

Vers une construction plus circulaire et neutre en carbone

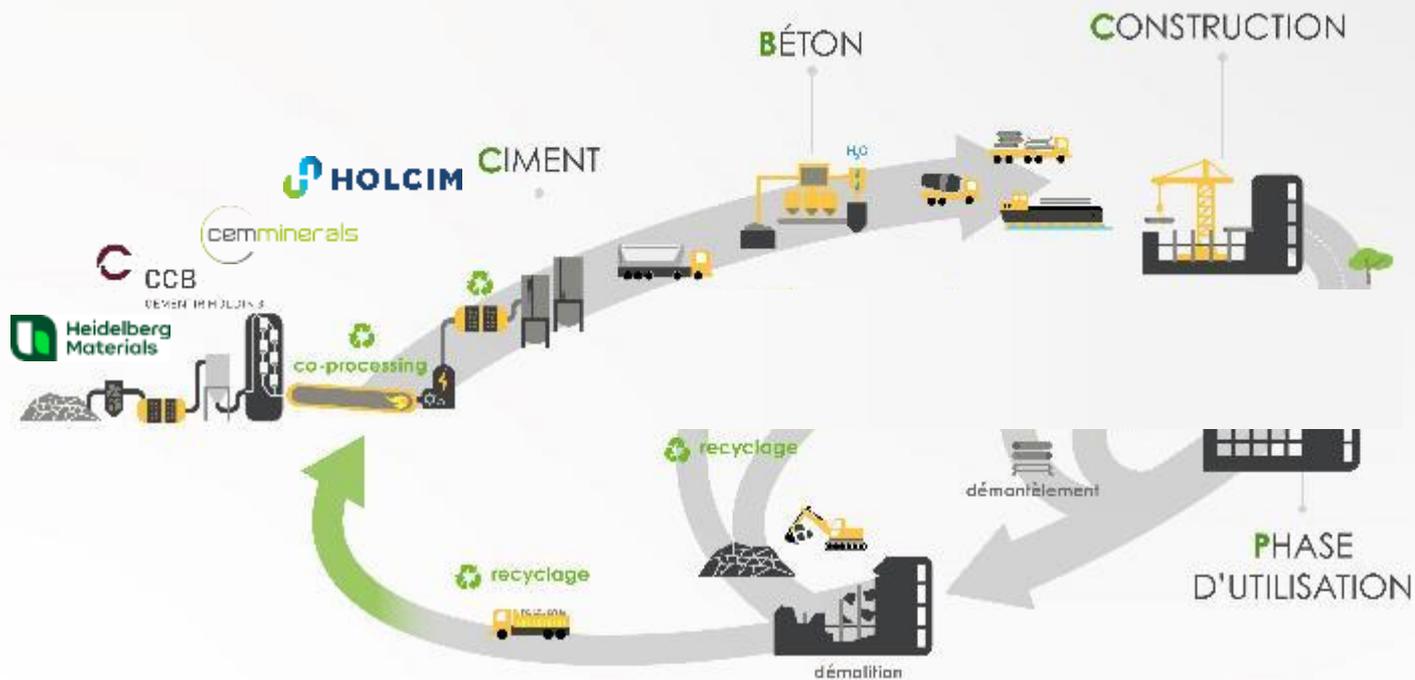
Quelles sont les évolutions de l'industrie cimentière pour y contribuer ?



Hervé Camerlynck
Directeur FEBELCEM



Rappel - le cycle de vie du béton



Les « 5C » de la Roadmap du Ciment & du Béton

2050

carbonation

- Carbonatation naturelle
- Carbonatation forcée : granulats, carbon curing



concrete

- Transport
- Mat. 1ères recyclées
- Optimisation compositions



construction

- Optimiser le role du béton
- Réutiliser, démonter, etc.
- Concevoir autrement



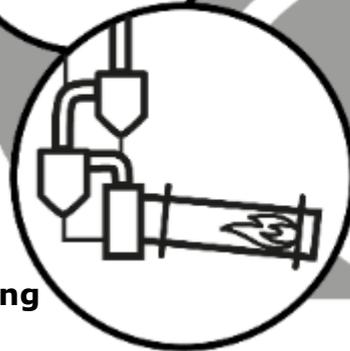
cement

- ↘ taux de Ck moyen
- Mat. 1ères recyclées
- Efficacité broyage
- Scope 2 (mix élec.)
- Liants alternatifs



clinker

- ↘ empreinte CO₂ Ck
- Recycling/co-processing
- Efficacité fours, etc.
- Scope 3 (fournisseurs)
- Carbon Capture – CCS



Du ciment neutre en carbone – comment s’y prend-on ?



Par rapport à 1990,
l’empreinte carbone
moyenne a baissé de
29% à 540 kg de
CO₂ par tonne de
ciment produit



25% de l’effort
restant grâce à
l’amélioration des
process

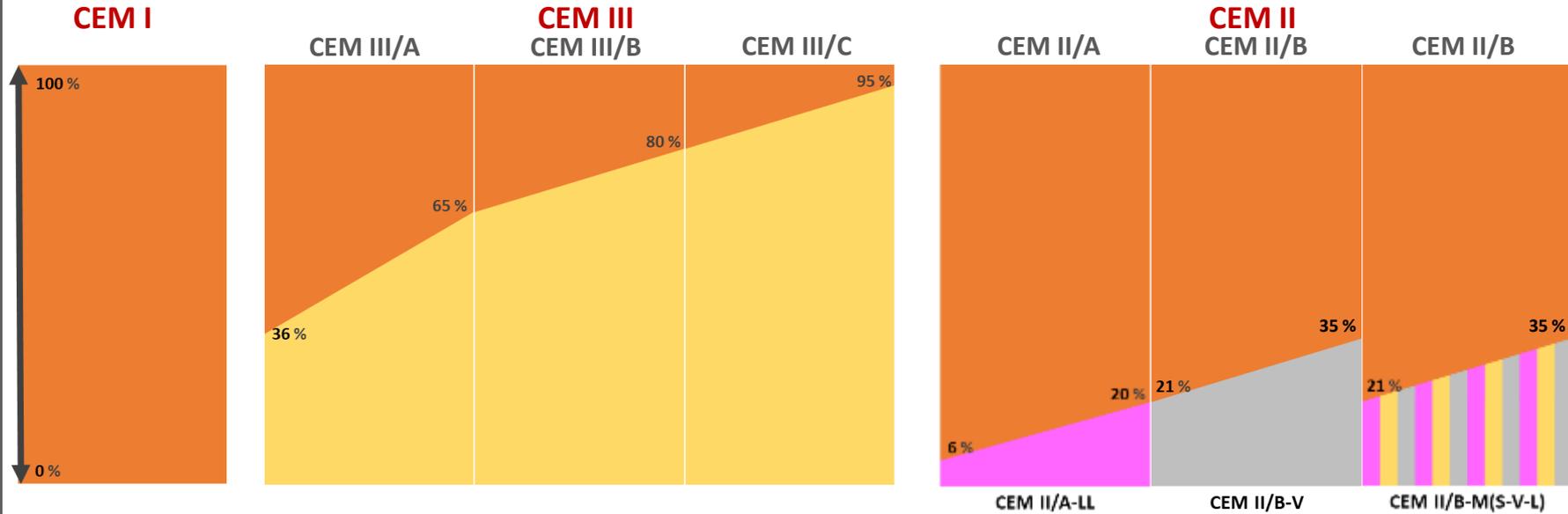


25% de l’effort
restant grâce à
l’introduction de
nouveaux ciments



50% de l’effort
restant à réaliser
grâce au CCS

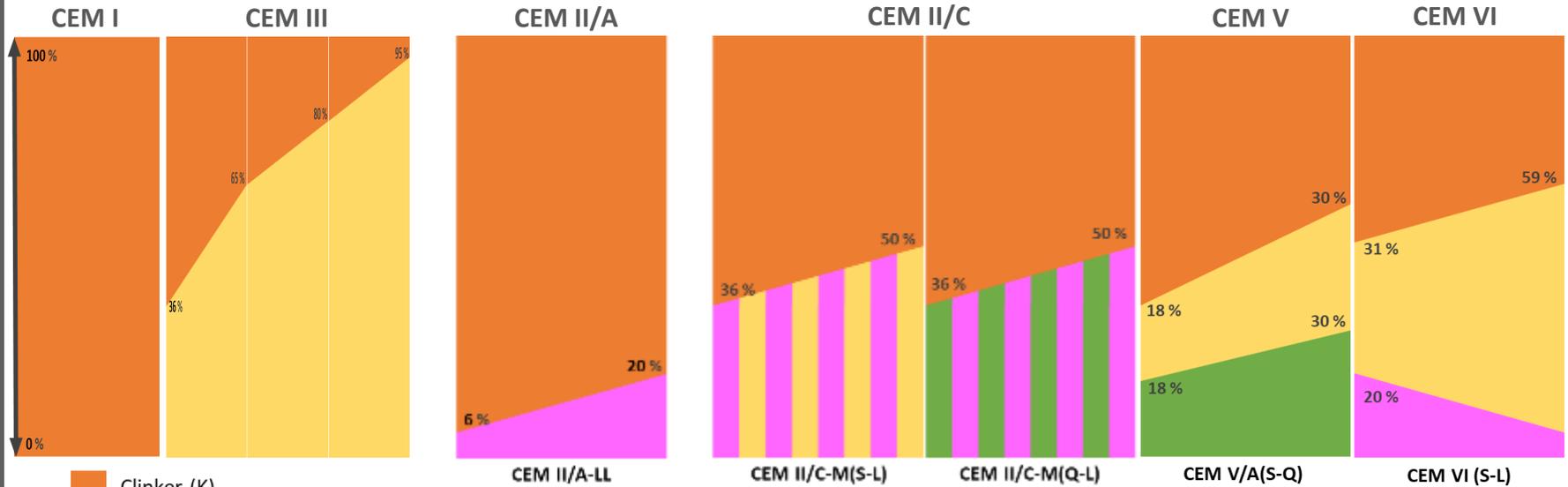
Types de ciments – comment réduire le taux de clinker



- Clinker (K)
- Laitier du haut-fourneau (S)
- Calcaire (L ou LL)
- Cendres volantes (V)



« Nouveaux » ciments – continuer à réduire le taux de clinker

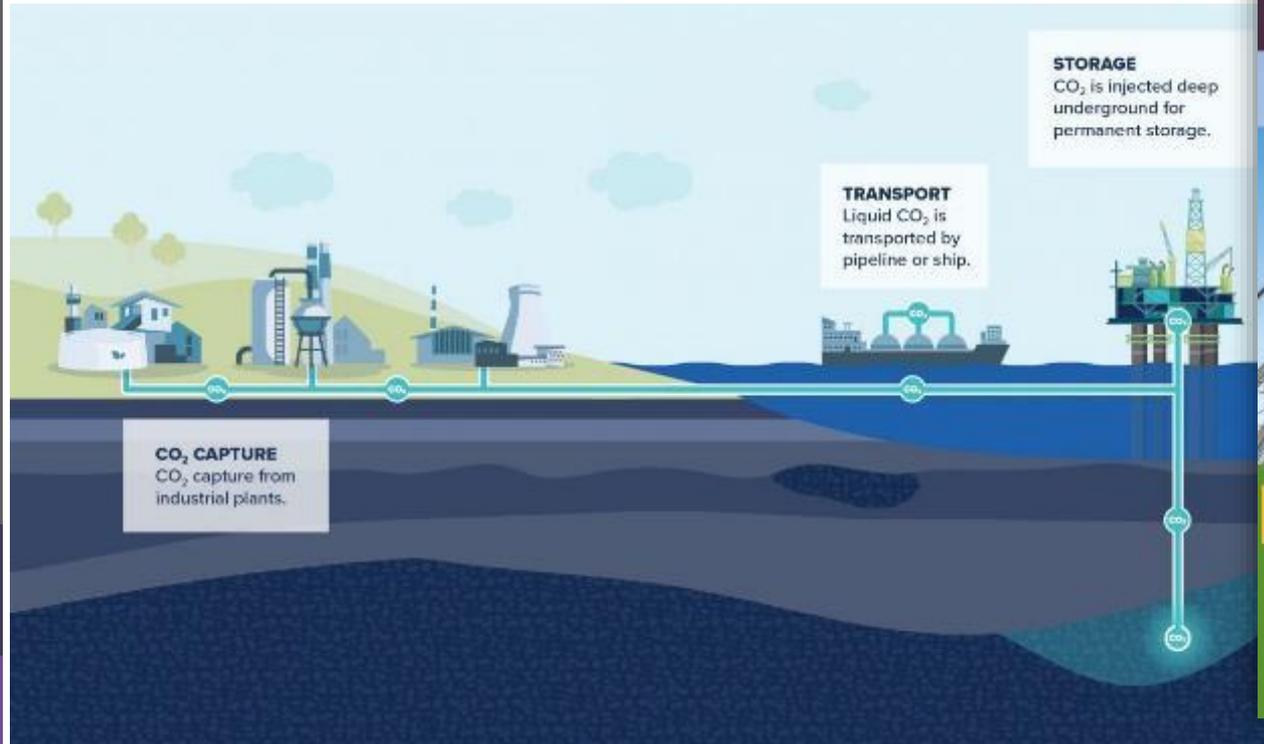


- Clinker (K)
- Laitier du haut-fourneau (S)
- Calcaire (L ou LL)
- Cendres volantes (V)
- Argile calciné (Q) → pas encore dans la norme béton belge
- Fraction fine du béton de démolition (F) → en attente des résultats du projet NEOCEM II

NOUVEAU NBN B 15-001:2023



CCS – capture, transport et stockage du CO₂



Fact sheet
CIMENT

Carbon Capture and Storage (CCS)

Qu'est-ce que le CCS ?

Le « Carbon Capture and Storage » (le CCS), ou « séquestration du carbone », est un processus industriel qui permet de séquestrer le CO₂ et de le stocker de manière permanente pour réduire les émissions de CO₂.

On distingue la capture à partir de sources ponctuelles (industrielles) ou diffusées (à partir de la CO₂ atmosphérique) dans le captage direct dans l'air (Direct Air Capture - DAC).

C'est bien de la capture à partir de sources ponctuelles que nous traitons dans ce document.

Le CCS peut être réalisé en trois étapes :

- la capture,
- le transport,
- le stockage.

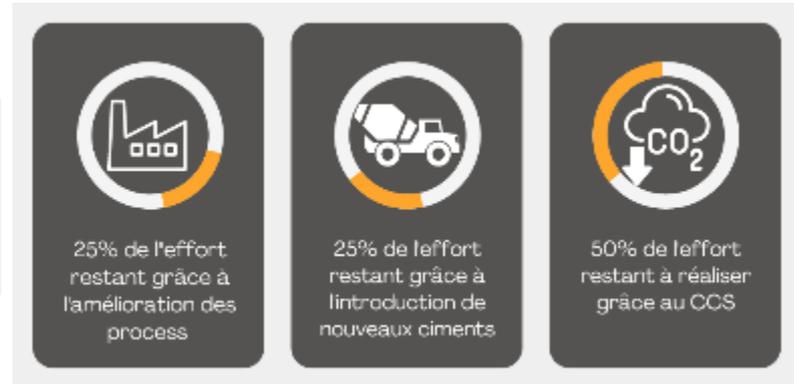
Plus de 500 ans de reserves de stockage de CO₂



Le rôle du CCS dans la décarbonisation de la construction

- Le CCS est une solution industrielle accessible à grande échelle et à moyen terme
 - 50+ années d'expérience industrielle du CCS
 - 500+ années de capacité de stockage en Europe
 - Belgique très bien localisée
 - Soutien financier de l'UE via l'Innovation Fund
 - 2 projets belges peuvent être opérationnels **avant 2030**
- Le CCS n'est pas une solution miracle
 - Investissements colossaux (~2milliard EURO pour les 4 usines wallonnes)
 - Coûts opérationnels élevés
 - Consommation électrique x2
 - Infrastructure pour le transport du CO₂ pas encore prête
 - Contraintes légales
 - ...

Il est impératif de continuer à travailler sur tous les leviers



The world is changing,
so is the cement industry



NET
ZERO BY
2050

Plus rapidement





Vers une construction plus circulaire et neutre en carbone

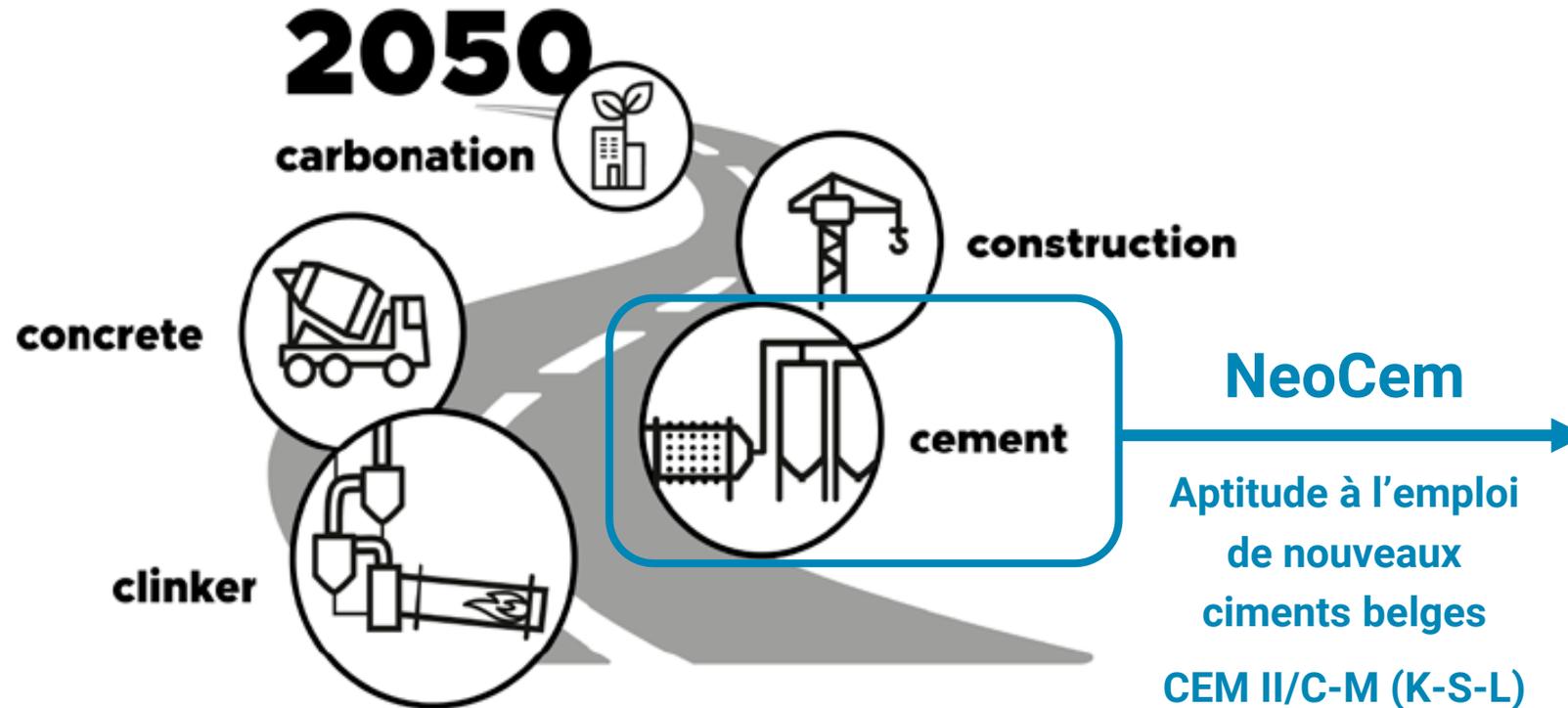
Julie Piérard

Laboratoire de Technologie du Béton

Webinaire – 5 décembre 2023



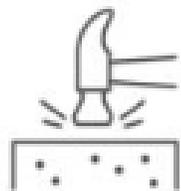
Projet NeoCem



SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie

<i>Norme belge</i>	
NBN B 15-100:2018	
Béton - Méthodologie pour l'évaluation et l'attestation de l'aptitude à l'emploi de ciments et d'additions destinés au béton	

(a) Quelles classes de résistance ?



(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



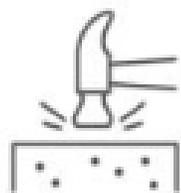
(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



(d) Quel impact sur les durées de cure ?



(a) Quelles classes de résistance ?



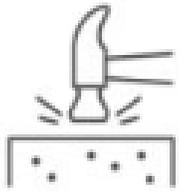
(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



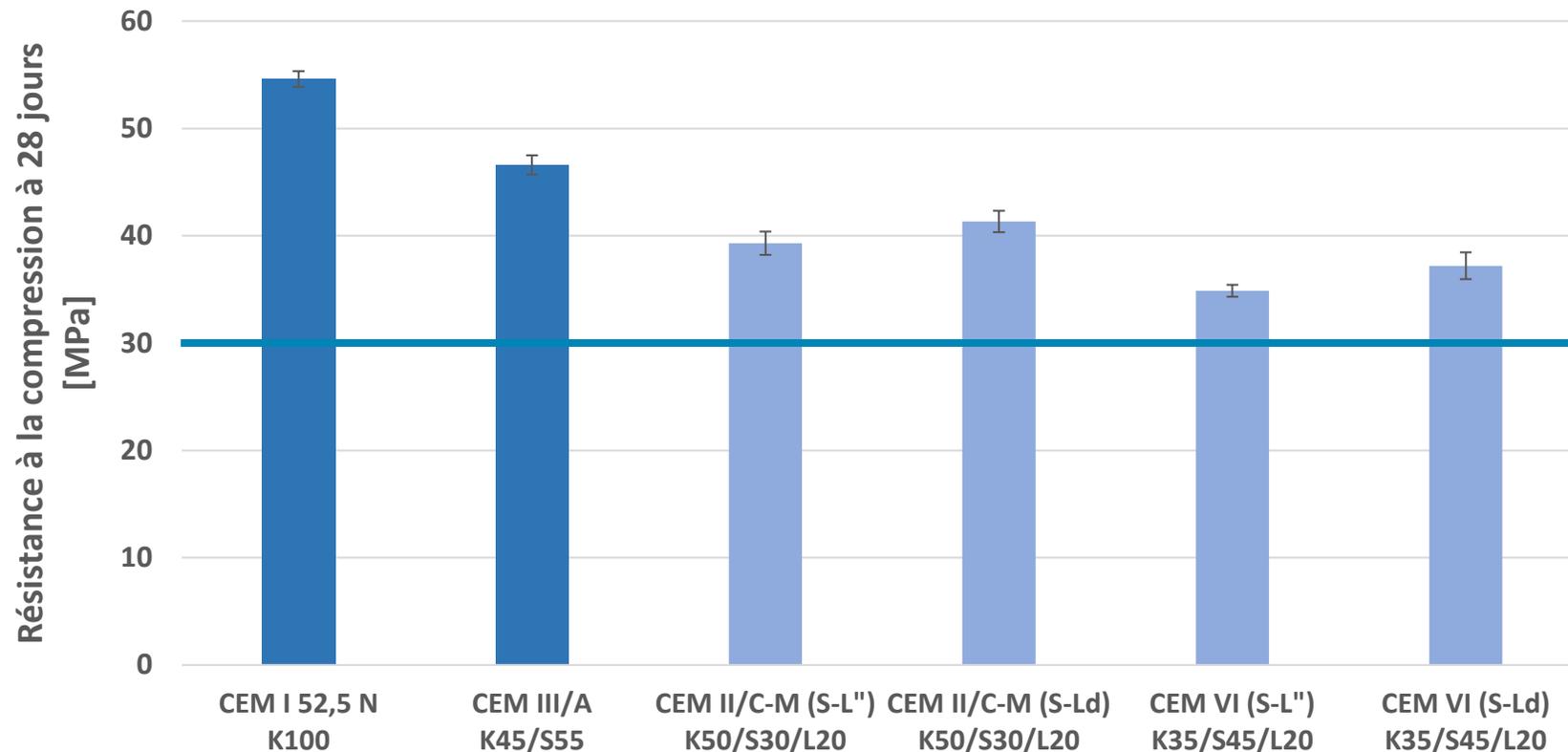
(d) Quel impact sur les durées de cure ?



(a) Quelles classes de résistance ?

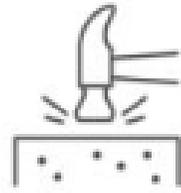


Exemple : béton T(0,55) – classe environnement EE2



-  Clinker (K)
-  Laitier du haut-fourneau (S)
-  Calcaire (L ou LL)

(a) Quelles classes de résistance ?



(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



(d) Quel impact sur les durées de cure ?





(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



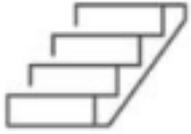
Résistance à la carbonatation



Résistance à la diffusion des chlorures



Résistance au gel-dégel

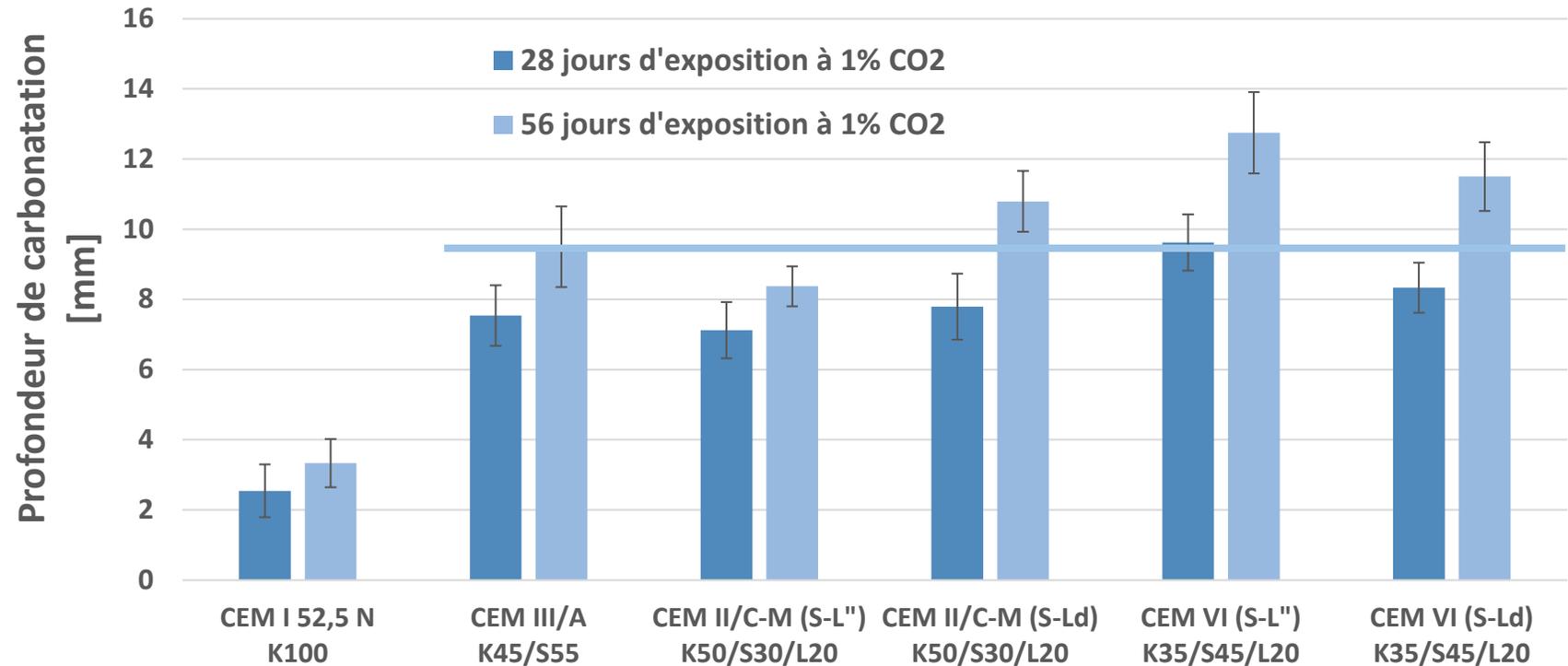


(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



Résistance à la carbonatation

Exemple : béton T(0,50) – classe environnement EE3



-  Clinker (K)
-  Laitier du haut-fourneau (S)
-  Calcaire (L ou LL)



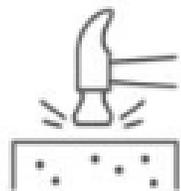
(b) Quelles applications / classes d'environnement ?

Béton armé et précontraint																		
CIMENT																		
	CEM I	CEM II/A					CEM II/B					CEM II/C-M (S-L), (S-LL)	CEM III/A	CEM III/B	CEM V/A (S-V)	CEM VI (S-L), (S-LL)		
		S	V	L, LL	M		S	V	L, LL	M								
					S-V	S-L, S-LL, V-L, V-LL, S-V-L, S-V-LL				S-V	S-L, S-LL, V-L, V-LL, S-V-L, S-V-LL							
EO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
EI	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
EE																		
	EE1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
	EE2	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
	EE3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
	EE4	ok	ok	(e)	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	(e)	(c) et (j)	ok	
ES																		
	ES1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
	ES2	ok	ok	ok	ok	ok	(g) si A* ou (h)	ok	(a) et (j)	-	(a) et (j)	(f), (h) et (g) si A* ou (h)	ok	ok	ok	ok	(a) et (j)	ok
	ES3	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	-	ok	-	-	ok	ok	ok	-	
	ES4	ok	ok	(e)	ok	(e)	(h) si A* ou (i)	ok	(c) et (j)	-	(c) et (j)	-	-	ok	(e)	(c) et (j)	-	
EA																		
	EA1	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	(f)	ok	ok	ok	ok	ok	
	EA2 (b)	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	-	ok	-	-	ok	ok	ok	-	
	EA3 (b)	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	-	ok	-	-	ok	ok	ok	-	

Possible à condition de prouver l'**aptitude spécifique à l'emploi** pour l'application visée selon NBN B 15-100.

prNBN B 15-001 (2023) – Tableau 5-ANB

(a) Quelles classes de résistance ?



(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?

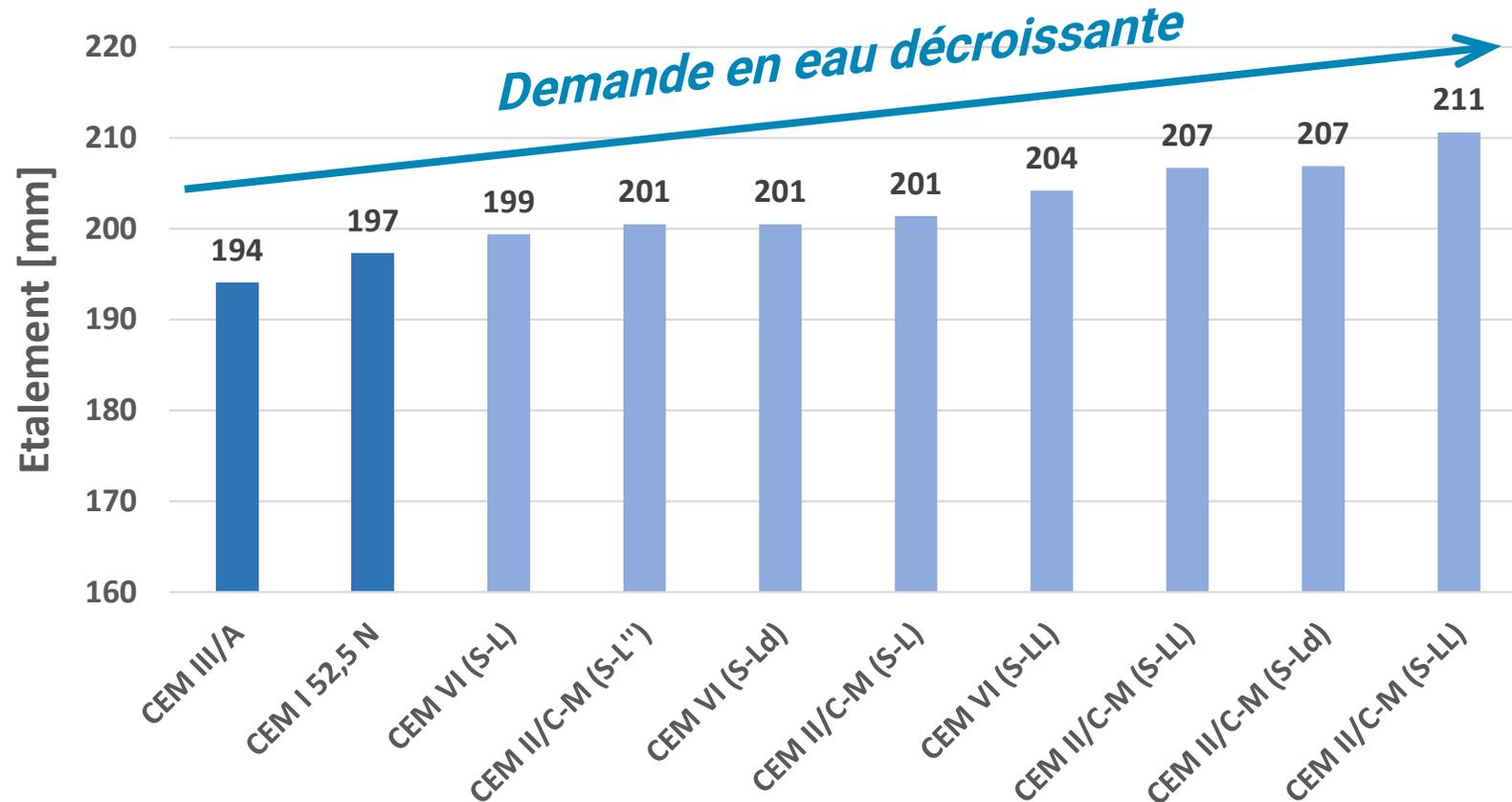


(d) Quel impact sur les durées de cure ?



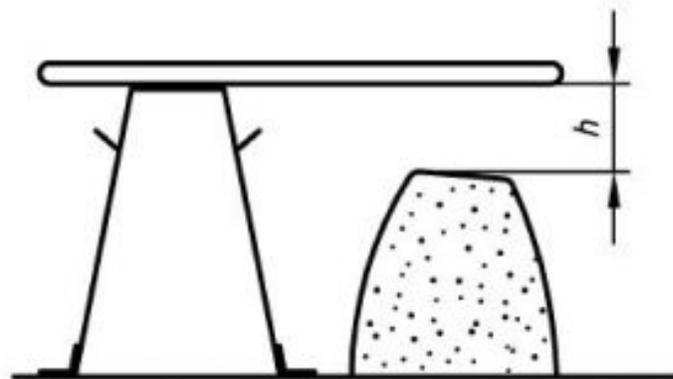
(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?

Mortiers préparés selon la NBN EN 196-1 (rapport E/C de 0,50)





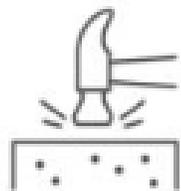
(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



NBN B 15-001 (2022)

Nom	Valeur cible d'affaissement	Exemples d'applications
S20	20 mm ± 10 mm	Béton mis en œuvre à la machine à coffrage glissant
S70	70 mm ± 20 mm	Béton de revêtement posé à la poutre vibrante
S120	120 mm ± 30 mm	Béton pour escalier, béton coulé en pente
S150	150 mm ± 30 mm	Béton pour poutres vibrées
S180	180 mm ± 30 mm	Béton pour sols (<i>laser screed</i>), murs, colonnes, poutres peu vibrées
S210	210 mm ± 30 mm	Béton pour dallage, couche de compression, semelle de fondation

(a) Quelles classes de résistance ?



(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



(d) Quel impact sur les durées de cure ?





(d) Quel impact sur les durées de cure ?

prNBN B 15-400 (2023)

Tableau 8-ANB — Evolution de la résistance du béton en fonction du rapport f_{cm2}/f_{cm28} du béton ou du rapport R_2/R_{28} du ciment

f_{cm2}/f_{cm28} ^a du béton ou R_2/R_{28} ^b du ciment	Evolution de la résistance du béton
$\geq 0,5$	Rapide
$\geq 0,3$ à $< 0,5$	Moyenne
$\geq 0,15$ à $< 0,3$	Lente
$< 0,15$	Très lente

^a f_{cm} : résistance en compression suivant NBN EN 12390-3:2019.
^b R_c : résistance en compression suivant NBN EN 196-1:2016.



Tableau 9-ANB — Evolution de la résistance du béton en fonction du type de ciment

Type de ciment	Evolution de la résistance du béton
CEM I 52,5 N ou R, CEM I 42,5 N ou R	Rapide Moyenne
CEM II/A-S, -D ou -L ou -LL 52,5 N ou R CEM II/A-S, -D ou -L ou -LL 42,5 N ou R CEM II/A-S, -D ou -L ou -LL 32,5 R CEM II/A-S, -D, -V, -M ou -L ou -LL 32,5 N CEM II/A-V ou -M 32,5 R, 42,5 N ou 42,5R	Rapide Rapide Moyenne Lente Moyenne
CEM II/B-S, -L ou -LL, -M ou -V 42,5 N ou R ou 32,5 R CEM II/B-S, -L ou -LL, -M ou -V 32,5 N	Moyenne Lente
CEM II/C-M (S-L ou -LL) 52,5 L ou N ou 42,5 N CEM II/C-M (S-L ou -LL) 42,5 L ou 32,5 N	Moyenne Lente
CEM III/A 52,5 L ou N ou 42,5 N CEM III/A 42,5 L ou 32,5 N	Moyenne Lente
CEM III/B 42,5 L ou N ou 32,5 N	Lente
CEM III/C 32,5 L ou N	Lente
CEM V/A (S-V) 42,5 N CEM V/A (S-V) 32,5 N	Moyenne Lente
CEM VI (S-L ou -LL) 52,5 L ou N ou 42,5 N CEM VI (S-L ou -LL) 42,5 L ou 32,5 N	Moyenne Lente
Ciment sursulfaté	Très lente



(d) Quel impact sur les durées de cure ?

Tableau 7-ANB — Durée minimale de la cure (en jours)

Durée minimale de la cure					
Conditions ambiantes	T° à la surface du béton	Evolution de la résistance du béton			
		Rapide	Moyenne	Lente	Très lente
BONNES Pas d'exposition directe au soleil et au vent Humidité relative de l'air $\geq 80\%$	$\geq 10\text{ °C}$ $< 10\text{ °C}$	1 jour 2 jours	2 jours 4 jours	3 jours 5 jours	4 jours 6 jours
NORMALES Ensoleillement moyen et/ou humidité relative $\geq 50\%$	$\geq 10\text{ °C}$ $< 10\text{ °C}$	2 jours 4 jours	3 jours 6 jours	4 jours 8 jours	6 jours 12 jours
MAUVAISES Fort ensoleillement et/ou vent fort et/ou humidité relative $< 50\%$	$\geq 10\text{ °C}$ $< 10\text{ °C}$	3 jours 5 jours	4 jours 8 jours	7 jours 10 jours	10 jours 15 jours

prNBN B 15-400 (2023)



Autres solutions circulaires ...

Gravillons recyclés ($D_{\max} \geq 4 \text{ mm}$)

Déjà autorisés dans la
NBN B 15-001

- Types A+ et B+
- Substitution jusqu'à 30% en vol.



Sable recyclé ($D_{\max} \leq 4 \text{ mm}$)

Projet en cours
'RecySand'



Belgian Road
Research Centre

Granulats recyclés : exemple du chantier ZIN

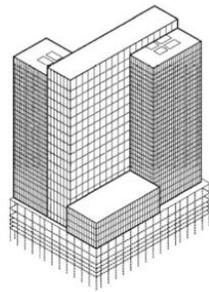
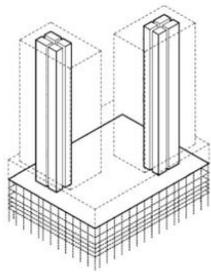
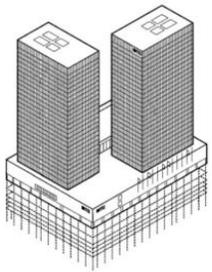
ZIN



1972

2020

2023

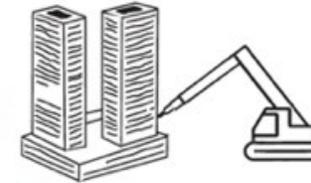


Tours WTC 1 & 2

Distance maximale entre les partenaires : **15 km !**

Befimmo

WTC



De Meuter

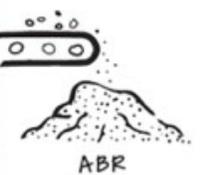


ZIN



Open Minds
Befimmo

ZIN



ABR



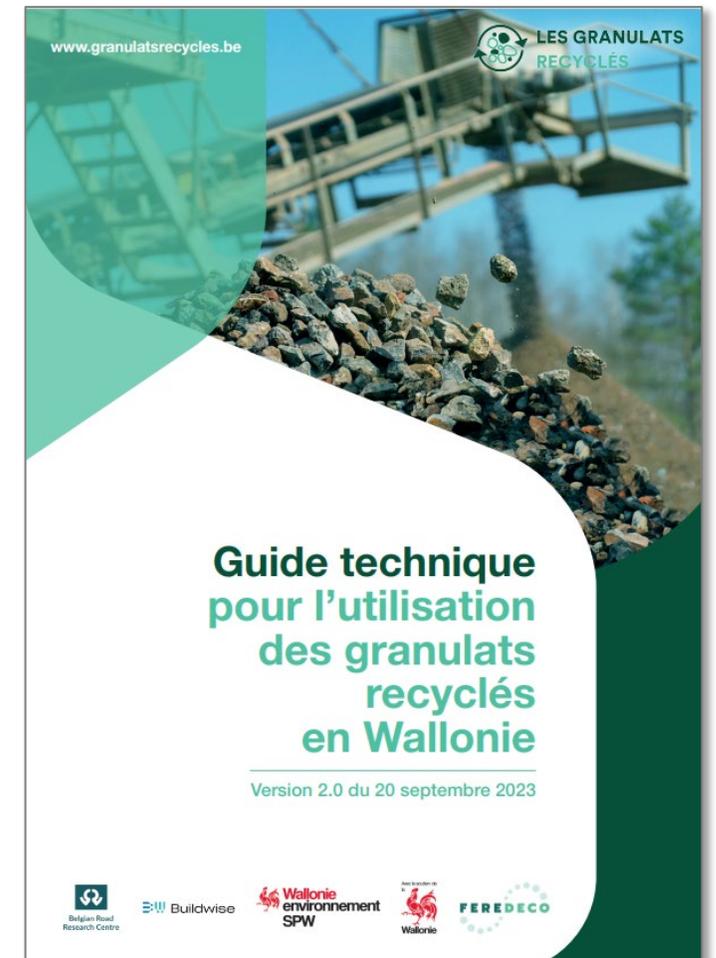
CCB



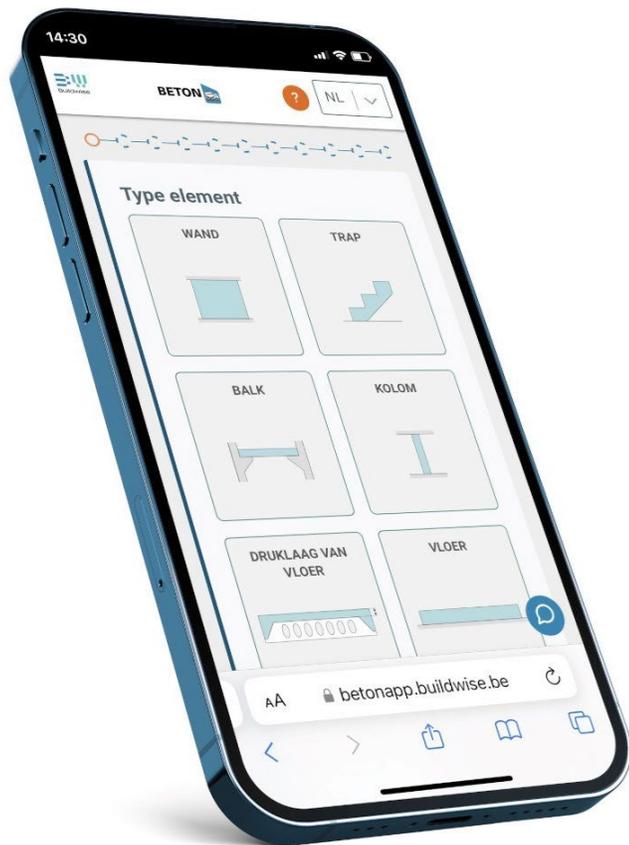
Granulats recyclés : exemple du chantier ZIN



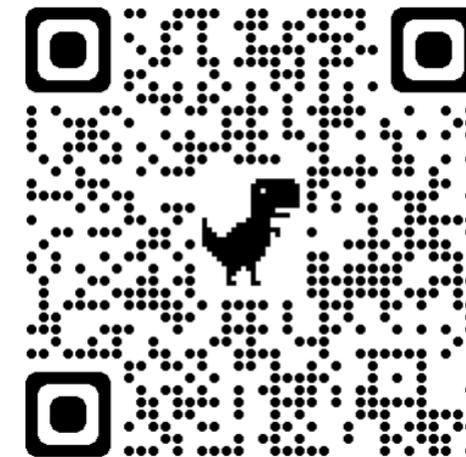
Un peu de lecture...



Connaissez-vous l'App BETON ?

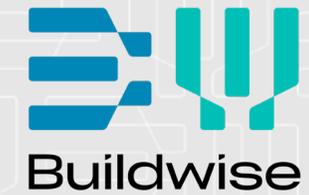


A screenshot of the BETON app landing page. At the top is the Buildwise logo. Below it is the 'BETON' logo with a truck icon. A language selector shows 'FR'. The main heading is 'Application pour la spécification du béton'. Below this is a paragraph: 'Cette application vous fournit toutes les données pour spécifier un béton dans le cahier des charges et lors de la commande. Il suffit de répondre simplement à une série de questions sur votre chantier.' A large orange button labeled 'Démarrer' with a right arrow is prominent. At the bottom, there is a row of logos for partner organizations: FEDBETON, GBB, BBG, FEDERATION DES ENTREPRENEURS GENERAUX DE LA CONSTRUCTION, ABEF, BE CERT, BENOR (LA QUALITE EN CONFIANCE), FEBELCEM, and ADEB VBA (ELEVATING CONSTRUCTION TOGETHER).



betonapp.buildwise.be

Des questions ? Antennes-normes



Béton, mortier,
granulats

julie.pierard@buildwise.be



Impact environnemental et
économie circulaire

eleonore.de.roissart@buildwise.be



— Evolution de l'industrie du béton

Vers une construction plus circulaire et neutre en carbone

Webinaire 05/12/23 – L.Azibi

eloy

The background of the image shows two bronze sculptures of human figures, one slightly behind the other, in a modern building setting. The sculptures are stylized and abstract. The building has large windows and a dark facade. The overall scene is outdoors with some greenery visible in the background.

ELOY DEMAIN ...

Entreprise générale, vers plus de durabilité

« Faire sa part, être acteur et apporteur de solutions face aux défis du développement durable »

Notre Feuille de route 2022-2027

Notre raison d'être **L'envie de bien faire, pour tous**

Concrétisée par nos ambitions **0 - 30 - 100**

0 accidents, pour l'homme et l'environnement

30% de réduction de notre impact environnemental

100% performants

Suivis en objectifs opérationnels

- 0 accidents
- 0 rejets environnementaux
- ...

- **30% Circulaires**
- **30% réduction CO2**
- **30% réduction impact écosystèmes**

- Nb de jours de formation;
- Performance financière
- Satisfaction client
- ...

Projets bétons circulaires

Roadmap produits béton circulaires (focus granulats)

Hier

Empierrements recyclés (0,1Mt/an)

Aujourd'hui

Empierrements recyclés (0,2Mt/an)
Empierrements stabilisés recyclés
Stabilisés (sables) recyclés
Bétons maigres recyclés

Demain

Empierrements recyclés
Empierrements stabilisés recyclés
Stabilisés (sables) recyclés
Bétons maigres recyclés
Bétons riches recyclés
Bétons BENOR recyclés



Sous-fondations



Fondations



Bétons structurels

I.A. Bierset

- Centre dédié à la circularité
- 3 activités complémentaires
- EoW (SSD) et CE2+
- Volumes >>



Projets bétons bas-carbone

Plus gros levier de réduction CO2

- Béton = ±25% CO2 total eloy
- Nécessité d'agir maintenant



CEM I → CEM III A; CEM V;

Objectif: -30% CO2/cuve



CEM III A → H-UKR Hoffmann Green

Objectif: -25% CO2/m³ béton

2022-2023: tests et chantiers pilotes internes



La suite...

merci