

**Captage et utilisation
du carbone dans
les matériaux de
construction
cimentaires**

Guide d'introduction au marché

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier du gouvernement du Canada.

This project was undertaken with the financial support of the Government of Canada.



Tous droits réservés © 2025 Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCA)
ISBN : 978-1-998647-10-1

Ce document peut être reproduit, en tout ou en partie, sans frais ou sans permission écrite, sous réserve de mentionner les sources appropriées et de n'apporter aucune modification aux contenus. Tous les autres droits sont réservés.

Les analyses et points de vue exprimés dans ce document sont ceux du CBDCA et ne reflètent pas nécessairement ceux des affiliés du CBDCA (y compris les supporters, les bailleurs de fonds, les membres et les autres participants). Les affiliés du CBDCA n'approuvent ni ne garantissent aucune partie ou aucun aspect de ce document, et les affiliés du CBDCA ne sont pas responsables (directement ou indirectement) de tout problème pouvant être relié à ce document.

Le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCA) reconnaît la contribution du gouvernement du Canada à la préparation de ce rapport. Le CBDCA remercie les membres du comité consultatif d'experts du CUC-MCC et toutes les parties prenantes qui ont été consultées dans le cadre de l'élaboration de ce document.

À propos du Conseil du bâtiment durable du Canada

Le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCA) se fait le champion du secteur du bâtiment durable au Canada. Il offre de la formation, des services et des certifications, comme celles du programme LEED et des Normes du bâtiment à carbone zéro, qui aident le secteur du bâtiment à concevoir, à construire et à exploiter des bâtiments qui améliorent la résilience, augmentent la valeur des actifs et réduisent les impacts environnementaux. En collaboration avec ses membres et des intervenants de l'industrie et des administrations publiques, il trace la voie vers un avenir résilient et à faibles émissions de carbone. Pour en savoir plus : <https://www.cagbc.org/fr/>.

À propos de Pratus Group (en partenariat avec Quasar Consulting Group)

Pratus Group (pratusgroup.com), en partenariat avec Quasar Consulting Group, est une société d'experts-conseils qui offre des services complets en génie mécanique et électrique, ainsi qu'en TI, communications et systèmes d'automatisation, en durabilité, en modélisation énergétique et en mise en service. La société compte plusieurs bureaux au Canada. Ensemble, Pratus Group et Quasar apportent leur expertise dans la conception, l'aménagement et l'exploitation de bâtiments et d'infrastructures durables et à faibles émissions de carbone.

Table des matières

Sommaire

Introduction et objet du projet

Ce que nous avons appris

Aperçu et contexte

Introduction

Comment le béton est fabriqué

Utilisation du béton au Canada

Contexte du carbone intrinsèque

Mesures favorisant la réduction du carbone intrinsèque au Canada

Stratégies de décarbonation pour le béton et le ciment

Définition du CUC

Portée et ampleur de l'impact potentiel des émissions

Le CUC-MCC au Canada

Le CUC-MCC en contexte mondial

Opportunités et avantages du CUC-MCC pour le Canada

4

5

8

11

12

14

17

19

21

24

26

29

31

33

34

Ce que nous avons appris

Saisir l'occasion

Technologies naissantes

Solutions prêtes au déploiement

Codes et normes

Définir des matériaux à faible teneur en carbone

Aspects économiques du CUC-MCC

Politiques publiques et approvisionnement

35

36

38

40

41

42

43

44

Conclusion et prochaines étapes

45

Annexes

Annexe A : Remerciements

Annexe B : Références

46

46

48

Sommaire



Introduction et objet du projet

L'atteinte des cibles climatiques du Canada nécessitera une approche globale de tous les secteurs de notre économie nationale. La fabrication industrielle des matériaux utilisés dans la construction des bâtiments et des infrastructures contribue aux émissions de carbone.

La décarbonation de ces industries lourdes aura un impact important sur les émissions, mais nécessitera des stratégies uniques.

Le béton et le ciment ont été identifiés spécifiquement comme matériaux de construction d'intérêt du fait qu'ils sont les matériaux de construction les plus utilisés au Canada et dans le monde.

La stratégie de captage et utilisation du carbone dans les matériaux de construction cimentaires (CUC-MCC) est une stratégie essentielle pour la décarbonation du ciment et du béton et devrait représenter plus de 25 pour cent des réductions d'émissions nécessaires pour l'industrie du ciment et du béton¹. Les matières premières utilisées dans le processus de fabrication du ciment rejettent des émissions de carbone considérables, à tel point que les stratégies traditionnelles, comme l'utilisation de l'énergie renouvelable ou l'amélioration de l'efficacité de la production, ne permettront pas de les éliminer complètement.



Les technologies de CUC-MCC peuvent être déployées à divers points du processus de fabrication, notamment au moment du captage des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) de la cimenterie et au moment de l'utilisation, ou séquestration, du CO₂ pendant la production des produits de béton.

OBJECTIF DU PROJET

Le Conseil du bâtiment durable du Canada a lancé le projet Enfouir le carbone dans les bâtiments afin :

- d'évaluer l'état actuel des technologies dans le marché canadien;
- de mener une consultation auprès de chefs de file éclairés afin d'évaluer les opportunités et les défis liés à l'adoption continue de ces technologies par le marché au Canada;
- d'élaborer, de tester et de formuler des recommandations afin de quantifier et d'optimiser les réductions d'émissions découlant de ces technologies;
- de préparer des lignes directrices pour promouvoir l'approvisionnement efficace en matériaux de béton fabriqués à l'aide des technologies de CUC-MCC.

Le présent guide d'introduction au marché résume les conclusions des deux premières phases du projet dans son ensemble. L'équipe de recherche a examiné le contexte pour évaluer l'état actuel des technologies de CUC-MCC sur le marché canadien. Des entrevues structurées ont également été menées avec les principales parties prenantes afin de discuter de leur expérience et de recueillir leurs points de vue sur les besoins actuels et les tendances évolutives.

Ce guide d'introduction au marché poursuit les objectifs suivants :

- présenter une introduction aux technologies de CUC-MCC;
- résumer leur état actuel au Canada;
- décrire le rôle que ces technologies pourraient jouer dans la décarbonation du secteur du bâtiment.

Qu'est-ce que le captage du carbone?

Le captage et la séparation des émissions de CO₂ produites par les installations de fabrication industrielles, qui empêchent le rejet du CO₂ dans l'atmosphère.

Qu'est-ce que l'utilisation du carbone?

Le processus de conversion des émissions de CO₂ captées en produits ou en matériaux utiles, comme les combustibles, le plastique ou les matériaux de construction, par divers moyens chimiques, biologiques ou technologiques, ce qui offre une alternative d'utilisation bénéfique de ce CO₂.

Pourquoi mettre l'accent sur le ciment et le béton?

Parmi les matériaux de construction couramment utilisés, le ciment et le béton sont ceux qui offrent la plus grande possibilité de capter et d'utiliser les émissions de carbone de manière bénéfique. Du fait de leur combinaison de propriétés chimiques uniques et de leur production à grande échelle, le ciment et le béton ont le potentiel d'être un « puits » majeur pour les émissions de carbone qui, autrement, entreraient dans l'atmosphère.

COMPOSANTES DU PROJET ENFOUIR LE CARBONE DANS LES BÂTIMENTS



Recherche technique

La recherche en cours à l'Université de Toronto contribuera à l'avancement des connaissances sur les technologies de CUC-MCC au Canada.



Consultation auprès de l'industrie et d'experts

D'autres consultations seront menées auprès d'experts des parties prenantes afin de solliciter leurs commentaires et de partager les conclusions sur les priorités relatives aux politiques publiques; sur les exigences d'évaluation et d'acceptation des technologies de CUC-MCC des codes et des normes; et sur l'élaboration de lignes directrices pour évaluer l'impact environnemental de ces technologies.



Guider l'approvisionnement

Des lignes directrices seront élaborées pour favoriser la spécification et l'approvisionnement efficaces de matériaux de béton qui utilisent les technologies de CUC-MCC.

ET POUR LA SUITE DES CHOSES?

Le présent document d'introduction fournit le contexte de la recherche technique en cours, des consultations et de l'élaboration de stratégies d'approvisionnement efficaces. Ces aspects du projet seront intégrés dans les futurs rapports.

Ce que nous avons appris

La recherche et les consultations menées ont porté sur les opportunités, les obstacles et les solutions potentielles pour mieux les faire connaître au marché et favoriser l'adoption des approches et des technologies de CUC-MCC. Les principales conclusions sont résumées sous les thèmes suivants :

Saisir l'occasion

Les technologies de CUC-MCC offrent une occasion de décarboner entièrement le ciment et le béton et de créer des avantages économiques potentiels.

Les technologies de CUC-MCC sont la seule stratégie permettant de réduire de plus de 60 pour cent les émissions de carbone issues des procédés chimiques dans la fabrication du ciment.

Les produits du ciment et du béton sont fabriqués selon le même procédé chimique fondamental, de sorte que les solutions qui fonctionnent au Canada peuvent être adoptées partout dans le monde. Le développement et le déploiement des technologies de CUC-MCC au Canada pourraient donc créer des occasions d'exporter l'expertise et les solutions technologiques de CUC-MCC et d'augmenter ainsi la demande de ciment à faible teneur en carbone produit au Canada. Cela créerait des avantages économiques importants pour les Canadiens.

Technologies naissantes

Les technologies de CUC-MCC sont actuellement déployées au Canada, mais l'expérience est encore limitée.

On compte plusieurs stratégies de CUC-MCC émergentes au Canada, presque toutes à un stade pilote. Pour certaines, il y a de l'incertitude quant à la performance et aux coûts, tandis que d'autres en sont encore aux stades de la R et D. Peu de concepteurs ou d'entrepreneurs ont déjà utilisé des matériaux en béton fabriqués avec les technologies de CUC-MCC. Il est important de mieux faire connaître les qualités et les performances de ces matériaux et les questions à considérer pour leur utilisation. Les données disponibles sont limitées ou confidentielles, et la poursuite de la R et D favorisera l'adoption des technologies de CUC-MCC par l'industrie et permettra de valider le potentiel de réduction des émissions de ces technologies.

Solutions à déploiement rapide

L'aversion rationnelle au risque freine le marché.

Le comportement du marché est influencé par de nombreux risques dont les principaux sont liés à la sécurité, à l'économie et à la réputation. Des codes et des normes sur le béton ont été élaborés pour assurer la sécurité des personnes et des biens et pour prévenir les défaillances catastrophiques des structures en béton. Les risques économiques sont liés aux retards potentiels dans les calendriers des projets; aux changements dans les chaînes d'approvisionnement ou aux modèles commerciaux existants; à une performance ou une durée de vie moindres; ou au non-respect des codes et des normes obligatoires. Les impacts sur la réalisation des projets qui utilisent de nouveaux matériaux, approches ou technologies pourraient également nuire à la réputation et au statut professionnel des concepteurs et des entrepreneurs. Tous les partenaires de la chaîne d'approvisionnement du béton veulent atténuer ces risques, ce qui ne les incite pas à essayer de nouvelles approches, comme les technologies de CUC-MCC.

Codes et normes

Certains obstacles structurels empêchent le déploiement de ces technologies à grande échelle.

Les exigences relatives aux essais et à la validation des matériaux de béton sont rigoureuses en raison de leur utilisation dans les infrastructures critiques et la structure des bâtiments. Les organismes de réglementation et les codes et normes de l'industrie qui approuvent l'utilisation de nouveaux matériaux en béton fonctionnent selon de longs cycles d'adoption. Même lorsque les normes sont permissives, les promoteurs de projets peuvent percevoir un risque et être réticents à adopter de nouveaux produits ou de nouvelles approches. Les matériaux en béton doivent répondre à des normes bien définies quant à leurs propriétés physiques et à la performance souhaitée, et tout changement dans la composition des matériaux ou les méthodes de production peut nécessiter de nouvelles exigences d'essais ou d'évaluation. Ces facteurs n'incitent pas les fabricants de ciment et de béton à adopter de nouvelles technologies.



Définition des matériaux à faible teneur en carbone

Il n'y a pas de définition standard reconnue du béton « à faible teneur en carbone ».

La variabilité et l'adaptabilité du béton font en sorte qu'il peut y avoir des écarts importants dans l'intensité carbone d'un produit donné. Il peut être difficile d'attribuer les avantages de la réduction des émissions aux technologies de CUC-MCC, car de multiples facteurs (p. ex., l'approvisionnement géographique des matériaux, l'utilisation de matériaux cimentaires alternatifs, etc.) peuvent influencer l'empreinte carbone des matériaux en béton. Il y a aussi des incohérences dans les normes et la divulgation des données pour les produits à faible teneur en carbone. L'évolution des pratiques de l'industrie a également pour effet que la définition du béton à faible teneur en carbone est relative et continue d'évoluer. Ce qui est aujourd'hui considéré comme une approche à faible teneur en carbone peut devenir la référence standard dans les années à venir. Par ailleurs, il y a aussi différentes méthodes pour quantifier les émissions des matériaux en béton, alors que certaines considèrent uniquement les émissions de la fabrication et d'autres, celles de l'ensemble du cycle de vie du matériau. Ce manque de clarté dans l'attribution des avantages des technologies de CUC-MCC limite l'efficacité potentielle des stratégies d'approvisionnement destinées à les soutenir.

Aspects économiques du CUC-MCC

L'augmentation des coûts des matériaux de béton est un sujet très sensible.

Le béton est un matériau de base. Des technologies de CUC-MCC ont été adoptées dans une certaine mesure, mais le coût de fabrication du béton selon ces technologies est généralement plus élevé que les prix courants du marché. Les acheteurs de béton sont peu enclins à accepter ces hausses de coûts. Une hausse des coûts de production au pays entraînerait probablement une augmentation des importations de matériaux, ce qui pourrait se traduire par une baisse de la qualité des produits et une augmentation des émissions comparativement plus élevées du ciment et du béton utilisés au Canada.

Politiques et approvisionnement du secteur public

Le secteur public jouera un rôle déterminant pour créer la demande pour ces technologies.

L'approvisionnement public en béton à faible teneur en carbone pour la construction de routes et de trottoirs, de conduites d'eau et d'égout, de bâtiments publics et d'autres infrastructures représente plus de 50 pour cent de la consommation totale de béton au Canada. Un approvisionnement public coordonné et cohérent, à faibles émissions de carbone, à tous les niveaux de gouvernement, créerait un signal fort de la demande en encourageant l'adoption et le déploiement des technologies de CUC-MCC, en mobilisant des capitaux et en stimulant l'innovation pour réduire les coûts.

Divers outils financiers, comme les crédits d'impôt à l'investissement, les crédits carbone et d'autres incitations, peuvent réduire les coûts structurels et les risques liés aux investissements du secteur privé. Les gouvernements peuvent également utiliser leurs propres projets de construction comme études de cas pour démontrer la performance des matériaux fabriqués avec les technologies de CUC-MCC, ce qui fournirait des données importantes pour soutenir l'évolution des devis, des codes et des normes.

Aperçu et contexte



Introduction

L'économie verte de l'avenir au Canada résultera en partie du déploiement de technologies propres et de matériaux à faible teneur en carbone dans le secteur de la construction.

Certains matériaux de construction, comme le bois et le béton, ont la capacité de capter et de stocker de grandes quantités d'émissions de carbone, ce qui peut contribuer à la stratégie du Canada pour atteindre ses cibles climatiques de 2030 et 2050.

L'atteinte des cibles climatiques du Canada nécessitera l'adhésion de tous les secteurs de notre économie nationale. La fabrication industrielle des matériaux utilisés dans la construction des bâtiments et des infrastructures contribue aux émissions de carbone. La décarbonation de ces industries lourdes aura un impact important sur les émissions, mais nécessitera des stratégies uniques.

Le béton et le ciment ont été identifiés spécifiquement comme matériaux de construction d'intérêt pour la décarbonation industrielle. C'est parce qu'ils sont les matériaux de construction les plus largement utilisés au Canada et dans le monde entier. Les maisons, les routes, les ponts et les bâtiments que nous construirons dans nos collectivités seront en grande partie construits en béton. Il sera important de développer la capacité de fabriquer des matériaux en béton à l'aide d'approches à faibles émissions de carbone.

Au Canada, on utilise deux fois plus de béton que tous les autres matériaux de construction réunis¹.



Le captage et utilisation du carbone (CUC) est l'une des approches particulières qui s'avèrent prometteuses pour réduire les émissions de carbone associées à la production de ciment et de béton.

Cette nouvelle classe de technologies devrait représenter plus de 25 pour cent des réductions d'émissions de carbone nécessaires pour ces matériaux et constitue une stratégie essentielle pour parvenir à un béton net zéro. Les matières premières utilisées dans le processus de fabrication du ciment émettent des quantités importantes de carbone, à tel point que les stratégies traditionnelles, comme l'utilisation d'énergies renouvelables ou l'amélioration de l'efficacité de la production, ne permettront pas de les éliminer complètement.

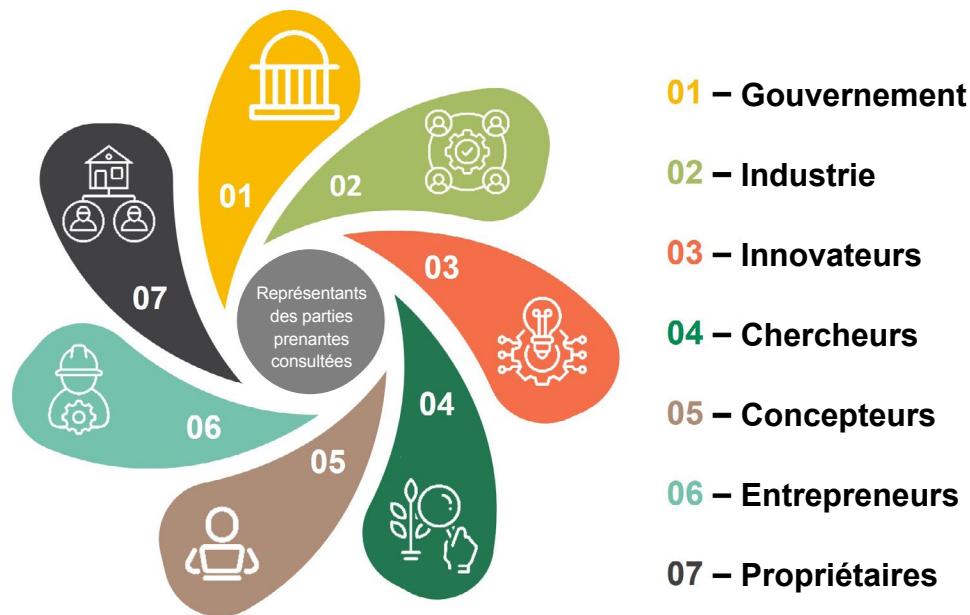
Les gouvernements et l'industrie reconnaissent l'importance de ces technologies de CUC, mais des lacunes subsistent dans la compréhension de leur plein potentiel et des incidences de leurs coûts. Les décideurs et les innovateurs qui cherchent à éclairer l'élaboration des politiques et les décisions d'investissement doivent comprendre le potentiel de réduction du carbone et les impacts éventuels sur les pratiques de conception et de construction, les chaînes d'approvisionnement et les processus de fabrication existants. Sans incitation au développement continu des technologies de CUC, l'industrie qui a besoin d'un cadre politique n'existera tout simplement pas.

Le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCA) a lancé le projet Enfour le carbone dans les bâtiments afin d'élaborer, de mettre à l'essai et de formuler des recommandations pour optimiser les réductions d'émissions potentielles par le captage et l'utilisation du carbone dans les matériaux de construction cimentaires (CUC-MCC).

Pour la première phase de ce projet, le CBDCA a chargé le Pratus Group de consulter des chefs de file éclairés et d'évaluer les opportunités et les défis liés à l'adoption continue des technologies de CUC-MCC sur le marché canadien.

L'équipe de recherche a procédé à une analyse documentaire afin d'évaluer l'état actuel des technologies de CUC-MCC sur le marché canadien. Pour compléter cette recherche, une série d'entrevues structurées ont été menées avec des acteurs clés afin de discuter de leurs expériences avec les technologies de CUC-MCC et de recueillir leurs points de vue sur les besoins actuels du marché et les tendances évolutives.

L'un des objectifs de ce projet est de soutenir l'adoption continue des technologies de CUC-MCC par le marché en communiquant l'information sur les évaluations techniques pertinentes, l'élaboration de politiques, la formation de l'industrie et les recommandations relatives aux pratiques d'approvisionnement. Le présent rapport résume les conclusions pertinentes sur ces points résultant des recherches et des consultations menées.



Sur la base des méthodes actuelles de fabrication du ciment et du béton, il ne sera pas possible de fabriquer du béton net zéro à grande échelle au Canada sans utiliser les technologies de CUC².

Comment le béton est fabriqué

Le béton n'est pas un produit unique, car il se décline en milliers de produits différents fabriqués à partir de différents matériaux locaux et dans des proportions variables.

Bien que le béton puisse sembler identique à un œil non averti, il est en réalité le résultat d'une variété infinie de compositions de matériaux conçues pour offrir des propriétés physiques et de performance spécifiques.

Dans cette gamme de produits variés, le ciment Portland est l'élément principal. Il est un composant essentiel et principal des mélanges de béton, et le béton est le matériau manufacturé le plus utilisé au monde.

Le ciment est fabriqué en chauffant un mélange précis de calcaire, d'argile et de sable dans un four rotatif. Le four fonctionne à des températures supérieures à 1400 degrés Celsius. Dans le four, le mélange de matières premières subit une réaction de calcination. Au cours de cette réaction, le mélange de matières premières transforme le carbonate de calcium (CaCO_3) en oxyde de calcium (CaO , également appelé chaux vive) et en CO_2 . Le produit obtenu est appelé clinker de ciment, qui est finement broyé en poudre, tandis que le CO_2 est rejeté dans l'atmosphère. Les émissions provenant du four à ciment représentent généralement 90 pour cent ou plus de l'empreinte carbone globale des produits en béton, et la réaction de calcination représente les deux tiers de ces émissions.

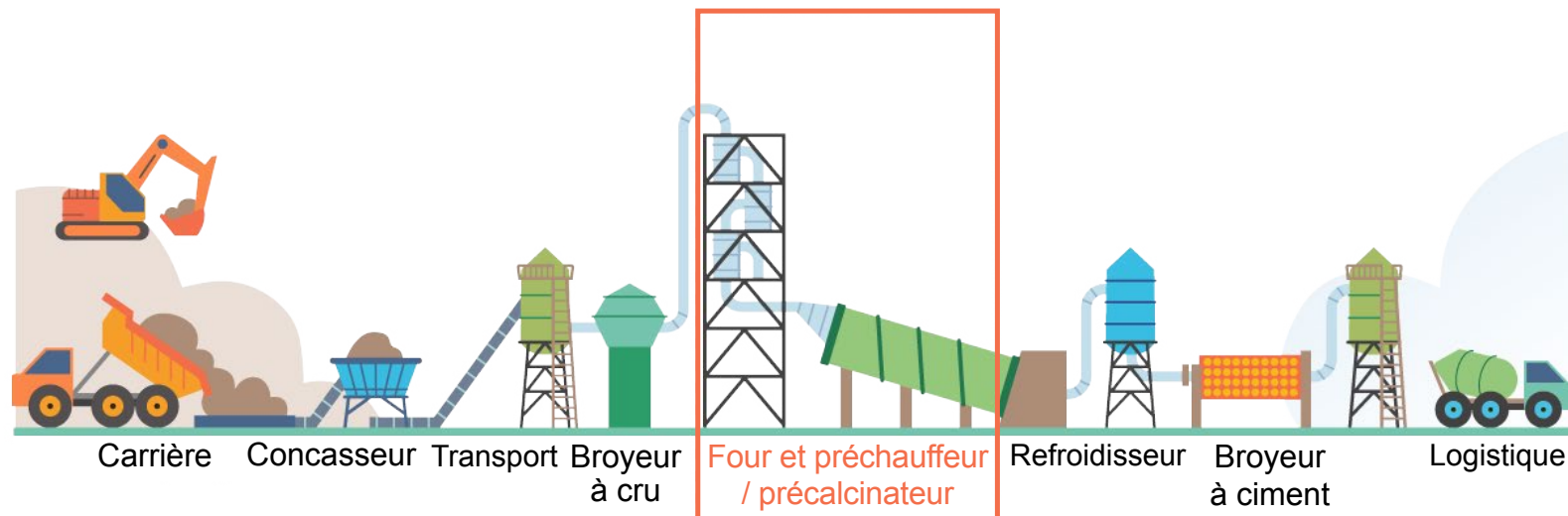
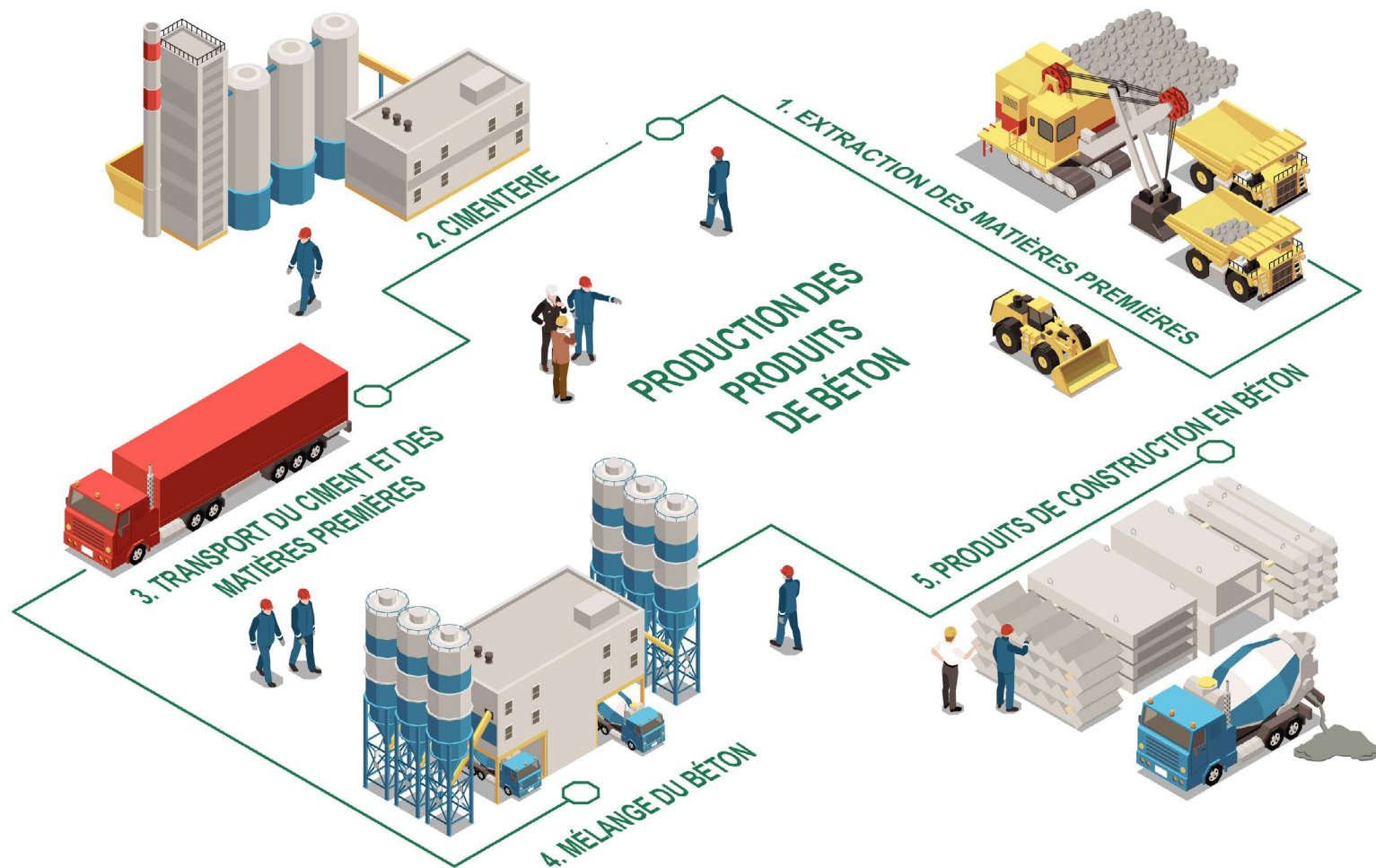


Figure 1 : Adapté de Czigler et al (2020)



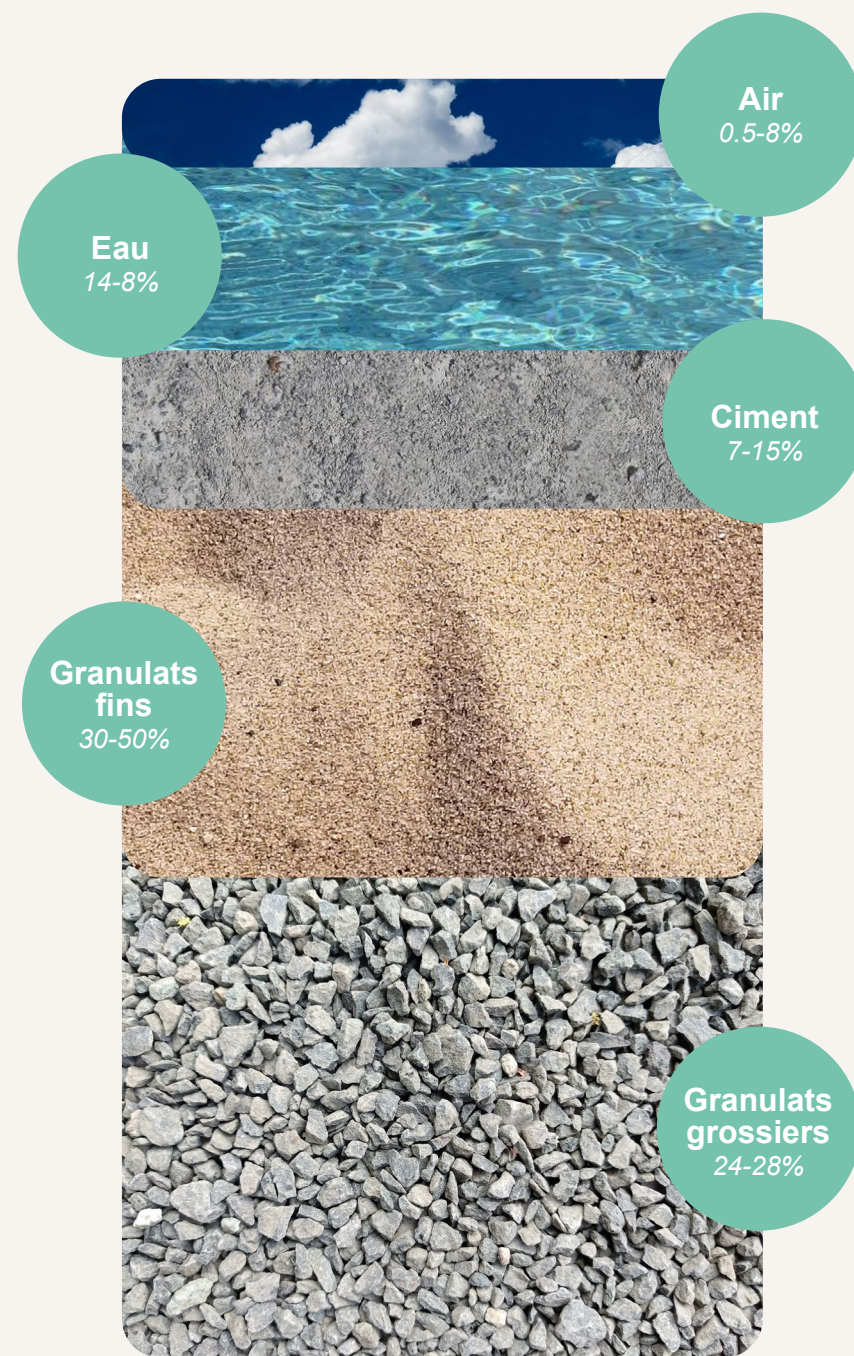
Ciment par rapport au béton

Ces termes sont souvent utilisés de manière interchangeable, mais ils ne sont pas identiques. Le ciment est l'ingrédient clé du béton. C'est le liant essentiel qui, mélangé à de l'eau et à des granulats, comme du sable et du gravier, produit le béton.

Le ciment est une poudre fine, alors que le béton est le produit fini que nous voyons dans les trottoirs et les bâtiments qui nous entourent.

Les mélanges de béton sont créés en mélangeant différentes proportions d'eau, de ciment et de granulats fins et grossiers, tels que le sable, le limon et le gravier. Les principaux ingrédients du béton peuvent être mélangés dans une grande variété de proportions pour créer des produits en béton aux propriétés de performance différentes. Comme alternative au ciment, des matériaux cimentaires supplémentaires peuvent également être utilisés en complément ou en remplacement partiel du ciment Portland.

Des produits chimiques, appelés adjuvants, sont également souvent ajoutés au processus de mélange du béton pour obtenir les propriétés physiques et la performance souhaitées. Le volume d'adjuvants est généralement négligeable par rapport aux quantités des autres matériaux constituant des produits en béton.



Matériaux constitutifs des mélanges de béton

Utilisation du béton au Canada

Le ciment contribue à 90 pour cent ou plus des émissions du béton et est le deuxième plus grand émetteur industriel de CO₂, comptant pour 7 pour cent des émissions mondiales de CO₂ chaque année. Au Canada, les émissions de ciment représentaient environ 1,4 pour cent des émissions totales en 2020³.

Les matériaux de béton jouent un rôle essentiel dans les bâtiments et les infrastructures du Canada. La durabilité du béton, sa résistance, sa versatilité et sa disponibilité en font un matériau de choix. Plus de 14 millions de tonnes de ciment et 60 millions de tonnes de béton sont produites chaque année au Canada¹.

TYPES DE BÉTON

La majeure partie du béton produit au Canada est du béton prêt à l'emploi. Ce béton est mélangé à la demande avant d'être livré au chantier, et les bétonnières qui le livrent sont l'un des aspects les plus visibles de l'industrie du ciment et du béton.

Les autres types de béton comprennent les produits de maçonnerie et les produits en béton préfabriqué. Ces produits sont préfabriqués dans un environnement contrôlé et centralisé et sont vendus en tant que produits finis.

IMPACT ÉCONOMIQUE

Le Canada compte quinze cimenteries et plus de 1 100 usines de fabrication de béton, ce qui représente un impact économique de plus de 76 milliards de dollars. En plus de répondre à la demande nationale, l'industrie exporte plus de 750 millions de dollars de ciment chaque année, principalement vers les États-Unis. Le Canada a importé du ciment pour une valeur d'environ 225 millions de dollars en 2022, dont la moitié provenant des États-Unis⁴.

L'Ontario, l'Alberta, le Québec et la Colombie-Britannique sont les provinces qui produisent et qui consomment le plus de béton, car ce sont aussi les provinces les plus peuplées dont les taux de nouvelles constructions sont les plus élevés. La consommation de béton devrait d'ailleurs évoluer en fonction de ces facteurs. À mesure que la population du Canada continue de croître et que ses villes deviennent plus denses, on peut s'attendre à ce que la demande de béton augmente également.

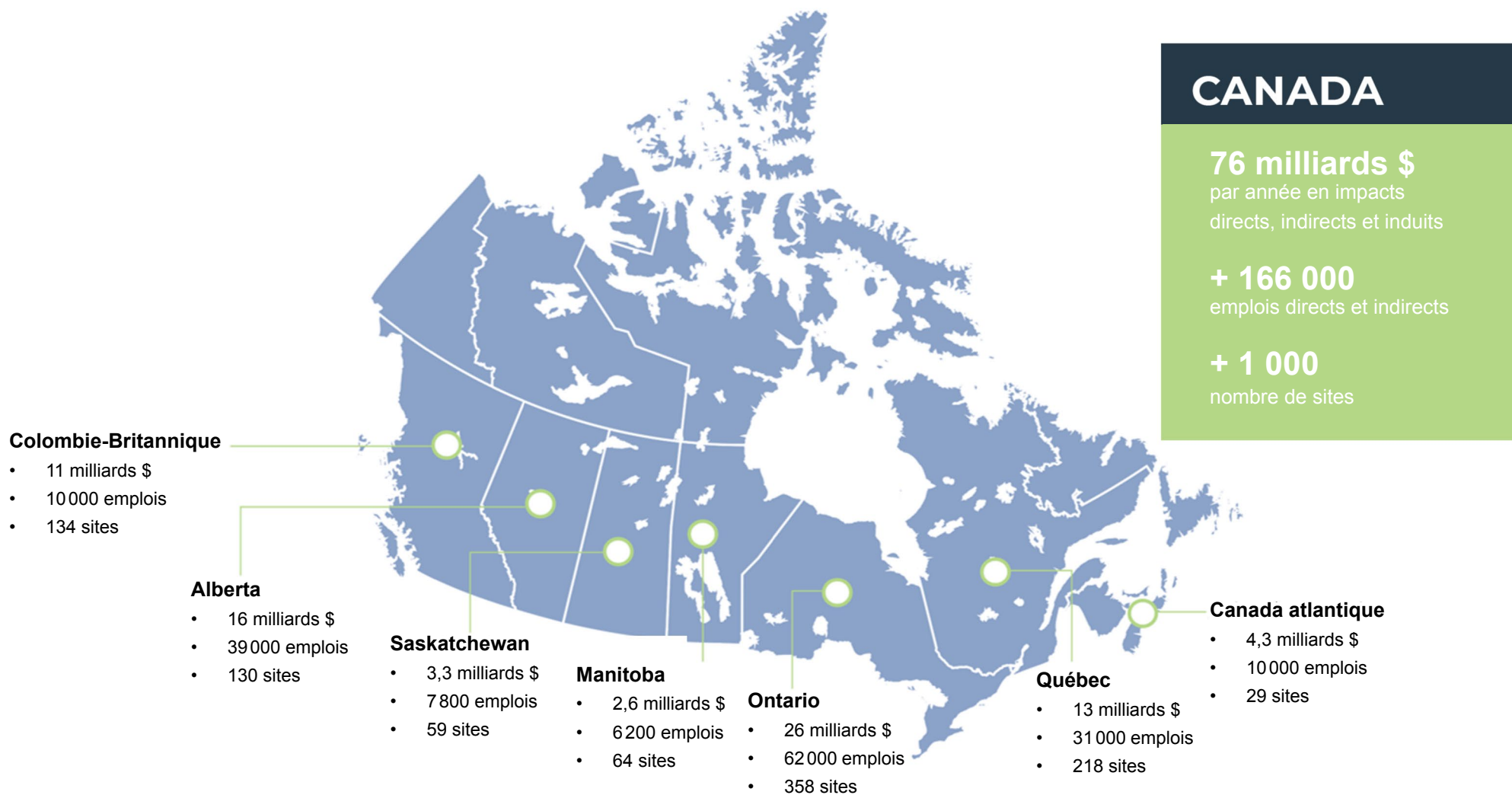


Figure 2 : Impact économique de l'industrie du ciment et du béton au Canada

Contexte du carbone intrinsèque

Le carbone intrinsèque renvoie aux émissions de carbone associées aux matériaux et aux processus de construction tout au long du cycle de vie d'un bâtiment.

Le carbone intrinsèque de la construction des bâtiments est responsable de 10 pour cent des émissions mondiales⁵.

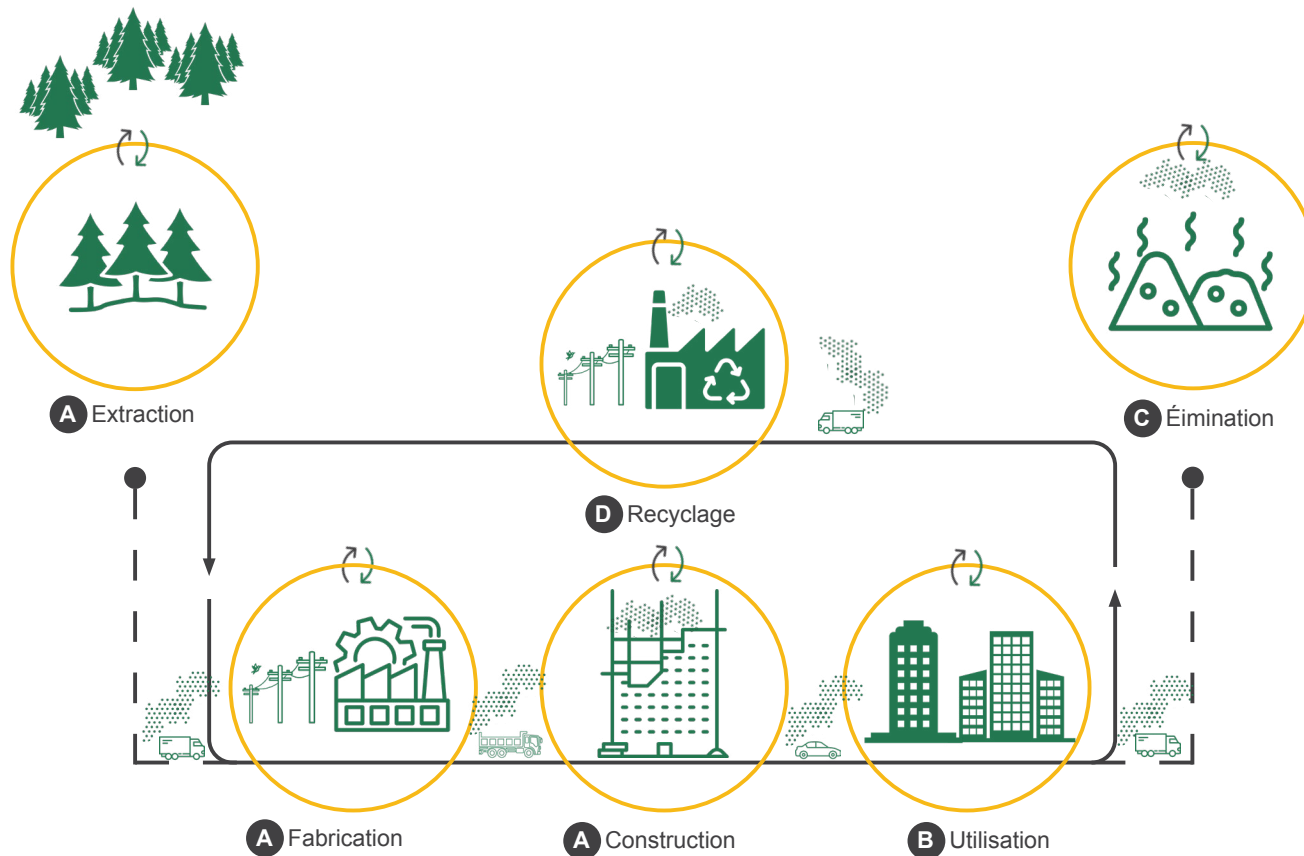
Le carbone intrinsèque est le total des émissions de gaz à effet de serre associées à un matériau, à un produit ou à un bâtiment, à l'exclusion des émissions provenant de l'énergie utilisée dans son exploitation. Les matériaux de construction ont des impacts environnementaux tout au long de leur cycle de vie, y compris pendant leur production, leur transport, leur fabrication, leur installation, leur entretien et leur élimination en fin de vie⁵.

- **La production** comprend l'énergie et les ressources utilisées pour extraire les matières premières de l'environnement naturel, pour transporter les matériaux vers les sites de fabrication et pour fabriquer le produit fini.
- **La construction et l'installation** comprend l'énergie et les émissions liées au transport des matériaux vers les chantiers de construction, à l'alimentation des équipements utilisés pendant la construction et à l'élimination des déchets.

- **La fin de vie** comprend l'énergie et les émissions associées à la démolition et à l'élimination des bâtiments ou des infrastructures et au traitement des déchets.

Pour le secteur du bâtiment, la majeure partie du carbone intrinsèque provient de l'extraction des matières premières, de la fabrication, du transport et de l'installation des matériaux utilisés dans la construction. Ces émissions, que l'on appelle le « carbone initial », sont rejetées dans l'atmosphère bien avant qu'un bâtiment ne soit opérationnel.

Une fois les matériaux sélectionnés et achetés, les possibilités de réduire l'impact du carbone intrinsèque sont plus limitées, ce qui souligne l'importance des décisions d'approvisionnement.



Étapes du cycle de vie généralement prises en compte dans la quantification des émissions de carbone intrinsèque

MESURER LE CARBONE INTRINSÈQUE

Les émissions de carbone intrinsèque sont quantifiées selon une technique appelée analyse du cycle de vie (ACV). Cette méthodologie évalue les impacts environnementaux produits à chaque étape du cycle de vie, y compris les processus en amont et en aval associés à chaque étape. Les impacts sont ensuite additionnés pour tous les composants et rapportés à l'aide de paramètres de mesure uniformes.

Lorsqu'il est appliqué à des produits ou matériaux de construction spécifiques, l'impact environnemental d'un produit ou d'un matériau donné peut être déclaré à l'aide d'un outil appelé déclaration environnementale de produit (DEP).

En plus des émissions de carbone, d'autres impacts environnementaux sont souvent déclarés, comme le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone ou d'acidification.

Des ACV de l'ensemble du bâtiment peuvent également être réalisées pour quantifier le carbone intrinsèque de tout le bâtiment en utilisant les informations des DEP individuelles pour les matériaux constitutifs et la quantité ou le volume de matériaux utilisés dans la construction du bâtiment.

Mesures favorisant la réduction du carbone intrinsèque au Canada

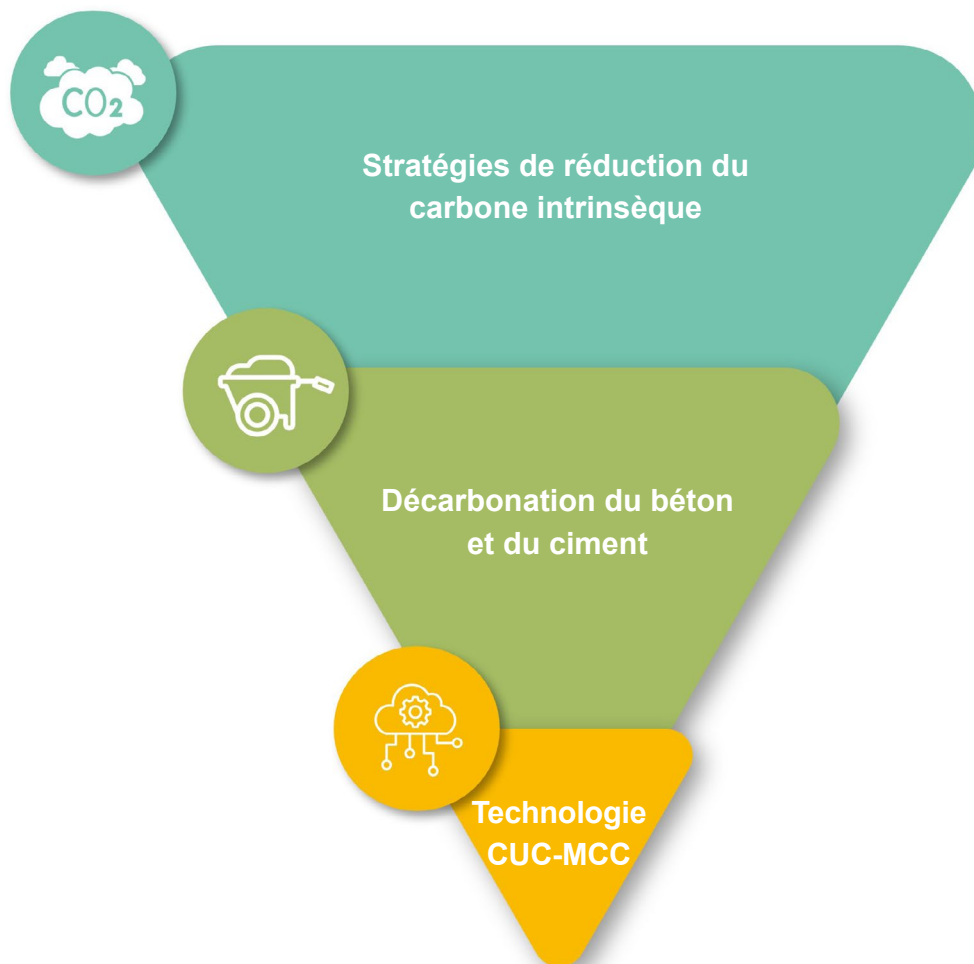
Il est reconnu que le carbone intrinsèque est un facteur de plus en plus important dans la conception et la construction des bâtiments, d'autant plus que les sources d'électricité plus vertes et l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments ont réduit les émissions de carbone opérationnel. Dans certaines provinces dotées de réseaux électriques à faibles émissions de carbone, le carbone intrinsèque pourrait représenter plus de 90 pour cent de toutes les émissions d'ici 2050⁵.

Dans certains cas, les matériaux en béton peuvent être le principal contributeur au carbone intrinsèque des nouveaux bâtiments et infrastructures en raison de la quantité de béton requise et de l'intensité de ses émissions.

De nombreuses initiatives sont en cours à la grandeur du Canada pour mieux comprendre les impacts du carbone intrinsèque, mieux les quantifier les mesurer, et fournir de nouveaux mécanismes visant à restreindre ou à réduire l'impact des émissions des matériaux utilisés pour les nouveaux projets de construction.

Ces initiatives se concentrent sur le changement des pratiques et la création de ressources liées :

- **à des conseils et à de l'information** – la création de ressources éducatives, de bases de données, de règles, de méthodologies et d'outils pour permettre aux praticiens de prendre des décisions plus éclairées concernant les matériaux;
- **aux codes et aux normes** – le développement continu des codes et des normes qui régissent l'utilisation des matériaux de béton pour y inclure des directives sur la réduction des émissions de carbone intrinsèque;
- **à l'approvisionnement** – le déploiement de stratégies d'approvisionnement qui priorisent la prise en compte des impacts du carbone en plus des coûts des matériaux.



Diverses stratégies permettent de réduire le carbone intrinsèque dans les bâtiments et les infrastructures qui utilisent des matériaux en béton. Les stratégies de réduction globale comprennent les décisions relatives aux propriétés et à la performance souhaitées des matériaux, à la sélection, à l'emplacement de la source ainsi qu'à la taille et à la configuration de l'infrastructure ou du bâtiment prévu.

Les choix de conception judicieux peuvent réduire la quantité totale de matériaux nécessaires ou mener à la sélection de matériaux ayant un impact environnemental moindre.

Dans la classe des matériaux de béton, l'utilisation de stratégies de décarbonation, comme les ajouts de matériaux cimentaires, l'optimisation de la conception des mélanges de béton, les alternatives au ciment Portland ou autres méthodes de production et de construction efficaces peuvent également réduire les émissions de carbone intrinsèque.

Les technologies de CUC-MCC peuvent réduire davantage le carbone intrinsèque des matériaux par le captage et le stockage ou l'utilisation des émissions de CO₂ générées par la fabrication du ciment et du béton.

Certaines des principales initiatives en cours ou achevées au Canada sont présentées à la page suivante.

Achat de produits propres

Le Centre pour un gouvernement vert du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada dirige les efforts fédéraux visant à réduire les émissions, à promouvoir la résilience climatique et à mettre en œuvre des initiatives gouvernementales écologiques. L'un des engagements du Conseil du Trésor est de promouvoir la construction à faibles émissions de carbone par le biais de sa politique d'achat de produits propres. Il s'agit d'un type de politique d'approvisionnement qui vise à promouvoir l'achat de produits à plus faibles émissions de carbone intrinsèque. Cette politique est structurée de manière à favoriser le développement de produits et d'industries à faibles émissions de carbone tout en réduisant l'impact environnemental des produits achetés avec des fonds publics. En vertu de cette politique, les projets fédéraux doivent divulguer la quantité de carbone intrinsèque et atteindre des réductions définies. Les projets sont évalués en fonction de leur performance, ce qui signifie que les fournisseurs de l'industrie peuvent tirer parti d'une gamme de solutions disponibles pour atteindre les réductions d'émissions requises.

Initiative Sobriété en carbone par l'analyse du cycle de vie (ACV)

Le gouvernement du Canada a lancé l'initiative Sobriété en carbone par l'analyse du cycle de vie (ACV2) en 2019 afin de développer une approche fondée sur la science en appui à la sélection des matériaux et des conceptions qui offriraient la plus faible empreinte carbone aux projets gouvernementaux. Un consortium de parties prenantes dirigé par le Conseil national de recherches a eu le mandat de renforcer les capacités d'analyse de l'ACV au Canada, de développer un référentiel de données, d'élaborer un cadre pour la réalisation d'analyses du cycle de vie et de mener d'autres efforts pour soutenir un approvisionnement sobre en carbone. Les travaux réalisés dans le cadre de l'initiative ACV2 ont contribué à l'élaboration du programme de recherche Plateforme pour la décarbonisation à grande échelle du secteur de la construction. Des informations complémentaires sont disponibles auprès du [Conseil national de recherches](#).

Code national du bâtiment 2030

Le [Comité canadien de l'harmonisation des codes de construction](#) procède actuellement à l'examen des nouveaux codes modèles nationaux afin de soutenir davantage la décarbonation du parc immobilier du Canada. Les mises à jour des codes qui seront publiées en 2030 devraient établir pour la première fois des limites pour les émissions de carbone intrinsèque. Des recommandations politiques préliminaires sont en cours d'élaboration pour orienter les codes de 2030.

Initiatives municipales

De grands centres urbains, comme Toronto et Vancouver, ont élaboré des ressources pour promouvoir la conception et la construction à faibles émissions de carbone intrinsèque et, dans certains cas, ont mis en place des limites de carbone intrinsèque. Par exemple, le [Vancouver Building By-Law](#) exige actuellement la quantification et la déclaration des émissions de carbone intrinsèque pour certaines catégories de bâtiments et, à compter de 2025, les nouveaux projets de construction devront démontrer une réduction de 10 ou de 20 pour cent des émissions par rapport à la conception de référence. De même, par le biais du [Toronto Green Standard](#), la ville de Toronto a mis en place un plafond pour les émissions de carbone intrinsèque. Bien qu'elle soit actuellement volontaire, la norme sera mise à jour en 2026 et ces exigences volontaires pourraient devenir obligatoires.

Stratégies de décarbonation pour le béton et le ciment

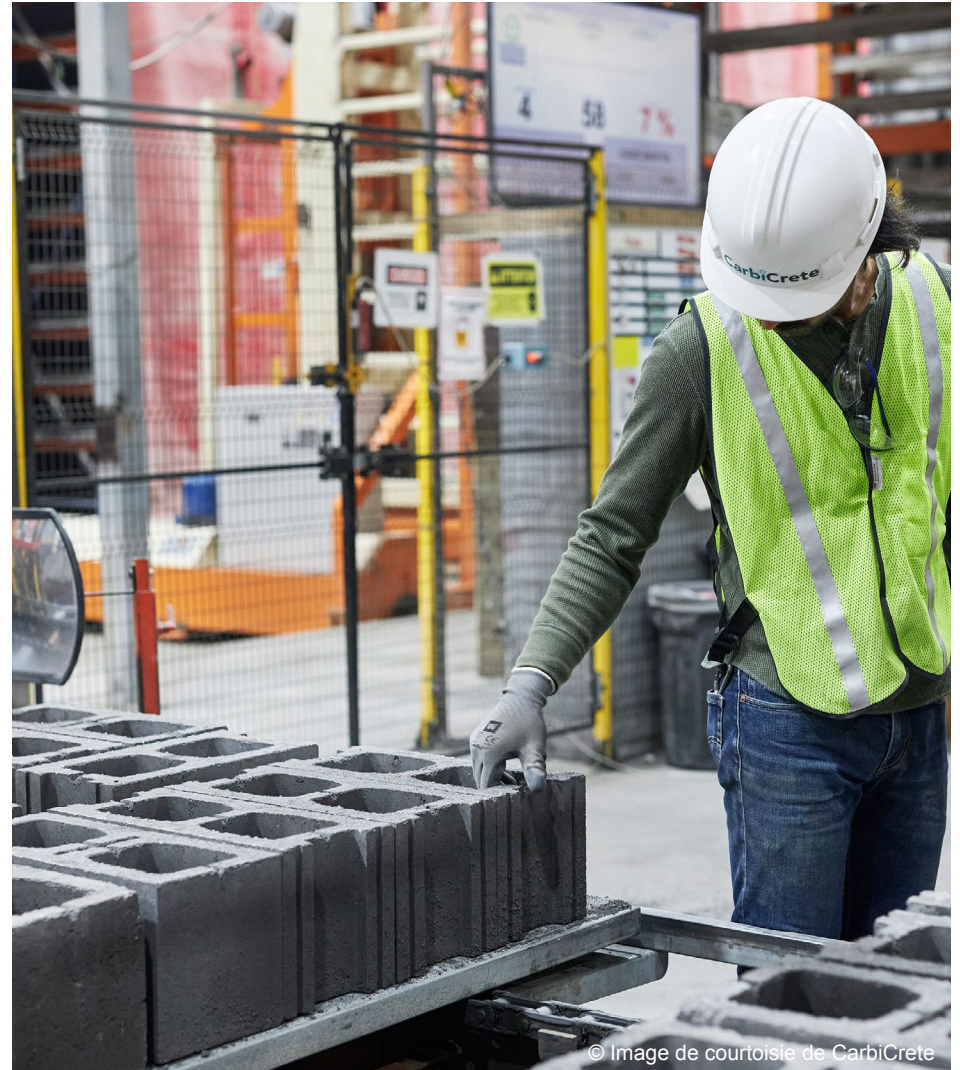
La décarbonation de la fabrication du béton et du ciment nécessitera toute une gamme de stratégies et d'approches. Les solutions qui se sont avérées essentielles pour d'autres industries, comme l'électrification et le passage à des sources d'énergie renouvelables, **ne suffiront pas à décarboner ce secteur.**

Plusieurs stratégies permettent de réduire les émissions de carbone dans la production de ciment et de béton. Elles peuvent être déployées tout au long de la chaîne d'approvisionnement, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la construction des bâtiments et des infrastructures.

Parmi les stratégies spécifiques, mentionnons :

AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ DE PRODUCTION

L'âge est le principal facteur qui influence l'efficacité opérationnelle des fours à ciment. À ce jour, l'industrie canadienne du ciment a déployé des efforts de modernisation considérables qui ont permis de réduire la quantité d'énergie nécessaire à la production de ciment, de sorte qu'il existe peu de possibilités de réduire davantage les émissions à court terme en améliorant l'efficacité de la production.



© Image de courtoisie de CarbiCrete

PASSAGE À DES COMBUSTIBLES À FAIBLES ÉMISSIONS DE CARBONE

La production de matériaux cimentaires dans un four nécessite des températures élevées. On a traditionnellement utilisé des combustibles fossiles, comme le charbon, pour atteindre ces températures élevées. L'utilisation d'autres sources de combustibles ayant un impact carbone plus faible réduit les émissions générées par le processus de fabrication. Parmi les solutions de rechange possibles, mentionnons les combustibles à faibles émissions de carbone, comme le biocharbon ou la biomasse, les sources d'énergie hydrogène, la chaleur des incinérateurs de déchets municipaux et l'électrification.

REMPLACEMENT ET OPTIMISATION DES CLINKERS

Comme presque 90 pour cent du carbone intrinsèque des produits en béton proviennent de l'utilisation de ciment Portland, le remplacement direct d'une partie du ciment par d'autres liants peut permettre de réduire considérablement les émissions, de 20 à 50 pour cent. L'optimisation des conceptions de mélange de béton pour réduire la quantité totale de ciment utilisée ou le remplacement d'une partie du ciment par d'autres liants est une stratégie couramment utilisée, bien que les matériaux de rechange ne soient pas toujours disponibles dans les régions et qu'ils puissent avoir une incidence sur les coûts des projets. On s'attend toutefois à ce que des alternatives couramment utilisées au ciment Portland, comme les cendres volantes ou le laitier granulé de haut fourneau moulu, deviennent moins disponibles. Ces liants alternatifs sont des sous-produits d'autres industries lourdes (p. ex., la production d'électricité à partir du charbon) qui sont elles-mêmes en train de passer à des solutions à faibles émissions de carbone.

CAPTAGE ET UTILISATION DU CARBONE

En théorie, le captage direct des émissions des procédés dans le four à ciment pourrait réduire l'impact total des émissions de carbone de près de 95 pour cent. Diverses méthodes permettent de capter le CO₂ dans le four, notamment l'utilisation de solvants chimiques ou physiques, de membranes ou de matériaux solides qui réagissent avec le CO₂ pour l'extraire du flux de gaz de combustion. Le carbone capté peut ensuite être stocké dans un lieu de stockage sécurisé ou utilisé dans la production d'autres matériaux de valeur, tels que des carburants synthétiques, des plastiques ou du béton pour éviter son rejet dans l'atmosphère.

EFFICACITÉ DE LA CONSTRUCTION

La réduction des déchets ou la modification des calendriers de construction peuvent réduire le coût des matériaux en béton pour les projets de construction tout en réduisant les émissions de carbone. Le béton prêt à l'emploi est le seul matériau de construction qui est fabriqué pour le projet ou au chantier. La modification du temps de cure peut avoir des incidences sur la quantité de ciment nécessaire. Si on attend plus longtemps avant de mettre les structures en béton en service, on peut utiliser moins de ciment, ce qui réduit les émissions. Cette mesure peut toutefois avoir un impact sur les calendriers des projets et augmenter les coûts.

Définition du CUC

Le captage et l'utilisation du carbone (CUC) sont le processus de captage du CO₂ de sources industrielles ou atmosphériques. Le CO₂ est ensuite utilisé sur place ou à un autre endroit comme matière première bénéfique pour d'autres processus industriels.

Le captage et l'utilisation du carbone font référence à un ensemble de technologies visant à atténuer les émissions de CO₂ créées par la fabrication des matériaux de béton.

Captage du carbone :

Le captage et la séparation des émissions de CO₂ des installations de fabrication industrielle qui empêchent le rejet de CO₂ dans l'atmosphère. Le CO₂ capté doit être purifié des autres gaz contaminants pour obtenir du CO₂ d'une grande pureté avant de l'utiliser ou de le stocker.

Utilisation du carbone :

Le processus de conversion des émissions de CO₂ captées en produits ou matériaux économiquement intéressants, tels que des carburants, des plastiques ou des matériaux de construction, par divers moyens chimiques, biologiques ou technologiques, ce qui permet une utilisation alternative et bénéfique de ce CO₂.

Stockage du carbone :

Le processus de stockage sécurisé du CO₂ sous diverses formes, y compris dans des formations géologiques souterraines ou des matériaux de longue durée de vie, afin de ralentir ou d'empêcher son rejet dans l'atmosphère.

Parmi les approches qui peuvent être utilisées dans l'industrie du ciment et du béton, mentionnons :

CAPTAGE DU CARBONE

Les émissions de carbone peuvent être captées directement à la sortie de la cheminée d'installations industrielles, comme les fours à ciment. Le CO_2 émis par le four à ciment peut être capté à l'aide de matériaux absorbants solides ou liquides, ou par d'autres méthodes. Les méthodes à base de solvants sont actuellement l'approche la plus courante. Pour le captage du carbone à l'aide de solvants, le CO_2 qui sort de la cheminée est capté par les matériaux absorbants, et se lie à ces matériaux.

Une fois capté, le CO_2 doit être retiré ou « extrait » du matériau absorbant par un processus qui nécessite de l'électricité ou de l'énergie thermique. Il peut ensuite être purifié avant d'être transporté pour être utilisé ou stocké.

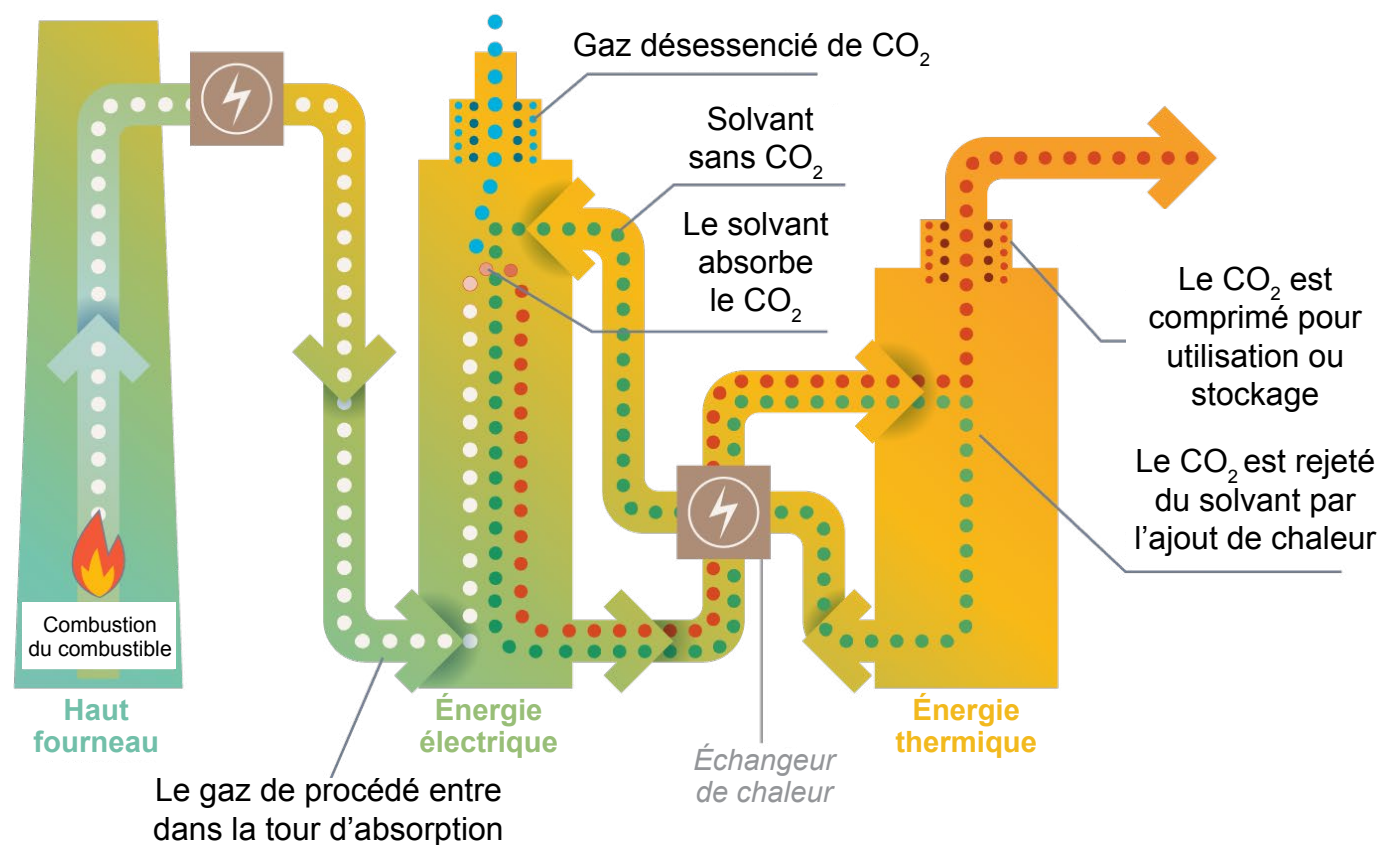


Figure 3 : Exemple du captage du carbone à l'échelle industrielle à l'aide de matériaux absorbants. Adapté de Natter and Merrill (2023)



© Image de courtoisie de CarbiCrete

UTILISATION DU CARBONE

Il y a plusieurs approches potentielles pour utiliser le CO_2 dans la fabrication du béton. Voici des applications technologiques potentielles :

MINÉRALISATION DU CARBONE

La minéralisation est une forme d'utilisation selon laquelle le CO_2 est introduit dans le processus de fabrication du béton en le combinant avec des composants du mélange de béton pour former du carbonate de calcium, un minéral stable. La formation de ces minéraux stables stocke de manière permanente le CO_2 introduit dans la structure physique du matériau de béton. D'autres formes de minéralisation du CO_2 comprennent les ciments non hydrauliques qui réagissent avec le CO_2 de l'air, et l'utilisation de liants alternatifs qui peuvent réagir avec le CO_2 lorsque le béton durcit et prend.

NOUVEAUX MATÉRIAUX CIMENTAIRES SUPPLÉMENTAIRES

Il est courant d'utiliser des matériaux supplémentaires en combinaison avec du ciment Portland pour produire du béton. Le CO_2 peut être utilisé comme matière première avec des sous-produits industriels ou des matériaux naturels pour séquestrer le carbone dans les matériaux supplémentaires. Les matériaux traités au CO_2 peuvent également permettre des taux de remplacement plus élevés du ciment Portland, ce qui réduit la quantité totale de ciment nécessaire pour le mélange de béton.

NOUVEAUX GRANULATS

Il est possible de créer de nouveaux granulats en exposant des déchets de béton au CO_2 . Dans ce processus, les matériaux riches en calcium provenant des déchets de béton se combinent avec le CO_2 pour créer des granulats légers qui peuvent être utilisés dans des mélanges de béton de spécialité.

CARBONATATION DES EAUX USÉES DU BÉTON

Pendant la fabrication du béton, des résidus de boue sont produits. Un faible pourcentage du mélange est perdu lors du lavage des équipements de production ou des toupies des camions-malaxeurs. Ces eaux usées du béton sont très corrosives et les possibilités de les réutiliser sont limitées. La carbonatation des eaux usées peut permettre une plus grande réutilisation. Le CO_2 introduit peut réduire les propriétés corrosives des eaux usées du béton tout en séquestrant le CO_2 .

Portée et ampleur de l'impact potentiel des émissions

En général, pour chaque kg de ciment produit, 0,9 kg de CO₂ est créé.

Le captage et la réutilisation complète pourraient entraîner la réduction de 12,6 millions de tonnes d'émissions, sur la base d'une production annuelle canadienne de 14 MT de ciment, ce qui équivaut à retirer 3 millions de voitures de la circulation chaque année.

Les émissions associées à la production de ciment et de béton sont principalement dues à la réaction de calcination utilisée pour créer le clinker dans le four à ciment. Au cours de cette réaction, le calcaire des matières premières est chauffé, ce qui le divise en chaux vive (oxyde de calcium) et en CO₂. Près de 90 pour cent de toutes les émissions de la chaîne d'approvisionnement du béton sont créées au cours de cette étape.

Les émissions issues de la production du clinker proviennent de deux sources :

- la consommation de combustibles (combustibles fossiles, électricité) pour créer la chaleur requise (~33 pour cent);
- le rejet direct de CO₂ issu de la réaction de calcination (~66 pour cent).

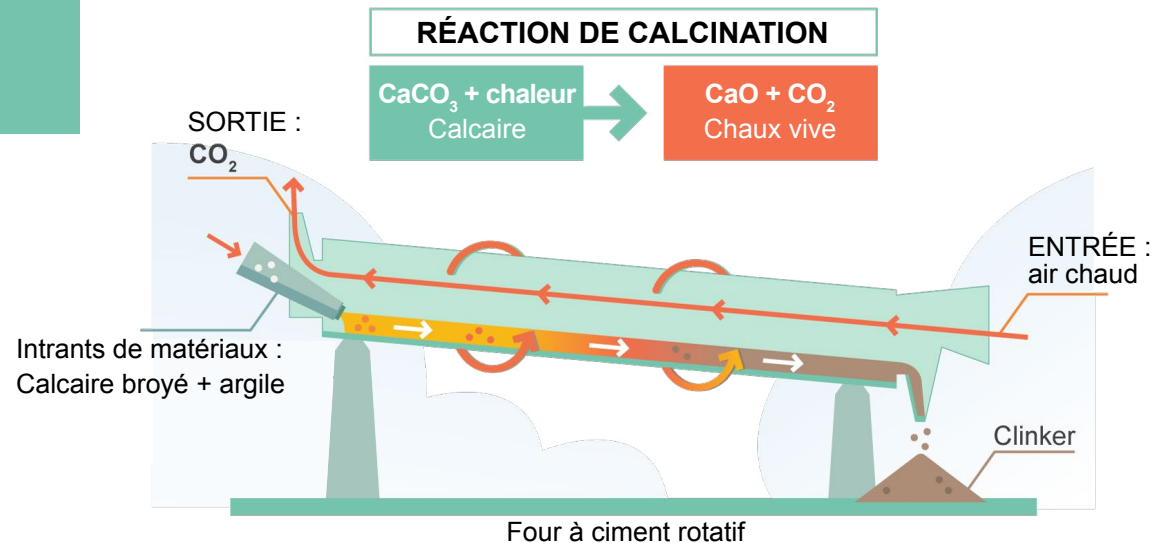
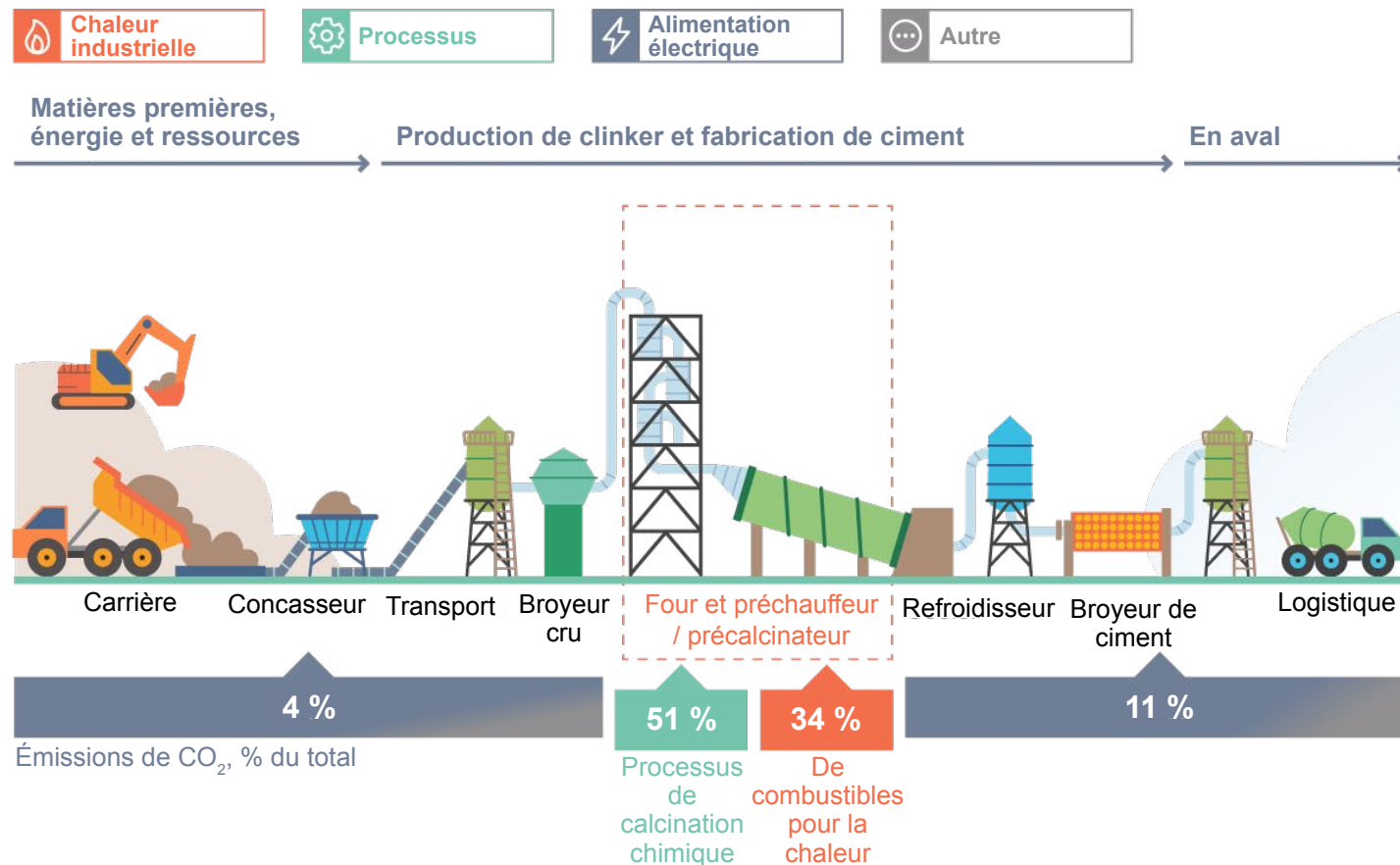


Figure 4 : Production de ciment et source de CO₂ – Adapté de Waldrop (2022)

Émissions dans le processus de production du ciment



Ventilation des émissions d'éq. CO₂

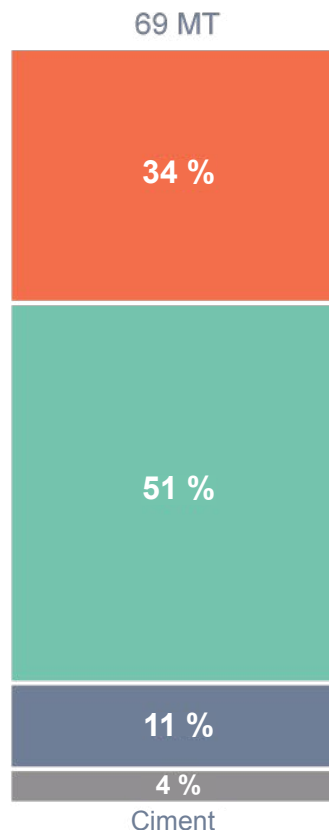


Figure 5 : Image adaptée du United States Department of Energy (2023)

À noter que l'image ci-dessus est un exemple basé sur l'étude du United States Department of Energy. La contribution réelle des émissions provenant des étapes du processus de production variera en fonction des matériaux locaux, des sources de combustible, de la distance parcourue et du mélange de béton produit.

Lors de la comptabilisation des sources d'émissions en amont et en aval, les émissions provenant de la production de clinker de ciment restent le principal facteur d'impact des produits en béton. Les autres émissions qui font partie de l'empreinte carbone du béton proviennent de la transformation et du transport des matières premières et du produit fini.

En utilisant les technologies de CUC, le CO₂ généré par la réaction de calcination pourrait être capté à la source, puis réacheminé pour être réutilisé ou stocké sous terre. Ces technologies ciblent la phase à plus forte intensité carbone du processus de production du ciment et du béton, et offrent donc une opportunité significative de réduction des émissions.

Le CUC-MCC au Canada

Le Canada compte de nombreux innovateurs du CUC-MCC. Ces innovateurs ont été soutenus par diverses mesures de financement et d'incitation, car plus de 2,3 milliards de dollars ont été investis depuis 2017 pour aider les entrepreneurs et les utilisateurs à développer et à commercialiser ces technologies.

Des gouvernements provinciaux ont également accordé du financement. La province de l'Alberta, par exemple, a offert un soutien financier aux technologies de CUC-MCC par le biais de son programme Emissions Reduction Alberta. L'Alberta a également accueilli le NRG COSIA Carbon XPRIZE, un concours de 20 millions de dollars destiné aux innovateurs qui se consacrent à la conversion du CO₂ en produits utilisables⁶.

Des projets pilotes actuellement prévus ou en cours à la grandeur du Canada sont déployés dans des cimenteries et des usines de béton. Des exemples de projets pilotes canadiens sont présentés à la page suivante.

Crédit d'impôt à l'investissement

Le gouvernement du Canada a proposé un crédit d'impôt à l'investissement pour le capital investi dans des projets de captage, d'utilisation et de stockage du carbone. Jusqu'à 2030, le crédit d'impôt à l'investissement remboursable peut atteindre 50 pour cent sur l'équipement de captage du carbone et 37,5 pour cent sur les équipements de transport, de stockage ou d'utilisation du carbone admissibles. Ce crédit est disponible uniquement pour les sociétés canadiennes et les projets admissibles doivent être opérationnels pendant au moins 20 ans.

Carbon Upcycling minéralise le CO₂ à partir de déchets industriels pour créer des matériaux constituant du béton et l'entreprise a fourni ce matériau pour des projets en **Alberta**.

Le projet CO₂MENT, à **Richmond**, en **Colombie-Britannique**, est un projet de démonstration de captage du carbone mené par Lafarge et Svante qui permet de capter une tonne de CO₂ par jour dans le four à ciment de Lafarge. Le CO₂ capté devrait être utilisé dans la production de carburants synthétiques.

Heidelberg Materials est en train de construire une installation de captage du carbone à **Edmonton**, en **Alberta**, et prévoit de capter plus d'un million de tonnes de CO₂ par année.

En partenariat avec Hyperion Global Energy Corporation, Lafarge mène un projet pilote à sa cimenterie de **Bath**, en **Ontario**, visant à capter le CO₂ pour créer des minéraux de grande pureté qui pourront être utilisés dans la production de béton. Le projet pilote a la capacité d'éliminer jusqu'à 1 000 tonnes de CO₂ par année⁷.

Des blocs de béton à empreinte carbone quasi nulle sont fabriqués au Québec et en Ontario à l'aide d'une technologie créée par CarbiCrete qui combine des scories d'acier résiduelles, un sous-produit du processus de fabrication de l'acier, avec du CO₂ dans une chambre spécialisée.

Des producteurs de béton de l'**Alberta**, de la **Colombie-Britannique**, de l'**Ontario** et de la **Nouvelle-Écosse** utilisent une technologie de minéralisation du carbone produite par CarbonCure Technologies pour fabriquer divers produits en béton.

La technologie de CarboClave utilise le CO₂ pour la cure des blocs de béton en **Ontario** et au **Québec**.

- Captage du carbone
- Utilisation du carbone

Exemples du déploiement de technologies de CUC-MCC au Canada

Le CUC-MCC en contexte mondial

Les efforts mondiaux visant à réduire le carbone dans les matériaux ont encouragé différentes approches pour soutenir la recherche sur le CUC-MCC. En 2021, la Commission européenne a proposé un Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières qui s'applique à la production d'acier, de ciment, d'aluminium, d'engrais et d'hydrogène. Ce mécanisme établit un tarif sur le ciment importé dont l'intensité carbone est plus élevée que celle de la production européenne, ce qui permet de maintenir un prix sur le carbone fabriqué en Europe tout en protégeant contre les importations qui ne sont pas soumises à la taxe et à d'autres réglementations environnementales. Cela pourrait contribuer à maintenir la compétitivité européenne tout en encourageant les investissements dans des méthodes de production à faibles émissions de carbone. D'autres économies pourraient être réalisées si les technologies de captage, de stockage et d'utilisation du carbone (CUSC) utilisaient de l'électricité à faibles émissions de carbone, répondaient aux critères techniques pour le transport du dioxyde de carbone et utilisaient le stockage géologique permanent souterrain ou étaient liées chimiquement de manière permanente⁸.

En Chine, les sociétés cimentières en sont aux premières phases de lancement de projets de captage du carbone dans le four à ciment. Plus grand producteur et consommateur de ciment au monde, la Chine compte pour plus de la moitié de la production et de l'utilisation mondiales de ciment. La politique nationale chinoise soutient largement le CUSC en tant qu'élément clé de la décarbonation industrielle à long terme⁹.

En 2022, le Congrès des États-Unis a promulgué l'Inflation Reduction Act (IRA). Pendant son application, cette loi a investi environ 780 milliards de dollars dans des efforts axés sur l'énergie et le climat, et comprenait notamment des dispositions qui ont entraîné des investissements directs ou des subventions dans les technologies émergentes de CUC-MCC. Ces investissements ont permis de développer plus de 14 000 nouvelles déclarations environnementales de produits pour le béton, soit une augmentation de 15 pour cent, et de consacrer 2 milliards de dollars à la promotion de l'utilisation de matériaux à plus faible teneur en carbone dans les projets de construction fédéraux, dont environ 750 millions de dollars pour les matériaux en béton¹⁰.

La mise en œuvre de l'IRA a été interrompue après les élections fédérales américaines de 2024. Toutefois, certains de ses éléments relatifs aux technologies de CUC-MCC ont pu être réalisés (p. ex., les déclarations environnementales de produits). D'autres éléments de l'IRA pourraient ne pas être mis en œuvre ou l'être sous une forme ou à une échelle différente de ce qui était prévu.

Alors que le Canada examine les possibilités futures du CUC-MCC, y compris pour les exportations internationales de ciment canadien, nos technologies et notre expertise en la matière seront essentielles. Pour réaliser le potentiel du Canada, il faudra un soutien continu pour rassembler et mobiliser les acteurs canadiens de l'industrie du CUC-MCC.

Projets pilotes

En Norvège, la cimenterie de Heidelberg Materials à Brevik exploite le premier système de captage du carbone à l'échelle industrielle, conçu pour capter 400 000 tonnes d'éq. CO₂, soit environ 50 pour cent des émissions annuelles, en vue de leur stockage sous la mer du Nord¹¹. Heidelberg prévoit de déployer d'autres systèmes de captage du carbone dans ses installations en France, en Allemagne, en Suède, au Royaume-Uni et dans d'autres pays d'Europe.

Opportunités et avantages du CUC-MCC pour le Canada

Au-delà de la réduction des émissions de carbone, les technologies de CUC-MCC pourraient créer d'importants avantages connexes pour l'économie canadienne.



MAIN-D'ŒUVRE

L'attention prioritaire accordée à la décarbonation du ciment et du béton entraînera la création d'emplois directs et indirects. La rénovation des installations existantes créera également des possibilités supplémentaires d'emplois bien rémunérés dans le secteur de la construction. L'expérience croissante des technologies émergentes continuera à stimuler la recherche innovante dans les établissements d'enseignement postsecondaire canadiens. Toute modification des processus et des chaînes d'approvisionnement existants pour la production de ciment et de béton pourrait également stimuler la demande de métiers spécialisés et de formation complémentaire, ainsi que le développement des travailleurs existants.



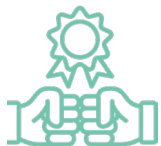
QUALITÉ DE L'AIR

En plus du CO₂, la production de ciment génère aussi d'autres émissions qui ont un impact sur la qualité de l'air. Les investissements visant à réduire l'empreinte carbone du ciment et du béton pourraient permettre de réduire également l'impact de ces polluants. L'introduction de systèmes de captage du carbone, par exemple, pourrait également favoriser la mise en œuvre de nouvelles mesures de contrôle de la pollution afin d'accroître l'efficacité du captage du CO₂ en éliminant les contaminants.



MATIÈRES PREMIÈRES

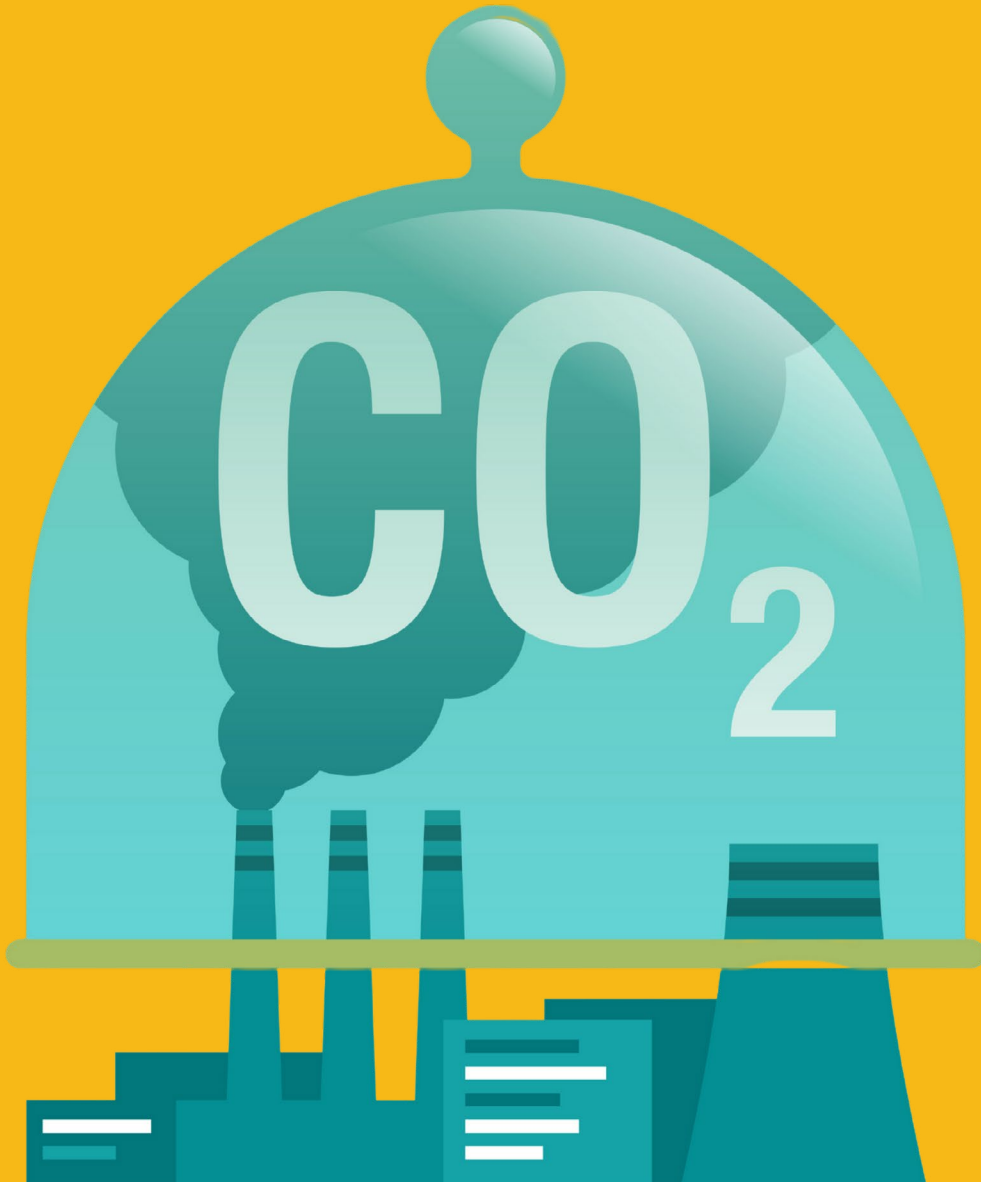
La disponibilité de matériaux cimentaires supplémentaires, tels que les cendres volantes et le laitier granulé de haut fourneau moulu, est en déclin. Pour atteindre ses objectifs de réduction des émissions, l'industrie du ciment et du béton devra développer de nouveaux matériaux cimentaires supplémentaires pour remplacer les stocks décroissants de matériaux liants alternatifs existants. Il a été démontré que la carbonatation améliore les performances de certains matériaux supplémentaires couramment utilisés. La carbonatation d'autres déchets industriels pourrait également conduire au développement de nouveaux matériaux supplémentaires, offrant ainsi de nouvelles possibilités de réduire l'utilisation du ciment Portland. L'utilisation accrue de matériaux supplémentaires provenant de déchets industriels dans les matériaux en béton permet de les réutiliser de manière avantageuse et d'éviter que ces déchets ne finissent dans les centres d'enfouissement.



PLUS GRANDE COMPÉTITIVITÉ

La production de ciment et de béton à faible teneur en carbone au Canada, qui respecte ou dépasse les exigences en matière de carbone intrinsèque établies par les principaux partenaires commerciaux, pourrait également protéger ou accroître la compétitivité des exportations canadiennes.

Ce que nous avons appris



Saisir l'occasion

L'Association canadienne du ciment s'attend à ce que plus du quart des émissions provenant de la production de ciment et de béton ne puissent être atténuées que par les technologies de CUC-MCC¹. De même, la Global Cement and Concrete Association s'attend à ce que les technologies de CUC-MCC soient nécessaires pour atténuer plus du tiers des émissions totales de ciment et de béton¹². Cette unanimité voulant que le CUC-MCC soit une classe de technologies essentielle et nécessaire démontre que leur développement et leur déploiement présentent d'importantes occasions économiques. Comme le ciment et le béton sont fabriqués dans le monde entier selon le même procédé chimique fondamental, les solutions développées au Canada pourraient être exportées dans le monde entier.

L'importance accrue qu'accordent les plus grands partenaires commerciaux du Canada à l'impact carbone des matériaux industriels encourage les investissements nationaux dans des initiatives de réduction du carbone. Les États-Unis sont le plus grand marché d'exportation du ciment canadien, et la grande majorité des exportations annuelles de plus de 750 millions de dollars y sont acheminées⁴. La politique industrielle des États-Unis ces dernières années a encouragé la divulgation de l'impact carbone des matières premières, dont le ciment et le béton.

Les futures administrations pourraient décider de déployer des politiques qui encouragent davantage les produits à faibles émissions de carbone, ou les mesures

récentes visant à promouvoir l'approvisionnement en ciment et en matériaux de béton à faible teneur en carbone pourraient s'avérer temporaires. L'intérêt relatif et l'engagement des partenaires commerciaux du Canada à gérer et à réduire l'intensité carbone des matériaux exerceront probablement une influence significative sur les investissements nationaux dans ces technologies.

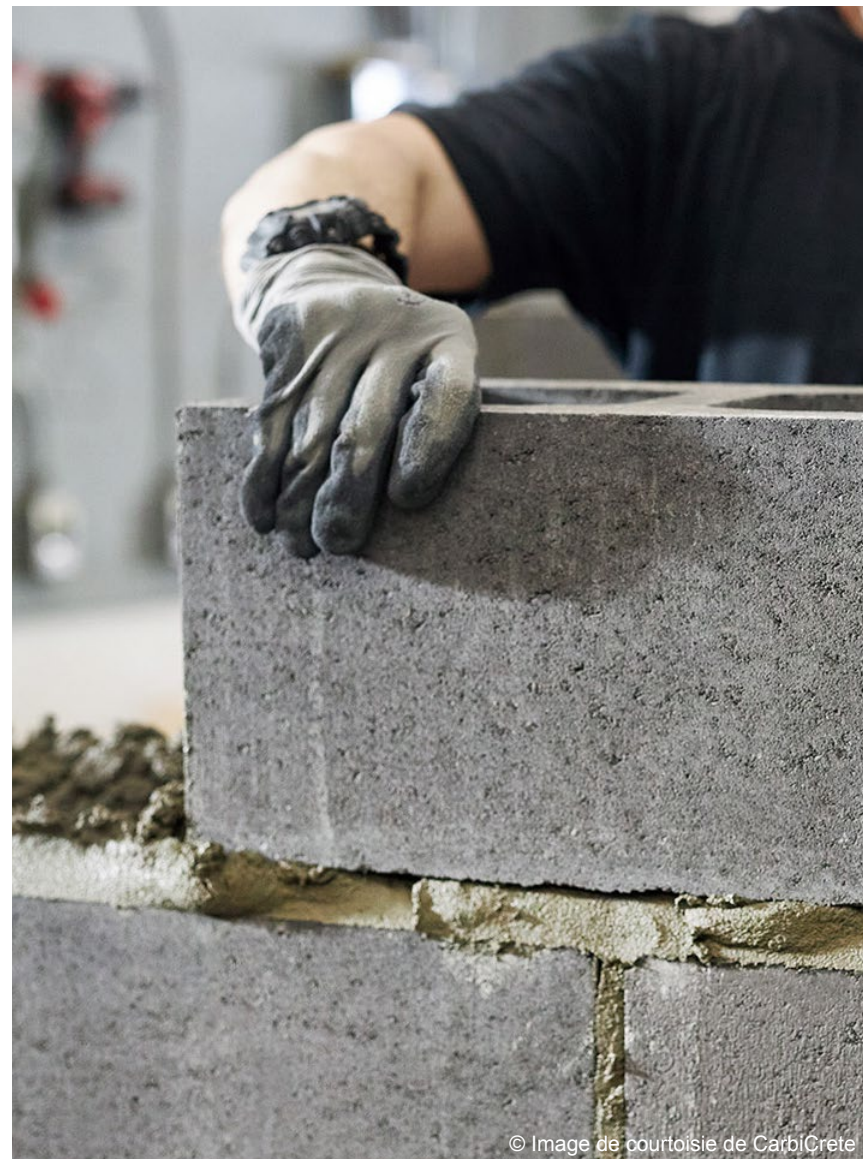
Le choix de continuer à réduire l'impact carbone du ciment et du béton canadiens pourrait contribuer à protéger les échanges commerciaux existants. Il pourrait aussi créer des occasions d'accroître les exportations internationales de ciment et des technologies et de l'expertise canadiennes en matière de CUC-MCC au-delà des partenaires commerciaux traditionnels. La réalisation de ce potentiel dépendra de la mobilisation des parties prenantes tout au long de la chaîne de valeur du ciment et du béton. Il n'y a pas de moyen efficace ou centralisé pour atteindre tous les professionnels canadiens de la conception et de la construction qui spécifient et qui utilisent des matériaux en béton. Des stratégies tactiques visant à atteindre les principaux décideurs dans les régions où les technologies de CUC-MCC sont en train d'émerger permettront de stimuler la demande et d'encourager de nouveaux investissements et déploiements au pays. Les besoins en données et en informations des principales parties prenantes impliquées dans la fabrication et la consommation de ciment et de béton sont résumés dans le tableau de la page suivante.

Installations de démonstration

Des installations d'essai centralisées qui permettraient une évaluation transparente et cohérente par des tiers des technologies de CUC-MCC afin de valider les allégations de performance et d'avantages environnementaux accéléreraient le taux d'adoption. Les données mises à disposition par les installations d'essai centralisées et accessibles aux organismes publics à travers le Canada réduiraient le coût des essais de nouvelles technologies, amélioreraient l'efficacité des essais et des rapports, réduiraient les préoccupations de partialité et favoriseraient la sensibilisation et la compréhension des parties prenantes.

Besoin d'information des parties prenantes clés sur les technologies de CUC-MCC dans la chaîne de valeur de la fabrication du ciment et du béton.

	Rôle de la partie prenante	Besoins d'information
Décideurs	Créer un environnement politique favorable axé sur la décarbonation industrielle afin de favoriser le développement et le déploiement de technologies émergentes.	Connaissances techniques susceptibles d'être intégrées dans l'élaboration des politiques.
Propriétaires et responsables de l'approvisionnement	Autoriser ou demander l'utilisation de produits, de matériaux ou de technologies dans la conception et la construction de leurs actifs.	Stratégies visant à assurer un approvisionnement compétitif et équitable. Informations claires sur les émissions de référence de l'industrie.
Ingénieurs et concepteurs	Capacité d'estimer et d'évaluer les avantages attendus de la performance des produits, matériaux ou technologies utilisés dans leurs projets.	Validation technique (tant pour la performance que pour les avantages revendiqués en matière de carbone).
Entrepreneurs et corps de métiers	Expertise dans l'utilisation de produits, de matériaux ou de technologies, et capacité de les évaluer et de les acquérir.	Fiabilité et coût. Performance technique. Conseils d'installation et d'utilisation.
Fabricants et fournisseurs de béton	Capacité de fabriquer efficacement des produits et des matériaux à la demande, de manière fiable et à un coût abordable.	Performance technique et coût.



© Image de courtoisie de CarbiCrete

Technologies naissantes

Les technologies de CUC-MCC sont actuellement déployées à la grandeur du Canada, mais l'expérience directe avec ces technologies est encore limitée.

En raison de la disponibilité limitée des technologies de CUC-MCC sur les principaux marchés canadiens, peu d'ingénieurs, d'entrepreneurs ou de promoteurs de projets en ont une expérience directe. Et lorsque ces technologies sont disponibles, la petite envergure des opérations pilotes peut limiter la capacité. Certains innovateurs ne sont pas encore en mesure de fournir suffisamment de matériaux pour le béton nécessaire à un projet de construction moyen.

Les parties prenantes ont indiqué que, même si elles avaient manifesté leur intérêt et étudié la disponibilité des matériaux en béton fabriqués à l'aide des technologies de CUC-MCC, elles étaient souvent incapables de se procurer ces matériaux en raison de leur offre et de leur disponibilité limitées.

L'Alberta a été la première province canadienne à déployer la technologie, mais d'autres projets pilotes sont en cours sur l'île de Vancouver, dans le sud de l'Ontario et au Québec.

L'offre de CO₂

Le CO₂ capté doit être acheminé vers des installations existantes où il peut être réutilisé de manière avantageuse, ou vers des sites de stockage souterrains sécurisés. Les régions du Canada n'ont pas toutes une géologie adaptée au stockage du CO₂ capté. Il n'y a aucun avantage climatique à produire du CO₂ aux seules fins de son utilisation. Le CO₂ doit être obtenu à partir de sources industrielles ou atmosphériques existantes.

La production décentralisée de ciment et de béton (en raison des coûts de transport des matériaux et de la nécessité de desservir les marchés locaux) constitue un obstacle économique. L'amélioration des infrastructures de transport ou de pipelines pour le CO₂ sera un facteur essentiel pour réduire le coût du transport du CO₂ et améliorer ainsi la rentabilité des technologies de CUC-MCC.



Les technologies de CUC-MCC adoptent différentes approches pour réduire les émissions et utiliser le CO₂.

La variabilité des approches technologiques et le stade précoce de ces technologies émergentes créent les défis suivants :

- Les fabricants de ciment et de béton sont mis au défi d'évaluer la viabilité d'un nombre croissant de nouvelles technologies dans leurs propres laboratoires de recherche.
- Les concepteurs n'ont pas de méthodologies cohérentes pour évaluer et valider la performance du béton fabriqué avec les technologies de CUC-MCC en raison de la disponibilité des données et d'un historique de performance limités.
- Il n'y a pas de méthode standard pour quantifier et vérifier les allégations de réduction des émissions du CUC-MCC, ce qui limite la disponibilité de l'information pour les décideurs.

Ces incertitudes découragent l'investissement dans ces technologies et leur déploiement. Une validation technique plus poussée s'impose. Des projets pilotes et de démonstration supplémentaires offriraient aux parties prenantes de l'industrie la possibilité d'acquérir de l'expérience et de collecter des données.

Solutions prêtes au déploiement

MATURITÉ DE LA TECHNOLOGIE

L'importante contribution des technologies de CUC-MCC à la décarbonation du ciment et du béton est largement reconnue, mais, en général, l'industrie n'est pas suffisamment prête à les adopter et d'autres stratégies de réduction du carbone sont plus faciles à déployer et plus accessibles dans l'immédiat.

Ainsi, il est déjà possible de mettre en œuvre d'autres approches à la décarbonation, comme la substitution du clinker, une solution à coût neutre pour réduire les émissions. Dans certains cas, ces approches offrent des avantages en termes de coûts. L'industrie du ciment et du béton utilise également d'autres stratégies, comme le changement de combustible, le renouvellement des installations et des équipements et l'amélioration des mélanges de béton.

Les intervenants de l'industrie déploient des technologies matures qui offrent des avantages financiers. L'utilisation de matériaux alternatifs est déjà difficile, car ces matériaux sont de moins en moins disponibles, souvent en raison des efforts de décarbonation dans les secteurs de l'industrie dont ils proviennent. Les solutions existantes prêtes à l'emploi ont des capacités limitées à offrir des réductions continues des émissions. C'est pourquoi il est crucial de commencer dès maintenant à développer en continu les technologies de CUC-MCC.

Ces approches alternatives pour réduire l'impact carbone du béton peuvent également être plus cohérentes avec les pratiques de l'industrie et les chaînes d'approvisionnement existantes, ainsi qu'avec les exigences des codes et normes en vigueur. Ces facteurs réduisent les délais d'obtention des approbations et le cycle global d'adoption, ce qui offre un avantage comparatif supplémentaire pour l'investissement. Dans certains cas, ces stratégies ont déjà été déployées dans d'autres pays et pourraient être introduites au Canada en modifiant les normes ou en offrant des incitations supplémentaires.

AMPLEUR DES ÉMISSIONS

Le volume des émissions provenant des cimenteries est d'une ampleur extrêmement élevée, la moyenne s'établissant à plus de 80 000 tonnes de CO₂ par année et par usine. Le volume de CO₂ généré par une usine dépasse de loin ce qui peut être utilisé de manière significative dans l'économie locale de la cimenterie. Les technologies de CUC-MCC actuellement disponibles, axées sur l'utilisation du CO₂, ont des capacités de plusieurs centaines de tonnes par année et devraient être déployées à une échelle beaucoup plus grande pour utiliser le CO₂ produit par une seule cimenterie. Il y a actuellement un décalage entre les coûts et les besoins importants en équipements pour capter le volume élevé de CO₂ produit par un four à ciment et la nécessité de mettre en place à grande échelle des technologies capables d'utiliser de manière avantageuse le CO₂ capté.

L'approvisionnement en CO₂ capté est actuellement un défi pour les fournisseurs de technologies de CUC-MCC, et il se peut que le CO₂ disponible ne soit pas abordable en raison du nombre limité de sites de captage de CO₂, des coûts de transport et des exigences de pureté. Des solutions technologiques axées sur le captage du carbone au niveau du four à ciment sont en cours d'expérimentation et permettront de capter des volumes beaucoup plus importants de CO₂ émis. En attendant que les technologies de CUC-MCC arrivent à maturité, le CO₂ capté peut être séquestré dans des stockages souterrains. Cette approche n'est viable que dans les régions du pays qui disposent d'une géologie et d'infrastructures adaptées à proximité des fours à ciment en activité. À mesure que les technologies de CUC-MCC gagneront en maturité, la quantité de CO₂ pouvant être utilisée devrait augmenter et le coût de ces technologies devrait diminuer, ce qui incitera à leur adoption.

Codes et normes

Les codes, les normes et les devis jouent un rôle crucial pour déterminer comment les matériaux et les produits en béton peuvent être fabriqués. Ils énoncent des directives sur les matériaux à utiliser, la façon de concevoir ou de construire, ainsi que sur diverses autres exigences. En général, ils définissent les normes minimales attendues.

Distinction entre codes et normes

Codes : Les codes fournissent des indications sur la manière dont les structures ou les infrastructures seront conçues et construites. Ils peuvent également définir les matériaux qui peuvent être utilisés, la manière dont ils peuvent être placés ou manipulés, ou donner d'autres directives. Les codes sont supervisés par des organismes légalement établis ayant une autorité et une compétence définies. Le non-respect des codes et des normes en vigueur peut avoir des conséquences juridiques.

Normes : Les normes ont pour but de définir des pratiques et des approches afin de garantir l'adoption d'une approche uniforme pour promouvoir la qualité et la cohérence. Les normes sont généralement créées et mises à jour par des organisations professionnelles du secteur de la conception. Elles représentent les meilleures pratiques et sont volontaires, mais les gouvernements peuvent aussi imposer leurs propres normes.

Il est possible d'utiliser les technologies de CUC-MCC même si elles ne sont pas spécifiquement identifiées dans les normes reconnues par les codes du bâtiment, mais leur utilisation est perçue comme un risque plus élevé.

Au Canada, les normes relatives aux matériaux de construction sont en grande partie élaborées par le Groupe CSA (anciennement l'Association canadienne de normalisation). Il existe toute une série de normes définies pour le ciment et le béton, qui décrivent les exigences touchant les essais, les pratiques de conception et de construction attendues, les matériaux acceptés et d'autres considérations. Le béton utilisé au Canada doit répondre à ces normes.

Pour qu'une technologie soit examinée soigneusement et prise en compte par les comités de normalisation, elle doit généralement être déployée et sa performance doit être étayée par des données et des preuves. Mais pour que les technologies soient déployées, les parties prenantes qui ont une aversion pour le risque veulent avoir l'assurance qu'elles sont conformes aux codes et normes pertinents. L'absence de référence directe ou d'inclusion dans les codes et normes constitue en soi un obstacle à l'adoption. Cette impasse signifie que les technologies de CUC-MCC peuvent avoir du mal à pénétrer le marché.

CYCLES DE RENOUVELLEMENT

Les codes sont généralement renouvelés sur un cycle de quinze ans, et les comités qui les supervisent sont généralement composés d'experts bénévoles. Une fois publiées, les dernières versions des codes peuvent mettre du temps à être adoptées et utilisées dans les normes et devis locaux. Ces normes et devis locaux peuvent avoir un cycle de renouvellement différent, ce qui peut prolonger encore le délai d'adoption des nouvelles directives, sans compter qu'ils peuvent aussi remplacer ou modifier les directives des normes nationales. La reconnaissance de nouvelles approches et de nouveaux matériaux dans les codes est donc très variable et peut prendre une décennie ou plus. Les longs délais de publication et les exigences de révision pour obtenir des modifications des codes sont déroutants et coûteux en temps et en argent pour les innovateurs.

Définition des matériaux à faible teneur en carbone

Le marché canadien ne dispose pas de normes uniformes pour définir les matériaux de béton à faible teneur en carbone. Le principal outil utilisé pour quantifier les émissions de carbone des matériaux de béton est l'analyse du cycle de vie déclarée au moyen d'une déclaration environnementale de produit (DEP).

Les DEP sont largement acceptées et considérées comme des outils utiles, mais elles comportent actuellement certaines limites méthodologiques, notamment :

- **Données de référence limitées** : Il y a un manque de données sur l'impact carbone des différents mélanges de béton au Canada. Certaines DEP pour les produits en béton sont parfois disponibles, mais les informations sont limitées dans de nombreuses régions du pays. Malgré le fait que des directives ont été publiées pour que les associations provinciales du béton développent des DEP, on constate que ces directives sont peu connues et peu utilisées. Certaines provinces ne rapportent que les moyennes de l'industrie. À cause de cette variabilité, il est difficile de comprendre le réel impact carbone de référence des produits en béton au Canada.

Niveaux de précision des données des DEP

Moyenne de l'industrie :

Données composites basées sur les valeurs moyennes d'entrée de plusieurs sites de production individuels dans une zone géographique définie.

Spécifiques à l'usine :

Données sur un seul produit d'un fabricant donné basées sur les matières premières et les processus de production utilisés par l'usine de fabrication.

Spécifiques à un lot :

Données sur la conception d'un mélange de béton individuel basées sur les proportions réelles des matériaux.

- **Absence de méthodologies normalisées** : Les règles qui régissent la création des DEP ne sont pas conçues pour permettre une prise de décision comparative. Elles autorisent actuellement l'utilisation de valeurs estimées ou de moyennes de l'industrie. Ces règles sont toutefois en cours de révision afin de réduire le nombre d'hypothèses pouvant être utilisées. Comme les données sources sont parfois limitées pour de nombreux matériaux (y compris le béton), les praticiens doivent se fier à des valeurs moyennes. Concrètement, cela signifie que les DEP peuvent être créées à partir d'hypothèses ou d'approches différentes, ce qui limite leur valeur en tant qu'outil d'aide à l'approvisionnement.
- **Impossibilité de prendre en compte les nouvelles approches** : Les méthodologies actuelles des DEP n'ont aucun mécanisme permettant de prendre en compte les avantages du CO₂ utilisé dans la fabrication de nouveaux produits en béton. Cette absence de reconnaissance limite la capacité des innovateurs du CUC-MCC à offrir de la valeur aux producteurs de ciment et de béton sur le plan de l'intensité carbone déclarée de leurs produits. De plus, la manière de comptabiliser ou d'attribuer le CO₂ capté dans une zone donnée ou par une industrie donnée et utilisé dans une autre ne fait pas consensus. Il faudrait établir des règles plus claires relativement à la comptabilisation du CO₂.

Les limites des outils actuels rendent difficile l'attribution définitive des avantages carbone aux technologies de CUC-MCC. L'élaboration de normes consensuelles sur ce qui constitue un ciment et un béton à faible teneur en carbone favoriserait la prise de décisions d'approvisionnement plus éclairées et cohérentes.

Aspects économiques du CUC-MCC

LES BESOINS EN CAPITAUX SONT ÉLEVÉS

Les cimenteries existantes ont une longue durée de vie, ce qui peut justifier l'investissement dans leur modernisation pour le captage du carbone. Certaines technologies de CUC-MCC requièrent toutefois des investissements de capitaux élevés, dont les périodes de récupération sont longues (ou inexistantes), ce qui les rend difficiles à justifier compte tenu de la dynamique actuelle du marché. La mise en œuvre de projets de captage du carbone à grande échelle peut coûter plus d'un milliard de dollars et dépasser le coût d'investissement du four à ciment lui-même. Comme la demande de CO₂ capté est limitée, cet investissement ne pourra probablement pas être rentabilisé, même avec les augmentations prévues des taxes sur le carbone au Canada.

Les technologies d'utilisation du CO₂ sont généralement moins coûteuses et peuvent même ne nécessiter aucun investissement. Toutefois, jusqu'à présent, les technologies d'utilisation ont été déployées à des phases ultérieures du processus de production du béton, après la fabrication du ciment. Cela signifie que les fabricants de ciment n'ont pas tiré de revenus directs de l'adoption des technologies d'utilisation. Par conséquent, ils n'ont pas les capitaux disponibles pour subventionner le captage du carbone dans les fours à ciment.

L'INCERTITUDE POLITIQUE LIMITE L'INNOVATION

Les approches qui nécessitent d'importants investissements en capital dépendent de politiques favorables et du soutien financier. L'incertitude politique nuit à la poursuite de l'innovation et de l'adoption. Sans un soutien politique cohérent, il est peu probable que les stratégies de CUC-MCC à fort impact et qui posent des défis économiques de taille soient mises en œuvre.

RÉGIONALISATION DE LA PRODUCTION

Alors que le ciment est commercialisé et transporté au-delà des frontières, les produits en béton sont généralement fabriqués localement. Ils sont rarement transportés sur de longues distances depuis leur lieu de fabrication, car les coûts d'expédition les rendent non compétitifs par rapport aux produits locaux. Le béton prêt à l'emploi, en particulier, a une zone de livraison limitée.

Cela limite les économies d'échelle potentielles qui peuvent être réalisées et restreint géographiquement la disponibilité des technologies à faibles émissions de carbone qui sont déployées dans la cimenterie. Les matériaux locaux sont également utilisés dans les différentes zones géographiques pour fabriquer du ciment et des granulats. Les différences dans la composition de ces matériaux peuvent nécessiter l'adaptation des technologies de CUC-MCC à la chimie des matériaux locaux.

FLUCTUATION DE LA DEMANDE

Le marché de la construction évolue constamment en fonction de la demande. En général, la demande pour des matériaux en béton à faible teneur en carbone auprès des producteurs de ciment et de béton devrait augmenter. Toutefois, les producteurs ont une capacité limitée de prévoir la demande future pour leurs produits et la demande des marchés locaux ou des zones géographiques varie considérablement. Comme la plupart des produits en béton sont fabriqués et livrés à proximité des sites où ils seront utilisés, l'utilisation à grande échelle et la portée du déploiement de certaines technologies de CUC-MCC sont limitées. L'incohérence régionale dans la demande du marché peut rendre difficile la justification des investissements dans l'innovation.

RISQUE ÉCONOMIQUE

La piètre performance des matériaux en béton peut être très coûteuse. Un béton moins performant peut se traduire par une réduction de la durée de vie, une augmentation des coûts d'exploitation et d'entretien ou une diminution de la durée de vie utile du matériau lui-même. Le béton qui ne répond pas aux exigences de performance spécifiées doit être retiré des chantiers aux frais de l'entrepreneur et du fournisseur de béton. Cela peut également perturber le calendrier du projet, ce qui entraîne des coûts et des émissions supplémentaires.

L'introduction d'une nouvelle technologie pourrait créer un nouveau niveau de risque, et la prudence est de mise. Certaines technologies de CUC-MCC, comme le captage du carbone au niveau du four à ciment, n'entraîneront aucun changement dans les produits de matériaux, mais il faut évaluer les autres technologies pour déterminer si elles peuvent entraîner des changements de performance, afin de limiter les nouveaux risques économiques potentiels.

Politiques publiques et approvisionnement

UN APPROVISIONNEMENT COHÉRENT

Comme tous les niveaux de gouvernement se procurent du béton par l'intermédiaire de divers organismes, il sera essentiel de coordonner l'approvisionnement en utilisant un langage et des exigences similaires si l'on veut favoriser l'adoption des technologies de CUC-MCC. Le fait d'avoir à se conformer à des normes différentes entraînerait des inefficacités et des coûts supplémentaires pour les producteurs de ciment et de béton, ce qui entraverait l'innovation. L'adoption de méthodologies et de normes communes pour un approvisionnement bas carbone à tous les niveaux de gouvernement encouragerait le déploiement des technologies de CUC-MCC et réduirait le risque lié à leur adoption. Les gouvernements doivent également veiller au respect et à la mise en œuvre des directives d'approvisionnement pendant l'exécution du projet.

PROJETS DE DÉMONSTRATION

Les projets menés par le gouvernement conviendraient bien pour servir de projets de démonstration. Certaines formes d'infrastructures publiques sont à faible risque (p. ex., les trottoirs, les bordures et les rigoles, etc.) et posent un risque limité pour la sécurité des personnes. La taille et l'ampleur de ces projets aideraient également les innovateurs en phase de démarrage qui ne sont en mesure de fournir que des quantités limitées de matériaux.

DIRECTIVES D'APPROVISIONNEMENT

Les responsables de l'approvisionnement sont des spécialistes de leur domaine qui n'ont pas d'expérience ni de connaissances techniques sur les technologies de CUC-MCC ou les matériaux en béton. Ils auront besoin de directives claires sur l'intégration des questions relatives aux produits à faibles émissions de carbone dans leurs décisions d'achat afin de faciliter l'adoption des technologies de CUC-MCC.

PRÉVISIBILITÉ DE LA DEMANDE

Les marchés publics pour le béton fabriqué à l'aide des technologies de CUC-MCC constituent l'un des seuls outils permettant de surmonter les obstacles liés aux coûts pour l'utilisation de matériaux en béton à faible teneur en carbone. Les marchés publics pourraient inclure des exigences relatives au ciment et au béton à faible teneur en carbone ou prescrire leur utilisation dans le cadre de certains projets. Étant donné que les gouvernements sont responsables de 50 pour cent ou plus de tout le béton acheté, des engagements fermes en matière d'approvisionnement accéléreraient la capacité de production de matériaux en béton à faible teneur en carbone. Le secteur public est le mieux placé pour fournir des signaux de demande stables et donner aux producteurs de ciment et de béton la certitude qui leur permettra d'investir dans les technologies de CUC-MCC par le biais de politiques d'approvisionnement. L'engagement à réduire les émissions de manière ciblée pour les grands projets stimulera la demande pour ces technologies, car les fournisseurs rechercheront des solutions prêtes à être commercialisées qui peuvent les aider à atteindre les objectifs prescrits. Les objectifs doivent être réalistes, mais ambitieux, et devront devenir plus rigoureux au fil du temps.

Approvisionnement à faible teneur en carbone du gouvernement du Canada

Par le biais de la Norme sur le carbone intrinsèque en construction du Conseil du Trésor, le gouvernement fédéral du Canada impose, dans tous les nouveaux grands projets de construction, l'utilisation de béton qui permet de réduire de 10 pour cent les émissions de carbone intrinsèque par rapport aux moyennes régionales.

Conclusion et prochaines étapes

Les technologies CUC-MCC sont un élément nécessaire pour atteindre l'objectif de production de ciment et de béton nets zéro au Canada. Les recherches et les perspectives résumées dans le présent rapport décrivent l'état actuel de l'adoption des technologies de CUC-MCC au Canada et soulignent le potentiel de ces technologies pour réduire les émissions de carbone dans le secteur du bâtiment et de la construction.

Le projet Enfouir le carbone dans les bâtiments continuera de s'appuyer sur cette recherche en explorant d'autres sujets et en menant d'autres actions sur les thèmes suivants :

RECHERCHE TECHNIQUE

Les recherches en cours à l'Université de Toronto contribueront à faire progresser l'état des connaissances sur les technologies de CUC-MCC au Canada. Elles portent sur les sujets suivants :

- Les effets des technologies et des techniques de CUC-MCC sur les propriétés physiques et les caractéristiques de performance des matériaux en béton.
- Les méthodologies de modélisation et de quantification des émissions de carbone intrinsèque des matériaux en béton qui utilisent les technologies de CUC-MCC.
- L'évaluation de l'absorption naturelle du CO₂ par les matériaux en béton dans différentes régions géographiques du Canada.

CONSULTATION DE L'INDUSTRIE ET D'EXPERTS

D'autres consultations seront menées avec des experts des parties prenantes afin de solliciter des commentaires et de partager les conclusions sur les sujets suivants :

- Les priorités et les approches à l'élaboration de politiques publiques efficaces.
- L'examen des cycles de mise à jour des codes et des normes et des possibilités de promouvoir les technologies de CUC-MCC avec ou sans référence spécifique dans les codes et les normes.
- Des orientations pour l'évaluation des impacts environnementaux associés aux technologies de CUC-MCC.

GUIDER L'APPROVISIONNEMENT

Des directives sur les devis et l'approvisionnement efficaces de matériaux en béton qui utilisent les technologies de CUC-MCC seront élaborées. Ce rapport s'adressera à l'industrie de la conception, de la construction et de l'aménagement afin de soutenir l'utilisation des technologies de CUC-MCC. Il devrait décrire les responsabilités de chaque partie impliquée dans la construction de bâtiments et d'infrastructures (p. ex., les architectes, les ingénieurs en structure, les fournisseurs de béton et les entrepreneurs généraux). Ce rapport sera le résultat final du projet Enfouir le carbone dans les bâtiments.



Annexe A : Remerciements

Le document a été préparé avec l'aide d'un groupe consultatif diversifié qui en a examiné les diverses ébauches, en a discuté et a formulé ses commentaires. Les membres de ce groupe sont énumérés ci-dessous.

Groupe consultatif

Adam Auer	<i>Association canadienne du ciment</i>
David Bangma	<i>Ash Grove Cement</i>
Anya Barkan	<i>Multiplex</i>
Ryan Bourns	<i>Carbon Upcycling Technologies</i>
Ken Carrusca	<i>Association canadienne du ciment</i>
Robert Cumming	<i>Lafarge Canada</i>
Scott Cumming	<i>WSP Canada</i>
Jeremy Field	<i>Introba</i>
David Gottfried	<i>BluePlanet Systems</i>
Professor Daman Panesar	<i>Université de Toronto</i>

Ijaz Iqbal	<i>Ministère des Services aux citoyens de la Colombie-Britannique</i>
Joel Magnan	<i>Ministère des Transports de l'Ontario</i>
Dominic Mattman	<i>RJC Engineers</i>
Jolene McLaughlin	<i>EllisDon</i>
Kit Milnes	<i>KingSett Capital</i>
Steve Montgomery	<i>PCL</i>
Trevor Nightingale	<i>Conseil national de recherches Canada</i>
Robert Niven	<i>CarbonCure Technologies</i>
Sarah Petrean	<i>Association canadienne du ciment</i>
Oscar Valdes	<i>Entuitive</i>



En plus du groupe consultatif, des chefs de file éclairés ont été invités à participer à des entrevues dans le cadre de l'élaboration du présent document. La liste de ces autres parties prenantes qui ont apporté leur expertise est présentée ci-dessous.

Parties prenantes consultées

Lisa Bate	<i>CarbonCure Technologies</i>
Jack Boland	<i>Ville de Toronto</i>
Travis Butler	<i>Butler Brothers Concrete</i>
Rob Cooney	<i>Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada</i>
Jamie Gray-Donald	<i>Quadreal</i>
Navisa Jain	<i>EllisDon</i>
Lee Hodgkinson	<i>Dream</i>
Cindy McLaughlin	<i>CarbonBuilt</i>
Na'im Merchant	<i>Carbon Removal Canada</i>
Anthony Pak	<i>Priopta</i>
Chris Severson-Baker	<i>Pembina Institute</i>
Dejan Skoric	<i>Ville de Toronto</i>
Chris Stern	<i>CarbiCrete</i>
Zachary Zandona	<i>Ville de Toronto</i>

Annexe B : Références

- ¹ Association canadienne du ciment (2023). Béton zéro : Plan d'action de l'industrie canadienne du ciment et du béton. Disponible en ligne à : <https://cement.ca/wp-content/uploads/2023/05/BetonZero-Report-FR-Final-reduced-1.pdf>
- ² Association canadienne du béton préparé (2024). Empreinte carbone du béton : Lignes directrices pour exiger l'utilisation du béton prêt à l'emploi faiblement carboné au Canada. Disponible en ligne à : <https://cement.ca/wp-content/uploads/2024/07/Empreinte-carbone-du-beton.pdf>
- ³ Innovation, Sciences et Développement économique Canada (2021). Déclaration commune : L'industrie canadienne du ciment et le gouvernement du Canada annoncent un partenariat. Disponible en ligne à : <https://ised-isde.canada.ca/site/isde/fr/declaration-commune-lindustrie-canadienne-ciment-gouvernement-canada-annoncent-partenariat>
- ⁴ Innovation, Sciences et Développement économique Canada (2023). Commerce – Statistiques relatives à l'industrie canadienne. Disponible en ligne à : <https://ised-isde.canada.ca/app/ixb/cis/trade-commerce/32731?lang=fre>
- ⁵ Conseil du bâtiment durable du Canada (2021). Le carbone intrinsèque : un bilan pour les bâtiments au Canada. Disponible en ligne à : https://www.cagbc.org/wp-content/uploads/2022/03/2022_FR_cagbc_white-paper_embodied-carbon_v2-2.pdf
- ⁶ Carrefour de la croissance propre (2019). Écosystème fédéral pour l'appui aux technologies propres. No de cat. M4-183/2019F-PDF. ISBN 978-0-660-30997-2. Disponible en ligne à : https://ised-isde.canada.ca/site/carrefour-croissance-propre/sites/default/files/attachments/Carrefour-de-la-croissance-propre_Ecosysteme-federal-pour-lappui-aux-technologies-propres.pdf
- ⁷ Lafarge Canada (2024). Diriger la transition industrielle vers la carboneutralité : Lafarge Canada et Hyperion lancent le premier système de recyclage du carbone Tandem au monde. Disponible en ligne à : <https://www.lafarge.ca/fr/diriger-la-transition-industrielle-vers-la-carboneutralite-lafarge-canada-et-hyperion-lancent-le>
- ⁸ Climate Bonds Initiative (2023). Concrete Policies to Underpin the Cement Transition. Disponible en ligne à : [cbi-cement-policy.pdf](https://climatebonds.org/concrete-policy/)
- ⁹ Rocky Mountain Institute and China Cement Association (2022). Toward Net Zero: Decarbonization Roadmap for China's Cement Industry. Disponible en ligne à : <https://rmi.org/insight/net-zero-decarbonization-in-chinas-cement-industry/>
- ¹⁰ United States General Services Administration (2024). Biden-Harris Administration Officials Tout Federal Progress on Spurring Clean Construction Materials as part of Investing in America Agenda. Disponible en ligne à : <https://www.gsa.gov/about-us/newsroom/news-releases/bidenharris-administration-officials-tout-federal-05162024>
- ¹¹ World Cement (2024). Heidelberg Materials Brevik CCS Project in Norway Reaches Mechanical Completion. Disponible en ligne à : <https://www.worldcement.com/europe-cis/02122024/heidelberg-materials-brevik-ccs-project-in-norway-reaches-mechanical-completion/>
- ¹² Global Cement and Concrete Association (2022). Concrete Future: The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete. Disponible en ligne à : <https://gccassociation.org/concretetefuture/>

Annexe B : Références

Figure 1: Czigler, T., Reiters, S., Schulze, P., and Somers, K. (2020). Laying the Foundation for Zero-Carbon Cement. Chicago, IL : McKinsey and Company. Disponible en ligne à : <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/laying-the-foundation-for-zero-carbon-cement>

Figure 2 : Association canadienne du ciment (2023). Béton zéro : Plan d'action de l'industrie canadienne du ciment et du béton. Disponible en ligne à <https://cement.ca/wp-content/uploads/2023/05/BetonZero-Report-FR-Final-reduced-1.pdf>

Figure 3: Natter, A. & Merrill, D. (14 décembre 2023). Green revolution needs 96,000 miles of new pipeline. Bloomberg. Disponible en ligne à : <https://www.bloomberg.com/graphics/2023-green-revolution-needs-96000-miles-of-new-pipeline/>

Figure 4: Waldrop, M. Mitchell (19 novembre 2022). The road to low-carbon concrete. Ars Technica. Disponible en ligne à : <https://arstechnica.com/science/2022/11/the-road-to-low-carbon-concrete/2/>

Figure 5: United States Department of Energy (2023). Pathways to Commercial Liftoff: Low-Carbon Cement. Disponible en ligne à : <https://liftoff.energy.gov/wp-content/uploads/2023/09/20230918-Pathways-to-Commercial-Liftoff-Cement.pdf>

