

Journée technique - valorisation des sédiments de dragage

Paris, le 22 Septembre 2022

Mise en œuvre d'une méthodologie économiquement viable de valorisation des SEDiments FLUViaux sur site: SEDIFLUV

Amor BEN FRAJ

*Directeur de Recherche
UMR MCD (Cerema, UGE)*



Journée technique - valorisation des sédiments de dragage

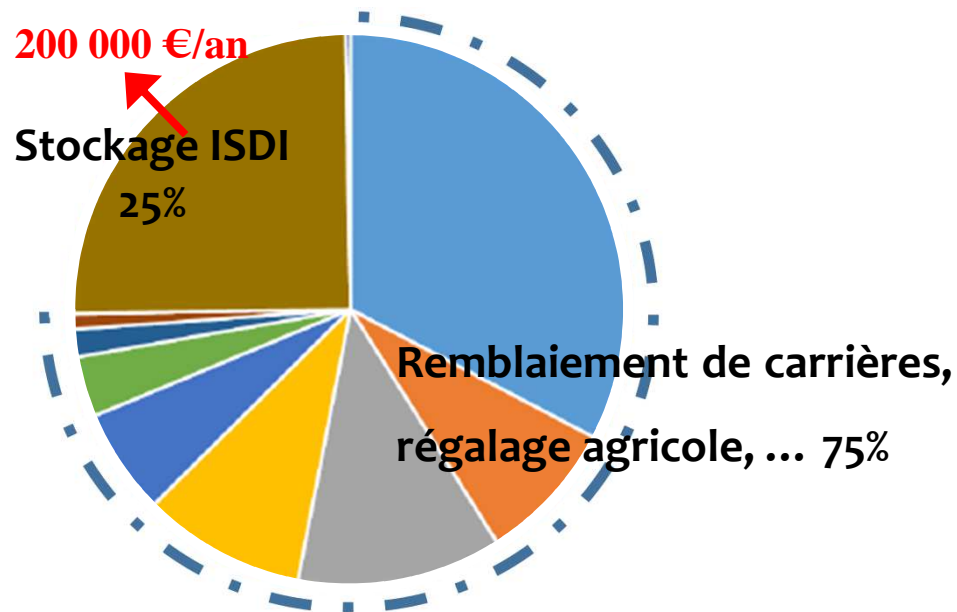
Paris, le 22 Septembre 2022

Plan de la présentation

- Contexte & problématique
- Potentiel de valorisation des sédiments fluviaux
- Propriétés du béton vs. % Matière Organique (MO)
- Propriétés du béton vs. % coquillages (coq.)
- Conclusions et perspectives

Chiffres clés
Objectif

- Un réseau de 1400 km
- Le volume annuel = **150 000 m³**
- 100% non dangereux**



Filières de valorisation

Evaluer le potentiel de valorisation des sédiments franciliens dans le béton:

- ✓ Viabilité économique
- ✓ Faisabilité technique
- ✓ Acceptabilité environnementale

- Etude de la **variabilité du gisement** et son effet sur les propriétés du béton
- Effet de la **matière organique** et des **coquillages** des sédiments sur les propriétés des matériaux cimentaires

Les bétons à base de sédiments de dragage (SD)

A- Variabilité des SD

Variabilité des SD
SD comme granulats
SD comme filler

Une base de données de 50 propriétés par point de dragage

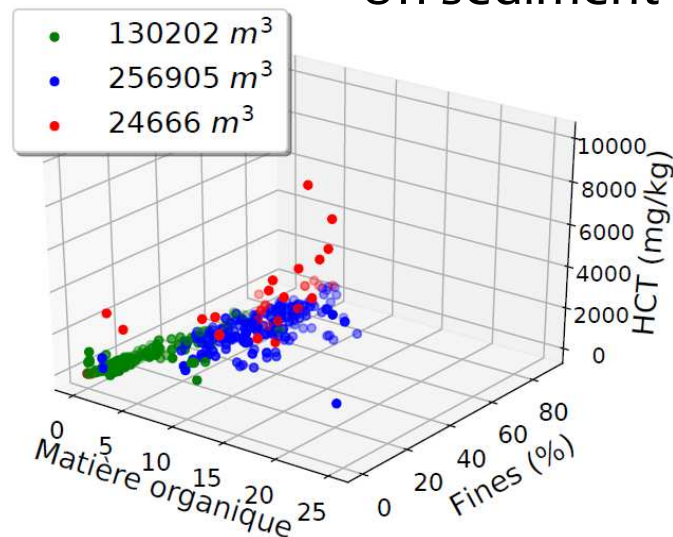


Réduire considérablement le nombre de paramètres:

- Innocuité
- Valorisation béton

Coefficients de corrélation → 3 paramètres à mesurer

Un sédiment = f (HCT, Granulométrie, MO)

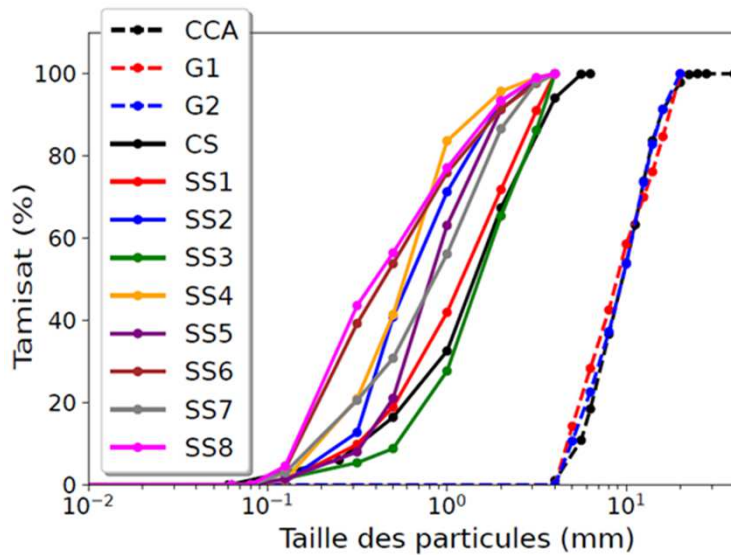


- 32%**: Faible teneur en MO, en fines et en HCT
- 62%**: Forte teneur en MO et en fines et faible teneur en HCT
- 6%**: Sédiments non inertes **MAIS** non dangereux
- Propriétés stables** d'une année à l'autre

I. Les bétons structuraux à base de sédiments de dragage (SD)

B- Les SD comme granulats

Variabilité des SD
SD comme granulats
SD comme filler



SD 4/20 mm



SD 0,063/4 mm

➤ Des matériaux très hétérogènes

Granulats	Granulométrie	ρ (kg/m ³)	Abs (%)	MO (%)	% coq.
Granulats conventionnels	Sable 0/4 mm	2406	4,7	-	-
	Gravier 4/20 mm	2528	2,32	-	-
Sédiments	Sable 0,063/4 mm	2034-2406	3,7-17,2	2,01-3,62	-
	Gravier 4/20 mm	1995-2308	4,1-11,8	nd	24

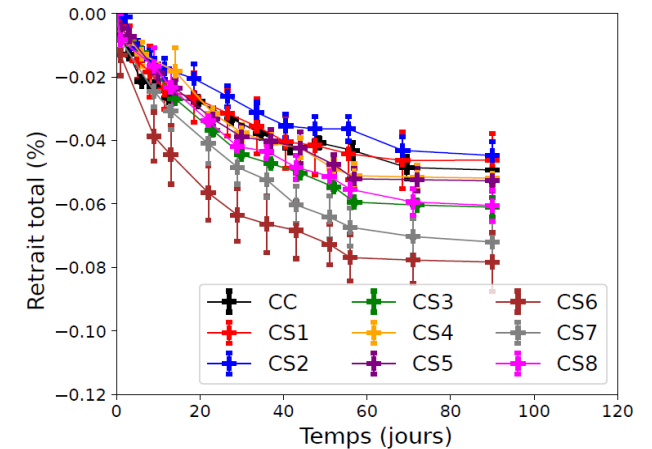
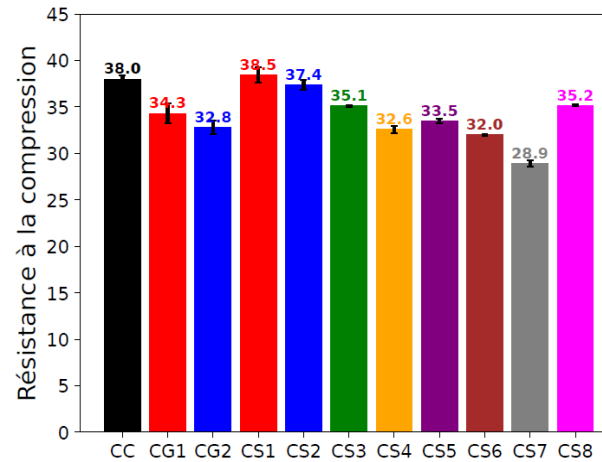
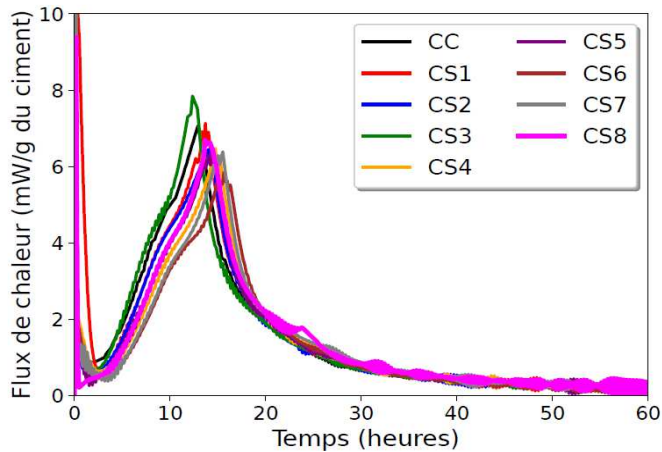
I. Les bétons structuraux à base de sédiments de dragage (SD)

B- Les SD comme granulats (kg/m³)

Variabilité des SD
SD comme granulats
SD comme filler

Un C30/37
XC4
S4

	CEM I	0/4 N	0/4 S	4/20 N	4/20 S	E _{eff} /C
CC	335	881,1	-	814,4	-	0,55
CS	335	616,8	30% vol.	814,4	-	0,55
CG	335	881,1	-	570,1	30% vol.	0,55



Retard d'hydratation non proportionnel au % MO

2 C30/37; 7 C25/30 et 1 C20/25 (CS7)

+ MO et + Abs → + de retrait

Exceptés S6 et S7, tous les sédiments répondent aux critères de la NF EN 12620+A1

I. Les bétons structuraux à base de sédiments de dragage (SD)

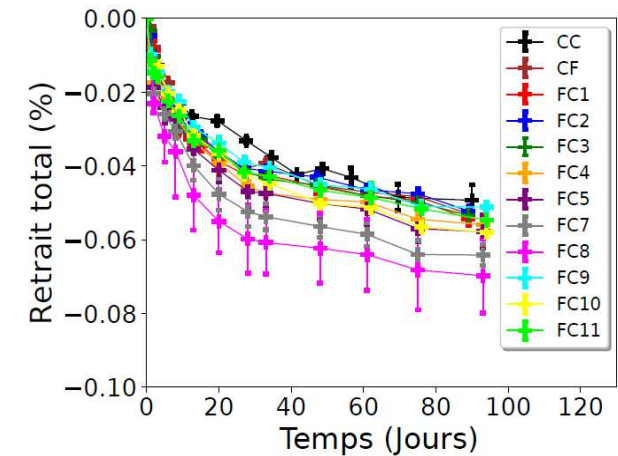
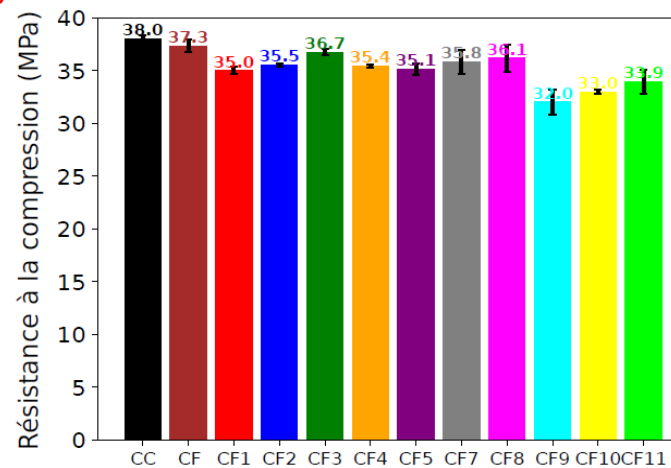
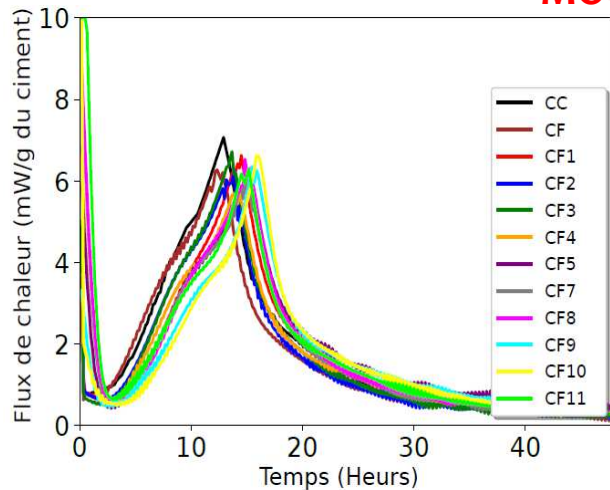
C- Les SD comme filler (kg/m³)

Variabilité des SD
SD comme granulats
SD comme filler

	CEM I	Filler	Fines	0/4 N	4/20 N	E _{eff} /L
CC	335	-	-	881,1	814,4	0,55
CF	301,5	31,7	-	881,1	814,4	0,55
CFi	301,5	-	10% vol.	881,1	814,4	0,55

Un C_{30/37}
XC₄
S₄

MO=5-15%



❑ Faible impact sur l'hydratation

❑ 8 C_{30/37} et 3 C_{25/30} (CF₉, 10 et 11)

❑ + MO et + Abs → + de retrait

Tous les sédiments fins répondent aux critères de la NF EN 12620+A1

II. Les bétons drainants à base de sédiments de dragage (SD)

Les SD comme sable/filler (kg/m^3)

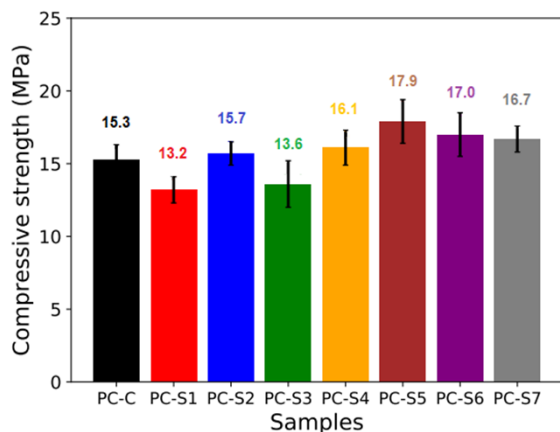
SD comme sable
SD comme filler

	CEM I	FS	0/4 N	0/4 S	4/8 N	E_{eff}/L
CC	312	-	98,5	-	1406,6	0,35
CS*	312	-	-	~90	1406,6	0,35
CF**	281	~50	98,5	-	1406,6	0,35

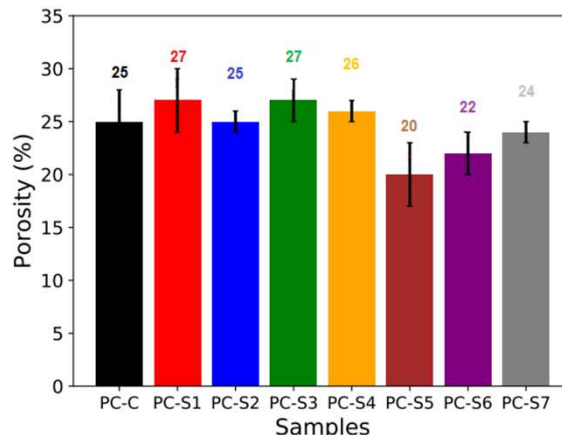
Un Béton drainant
Porosité >20%
 $R_c = 15\text{MPa}$

*7 bétons à base de sédiments sableux ont été testés

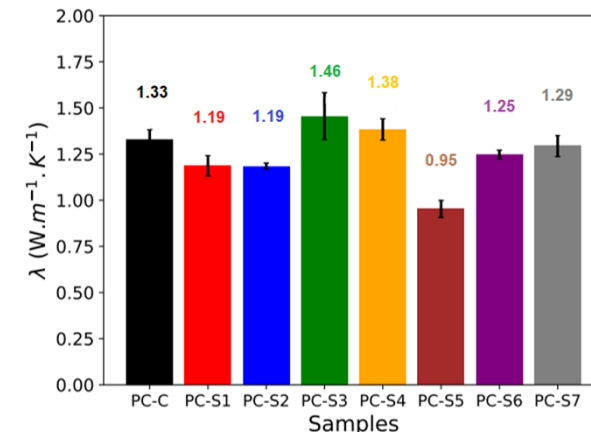
**4 bétons à base de sédiments fins ont été testés



☐ 5/7 atteignent 15 MPa

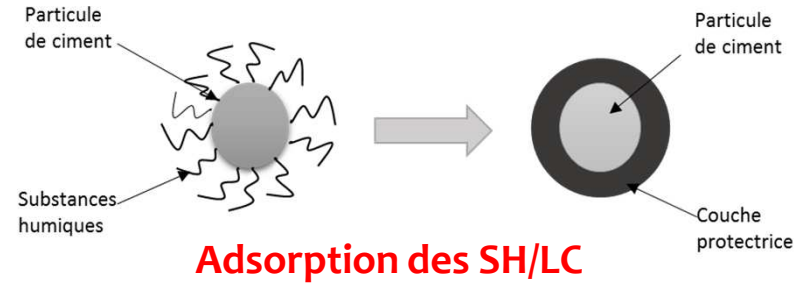
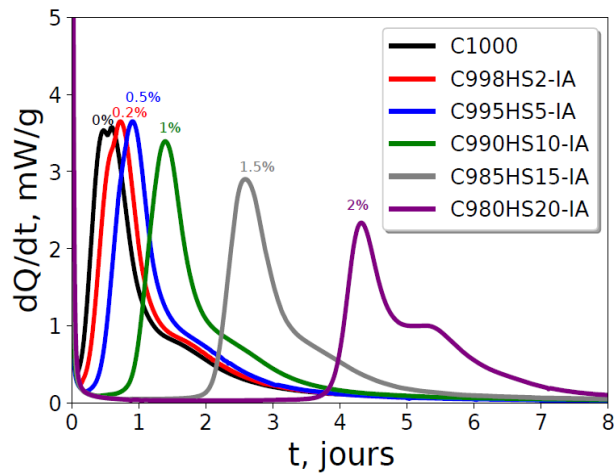


☐ la porosité souhaitée est garantie pour tous les bétons

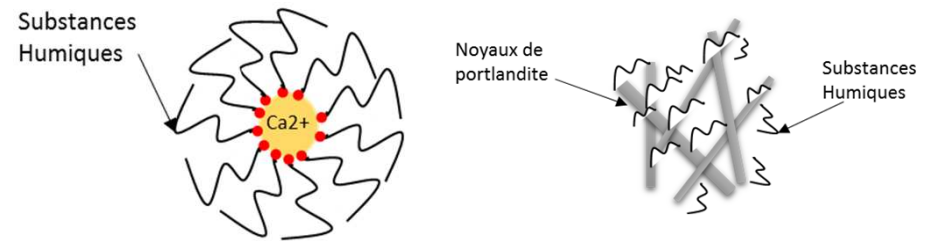
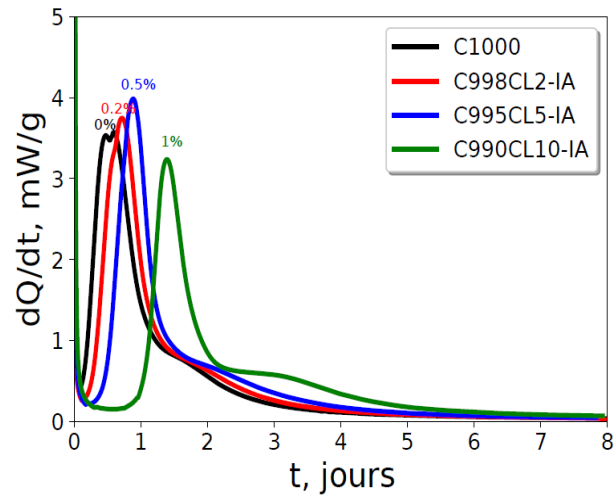


☐ Une conductivité nettement inférieure à celle d'un béton ordinaire.

Hydratation
Résistance à la compression

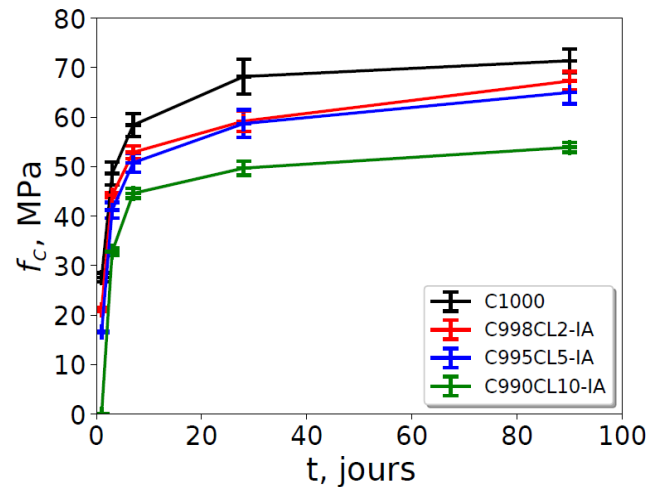
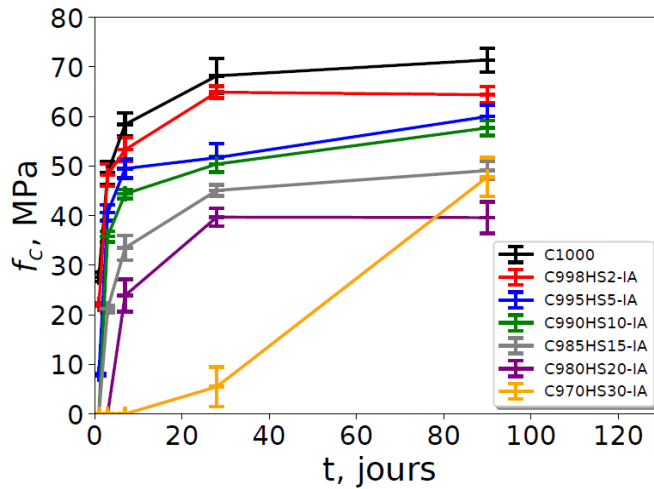


+

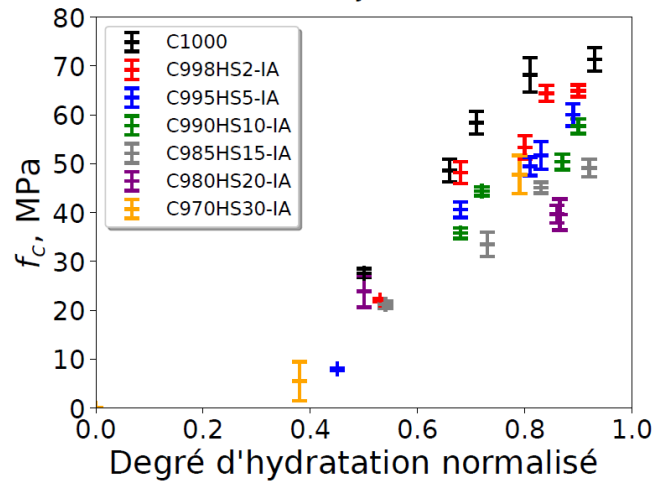


Hydratation

Résistance à la compression



- Une **baisse** significative de **Fc**, notamment au **jeune âge** pour SH/LC: **rétenion** de **calcium** pendant l'hydrolyse



- A 90 jours, même chaleur dégagée mais résistance différente



Les produits d'hydratation sont différents

Une partie des substances est piégée par les produits d'hydratation
→ baisse de Fc

Contexte

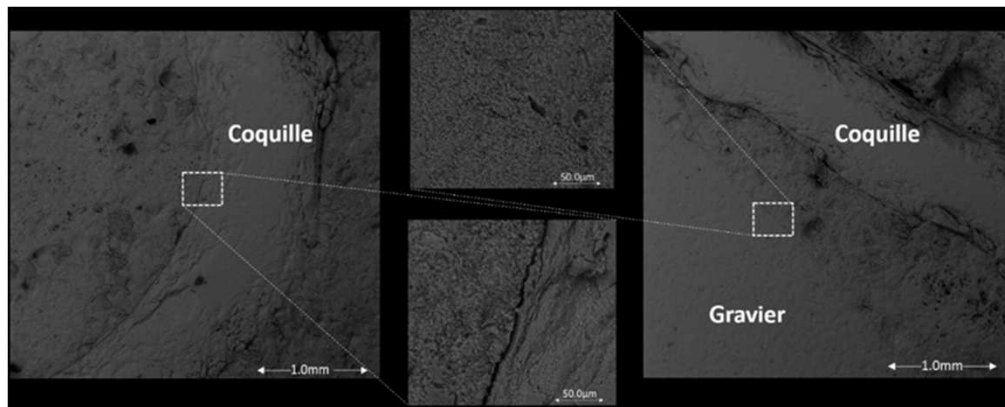
Potentiel de valorisation

Effet de la MO

Effet des coq.

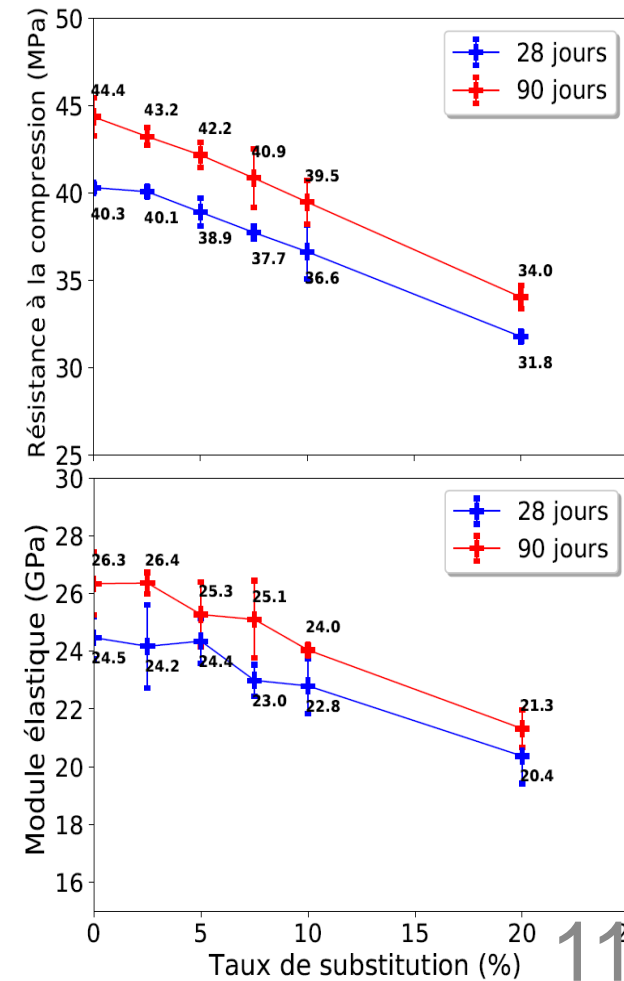
Conclusion et perspectives

Constituants	Taux de coquillages (% vol.)					
	0	2,5	5,0	7,5	10	20
Ciment (Kg)	335	335	335	335	335	335
Sable (Kg)	881,10	881,10	881,10	881,10	881,10	881,10
Gravier (Kg)	814,40	794,04	773,68	753,32	732,96	651,52
Coquillages (Kg)	0	18,02	36,03	54,05	72,07	144,13
Eau totale (Kg)	244,29	244,63	244,97	245,31	245,64	247,00
E/C	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55



Un décollement coquillage/matrice est observé

Propriétés mécaniques
Propriétés de durabilité



Propriétés à 90 jours	Taux d'éléments coquilliers dans le béton % volume de graviers					
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%	20%
Porosité à l'eau (%)	18,3	18,6	19	18,7	18,9	18,6
d_{CO_2} (mm) – 3 mois	18	18	18	17	18	18
D_{eff} ($\times 10^{-12}m^2/s$)	5,81	4,93	5,38	5,31	6,24	6,25



Pas d'impact des coquillages sur les propriétés de durabilité du béton

A retenir

En perspectives

A retenir:

- ❑ La séparation granulométrique permet une meilleure valorisation des SD: les **fines** comme **filler** et les **sédiments grossiers** comme **granulats**
- ❑ Au regard de la **NF EN 12620+A1** , **tous** les **sédiments fins** (10% vol.) sont **admis** et seulement deux sédiments grossiers (30% vol.) ne répondent pas aux critères → **A 20% vol. tout est OK**
- ❑ **Effets positifs** de la **MO** et des **coquillages** sur la **rhéologie** et les **propriétés de durabilité** , respectivement.
- ❑ **Approfondir** les volets **environnemental** et **économique** (déjà abordés dans le cadre de SEDIFLUV)
- ❑ Etudier la **viabilité** d'une **filière industrielle** d' **éléments préfabriqués** à base de **SD** , qui répondrait à une démarche d'EC

A retenir

En perspectives

Faisabilité d'une filière industrielle?

- Site de Clamens/ Mitry-Mory
- Parking de 950 m²
- **Pavés drainant par les joints**



Formule	R _T (Mpa)	Poids (kg)
BGN	5,3	6,3
BS	4,0-4,4	5,7-6,0

NF EN 1338 3,6 MPa

Journée technique - valorisation des sédiments de dragage

Paris, le 22 Septembre 2022

Merci de votre attention

Amor BEN FRAJ

*Directeur de Recherche
UMR MCD (Cerema, UGE)*

amor.ben-fraj@cerema.fr

1. Beddaa Hamza, Ouazi ilyass, Ben Fraj Amor, Lavergne Francis, Jean Michel Torrenti, Reuse potential of dredged river sediments in concrete: Effect of sediment variability, **Journal of Cleaner Production**, 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620317121>
2. Beddaa Hamza, Ben Fraj Amor, Lavergne Francis and Jean Michel Torrenti, Potentiel de valorisation des sédiments dans le béton comme granulats ou addition au ciment, **Béton[s] le Magazine n°90**, 2020, <https://www.acpresse.fr/potentiel-de-valorisation-des-sediments-dans-le-beton-comme-granulats-ou-addition-au-ciment/>
3. Beddaa Hamza, Ben Fraj Amor, Lavergne Francis and Jean Michel Torrenti, Reuse of Untreated Fine Sediments as Filler; Is it More Beneficial than Incorporating them as Sand, **Buildings**, 2022, <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/2/211>
4. Beddaa Hamza, Ben Fraj Amor, Lavergne Francis and Jean Michel Torrenti, Effect of potassium humate as humic substances from river sediments on the rheology, the hydration and the strength development of a cement paste, **Cement and Concrete Composites**, 2019, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946518311508?via%3Dihub>
5. Beddaa Hamza, Ben Fraj Amor, Lavergne Francis, Jean François Barthélémy and Jean Michel Torrenti, Experimental investigation and micromechanical modeling of mechanical and durability properties of concrete based on shells from sediments, **Cement and Concrete Composites**, 2022, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946522002773?via%3Dihub>
6. Beddaa Hamza, Effet de l'incorporation des sédiments fluviaux sur les propriétés physico-chimiques, mécaniques et de durabilité des bétons, **Thèse de doctorat**, 2020.
7. Hamza Beddaa, Ben Fraj Amor and Samantha Ducléroi, Experimental study on river sediment incorporation in concrete as a full aggregate replacement: Technical feasibility and economic viability, **Construction and Building Materials** 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821031640?via%3Dihub>

Mes remerciements à mes co-auteurs:

H. Beddaa, F. Lavergne, J-M. Torrenti, J-F. Barthélémy, I. Ouazi, J. Tischiop,
C. Somé, S. Ducléoir