

EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DES BETONS

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DES BETONS

La raréfaction croissante des matières premières, l'espace limité des décharges et la nécessité de réduire les émissions de CO2 sont des contraintes aujourd'hui universelles.

Les ouvrages durables doivent y répondre, mais doivent offrir en même temps une qualité technique élevée et être alignés sur les normes de construction. En outre, les ouvrages doivent toujours être adaptés aux contraintes de l'utilisateur et avec l'impact le plus faible possible sur le milieu extérieur.



L'analyse de l'impact d'un ouvrage doit donc être faite **de manière globale**, en prenant en compte de nombreux paramètres, **l'impact environnemental** bien entendu, mais également **la durée de vie**, **la possibilité d'aménagement en fin de vie**, **l'adaptation à l'usage**, ...
Le choix du maître d'ouvrage ne doit donc pas se limiter au seul matériau, mais bien prendre en compte l'ouvrage dans sa globalité.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE D'UN OUVRAGE

Le calcul de l'empreinte environnemental d'un ouvrage d'art doit se faire selon les règles de la NF EN 17472 (NF EN 15978 dans le cas d'un bâtiment).

C'est à ce niveau que **d'éventuelles comparaisons de « variantes »** doivent se faire, en effet, des modifications du type béton, tel l'utilisation de béton à haute performances, certes plus impactant au m³, entrainera des diminutions de plusieurs postes :

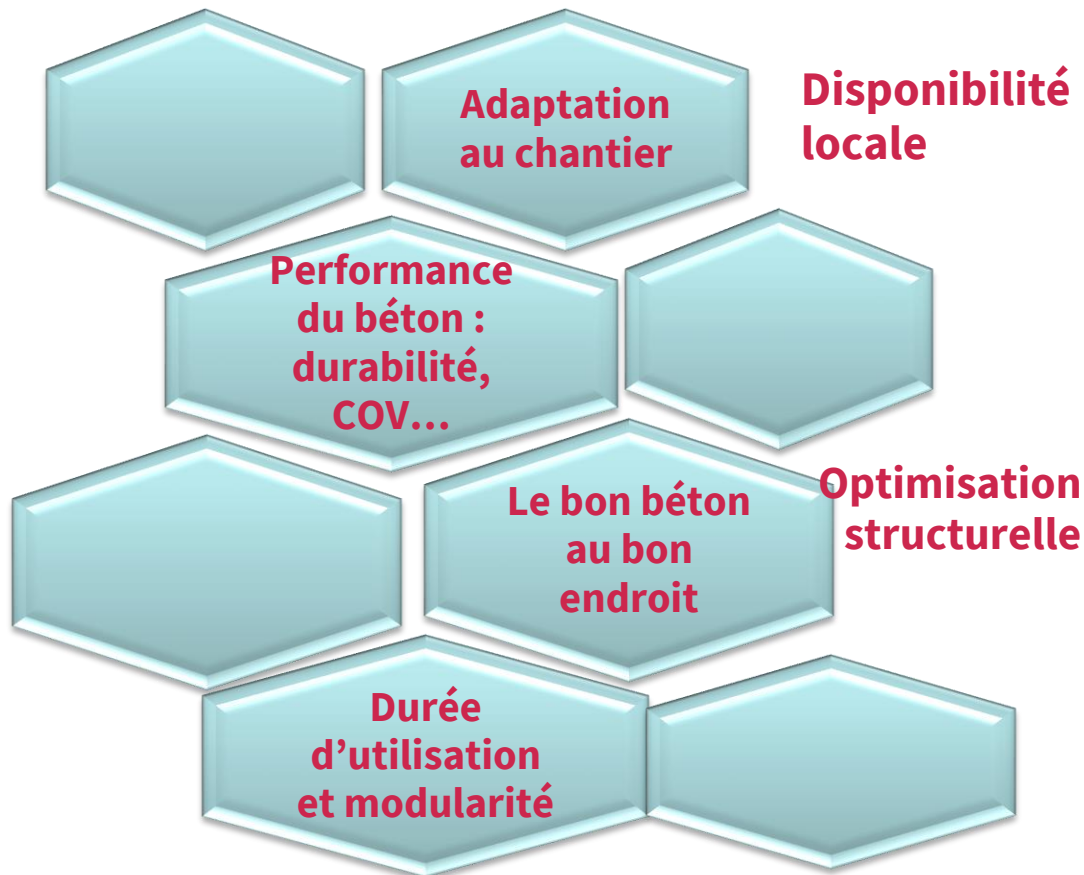
- volume global de béton
- poids propre de l'ouvrage d'où diminution des fondations
- volume de terrassement

La diminution de l'impact global d'un ouvrage ne peut donc se concentrer sur le seul matériau, mais doit faire intervenir l'ensemble des acteurs, et en tout premier le concepteur afin de déterminer la solution optimale et utiliser chaque matériau à l'optimum de ses possibilités

BIEN PRESCRIRE LES BETONS

CONCEVOIR UN OUVRAGE DURABLE

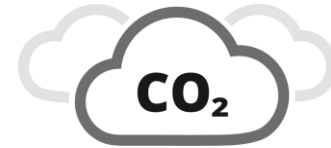
Méthodologie multicritères centrée sur le résultat global



Quelle classe d'exposition ?
Quelle classe de résistance ?
Quelle solution pour mieux s'adapter au chantier ?
Quelle disponibilité locale ?
Quelles données environnementales ?

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE D'UN MATÉRIAU

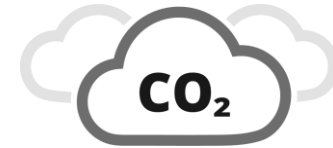


- Le calcul de l'empreinte environnemental d'un matériau de construction doit se faire selon les règles de la NF EN 15804.
- Cette norme définit les « FDES » (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire). En France, ces FDES sont regroupées dans la base de données INIES
« [Inies, les données environnementales et sanitaires de référence pour le bâtiment et la RE2020 - Inies](#) »



- Dans le cas du béton, cette norme est complétée par la NF EN 16757 (Règles de catégorie de produits pour le béton et les éléments en béton).
- Depuis novembre 2022, la version de la NF EN 15804 en vigueur en France est la NF EN 15804+A2/CN, néanmoins, les FDES établies selon la version précédente de la norme (NF EN 15804 +A1) restent valides jusqu'à la fin de leur période de validité (5 ans à partir de leur création) mais au plus tard au 1^{er} janvier 2026.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre



EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE D'UN MATÉRIAU

Pour le **béton coulé en place**, le logiciel **BETie** du SNBPE ([BETie \(snbpe.org\)](http://snbpe.org)) permet de calculer l'impact du matériau. A ce jour, la version de la norme utilisée est la version A1, cette version reste utilisable jusqu'à fin 2023.

Une nouvelle version, conforme à la NF EN 15804 +A2 devrait être utilisable Début 2024.

BETie

Béton et Impacts Environnementaux

Pour les **produits préfabriqués en béton**, le logiciel **Environnement-IB** (<http://www.environnement-ib.com>) permet de produire des FDES configurées pour des Unités Fonctionnelles spécifiques de 9 familles de produits en béton de structure selon NF EN 15804+A1.



Ne pas imposer une valeur maximale à ne pas dépasser par m³ de béton:
un béton à haute performance peut engendrer une diminution des émissions de CO2 au niveau de l'ouvrage

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

BIEN PRESCRIRE LES BETONS

Groupe d'experts « Solutions Bas Carbone » (P18B/GE SBC)

1 - Ciments :

- CEM I, II, III, IV, V
- CEM II/C-M, VI

2 - Liants avec additions normalisées :

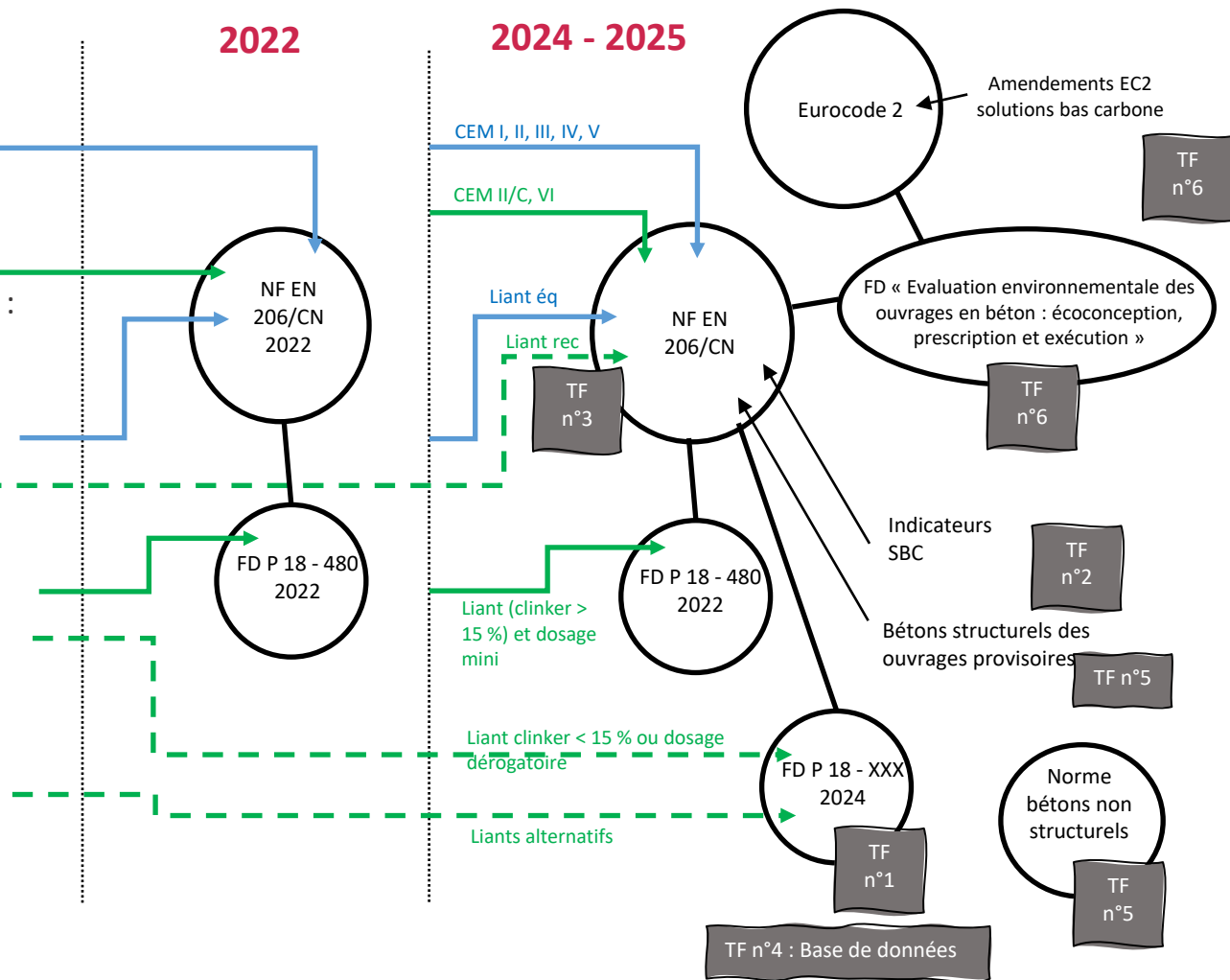
- Approche prescriptive :
 - Liant équivalent ($C+kA$, max $A/(A+C)$)
 - Liants reconstitués ($C+A1+A2...$)
- Approche performantielle :
 - Liant avec clinker > 15 % et dosage mini
 - Liant avec clinker < 15 % ou dosage dérogatoire

3 - Liants alternatifs non couverts actuellement par une norme

Evaluation
Technique
Européenne

2022

2024 - 2025



EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE D'UN MATÉRIAU

Il est essentiel de considérer en premier lieu l'échelle de l'**unité fonctionnelle** et pas seulement les émissions de carbone du matériau.

L'impact environnemental des solutions constructives en béton peut être optimisé **par l'une ou l'autre - ou la combinaison - des deux voies** que sont :

- la diminution des quantités de béton et/ou d'acier par une meilleure utilisation de leurs performances d'une part et
- la réduction de leur impact unitaire (éq kg CO₂/m³ de béton) d'autre part.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Projet National BHP 2000

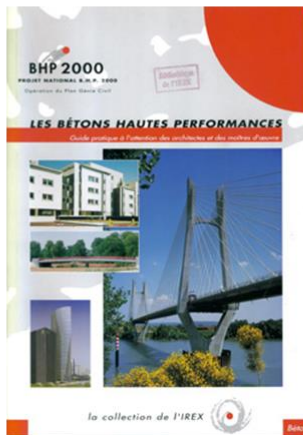


TABLEAU VII

Ratios comparés pour un PS type de 2 travées de 21,50 m :

	Dalle BP traditionnelle B 35	Dalle BP Bourges B 80	Dalle BA Sens B 60
Élancement	1/22	1/30	1/25
Épaisseur	1 m	0,54 à 1 m	0,75 à 1 m
Épaisseur équivalente	0,75 m	0,37 m	0,56 m
Volume de béton	390 m ³	188 m ³	300 m ³
Armatures passives	39 t	39 t	61,5 t
Précontrainte	12 t	8 t	0
Poids du tablier	975 t	520 t	780 t
Coût HT au m ² utile y compris fondations	6 500 F 990,92 €	6 440 F 981,77 €	6 480 F 987,87 €

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Calcul (sommaire) d'empreinte CO₂

Hypothèses de travail pour les bétons

B35 (C35/45)	271 kgCO ₂ eq/m ³
B80 (C80/95)	335 kgCO ₂ eq/m ³
Aciers	1140 kgCO ₂ eq/t

	Dalle BP traditionnelle B35 (C35/45)		Dalle BP Bourges B80 (C80/95)	
	Quantité	Emissions kgCO ₂ eq	Quantité	Emissions kgCO ₂ eq
Béton	390 m ³	105 495	188 m ³	62 974
Armatures passives	39 t	44 460	39 t	44 460
Précontrainte	12 t	13 680	8 t	9 120
Total		163 635		116 554
Var /B35				-29%

Pour cet ouvrage, l'emploi de BHP C80/95 permet de réduire l'empreinte carbone de l'ouvrage de 29%

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LES LEVIERS POUR RÉDUIRE L'IMPACT CARBONE DES OUVRAGES EN BÉTON

À l'échelle de l'ouvrage : économiser de la matière dès la conception

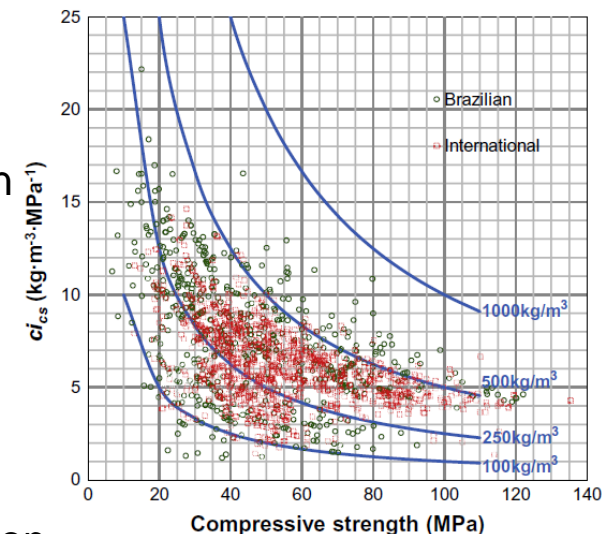
- ➔ Ajuster le choix des classes d'exposition du béton
- ➔ Optimiser le dimensionnement, diminuer les sections de béton
- ➔ Possibilité d'utiliser la précontrainte

$$C_i = \frac{\text{émission } CO_2}{f_{cm}}$$

Damineli et al. (2010)

À l'échelle des process

- ➔ Optimiser la régularité et l'homogénéité des gâchées de béton
- ➔ Veiller à la maîtrise des teneurs en eau des constituants et du béton frais
- ➔ Optimiser les moyens utilisés pour compacter le béton
- ➔ Optimiser les éventuels équipements permettant de réaliser les traitements thermiques



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LES LEVIERS POUR RÉDUIRE L'IMPACT CARBONE DES OUVRAGES EN BÉTON

À l'échelle des matériaux

BÉTONS

- ➔ Utiliser un liant à empreinte carbone réduite ou bien optimiser la quantité introduite par la formulation Béton
- ➔ Optimiser la compacité du squelette granulaire du béton (adjuvantation, diminution du rapport E_{eff}/L)
- ➔ Optimiser le compactage du béton

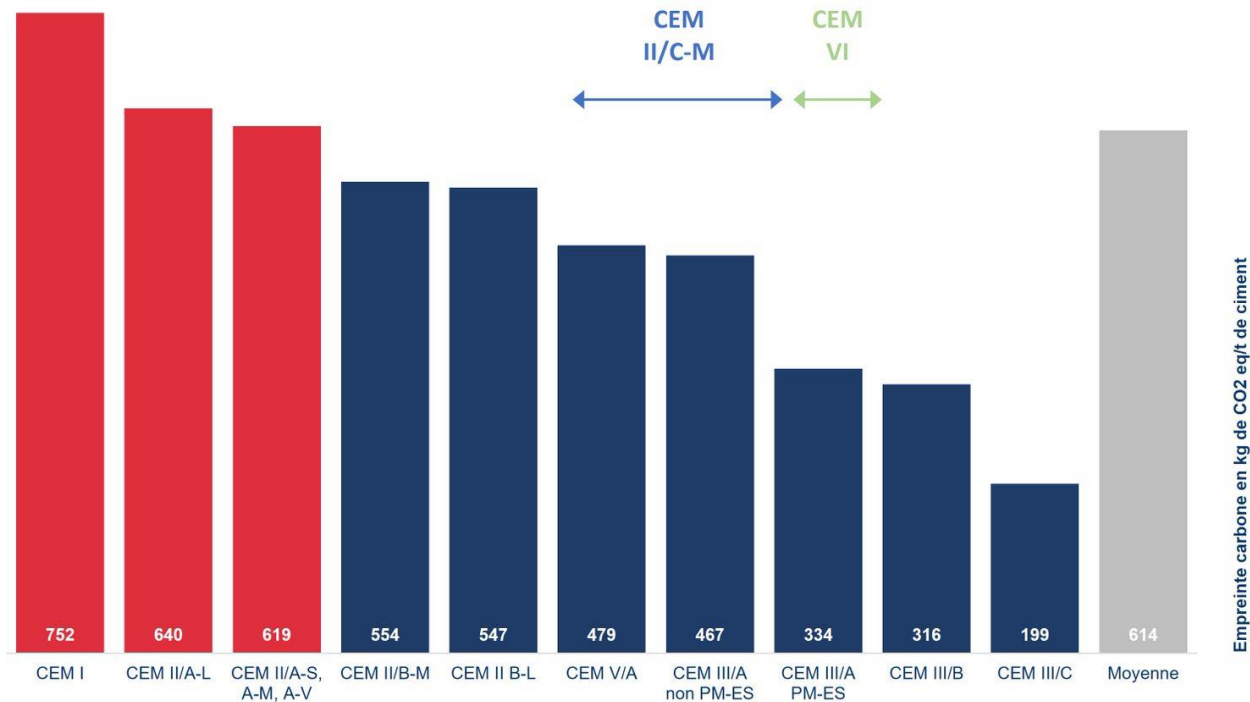
ACIERS

- ➔ Augmenter leur module/limite d'élasticité (par ex de 500 MPa à 600 MPa) pour réduire la quantité d'acier nécessaire.
- ➔ Développer l'utilisation de coupleurs ou manchons pour limiter les recouvrements entre armatures (consommateurs de matière).
- ➔ En fonction des applications, intérêt éventuel (à vérifier au cas par cas) également des fibres, armatures composites...

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

LES LEVIERS POUR RÉDUIRE L'IMPACT CARBONE DES OUVRAGES EN BÉTON

À l'échelle du matériau : L'empreinte carbone des ciments



Source : moyenne SFIC pour les ciments français, en conformité avec la norme NF EN 15804+A2 et son complément national NF EN 15804+A2/CN.

- ➔ Nouveaux ciments ternaires CEM II/C-M et CEM VI selon NF EN 197-5
 - ➔ Pour maintenir les mêmes performances du béton à jeune âge, il est souvent nécessaire de mettre en œuvre des solutions pour accélérer le durcissement du béton
- Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre**

LES LEVIERS POUR RÉDUIRE L'IMPACT CARBONE DES OUVRAGES EN BÉTON

À l'échelle du matériau : L'empreinte carbone des additions minérales

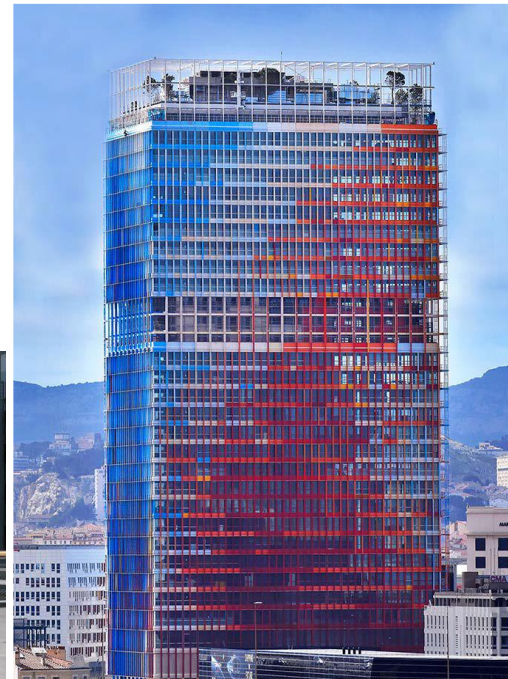
Les additions minérales permettent de diminuer la quantité de clinker dans les bétons :

- ➔ Additions calcaires : 40 à 60 kg eq CO₂/t
- ➔ Additions siliceuses : 40 à 60 kg eq CO₂/t
- ➔ Laitiers de haut fourneaux : 100 kg eq CO₂/t
- ➔ Métakaolins : 139 à 239 kg eq CO₂/t
- ➔ Cendres volantes (après séchage) : 47,5 kg eq CO₂/t
- ➔ Fumées de silice : 354 kg eq CO₂/t



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Merci de votre attention



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre