

**Disclaimer**

La présente fiche s'adresse aux concepteurs, aux prescripteurs et aux équipes de projets de construction désireux de réemployer le matériau ou produit de construction concerné. Elle fait partie d'une collection de fiches visant à rassembler les informations disponibles à ce jour et susceptibles de faciliter le réemploi des matériaux et produits de construction.

Cette fiche a été réalisée par Bellastock dans le cadre du projet Interreg FCRBE - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, soutenu par l'ensemble des partenaires du projet. Les sources d'information incluent l'expérience des fournisseurs professionnels de matériaux de réemploi et des partenaires du projet impliqués, les leçons tirées de projets exemplaires, la documentation technique disponible, etc.

Les fiches ont été réalisées entre 2019 et 2021. Le secteur du réemploi étant en pleine évolution, certaines informations, notamment celles concernant les prix et la disponibilité, sont susceptibles de varier au cours du temps.

Lorsque le texte fait référence à des normes européennes, il appartient aux auteurs de projet de se référer, le cas échéant, à leurs transpositions nationales ainsi qu'aux spécificités locales.

Il est important de noter que les informations présentées ici ne sont pas exhaustives et ne visent pas à remplacer l'expertise des professionnels. Les questions spécifiques sont toujours liées à un projet et doivent être traitées comme telles.

La collection complète des fiches (y compris la fiche d'introduction générale) est disponible gratuitement sur différents sites de référence (e.a. [opalis.eu](http://opalis.eu), [nweurope.eu/fcrbe](http://nweurope.eu/fcrbe), [futureuse.co.uk](http://futureuse.co.uk)).

Un répertoire non exhaustif de fournisseurs de matériaux de construction de réemploi est disponible sur [www.opalis.eu](http://www.opalis.eu) et [www.salvoweb.com](http://www.salvoweb.com).

---

Partenariat Interreg FCRBE : Bellastock (FR), le Centre Scientifique et Technique de la Construction / CSTC (BE), Bruxelles Environnement (BE), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), la Confédération de la Construction (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) et l'Université de Brighton (UK).

Les informations contenues dans ce document ne reflètent pas forcément la position de l'ensemble des partenaires du projet FCRBE ni celle des autorités de financement.

Sauf mention contraire explicite, le contenu de ces fiches est crédité au format Creative Commons Attribution - Non Commercial - Share Alike format (CCBY-NC-SA).

Sauf mention explicite, les images utilisées dans ce document appartiennent à © Bellastock. Les autres images ont fait l'objet d'une demande systématique d'autorisation auprès de leurs auteurs ou ayants droit. Lorsque celle-ci est restée sans réponse, nous avons présumé que l'utilisation projetée de l'image ne posait pas d'objection. Si cette interprétation vous paraît abusive, merci de nous le signaler.

**Iconographie**

Figure 1 : BENOIT J, SAUREL G, BILLET M, BOUGRAIN F, LAURENCEAU S, ADEME, BELLASTOCK, CSTB, REPAR#2 *Le réemploi passerelle entre architecture et industrie*, mars 2018, p108.



## Préambule

Cet ensemble de fiches (« 1.90. Pavé et dalle en béton issus de la transformation des éléments en béton », « 2.91. Voile en béton » et « 2.92. Moellon en béton issus de la transformation d'éléments en béton ») vise à présenter plusieurs possibilités pour le réemploi d'éléments en béton de ciment.

La présente fiche introduit les préceptes de base. Elle s'attache à décrire le matériau de façon générale. Elle identifie ensuite les principales familles d'éléments présentant un potentiel de réemploi. Les autres fiches étudient plus en détail les modalités de réemploi pour des éléments spécifiques.

De manière générale, cet ensemble de fiches porte sur des éléments constitutifs de la structure et de l'enveloppe des bâtiments.

## Description du matériau

Le béton de ciment (appelé « béton » dans la suite des documents) est un matériau composite, obtenu par le mélange de :

- *sable*
- *gravier*
- *ciment* (composé de calcaire et d'argile broyés, cuits à très haute température puis broyés)
- *eau*

Les proportions sont variables suivant l'usage qui en est fait. Des adjuvants peuvent être ajoutés à sa formulation pour lui conférer des propriétés spécifiques (e.a. accélérateur ou retardateur de prise ou de durcissement, modification de l'ouvrabilité, etc.).

Le béton présente une bonne résistance à la compression mais pas à la traction. Pour pallier ceci, il est souvent associé à l'acier. On parle alors de béton armé.

A ce jour, après l'eau, le béton est le matériau le plus consommé, avec trois tonnes par an utilisées pour chaque personne dans le monde <sup>1</sup>.

Le béton tel que nous le connaissons et l'employons aujourd'hui est le fruit d'expérimentations et d'évolutions technologiques qui ont principalement eu lieu au cours du siècle dernier. L'intense période de reconstruction qui suivit la seconde guerre mondiale fut déterminante pour l'industrie du béton : d'innombrables inventions et procédés de construction virent alors le jour. Ces

développements furent soutenus par les États, qui visaient à obtenir des gains d'efficacité et réaliser des économies. En France, c'est l'époque où furent construits les « grands ensembles », faisant la part belle au béton coulé sur place ou préfabriqué. Au cours de cette période, les acteurs de la construction se spécialisèrent dans la maçonnerie en béton. Plus récemment sont apparus des bétons ultra performants intégrant dans leur formulation de nouveaux composants tels que les fibres.

Derrière un terme unique, il existe une multitude de types de béton et d'applications. Il est toutefois possible d'établir quelques grandes catégories :

### → Selon les types de béton

- Le **béton armé** est la forme la plus courante sous laquelle on retrouve l'association acier/béton. C'est un béton dans lequel sont intégrées des armatures en acier dont la disposition, les sections, la répartition, les ancrages, et l'adhérence diffère en fonction des efforts à reprendre.
- Le **béton fibré** (ou béton de fibres) est un béton dans lequel on a incorporé des fibres (inox, propylène, verre filé, carbone, etc.) qui permettent de créer un maillage augmentant les capacités de cohésion et de résistance du béton.
- Le **béton précontraint** est un béton auquel on applique un effort de compression permanent avant sa mise en service, de sorte qu'il ne subisse pas d'efforts de traction une fois en service. Cet effort de compression est obtenu par la mise en tension d'armatures, après le coulage du béton (post-contrainte) ou avant le coulage (pré-tension).

### → Selon les techniques de mise en œuvre

- **Béton préfabriqué** : il s'agit de composants réalisés hors de leur emplacement définitif (en usine, en atelier, à proximité de l'ouvrage de construction ou sur une aire de préfabrication) puis assemblés sur chantier. Les éléments sont liaisonnés grâce à un système de clavetage et de bétonnage qui assure la cohérence et la stabilité de l'ensemble. De nombreux procédés de préfabrication ont vu le jour. L'usage régulier d'éléments préfabriqués en béton se généralise après la Seconde Guerre mondiale, dans un contexte de

reconstruction à grande échelle. La préfabrication est toujours employée aujourd'hui mais de façon plus ciblée (panneau de façade, éléments d'ossature, etc.).

- **Béton coulé sur place** : béton mis en place dans des banches ou des coffrages par gravité. En fonction de la taille et du contexte du chantier, le béton peut être produit dans une centrale à béton en pied de chantier ou sur un site dédié. Il existe des banches standards réutilisables et des coffrages sur mesure dans le cas de forme complexe. Suivant la position de l'élément de construction coulé en place et son rôle structurel, celui-ci sera plus ou moins ferrailé.

Aujourd'hui, le béton n'est pas un matériau que l'on trouve sur le marché du réemploi. Certains fournisseurs de matériaux de réemploi proposent des pavés, des dalles ou des tuiles de toiture en béton manufacturées, mais pas d'éléments issus de la structure même des bâtiments. À ce jour, les démarches de réemploi d'éléments en béton sont donc menées à l'initiative des commanditaires et des concepteurs. Néanmoins, les filières de récupération et de revente d'éléments en béton ont probablement vocation à se développer à l'avenir.

A ce stade, plusieurs expérimentations ont déjà démontré la possibilité de réemployer des éléments en béton issus de bâtiments démolis, pour le même usage ou pour d'autres applications (voir fiches 1.90. Pavé et dalle en béton issus de la transformation d'éléments en béton, 2.91. Voile en béton, 2.92. Moellon en béton issus de la transformation d'éléments en béton). Ces différentes expériences mettent en avant un panel de solutions de réemploi possibles, qui sont autant d'alternatives au recyclage (i.e. concassage des bétons en granulat).

<sup>1</sup> Gagg (2014), *Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis, Engineering Failure Analysis, Volume 40, p. 114-140.*



**Ne pas confondre !**

**Réemploi et recyclage du béton**

Une fois purgé de ses armatures et de tout revêtement, le béton est une matière inerte. Sur bon nombre de chantiers, les démolisseurs mettent à nu les ossatures en béton qui sont ensuite démolies. Les gravats ainsi produits sont concassés pour en faire des granulats recyclés. Selon leur qualité et leur granulométrie, ceux-ci peuvent être utilisés en applications routières ou en remblais. Certains granulats peuvent être intégrés à la production de béton neuf - mais seulement dans une certaine mesure.

Toutes ces approches correspondent à des pratiques de recyclage. Le réemploi, contrairement au concassage, consiste à utiliser de nouveau un élément de construction en préservant au maximum son intégrité formelle, ses qualités techniques et architecturales.

**Identification des éléments en béton pouvant être réemployés dans la construction (description typologique des constituants)**

Le réemploi de béton est une notion ambiguë, c'est pourquoi nous parlons plutôt du réemploi d'éléments en béton. Une bonne connaissance des modes constructifs est nécessaire pour déterminer la faisabilité du réemploi et orienter les futurs usages possibles.

En pratique (voir figure 1), la majorité des éléments les plus couramment utilisés dans les constructions en béton peuvent être réemployés :

→ **Les poteaux** : éléments longiformes verticaux porteurs. Ils reprennent majoritairement des efforts de compression transmis verticalement des étages supérieurs vers le sol à travers les fondations. Les sections les plus courantes sont les sections carrés, rectangulaires, circulaires ou en I.

→ **Les poutres** : longues pièces qui ont pour fonction de reporter des charges (principalement verticales) vers des appuis. Elles sont de sections courantes rectangulaires et sont ferrillées de manière à reprendre des moments de flexion (aciers longitudinaux) et des efforts tranchants (cadres).

→ **Les voiles** : ce sont des ouvrages surfaciques verticaux structurels. Ils supportent principalement des charges verticales. En raison de leur grande rigidité, les voiles sont aussi utilisés pour reprendre des sollicitations horizontales (vent, séisme). Un voile béton est considéré comme tel lorsque sa longueur est au moins égale à 4 fois son épaisseur.

→ **Les planchers béton** : ce sont des éléments surfaciques horizontaux porteurs, principa-

lement soumis à la flexion. On distingue les dalles à portée unidirectionnelle et les dalles à portée bidirectionnelle. Ces planchers se retrouvent sous trois groupes principaux : les dalles pleines, les dalles nervurées et les planchers spéciaux (mixte). Une dalle est un élément dont la plus petite dimension dans son plan est supérieure ou égale à 5 fois son épaisseur totale. Elles sont généralement ferrillées avec des treillis soudés.

→ **Les panneaux de façade** : matériau plan et relativement mince d'épaisseur uniforme. Ces éléments sont la plupart du temps utilisés en remplissage et n'ont pas de rôle structurel.

**Astuce !**

Pour appréhender les possibilités de réemploi des éléments en béton, il peut être utile de mener une enquête sur l'histoire du bâtiment dont ils proviennent ainsi que sur son contexte historique de construction. L'analyse de documents d'archives, de dossiers d'ouvrages exécutés et d'ouvrages d'histoire de la construction permet d'identifier et de mieux comprendre les procédés constructifs employés. Outre cette étude documentaire, l'observation visuelle sur le terrain, éventuellement complétée par des sondages, est essentielle pour vérifier et compléter l'analyse.

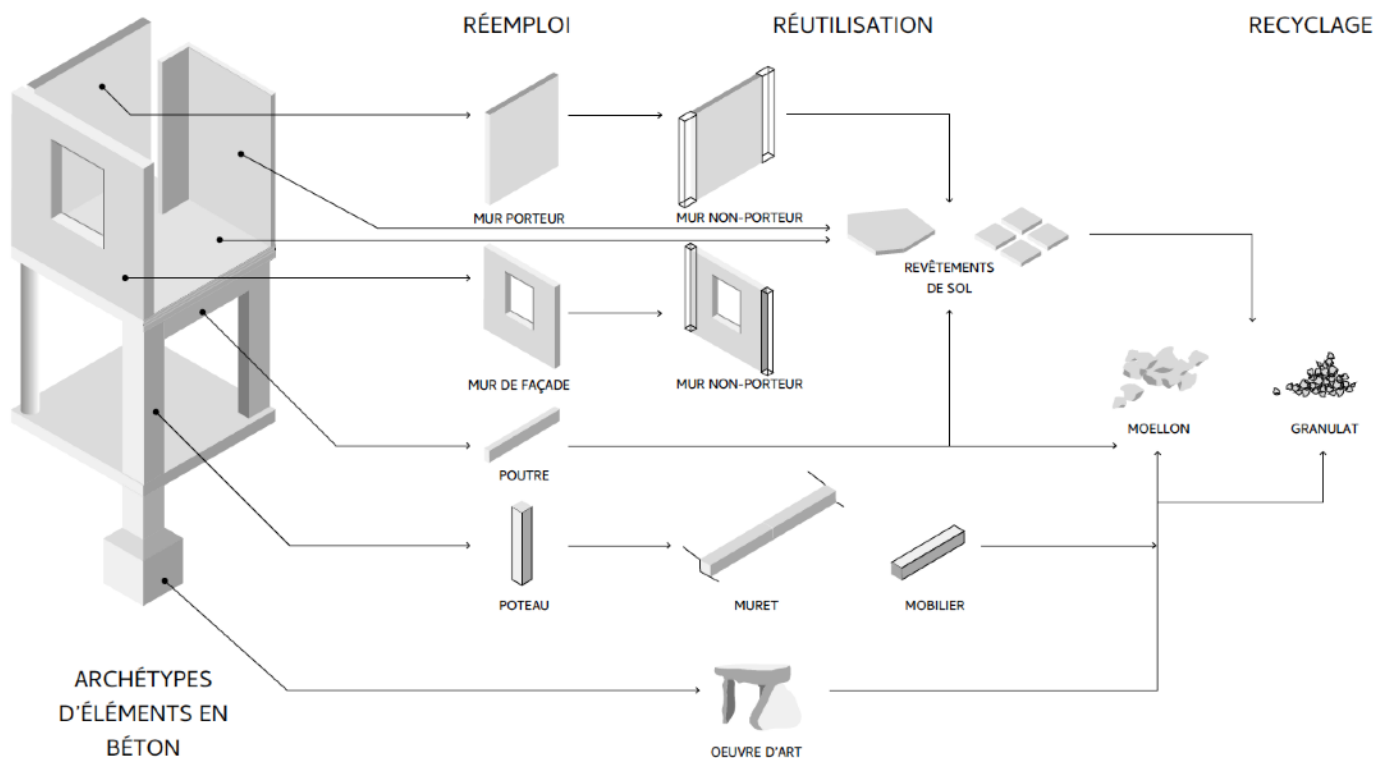


Figure 1 : Principales possibilités de réemploi et de réutilisation pour des éléments en béton



### Caractéristiques principales des éléments en béton de réemploi

Quel que soit l'élément que l'on souhaite réemployer, et quelle que soit la nouvelle utilisation envisagée, les caractéristiques de base à appréhender pour permettre les études de dimensionnement des futurs ouvrages sont :

→ *Pour le béton :*

- La composition physico-chimique.
- La classe de résistance à la compression. La résistance en traction.
- La classe d'exposition (liée à la région, à l'altitude et à l'exposition aux intempéries).
- Les dimensions.

→ *Pour l'acier :*

- Les propriétés mécaniques : la limite d'élasticité, la contrainte de traction, l'allongement relatif de l'acier tendu et le module d'élasticité.
- Les caractéristiques dimensionnelles : la position des armatures, le diamètre des barres, la nature des aciers et l'enrobage.

L'ensemble des caractéristiques du béton de réemploi doit être conforme aux exigences appliquées au béton neuf.

Le diagnostic et l'analyse plus ou moins poussée des caractéristiques est à dimensionner suivant le contexte du projet et l'usage recherché. Le surdimensionnement ou de déclassement des matériaux peut être une stratégie de conception pour pallier aux manques de connaissances sur les caractéristiques ou à la dégradation d'un élément de construction.

La caractérisation des bétons peut se faire par itération, par exemple en effectuant des mesures sur site afin d'obtenir une information sur la dureté. Un diagnostic visuel permet d'identifier l'état des surfaces. Les outils et méthodes de diagnostic employés par les acteurs intervenant dans des contextes de bâtiments patrimoniaux en béton peuvent être convoqués dans le cadre d'une démarche de réemploi.

### Calculs et principales normes

→ *Normes de conception* : réglementations nationales et Eurocodes.

→ *Normes de mise en œuvre* : normes et règles de l'art au niveau national (ex : NIT en Belgique, DTU en France, etc.) et la norme EN 13670 : Exécution des structures en béton.

→ *Normes produits* : relatives aux produits en béton préfabriqué (structurel et non structurel).

→ *Normes d'essais* : dans le cas du réemploi, concerne principalement les normes d'essai liées à la détermination des caractéristiques des bétons durcis.