Evolution des ciments – comment choisir?

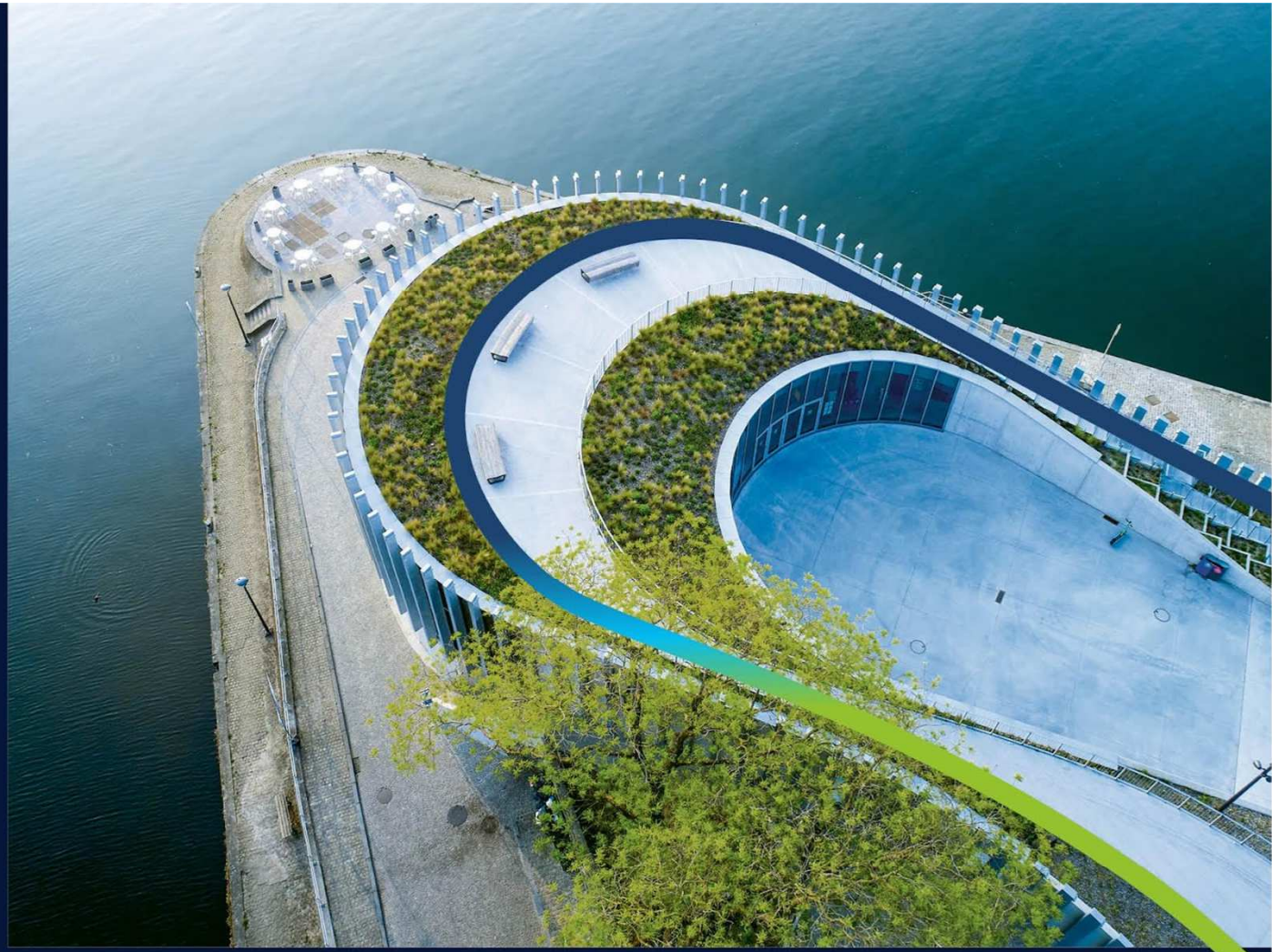
Journée béton pour fondations profondes
03 Décembre 2025
Xavier Farina

HOLCIM

AGENDA

- Introduction
- Voyage dans le temps
- Fabrication du ciment
- Regard vers le future
- Comment choisir?
- Conclusion

Introduction



Choix des matériaux: exemple

- 1er chantier de fondations profondes: parois moulées
- Choix de récupérer les granulats dans le sol excavé
- Ciment venant d'une cimenterie à proximité
- Centrale à béton sur chantier
- Centre de criblage et concassage sur place

HOLCIM

Et là: c‘est le drame

Choix des matériaux et recette de béton: primordial

- Depuis ce jour une passion pour les bétons spéciaux et notamment ceux de fondations
- Choix des matériaux primordial, et en particulier:

Le ciment

HOLCIM

Voyage dans le temps

HOLCIM

Un temps que les moins de 25 ans ne peuvent pas connaitre

3.1.2. CIMENT DE HAUT FOURNEAU

Celui-ci s'obtient par le mélange homogène de laitier, de clinker portland et de sulfate de calcium.

Suivant que le rapport „laitier"/„laitier + clinker portland" est compris entre 35 % et 60 % ou 60 % et 85 % on ajoute 35/60 ou 60/85 à la dénomination normalisée:

On a ainsi les deux dénominations:

Ciment de haut fourneau 35/60 - abréviation: HK
Ciment de haut fourneau 60/85 - abréviation: HL

1er supplément — 1979.

6.2.2. CIMENTS

(+) Sauf disposition contraire au présent document ou a cahier spécial des charges, les ciments à utiliser sont (cfr 331.3.):

— le ciment portland P 30, P 40 ou P 50, PPz 30;
— le ciment de haut fourneau HL 30 ou HK 40;
— le ciment permétallurgique LK 30 (compte tenu de sa faible chaleur d'hydratation, ce ciment est recommandé pour les ouvrages massifs).

HOLCIM

Nouvelle norme européenne EN 197-1

EN 197-1:2000

Table 1- The 27 products in the family of common cements

Main types	Notation of the 27 products (types of common cement)		Composition [proportion by mass[1)]]										
			Main constituents										Minor additional constituents
			Clinker	Blastfurnace slag	Silica fume	Pozzolana natural	Pozzolana natural calcined	Fly ash siliceous	Fly ash calcareous	Burnt shale	Limestone*		
			K	S	D[2)]	P	Q	V	W	T	L	LL	
CEM I	Portland cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland-slag cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-silica fume cement	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-pozzolana cement	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
	Portland-burnt shale cement	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Portland-limestone cement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Portland-composite cement[3)]	CEM II/A-M	80-94	<---------- 6-20 ----------									0-5
		CEM II/B-M	65-79	<---------- 21-35 ----------									0-5
CEM III	Blastfurnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Pozzolanic cement[3)]	CEM IV/A	65-89	-	<---------- 11-35 ---------->					-	-	-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	<---------- 36-55 ---------->					-	-	-	0-5
CEM V	Composite cement[3)]	CEM V/A	40-64	18-30	-	<---------- 18-30 ---------->			-	-	-	-	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	-	<---------- 31-50 ---------->			-	-	-	-	0-5

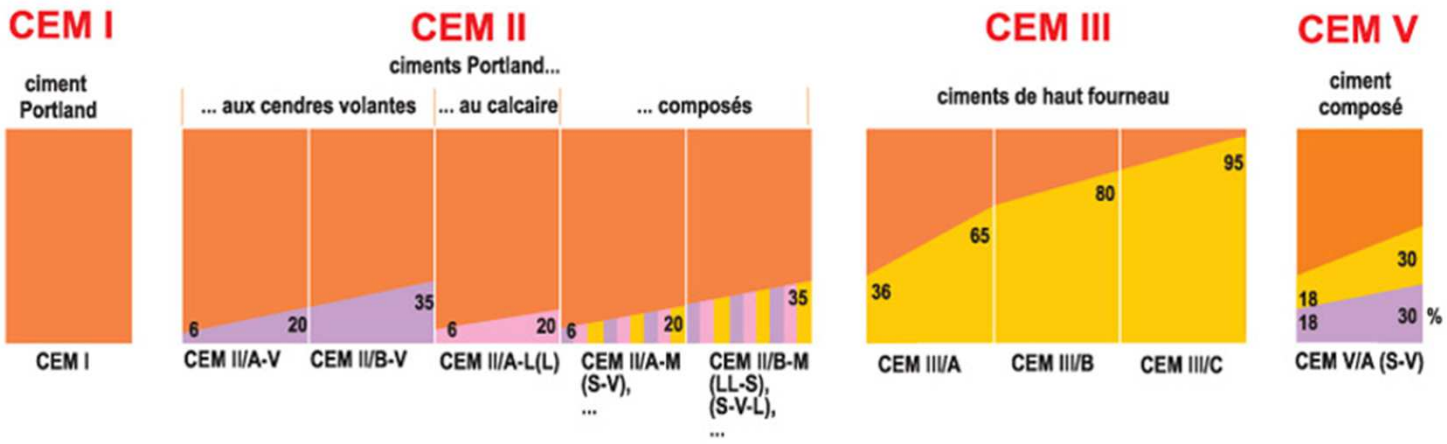
1) The values in the table refer to the sum of the main and minor additional constituents. 2) The proportion of silica fume is limited to 10%.
3) In Portland-composite cements CEM II/A-M and CEM II/B-M, in Pozzolanic cements CEM IV/A and CEM IV/B and in Composite cements CEM V/A and CEM V/B the main constituents besides clinker shall be declared by designation of the cement.
* L : total organic carbon (TOC) shall not exceed 0.5% by mass; LL: TOC shall not exceed 0.20% by mass.

HOLCIM

Nouvelle norme européenne EN 197-1

1c **ciment** *types*

LES CIMENTS COURANTS BELGES :

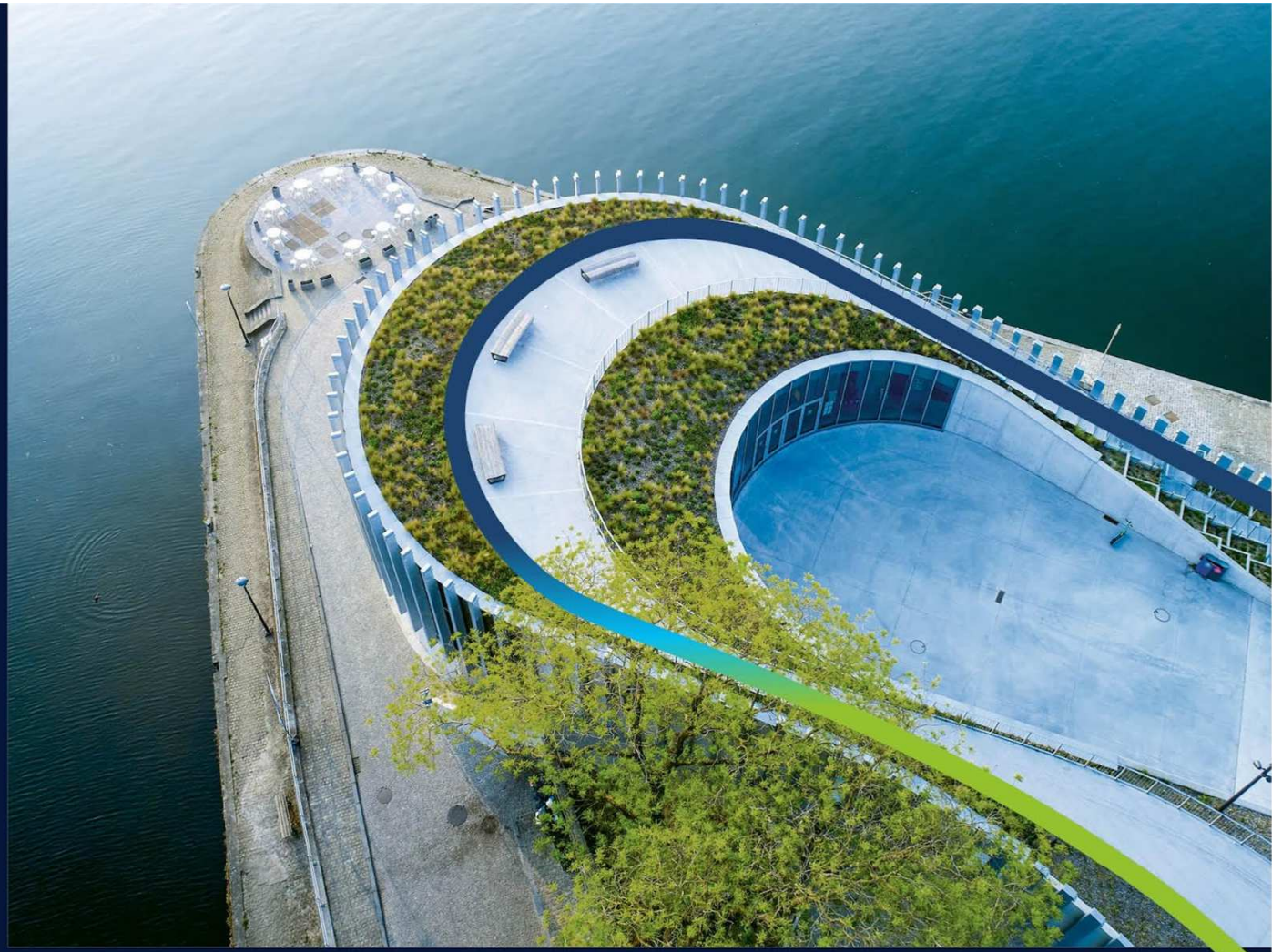


- **clinker Portland (K)** *(calcaire cuit dans four à ciment : constituant hydraulique)*
- **laitier de haut-fourneau (S)** *(produit résiduel de l'industrie sidérurgique : constituant hydraulique)*
- **cendres volantes siliceuses (V)** *(produit résiduel des centrales thermiques alimentées au charbon: constituant pouzzolanique c.-à-d. réagissant avec la chaux libre)*
- **calcaire (L ou LL)** *(matière issue des carrières)*

\+ **sulfate de calcium** *(gypse ou anhydrite : régulateur de prise)*

HOLCIM

Fabrication



HOLCIM

Production de ciment en Belgique

- Cimenterie intégrée (avec production de clinker)
- Centre de broyage / mélange

CCB CEMENTIR HOLDING

cemminerals

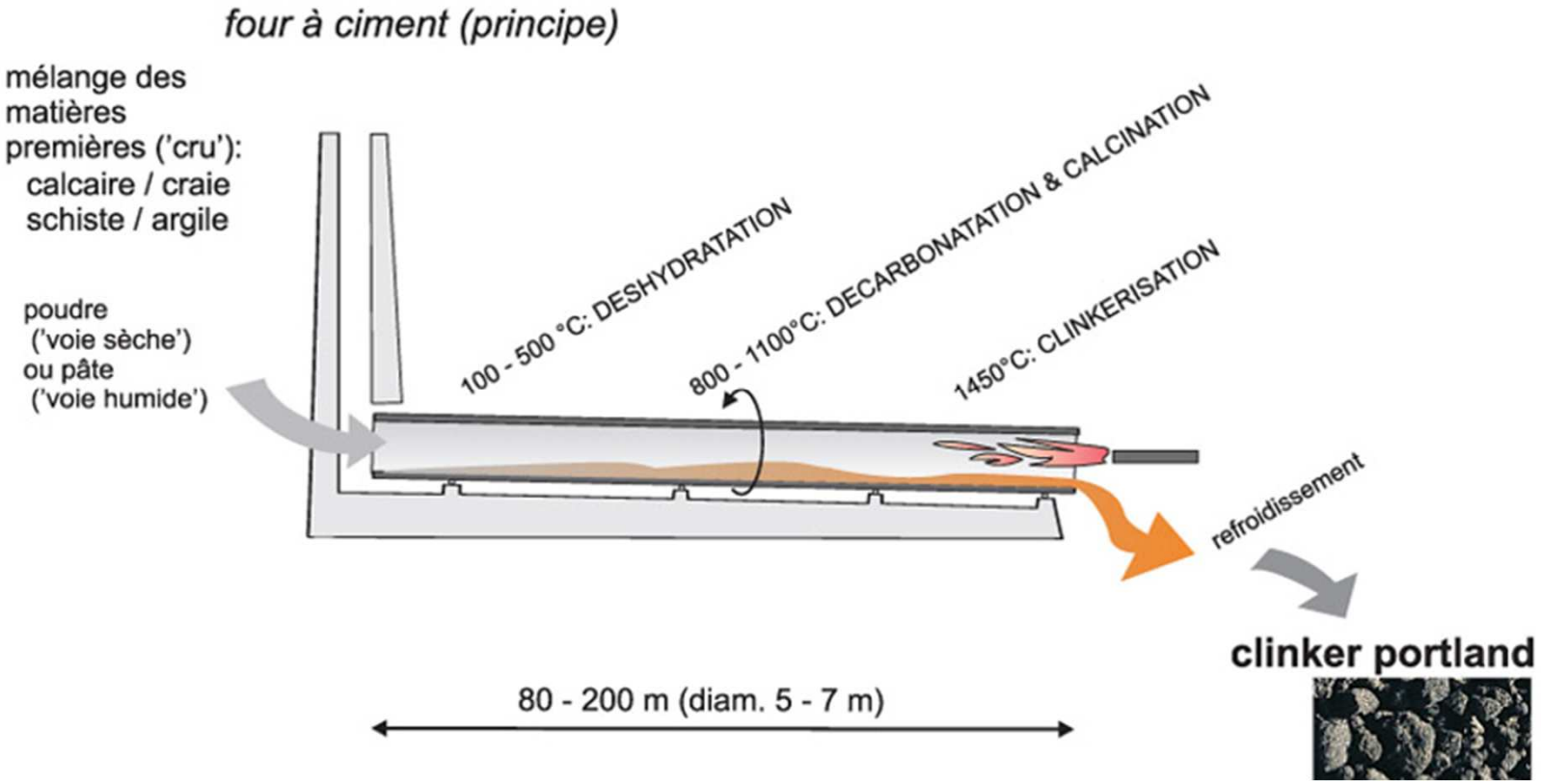
Heidelberg Materials

HOLCIM

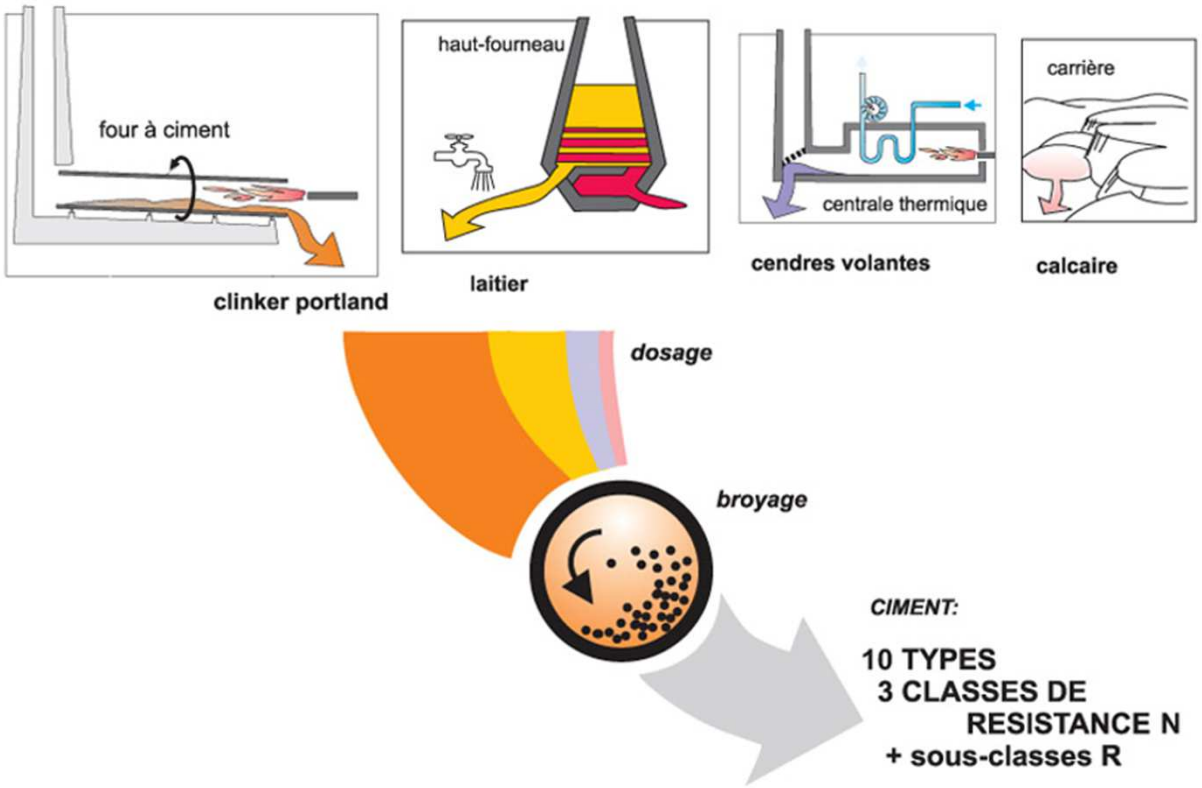
VV/M CEMENT A CRH COMPANY

HOLCIM

Production de ciment en Belgique



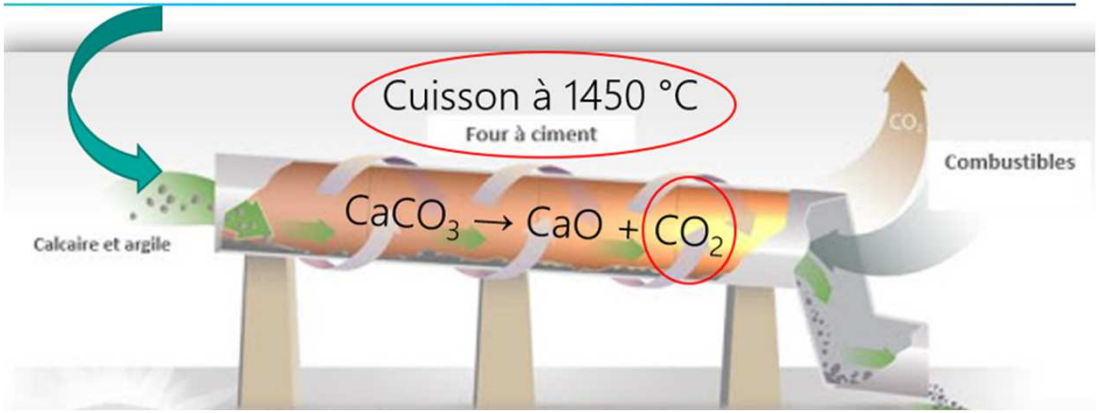
Production de ciment en Belgique

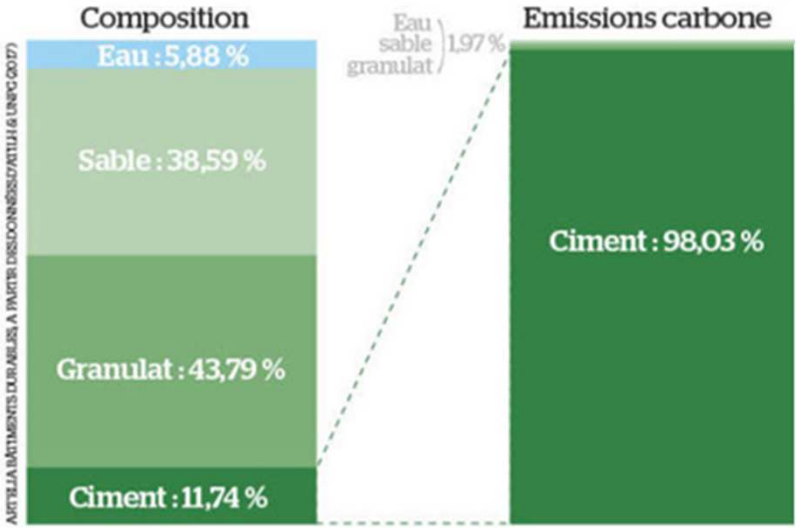


- Laitier de haut-fourneau
- Cendres volantes
- Calcaire
- Régulateur de prise
- Agent de mouture

HOLCIM

Empreinte carbone du ciment



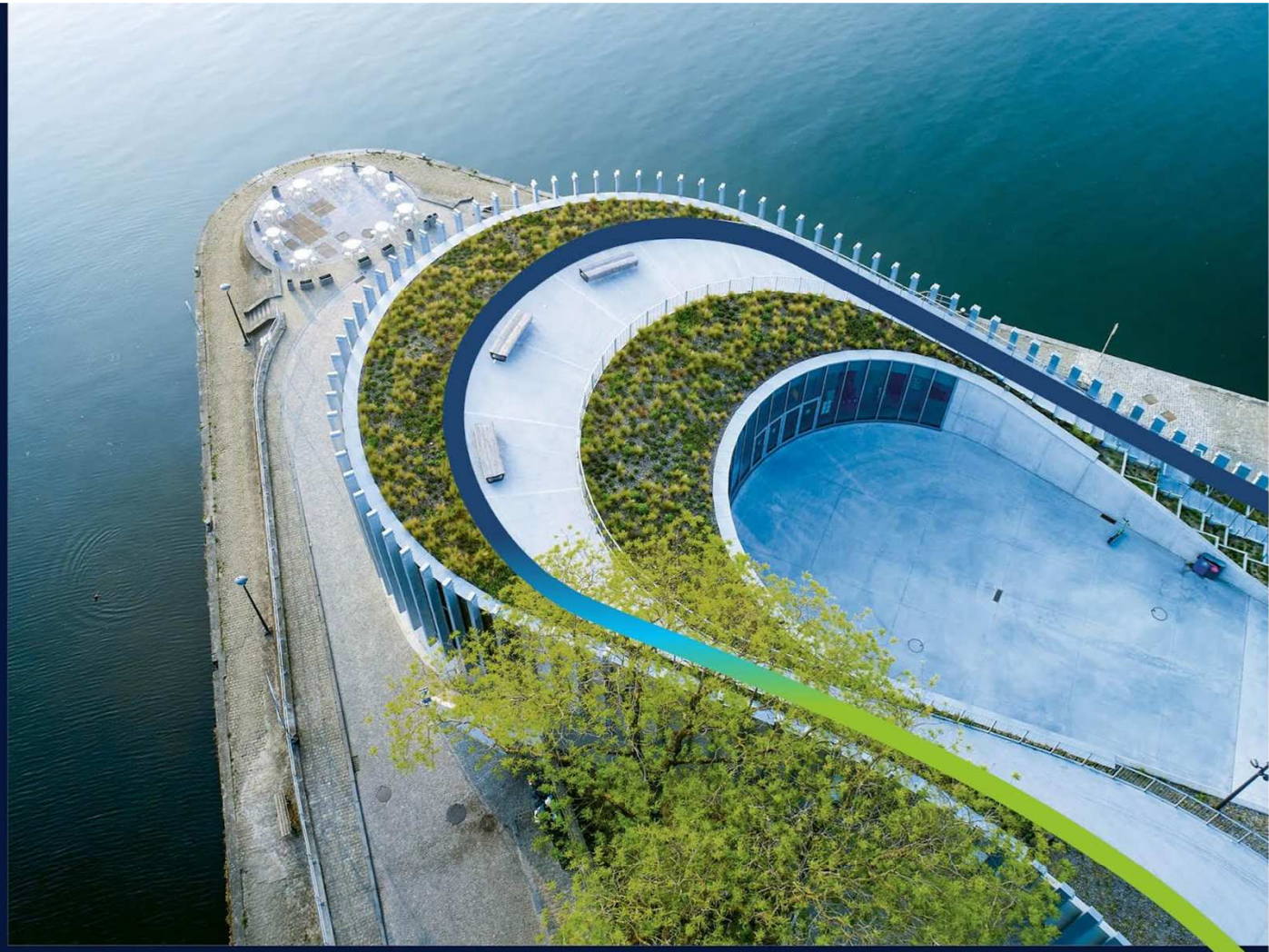


1 Tonne de clinker = 800 kg – 1 tonne de CO_2

Béton de foundation → quantité de ciment élevée → empreinte carbone élevée

HOLCIM

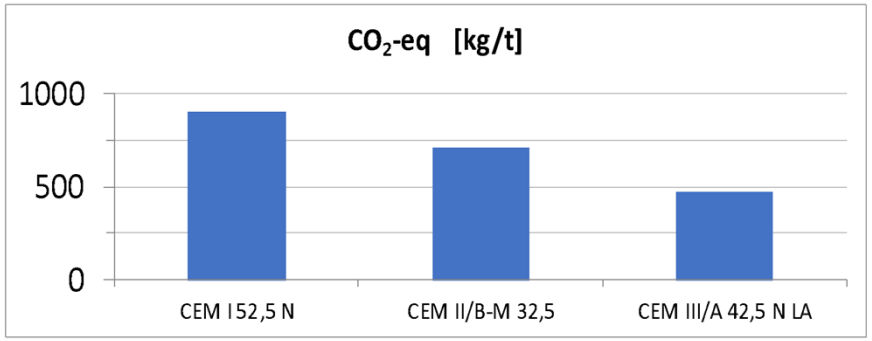
Futur à moyen et long terme



HOLCIM

Matériaux de substitution

"Le meilleur CO_2 est celui qu'on ne produit pas"



- Diminution du facteur clinker au maximum
- Diminution de la disponibilité du laitier
- Diminution de la disponibilité des cendres volantes
- Nouvelles normes EN 197-5 et EN 197-6
- Apparition de nouveaux matériaux (ou peu connus)

HOLCIM

Matériaux de substitution : EN 197-5

Principaux types	Notation des produits (types de ciments)		Composition (pourcentage en masse [a])										
			Constituants principaux										Constituants secondaires
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolane		Cendre volante		Schiste calciné	Calcaire		
						Naturelle	Naturelle calcinée	Siliceuse	Calcique				
	Nom	Notation	K	S	D [b]	P	Q	V	W	T	L [c]	LL [c]	
CEM II	Ciment Portland composé [d]	CEM II/C-M	50-64	◄ 36-50 ►									0-5
CEM VI	Ciment composé	CEM VI (S-P)	35-49	31-59	–	6-20	–	–	–	–	–	–	0-5
		CEM VI (S-V)	35-49	31-59	–	–	–	6-20	–	–	–	–	0-5
		CEM VI (S-L)	35-49	31-59	–	–	–	–	–	–	6-20	–	0-5
		CEM VI (S-LL)	35-49	31-59	–	–	–	–	–	–	–	6-20	0-5

[a] Les valeurs indiquées dans le tableau se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires.

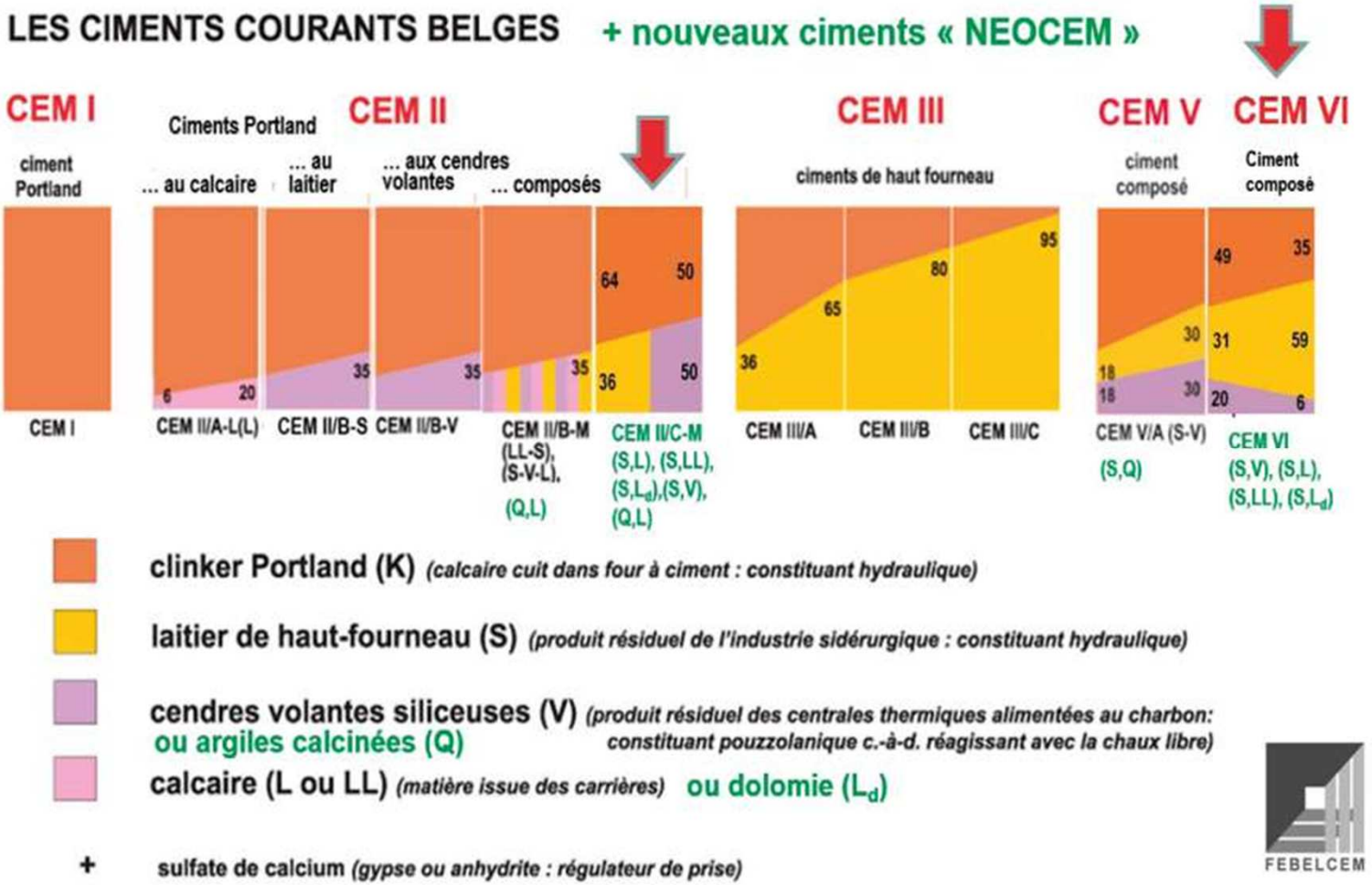
[b] En cas d'utilisation de fumée de silice, la proportion de fumée de silice est limitée entre 6 % et 10 % en masse.

[c] En cas d'utilisation de calcaire, la proportion de calcaire (somme de L et LL) est limitée entre 6 % et 20 % en masse.

[d] Le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à deux et ceux-ci doivent être déclarés dans la désignation du ciment (voir des exemples à l'Article 6).

HOLCIM

Matériaux de substitution : EN 197-5 et argile calcinée



HOLCIM

Matériaux de substitution : EN 197-6

Tableau 1 — Ciment à base de fines de béton recyclé

Principaux types	Notation des produits (types de ciment)		Composition (pourcentage en masse) [a]											
			Constituants principaux											Constituants secondaires
			Clinker	Fines de béton recyclé	Laitier de haut fourneau	Fumée de silice	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire		
							naturelle	naturelle calcinée	siliceuse	calcique				
	Nom du type	Notation du type	K	F	S	D [b]	P	Q	V	W	T	L [c]	LL [c]	
CEM II	Ciment Portland aux fines recyclées	CEM II/A-F	80–94	6–20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0–5
		CEM II/B-F	65–79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0–5
	Ciment Portland composé [d]	CEM II/A-M	80–88	6–14	‹---------- 6–14 ----------›									0–5
		CEM II/B-M	65–79	6–29	‹---------- 6–29 ----------›									0–5
		CEM II/C-M	50–64	6–20	‹---------- 16–44 ----------›									0–5
CEM VI	Ciment composé	CEM VI	35–49	6–20	31–59	—	—	—	—	—	—	—	—	0–5

a Les valeurs indiquées dans le tableau se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires.

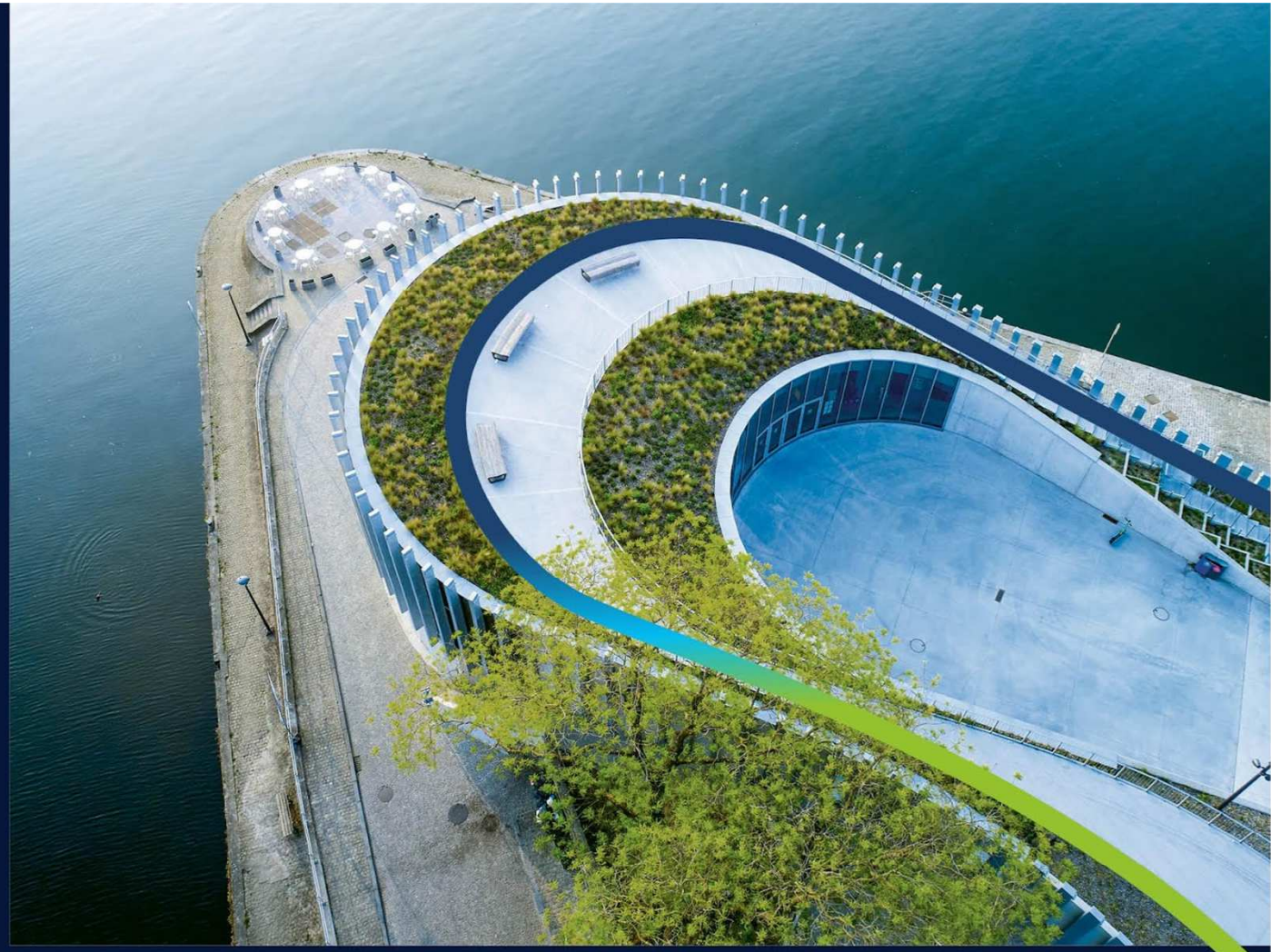
b En cas d'utilisation de fumée de silice, la proportion de fumées de silice est limitée entre 6 % et 10 % en masse.

c En cas d'utilisation de calcaire, la proportion de la somme de calcaire et de fines de béton recyclé (somme de L, LL et F) est limitée à 35 % en masse.

d Le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à deux et ces constituants principaux doivent être déclarés dans la désignation du ciment (voir des exemples à l'Article 6). En cas d'utilisation simultanée de F et (L ou LL) dans la composition, le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à trois et ces constituants principaux doivent être déclarés dans la désignation du ciment.

HOLCIM

Comment choisir?



HOLCIM

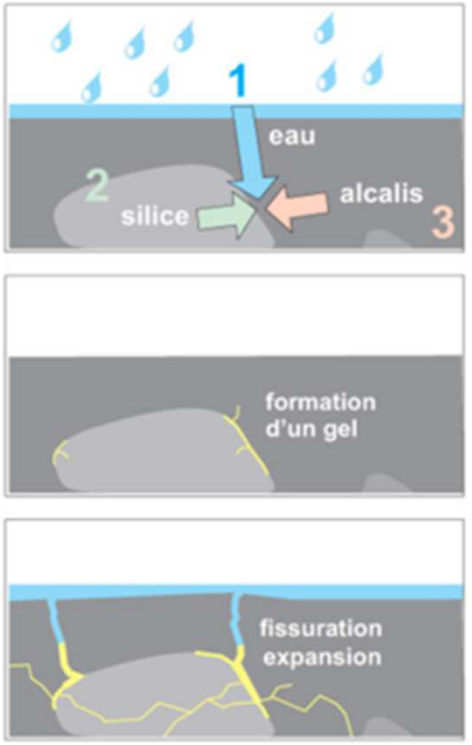
Un peu de choix

CEMENT NAME (BENOR)	OBOURG Plant		ANTWERP Plant		OTHER Plants		
	BULK	BAG	BULK	BAG	BULK	BAG	PLANT
CEM I 52,5 N MF							
CEM I 52,5 N (ng)							
CEM I 52,5 R HES							
CEM I 52,5 R (ng) HES							
CEM I 52,5 R-SR3 HES							Lägerdorf
CEM II/A-LL 42,5 N white							Le Teil
CEM II/A-LL 52,5 N (ng)							
CEM II/A-LL 52,5 R (ng)							
CEM II/B-M (LL-S-V) 32,5 N							
CEM II/B-M (LL-S-V) 32,5 R							
CEM III/A 42,5 N LA							
CEM III/A 42,5 N (ng) LA							
CEM III/A 52,5 N LA							Dortmund
CEM III/B 42,5 N-LH/SR LA							
CEM V/A (S-V) 42,5 N LA							
CEM V/A (S-V) 42,5 N-LH HSR LA							
HRB E 4 K53 V21 L21							

HOLCIM

Caractéristiques particulières

- Ciment LA
- Ciment SR/HSR
- Ciment LH



Ciment-SR est nécessaire quand le béton est exposé à :

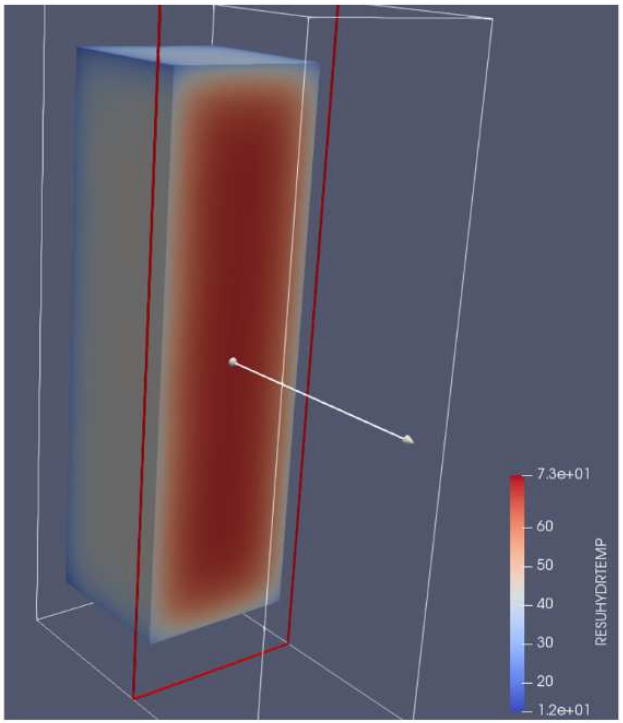
- **Liquides ayant plus de 500 mg/l de sulfates**
- **Terre contenant plus que 3000 mg/kg de sulfates**

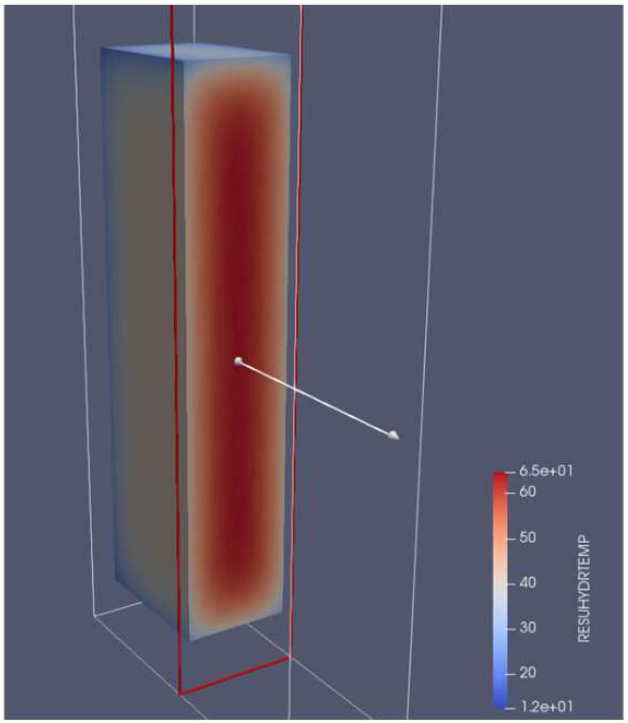
Exemple potentiel : eau de mer, égouts, lisier, …

HOLCIM

Caractéristiques particulières : ciment LH

- C30/37: Barrettes 1000 mm, 1500 mm et pieux forés 1080 mm
- C35/45: Parois moulées de 1500 mm d'épaisseur





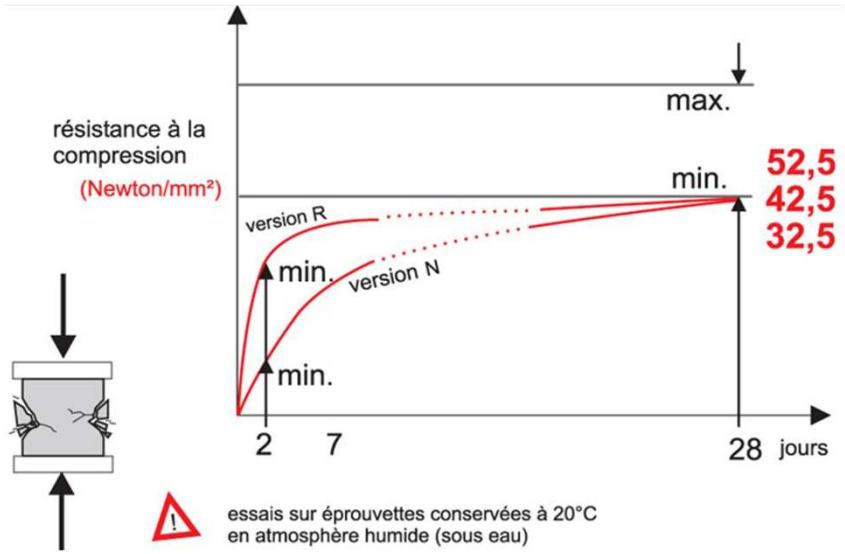
HOLCIM

Critères de choix

- Si vous n'êtes pas climatosceptique
- Utilisation de ciment avec facteur clinker faible
- EPD disponible pour la plupart des ciments dits « bas carbone » sur le marché

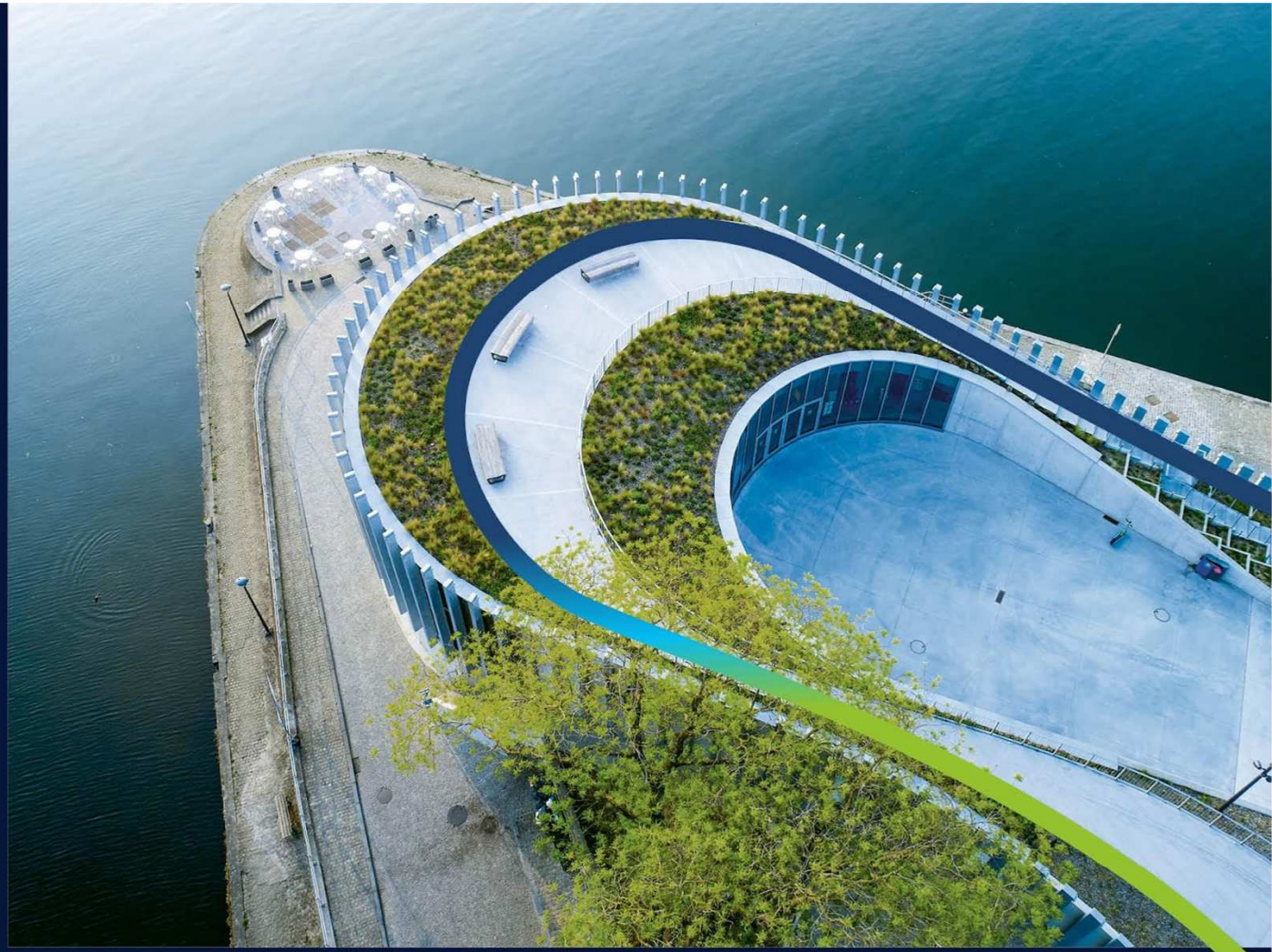
- Pas d'exigence selon la norme (annexe D) ou guide de bonne pratique
- Mais un peu de logique: une prise trop rapide est rarement adaptées aux travaux de fondations profondes
- Et parfois nécessaire: la résistance à la compression

→ exemple: pieux sécants



HOLCIM

Conclusion



HOLCIM

Conclusion

- Evolution des ciment ces dernières années: empreinte carbone, nouveaux matériaux, …
- Critères spécifiques à challenger si possible
- Toujours demander conseils à la centrale à béton ou au cimentier

La réussite d’un projet passe par la communication et le travail en équipe!

HOLCIM