

## Rapport technique / Domaine du bâtiment

### Contenu : Le béton recyclé

Rédaction : Luca De Milito – 2610 Saint- Imier / Arnaud Maillard – 1643 Gumefens / Etudiants conducteurs de travaux 3<sup>ème</sup> année

Date : 12 mars 2024

## Le Béton recyclé

### Introduction

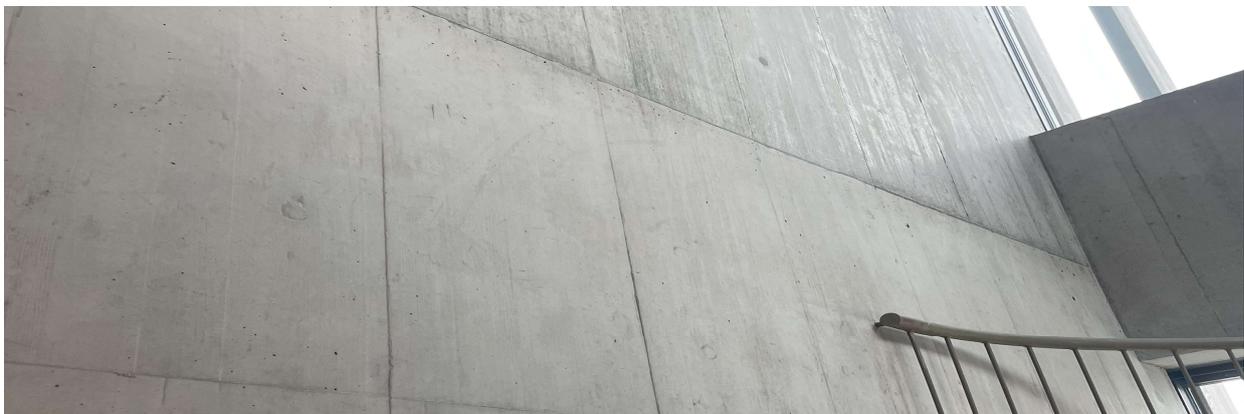
De plus en plus, l'environnement et l'écologie deviennent importants aux yeux de tous. Le béton recyclé est un matériau de construction innovant qui joue un rôle crucial dans la promotion de pratiques durables dans l'industrie de la construction. Le recyclage des déchets de béton provenant de démolitions et de chantiers de construction offre une alternative écologique au béton conventionnel tout en préservant les ressources naturelles. Il permet également de réduire l'empreinte carbone. L'industrie de la construction est l'un des principaux contributeurs aux problèmes environnementaux mondiaux tels que la surconsommation de ressources naturelles et la production de déchets. Le béton recyclé est un exemple concret de l'économie circulaire, où les déchets sont transformés en ressources précieuses. Contrairement au béton conventionnel, qui utilise des ressources naturelles telles que le sable et le gravier dans des proportions considérables, le béton recyclé utilise des agrégats provenant de béton récupéré et recyclé, réduisant ainsi la dépendance aux ressources naturelles et minimisant les déchets de construction envoyés dans les décharges.

### Description

Le béton recyclé est une alternative respectueuse de l'environnement au béton standard, fabriquée à partir d'agrégats récupérés de débris de béton provenant de chantiers de démolition. Ce processus de recyclage réduit la dépendance aux ressources naturelles, telles que le sable et le gravier, en donnant une seconde vie aux matériaux déjà existants. En plus de contribuer à la préservation des ressources, le béton recyclé aide à réduire les déchets de construction envoyés en décharge, favorisant ainsi une gestion plus durable des déchets. Bien qu'il conserve généralement des propriétés similaires en termes de résistance et de durabilité, le béton recyclé peut nécessiter des ajustements de conception et de processus pour maximiser ses performances. Son utilisation s'étend à divers projets de construction, des infrastructures aux bâtiments, offrant une solution un peu plus écologique et économiquement viable pour une construction plus durable.



Granulats dans un béton recyclé



Murs type 4.1 en béton recyclé

## Avantages & inconvénients

### Avantages :

1. Réduction des déchets : Le recyclage du béton permet de réduire la quantité de déchets de construction envoyés aux décharges, contribuant ainsi à la gestion des déchets et à la préservation de l'environnement.
2. Conservation des ressources naturelles : En utilisant des agrégats recyclés dans la production de béton, on réduit la dépendance aux ressources naturelles telles que le sable et le gravier, ce qui aide à préserver ces ressources limitées.
3. Réduction de l'empreinte carbone : La production de béton recyclé nécessite généralement moins d'énergie que la production de béton conventionnel, entraînant ainsi une réduction des émissions de gaz à effet de serre associées à sa fabrication.
4. Amélioration de la durabilité des structures : Le béton recyclé peut avoir des propriétés similaires en termes de durabilité et de résistance, ce qui peut contribuer à prolonger la durée de vie des structures construites avec ce matériau.
5. Préservation de l'ouvrabilité : Un béton recyclé conserve une ouvrabilité similaire à celle d'un béton conventionnel.
6. Coût avantageux : Une tonne de granulats recyclés coûtera généralement moins cher qu'une tonne de granulats naturels.

### Inconvénients :

1. Limitations d'utilisation : Le béton recyclé peut ne pas convenir à toutes les applications de construction en raison de ses propriétés variables, ce qui limite ses possibilités d'utilisation dans certains projets. Selon le cahier technique SIA 2030, ces bétons seront principalement utilisés dans le bâtiment. Selon leur composition, ils sont adaptés aux fondations, aux parois intérieures et extérieures, ainsi qu'aux escaliers et aux dalles. Dans le béton maigre, la part de granulats recyclés peut s'élever jusqu'à 100%. Ils ne conviennent pas pour les murs de soutènement ou les ouvrages exposés à forte alcalinité.
2. Coûts de traitement : Le processus de collecte, de tri et de traitement des matériaux recyclés peut être coûteux, ce qui peut affecter la rentabilité globale de l'utilisation du béton recyclé.
3. Problèmes de disponibilité et d'approvisionnement: Dans certaines régions, l'approvisionnement en béton recyclé peut être limité en raison de la disponibilité de matériaux recyclables et des capacités de recyclage locales. Cela peut rendre difficile l'utilisation du béton recyclé dans certains projets de construction, en particulier dans les zones où les infrastructures de recyclage sont limitées.



Murs 1 face contre ouvrage existant en béton recyclé

## Processus de fabrication

Le béton recyclé provient généralement des chantiers de démolition, où l'on trouve principalement des déchets de béton. Le processus de fabrication se déroule en 8 étapes, les voici :

1. La collecte : Il est nécessaire de collecter les déchets de béton sur les sites de démolition. Ces déchets comprennent des morceaux de béton provenant de dalles, de murs ou de piliers. De la brique peut également être utilisée.
2. Le tri et le nettoyage : Les matériaux doivent être triés et les impuretés telles que le bois, le plastique, l'acier et la boue doivent être enlevées. Malheureusement, un tri parfait n'est pas toujours possible. Ce processus est crucial car des granulats propres, exempts de matériaux nuisibles, sont essentiels pour garantir les exigences nécessaires.
3. Le concassage : Les morceaux de béton propres sont ensuite acheminés vers un concasseur où ils seront réduits à la taille souhaitée.
4. Le tamisage : Les morceaux de béton concassé sont ensuite tamisés pour éliminer les éléments les plus gros ou les morceaux non désirés restants. Cette étape permet de trier les différents granulats et de préparer les stocks.
5. Le mélange : Il est temps de préparer le béton. Les granulats recyclés sont mélangés avec des matériaux "neufs" tels que le ciment, de l'eau et éventuellement des adjuvants.
6. La production du béton : Une fois que les matériaux ont été correctement mélangés, la fabrication du béton commence. Elle se déroule de la même manière que pour le béton standard. L'eau est ajoutée au mélange granulats-ciment et, si nécessaire, les adjuvants sont ajoutés par la suite.
7. Durcissement et tests de qualité : Le temps de séchage est le même que pour le béton standard. Des tests de compression et de module d'élasticité sont effectués pour s'assurer que le béton recyclé répond aux normes et aux exigences de qualité.
8. Utilisation : Une fois que toutes ces étapes ont été réalisées, le béton peut être réutilisé, comme du béton standard.

En résumé, le processus de fabrication du béton recyclé vise à réduire les déchets de construction et à économiser les ressources naturelles.

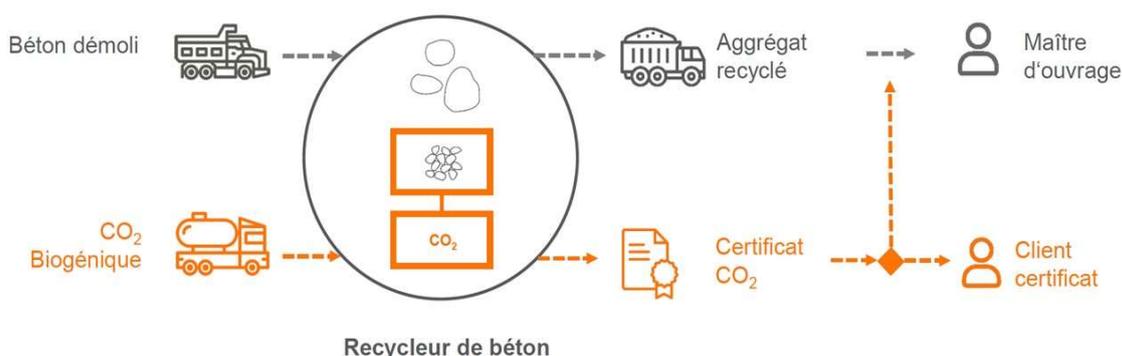


Schéma de recarbonatation du béton recyclé

Sur ce schéma, nous observons le processus de recarbonatation du béton. La carbonatation se fait sur les sites de production ou de concassage. Le processus de carbonatation implique le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) réagit avec le calcium hydroxyde (Ca(OH)<sub>2</sub>) dans le béton pour former du carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>). Celui-ci remplit les pores du matériau et améliore sa résistance. Une fois ce processus achevé et les agrégats certifiés, ils sont acheminés vers les centrales à béton où ils seront utilisés dans le béton recyclé.

## Propriétés et performance

Le béton recyclé peut avoir une durabilité similaire à celle du béton conventionnel. Les agrégats recyclés provenant de béton préexistant peuvent être mélangés avec du ciment et d'autres matériaux pour produire un béton robuste et résistant. Quant à sa résistance mécanique, elle est similaire à celle du béton normal. Les propriétés hydrauliques sont également très intéressantes, puisqu'elles sont comparables à celles d'un béton conventionnel, ce qui nous permet d'utiliser du béton recyclé dans des structures hydrauliques ou des ouvrages de drainage.

Cependant, il est important de noter que la performance du béton recyclé peut varier en fonction de divers facteurs, notamment la qualité des matériaux recyclés, les méthodes de production, et les conditions d'utilisation spécifiques sur le chantier. Par conséquent, une évaluation approfondie des propriétés et des performances du béton recyclé est nécessaire pour garantir sa qualité et sa fiabilité dans chaque application spécifique.

Il ne faut pas négliger le fait que la qualité des agrégats recyclés peut varier en fonction de la source et du processus de recyclage, ce qui peut rendre difficile la garantie de la qualité et de la performance du béton recyclé. De plus, il peut y avoir des défis liés à la conformité aux normes et réglementations en matière de construction lors de l'utilisation de béton recyclé, en raison de la nécessité de garantir sa qualité et sa sécurité.

Ciment	CEM II /B-LL 32.5 Batimo	CEM II /B-LL 32.5 Batimo	ZN-D 42.5 Susteno
% granulats C	-	25%	25%
% Rc dans C	-	100%	100%
fcw	54	56	54
Module E	36'000 (E 32 / E 34)	33'000 (E 30)	32'500 (E 30)
Rés. Carbonatation (< 5)	3.7	2.8	3.1

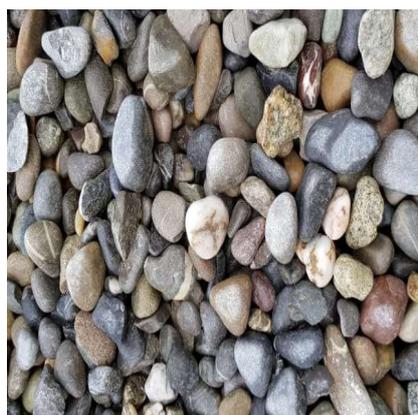
Résultats d'essais sur un béton conventionnel et recyclé sorte C301

Selon le tableau ci-dessus, la colonne de gauche représente un béton normal. Les colonnes du milieu et de droite représentent des bétons recyclés, avec deux types de ciments différents. Les granulats C représentent le pourcentage de granulats recyclés parmi les granulats, et le pourcentage de RC dans C représente le pourcentage de béton recyclé.

À noter que les constituants des granulats recyclés peuvent être :

- Ru : u = non lié = naturel
- Rc : c = béton
- Rb : b = brique, tuile
- Ra : a = asphalte
- Rg : g = verre
- X = autres (métal, bois/plastique non flottant, gypse...)
- FL = Flottant

Il existe deux catégories principales de granulats recyclés : le granulats de béton (C) et le granulats de débris mixtes (M). Le granulats de béton est issu du traitement des débris provenant de la démolition de structures en béton, qu'elles soient armées ou non. Quant au granulats de débris mixtes, il est obtenu à partir du traitement des débris provenant de la démolition d'éléments variés tels que des structures en béton, des briques, des briques silico-calcaires et des éléments de maçonnerie en pierre naturelle.



Granulats naturels arrondis



Granulats de béton



Granulats de gravats mixtes

## Prix

Selon les catalogues Holcim, les prix sont similaires pour un NPKC C301. Malgré les coûts initiaux associés à la collecte, au traitement et à la préparation des matériaux recyclés, plusieurs facteurs contribuent à maintenir les prix à un niveau similaire. Tout d'abord, l'augmentation de la demande de béton recyclé a conduit à une amélioration des technologies de recyclage, réduisant ainsi les coûts de production. De plus, la disponibilité croissante des installations de recyclage et l'intégration de pratiques durables dans l'industrie de la construction ont simplifié les processus, contribuant ainsi à une compétitivité accrue sur le marché. Cependant, dans certaines régions, des incitations gouvernementales ou des politiques de développement durable favorisent l'utilisation de matériaux recyclés, ce qui peut également influencer favorablement les prix. Globalement, bien que les prix puissent varier en fonction de divers facteurs locaux et des conditions spécifiques du projet, il est de plus en plus courant de constater que les coûts du béton recyclé sont comparables à ceux du béton conventionnel, ce qui en fait une option attractive du point de vue économique tout en offrant des avantages environnementaux.

## Perspectives futures

Il existe plusieurs aspects prometteurs des perspectives futures pour le béton recyclé. Avec les avancées dans la technologie de recyclage, les méthodes de tri et de traitement évoluent vers une efficacité accrue. Parallèlement, la recherche se concentre sur le développement de bétons recyclés dotés de performances supérieures, d'une durabilité accrue, d'une empreinte environnementale réduite et d'une résistance élevée. En effet, le béton recyclé jouera un rôle essentiel dans l'économie circulaire, participant activement à la transition vers des pratiques plus durables dans le secteur de la construction, réduisant ainsi significativement son impact environnemental et favorisant un développement durable à long terme.

## Conclusion

En conclusion, le béton recyclé émerge comme une solution prometteuse pour répondre aux défis croissants de durabilité dans l'industrie de la construction. Nous croyons fermement que c'est l'avenir de la construction, offrant un moyen efficace de réduire l'empreinte écologique tout en conservant les ressources précieuses de notre planète. En espérant que les entreprises se tourneront de plus en plus vers ces matériaux durables, nous pouvons aspirer à un avenir où la construction sera à la fois innovante et respectueuse de l'environnement.

Dans le cadre de ce projet, nous avons eu la chance de visiter le chantier de rénovation de la bibliothèque cantonale et universitaire de Fribourg, pour lequel environ 20% des bétons livrés étaient des bétons durables. Après discussion avec les différents acteurs du chantier, du maçon au conducteur de travaux, tous étaient satisfaits de ces bétons. L'aspect et l'ouvrabilité de ces bétons sont identiques à ceux des bétons conventionnels selon les ouvriers. Le contremaître se réjouit de constater que tant du point de vue de la mise en œuvre que du rendu final, on ne voit pas la différence par rapport à un béton non-recyclé. Le conducteur de travaux également. Tous ont affirmé que si la provenance du béton n'était pas divulguée, personne n'aurait pu deviner qu'il s'agissait de béton recyclé.

---

## Documentation et remerciements

Nous remercions M. Roland Genilloud, responsable des ventes FR/NE/JU chez Holcim Granulats et Bétons SA, pour la documentation et les réponses apportées à nos diverses questions.

Nous remercions également M. Raphaël Castro, conducteur de travaux et entrepreneur-construction diplômé chez Antiglio, pour la visite du chantier de la bibliothèque et les réponses à toutes nos questions.

Documentation Holcim – Introduction au béton de recyclage / Support de cours de M.Genilloud / <https://www.holcimpartner.ch/fr/produits/beton/betonsrecycles>

Documentation Marti/Antiglio : [https://www.marti.com/ch\\_fr/stories/messages/2022-11\\_BCU-Fribourg.php](https://www.marti.com/ch_fr/stories/messages/2022-11_BCU-Fribourg.php)