

Diminution de l'impact carbone des ouvrages en béton

Principales évolutions du contexte normatif en 2025

Patrick Rougeau

/ Cerib CS 10010
28233 Épernon

/ + 33 (0)2 37 18 48 00

/ cerib@cerib.com

CERIB
Expertise concrète

Principaux livrables issus du Groupe d'Experts « Solutions Bas Carbone » – Commission de normalisation béton (P18B)

Nouveau

- **FD P 18-483-2 (2025)** « Ecoconception des structures en béton – Partie 2 : Spécification des bétons pour des ouvrages à impact carbone réduit »

Publié en mars
2025

Nouveau

- **FD P 18-483-1** « Ecoconception des structures en béton – Partie 1 : Optimisation des ouvrages béton pour des conceptions à impact carbone réduit »

En cours de
rédaction

Révision

- **Norme NF EN 206/CN + A2** « Béton – Spécification, performance, production et conformité »

BAT en
préparation

Révision

- **FD P 18-480 (2025)** « Justification de la durabilité des ouvrages en béton par méthode performantielle »

BAT en
préparation

Nouveau

- **FD P 18-484 (2025)** « Méthodologie de qualification des nouveaux liants et des nouvelles additions »

BAT en
préparation

FD P 18-483-2 (2025) : « Ecoconception des structures en béton – Partie 2 : Spécification des bétons pour des ouvrages à impact carbone réduit »

Définition de classes de réduction carbone : GWR (Global Warming potential Reduction)

$$\text{« GWR »} = 100 \times \left(1 - \frac{\text{Potentiel de Réchauffement Global-total du béton}}{\text{Potentiel de Réchauffement Global-total du béton de base}} \right)$$

Tableau 2 — Valeur du PRG-total du béton de base (en kgCO₂eq/m³) selon la classe de résistance, la classe d'exposition et la DUP (en année)

| R _c | DUP | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | XS2 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 | XA3 |
|----------------|-----------|-----|-----|-------------------|-------------------|-----|-----|-----|-------------------|-----|-----|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| C20/25 | 50 | 219 | 219 | | | | | | | | | | | | | | | |
| C25/30 | 50 | 219 | 219 | 235 | 235 | | | | 235 | | | 235 | 252 | | | | | |
| | 100 | 235 | 235 | | | | | | | | | | | | | | | |
| C30/37 | 50 | 235 | 235 | 235 ^{a)} | 235 ^{a)} | 276 | 276 | | 235 ^{a)} | 276 | | 235 ^{a)} | 274 | 274 | 285 | 276 | | |
| | 100 | 235 | 235 | 252 | 276 | 276 | 276 | | 276 | 276 | | 276 | 292 | 318 | 318 | 276 | | |
| C35/45 | 50 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 292 | 276 | 276 | 292 | 276 | 300 | 301 | 301 | 276 | 292 | |
| | 100 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 276 | 292 | 276 | 276 | 292 | 276 | 300 | 323 | 323 | 276 | 292 | |
| C40/50 | 50 et 100 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 318 | 330 | 330 | 330 | 318 | 318 | 318 |
| C45/55 | 50 et 100 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 336 | 346 | 346 | 346 | 336 | 336 | 336 |
| C50/60 | 50 et 100 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 354 | 366 | 366 | 366 | 354 | 354 | 354 |
| C55/67 | 50 et 100 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 356 | 367 | 367 | 367 | 356 | 356 | 356 |
| C60/75 | 50 et 100 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 357 | 368 | 368 | 368 | 357 | 357 | 357 |

a) Valeur portée à 252 pour les bétons précontraints

La valeur PRG-total d'1 m³ du béton prend en compte :

- les **constituants** (hors armatures/renforts)
- le **transport des constituants** jusqu'au lieu de production
- la **fabrication du béton** jusqu'à la sortie du malaxeur

La valeur PRG-total doit être issue soit :

- d'un configurateur de FDES vérifié (cf. programme INIES)
- d'une FDES vérifiée (cf. programme INIES)
- d'un outil de calcul selon NF EN 15804+A2/CN avec revue critique périodique par tierce partie indépendante

La valeur PRG-total d'1 m³ du béton de base est modulée :

- D_{max} = 16 mm : + 4,5 %
- D_{max} = 14 mm : + 7 %
- D_{max} = 12,5 mm : + 9 %
- + 30 kgCO₂eq/m³ pour les BAP
- + 10 kgCO₂eq/m³ si utilisation de GR (≥ R1)

FD P 18-483-2 (2025) : « Ecoconception des structures en béton – Partie 2 : Spécification des bétons pour des ouvrages à impact carbone réduit »

La classification du béton doit être faite en utilisant les classes de réduction du PRG-total* du béton :

- **GWR0 à GWR7** : durée d'utilisation de 50 ans**
- **GW100R0 à GW100R7 : durée d'utilisation de 100 ans**

Les valeurs de PRG-total* des bétons de base dépendent de la classe structurale, de la classe d'exposition et de la durée de vie (50 ou 100 ans)

***Potentiel de Réchauffement Global – total (PRG-Total)**

Indicateur associé à la catégorie d'impact « Changement climatique - total » dans la norme NF EN 15804 + A2/CN, exprimé en kgCO₂eq/UF

****GWR : Global Warning Reduction classes**

| Classe (durée d'utilisation de 50 ans) | Plage de réduction (%) |
|---|------------------------|
| GWR0 | ≤ 9 |
| GWR1 | 10-19 |
| GWR2 | 20-29 |
| GWR3 | 30-39 |
| GWR4 | 40-49 |
| GWR5 | 50-59 |
| GWR6 | 60-69 |
| GWR7 | ≥ 70 |

FD P 18-483-2 (2025) : « Ecoconception des structures en béton – Partie 2 : Spécification des bétons pour des ouvrages à impact carbone réduit »

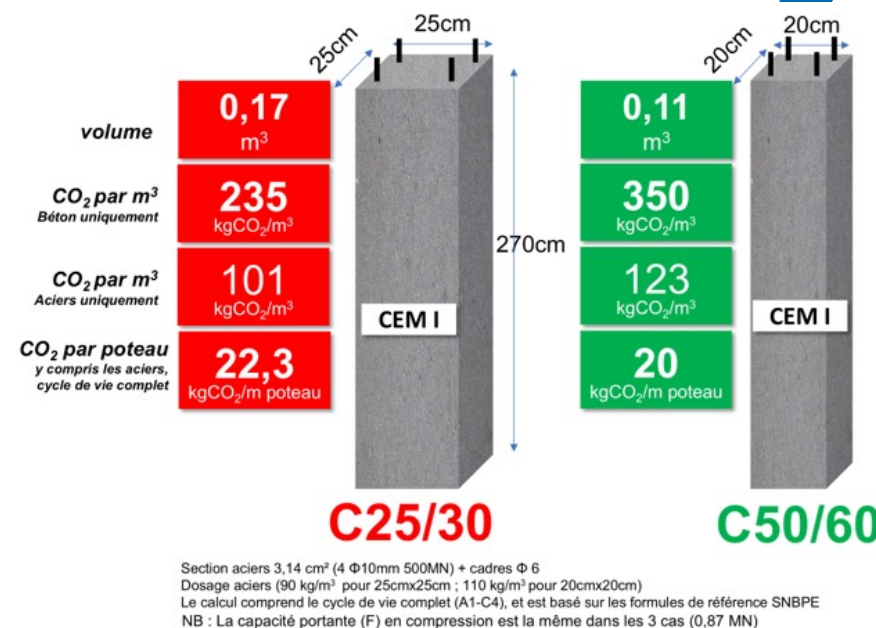
Lorsque l'unité fonctionnelle est préalablement dimensionnée, la référence à une classe de réduction GWR s'entend comme intégrant toutes les solutions correspondant à l'un des deux cas suivants :

Cas 1 :

Une structure répondant au dimensionnement tel qu'il a été préalablement défini et dont **le béton respecte a minima la classe de réduction GWR.**

Cas 2 :

Une structure dont l'**optimisation du dimensionnement** est telle que **la réduction d'impact sur le changement climatique à l'échelle de l'unité fonctionnelle est au moins équivalente au cas 1** (classe de réduction GWR spécifiée) **quelle que soit la classe GWR du ou des béton(s) utilisé(s)** (PRG de la structure optimisée inférieur ou égale à celui de la structure de base).



Evolutions 2025 de la norme NF EN 206+A2/CN

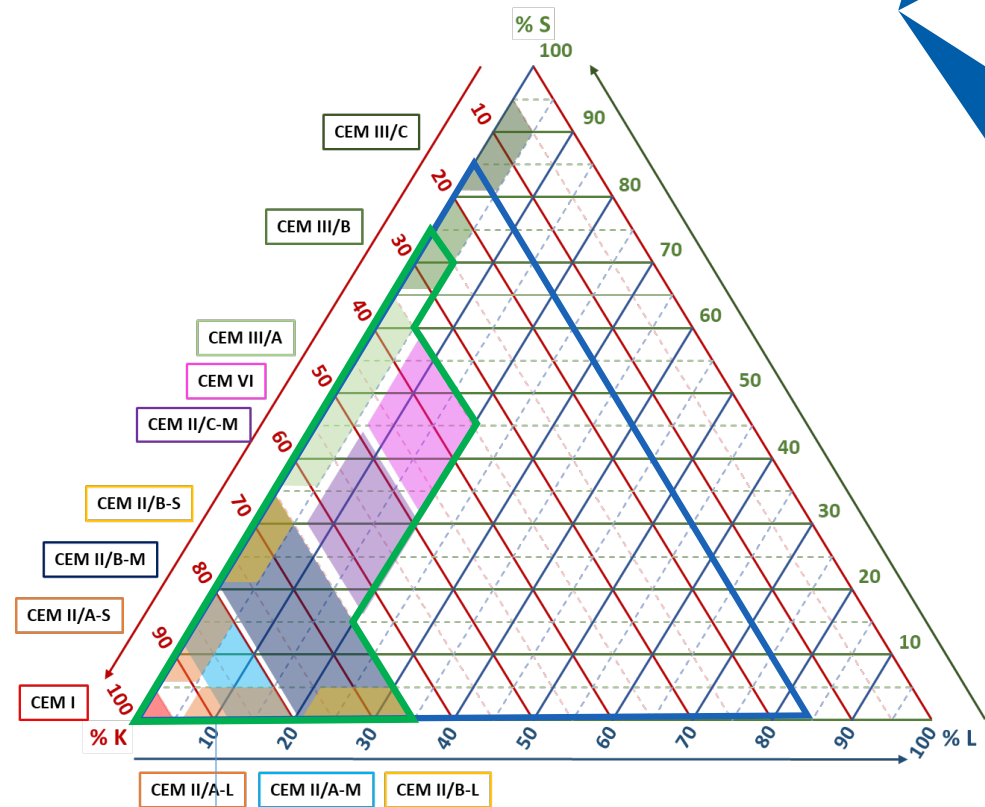
- Introduction de classes de réduction de l'impact carbone (classes GWR) selon le FD P 18-483-2
- Encadrement de la possibilité d'utiliser un ciment, un liant ou une addition dont l'aptitude à l'emploi n'est pas établie par une Norme européenne ou française relative à l'utilisation de ce constituant dans du béton (FD P 18-484)
- Introduction d'une nouvelle classe d'exposition XC0 pour les voiles intérieurs non armés en environnement sec
 - « les voiles intérieurs de bâtiment, non armés au sens de la section 12 de la NF EN 1992-1-1 et de son annexe nationale française, sans autre armature que les chainages, et situés en environnement sec, à l'exception des parties classées en XC1. »
- Introduction d'une valeur complémentaire du coefficient k pour les cendres volantes ($k=0,7$ Si $i_{28} \geq 0,87$ et $i_{90} \geq 0,99$)
- Ajout d'exigences relatives au contrôle qualité pour certaines additions (cendres volantes + laitiers) (nouveau tableau NA.9b)

Evolutions 2025 de la norme NF EN 206+A2/CN

- Extension du concept de liant équivalent aux ciments CEM II/B et CEM III/A, 42,5 et 52,5 (modifications des tableaux NA.F.1 à NA.F.4)
- Modification des tableaux indiquant les taux de substitution de ciment par des additions (augmentation des taux + nouvelles combinaisons (ciment+ addition))
- Alternative à la modulation de la teneur mini en Leq pour $D_{max} \leq 16$ mm
- Définition de trois types de bétons d'ingénierie :
 - Type 1 : bétons comportant un mélange de deux ciments
 - Type 2 : bétons comportant des additions à taux de substitution augmenté par rapport aux limites des tableaux NA.F.1 et NA.F.2
 - Type 3 : bétons comportant certaines combinaisons (ciment + addition), relevant de classes d'exposition XA, définis comme des bétons d'ingénierie par le FD P 18-011
- Introduction d'un nouveau type de béton pour ouvrage provisoire à durée de chantier (PROV)
- Minoration de classe d'enrobage selon la nature de liant (classes XCi++)
- Extension de la méthode performantielle avec l'approche par domaine de composition (FD P 18-480 amendé)

FD P 18-480 (2025) « Justification de la durabilité des ouvrages en béton par méthode performantielle »

- Approche à composition unique (2022)
- Approche par domaine de composition (2025)



K : proportion de clinker dans le liant
S : proportion de laitier dans le liant
L : proportion de calcaire dans le liant

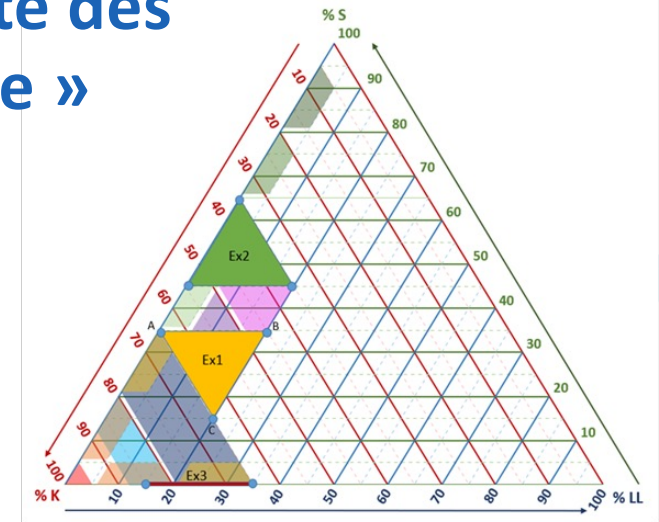
FD P 18-480 (2025) « Justification de la durabilité des ouvrages en béton par méthode performantielle »

- **Approche à composition unique** : même méthodologie que FD P 18-480 (2022)
- **Approche par domaine de composition** (FD P 18-480 2025) :
 - Approche qui permet de valider un domaine de formulations de béton pour une catégorie d'ouvrage et une ou plusieurs classes d'exposition
 - Les grandes étapes :
 - Définition d'une **catégorie d'ouvrage**, d'une (ou des) **classe(s) d'exposition**
 - **Définition du domaine de formulation** de béton à valider
 - Réalisation d'une **Étude Générique (EG)** et validation par **une tierce partie**
 - Choix d'une formulation de béton parmi le domaine validé
 - Réalisation d'une **épreuve d'étude** et d'une **épreuve de convenance** (consistance, résistance mécanique, porosité ou absorption d'eau + résistivité électrique)
 - Mise en place de **contrôle de production**

FD P 18-480 (2025) « Justification de la durabilité des ouvrages en béton par méthode performantielle »

○ Les bétons et les essais de l'Étude Générique (EG)

- Un domaine est fixé par 3 ou 4 compositions de bétons dans lesquelles la composition minéralogique des constituants principaux (clinker, laitier de haut fourneau, calcaire, métakaolin...) peut varier de $\pm 10\%$.
- La teneur en liant total, le squelette granulaire, le rapport E_{eff}/L_{tot} , la nature des constituants sont fixés
- Vérification des grandeurs associées à la durabilité pour chacune des compositions



Exemples d'ensemble de liants totaux, avec K la teneur en clinker, S la teneur en laitier moulu et LL la teneur en filler calcaire

○ Pour les bétons mis en œuvre :

• Exigences sur les constituants :

- Même(s) ciment(s), même(s) addition(s), mais dont les proportions peuvent varier selon l'EG
- Possibilité de modifier les granulats (nature et dosage)
- Possibilité de modifier les adjuvants (nature et dosage, à l'exception e l'hydrofuge de masse)
- Possibilité d'ajouter des fibres, des agents de viscosité, des pigments

• Exigences sur la composition du béton et les propriétés :

- Possibilité d'ajuster à la hausse la teneur en liant total
- Possibilité d'ajuster à la baisse le rapport E_{eff}/L_{tot}
- Classe de résistance mécanique supérieure autorisée
- Classe de consistance supérieure autorisée

FD P 18-484 (2025) « Méthodologie de qualification des nouveaux liants et des nouvelles additions »

- Possibilité d'utiliser sous certaines conditions un ciment, un liant ou une addition dont l'aptitude à l'emploi n'est pas établie par une Norme européenne ou française
- L'aptitude à l'emploi et les conditions d'utilisation associées doivent être établies par une évaluation délivrée par un organisme français reconnu compétent
- Dossier de qualification à constituer selon le degré de « nouveauté » :
 - 3 catégories pour les liants
 - 3 catégories pour les additions

| Catégorie 1 | Catégorie 2 | Catégorie 3 |
|---|--------------------------------------|---|
| Additions calcaires | Verre broyé | MIOM broyés |
| Laitier granulé de haut fourneau moulu | Pouzzolanes naturelles activées | Cendres de boues de station d'épuration |
| Cendres volantes | Laitier d'aciérie de convertisseur | Laitier d'aciérie de four électrique et de métallurgie secondaire |
| Additions siliceuses | Cendres de co-combustion | Résidus issus de traitement de la bauxite |
| Fumée de silice | Cendres de boues de papier calcinées | Argile crue |
| Métakaolin | | |
| Pouzzolanes naturelles ¹ | | |
| Pouzzolanes naturelles calcinées ¹ | | |
| Schiste calciné ¹ | | |
| Fines de bétons recyclés ¹ | | |

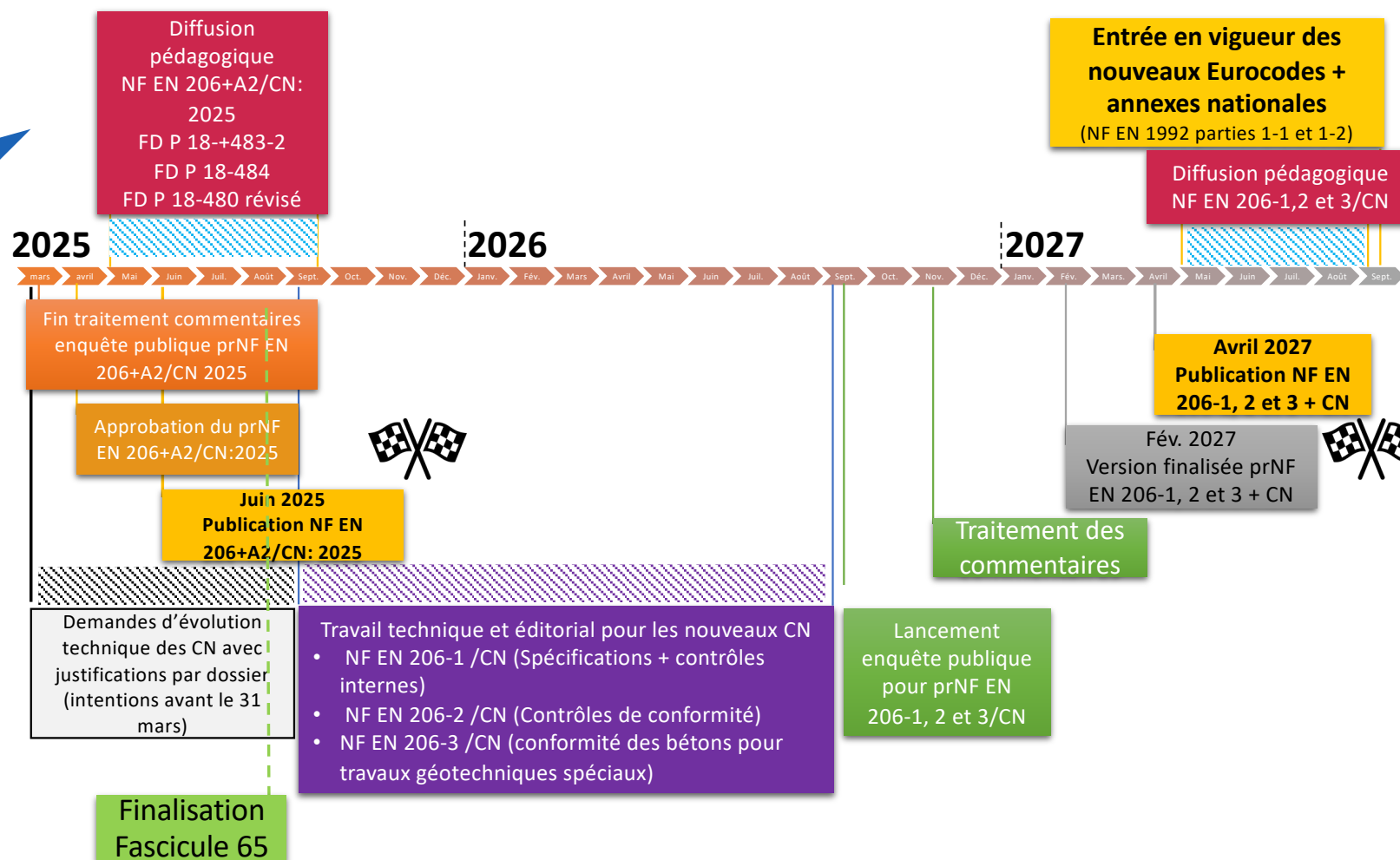
Exemples non exhaustifs d'additions entant dans les différentes catégories

FD P 18-484 (2025) « Méthodologie de qualification des nouveaux liants et des nouvelles additions »

Méthodologie (principaux éléments) :

- Caractérisation physique, chimique et minéralogique de l'addition ou du liant
- Détermination des caractéristiques liées aux propriétés d'usage et à la durabilité des bétons
- Evaluation Environnementale et Sanitaire
- Propriétés liées à l'usage des nouveaux liants et des nouvelles additions dans les structures
- Comportement au feu
- Comportement au séisme

Calendrier commission AFNOR/P18B (indicatif)



Conclusion - Perspectives

Quelles contributions du GIS Décades et de la Chaire Décision aux travaux normatifs ?

- Meilleure compréhension des mécanismes physico-chimiques :
 - Influence des conditions d'exposition : T, HR, cycles séchage/immersion...
 - Influence de la nature du liant
 - Influence de la compacité
 - Influence de la cure
- Suivi de corps d'épreuve en situation de vieillissement naturel
- Constitution d'une base de données sur le comportement des bétons à impact carbone réduit
- Détermination de seuils pour les propriétés de durabilité utilisées dans l'approche performantielle
- Développement, calibration de modèles de durabilité sur la carbonatation, la migration des chlorures, la corrosion...