

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Stratégies pour un béton à faible teneur en carbone : guide d'introduction pour les marchés publics fédéraux : l'initiative Sobriété en carbone par l'analyse du cycle de vie (SCACV)<sup>2</sup>

Zizzo, Ryan; Masoudi, Rana; Cooney, Rob

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

<https://doi.org/10.4224/40002760>

#### NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=a9903795-2ddd-4e7d-930f-e53a24c92c8b>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=a9903795-2ddd-4e7d-930f-e53a24c92c8b>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

L'initiative Sobriété en carbone par l'analyse du cycle de vie (SCACV)<sup>2</sup>

# Stratégies pour un béton à faible teneur en carbone

Guide d'introduction pour les marchés publics fédéraux



**Mantle Developments**

Ryan Zizzo, Founder & CEO, MAsc, PEng  
mantledev.com

**Conseil national de recherches Canada**

Rana Masoudi, Research Associate, PhD  
Rob Cooney, Project Manager (LCA)<sup>2</sup> Initiative, BSc, BEng

**MANTLE**  
DEVELOPMENTS



National Research  
Council Canada

Conseil national de  
recherches Canada

<b>1</b>	<b>Résumé</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Glossaire des principaux termes</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>À propos de ce guide</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>L'importance croissante du carbone intrinsèque</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Comprendre le béton et le carbone</b>	<b>9</b>
5.1	Carbone intrinsèque du béton	9
5.2	Déclarations environnementales de produits (DEP)	12
5.3	Politique sur le carbone intrinsèque	14
<b>6</b>	<b>Pratiques exemplaires pour le béton à faible teneur en carbone</b>	<b>16</b>
6.1	Envisager des exigences de conception fondées sur le rendement	16
6.2	Efficacité des matériaux	16
6.3	Utiliser du ciment Portland au calcaire (aussi appelé ciment d'usage général au calcaire)	17
6.4	Maximiser l'utilisation d'ajouts cimentaires (AC), de matériaux cimentaires de rechange ou de ciments Portland composés.	17
6.5	Maximiser le contenu recyclé dans l'acier d'armature (barres d'armature)	18
6.6	Ajuster la « résistance selon l'âge » par élément structurel ou utilisation.	18
6.7	Optimisation des granulats	19
6.8	Utilisation des plastifiants réducteurs d'eau	19
6.9	Mention spéciale : Recyclage/réutilisation du béton concassé	19
<b>7</b>	<b>Stratégies d'approvisionnement</b>	<b>20</b>
7.1	Aperçu de la Politique fédérale d'approvisionnement du Canada	20
7.2	Engagements gouvernementaux de haut niveau en matière d'achats écologiques	20
7.3	Points d'insertion axés sur les politiques	20
7.4	Points d'insertion de la politique d'approvisionnement et du carbone intrinsèque potentiel	22
<b>8</b>	<b>ANNEXE A – DEP pour le béton et le ciment à l'échelle de l'Amérique du Nord et du Canada</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>ANNEXE B : Stratégies supplémentaires pour le béton à faible teneur en carbone</b>	<b>29</b>
9.1	Passage à des carburants à plus faible teneur en carbone	29
9.2	Méthodes de mélange	29
9.3	Granulats solides, propres et résistants	29
9.4	Séquestration du carbone	29
9.5	Durcissement par carbonatation du béton préfabriqué	30
<b>10</b>	<b>ANNEXE C : Exemples de politiques sur le béton à faible teneur en carbone</b>	<b>31</b>
10.1	Ville de Portland (Oregon) – Achat de béton à faible teneur en carbone	31
10.2	Comté de Marin, Californie – Codes sur le béton à faible teneur en carbone	31

# 1 Résumé

Une grande quantité d'émissions de carbone est générée par la récolte, le transport, la fabrication et l'élimination ou le recyclage en fin de vie des matériaux de construction. Ces émissions sont appelées « carbone intrinsèque » et sont mesurées au moyen d'une technique appelée l'analyse du cycle de vie (ACV). Au fur et à mesure que les bâtiments deviennent plus efficaces sur le plan de leur énergie de fonctionnement annuelle et réduisent ainsi leur carbone opérationnel, l'industrie de la construction et les décideurs politiques du monde entier s'inquiètent de plus en plus des effets relatifs croissants du carbone intrinsèque.

Une analyse du cycle de vie réalisée sur un édifice gouvernemental de l'Ontario certifié LEED, construit en 2013, montre que sur une période de 60 ans, le carbone intrinsèque représente plus de 40 % de l'empreinte carbone totale d'un bâtiment<sup>1</sup>. Un rapport de 2018 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat<sup>2</sup> a indiqué qu'il restait une fenêtre d'environ 12 ans pour une réduction importante des émissions avant que les effets catastrophiques des changements climatiques ne deviennent inévitables. Si le délai de 12 ans est considéré au lieu du délai standard de 60 ans de la norme LEED, le carbone intrinsèque devient la principale source d'émissions, représentant près de 75 % des émissions (Figure 1). Cette même étude a révélé que le béton dans le bâtiment était responsable d'environ 50 % du carbone intrinsèque<sup>3</sup>. Par conséquent, au cours des 12 premières années du cycle de vie d'un bâtiment, le béton à lui seul est responsable de près de 40 % de l'empreinte carbone totale du bâtiment.

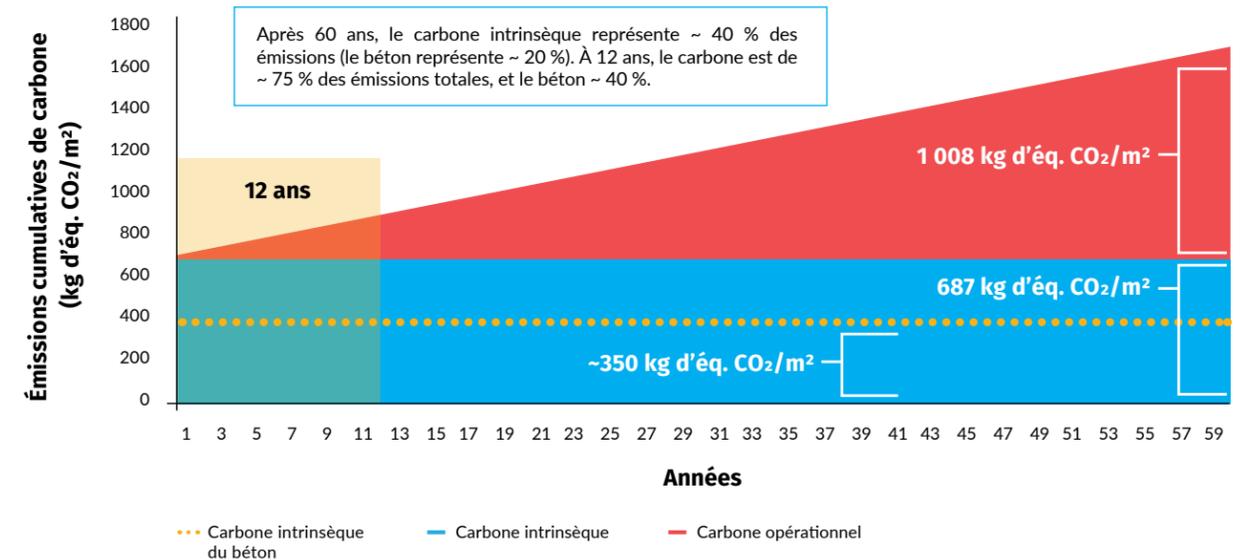


Figure 1 : L'empreinte carbone du cycle de vie d'un édifice gouvernemental certifié LEED en Ontario, achevé en 2013

Il existe de nombreuses stratégies pouvant être utilisées afin de réduire le carbone intrinsèque du béton, dont bon nombre peuvent être réalisées sans coût supplémentaire et avec des répercussions minimales sur le rendement. Ce guide a été élaboré pour aider les administrateurs gouvernementaux à mieux comprendre ces stratégies à l'appui de la mise à jour des politiques et des procédures d'approvisionnement dans le but de réduire le carbone intrinsèque du béton dans le secteur de la construction gouvernementale. Ce guide peut également servir de point de discussion entre les responsables et les concepteurs de projets gouvernementaux. En général, la plupart des conceptions de mélanges de béton peuvent être modifiées pour réduire l'empreinte de CO<sub>2</sub> en utilisant les stratégies suivantes :

<sup>1</sup> Mantle314, Integrating Life-cycle Assessment (LCA) into Ontario's Infrastructure Planning and Decision Making [en anglais seulement], août 2018.  
<sup>2</sup> Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Réchauffement planétaire de 1,5 °C – Résumé à l'intention des décideurs, octobre 2018.  
<sup>3</sup> Il s'agit de l'empreinte du carbone intrinsèque du béton seul, sans compter l'acier d'armature qui ajouterait encore plus au carbone intrinsèque. Les données sur le carbone intrinsèque dans le béton proviennent de la Déclaration environnementale de produit (DEP) de 2017 intitulée « CRMCA Member Industry-Wide EPD » de l'Association canadienne du béton préparé [en anglais seulement]. Disponible à [www.crmca.ca](http://www.crmca.ca)

- Envisager des exigences de conception fondées sur le rendement.** Par exemple, certaines spécifications sont normatives, ce qui signifie qu'elles spécifient une quantité minimale de ciment requise ou une quantité maximale admissible d'ajouts cimentaires (AC). Dans certains cas, cela peut entraîner une utilisation excessive de ciment ou restreindre les possibilités d'ajouts cimentaires supplémentaires, ce qui signifie dans les cas que le mélange aurait pu comporter moins de carbone. Il faut plutôt utiliser des spécifications fondées sur le rendement pour la résistance et la durabilité, tout en notant que des options à faible teneur en carbone sont requises ou privilégiées. Cela permet aux concepteurs de varier les ingrédients du mélange de béton de la manière qui entraîne la plus faible empreinte carbone possible, tout en atteignant le rendement désiré.
- Efficacité des matériaux.** Demander aux concepteurs d'accorder la priorité à une conception efficace des matériaux (taille adéquate/éviter l'ingénierie excessive). En général, le fait d'avoir moins de matériaux signifie moins de carbone.
- Utiliser du ciment Portland au calcaire – aussi appelé « ciment d'usage général au calcaire » (GUL ou CPC)<sup>4</sup>.** Le ciment Portland, aussi appelé « ciment d'usage général » (GU ou CP), est l'un des principaux composants du béton et représente environ 90 % de son empreinte carbone (s'il est utilisé comme seul liant). Le CPC incorpore entre 5 et 15 % de calcaire, ce qui réduit le contenu en clinker du CP et réduit l'empreinte carbone d'environ 10 %. Le CPC est approuvé pour un remplacement de 1 à 1 avec le CP sans qu'il soit nécessaire de modifier la conception du mélange de béton. La substitution devrait également être neutre sur le plan des coûts dans la plupart des régions du Canada.
- Maximiser l'utilisation d'ajouts cimentaires (AC), de matériaux cimentaires de rechange ou de ciments Portland composés.** Les ajouts cimentaires réduisent la teneur en clinker du liant à béton en incorporant des sous-produits industriels comme le laitier de haut fourneau, les fumées de silice, le verre pulvérisé, les pouzzolanes naturelles et les cendres volantes ou en utilisant d'autres matériaux cimentaires comme l'argile calcinée. Moins de clinker signifie moins de carbone.
- Maximiser le contenu recyclé dans l'acier d'armature (barres d'armature).** La plupart des barres d'armature au Canada contiennent du contenu recyclé. Il faudrait envisager un libellé qui accorde la priorité à un niveau élevé de contenu recyclé dans les barres d'armature ou qui l'exige afin de réduire au minimum le carbone intrinsèque.
- Ajuster l'âge des essais.** Ajuster la « résistance selon l'âge » par élément structurel ou utilisation. La résistance du béton augmente avec le temps; plus il y a de ciment, plus la résistance apparaît rapidement. Il est courant de spécifier une certaine résistance atteinte au bout de 28 jours. Cependant, tous les éléments structurels et utilisations n'exigent pas une pleine résistance dans les 28 jours, ce qui est devenu la norme dans l'industrie. Si ce délai peut être prolongé pour certains éléments (comme les semelles, les colonnes et les murs), il faut moins de ciment et le carbone intrinsèque est réduit. Les ingénieurs en structure devraient participer aux discussions sur l'ajustement de l'âge des essais.
- Optimisation et gradation des granulats.** L'optimisation des granulats réduit la teneur en ciment du béton, ce qui signifie qu'il faut moins de ciment.
- Utilisation de plastifiants réducteurs d'eau.** Ces produits chimiques sont ajoutés au mélange de béton afin de réduire la quantité d'eau utilisée pour une quantité donnée de ciment tout en maintenant une bonne fluidité et en améliorant la résistance à la compression du béton. Il est toutefois possible de les utiliser pour réduire la teneur en ciment d'un rapport eau-ciment donné en raison d'une meilleure dispersion et d'une distribution uniforme des grains de ciment. These measures may be used to make significant reductions in the CO<sub>2</sub> footprint of concrete mix designs by reducing the amount of cement clinker content.

Ces mesures peuvent être utilisées pour réduire considérablement l'empreinte de CO<sub>2</sub> des conceptions de mélanges de béton en réduisant la teneur en clinker du ciment.

<sup>4</sup> Le ciment Portland au calcaire peut être appelé : ciment d'usage général au calcaire (GUL), ciment Portland au calcaire (CPC) ou par sa marque de commerce (p. ex., Contempra).

## 2 Glossaire des principaux termes

Le concept de carbone intrinsèque a connu un profil relativement faible jusqu'à récemment et n'est toujours pas bien compris par l'industrie et les décideurs. Les différentes étapes du cycle de vie impliquées et leur catégorisation en matière de carbone sont illustrées à la Figure 2.

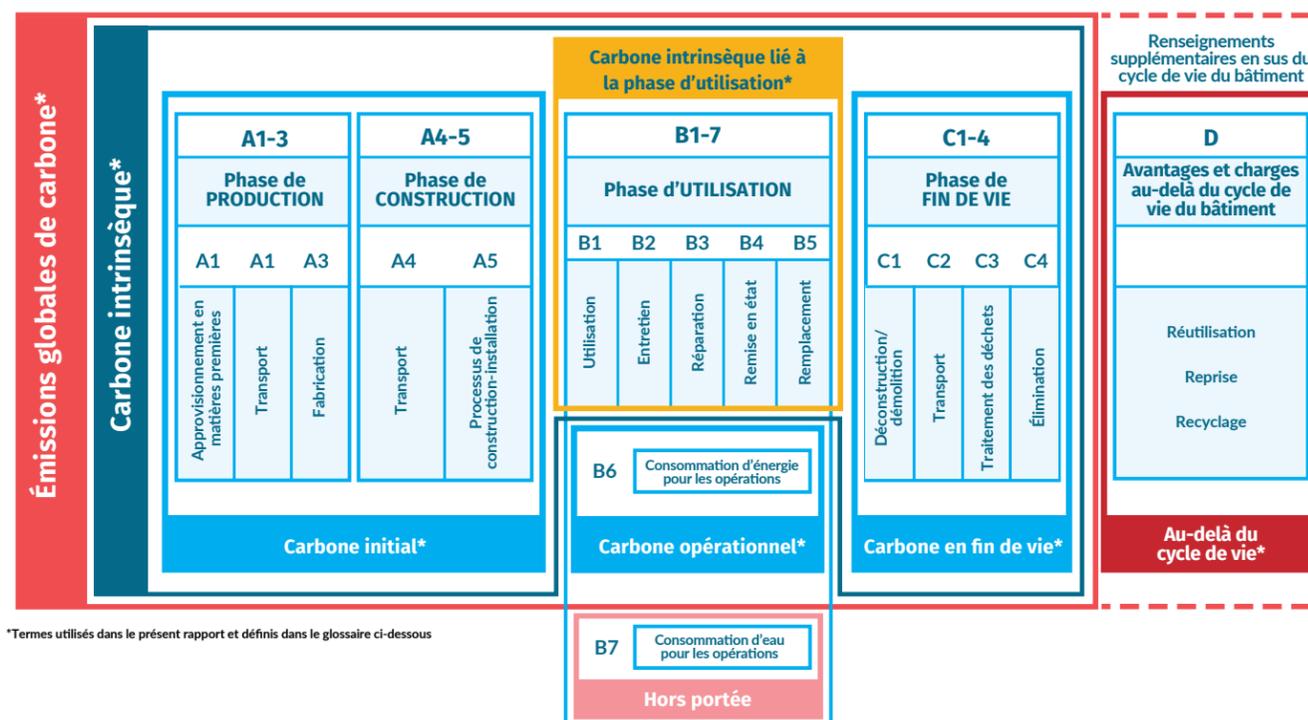


Figure 2 : Phases du cycle de vie et catégorisation du carbone<sup>5</sup>

**Émissions globales de carbone :** Émissions de toutes les phases du cycle de vie, englobant à la fois le carbone intrinsèque et le carbone opérationnel (c.-à-d. les modules A1 à C4, le module D étant indiqué séparément).

**Émissions globales de carbone = carbone intrinsèque + carbone opérationnel.**

**Carbone opérationnel :** Émissions associées à l'énergie utilisée (B6) pour exploiter le bâtiment ou l'infrastructure<sup>6</sup>.

**Carbone intrinsèque :** Émissions de carbone associées aux matériaux et aux processus de construction tout au long du cycle de vie d'un bâtiment ou d'une infrastructure. Le carbone intrinsèque comprend donc l'extraction des matières premières (module A1), le transport vers le fabricant (A2), la fabrication (A3), le transport vers le site (A4), la construction (A5), la phase d'utilisation (B1) qui inclut la carbonatation du béton<sup>7</sup> [mais exclut le carbone opérationnel (B6)], l'entretien (B2), la réparation (B3), la remise à neuf (B4), le remplacement (B5), la déconstruction (C1), le transport vers des installations en fin de vie (C2), la transformation (C3), l'élimination (C4). Les avantages au-delà de la limite du système (D) devraient également être déclarés séparément des modules A à C (non agrégés).

<sup>5</sup> Figure and definitions from "Bringing Embodied Carbon Upfront" by World Green Building Council. September 2019. Image adapted from EN 19578.

<sup>6</sup> This could also include secondary emission sources such as refrigerant leaks, depending on the scope of the LCA.

<sup>7</sup> Carbonation (long term absorption of atmospheric carbon into exposed concrete) happens in phase B1 but is often not included in LCA studies or their resulting EPDs. Research into this important topic continues and effort should be made to better understand and integrate carbonation's atmospheric carbon removal into future studies.

**Analyse du cycle de vie (ACV) :** L'analyse du cycle de vie est un ensemble systématique de procédures permettant de compiler et d'examiner les entrées et les sorties de matériaux et d'énergie, ainsi que les répercussions environnementales associées qui sont directement attribuables à un bâtiment, une infrastructure, un produit ou un matériau tout au long de son cycle de vie<sup>8</sup>.

**Carbone en fin de vie :** Émissions de carbone associées aux phases de déconstruction/démolition (C1), de transport à partir du site (C2), de traitement des déchets (C3) et d'élimination (C4) du cycle de vie d'un bâtiment ou d'une infrastructure qui ont lieu après son utilisation.

**Carbone initial :** Émissions générées pour la fabrication des produits et équipements et lors du chantier de construction (A1 à A5) avant que le bâtiment ou l'infrastructure ne soit opérationnel. Contrairement aux autres catégories d'émissions énumérées ici, ces émissions ont déjà été libérées dans l'atmosphère avant l'occupation du bâtiment ou la mise en service de l'infrastructure. On peut réduire le carbone initial en modifiant le processus d'approvisionnement en vue d'accorder la priorité aux matériaux, aux chaînes d'approvisionnement et aux processus à plus faible teneur en carbone.

**Au-delà du cycle de vie :** Émissions de carbone ou réductions d'émissions résultant de la réutilisation ou du recyclage des matériaux ou émissions évitées grâce à l'utilisation de déchets comme source de combustible pour un autre processus (module D). La prise en compte du module D est essentielle pour optimiser l'utilisation des ressources de matériaux en fin de vie. Les résultats du module D devraient toujours être présentés en même temps que les autres phases du cycle de vie et ne pas être agrégés.

**Carbone intrinsèque lié à la phase d'utilisation :** Émissions associées aux matériaux et aux processus nécessaires à l'entretien du bâtiment ou de l'infrastructure pendant l'utilisation, y compris la remise à neuf. Il s'agit d'émissions supplémentaires à la « phase d'utilisation ».



<sup>8</sup> Il existe plusieurs normes d'ACV, dont les normes ISO 14040 et ISO 14044. Il existe également plusieurs autres normes qui appliquent la méthodologie de l'ACV aux produits (EN 15804, ISO 14067, ISO 21930) et aux bâtiments (EN 19578, ISO 21929, ISO 21931), par exemple.

## 3 À propos de ce guide

Le fait d'accorder la priorité aux matériaux à faible teneur en carbone n'est pas encore une pratique courante dans l'industrie de la construction. Même les systèmes de bâtiments écologiques volontaires de premier plan comme LEED n'ont introduit de stratégies significatives pour s'attaquer à ce problème que dans de récentes mises à jour. Dernièrement, la sensibilisation au concept et à l'importance du carbone intrinsèque prend de plus en plus d'ampleur. Des politiques sont mises en place partout dans le monde pour réduire l'empreinte carbone des matériaux de construction.

Le présent guide d'introduction, intitulé Stratégies pour un béton à faible teneur en carbone (Guide d'introduction), présente des approches en matière de conception et de spécification de mélanges de béton qui peuvent être employées pour réduire l'empreinte de CO<sub>2</sub>. Cela fait également partie de l'initiative Sobriété en carbone par l'analyse du cycle de vie (SCACV)<sup>2</sup> du gouvernement du Canada<sup>9</sup>. Ce guide introduira le concept de carbone intrinsèque du béton, présentera les meilleures pratiques actuelles de l'industrie pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> associées à la production de béton, et fournira un aperçu de haut niveau du processus d'approvisionnement fédéral avec des points d'insertion potentiels où de nouvelles politiques et procédures en matière de béton à faible teneur en carbone pourraient être intégrées dans le processus d'approvisionnement fédéral.

Ce guide d'introduction s'adresse aux responsables de l'élaboration des politiques d'approvisionnement du gouvernement fédéral, aux propriétaires d'entreprise (chargés de projet), aux responsables techniques et aux autorités contractantes. Il est conçu pour démontrer la nécessité de réduire le carbone intrinsèque dans l'approvisionnement afin d'atteindre les objectifs de réduction du carbone du Canada, et pour fournir des stratégies faciles à mettre en oeuvre à inclure dans les documents d'approvisionnement. Ce guide peut également servir de point de discussion entre les responsables et les concepteurs de projets gouvernementaux – les stratégies présentées ici pourraient être adoptées avec une relative facilité et un coût minimal pour réduire le carbone intrinsèque du béton acheté par le gouvernement. Le gouvernement du Canada a terminé une étude de l'empreinte carbone de ses approvisionnements, qui estime que les émissions associées aux approvisionnements sont plus de deux fois supérieures à celles de ses opérations, ce qui souligne l'urgence avec laquelle il faut s'attaquer aux émissions liées aux achats.

Les annexes fournissent de l'information sur un éventail de changements à la production standard de béton qui sont envisagés par l'industrie et qui pourraient être des possibilités viables au fil du temps pour réduire davantage le carbone intrinsèque de la construction au Canada.



<sup>9</sup> Pour de plus amples renseignements sur l'initiative, veuillez consulter le site Web du Conseil national de recherches du Canada <https://nrc.canada.ca/fr/recherche-developpement/recherche-collaboration/programmes/initiative-sobriete-carbone-lanalyse-cycle-vie>

## 4 L'importance croissante du carbone intrinsèque

Le profil du carbone intrinsèque a considérablement augmenté au cours des dernières années, car l'industrie de la conception et de la construction comprend de plus en plus son empreinte carbone importante, croissante et souvent négligée.

Par le passé, les bâtiments étaient beaucoup moins éconergétiques et notre système énergétique générait davantage de carbone. Les émissions de carbone opérationnel dépassaient ensuite de loin le carbone intrinsèque au cours du cycle de vie d'un bâtiment. Par conséquent, prendre des mesures pour réduire le carbone intrinsèque n'était pas une priorité. Au cours des dernières décennies, les bâtiments sont devenus de plus en plus éconergétiques et les systèmes énergétiques décarbonisent leur production à mesure que les investissements dans les énergies renouvelables augmentent. Ce changement continu a grandement réduit l'empreinte du carbone opérationnel des nouveaux bâtiments. Ainsi, le carbone intrinsèque représente maintenant une part importante des émissions globales de carbone des nouveaux bâtiments, et cette part ne cesse de croître. En fait, le carbone intrinsèque peut être considéré de nos jours comme la principale source d'émissions des nouveaux bâtiments si l'on tient compte des échelles de temps plus courtes au sein desquels des réductions importantes des émissions sont nécessaires.

Une étude d'analyse du cycle de vie a été menée pour calculer les répercussions environnementales d'un édifice gouvernemental récemment certifié LEED en béton armé, achevé en 2013 dans le sud de l'Ontario. Les résultats ont montré que sur une période de 60 ans, le carbone intrinsèque représentait plus de 40 % de l'empreinte carbone globale d'un bâtiment. L'étude a toutefois démontré que sur une période de 12 ans, le carbone intrinsèque devient la principale source d'émissions, représentant près de 75 % des émissions (Figure 3). La période de 12 ans a été recommandée par le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat afin de réduire considérablement les émissions de carbone avant que les effets catastrophiques des changements climatiques ne deviennent inévitables. Cette même étude a révélé que le béton dans le bâtiment était responsable d'environ 50 % du carbone intrinsèque<sup>10</sup>.



<sup>10</sup> Il s'agit de l'empreinte carbone du béton seul, sans compter l'acier d'armature qui ajouterait encore plus au carbone intrinsèque.

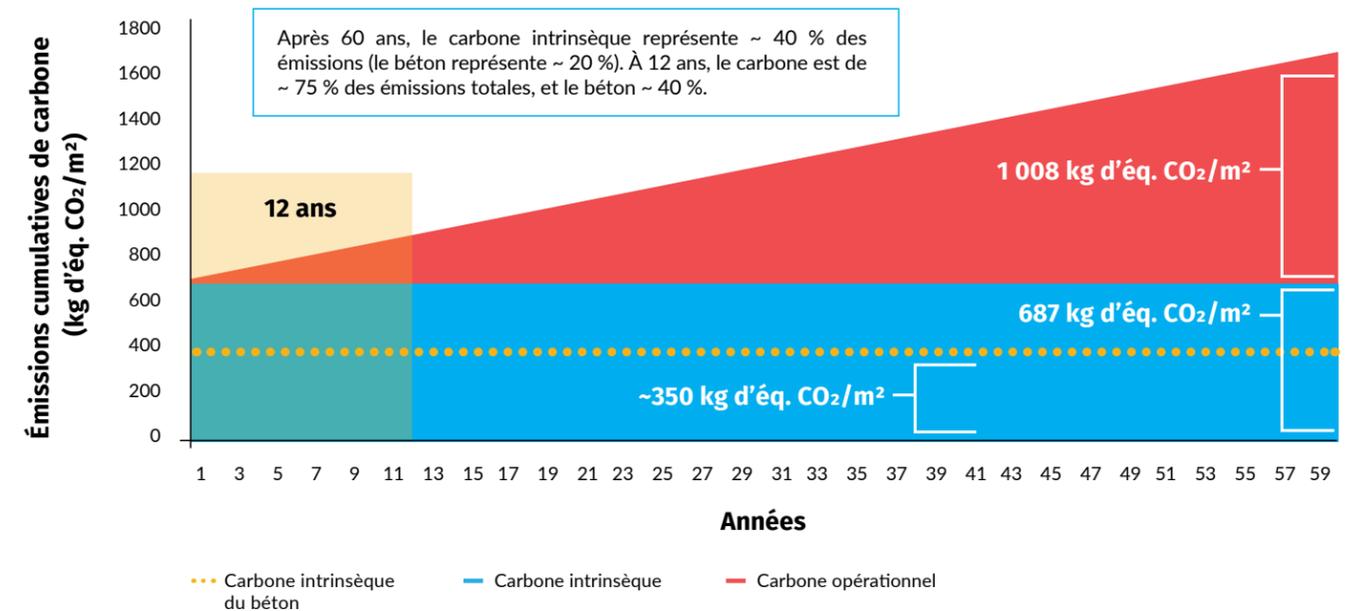


Figure 3 : L'empreinte carbone du cycle de vie d'un édifice gouvernemental en Ontario, achevé en 2013<sup>11</sup>.

Il convient de noter que la relation entre les émissions de carbone opérationnel et de carbone intrinsèque et les valeurs en pourcentage fournies dans l'exemple précédent sont propres à l'étude en question; il ne faut pas supposer que la relation s'applique uniformément aux bâtiments partout au pays. Par exemple, une autre étude d'analyse du cycle de vie<sup>12</sup> sur un bâtiment en béton armé à Vancouver a révélé que le carbone intrinsèque représentait 83 % des émissions globales de carbone à la 12<sup>e</sup> année et 50 % à la 60<sup>e</sup> année. D'autres exemples devraient être encore plus différents, car divers aspects des bâtiments auront une incidence sur le ratio du carbone intrinsèque au carbone opérationnel, notamment :

- **Efficacité énergétique de la conception du bâtiment.** Les bâtiments très efficaces consommeront moins d'énergie et émettront donc moins de carbone pour leurs opérations. Les normes d'efficacité énergétique (comme décrites dans les codes du bâtiment, par exemple) varient selon la province et même selon la municipalité dans certains cas où les villes ont établi des cibles énergétiques plus rigoureuses; la *Toronto Green Standard* et le *Zero Emissions Building Plan* de Vancouver en sont des exemples. De plus, certains projets visent des normes volontaires plus rigoureuses, comme la norme LEED ou la Norme du bâtiment à carbone zéro.
- **Source de production d'électricité.** Une unité d'électricité donnée peut être à faible ou à forte émission en carbone, selon la façon dont elle a été produite. Certains réseaux d'électricité provinciaux sont à très faible teneur en carbone, quand la majeure partie de l'électricité est produite au moyen de barrages hydroélectriques qui ne génèrent presque pas de carbone. D'autres provinces utilisent des combustibles fossiles comme le gaz naturel et le charbon, et leur électricité a donc une empreinte carbone plus élevée. Certaines provinces qui utilisent un mélange d'hydroélectricité, de nucléaire et de gaz naturel se situent quelque part entre les deux (mais toujours du côté des faibles émissions de carbone du spectre).

<sup>11</sup> Ces constatations varieront selon les propriétés du bâtiment évalué, y compris les décisions relatives aux matériaux, l'efficacité énergétique et le climat (demande d'énergie), entre autres. La portée de cette ACV se limitait aux systèmes de structure et d'enveloppe du bâtiment (une portée commune de l'ACV). La plupart des effets du carbone intrinsèque sont associés à des matériaux structuraux et à des matériaux d'enveloppe qui ne sont pas remplacés pendant la phase d'utilisation. En général, de petites augmentations du carbone intrinsèque se produiraient pendant la phase d'utilisation lorsque des éléments comme les fenêtres seraient remplacés, mais constitueraient une petite partie du carbone intrinsèque total. Les augmentations seraient plus importantes au cours de rénovations majeures. Seule la quantité initiale de carbone intrinsèque a été calculée dans cette étude; aucune rénovation majeure n'a été prise en compte.

<sup>12</sup> Marceau et al, Life Cycle Assessment for Sustainable Design of Precast Concrete Commercial Buildings in Canada, [www.athensmi.org](http://www.athensmi.org) [en anglais seulement].

## 5 Comprendre le **béton et le carbone**

La fabrication de matériaux de construction comme le béton et l'acier (entre autres) est responsable de 11 % des émissions mondiales<sup>14</sup>. Au Canada, le béton est l'un des matériaux de construction les plus utilisés, avec un taux de production annuel de 60 millions de tonnes, tandis que le ciment – le principal liant dans le béton – a un taux de production de 14 millions de tonnes<sup>15</sup>. En 2017, 1,5 % (10,8 Mt) des émissions de GES du Canada provenaient du béton et du ciment<sup>16</sup>. On a effectué des calculs et des vérifications pour le ciment canadien moyen dans le cadre d'une déclaration environnementale de produit<sup>17</sup> (voir la section 5.2) qui ont indiqué que celui-ci présente un potentiel de réchauffement planétaire (PRP) lors de la phase initiale de production<sup>18</sup> de 0,940 kg d'éq. CO<sub>2</sub>/kg de ciment pour le ciment Portland standard et de 0,856 kg d'éq. CO<sub>2</sub>/kg de ciment pour le ciment Portland au calcaire à plus faible teneur en carbone<sup>19</sup>.

### 5.1 Carbone intrinsèque du béton

Le carbone intrinsèque d'un produit est la somme des émissions de carbone associées aux matériaux et aux processus de construction de toutes les phases du cycle de vie d'un produit. Voir la section 2.

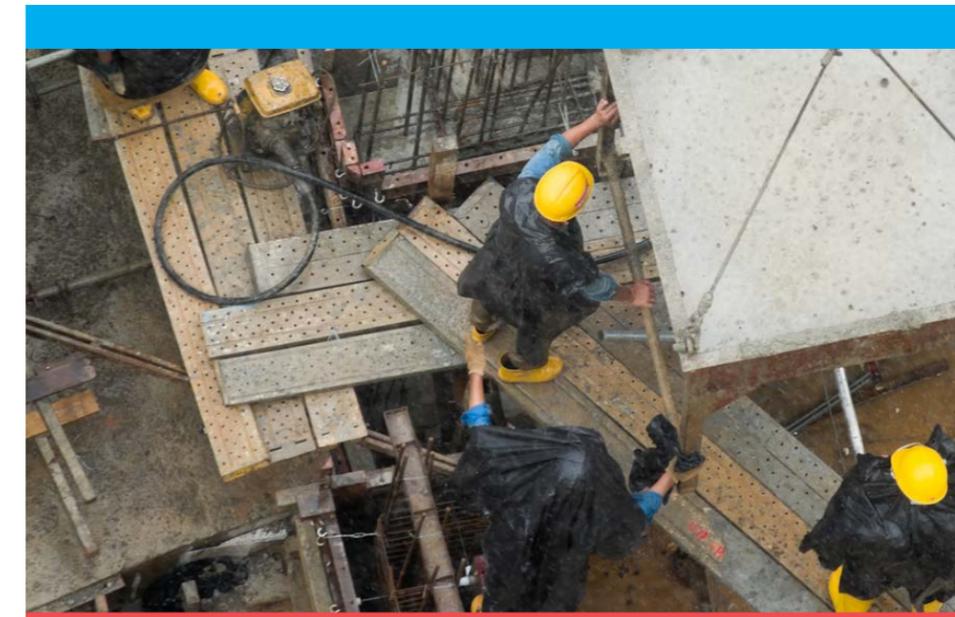
Le béton est un mélange de granulats (p. ex., sable, gravier ou pierre concassée), d'eau et de ciment (fait de calcaire, de sable et d'argile) qui durcit au fil du temps. On ajoute parfois des adjuvants chimiques pour produire un béton de meilleure qualité et pour modifier les propriétés du béton frais et durci. Ces adjuvants pourraient comprendre de nombreux types de composés comme des réducteurs d'eau, des superplastifiants, des retardateurs de prise et des adjuvants modificateurs de la viscosité, entraîneurs d'air et réducteurs de retrait. Les ajouts cimentaires (AC) provenant de sous-produits industriels peuvent être utilisés pour réduire la perméabilité du béton et en améliorer la durabilité à long terme. L'intégration d'ajouts cimentaires dans le béton réduira la quantité de ciment requise pour un mélange particulier. Voir la Figure 4.

- *Les réductions de carbone intrinsèque devraient être surtout privilégiées dans les régions où l'électricité est à faible empreinte carbone. Dans ces régions, les codes et les programmes qui réduisent la consommation d'électricité auront un avantage relativement faible sur le plan du carbone. Des efforts accrus pourraient y être déployés pour réduire le carbone provenant de secteurs comme la consommation de carburant ou étant intrinsèque aux matériaux pendant la production et le transport.*

- **Demande de chauffage.** Un immeuble à Vancouver nécessitera beaucoup moins d'énergie de chauffage qu'un immeuble à Winnipeg. Plus un climat particulier a besoin de chauffage, plus l'énergie d'exploitation (chauffage) et donc le carbone qu'il émet seront importants. La source de cette énergie de chauffage est également importante. Par exemple, un bâtiment chauffé à l'électricité dans une zone où l'électricité a une faible empreinte carbone pourrait générer relativement peu de carbone.

Le même bâtiment chauffé à l'électricité dans une autre région qui utilise des combustibles fossiles pour produire de l'électricité aurait une empreinte carbone très différente. De nombreuses régions du Canada utilisent le gaz naturel pour le chauffage, dont la teneur en carbone est généralement la même partout au pays, bien que l'efficacité des systèmes mécaniques et les conditions locales puissent causer certaines variations.

- **Carbone intrinsèque et matériaux.** Les trois exemples ci-dessus portent tous sur des concepts qui auront une incidence sur l'échelle des émissions opérationnelles d'un projet. Bien sûr, il y a aussi des décisions qui influeraient sur l'échelle des émissions intrinsèques, comme les processus locaux de production de matériaux, le mode de transport et la distance, et l'efficacité des matériaux. La façon dont les matériaux sont fabriqués est également très importante<sup>13</sup>.



<sup>13</sup> Comme l'explique ce guide, il existe des exemples de béton à forte teneur en carbone et à faible teneur en carbone. La situation est semblable pour l'acier. Le bois récolté dans une forêt ancienne aurait une empreinte carbone beaucoup plus importante que le bois récolté dans une forêt secondaire gérée de façon responsable.

<sup>14</sup> 14 Architecture2030.org [en anglais seulement].

<sup>15</sup> Statistique Canada, 2018

<sup>16</sup> Conseil du bâtiment durable du Canada, *Taking Concrete Steps to a Carbon Neutral Future* [en anglais seulement], 11 décembre 2019.

<sup>17</sup> Association canadienne du ciment, *Environmental Product Declaration for General Use (GU) and Portland-Limestone (GUL) Cements. V1.1* [en anglais seulement], mars 2016

<sup>18</sup> Voir : la phase initiale de production (des matières premières à la sortie de l'usine) va de A1 à A3

<sup>19</sup> Association canadienne du ciment, *General use (GU) and Portland-limestone (GUL) cements* [en anglais seulement], 31 mars 2016.

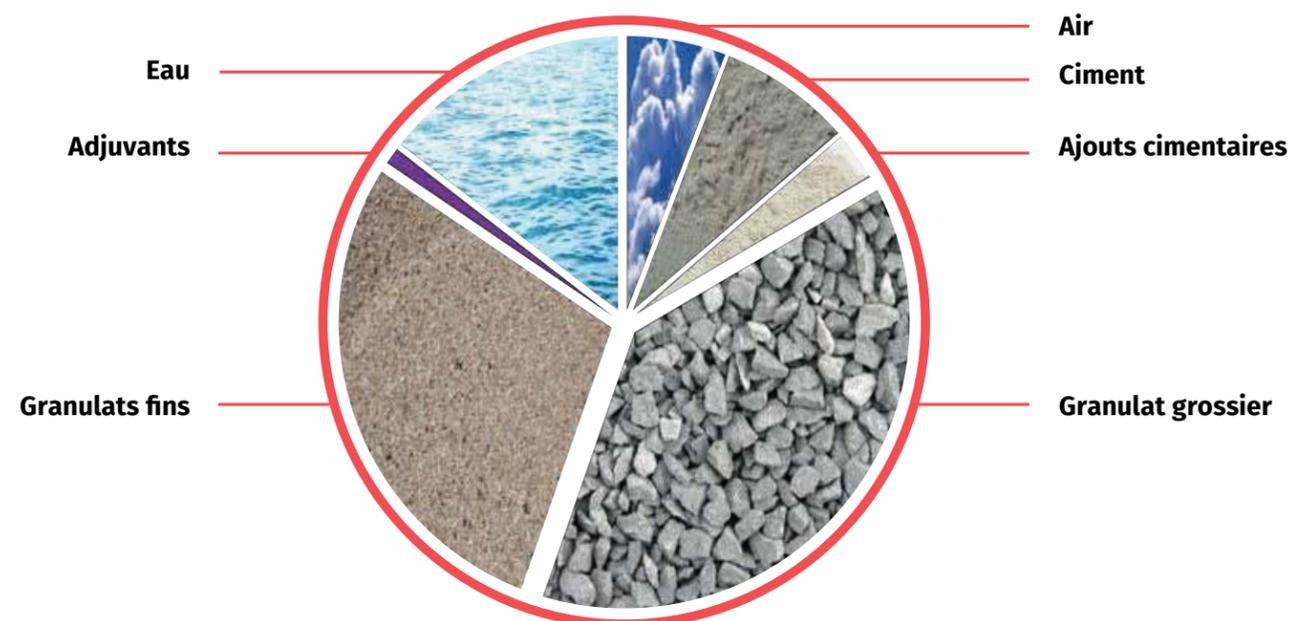


Figure 4 : Ingrédients du béton et quantités relatives typiques<sup>20</sup>

Le carbone intrinsèque d'un mélange de béton particulier dépend du carbone intrinsèque de chaque ingrédient et de leurs quantités relatives. Le carbone intrinsèque de chaque ingrédient dépend des processus chimiques et de fabrication qu'il subit (y compris l'efficacité des processus et des usines et les carburants consommés, par exemple) et du transport de toutes les matières premières. Voir la Figure 5.

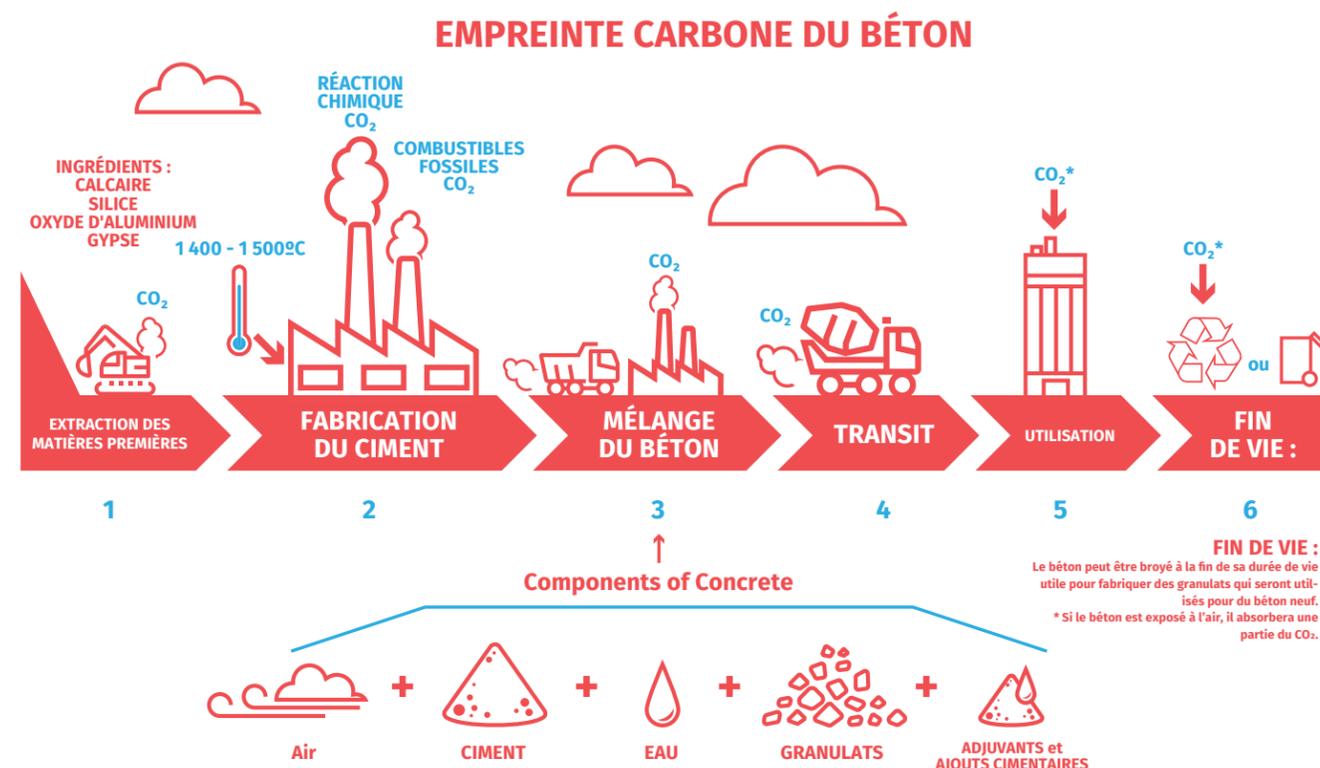


Figure 5 : Illustration de l'empreinte carbone du béton au cours de son cycle de vie <sup>21</sup>

Dans la plupart des cas, relativement peu de carbone est émis pendant le processus d'extraction des granulats, de combinaison des matériaux à l'usine à béton et de transport du béton jusqu'au chantier de construction. La fabrication du ciment est de loin la principale source d'émissions lors du processus de production du béton<sup>22</sup>. Par conséquent, la quantité de carbone intrinsèque dans le béton dépend principalement de la quantité de ciment utilisée dans le mélange. **La réduction de la teneur en ciment est un moyen efficace de réduire l'empreinte carbone du béton.**

Un tiers des émissions de fabrication du ciment est attribuable à la combustion de combustibles fossiles pour chauffer le four à ciment pour les matières premières comme le calcaire, l'argile, etc. Les deux tiers des émissions proviennent de réactions chimiques ou de la calcination de carbonates comme le calcaire qui produit du CO<sub>2</sub><sup>23</sup>.

Il convient également de noter que le béton est presque toujours renforcé d'acier d'armature, aussi appelé barres d'armature, qui est une autre source de carbone intrinsèque, mais qui ne sera pas examiné en détail dans ce guide d'introduction. En général, en Amérique du Nord, l'acier d'armature a un contenu recyclé d'environ 97 %, l'acier de spécialité à haute résistance et l'acier inoxydable ayant un contenu recyclé de près de 75 %<sup>24</sup>.

<sup>20</sup> Construction Canada, « Cement and concrete, still outperforming in the sustainability era » [en anglais seulement], novembre 2019.

<sup>21</sup> Architecture2030.org [en anglais seulement].

<sup>22</sup> National Ready Mixed Concrete Association, *Concrete CO<sub>2</sub> Fact Sheet*, [en anglais seulement], juin 2012.

<sup>23</sup> Conseil du bâtiment durable du Canada, *Taking Concrete Steps to a Carbon Neutral Future* [Webinaire en anglais], 11 décembre 2019

<sup>24</sup> Concrete Reinforcing Steel Institute. *LEED Position Statement*. [https://www.crsi.org/Resources/misc/CRSI-LEED\\_Position\\_Statement.pdf](https://www.crsi.org/Resources/misc/CRSI-LEED_Position_Statement.pdf) [en anglais seulement]

## 5.2 Déclarations environnementales de produits (DEP)

Une déclaration environnementale de produit (DEP) est un document de divulgation qui fait état des répercussions environnementales d'un produit (calculés à partir d'une ACV) de façon normalisée. Les DEP peuvent être utilisées lors du processus d'approvisionnement pour mieux comprendre le carbone intrinsèque des matériaux évalués. Certaines DEP vérifiées par des tiers et conformes à des normes comme la norme ISO 14025 sont publiées par les responsables de programmes<sup>25</sup>. Ces bases de données de DEP vérifiées par des tiers permettent d'assurer des normes élevées.

La portée des DEP peut varier de plusieurs façons importantes :

- **Représentativité.** Certaines DEP sont préparées avec des valeurs établies selon les moyennes de l'industrie, ce qui signifie qu'elles ne représentent pas les caractéristiques uniques de produits ou de fabricants précis, mais démontrent plutôt l'incidence moyenne pour un type de produit ou une industrie. Par ailleurs, les DEP propres aux installations (ou aux fabricants) tiennent compte des répercussions de la chaîne d'approvisionnement en amont et de la fabrication d'une installation ou d'un fabricant en particulier.
- **Phases du cycle de vie / Portée.** Les DEP peuvent également varier selon les phases du cycle de vie qu'elles comprennent. La plupart des DEP concernent la phase initiale de production, ce qui signifie qu'elles comprennent tous les processus de la chaîne d'approvisionnement en amont, de l'acquisition des matières premières à la fin du processus de fabrication (c.-à-d. la sortie de l'installation du fabricant). Ces processus sont représentés par les phases A1, A2 et A3 à la Figure 2. La portée la plus typique des DEP est la phase initiale de production, puisque les fabricants sont habituellement ceux qui commandent la création d'une DEP (établissant la portée) et sont en mesure d'utiliser les résultats de la DEP pour améliorer l'efficacité, notamment en changeant les fournisseurs de la chaîne d'approvisionnement en amont et en améliorant l'efficacité de l'équipement et du carburant à l'interne. De plus, il serait difficile pour un fabricant d'estimer les répercussions environnementales associées à son produit une fois qu'il est sorti de son installation. Par exemple, il est difficile d'estimer à quel endroit un produit sera expédié et comment il sera éliminé. Certains fabricants font des hypothèses pour ces phases à venir du cycle de vie. Si toutes les phases futures sont incluses dans une DEP, il s'agirait d'une DEP allant de la phase initiale à la fin de vie ou du début de la phase initiale à la fin de la phase initiale et comprendrait les phases A, B et C du cycle de vie à la Figure 2. Enfin, une DEP pourrait aussi aller du début du processus de fabrication à la fin du processus de fabrication, ce qui signifie qu'elle ne couvrirait que les processus internes du fabricant<sup>26</sup>.

En 2017, l'Association canadienne du béton préparé (CRMCA) a publié une DEP à l'échelle de l'industrie allant de la phase initiale de production jusqu'à la sortie de l'usine de fabrication<sup>27</sup> qui porte sur les mélanges de béton produits par les membres de l'AMCRC partout au Canada. La nature représentative des moyennes de l'industrie signifie que les résultats de la DEP montrent les répercussions environnementales d'un mélange moyen de béton produit dans une usine canadienne moyenne. Les répercussions réelles pour une usine en particulier varieraient selon la technologie de l'usine, les modes de transport, les distances et le réseau électrique provincial, entre autres. Cette DEP est valide jusqu'en 2022 et fournit des données sur 15 indicateurs d'évaluation de l'incidence du cycle de vie (répercussions environnementales), y compris le potentiel de réchauffement de la planète (PRP), qui est la mesure du carbone intrinsèque. La DEP fournit une gamme de mélanges de divers types de ciment (GU et GUL)<sup>27</sup>, le pourcentage d'ajouts cimentaires, d'adjuvants, selon diverses classes de résistance. Elle indique également le type de mélange standard/de référence pour chaque classe de résistance.

<sup>25</sup> Les responsables de programme administrent et gèrent des DEP et les sites web qui les hébergent, parmi de nombreuses autres responsabilités connexes qui sont décrites en détail dans la norme ISO 14025.

<sup>26</sup> Bien que la plupart des DEP couvrent la phase initiale de production, la plupart des ACV de bâtiments entiers vont de la phase initiale à la fin de vie, ce qui signifie que les répercussions environnementales des futures phases du cycle de vie sont estimées. « ciment Portland au calcaire ».

<sup>27</sup> GU means 'general use', also known as 'Portland cement'. GUL means 'general use-limestone', also known as 'Portland-limestone cement', or PLC.

La Figure 6 indique la plage d'intensité en carbone déclarée dans la DEP, par classe de résistance du béton. Ces résultats montrent que la teneur en carbone d'un mélange de béton peut varier de près d'un tiers entre le point de référence (mélange le plus courant) et l'option ayant le potentiel de réchauffement de la planète le plus faible, peu importe les exigences en matière de résistance.

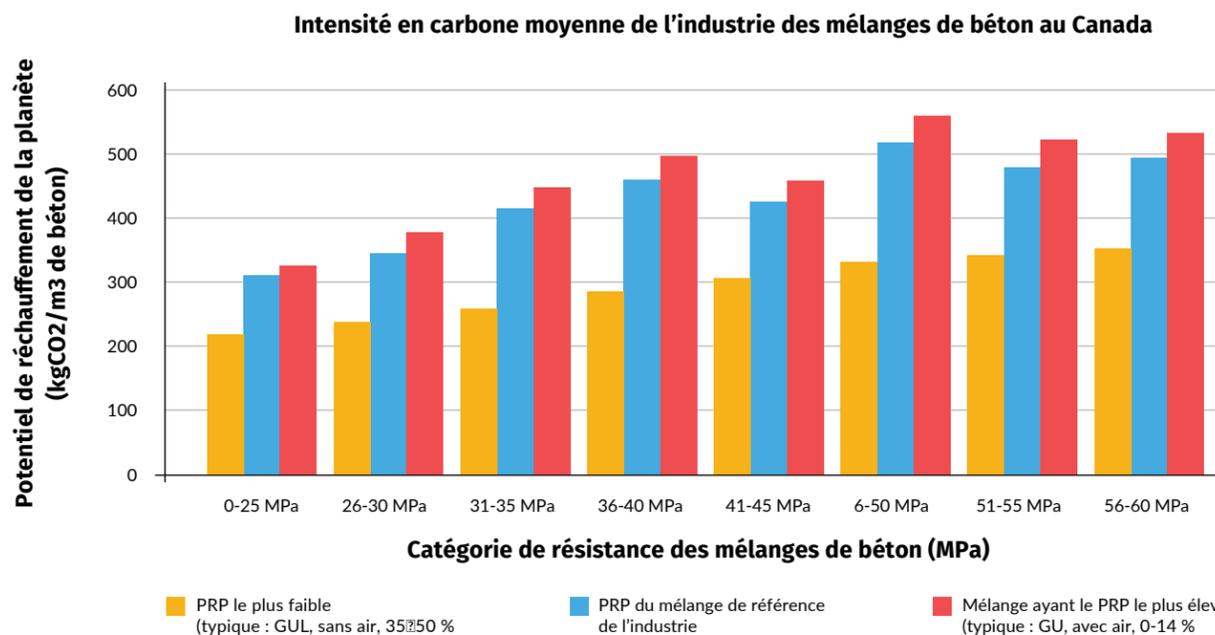


Figure 6 : Carbone intrinsèque (étapes A1 à A3 du cycle de vie : acquisition des matières premières, transport jusqu'à l'usine et fabrication) pour une gamme de scénarios de béton prêt à l'emploi; moyennes de l'industrie canadienne<sup>29</sup>.

D'autres DEP axées sur le béton à l'échelle de l'industrie ont été publiées pour l'Amérique du Nord :

- Panneaux muraux architecturaux et isolés
- Béton structurel préfabriqué
- Produits de génie civil souterrains préfabriqués en béton (tuyaux, boîtes, etc.)

Ces trois DEP ont été publiées en 2015 et fournissent des données moyennes représentant les extraits pour plus de 1 000 installations en Amérique du Nord. Pour comprendre l'empreinte carbone du béton préfabriqué, le PRP total d'une tonne métrique d'un panneau structurel préfabriqué typique est de 298,8 kgCO<sub>2</sub>, l'approvisionnement en matières premières de l'étape A1 représentant 89 % de l'empreinte<sup>30</sup>.

Il existe également des DEP propres aux installations canadiennes de béton et de ciment, notamment pour ceci

- Blocs de maçonnerie en béton
- Pavés de béton

Voir la liste complète des DEP pour le béton et le ciment à l'échelle de l'Amérique du Nord et du Canada à l'annexe B.

<sup>28</sup> Association canadienne du béton préparé, Déclaration des produits environnementaux de l'industrie, 2017. Disponible à [www.crmca.ca](http://www.crmca.ca)

<sup>29</sup> CPCI, NPCA, PCI, Structural Precast Concrete Industry Wide EPD [en anglais seulement], 2015. Disponible à <https://precast.org>

L'analyse du cycle de vie (ACV) est une méthode de mesure des répercussions environnementales d'un produit ou d'un service sur toutes les phases de son cycle de vie, qui sont organisées comme suit (voir la figure 2) :

- **Phase A – Phase de la production et du processus de construction** : extraction des matières premières, traitement, fabrication, transport et construction.
- **Phase B – Phase d'utilisation** : utilisation, entretien, remise à neuf, réparation.
- **Phase C – Phase de fin de vie** : démontage, transport et fin de vie ultime (enfouissement, réutilisation ou recyclage).

L'ACV peut être utilisée pour mesurer plusieurs répercussions environnementales différentes, y compris le carbone intrinsèque qui est représenté comme potentiel de réchauffement de la planète (PRP) et mesuré en kg d'éq. CO<sub>2</sub>.

#### Outils logiciels de l'ACV

Les outils logiciels de l'ACV pour les produits ou le matériel nécessitent des données du niveau de production et ont recours à des bases de données mondiales comme **ecoinvent**. Ces outils peuvent être utilisés pour créer des DEP. Les outils couramment utilisés comprennent SimaPro et Gabi. **SimaPro** et **GaBi**.

D'autres outils existent pour aider à présenter et à comparer les résultats des DEP, comme le *Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3)* [en anglais seulement] – de C-Change Labs.

De plus, les outils d'ACV pour l'ensemble du bâtiment peuvent être utilisés pour regrouper les résultats de plusieurs matériaux

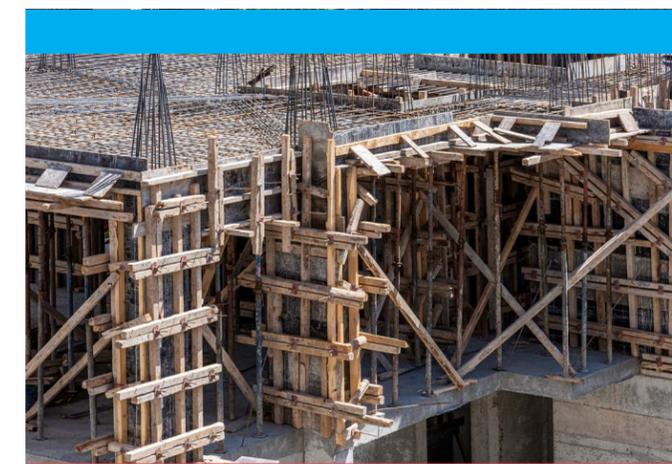
- **Impact Estimator for Buildings** – by the Athena Sustainable Materials Institute
- **One Click LCA** – by Bionova
- **Tally** – by KT Innovations, thinkstep, and Autodesk

### 5.3 Politique sur le carbone intrinsèque

À mesure que l'efficacité énergétique des bâtiments augmente et que les systèmes énergétiques se décarbonisent, une proportion croissante de l'empreinte carbone des nouveaux bâtiments est maintenant attribuée au carbone intrinsèque des matériaux de construction. La majeure partie du carbone intrinsèque est émise pendant la récolte et la fabrication des matériaux et est émise dans l'atmosphère sans aucune chance d'être réduite à l'avenir, sauf par l'élimination future du carbone. Cela contraste avec la production de carbone opérationnel, qui peut être réduite à l'avenir grâce à l'installation de systèmes énergétiques plus efficaces et à la décarbonisation continue des sources d'énergie.

Prendre des mesures pour réduire le carbone intrinsèque peut entraîner des réductions importantes du carbone à court terme. Ces facteurs ont mené à l'intérêt croissant de l'industrie et de divers ordres de gouvernement pour la prise de mesures liées au carbone intrinsèque et à l'importance qui y est accordée. Voici quelques exemples récents de politiques sur le carbone intrinsèque :

- **Cibles stratégiques** : La Ville de Vancouver exige la déclaration du carbone intrinsèque pour tous les projets de modification de zonage; elle vise une réduction de 40 % du carbone intrinsèque d'ici 2030 par rapport aux conditions de base de 2018.
- La Stratégie pour un gouvernement vert du gouvernement du Canada<sup>31</sup>, publiée en janvier 2021, comprend un engagement à réduire l'impact environnemental des matériaux de construction structuraux en faisant ce qui suit :
  - la divulgation, d'ici 2022, de la quantité de carbone intrinsèque Voir la note en bas de page 12 dans les matériaux structuraux des grands projets de construction, basée sur l'intensité carbonique des matériaux ou sur une analyse du cycle de vie;
  - la réduction de 30 %, à compter de 2025, du carbone intégré dans les matériaux structuraux des grands projets de construction en utilisant des matériaux recyclés et à plus faible teneur en carbone, l'efficacité des matériaux et des normes de conception axées sur le rendement;
  - la réalisation d'analyses intégrées du cycle de vie des immeubles (ou des biens) d'ici 2025 au plus tard pour les grands projets de construction et d'infrastructure. On s'attend à ce que des exigences semblables s'appliquent à divers ordres de gouvernement, aux propriétaires d'immeubles et aux entreprises de construction.
- **Exigences d'approvisionnement relatives aux matériaux** : Buy Clean California fixe un plafond sur la teneur en carbone intrinsèque de certains matériaux de construction que l'État achètera à compter de juillet 2021. Les DEP concernant une installation devront démontrer la conformité aux limites de carbone intrinsèques. Remarque : Le béton a été exclu de la version actuelle de la politique, mais il doit être inclus dans la version future.
- **Changements aux systèmes d'évaluation volontaire des bâtiments écologiques** :
  - Pour la première fois, la plus récente version de la norme LEED (v4) comprend des crédits qui récompensent la réduction du carbone intrinsèque d'un projet ou l'utilisation de matériaux dont le carbone intrinsèque est divulgué ou quand cette information est accessible au public au moyen de DEP.
  - **Nouveaux systèmes de cotation des bâtiments écologiques** – la *Norme à carbone zéro* du Conseil du bâtiment durable du Canada utilise le carbone comme principale mesure de rendement et exige la déclaration du carbone intrinsèque. La mise à jour de la norme en 2020 exige l'achat de crédits de carbone pour tout le carbone intrinsèque. Il s'agit d'un incitatif financier pour les projets à plus faible teneur en carbone intrinsèque et d'un stimulant pour les matériaux à plus faible teneur en carbone.



<sup>30</sup> <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/services/innovation/ecologiser-gouvernement/strategie.html>

## 6 Pratiques exemplaires pour le béton à faible teneur en carbone

De nombreuses mesures peuvent être prises pour réduire la teneur en carbone du béton, dont beaucoup n'ont aucune incidence sur le coût, le rendement ou le calendrier. La présente section vise à aider les représentants du gouvernement à mieux comprendre ces stratégies afin qu'ils puissent commencer à les intégrer dans leurs lignes directrices en matière d'approvisionnement, leurs contrats et leurs projets.

Il n'est peut-être pas possible de mettre en oeuvre toutes les stratégies suivantes dans un seul projet, car les exigences de conception du béton peuvent varier d'une région à l'autre, tout comme les objectifs de projet. Toutefois, ces mesures devraient être prises en compte dans le processus d'approvisionnement, les spécifications du projet ou la conception du mélange de béton, le cas échéant.

### 6.1 Envisager des exigences de conception fondées sur le rendement

De nombreux changements peuvent être apportés pour réduire l'empreinte de CO<sub>2</sub> des mélanges de béton. Les spécifications de rendement peuvent être utilisées pour concevoir des structures en béton fondées sur la durabilité et pour offrir aux fournisseurs et aux entrepreneurs la souplesse nécessaire pour élaborer des mélanges et des pratiques plus durables. Les spécifications normatives, lorsqu'une quantité minimale de ciment ou un ajout cimentaire maximal autorisé est spécifié, empêchent les producteurs de béton de fournir un béton plus innovateur qui peut répondre aux exigences de rendement tout en maximisant les approches à faible teneur en carbone. Dans certains cas, l'« âge au moment de l'essai » pour la conformité aux propriétés requises peut être prolongé si la résistance précoce n'est pas nécessaire avant 56 ou 91 jours.

Les exigences fondées sur le rendement décrivent les exigences de rendement souhaitées, y compris la résistance et la durabilité, en notant que les options à faible teneur en carbone sont privilégiées. Cela permet aux concepteurs de varier les ingrédients du mélange de béton de la façon la plus performante possible sur le plan du carbone tout en respectant les exigences du projet et les propriétés souhaitées.

### 6.2 Efficacité des matériaux

Construire seulement ce qui est nécessaire, en visant non pas à surdévelopper la structure, mais plutôt à la construire d'une taille adéquate. Éviter l'ingénierie excessive en travaillant avec des ingénieurs en structure pour comprendre les options permettant d'optimiser l'efficacité des matériaux, et potentiellement de réduire les matériaux utilisés et leurs émissions associées. Les méthodes peuvent comprendre<sup>31</sup>:

- **Des distances de travées plus courtes (moins de distance entre les colonnes)** qui permettent des dalles moins épaisses. Il est à noter qu'il faudra peut-être plus de colonnes pour compenser les travées plus étroites, ce qui pourrait signifier plus de béton, mais il pourrait quand même s'agir d'une diminution nette globale du béton.
- **Optimisation du renforcement.** Optimisation du renforcement. Par exemple, les dalles sur le sol peuvent être coulées sans renforcement si des mesures de contrôle des fissures différentes sont utilisées. Par ailleurs, il peut valoir la peine d'envisager un renforcement haute résistance, post-contraint ou précontraint, qui a souvent la même teneur en carbone intrinsèque que le renforcement conventionnel, mais qui permet d'utiliser moins de matériaux..

<sup>31</sup> Carbon Smart – Materials Palette, *Design and Construction Guidance*, [en anglais seulement], 2019 [Concrete – Design and Construction Guidance]

### 6.3 Utiliser du ciment Portland au calcaire (aussi appelé ciment d'usage général au calcaire)

En 2008, la spécification A3001 de la norme CSA a introduit une nouvelle classe de ciment Portland au calcaire (CPC), également connu sous le nom de « ciment d'usage général au calcaire » (GUL), contenant de 5 à 15 % maximum de calcaire, qui est broyé conjointement avec du clinker et du sulfate de calcium. Le remplacement d'une partie du ciment par du calcaire réduit la quantité de clinker nécessaire, qui est l'un des principaux contributeurs aux émissions de CO<sub>2</sub>. Il en résulte des réductions importantes de la quantité d'énergie utilisée en réduisant la quantité de carburant nécessaire à la production de clinker et en réduisant davantage les émissions de gaz à effet de serre en raison d'une plus petite quantité de calcaire soumis à la calcination. On sait que l'utilisation du ciment Portland au calcaire a un effet direct en réduisant les émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 10 % tout en offrant dans la plupart des cas un rendement équivalent à celui du ciment Portland. La norme CSA A23.1 sur le béton incluait le CPC en 2009, et cette norme a été adaptée par la suite dans les codes du bâtiment canadiens et provinciaux en 2011<sup>32</sup>.

Le ciment Portland au calcaire gagne en popularité depuis quelques années. En Colombie-Britannique, le CPC représente plus de 50 % de la consommation intérieure de ciment et est également prioritaire dans le plan climatique de la province. On s'attend à ce que l'adoption du CPC s'accélère à mesure que de plus en plus de décideurs le demanderont. Le CPC a le potentiel de réduire les émissions de gaz à effet de serre du Canada jusqu'à un maximum d'une mégatonne par année<sup>33</sup>.

Étant donné que le ciment Portland au calcaire est optimisé pour offrir un rendement comparable au ciment Portland ordinaire fabriqué au Canada, il n'est pas nécessaire d'apporter des changements importants à la conception des mélanges de béton lorsque tout le ciment est remplacé par du ciment Portland au calcaire<sup>34</sup>. Au taux de remplacement standard de 10 % du calcaire utilisé au Canada lors de la création du ciment Portland au calcaire, le ciment Portland peut être directement remplacé par le ciment Portland au calcaire sans aucun changement à la conception du mélange tout en ayant la même manutention et le même rendement. Toutefois, des ajustements à la dose d'adjuvants peuvent être nécessaires. À des taux de remplacement supérieurs à 10 % (ce qui nécessiterait une commande spéciale pour un produit à calcaire plus élevé auprès d'une cimenterie), d'autres paramètres de conception du mélange devraient être ajustés<sup>35</sup>.

L'industrie se dirige vers une utilisation du CPC par défaut. Le gouvernement du Canada pourrait accélérer cette transition en mentionnant le ciment Portland au calcaire comme type de ciment par défaut.

Il est à noter que d'autres types de ciment à faible teneur en carbone existent également, bien que la plupart d'entre eux ne soient pas actuellement aussi largement disponibles que le ciment Portland au calcaire. Pour en savoir plus, consultez l'annexe C.

### 6.4 Maximiser l'utilisation d'ajouts cimentaires (AC), de matériaux cimentaires de rechange ou de ciments Portland composés.

Il est recommandé de remplacer partiellement le ciment par des ajouts cimentaires (AC), comme le laitier de haut fourneau, les fumées de silice, le verre pulvérisé, les pouzzolanes naturelles et les cendres volantes. Au Canada, les ajouts cimentaires sont généralement ajoutés séparément par le producteur de béton. À l'exception du ciment Portland composé aux fumées de silice, les autres types de ciments Portland composés ne sont pas populaires au Canada à l'heure actuelle. La plupart des conceptions de mélanges de béton au Canada contiennent du laitier ou des cendres volantes comme substitut partiel du ciment Portland (généralement un taux de remplacement de 10 à 40 %). Le type d'ajouts cimentaires utilisé dépend de la disponibilité et de l'expérience locales. Cependant, les taux de remplacement sont limités soit en raison des limites des spécifications, soit en raison de la demande de la construction pour un développement de résistance précoce élevée et un durcissement rapide du béton. De plus, ce ne sont pas tous les ajouts cimentaires qui sont disponibles localement dans toutes les régions et, en raison

<sup>32</sup> Hooton, 2014.

<sup>33</sup> Association canadienne du ciment, *Brochure Contempra* [en anglais seulement].

<sup>34</sup> Association canadienne du ciment, *Brochure sur le ciment Portland au calcaire (Contempra<sup>MC</sup>)*, novembre 2018.

<sup>35</sup> Association canadienne du ciment, *présentation au Building Show*, décembre 2019

des nouvelles réglementations en matière d'environnement et de sécurité qui sont continuellement imposées aux centrales électriques au charbon (la source des cendres volantes), la qualité et la disponibilité de certains d'entre eux deviennent encore plus limitées. Par conséquent, les ajouts cimentaires de rechange qui ne sont pas encore définis comme ajouts cimentaires en vertu de la norme CSA A3001 peuvent être utilisés dans le béton pour procurer des avantages pouzzolaniques ou hydrauliques, à condition que leur fabrication soit à faible émission de CO<sub>2</sub> et respecte les exigences de la norme CSA A3001 pour les ajouts cimentaires de rechange.

Le remplacement d'une partie du ciment par des ajouts cimentaires entraînera d'autres réductions de carbone et peut également apporter d'autres avantages, notamment une plus faible perméabilité, une résistance accrue aux chlorures et aux sulfates, l'atténuation de la réaction silico-alcaline, une plus grande résistance, des températures plus basses pour le béton de masse et une amélioration de la maniabilité<sup>36</sup>.

Il est possible d'augmenter davantage la quantité d'ajouts cimentaires utilisée dans le béton ou d'encourager l'utilisation de mélanges ternaires. Toutefois, l'augmentation de la teneur en ajouts cimentaires peut entraîner une diminution du développement précoce de la résistance, et son rendement en ce qui a trait à sa durabilité quant au gel et au dégel, à la pénétration des chlorures et à la carbonation doit être soigneusement examiné avant l'utilisation. Un béton bien conçu et durci contenant de hauts niveaux d'ajouts cimentaires peut avoir un rendement exceptionnel. Des niveaux d'ajouts cimentaires allant jusqu'à 70 % pourraient être possibles pour certaines utilisations<sup>37</sup>. Les concepteurs de béton sont les mieux placés pour déterminer quels ajouts cimentaires utiliser et dans quels pourcentages. Par conséquent, au lieu de prescrire un pourcentage précis d'ajouts cimentaires, il faut envisager de mettre à jour les spécifications en fonction du rendement et de donner aux fournisseurs la possibilité de viser le béton le moins carboné possible. Cette approche axée sur le rendement permet au concepteur de faire preuve de souplesse et de pouvoir innover, notamment en maximisant les ajouts cimentaires selon les besoins de l'utilisation donnée. Voir la section Erreur ! Source du renvoi introuvable. pour en savoir plus sur la conception axée sur le rendement.

Veillez noter que dans certains cas, un pourcentage élevé d'ajouts cimentaires peut entraîner des effets sur la couleur du béton. Si la couleur du béton est importante, assurez-vous de discuter de cette exigence avec votre concepteur de mélange de béton.

### 6.5 Maximiser le contenu recyclé dans l'acier d'armature (barres d'armature)

Le béton armé contient de l'acier (barres d'armature). La plupart des barres d'armature au Canada contiennent du contenu recyclé. Il faut envisager un libellé qui accorde la priorité à un niveau élevé de contenu recyclé dans les barres d'armature ou qui l'exige afin de réduire au minimum le carbone intrinsèque. Les projets devraient permettre d'obtenir des taux de recyclage de l'acier des barres d'armature de plus de 95 % pour l'acier typique et de plus de 75 % pour l'acier de spécialité à haute résistance et l'acier inoxydable<sup>38</sup>.

### 6.6 Ajuster la « résistance selon l'âge » par élément structurel ou utilisation.

La résistance du béton augmente avec le temps; plus il y a de ciment, plus la résistance apparaît rapidement. Il faut envisager de permettre une variation de la date à laquelle la résistance à la compression est atteinte, au-delà de la « résistance selon l'âge » standard de 28 jours. On devrait demander à un ingénieur en structure responsable de déterminer les composants du bâtiment qui peuvent avoir un « âge d'essai plus long » (une période plus longue de 56 ou 90 jours pourrait être raisonnable selon le projet et l'utilisation), ce qui signifie qu'on peut utiliser moins de ciment et que la teneur en carbone intrinsèque est donc moindre. En général, le béton utilisé pour les fondations et certains éléments structuraux – semelles, dalles de propreté, murs de contreventement ou colonnes de niveau inférieur – n'a pas besoin d'une pleine résistance à 28 jours, ce qui fait que ces éléments sont de bons candidats pour un âge d'essai plus long, entraînant donc moins de ciment et de carbone<sup>39</sup>.

<sup>36</sup> Lafarge Canada.

<sup>37</sup> Par exemple, la technologie de béton Green Sense de BASF a remplacé 71 % du ciment Portland par des ajouts cimentaires, tout en respectant toutes les exigences de construction. Pour en savoir plus, consultez le document de BASF intitulé *Green Sense Concrete : The Concrete Technology for Sustainable Construction*.

<sup>38</sup> Concrete Reinforcing Steel Institute. LEED Position Statement. [https://www.crsi.org/Resources/misc/CRSI-LEED\\_Position\\_Statement.pdf](https://www.crsi.org/Resources/misc/CRSI-LEED_Position_Statement.pdf) [en anglais seulement].

<sup>39</sup> P. Melton, Building Green, *The Urgency of Embodied Carbon and What You Can Do about it*, [en anglais seulement], septembre 2018

## 6.7 Optimisation des granulats

Les spécifications nord-américaines actuelles pour le classement des granulats fins et grossiers peuvent faire en sorte que la densification des arrangements de particules soit loin d'être idéale. La teneur en pâte de ciment d'un mélange de béton est habituellement de 25 à 40 % du volume et le granulat occupe la plus grande partie du reste. La teneur en ciment d'un mélange de béton donné peut être réduite en optimisant la densification des arrangements de particules des granulats et en augmentant la teneur en charge minérale plus fine. À mesure que la fraction de la teneur en ciment diminue, la fraction totale du granulat augmente; par conséquent, des propriétés comme la résistance du béton, le rétrécissement au séchage et la résistance à la pénétration des fluides peuvent être améliorées. L'optimisation de la densification des arrangements de particules des granulats peut alors réduire la teneur en ciment requise sans compromettre le rendement du béton et, par conséquent, réduire davantage le carbone intrinsèque dans le béton.

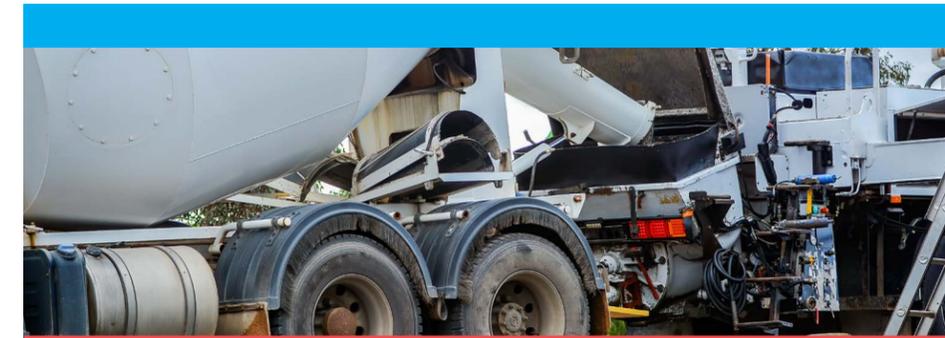
## 6.8 Utilisation des plastifiants réducteurs d'eau

Les plastifiants réducteurs d'eau sont habituellement ajoutés pour produire un béton de meilleure qualité. L'utilisation de cet adjuvant entraîne la dispersion des grains de ciment, ce qui offre une meilleure maniabilité et une distribution uniforme des particules de ciment tout en réduisant la quantité d'eau utilisée dans le mélange de béton pour une quantité constante de ciment. Cependant, il est également possible de l'utiliser pour réduire à la fois le ciment et l'eau tout en maintenant un rapport eau-ciment donné. De plus, l'utilisation d'un réducteur d'eau de grande portée (HRWR) peut également offrir une plus grande maniabilité et réduire davantage le contenu cimentaire d'un mélange de béton. Par conséquent, l'utilisation de ces adjuvants doit être envisagée pour réduire la teneur en ciment du béton..

## 6.9 Mention spéciale : Recyclage/réutilisation du béton concassé

*Remarque : Cette stratégie ne s'applique pas à la conception de nouveaux mélanges de béton (comme le font toutes les autres stratégies susmentionnées), mais elle a été incluse comme « mention spéciale » puisqu'il s'agit d'un moyen simple de réduire les répercussions environnementales grâce à une utilisation plus intelligente du béton concassé.*

Le béton concassé (comme celui provenant de la démolition d'un bâtiment) peut être utilisé sur place dans de nombreux cas, y compris comme remblai et couche de base des routes et des stationnements. Il faut envisager d'accorder la priorité à la réutilisation de tout béton concassé sur place lorsque des granulats de faible qualité sont nécessaires. Cela permettra de réduire les répercussions environnementales et financières liées à l'apport de granulat vierge sur le site et à l'élimination du béton concassé hors site.



## 7 Stratégies d'approvisionnement

### 7.1 Aperçu de la Politique fédérale d'approvisionnement du Canada

Le Conseil du Trésor du Canada (le Conseil du Trésor) s'est vu déléguer la responsabilité globale d'établir des politiques générales de dépenses dans le cadre du processus d'approvisionnement fédéral. En plus d'établir les principes généraux de la passation de marchés publics, le Conseil du Trésor est également responsable d'approuver les marchés conclus par les organismes fédéraux de passation de marchés lorsque ces marchés dépassent certains seuils monétaires établis périodiquement par le Conseil du Trésor.

Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC)<sup>40</sup>, anciennement Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, est le principal agent d'achat du gouvernement fédéral et est chargé de fournir des sources d'approvisionnement à la plupart des ministères fédéraux. La base législative et le cadre administratif de SPAC sont établis par la *Loi sur le ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux*<sup>41</sup>. En ce qui concerne l'approvisionnement en matériaux de construction, SPAC doit agir conformément à la *Loi sur la gestion des finances publiques*, au *Règlement sur les marchés de l'État* et aux directives émises par le Conseil du Trésor.

SPAC conserve un pouvoir discrétionnaire considérable pour établir des politiques et des procédures concernant le processus d'approvisionnement. Pour ce faire, plusieurs documents d'orientation, y compris le Guide des approvisionnements qui contient des politiques et des procédures ainsi que des renvois aux lois et aux directives sur l'approvisionnement en biens, en services et en travaux de construction<sup>42</sup>.

### 7.2 Engagements gouvernementaux de haut niveau en matière d'achats écologiques

Conformément au Programme de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies et à la Stratégie fédérale de développement durable du Canada, le gouvernement fédéral a élaboré sa Stratégie pour un gouvernement vert. En ce qui concerne le processus d'approvisionnement fédéral, la stratégie énumère les engagements liés aux matériaux de construction à faible teneur en carbone et à l'approvisionnement en construction<sup>44</sup> :

Le gouvernement réduira l'impact environnemental des matériaux de construction structuraux en faisant ce qui suit :

- la divulgation, d'ici 2022, de la quantité de carbone intrinsèque Voir la note en bas de page 12 dans les matériaux structuraux des grands projets de construction, basée sur l'intensité carbonique des matériaux ou sur une analyse du cycle de vie;
- la réduction de 30 %, à compter de 2025, du carbone intégré dans les matériaux structuraux des grands projets de construction en utilisant des matériaux recyclés et à plus faible teneur en carbone, l'efficacité des matériaux et des normes de conception axées sur le rendement;
- la réalisation d'analyses intégrées du cycle de vie des immeubles (ou des biens) d'ici 2025 au plus tard pour les grands projets de construction et d'infrastructure.

### 7.3 Points d'insertion axés sur les politiques

Les points d'insertion axés sur les politiques suivants fournissent des exemples de politiques, de lignes directrices ou de guides précis où des exigences en matière de carbone intrinsèque pourraient être intégrées. Bien qu'il s'agisse de documents centraux qui régissent les achats écologiques au Canada, il ne semble pas y avoir d'exigences précises dans le Guide des approvisionnements ou la Politique d'achats écologiques du Canada concernant l'achat de matériaux à faible teneur en carbone, ou quoi que ce soit de

Veillez noter que ce guide d'introduction doit être utilisé conjointement avec les politiques d'approvisionnement et les pratiques exemplaires existantes, y compris l'adhésion aux traités commerciaux.

### Politique d'achats écologiques du Canada

- Présenté en 2006 et mis à jour en 2018, ce document vise à intégrer les considérations environnementales dans les activités d'approvisionnement<sup>44</sup>. Cela comprend la planification, l'achat, l'utilisation, l'entretien et l'élimination afin de réduire l'impact environnemental et d'assurer le meilleur rapport qualité-prix.
- Par exemple, la politique pourrait être révisée afin d'exiger, de prioriser ou d'encourager les matériaux qui ont des DEP associées accompagnant les soumissions d'approvisionnement qui démontreraient que le carbone intrinsèque est inférieur à un certain seuil.
  - En Californie, à titre d'exemple, la Buy Clean California Act exigera d'ici 2020 que les équipes de projet soumettent des DEP propres aux installations. D'ici 2021, l'État publiera un ensemble de seuils/plafonds de carbone intrinsèque qui doivent être respectés pour que des matériaux de construction particuliers soient achetés par l'État<sup>45</sup>. Remarque : Le béton a été exclu de la version actuelle de la politique, mais il doit être inclus dans la version future.

### Guide des approvisionnements de SPAC<sup>46</sup>

- Le guide fournit des politiques et des procédures pour les agents de négociation des marchés de SPAC qui procèdent au processus d'approvisionnement.
- L'article 1.10.10 énumère les « pratiques exemplaires en matière d'approvisionnement »; il s'agit d'un endroit où les exigences donnant la priorité à une faible teneur en carbone intrinsèque pourraient être insérées.
- L'article 4.15.5 énonce plusieurs exigences pour que les agents de négociation des marchés tiennent compte des achats écologiques dans la préparation des documents de demandes de soumissions. Une révision pourrait exiger que les agents envisagent l'intégration des exigences relatives aux matériaux à faible teneur en carbone dans les documents de demandes de soumissions.
- L'alinéa 1.60.1e) énumère les exigences auxquelles doivent satisfaire les agents de négociation des marchés qui supervisent le processus d'approvisionnement. Le point (ii) indique que les agents doivent « incorporer au processus de gestion des biens et des services des considérations environnementales pour les instruments d'achat, s'il y a lieu ».
  - Il n'y a pas de section distincte sur les définitions dans le Guide des approvisionnements, mais l'article 1.60.1. pourrait définir les « considérations environnementales » pour inclure le carbone intrinsèque des matériaux.

### Devis directeur national (DDN) de la construction au Canada

- Devis directeur détaillé servant de cadre pour la rédaction des devis des projets de construction au Canada<sup>47</sup>.
- Le document contient plus de 850 sections de devis types de conception et de construction qui peuvent être modifiés par rapport à l'original pour produire un document adapté à un projet particulier, destiné à être utilisé par le gouvernement fédéral, les organismes publics, et le secteur privé dans la préparation des contrats de construction et de rénovation.
- Les spécialistes du gouvernement et de l'industrie examinent régulièrement le DDN pour s'assurer que le contenu reflète les normes, les pratiques et la technologie actuelles.

<sup>40</sup> *Services publics et Approvisionnement Canada*, page principale.

<sup>41</sup> L.C. 1996, ch. 16

<sup>42</sup> *Services publics et Approvisionnement Canada, Guide des approvisionnements*, version 2019-3 [Guide des approvisionnements].

<sup>43</sup> Gouvernement du Canada, *Stratégie pour un gouvernement vert*, 2017

<sup>44</sup> Gouvernement du Canada, *Politique d'achats écologiques*, 2018

<sup>45</sup> *Buy Clean Washington Study*, p. 2 à 6. Voir aussi : *Buy Clean California Act* [en anglais seulement].

<sup>46</sup> Gouvernement du Canada, *Services publics et Approvisionnement Canada, Guide des approvisionnements*, 2021-1

<sup>47</sup> *Guide des approvisionnements de Services publics et Approvisionnement Canada*

- Le DDN décrit des options pour des matériaux de construction qui respectent ou dépassent les codes, les normes ou les exigences applicables du maître de l'ouvrage. Bien qu'il soit fortement axé sur les exigences des ministères fédéraux, le DDN n'est peut-être pas l'outil le plus approprié pour imposer les exigences relatives aux matériaux à faible teneur en carbone. Le DDN peut plutôt servir de plateforme pour transmettre des exigences quantifiables propres à un projet et permettre à la collectivité de l'architecture, du génie et de la construction (AEC) d'atteindre les cibles stratégiques du gouvernement.
- Chaque section du DDN comprend des notes de devis intégrées au texte pour aider les concepteurs à choisir le matériau qu'ils utiliseront pour leur projet de construction.
- La Division 03 – Béton, du DDN, comprend 18 sections de devis qui précisent différents types de béton, soit par prescription ou par rendement, et d'autres matériaux utilisés en relation avec le béton, comme le coffrage ou l'époxy.
- La publication du DDN (2021-01) comprenait les éléments suivants :
  - « Division 01 – Exigences générales » – Présentation des règles de catégorie de produit (RCP) et des évaluations du cycle de vie pour appuyer les procédures de présentation des déclarations environnementales de produits (DEP).
  - « Division 03 – Béton » :
    - Présentation des dernières normes et technologies, du ciment Portland au calcaire (GUL), des ajouts cimentaires, du contenu recyclé et des exigences en matière d'entraînement du CO<sub>2</sub>.
    - Paramètres fictifs pour l'établissement de limites ou de cibles de réduction propres aux matériaux pour le potentiel de réchauffement de la planète (PRP), et présentation de DEP.
  - Devis fondés sur le rendement – Référence à la Stratégie pour un gouvernement vert, et introduction de considérations de conception au niveau du projet pour les systèmes et les matériaux à faible teneur en carbone.

## 7.4 Points d'insertion de la politique d'approvisionnement et du carbone intrinsèque potentiel

Voici les principales étapes du processus d'approvisionnement en matière de construction<sup>49</sup>. L'approvisionnement est un outil essentiel pour le gouvernement du Canada, car il permet l'intégration d'exigences de faible teneur en carbone intrinsèque dans la conception des bâtiments et les opérations de construction. Les suggestions ci-dessous décrivent plusieurs points d'insertion possibles pour les exigences de faible teneur en carbone intrinsèque dans le processus d'approvisionnement du gouvernement pour un projet de construction. Veuillez noter que certaines stratégies peuvent être plus applicables aux projets de grande valeur, car elles auront probablement plus de temps, de portée, de budget, de ressources et de potentiel de réduction des teneurs en carbone.

### 1. Planification

La planification comprend l'élaboration et l'organisation de la stratégie de réalisation du projet et la préparation d'instructions complètes sur le projet à l'intention de l'équipe de projet en fonction des paramètres de la portée, du temps, des coûts et des risques. La stratégie d'approvisionnement doit satisfaire aux exigences opérationnelles du client et être conforme aux exigences juridiques, tout en optimisant les ressources et en réalisant les objectifs nationaux, y compris les engagements visant l'utilisation de matériaux à faible teneur en carbone.

Point d'insertion du carbone intrinsèque : Envisager d'insérer un libellé sur l'établissement de la priorité des matériaux à faible teneur en carbone dans les documents de stratégie du projet. Des liens peuvent être établis avec les cibles et les programmes fédéraux, y compris plusieurs des engagements de la Stratégie pour un gouvernement vert mentionnés à la section 7.2 ci-dessus.

### 2. Obtention de services de conception

L'approvisionnement en services de conception comprend l'élaboration d'un énoncé des travaux (EDT) et de documents d'approvisionnement pour retenir les services d'un expert-conseil principal en services d'architecture ou d'ingénierie. Les exigences de service sont ensuite officialisées dans un contrat.

Point d'insertion du carbone intrinsèque : Énoncer une exigence (obligatoire, fondée sur la politique) ou le désir d'envisager ou d'utiliser du béton à faible teneur en carbone dans l'EDT ou le document d'approvisionnement pour obtenir l'adhésion des services de conception. Veiller à ce que ces exigences de faibles émissions de carbone soient également intégrées dans les documents de contrat de conception. Des cibles gouvernementales ou des exigences stratégiques connexes, ainsi que des exemples de pratiques exemplaires comme celles qui se trouvent dans la Section 6, pourraient être inclus pour guider les concepteurs.

### 3. Conception et établissement des coûts

La conception comprend l'élaboration de documents de construction comprenant des plans et devis conformes aux objectifs et aux exigences du projet et la production des documents d'approbation requis pour l'approbation définitive du projet.

Points d'insertion de carbone intrinsèque : Tout au long de l'étape de la conception, le concepteur suivra les instructions convenues dans le contrat de service de conception, qui pourrait inclure des considérations relatives à une faible teneur en carbone. Tout au long du processus de conception, veiller à ce que les exigences du contrat relatives à une faible teneur en carbone soient respectées. Les considérations comprennent l'établissement de la priorité des matériaux à plus faible teneur en carbone, la divulgation du carbone intrinsèque du projet et des matériaux et processus particuliers.

### 4. Obtention de services de construction

Des services de construction sont obtenus pour livrer le produit défini dans la solution de conception approuvée qui répond aux objectifs et aux exigences du projet énoncés dans les documents du contrat de construction, y compris les plans et les devis. Le constructeur, qu'il s'agisse d'un entrepreneur général ou d'un sous-traitant de béton, fournira un prix pour réaliser les services en fonction des documents contractuels.

Point d'insertion du carbone intrinsèque : L'entrepreneur général pourrait demander aux équipes de construction de fournir des DEP pour les matériaux achetés ou d'accorder la priorité aux méthodes et aux matériaux de construction à plus faible teneur en carbone, de divulguer le carbone intrinsèque du projet et les matériaux et procédés particuliers, et de réutiliser le béton concassé sur place, le cas échéant. Les contrats de construction pourraient également inclure des exigences relatives au suivi de l'information sur le carbone pour les matériaux achetés, comme la quantité, le contenu recyclé et le nom et l'emplacement de l'usine (et donc la distance de transport). Ces exigences devraient être prises en compte à l'étape de la conception du projet et incluses dans le devis du projet, ainsi que dans les instructions d'opération du projet et les contrats des fournisseurs de services connexes.

### 5. Construction

Toutes les activités liées à la construction sont menées à cette étape conformément aux documents contractuels. La mise en service garantit qu'un bâtiment répondra à toutes les exigences lorsqu'il sera remis à son propriétaire. Le constructeur, qu'il s'agisse d'un entrepreneur général ou d'un sous-traitant de béton, fournira les services en fonction des documents contractuels.

**Point d'insertion du carbone intrinsèque :** Veiller à ce que les exigences relatives au carbone des contrats de construction soient respectées tout au long du processus de construction. Les considérations pourraient comprendre la collecte de données pendant la construction, y compris les quantités de matériaux et les fournisseurs de béton. Il s'agit de renseignements précieux pour calculer le carbone intrinsèque associé au béton et au projet dans son ensemble. Ces exigences devraient être prises en compte à l'étape de la conception du projet et incluses dans le devis du projet, ainsi que dans les instructions d'opération du projet et les contrats des fournisseurs de services connexes.

### 6. Transfert, exploitation et entretien

Après la fin des travaux de construction et de mise en service, un transfert est effectué entre le constructeur et le mandataire de la Couronne, et les locataires emménagent dans l'immeuble. Habituellement, c'est le début d'une période de garantie d'un an.

**Point d'insertion du carbone intrinsèque :** Les propriétaires et les exploitants d'immeubles peuvent accorder une priorité aux matériaux à faible teneur en carbone et les préciser pour toutes les activités d'entretien, de réparation et de remise à neuf à venir. Des stratégies à plus faible teneur en carbone pour les matériaux en fin de vie peuvent également être adoptées, y compris des exigences de démontage et de réutilisation/recyclage au lieu de la démolition. Il peut également être nécessaire de produire

des rapports et de divulguer l'empreinte carbone annuelle des opérations. Ces exigences seraient habituellement créées au cours des phases antérieures du projet et pourraient être incluses dans les devis de projet, les contrats avec les fournisseurs de services ou les instructions d'exploitation du projet. Ces exigences devraient être prises en compte à l'étape de la conception du projet et incluses dans le devis du projet, ainsi que dans les instructions d'opération du projet et les contrats des fournisseurs de services connexes.



## 8 ANNEXE A – DEP pour le béton et le ciment à l'échelle de l'Amérique du Nord et du Canada

Voici une liste complète des DEP pour le béton et le ciment à l'échelle de l'Amérique du Nord et du Canada en date de décembre 2019. Voir la section 5.2 pour en connaître davantage.

Couverture	Type de produit	Produit	Entreprise	Type de DEP	Lien
	Béton prêt à l'emploi	Béton prêt à l'emploi	Association canadienne du béton préparé (CRMCA)	Moyennes de l'industrie	<a href="https://www.crmca.ca/">https://www.crmca.ca/</a> (disponible en anglais et en français)
	Béton prêt à l'emploi, usine spécifique pour 8 emplacements en C-B	Béton prêt à l'emploi, ECOPact	Lafarge Canada	Propre à l'installation	<a href="https://www.lafarge.ca/en/ecopact-epds">https://www.lafarge.ca/en/ecopact-epds</a>  Emplacements des usines: - Chilliwack - Clearbrook (Abbotsford) - Avenue Kent (Vancouver) - Maple Ridge - Vancouver-Nord - Port Mann (Coquitlam) - Surrey - Port de Vancouver
	Ciment	Ciment d'usage général (GU) et ciment Portland au calcaire (GUL)	Association canadienne du ciment	Moyennes de l'industrie	<a href="https://www.csaregistries.ca/">https://www.csaregistries.ca/</a>
	Ciment (propre à l'installation) Cimenterie Lafarge Richmond BC	Ciment d'usage général (GU) et ciment Portland au calcaire (GUL)	Lafarge	Propre à l'installation	<a href="https://www.csaregistries.ca/">https://www.csaregistries.ca/</a>

Couverture	Type de produit	Produit	Entreprise	Type de DEP	Lien
	Ciment, Lehigh, Edmonton, AB	Ciment d'usage général (GU) et ciment Portland au calcaire (GUL) (GULb/HSLb), sulfate élevé (HS) et élevé, précoce (HE)	Lehigh Cement	Propre à l'installation	<a href="https://www.lehighhanson.com/resources/epds">https://www.lehighhanson.com/resources/epds</a>
	Ciment, Lehigh, Delta, C-B	Ciment d'usage général (GU), ciment Portland au calcaire (GUL), et élevé, précoce (HE)	Lehigh Cement	Propre à l'installation	<a href="https://www.lehighhanson.com/resources/epds">https://www.lehighhanson.com/resources/epds</a>
	Ciment, Lehigh, Picton, ON	Ciment d'usage général (GU), ciment Portland au calcaire (GUL), Sulfate modéré (MS), élevé, précoce (HE), et Ciment de maçonnerie	Lehigh Cement	Propre à l'installation	<a href="https://www.lehighhanson.com/resources/epds">https://www.lehighhanson.com/resources/epds</a>
	Éléments de maçonnerie en béton	Éléments de maçonnerie en béton légers et de poids normal	Association canadienne des producteurs de maçonnerie en béton (ACPMB)	Moyennes de l'industrie	<a href="https://ccmpa.ca/wp-content/uploads/2021/01/311.EPD_for_CCMPA_Normal-Weight_And_Light-Weight-Concrete_Masonry_Units">https://ccmpa.ca/wp-content/uploads/2021/01/311.EPD_for_CCMPA_Normal-Weight_And_Light-Weight-Concrete_Masonry_Units</a>

Couverture	Type de produit	Produit	Entreprise	Type de DEP	Lien
	Produits de génie civil préfabriqués en béton	Tuyaux en béton, structures de boîtes et trous d'homme/puisards	Canadian Concrete Pipe and Precast Association (CCPPA)	Moyennes de l'industrie	<a href="https://ccppa.ca/environmental-product-declaration/">https://ccppa.ca/environmental-product-declaration/</a>
	Béton préfabriqué	Panneaux muraux architecturaux et isolés	Institut canadien du béton préfabriqué et précontraint (CPCI)	Moyennes de l'industrie	<a href="http://www.sustainableprecast.ca/fr/pcr_epd/">http://www.sustainableprecast.ca/fr/pcr_epd/</a>
	Béton préfabriqué	Produits de béton structurel préfabriqué	Institut canadien du béton préfabriqué et précontraint (CPCI)	Moyennes de l'industrie	<a href="http://www.sustainableprecast.ca/fr/pcr_epd/">http://www.sustainableprecast.ca/fr/pcr_epd/</a>
	Béton préfabriqué	Produits de béton préfabriqué souterrains	Institut canadien du béton préfabriqué et précontraint (CPCI)	Moyennes de l'industrie	<a href="http://www.sustainableprecast.ca/fr/pcr_epd/">http://www.sustainableprecast.ca/fr/pcr_epd/</a>
	Briques, blocs et pavés de béton	Dalle Cassara et pavé Boulevard	Permacon	Propre à l'installation	<a href="https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale">https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale</a>
	Briques, blocs et pavés de béton	Brique Melville Silk	Permacon	Propre à l'installation	<a href="https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale">https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale</a>

## 9 ANNEXE B : Stratégies supplémentaires pour le béton à faible teneur en carbone

En plus des stratégies qui peuvent être facilement intégrées dans les documents d'approvisionnement (voir la section 6), il existe d'autres façons de réduire le carbone dans le béton. Certaines de ces stratégies sont maintenant prêtes à être mises en oeuvre, tandis que d'autres sont des innovations en cours d'élaboration. La liste ci-dessous peut vous aider à proposer des options pour discuter avec vos fournisseurs de béton des investissements futurs qu'ils pourraient envisager d'effectuer dans leurs installations de production et qui pourraient mener à une réduction du béton à l'avenir.

### 9.1 Passage à des carburants à plus faible teneur en carbone

The industry is transitioning to lower carbon fuels by replacing fossil fuels currently used in the cement manufacture process (e.g. coal, petcoke, and natural gas) with lower carbon alternatives from the waste stream. This cost competitive pathway can lead to emissions reductions estimated at 20-30%.<sup>50</sup> Prioritize actions that help cement manufacturers decarbonize their production process.

### 9.2 Méthodes de mélange

Certaines méthodes de mélange du béton peuvent créer du béton à haute résistance avec un volume plus faible de ciment. Par exemple, le procédé de dispersion-remplissage des granulats (distribution contrôlée de la taille des particules) ajoute de 10 à 30 % de volume à mesure que les granulats sont mélangés<sup>50</sup>. Cette augmentation du volume signifie que l'on utilise de 10 à 30 % moins de ciment que les bétons conventionnels, ce qui réduit les émissions de carbone tout en augmentant la résistance à la compression du mélange.

### 9.3 Granulats solides, propres et résistants

Dans la mesure du possible, l'utilisation de granulats plus résistants réduira la quantité de ciment nécessaire pour obtenir la résistance désirée, et peut créer du béton ayant une grande résistance à l'abrasion et une durée de vie accrue<sup>51</sup>.

### 9.4 Séquestration du carbone

Demander aux fournisseurs de béton s'ils peuvent utiliser des méthodes de séquestration du carbone ou d'injection de CO<sub>2</sub>, le cas échéant. La nouvelle technologie de captage du carbone capte le carbone émis pendant la fabrication du ciment et l'injecte dans le béton pendant le mélange. C'est ce qu'on appelle la minéralisation du CO<sub>2</sub>, où une partie du CO<sub>2</sub> est convertie en minéral et est capturée de façon permanente. Voici des exemples d'entreprises qui offrent des technologies de captage, d'utilisation et de stockage du carbone (CUSC) : Carbon Cure, Carbon8, International CCS Knowledge Centre, Pondtech, Blue Planet, CO<sub>2</sub> Solutions, Svante, Carbon Engineering, et Carbon Upcycling. Voici des exemples de fabricants qui investissent dans la technologie CUSC : Étude de faisabilité avancée de 3 millions de dollars de Lehigh Hanson pour une technologie CUSC à grande échelle dans une cimenterie d'Edmonton, ou installation complète par Lafarge Canada d'un système CUSC de prétraitement du gaz de cheminée à Richmond, en Colombie-Britannique<sup>52</sup>. Cette méthode peut s'appliquer davantage aux blocs de béton ou au béton préfabriqué architectural. D'autres travaux et recherches sont nécessaires sur l'influence de la séquestration du carbone pour le béton armé.

Couverture	Type de produit	Produit	Entreprise	Type de DEP	Lien
	Briques, blocs et pavés de béton	Standard Block and Noble Architectural Block with Glass Powder	Permacon	Propre à l'installation	<a href="https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale">https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale</a>
	Briques, blocs et pavés de béton	Blocs de béton léger avec poudre de verre	Permacon	Propre à l'installation	<a href="https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale">https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale</a>
	Briques, blocs et pavés de béton	Standard Concrete Block	Permacon	Propre à l'installation	<a href="https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale">https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale</a>
	Briques, blocs et pavés de béton	Soundblox	Permacon	Propre à l'installation	<a href="https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale">https://permacon.ca/fr/pro/certification-environnementale</a>
	Pavés de béton	Pavés de béton à emboîtement et dalles de pavage	Expocrete	Propre à l'installation	<a href="http://www.expocrete.com">http://www.expocrete.com</a>

<sup>49</sup> Conseil du bâtiment durable du Canada, *Taking Concrete Steps to a Carbon Neutral Future*, 11 décembre 2019 [en anglais seulement].

<sup>50</sup> Shen, W, et. al., *Low Carbon Concrete Prepared with Scatter-Filling Coarse Aggregate Process*, [en anglais seulement], décembre 2014.

<sup>51</sup> Béton – Guide de conception et de construction

<sup>52</sup> Conseil du bâtiment durable du Canada, *Taking Concrete Steps to a Carbon Neutral Future* [Webinaire en anglais], 11 décembre 2019.

## 10 ANNEXE C : Exemples de politiques sur le béton à faible teneur en carbone

### 10.1 Ville de Portland (Oregon) – Achat de béton à faible teneur en carbone

En 2016, la Ville de Portland (Portland) a déterminé que les services de construction étaient la principale catégorie de dépenses contribuant aux émissions de sa chaîne d'approvisionnement. Le béton était l'un des matériaux les plus polluants couramment utilisés par la Ville de Portland.

En mai 2019, la Ville de Portland a publié un avis concernant les nouvelles exigences suivantes pour le processus d'approbation de l'approvisionnement en béton fait avec du ciment Portland<sup>56</sup> :

- *Janvier 2020 : Une déclaration environnementale de produit (DPE) de type III propre au produit sera exigée pour tout le béton figurant sur la liste de conception de mélange de béton (pré)approuvé de Portland, ou proposé pour une utilisation de plus de 50vg3 dans les projets de construction de Portland.*
- *Avril 2021 : Les Services d'approvisionnement de Portland publieront le PRP maximal acceptable en fonction des données recueillies auprès de l'industrie et d'autres intervenants.*
- *Janvier 2022 : Tout le béton soumis pour figurer sur la liste de conception de mélange de béton (pré)approuvé de Portland ou pour être utilisé dans les projets de construction de Portland devra avoir un PRP inférieur à la valeur maximale du PRP établie dans sa catégorie de résistance.*

### 10.2 Comté de Marin, Californie – Codes sur le béton à faible teneur en carbone

Le projet de codes sur le béton à faible teneur en carbone<sup>58</sup> vise à modifier les normes de construction locales afin d'appuyer la réduction des émissions de carbone intrinsèques des matériaux de construction, en commençant par le béton. L'approche est la suivante :

- À l'automne 2019, les gouvernements locaux ont adopté un libellé de code modèle.
- D'ici 2022, créer des devis pour le béton à faible teneur en carbone pour les utilisations résidentielles et non résidentielles, et les appliquer à quatre projets pilotes.
- Créer un groupe de travail sur le béton dans la région de la baie en tant qu'extension du réseau de carbone intrinsèque.

Ces codes sont fondés sur des réalités locales et ne représentent pas une pratique exemplaire théorique.

Les documents comprennent des ébauches des documents suivants :

- Exemple de devis résidentiel
- Exemple de devis non résidentiel
- Formulaire de conformité pour le béton à faible teneur en carbone (ciment)
- Formulaire de conformité pour le béton à faible teneur en carbone (carbone intrinsèque)
- Étude des limites pour le ciment et le carbone intrinsèque dans le béton

### 9.5 Durcissement par carbonatation du béton préfabriqué

Les produits en béton préfabriqué sont habituellement fabriqués à l'aide de procédés hautement mécanisés, y compris le durcissement à forte consommation d'énergie et d'eau. Les produits en béton préfabriqué comprennent les blocs, les pavés, les panneaux, les tuyaux et les barrières.

La méthode actuelle de durcissement du béton préfabriqué utilise le durcissement à la vapeur, qui consomme des quantités importantes d'énergie, et le CO<sub>2</sub> pourrait être mis en oeuvre, le cas échéant. Le durcissement par carbonation est une autre méthode à l'étude. Le procédé consiste à exposer le béton préfabriqué frais au CO<sub>2</sub>, afin de provoquer une réaction qui formera des microstructures carbonatées thermodynamiquement stables. La caractéristique unique du durcissement par carbonation est qu'il consomme le CO<sub>2</sub> émis par une source externe de combustion à partir de combustibles fossiles. La conception pour la (re) carbonation pourrait éliminer jusqu'à 20 % des émissions de procédés industriels associées à la teneur en ciment<sup>53</sup>. Cependant, d'autres travaux et recherches sont nécessaires pour étudier l'effet du durcissement par carbonation sur le béton armé.

Les avantages de ce processus comprennent ceux-ci<sup>54</sup>:

- **Réduction pouvant atteindre 120 kg de CO<sub>2</sub> par tonne de béton.** Les usines de béton préfabriqué peuvent consommer plus de CO<sub>2</sub> qu'elles ne produisent.
- **Adaptation à faible coût et mise à niveau de l'équipement standard de l'industrie :** Le procédé est conçu comme une solution instantanée pour les usines de béton préfabriqué existantes ou nouvelles qui viendra compléter l'équipement de procédé standard et réduira au minimum les coûts de modernisation.
- **Réduction des coûts de production unitaire et d'exploitation de l'usine :** Réduction des coûts d'exploitation des installations préfabriquées grâce à la réduction de la consommation d'énergie et d'eau possible grâce à la modernisation à faible coût de l'équipement des installations existantes. Les usines peuvent réduire d'autres dépenses d'exploitation associées à une production plus rapide, à une moins grande manutention des stocks et à moins de défauts de rétrécissement.
- **Rendement du matériel égal ou supérieur :** Cela comprend l'amélioration de la durabilité relative au gel/dégel et la réduction de l'absorption de l'eau.
- **Développement accéléré de la résistance**
- **Utilisation d'ajouts cimentaires qui sont des déchets** comme le laitier et les cendres volantes pour remplacer le ciment.
- **Aucune exigence chimique**

On a estimé que les réductions réalisées lors de la modernisation d'une seule usine moyenne équivalaient aux émissions annuelles de 700 voitures, ou si la mise en oeuvre était généralisée, la réduction estimée du carbone pourrait être de l'ordre de plusieurs millions de tonnes par année.

Les essais pilotes de ce processus sont gérés par Carbon Sense Solutions Inc., à Halifax, au Canada. Le projet pilote a permis d'obtenir du béton 15 % plus résistant, ce qui a entraîné une réduction de 10 % de la consommation de ciment, une réduction de 38 % des besoins en énergie et une amélioration de la productivité<sup>55</sup>.

<sup>53</sup> Taking Concrete Steps to a Carbon Neutral Future [en anglais seulement].

<sup>54</sup> S. Monkman, R. Niven, *Integration of Carbon Dioxide Curing into Precast Concrete Production* [en anglais seulement].

<sup>55</sup> Province de la Nouvelle-Écosse, *Technical Paper: Carbon Sense Solutions Inc.*, [en anglais seulement], 2017

<sup>56</sup> Ville de Portland, *Notice of New Requirements for Concrete*, [en anglais seulement], 15 mai 2019.

<sup>57</sup> Comté de Marin, *Bay Area Low Carbon Concrete Codes Project*, [en anglais seulement], 20 octobre 2019.

Un exemple de formulaire de conformité pour le béton à faible teneur en carbone est présenté à la Figure 8. Un formulaire de conformité semblable pourrait être préparé pour le gouvernement du Canada..

#### Formulaire de conformité pour le béton à faible teneur en carbone (carbone intrinsèque)

Ce formulaire doit être rempli par la partie indiquée dans chaque section pour se conformer aux exigences relatives au béton à faible teneur en carbone du projet.

Nom du projet \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

À REMPLIR PAR L'ÉQUIPE DE CONCEPTION AUX FINS D'APPROBATION DE LA VÉRIFICATION DU PLAN						À REMPLIR PAR L'ENTREPRENEUR				
À remplir par l'ingénieur en structure qui doit l'inclure dans les spécifications pour le béton du manuel de projet soumis au service du bâtiment pour vérification du plan.						À remplir par l'entrepreneur général et à remettre à l'architecte dans les six semaines suivant l'achèvement des travaux de béton.				
Date :						Date :				
Nom de l'entreprise de l'ingénieur en structure :						Nom de l'entreprise de l'entrepreneur général :				
Signature :						Signature :				
Nom en lettres moulées :						Nom en lettres moulées :				
Nom du mélange de béton	Résistance de la conception, f <sub>c</sub> par spéc (psi)	Utilisé pour (indiquer s'il faut une résistance précoces)	Volume estimé (cyd)	CI max par spéc (kg/m <sup>3</sup> )	Limite de CI par code (kg/m <sup>3</sup> )	Volume fourni (cyd)	Nom du fournisseur de béton	Code du lot de béton	CI réel (kg/m <sup>3</sup> )	Limite de CI par code (kg/m <sup>3</sup> )
Les rangées ne doivent être utilisées que si l'entrepreneur utilise la méthode budgétaire.		CI total de tout le béton utilisé dans le cadre du projet (kgCO <sub>2</sub> e)				CI total de tout le béton utilisé dans le cadre du projet (kgCO <sub>2</sub> e)				
		CI total autorisé pour tout le béton du projet (kgCO <sub>2</sub> e)				CI total autorisé pour tout le béton du projet (kgCO <sub>2</sub> e)				
Signature d'approbation à la vérification du plan :						Signature d'approbation du permis TCO :				
Nom en lettres moulées :						Nom en lettres moulées :				
Date :						Date :				

Figure 7 : Comté de Marin, Projet de codes sur le béton à faible teneur en carbone dans la région de la baie – exemple de formulaire de conformité