



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PÔLE PRÉVENTION
CONSTRUCTION

Professionnels

BÉTON BAS CARBONE BONNES PRATIQUES




**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



PRÉSENTATION

Cette plaquette est destinée aux professionnels de la construction (aménageurs, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entrepreneurs et artisans...) qui participent à des opérations de construction destinées à des bâtiments tertiaires, des établissements recevant du public et à de l'habitat collectif et individuel. Il a pour objectif de réaliser un panorama des bétons à empreinte carbone réduite, d'identifier les points sensibles quant à la conception et à la mise en œuvre de ces matériaux et enfin d'émettre des recommandations quant à leurs usages.

Ce document ne se substitue pas aux réglementations et Règles de l'art relatives aux différentes parties d'ouvrage abordées dans ce rapport.

N.B. : les bétons biosourcés ne rentrent pas dans le champ de l'étude.

Qu'appelle-t-on l'empreinte carbone d'un produit ?

L'empreinte carbone d'un produit représente la quantité de Gaz à Effet de Serre (GES) émise sur l'ensemble de son cycle de vie.

Le calcul des Émissions des gaz à effet de serre (Eges) exprimées en kg eq.CO₂ est codifié par les normes NF EN 15804+A2 et NF EN 16757, elles-mêmes basées sur les séries de standards NF EN ISO 14040 (Analyse de Cycle de Vie) et ISO 14020 (Déclaration environnementale).

D'OÙ PROVIENT L'EMPREINTE CARBONE D'UN BÉTON ?

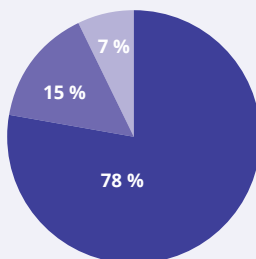
L'empreinte carbone d'un béton (non armé) provient en grande majorité du liant (ciment + additions) utilisé dans sa formulation.



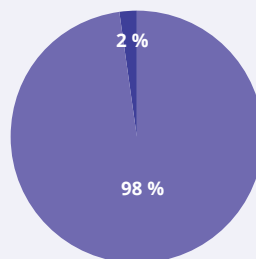
La disponibilité locale des matériaux constituant les bétons bas carbone peut être un frein à leur développement en masse à court terme.

EXEMPLE B25/30 CEMII A-L

Répartition massique pour 1 m³ de béton



Répartition des émissions des GES pour 1 m³ de béton



Eau
Granulats
Ciment

EXEMPLE D'UN BÉTON NON ARMÉ TRADITIONNEL C25/30 XC1/XC2 S3 PRÊT À L'EMPLOI > 188,05 KG EQ. CO₂/M³



FABRICATION

- Ciment + transport
- Granulats + transport
- Fabrication : centrale béton

190,11 kg eq.CO₂/m³



MISE EN ŒUVRE

- Transport jusqu'au chantier
- Installation du béton frais

18,36 kg eq.CO₂/m³



VIE EN ŒUVRE

- Carbonatation

-26,36 kg eq.CO₂/m³



FIN DE VIE

5,93 kg eq.CO₂/m³

Source : Betie (Base INIES)



Pour un béton armé traditionnel avec une densité d'armature de 150 kg/m³ d'acier, la contribution des armatures à l'empreinte carbone est du même ordre de grandeur que celle du béton.

QU'EST-CE QU'UN BÉTON BAS CARBONE ?

Les termes béton « bas carbone » ou « ultra-bas carbone » sont largement utilisés mais ne font pas l'objet d'une définition officielle s'appuyant sur un cadre normatif ou réglementaire. Néanmoins, il est convenu qu'ils correspondent à des bétons qui, pour des performances équivalentes à celles d'un béton de référence, génèrent des Eges inférieures à celles de celui-ci.

À SAVOIR

Les solutions qui visent à introduire des **granulats recyclés** peuvent avoir un impact bénéfique sur la réduction des épuisements des ressources naturelles à l'échelle locale mais n'apportent pas de réduction notable des émissions de GES.

LES DIFFÉRENTS LEVIERS DE RÉDUCTION DE L'EMPREINTE CARBONE D'UN BÉTON

DIMINUER LA PROPORTION DE CLINKER DU LIANT

- En utilisant dans la formulation du béton des additifs (calcaire, laitier de haut fourneau, cendres volantes, pouzzolanes, argiles calcinées...) dont l'empreinte carbone est plus faible que celle du clinker, tout en restant dans le cadre normatif.
- En ayant recours à des ciments à basse teneur en clinker.

RÉDUIRE L'EMPREINTE CARBONE DU CLINKER

En optimisant les procédés cimentiers grâce au captage et au stockage du CO₂ en sortie de cimenterie.

UTILISER DE NOUVEAUX LIANTS

De nouveaux liants, ayant une composition minéralogique et des principes de réactivité différents des bétons traditionnels, sont en cours de développement et permettent de réduire l'empreinte carbone. Attention, toutefois, car ces liants émergents n'ont pas encore de cadre normatif.

Ciments NF EN 197 - 1

clinker		CS	CEM I
clinker	calcaire	CS	CEM II/A-L
clinker	laitier	CS	CEM III/A
clinker	laitier	CS	CEM III/B
clinker	laitier	CV	CEM V/A

Ciments NF EN 197-5

clinker	S, CV, P	calcaire	CS	CEM II/C-M
clinker	S, CV, P	calcaire	CS	CEM VI
clinker	calcaire	argiles calcinées	CS	LC3

CV = cendres volantes

CS = constituants secondaires

S = laitier

P = pouzzolane

À SAVOIR

Allocation des impacts environnementaux des laitiers

Les laitiers de haut-fourneau, qui sont des coproduits de la production de la fonte, sont utilisés comme constituant secondaire de ciments ou comme addition dans les bétons.

Leurs règles d'allocation, consistant à répartir les impacts environnementaux entre les différents produits ou coproduits issus d'un process industriel, ne sont pas clairement définies.

En particulier, les laitiers de haut-fourneau sont non alloués d'impacts pour leur production et sont considérés comme des déchets lorsqu'intégrés au ciment pour produire du béton. Il en résulte une incomplétude de prise en compte des impacts environnementaux entre les deux filières pour ce coproduit.

CATÉGORIES BÉTON BAS CARBONE

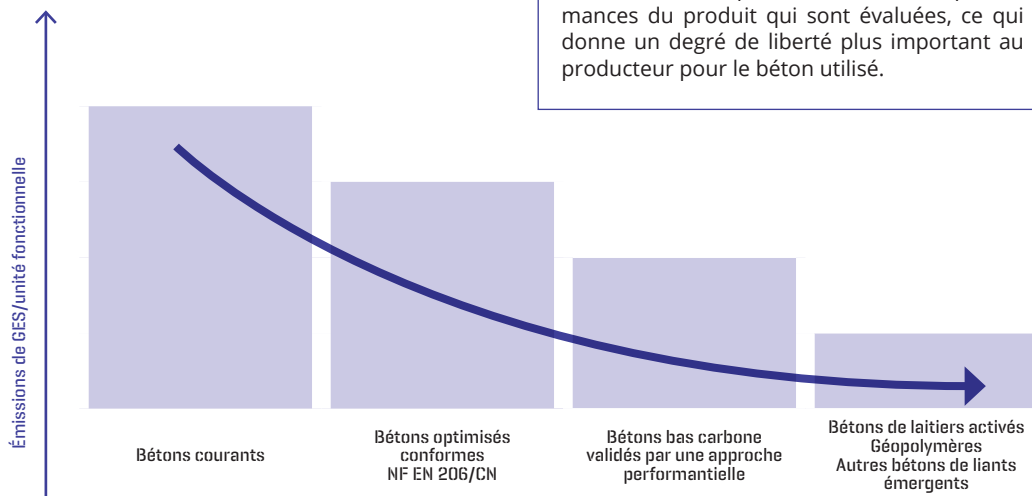
Quatre grandes catégories de béton « bas carbone » peuvent être distinguées :

- **les bétons conformes à la norme NF EN206/CN :** leurs Eges sont réduites grâce à la diminution de la teneur en clinker des liants en utilisant des additions et à l'optimisation des distances transportées en amont de la centrale béton. La réduction affichée est de l'ordre de 20 à 40 %, voire davantage, par rapport à une référence formulée au CEM I ;
- **les bétons validés par une approche performantielle :** cette approche permet une optimisation plus poussée de la teneur en liant d'un béton que l'approche prescriptive de la norme NF EN 206/CN. Elle nécessite davantage d'anticipation et la réalisation d'un programme d'essais. À date, une réflexion est en cours pour introduire cette approche dans la norme NF EN 206/CN ;
- **les bétons de laitiers activés :** ne contenant pas de clinker, leur impact carbone en est réduit. Hors du domaine d'emploi de la norme NF EN 206/CN, des ATEx (Appréciation Technique d'Expérimentation) de cas B ont toutefois déjà été obtenues pour des opérations spécifiques ;
- **les bétons émergents issus de ciments sulfoalumineux ou formulés avec un liant géopolymère :** hors cadre normatif, ils sont généralement encore en phase R&D avec des projets d'ATEx à court terme.

À SAVOIR

Pour les bétons non structuraux mis en œuvre sur site, il n'y a pas systématiquement de cadre normatif ce qui apporte une liberté plus importante pour l'optimisation des dosages en liants, c'est notamment le cas des bétons de calage, de remplissage, ou de comblement.

Pour les produits préfabriqués conformes à des normes auto-portantes, ce sont les performances du produit qui sont évaluées, ce qui donne un degré de liberté plus important au producteur pour le béton utilisé.



RECOMMANDATIONS ET POINTS DE VIGILANCE

AU STADE DE LA CONCEPTION

L'empreinte carbone d'un béton ne doit pas être dissociée de ses performances et de sa fonctionnalité : performances mécaniques, comportement au jeune âge, résistance au feu, durabilité et résistance aux environnements agressifs, propriétés thermiques, caractéristiques esthétiques...



Le choix d'une solution béton bas carbone doit s'inscrire dans une réduction de l'empreinte carbone à l'échelle du bâtiment et s'intégrer dans une optimisation du dimensionnement des systèmes constructifs et une rationalisation des ressources matériaux et des process.

SPÉCIFICATIONS DES BÉTONS DANS LES CAHIERS DES CHARGES

Chaque partie d'ouvrage béton possède ses propres spécifications : classes de résistance et d'exposition, contraintes liées aux méthodes constructives (mode de mise en œuvre, cadence de décoffrage...) et aux exigences non structurales (thermique, feu, esthétique...).

L'optimisation de l'empreinte carbone des bétons peut conduire à une multiplication des formules qui du fait d'une technicité plus élevée nécessite une plus grande vigilance sur leur robustesse. Les documents techniques des marchés doivent ainsi préciser clairement les modalités de suivi de la conformité des produits, les règles d'exécution à appliquer et les limites d'usage.

Lorsque les bétons ne relèvent pas de la norme NF EN206/CN, des études spécifiques s'appuyant sur des essais en laboratoire peuvent être nécessaires pour :

- caractériser les lois de comportement de ces bétons et faire la démonstration que les règles de calcul de l'Eurocode 2 restent applicables ;
- vérifier le respect des règles sismiques et de tenue au feu ;
- s'assurer de leur durabilité.



MISE EN ŒUVRE

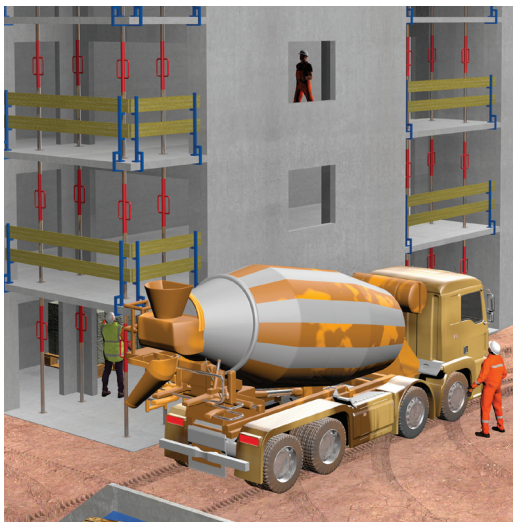
De par la plus faible teneur en clinker des bétons bas carbone, la prise et le développement des résistances mécaniques peuvent être plus lents sur chantier et entraîner :

- des impacts sur les cadences, un allongement des cycles de décoffrage pouvant être nécessaire ;
- la nécessité d'une cure plus poussée que les pratiques traditionnelles ou l'application d'un produit de cure ;
- une sensibilité à la fissuration due au retrait ;
- des précautions d'usage en hiver.



Les équipes chantier doivent être formées aux spécificités de mise en œuvre et de cure des bétons bas carbone.

Pour la catégorie de bétons formulés à partir de liants non traditionnels, leurs fabrication et mise en œuvre sont encore expérimentales et il faut se conformer scrupuleusement aux préconisations techniques des fournisseurs.



L'utilisation des bétons bas carbone ne relevant pas de la norme doit encore être considérée comme expérimentale et faire l'objet d'un suivi dans le temps au regard de la grande variété de liants non traditionnels mis en jeu. Les études R&D en cours visent notamment la maîtrise du rapport Liquide/Solide et son influence sur les résistances mécaniques et les indicateurs de durabilité (porosité, perméabilité à l'air et à l'eau) ainsi que le maintien de la passivation des aciers.



À SAVOIR

Pour les éléments préfabriqués, les spécificités des bétons bas carbone sont intégrées dès la phase de développement et le process de fabrication est adapté en usine si besoin, notamment par le biais d'une activation thermique. L'étape de mise en œuvre est identique à celle des bétons préfabriqués traditionnels.

ASSURABILITÉ

L'utilisation des bétons bas carbone qui ne relèvent pas du contexte normatif (norme NF EN 206/CN ou normes des produits préfabriqués) est considérée comme une technique non courante. Dans ce cas, la chaîne d'acteurs doit consulter en amont son assureur, Dommages-Ouvrage ou Responsabilité Civile Décennale, pour vérifier l'assurabilité de la technique envisagée.

Toutefois, certains bétons bas carbone qui ne relèvent pas de la technique courante, par exemple ceux validés par une approche performantielle, semblent avoir une consolidation et un recul techniques suffisants, qui peuvent leur permettre d'être validés plus facilement par les contrôleurs techniques et les assureurs.

DURABILITÉ

Les bétons bas carbone conformes à la norme (NF EN 206/CN ou normes produits) ne présentent pas de risques particuliers en termes de durabilité à condition que les prescriptions de la norme d'exécution NF EN 13670/CN et des normes produits, dont la NF EN 13369 pour les produits préfabriqués, soient totalement respectées (mise en œuvre, cure...).



La prescription des bétons bas carbone étant plus fine, les plans de contrôle doivent être respectés scrupuleusement.

À SAVOIR

La définition et l'étendue des techniques courantes et non courantes sont décrites sur le site de l'AQC.



<https://qualiteconstruction.com/aqc/nos-missions/pole-prevention-produits/>

L'ESSENTIEL À RETENIR

- L'empreinte carbone des bétons provient principalement du liant utilisé.
- La notion de «béton bas carbone» ne fait pas encore l'objet d'une définition officielle s'appuyant sur un cadre normatif ou réglementaire.
- Plusieurs leviers sont possibles pour réduire l'empreinte carbone d'un béton.
- Le choix d'une solution béton bas carbone doit s'inscrire dans une recherche de réduction de l'empreinte carbone à l'échelle du bâtiment.
- Une vigilance particulière doit être portée au respect des conditions spécifiques de mise en œuvre et de cure, au management de la qualité et à la formation des équipes.
- L'utilisation de certains bétons bas carbone n'est pas considérée comme une technique courante.

POUR EN SAVOIR PLUS

Normalisation :

- NF EN 206/CN : Béton - Spécification, performance, production et conformité – Complément national à la norme NF EN 206
- Normes des produits préfabriqués, dont la NF EN 13369 : Règles communes pour les produits préfabriqués en béton.
- NF EN 13670/CN : Exécution des structures en béton – Complément national à la NF EN 13670 : 2013
- NF DTU 20.1 : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs
- NF DTU 21 : Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton
- NF DTU 23.1 : Travaux de bâtiment - Murs en béton banché

Ressources AQC :

- Rapport *Béton bas carbone - Perspectives et recommandations*

Liens et outils utiles :

- Base INIES : www.inies.fr
- International EPD® System : www.environdec.com
- Configurateur Betie : www.snbpe.org
- Configurateur EIB : www.environnement-ib.com

>>> Retrouvez ce document en version numérique et l'ensemble des ressources de l'AQC sur <https://qualiteconstruction.com>

