

**Résumé**

**IPG Closed-loop Economy**

**Français**

Traduction par SmartCrusher BV

[www.smartcrushers.com](http://www.smartcrushers.com)

## Résumé analytique

Le béton est le matériau le plus consommé après l'eau et définit complètement l'environnement bâti aux Pays-Bas (WBCSD, 2009). Lorsqu'un bâtiment est démolit le béton dont il se compose est actuellement réutilisé comme matériau pour fondation routière. Dans l'avenir on prévoit que l'offre de déchets de béton issus de la construction et de la démolition augmentera considérablement, tandis que la demande en matériaux pour fondation routière diminuera. Puisque la mise en décharge n'est pas autorisée aux Pays-Bas il faut trouver une solution pour les déchets du BTP (Rijksoverheid Nederland, 1997). Le développement de technologies permettant la séparation des constituants du béton rendra possible le recyclage du béton en créant de nouveaux matériaux de construction. Ce rapport a pour objectif de découvrir ce qu'il faut faire pour que le béton boucle la boucle en 2050. En appliquant la méthode du backcasting on fera une analyse pour procurer une réponse à cette question, analyse qui figurera à la fin de ce rapport. Elle est basée sur les données de 4 analyses différentes qui précèdent, à savoir le développement technologique, les impacts environnementaux, le climat économique et la situation sociale. Le reste de ce résumé spécifiera les résultats principaux de ce rapport.

L'évaluation technologique a montré que les deux technologies les plus prometteuses pour le recyclage du béton sont C2CA et Smartcrusher (SC). De ces deux technologies SC s'est montré plus avancé au niveau de la séparation, étant capable de séparer les granulats (0-4 mm) en ciment non hydraté, ciment hydraté et sable. Par contre l'avantage de C2CA est que cette technologie inclut le développement de capteurs capables de détecter des contaminants et de surveiller la qualité des flux entrants et sortants. Pour indiquer dans quelle mesure les technologies sont prêtes à être utilisées on a accordé aux deux technologies, ainsi à C2CA qu'à SC, un niveau TRL de 3 (preuves de concept expérimentales). La technologie ADR de C2CA est dans une phase de développement assez avancée et a déjà été testée dans un projet innovateur à Groningen mais la technologie des capteurs n'en est qu'à son premier début. SC a été évalué en laboratoire et a bien fonctionné lors de projets pilotes à petite échelle mais il faut encore éliminer les problèmes de poussière et contrôler la qualité des flux de sortie.

L'analyse environnementale se concentre sur une évaluation du cycle de vie (ECV) rapide et polluante. L'ECV a jugé les impacts causés par la production d'une tonne de béton de manière conventionnelle par rapport au recyclage au moyen de la technologie SC. Dans l'ensemble les résultats montrent que le recyclage du béton peut diminuer les impacts de plus de 50 % pour chacune des catégories d'impacts. En outre, les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent même être réduites de presque 75% en recyclant le béton. La réduction des impacts est due principalement à la diminution des émissions directes pendant la production du ciment Portland et à la diminution d'énergies (carburants fossiles) nécessaires pour la production des matériaux intrants. On peut donc réduire fortement la charge environnementale causée par la production du béton en le recyclant au lieu de le produire à partir de matériaux vierges.

L'analyse économique a indiqué que les Pays-Bas sont loin d'être autosuffisants au niveau de l'extraction des matières premières pour la production du béton mais en même temps il

n'existe pas non plus de marché établi pour les matériaux de béton recyclé. Voilà pourquoi les Pays-Bas dépendent fortement de pays voisins comme l'Allemagne et la Belgique pour la livraison de matières premières nécessaires pour la production du ciment et du béton. La comparaison de C2CA et SC au niveau de leur performance économique montre que tous les deux ont le potentiel pour être plus efficaces que le scénario habituel (BAU Business as usual) pour le recyclage du béton. Comparé au scénario BAU C2CA diminue les frais par tonne de béton de 2 euros, tandis que les revenus augmentent de 0.80 euros par tonne. SC peut même être encore plus rentable parce que cette technologie diminue les frais de recyclage de 6 euros et augmente les revenus de 7.20 euros. Une analyse plus profonde montre que c'est surtout grâce à sa mobilité que C2CA est capable de réduire les frais de transport, tout en réalisant un débit compétitif. SC peut réaliser des profits élevés en séparant les déchets béton en matériaux plus valables, comme le ciment non hydraté qui peut être réutilisé comme matière première pour la production de ciment. Puisque les deux technologies rivalisent sur un autre plan il serait possible que le marché offre à tous les deux une place pour se développer.

L'analyse FIS a révélé quelques aspects intéressants de l'industrie du béton. Les secteurs béton et ciment s'avèrent être de nature très conservatrice et peuvent être caractérisés comme fermés et non-transparents. Pour des initiatives entrepreneuriales comme celles du SC c'est donc dur de se développer et de se procurer une position dans cette industrie. Des initiatives comme celles de C2CA et the Green Deal sont très utiles en encourageant la collaboration entre les acteurs clé dans l'industrie. L'influence de la mobilisation des ressources sur des activités entrepreneuriales est également limitée parce que beaucoup de ressources se concentrent sur des projets pour trouver des alternatives pour le ciment au lieu de se concentrer sur le recyclage des déchets béton et sur l'objectif de boucler la boucle. En ce moment le manque de formation d'un marché a une influence négative sur le nombre d'activités entrepreneuriales et sur la mobilisation des ressources. Toutefois le gouvernement dispose des moyens pour changer cette situation parce que ses projets de construction sont responsables de presque la moitié de la demande en béton aux Pays-Bas. Une politique plus stricte du gouvernement au niveau de l'approvisionnement durable pourrait être un facteur crucial dans la mise en place d'un marché pour le béton recyclé.

En récoltant les résultats les plus importants des analyses technologiques, environnementales et des systèmes économiques et sociaux, on peut établir un parcours de développement vers un futur souhaité de 100 % de béton recyclé en 2050 et le décrire dans un manifeste établi selon la méthode du backcasting. Ce parcours est divisé en cinq périodes de sept ans dont chacune comprend des étapes critiques qui mènent au but final. La première évaluation de la situation actuelle par rapport au futur souhaité avait été réalisée selon des critères de durabilité. Une liste de 19 solutions avait été établie au moyen d'une approche multidisciplinaire et ces solutions avaient été jugées selon la probabilité de mise en oeuvre et selon les impacts. Ensuite ces solutions avaient été sujets aux différents scénarios qui représentaient les incertitudes critiques, à savoir la croissance économique et la prise de conscience du développement durable. Suite à cette procédure de sélection élaborée trois ensembles de solutions possibles sont envisagés, pour lesquels on a déterminé le parcours à suivre.

Le premier parcours est une combinaison de plusieurs solutions. Il comprend la création en étapes d'un marché et la maturation de la technologie C2CA. L'histoire décrit un futur où le programme de l'approvisionnement durable du gouvernement et l'industrie de préfabrication augmentent la demande en béton recyclé. The recyclability building materials (RBM) Label (un système d'étiquetage pour la recyclabilité de matériaux de construction), qui a été introduit pour chaque nouveau bâtiment construit aux Pays-Bas facilitera la transition vers une économie dite circulaire dans le secteur du béton. Ce label décrit la composition des matériaux présents dans le bâtiment, ce qui permet aux propriétaires des bâtiments de savoir à quel point ils peuvent réaliser des bénéfices en vendant ces matériaux à des recycleurs. En plus, la pratique de "aggregate packaging" (un mélange de grains de sable et de gravier) a augmenté afin de réduire la quantité de ciment utilisé dans la recette du béton. La solution la plus importante de ce parcours est la maturation de la technologie C2CA. De nombreuses activités de recherche et de développement doivent être consacrées à l'affinement de la technologie laser en 2022, à la réalisation de la séparation des fines en 2029 et à l'amélioration de la technologie pour une mise en oeuvre à grande échelle en 2036.

Puisque la maturation de la technologie C2CA est un facteur incertain dans le parcours backcasting précédent, on a réfléchi à une variante. Cette combinaison de solutions consiste aussi en une création d'un marché à l'aide de l'approvisionnement gouvernemental et de l'industrie de préfabrication, label RBM et "aggregate packaging", mais elle prévoit que C2CA ne réussit pas à développer sa technologie et SC remplit sa place dans l'industrie. La solution envisage un parcours où SC est capable de récolter des fonds pour prouver ses affirmations concernant la composition et la qualité des flux de sortie en 2022. En 2029 SC a tout à fait prouvé que le concept fonctionne et attire des fonds pour améliorer la technologie. L'étape suivante consistera à compléter la technologie SC avec la technologie à capteur laser afin de contrôler la teneur en humidité des flux d'alimentation. Dans la dernière phase vers 2050 la pratique du recyclage sera mise en oeuvre à grande échelle par la construction de plus d'installations de production.

La troisième solution implique une taxe carbone à être imposée par l'UE. Ce type de réglementation oblige les producteurs de ciment en Europe à réduire considérablement les émissions de dioxyde de carbone. Si ceux-ci décident de ne pas changer leurs manières de production leurs paiements pour la taxe carbone peuvent dépasser ceux de leurs concurrents, ce qui a un impact négatif sur leur position concurrentielle et pourrait même mettre en danger l'existence de leur business. Voilà pourquoi on prévoit que les producteurs de ciment adopteront la méthode de recyclage du ciment et commenceront à investir dans des technologies créant du ciment à basses émissions. D'après les calculs la taxe carbone doit s'élever à 50 euros par tonne d'émissions de dioxyde de carbone en 2050 pour être efficace. Par contre, vu l'impact négatif de l'introduction de la taxe sur l'économie elle sera mise en place en étapes au fil des années. Le parcours décrit que la taxe carbone sera augmentée de 10 euros par tonne tous les sept ans, à commencer avec 10 euros par tonne en 2022.

Chacun des trois parcours proposés sera capable de réaliser l'objectif d'un recyclage complet des déchets béton aux Pays-Bas en 2050. Par contre, chaque solution a ses propres inconvénients spécifiques. Le premier parcours de la création d'un marché et de la maturation de C2CA est incertain au niveau technologique parce que C2CA doit trouver une méthode pour recycler les particules fines des déchets béton. Sur ce point beaucoup de recherches seront

nécessaires. L'alternative du SC a une technologie plus avancée au niveau de la séparation des fines, mais a plus de difficultés à récolter des fonds et à trouver du support de l'industrie. La participation à des initiatives de durabilité dans l'industrie mondiale, comme le Green Deal Beton, pourrait aider SC à trouver dans l'industrie du béton et du ciment des partenaires convenables et aux intentions justes. Enfin, même si le parcours de la taxe carbone semble être une solution simple à mettre en place à première vue, il a l'inconvénient d'avoir un impact négatif sur l'économie et il risque de rencontrer une forte opposition de l'industrie du ciment. Néanmoins, selon les résultats de ce rapport les trois parcours présentés représentent l'ensemble d'actions les plus réalisables afin d'atteindre le recyclage complet des déchets béton en 2050.