'acheter ou de louer. Il renseigne sur la performance énergétique d'un logement et donne les perspectives quant aux choix de travaux de rénovation à réaliser. Il s'agit également d'un outil familier aux Français qui est visible sur les annonces immobilières et est obligatoirement présenté lors d'achat immobilier ou de location.

En février dernier, les ministres Barbara Pompili et Emmanuelle Wargon ont présenté un nouveau modèle de diagnostic de performance énergétique des logements. Sa refonte prévue par la *Loi ELAN* promulguée en 2018 entrera en vigueur dès le 1er juillet 2021.

Après une vaste concertation auprès de différentes parties prenantes (professionnels de l'immobilier, acteurs de la rénovation énergétique et associations de consommateurs). La refonte assure désormais :

- Un DPE dont la méthode de calcul est unifiée et fiabilisée : sa valeur juridique en est ainsi renforcée en devant opposable;
- Un DPE plus lisible, plus simple à comprendre et plus complet : les Français sont désormais mieux informés quant à la qualité énergétique des logements;
- Un DPE qui prend davantage en compte l'enjeu de lutte contre le dérèglement climatique dans la notation du logement : un double-seuil énergie carbone est établi pour déterminer l'étiquette énergétique.

Les étiquettes F et G de ce nouveau DPE désigneront, dès son entrée en application, les logements qualifiés de « passoires énergétiques ». Les nouveaux seuils n'affectent pas le nombre de passoires énergétiques actuellement évalué à 4,8 millions de logements par la dernière étude du ministère de la Transition écologique. Conformément à l'engagement de la Convention citoyenne pour le

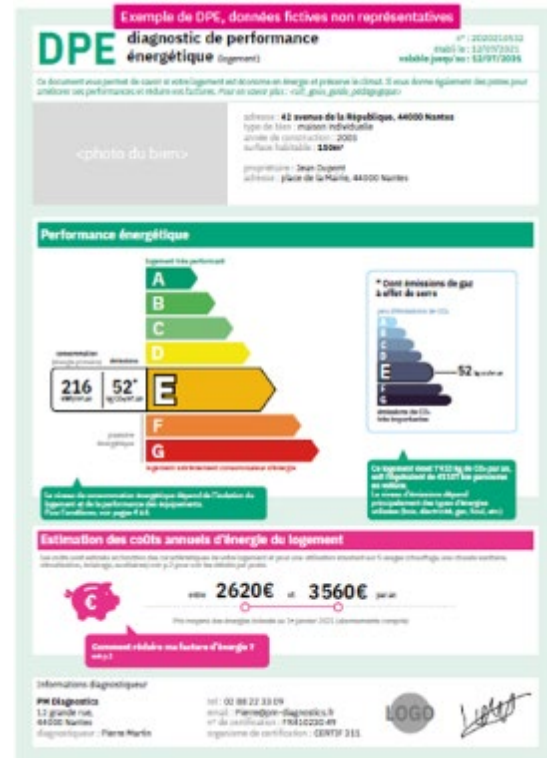


Figure 11 7 Aperçu d'un DPE (Source : XPair, 2021)

climat et le *Projet de loi Climat et résilience* porté par Barbara Pompili, toutes les passoires énergétiques seront prohibées à la location d'ici 2028. Pour en savoir plus :

- https://conseils.xpair.com/analyse_reglementation/passoires-energetiques-nouveau-diagnostic-performance-energetique-logements.htm
- www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F16096#:~:text=Le%20diagnostic%20de%20performance%20%C3%A9nerg%C3%A9tique,d%27acheter%20ou%20de%20louer.

Références

- Barbarese, Laurence et Catherine Guay. 2020. Déconstruction vers une économie circulaire des matériaux. *Construire, le magazine de la construction*. Vol 35, no 2 : 20-24.
[https://console.virtualpaper.com/uploads/cdf073ddd8e7c910243f4eb91b6905/94d40b89a916a94c2f41b3f70cfb5198/pdf/ACQ_Construire_E2020-complet-editable-interactif.pdf].
- Chayer, Julie-Anne, Edouard Clément, Antoine Léger Dionne, Madavie Tom, Jean-Michel Couture, François Charron-Doucet, Geneviève Martineau, Anne-Marie Saulnier, Simon Desrochers, Paul-Antoine Troxier et Fanny Beaulieu-Cormier. 2019. *La réduction à la source des matériaux et résidus de construction. Guide pour la planification et la gérance de chantier*. AGÉCO, ECPAR et Conseil du bâtiment durable du Canada-Québec. Février 2019. 127 pp.
[https://batimentdurable.ca/fichiers/depot/ageco_ecpar_cbdcaqc_guideecogestion-avril-2019-affichageecran1.pdf].
- de Brito, Jorge, Francisco Agrela and Rui Vasco Silva. 2019. Legal regulations of recycled aggregate concrete in buildings and roads. *New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete*. Chapter 18: 509-526. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102480-5.00018-X>.
- Delta Institute. 2018. *Deconstruction & Building Material Reuse: A tool for Local Governments & Economic Development Practitioners*. May 2018. [<https://delta-institute.org/wp-content/uploads/2018/05/Deconstruction-Go-Guide-6-13-18-.pdf>].
- Edge Environment Pty Ltd. 2012. *Construction and Demolition Waste Guide -Recycling and re-use across the supply chain*. Australian Government. Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities.
- Ellen MacArthur Foundation. 2019. *City Governments and their Role in Enabling a circular economy transition. An Overview of Urban Policy Levers*. Ellen MacArthur Foundation and ARUP, March 2019. [www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/CE-in-Cities_Policy-Levers_Mar19.pdf].
- Environmental Protection Agency (EPA). 2015. *Design for Deconstruction*. [www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/designfordeconstrmanual.pdf].
- Karoubi, Shirin. 2016. *Encouraging recycled construction materials in new buildings*. Master Thesis. University of British Columbia. April 2016.
[<https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/graduateresearch/310/items/1.0342794>].
- Kernan, Paul. 2002. *Old to New. Design Guide. Salvaged Building Materials in New Construction*. Greater Vancouver Regional District. Policy & Planning Department. 3rd Edition, January 2002. [www.lifecyclebuilding.org/docs/Old%20to%20New%20Design%20Guide.pdf].
- Kozminska, Urszula. 2019. *Circular design: reused materials and the future reuse of building elements in architecture. Process, challenges and case studies*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 225 (2019) 012033. doi:10.1088/1755-1315/225/1/012033.
- Pavlů, T, J Pešta, M Volf and A Lupíšek. 2019. *Catalogue of Construction Products with Recycled Content from Construction and Demolition Waste* IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 290 012025. [doi:10.1088/1755-1315/290/1/012025].
- Shooshtarian, Salman, Savindi Caldera, Tayyab Maqsood and Tim Ryley. 2020. *Using Recycled Construction and Demolition Waste Products: A Review of Stakeholders' Perceptions Decisions, and Motivations*. *Recycling* 2020, 5, 31; doi:10.3390/recycling5040031.

- Taggart, Jim. 2001. Salvaged Materials in New Buildings. Canadian Architect. Jan 1. 2001. [www.canadianarchitect.com/salvaged-materials-in-new-buildings/].
- The American Institute for Architects (AIA). 2020. Design for Adaptability, Deconstruction, and Reuse. [http://content.aia.org/sites/default/files/2020-03/ADR-Guide-final_0.pdf].
- U.S. Green Building Council (USGBC). 2019. From Demolition to Deconstruction: City Salvage and Reuse Policies. Policy Brief. August 2019. [www.usgbc.org/sites/default/files/Deconstruction-Brief_Final.pdf].
- U.S. Green Building Council (USGBC). n.d. Green Building Policy Case studies. Washington, DC Building a green code. [www.usgbc.org/sites/default/files/Case-Study-DC-Building-a-Green-Code-USGBC.PDF].
- Wallonie. 2019. Priorisation des matériaux de réemploi à intégrer dans le cahier des charges type bâtiments 2022 (CCTB 2022) et prescription de recommandations dans la perspective du réemploi et de promotion de la construction/rénovation durable. [https://developpementdurable.wallonie.be/sites/default/files/2020-02/2019-09_CCTB%20R%C3%A9emploi%20rapport%20enrichi%20final.pdf].
- Wigley, Damien and John Gertsakis. 2019. Review of standards and specifications for recycled content products. Prepared by Equilibrium for the Department of the Environment and Energy, Environment Protection Branch (Australia). [www.environment.gov.au/system/files/resources/659ffb53-319b-4431-b6c7-3be73a480521/files/review-standards-specifications-recycled-content-products.pdf].
- XPair. 2021. Passoires énergétiques : nouveau diagnostic de performance énergétique des logements. Conseils Xpair, 16 février 2021. [https://conseils.xpair.com/analyse_reglementation/passoires-energetiques-nouveau-diagnostic-performance-energetique-logements.htm].