

# Vers une construction plus circulaire et neutre en carbone

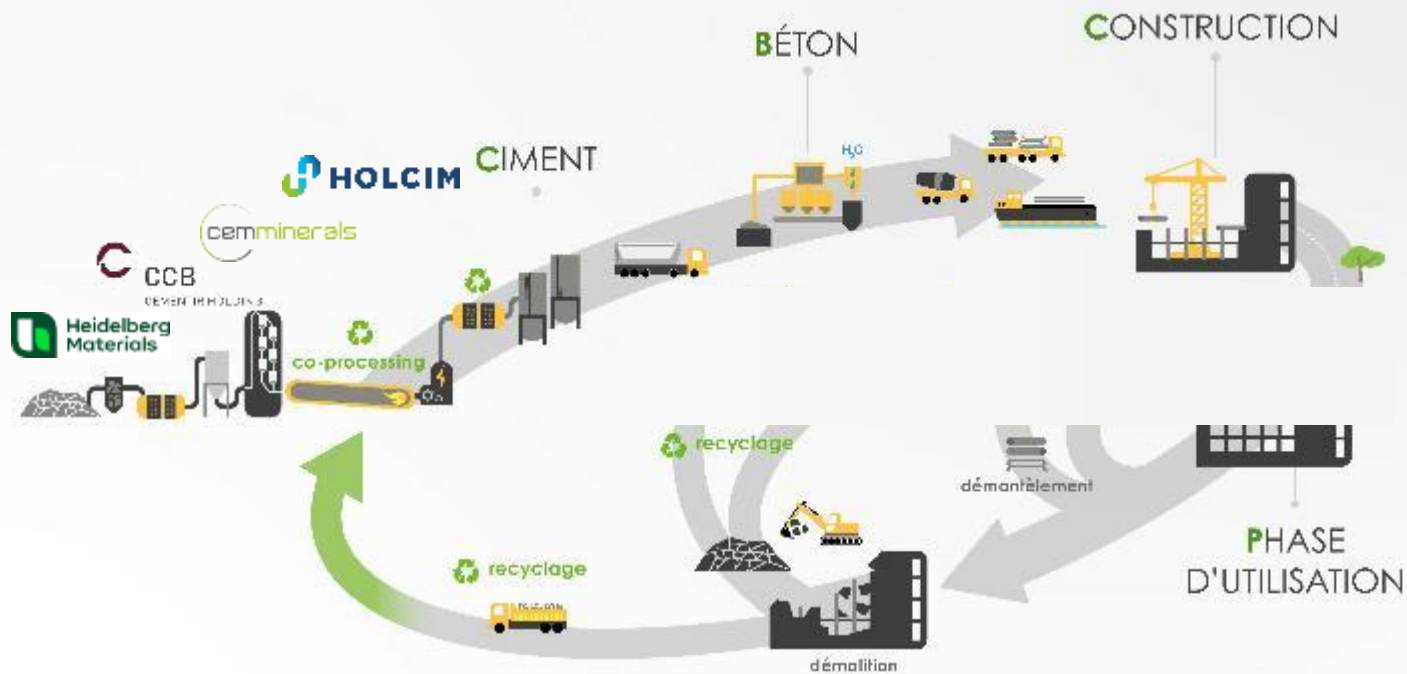
Quelles sont les évolutions de l'industrie cimentière pour y contribuer ?



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



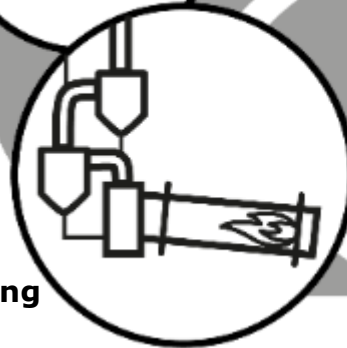
### cement

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



### clinker

- ↘ empreinte CO<sub>2</sub> 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  
CO<sub>2</sub> par tonne de  
ciment produit



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

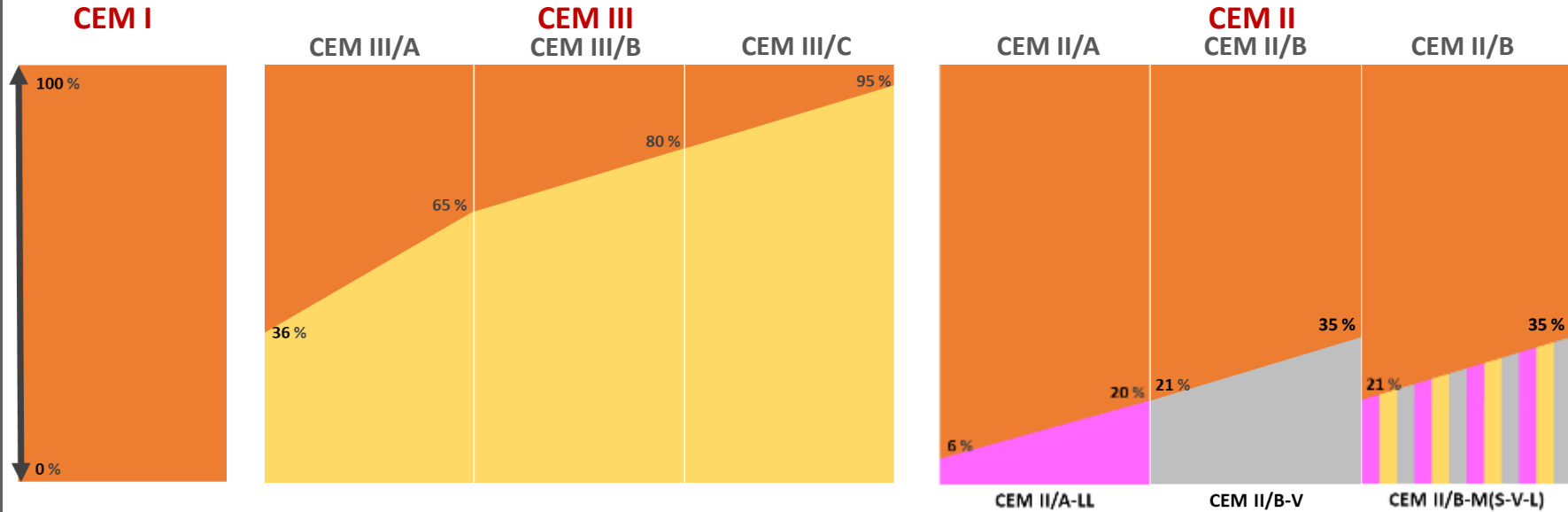


25% de l’effort  
restant grâce à  
l’introduction de  
nouveaux ciments



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

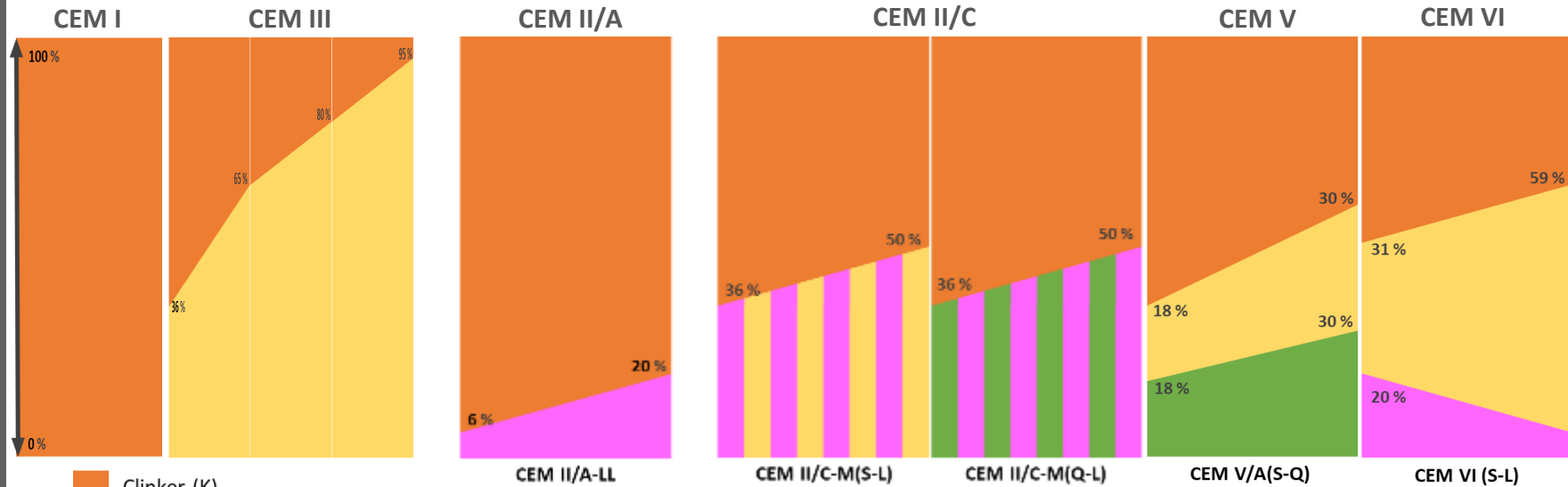
# Types de ciments – comment réduire le taux de clinker



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



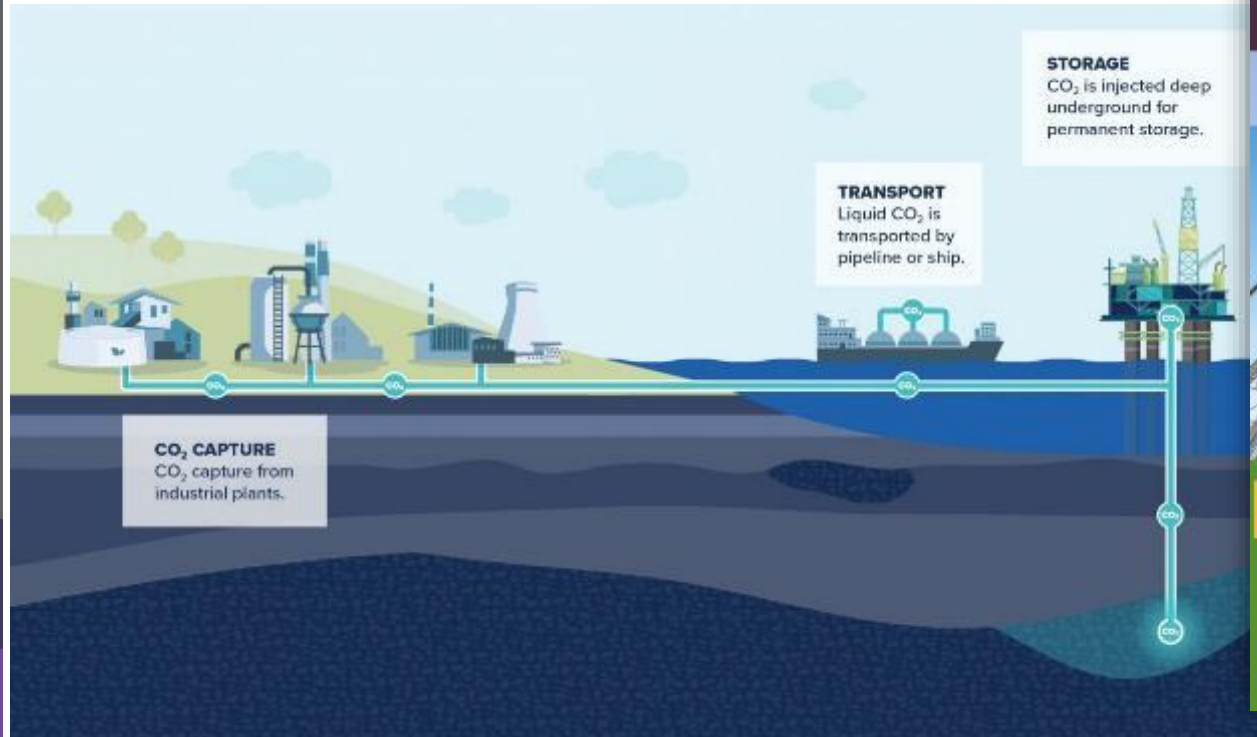
# « Nouveaux » ciments – continuer à réduire le taux de clinker



- 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 CO<sub>2</sub>



**Fact sheet**  
CIMENT

## Carbon Capture and Storage (CCS)

**Qu'est-ce que le CCS ?**

Le « Carbon Capture and Storage » (le « CCS », pour « séquestration du carbone ») est une technologie qui permet de séquestrer le CO<sub>2</sub> et de le stocker de manière permanente pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>.

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 :

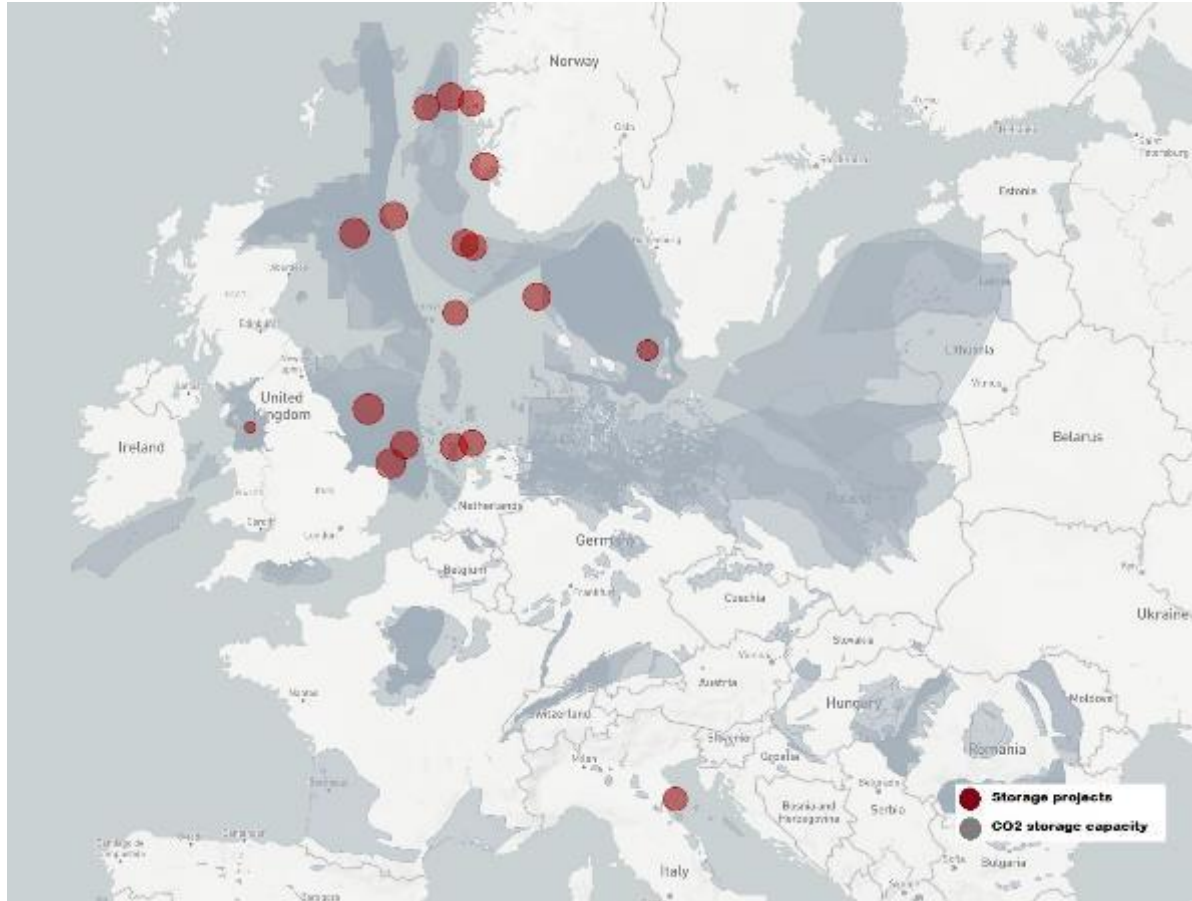
- la capture,
- le transport,
- le stockage.







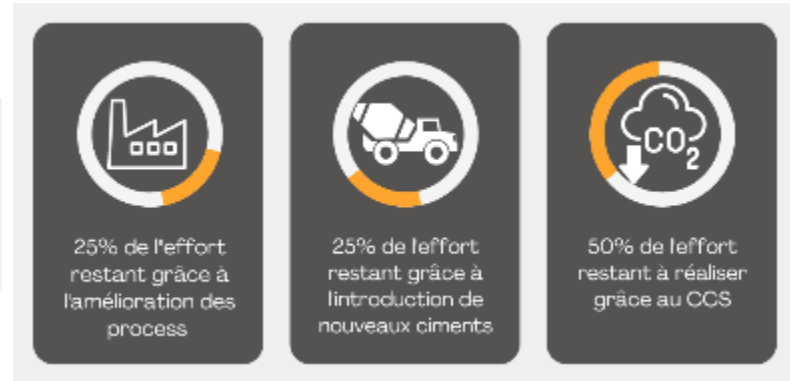
# Plus de 500 ans de reserves de stockage de CO<sub>2</sub>



# 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 CO<sub>2</sub> 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

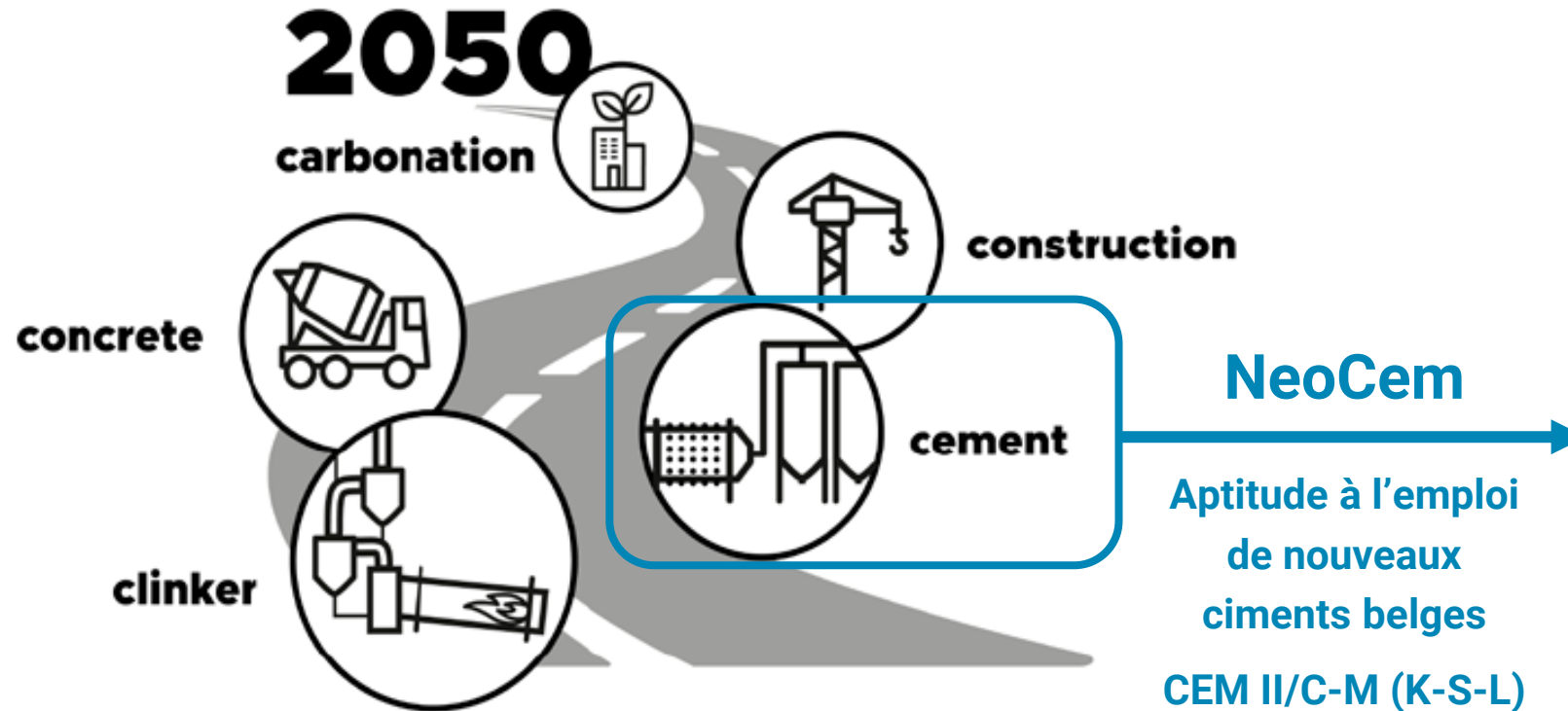
Julie Piérard

Laboratoire de Technologie du Béton

Webinaire – 5 décembre 2023



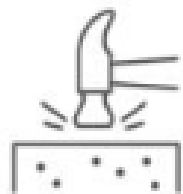
# Projet NeoCem



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

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

**(a) Quelles classes de résistance ?**



**(b) Quelles applications / classes d'environnement ?**



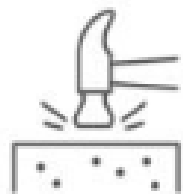
**(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?**



**(d) Quel impact sur les durées de cure ?**



**(a) Quelles classes de résistance ?**



**(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?**

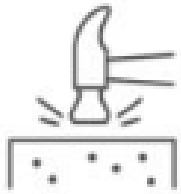


**(b) Quelles applications / classes d'environnement ?**



**(d) Quel impact sur les durées de cure ?**

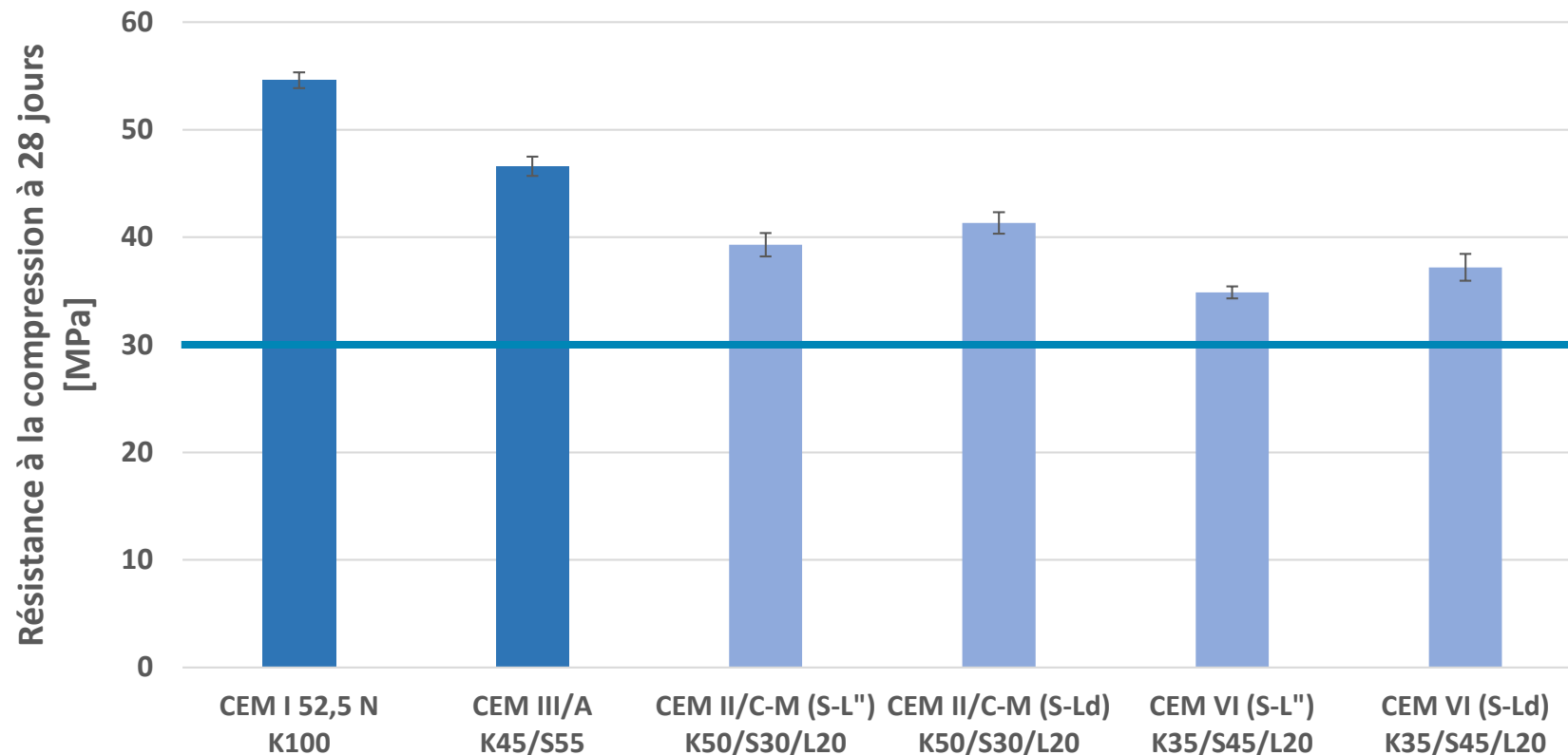







# (a) Quelles classes de résistance ?



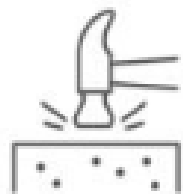
Exemple : béton T(0,55) – classe environnement EE2



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



(a) Quelles classes de résistance ?



(b) Quelles applications / classes d'environnement ?



(c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



(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**

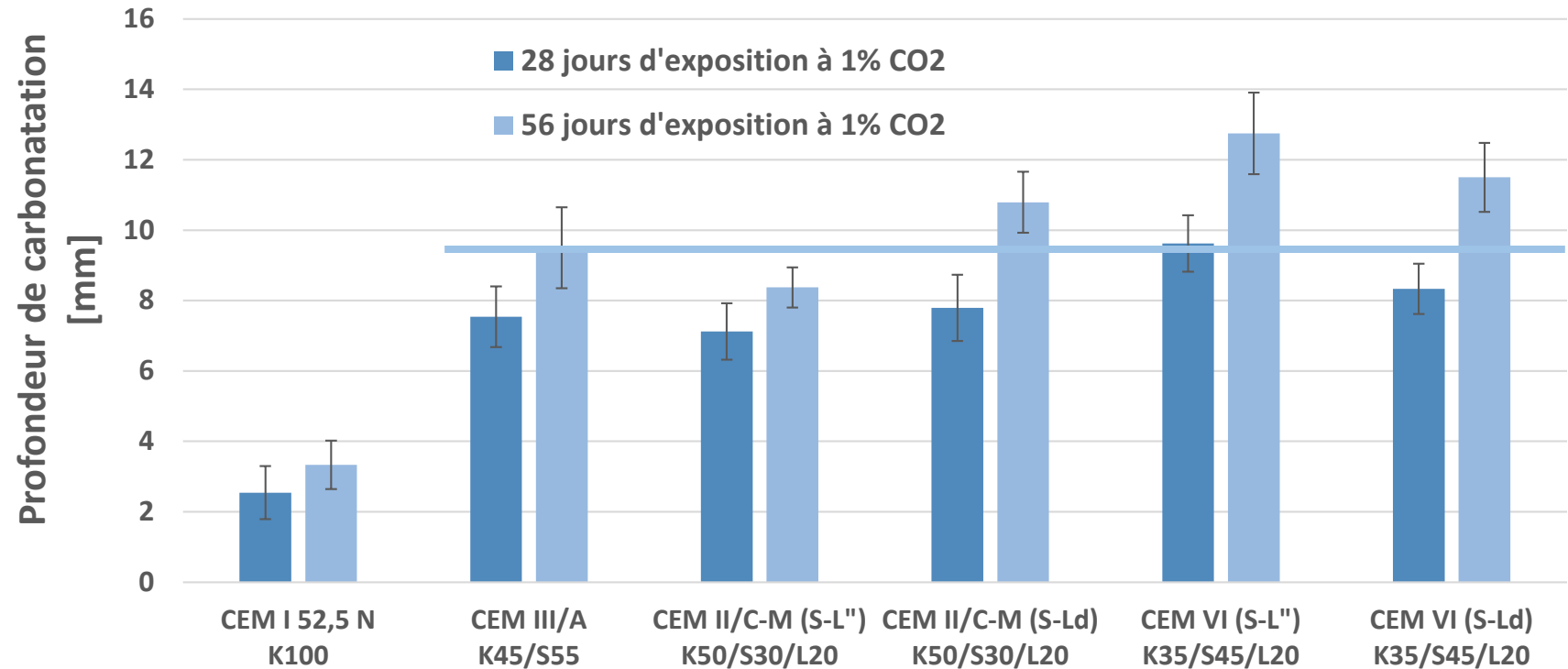





## (b) Quelles applications / classes d'environnement ?



**Résistance à la carbonatation**

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



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



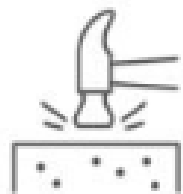
## (b) Quelles applications / classes d'environnement ?

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	ok	
EE2	ok	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	ok	
EE4	ok	ok	(e)	ok	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	ok	
ES2	ok	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	ok	ok	-	
ES4	ok	ok	(e)	ok	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	ok	(f)	ok	ok	ok	ok	ok	
EA2 (b)	ok	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	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 ?

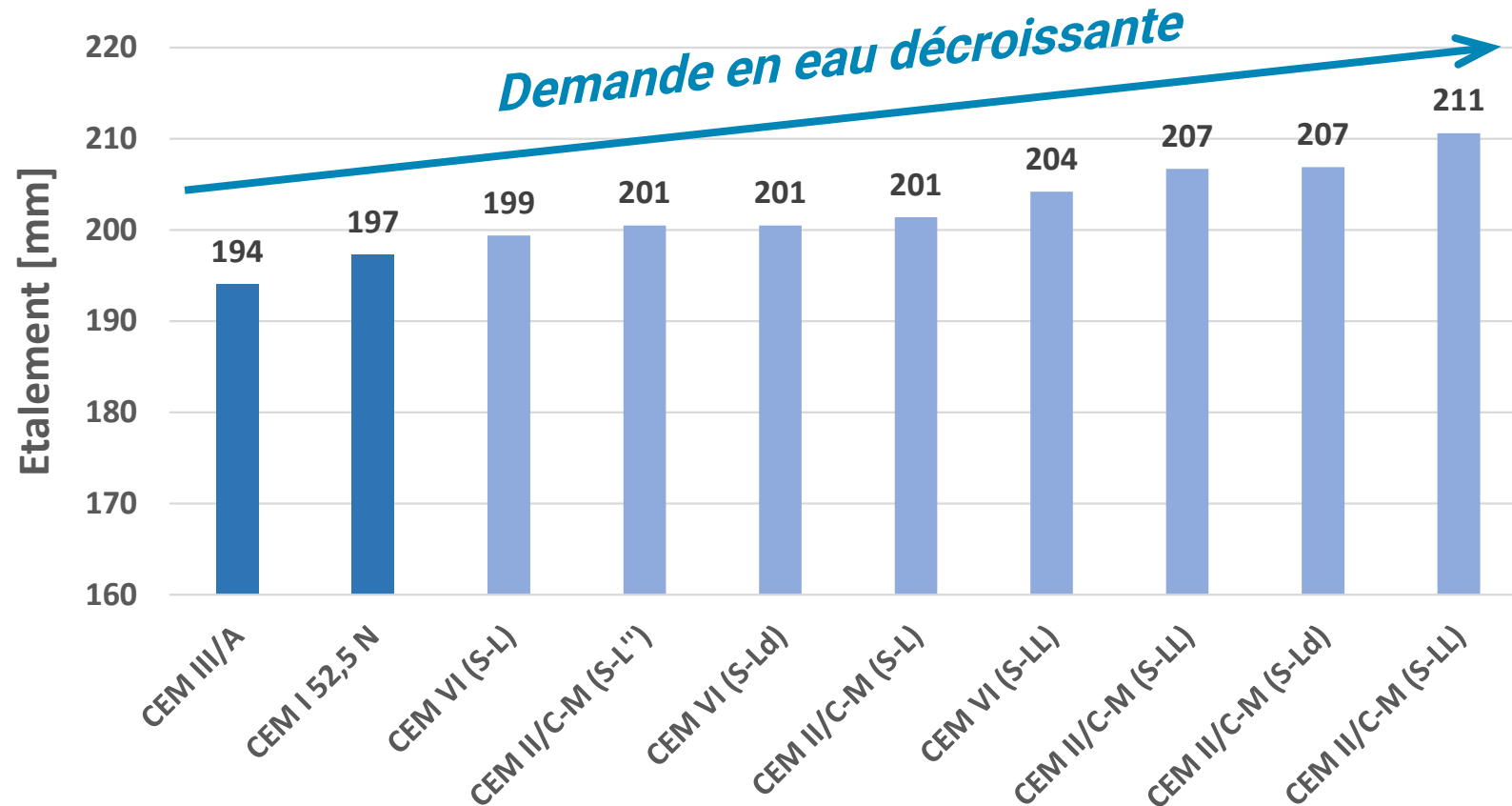


(d) Quel impact sur les durées de cure ?



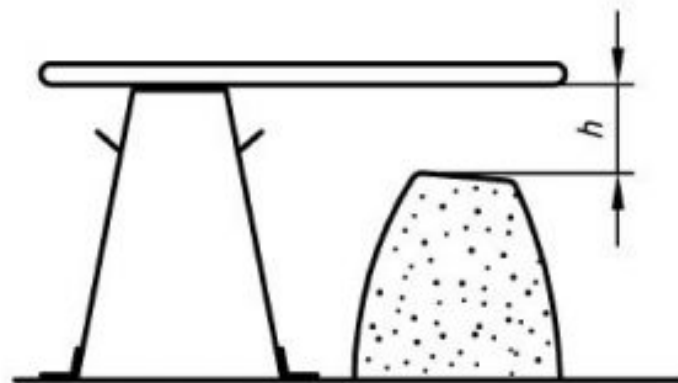
## (c) Quel impact sur la mise en œuvre ?

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





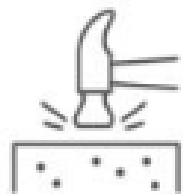
## (c) Quel impact sur la mise en œuvre ?



NBN B 15-001 (2022)

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

$f_{cm2}/f_{cm28}$ <sup>a</sup> du béton ou $R_2/R_{28}$ <sup>b</sup> 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

<sup>a</sup>  $f_{cm}$ : résistance en compression suivant NBN EN 12390-3:2019.  
<sup>b</sup>  $R_c$ : 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
<b>BONNES</b> 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
<b>NORMALES</b> 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
<b>MAUVAISES</b> 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

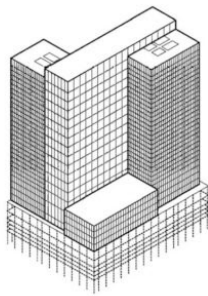
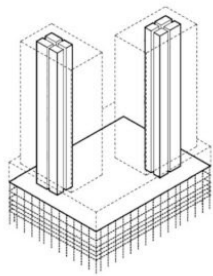
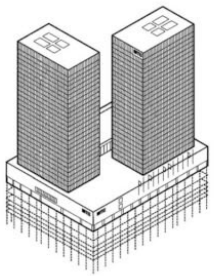
ZIN



1972

2020

2023

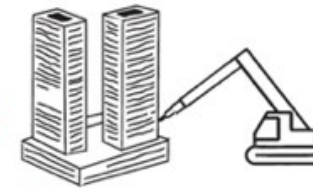


Tours WTC 1 & 2

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

Befimmo

WTC



De Meuter

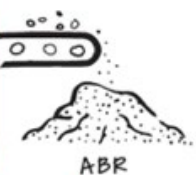


ZIN



Open Minds  
Befimmo

ZIN



ABR



CCB



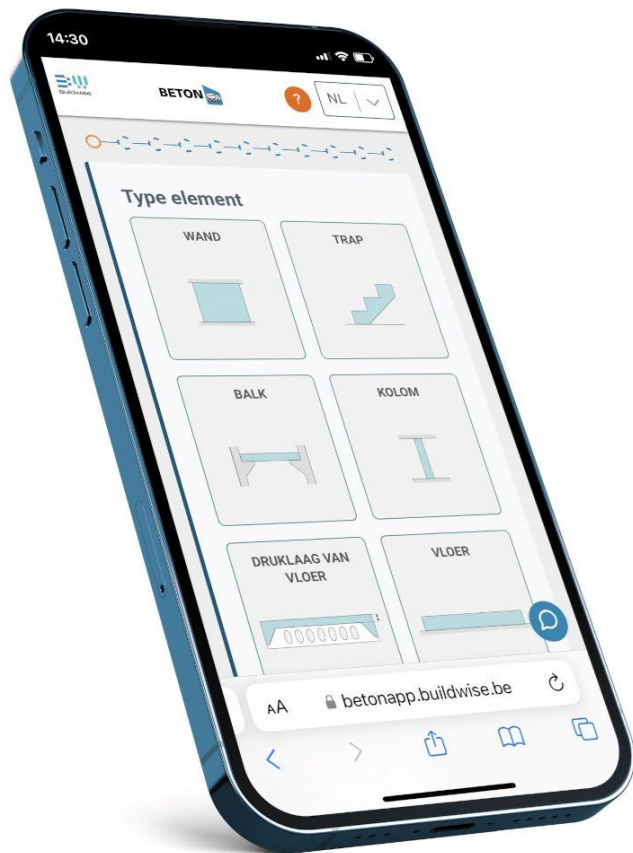
# Granulats recyclés : exemple du chantier ZIN



# 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." At the bottom is a large orange button labeled "Démarrer" with a right-pointing arrow. The footer contains logos for FEDBETON, GBB, BBG, FEDERATION DES ENTREPRENEURS GENERAUX DE LA CONSTRUCTION, ABEF, BE CERT, BENOR, FEBELCEM, and ADEB VBA.



[betonapp.buildwise.be](https://betonapp.buildwise.be)

# Des questions ? Antennes-normes



Béton, mortier,  
granulats

[julie.pierard@buildwise.be](mailto:julie.pierard@buildwise.be)



Impact environnemental et  
économie circulaire

[eleonore.de.roissart@buildwise.be](mailto: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 text is overlaid on the image.

# 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/m<sup>3</sup> béton**



# 2022-2023: tests et chantiers pilotes internes



**La suite...**

merci