

**Nouvelles ressources transfrontalières :
vers une validation de scénarii de valorisation de sédiments et autres matériaux**

Le sédiment comme ressource : son intégration dans les infrastructures publiques et le paysage



VALSE

Le sédiment comme ressource : son intégration dans les infrastructures publiques et le paysage

- La voie paysagère : le sédiment un terreau fertile !

Florian Lienard (ISSEP) et Philippe Scauftaire (SPAQUE)

- La voie béton : Une piste cyclable en or !

Morgan Chabannes (IMT Nord Europe) et Rénaud Cattie (CCB)

- La voie Pouzzolane : une nouvelle piste !

Ruben Snellings (VITO)



Le sédiment comme ressource : son intégration dans les infrastructures publiques et le paysage

*La voie paysagère : le sédiment un terreau
fertile !*

Florian Lienard



Des sédiments en aménagement paysager : Impact environnemental ?

Butte paysagère



62.000 km²
10.800.000 inhabitants



- Rue des Sarts (Farciennes)
- Octobre 2014
- Lutte contre le déversement sauvage d'immondices
- 1500 m³ de boues de dragage non-polluées provenant de SEDISOL



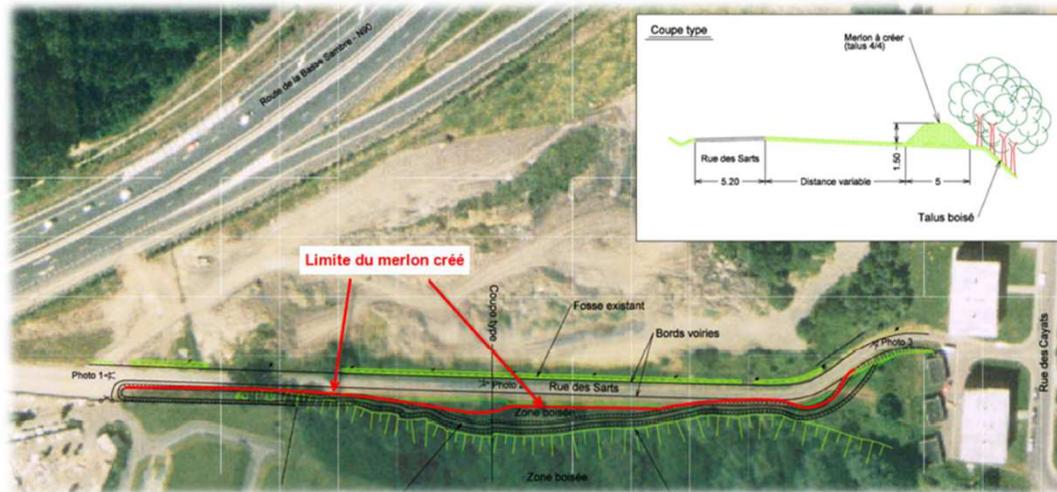
Mise en place de la butte paysagère



Aménagement de la butte paysagère



Butte paysagère finalisée



Emplacement de la butte paysagère

Sites expérimentaux

Butte & témoin



Butte et bord de route témoin (Farciennes)

TD26



Site de dépôt de sédiments français (Saint-Omer)

Suivi écologique

Inventaire floristique



Origanum vulgare (Juin 2020)

Inventaire faunistique



Prélèvement de macro-invertébrés sur le témoin (Juin 2020)

Suivi écologique

Inventaire faunistique

- Espèces différentes entre les sites
- Abondance & richesse équivalentes
- Distribution trophique équivalente



Plant de roseau (*Phragmites australis*) sur la butte paysagère – octobre 2021

Inventaire floristique

- Végétation équivalente sur la butte & le témoin
- Héliolithrophites
- Développement de végétaux provenant du sédiment

Suivi écotoxicologique

Essais d'évitement et de reproduction

- Comportement et cycle de vie équivalent dans les différents substrats



Eisenia fetida

Activité bactérienne nitrifiante et diversité des métabolismes microbiens

- Activité nitrifiante stable dans le temps
- Profils métaboliques différents entre les trois sites

Conclusion générale

L'utilisation de sédiments en aménagement paysager ne semble ni avoir d'effet toxique significatif ni être un frein au développement d'organismes

Le sédiment comme ressource : son intégration dans les infrastructures publiques et le paysage

*La voie béton : Une piste
cyclable en or !*

Morgan Chabannes



VALSE

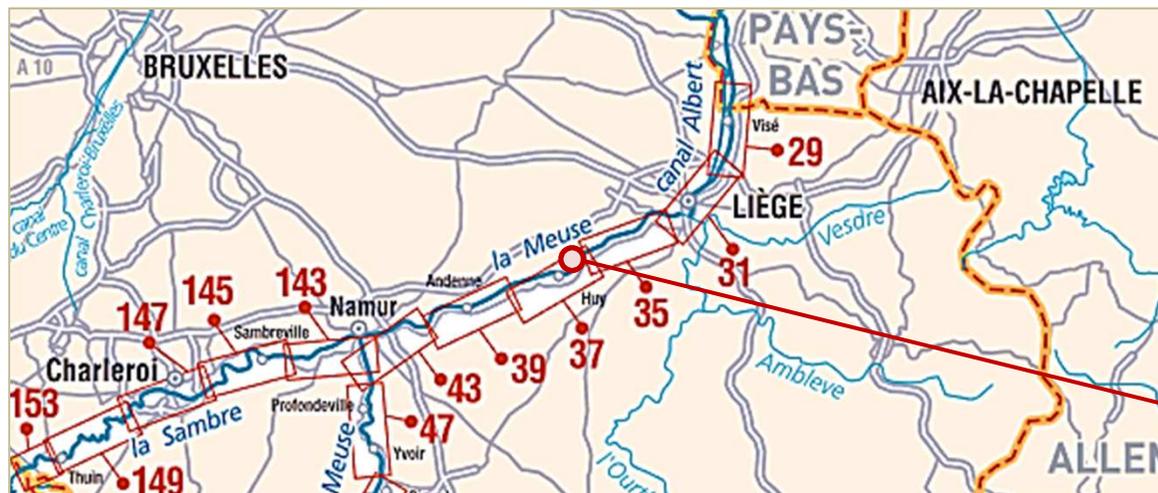
1. Objectif

Évaluer le potentiel de valorisation d'un sédiment fluvial comme substitut de la fraction sableuse dans un béton de ciment pour une piste cyclable

2. Typologie des sédiments en Hauts-de-France et en Belgique

- o Teneur en fines (limons) très importante (70 – 90%) → fraction grenue très faible
- o Forte teneur en matière organique et en métaux lourds (Zn, Pb, Cu, etc.) en raison d'un passé urbano-industriel assez similaire

3. Provenance du sédiment retenu

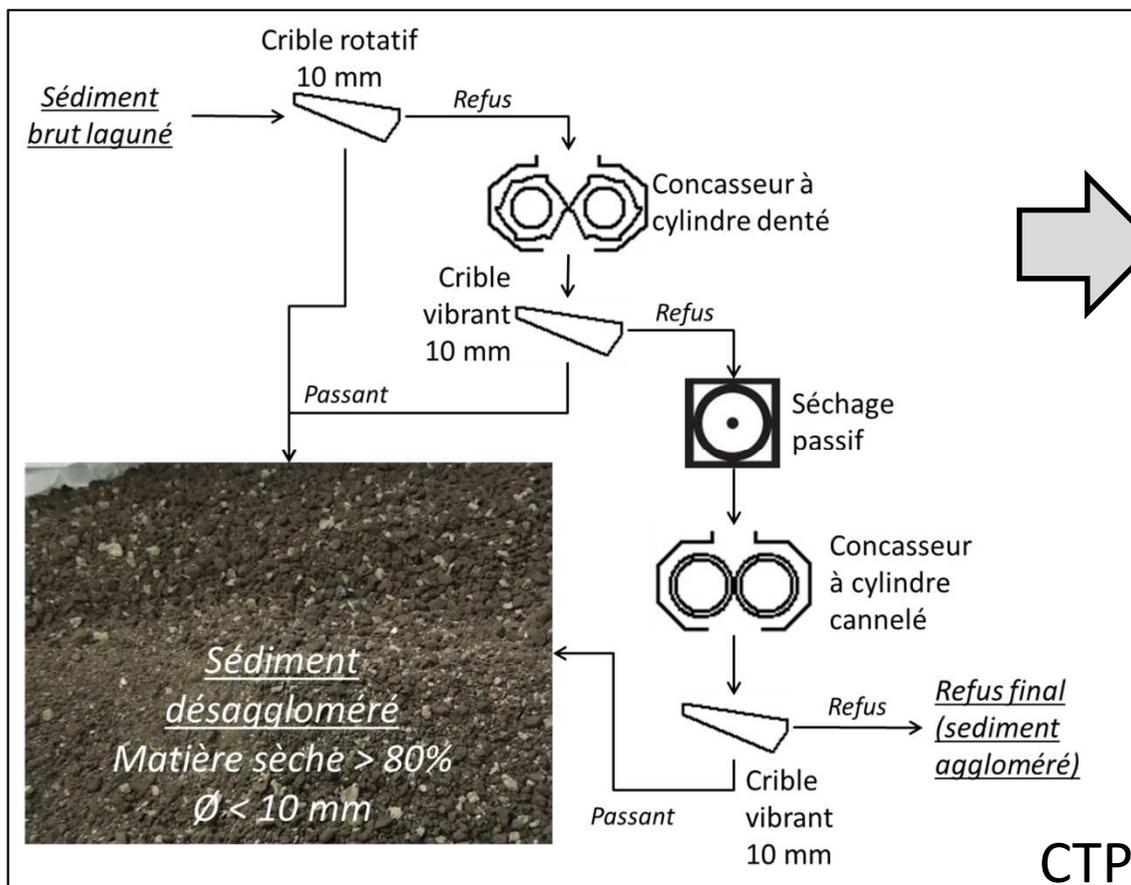


Canal Albert
Haccourt-Visé

AMPSIN

Colloque de clôture, le 15 mars 2022

4. Traitement

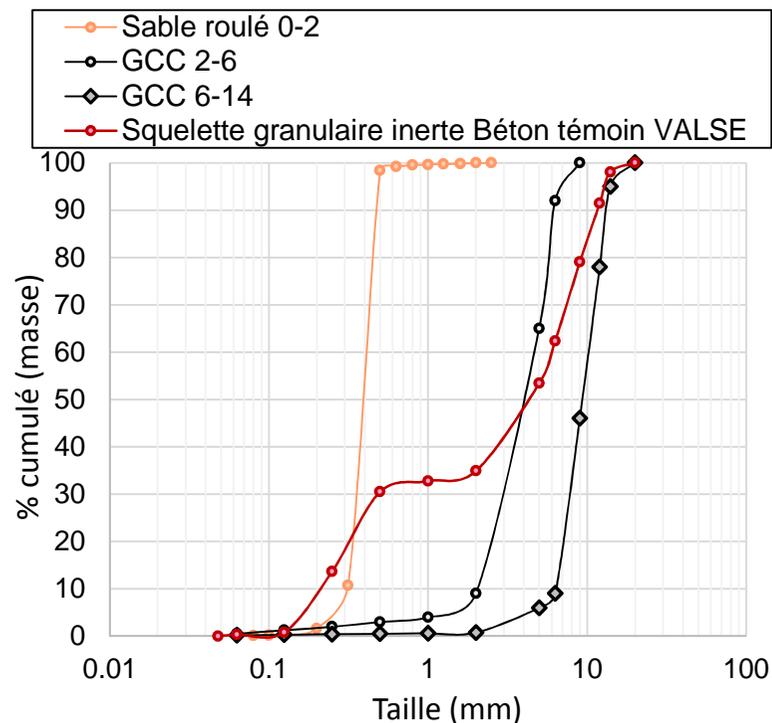


5. Caractéristiques principales

<63µm	≈75%
LOI_{550°C} (MO)	13%
F->TS : Catégorie B (AGW95)	

	Solide (mg.kg ⁻¹)	Éluat (mg.kg ⁻¹)
Zn	1115	<1
Pb	194	<0,5
Cu	81	<1

6. Formulation en laboratoire

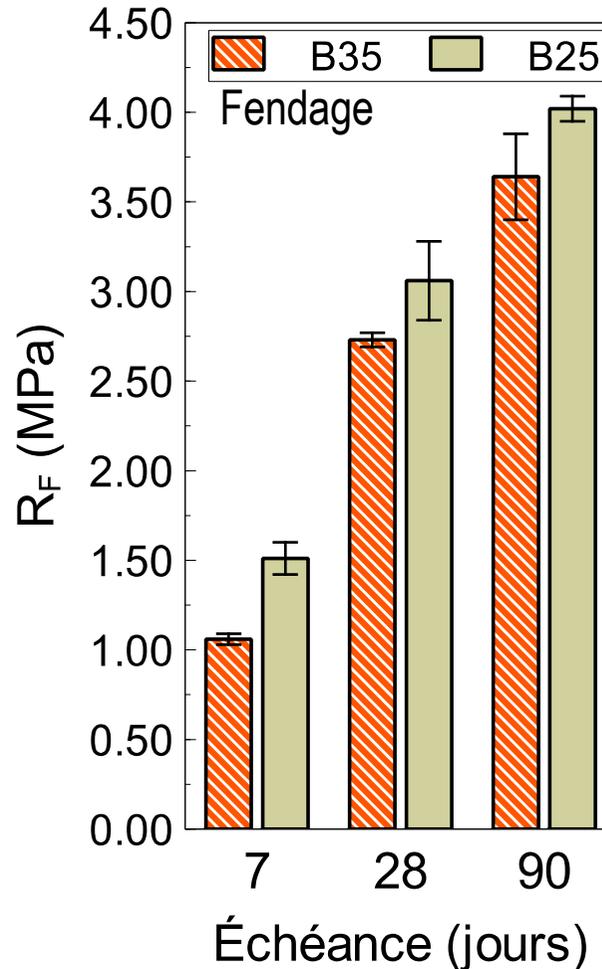
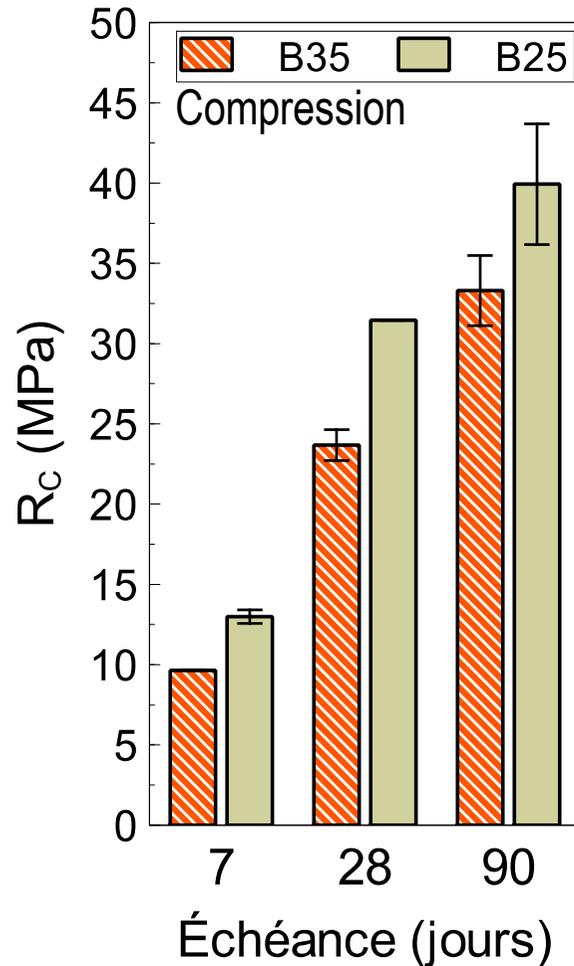


Substitutions massiques du sable : B25: 25% B35: 35%	Quantités* (kg.m ⁻³)	
	B25	B35
Gravillon 2/6 mm	550	
Gravillon 6/14 mm	745	
Sable rond 0/2 mm	465	403
Sédiment Ampsin	155	217
Ciment CEM III/A 42,5 N	330	
SHRE	4,95	
Eau totale	245	280
<hr/>		
Etot/C	0,74	0,85
Affaissement (mm)	50 – 55 (S2)	
Teneur en air occlus (%)	3,1	2,7

*exprimées en masses sèches

7. Performances mécaniques

Sur éprouvettes $\Phi 11 \times 22 \text{ cm}^3$



Textes de référence :

- NF EN 206
- NF P 98-170 (Chaussées en béton de ciment)

B35 - 28 jours :

$R_C = 23,67 \pm 0,96 \text{ MPa} \rightarrow \text{C25}$

$R_F = 2,73 \pm 0,04 \text{ MPa} \rightarrow \text{S2,7}$

→ **Béton de classe 5** : suffisant pour la couche de roulement d'une piste cyclable

B35 : Sed $\square 220 \text{ kg.m}^{-3}$

8. Passage à l'échelle « centrale » et suivi mécanique de la piste

			E/C	R _{C-7} (MPa)	R _{C-28} (MPa)		R _{F-7} (MPa)	R _{F-28} (MPa)
Centrale	Φ11*22cm ³	BT ¹	0,53	24,83	40,11		2,57	3,87
		BE ²	0,75	14,00	26,21		1,54	2,61
Carottes	Φ11*11cm ³	BT	0,53	21,54	35,06		–	2,01
		BE	0,75	13,70	22,50		–	1,83

¹BT = Béton Témoin; ²BE = B35 = Béton Expérimental

- Effet retard du BE → la présence du sédiment impacte la montée en résistance en raison notamment de l'effet néfaste de la matière organique sur la prise cimentaire
- Labo/Centrale → Résultats comparables et cohérents
- Carottes de chantier
 - Compression : conditions de cure (%HR)
 - Traction par fendage : %HR + état de surface de la génératrice

9. Conclusions

- Piste cyclable expérimentale avec fraction sableuse substituée à 35% en masse par un sédiment fluvial wallon fortement limoneux et contaminé
- La formule B35 permet de valoriser environ 220 kg de sédiment sec par m³ de béton frais
- La forte proportion en fines implique un E/C élevé (avec usage d'un SHRE) et la présence de matière organique conduit inévitablement à une perturbation de la cinétique de durcissement
- Les résultats de résistance au gel/dégel ne montrent pas de différence significative BE/BT
- Les analyses environnementales réalisées sur les lixiviats du béton respectent les législations en vigueur



Photo de la piste
Décembre 2021

Le sédiment comme ressource : son intégration dans les infrastructures publiques et le paysage

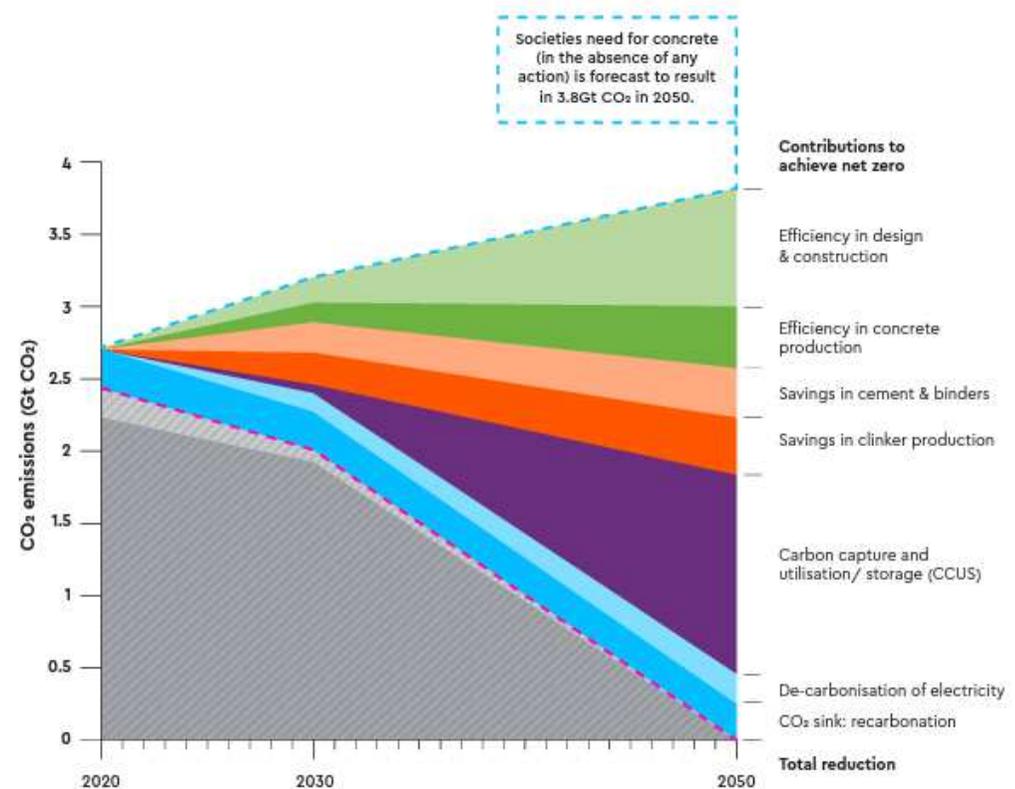
*La voie Pouzzolane : une
nouvelle piste !*

Ruben Snellings



Contexte ciment: le défi zéro carbone

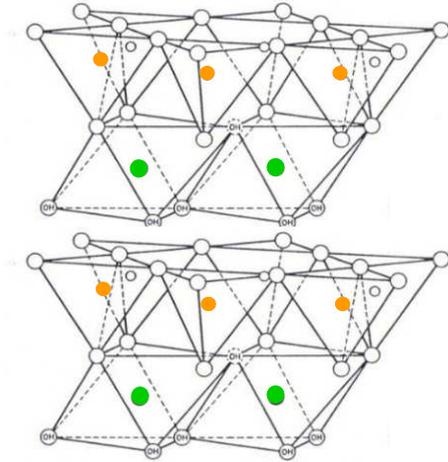
- à présent, la production de ciment contribue à 8-10% des émissions CO₂
- Comme tous les secteurs, l'industrie cimentaire s'engage à décarboniser d'ici 2050
- Défi formidable: large gamme de mesures seront nécessaires
- Approche importante : l'utilisation des ajouts pour substituer le clinker Portland (constituant de haute intensité carbone)
- Les argiles calcinées sont un des ajouts les plus prometteuses



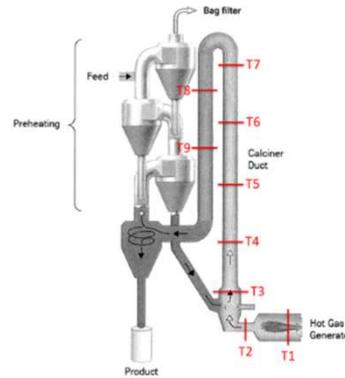
[Global Cement and Concrete Association, 2021]

Argiles calcinées?

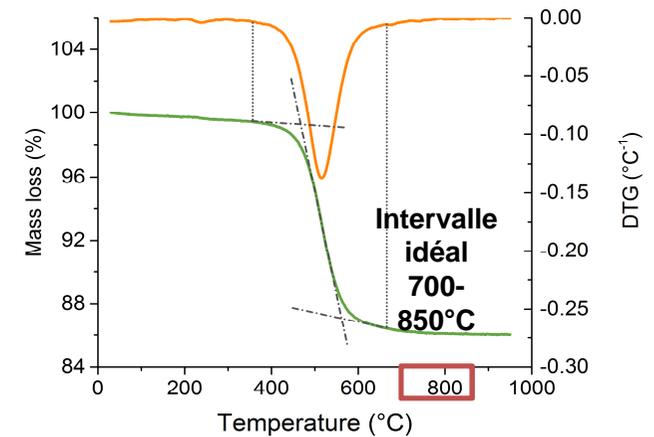
- Quel type d'argile?
 - Argile kaolinitique – la kaolinite calcinée est la plus réactive comme pouzzolane
 - Argiles smectitiques – potentiel significatif
 - Argile mixtes ou impure présentent également une réactivité raisonnable
- Calcination optimale à 700 – 850 °C



Four rotative

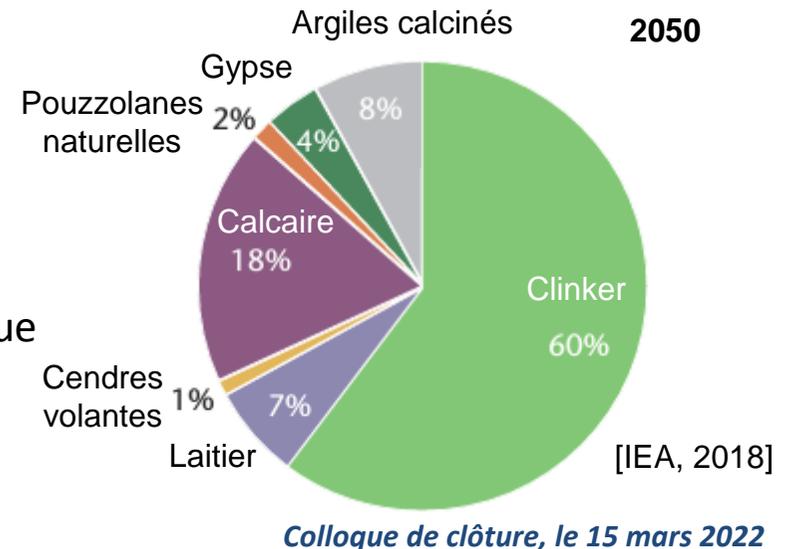
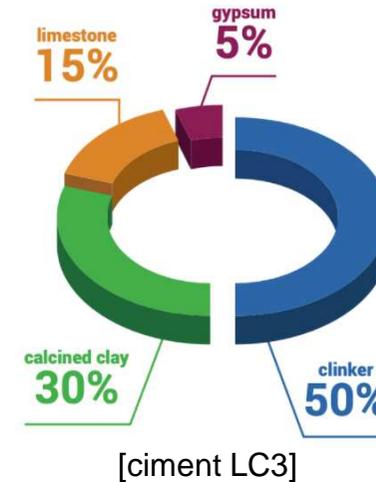


Calcinateur "flash"



Les argiles calcinées – pouzzolanes pour des ciments bas carbone

- Ciments composites: argile calcinée + calcaire permettent des taux de substitution du clinker Portland élevés
- Normalisé récemment: EN 197-5 : 2021 (ciments composites, bas carbone)
- Ciments type LC3 peuvent couvrir 27% du marché mondial d'ici 2050
- Europe:
 - Premiers ciments arrivent sur le marché
 - Construction des premiers calcinateurs
 - FUTURECEM lancé par CCB en France/Belgique



Les sédiments comme ressource de pouzzolane?

- Opportunités
 - Riche en argiles
 - Ressource secondaire, abondante
 - Disponible localement
- Contraintes techniques
 - Hétérogénéité
 - Teneur en humidité
 - Présence de matière organique
 - Compatibilité environnemental



Les sédiments inter-frontalières comme ressource de pouzzolane?

- **Objectif:** évaluer le potentiel de la fraction fine (<63 μm) comme ajout de ciment pouzzolanique
- Trois régions, trois types de sédiments, trois défis



Traitement - processus

Fraction <63 μm



Séchage

70-140°C



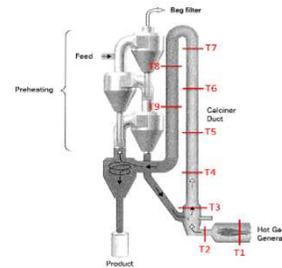
Calcination

750-850°C



Broyage

+ clinker + ...



Pouzzolane

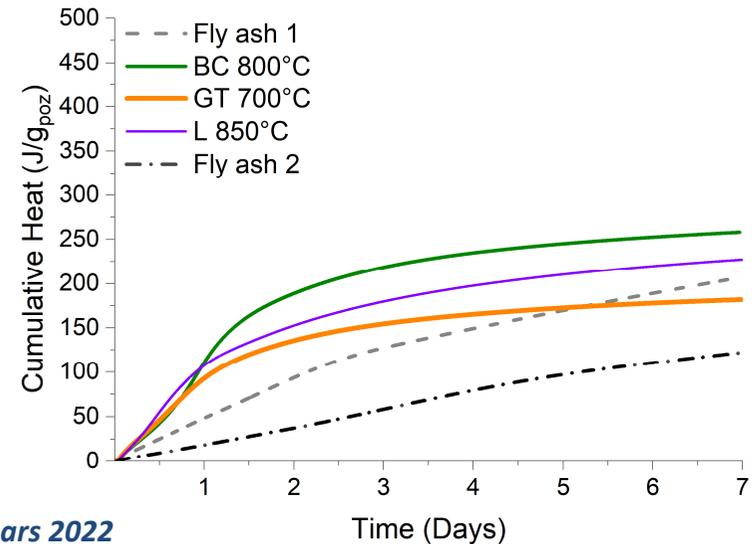
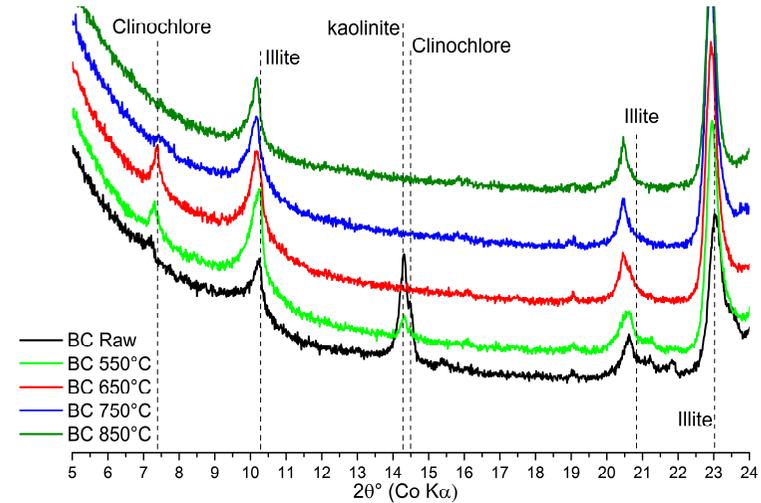


1. Ciment
2. Béton

Résultats - pouzzolane

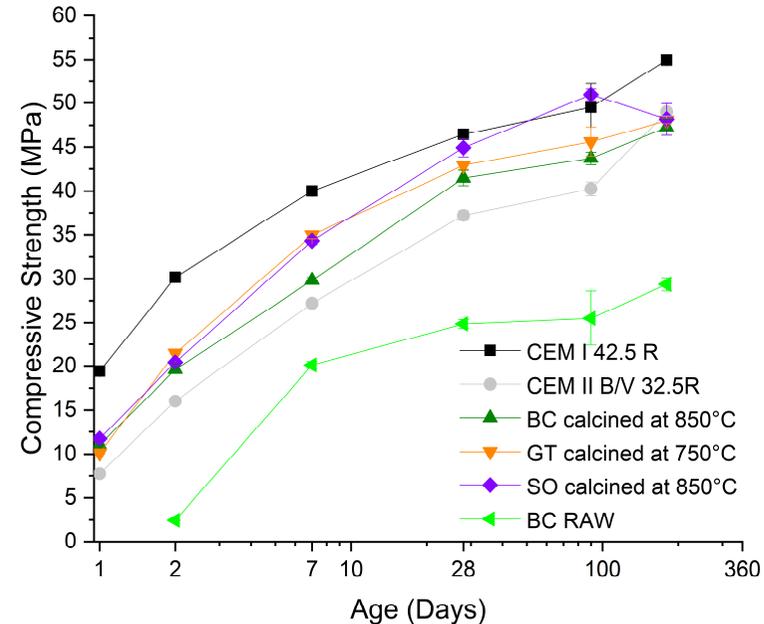
- Transformations minéralogiques par calcination
 - Combustion de la matière organique
 - Activation des argiles
 - Kaolinite et chlorite à 550-650 °C
 - Illite partiellement activée
 - Décarbonatation de la calcite au dessus de 700 °C
 - Oxydation des sulfides en sulfates

- Réactivité pouzzolanique
 - Tous les produits calcinés sont considérés comme réactifs
 - Contribution plus rapide que les cendres volantes de référence
 - Consommation de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ indique nature pouzzolanique des réactions exothermiques



Résultats - ciment

- Ciments – 30 % substitution du clinker Portland par des sédiments calcinés
- Propriétés de performance:
 - Résistance mécanique légèrement supérieure au CEM II/B-V (contenant les cendres volantes)
 - Pas de problèmes de retardation de prise, ni résistance affectée (combustion de la MO)
 - Ouvrabilité ajustable facilement en utilisant des superplastifiants commerciales (type PCE)
 - Durabilité (sur béton) a été démontré équivalente par rapport au ciment composite CEM II/B-V
- Compatibilité environnemental
 - Epreuves de lessivage sur mortiers durcis (28 j) et concassés.
 - Aucun dépassement des normes constaté, métaux lourds (si présent) sont figés par la matrice cimentaire



Perspectives

- Rapide adoption des argiles calcinés comme ajout cimentaire offre des opportunités pour les sédiments de dragage
- La performance équivalente et la compatibilité environnemental démontré dans le projet VALSE présentent un bilan favorable pour la voie pouzzolane
- Questions à adresser:
 - Comment assurer des volumes à valoriser constant et significative de composition homogène?
 - Modèle économique
 - Statuts législative: déchet -> produit
 - Normalisation – accès au marché béton

VALSE

**Nouvelles ressources transfrontalières :
vers une validation de scénarii de valorisation de sédiments et autres matériaux**

Le sédiment comme ressource : son intégration dans les infrastructures publiques et le paysage

