

Méthodologie de valorisation des SEDiments FLUViaux dans les bétons

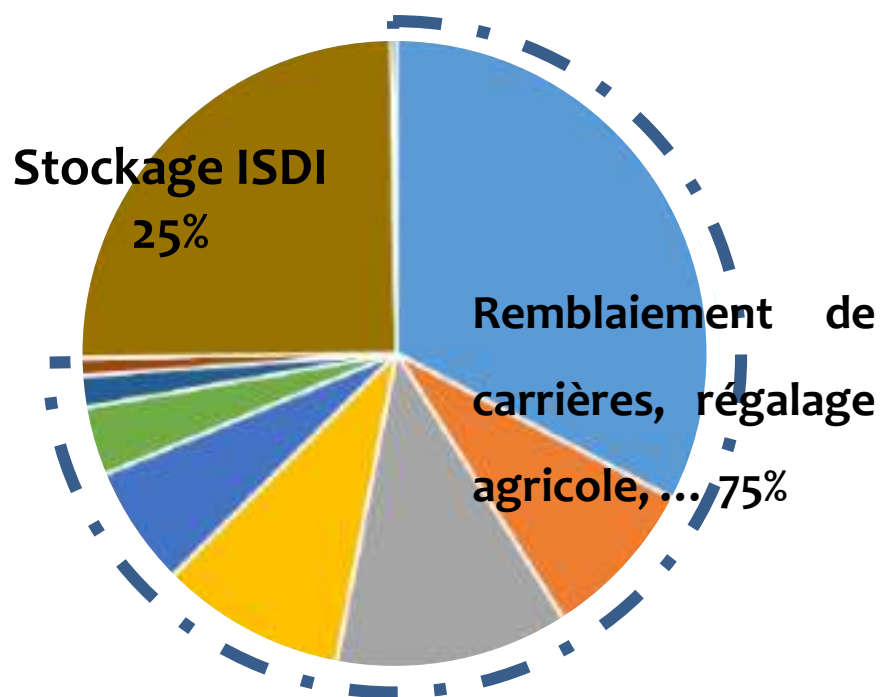
Hamza BEDDAA
CEREMA

Plan de la présentation

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

Contexte & problématique

- ❑ 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

Potentiel de valorisation des sédiments fluviaux

Les bétons à base de sédiments de dragage (SD)

A- Variabilité des SD

Une base de données de 50 propriétés par point de dragage

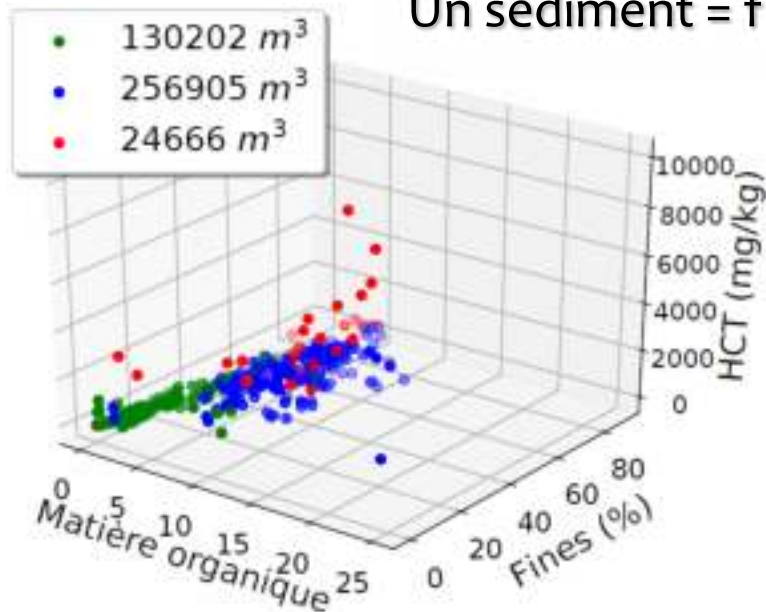


Réduire considérablement le nombre de paramètres:

- Innocuité
- Valorisation béton

Coefficients de corrélation → 3 paramètres à mesurer

Un sédiment = f (HCT, Granulométrie, MO)

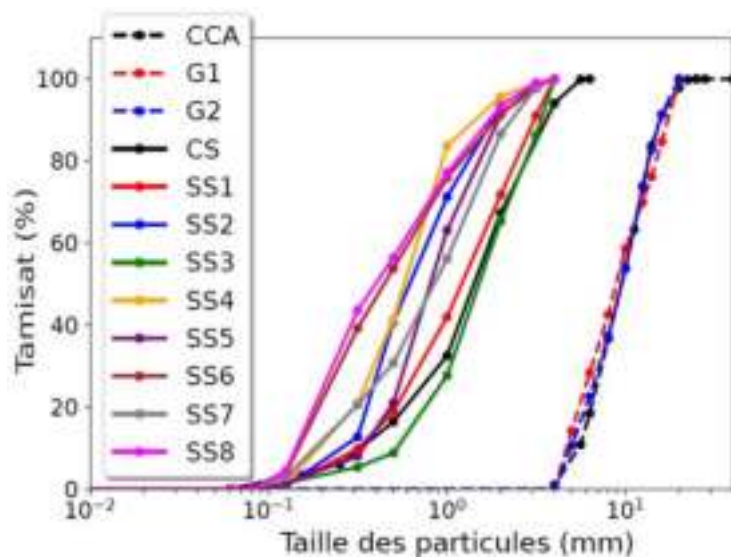


- 32%**: Faible teneur en MO, en fines et en HCT
- 62%**: Forte teneur en MO et en fines et faible teneur en HCT
- 6%**: Sédiments non inertes **MAIS** non dangereux
- Propriétés stables** d'une année à l'autre

Potentiel de valorisation des sédiments fluviaux

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

B- Les SD comme granulats



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

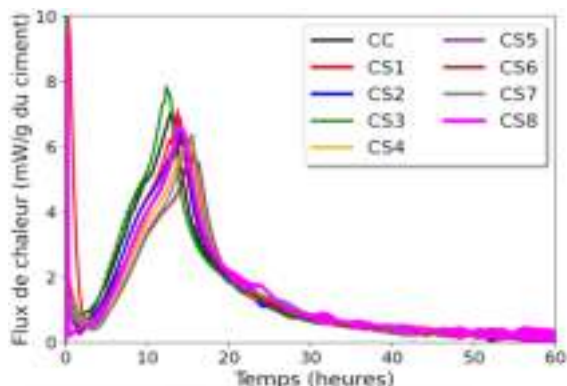
Potentiel de valorisation des sédiments fluviaux

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

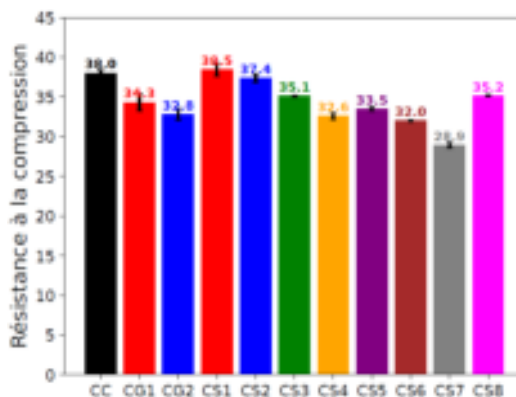
B- Les SD comme granulats

	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

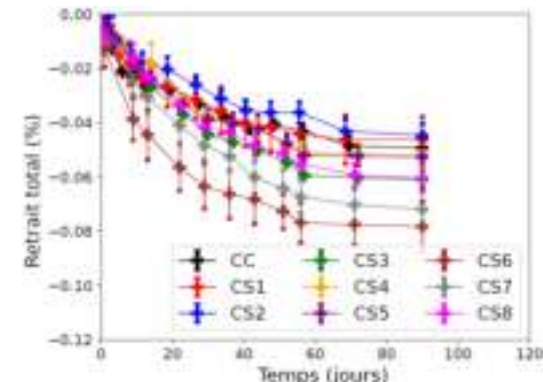
Un C30/37
XC4
S4



❑ 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

Potentiel de valorisation des sédiments fluviaux

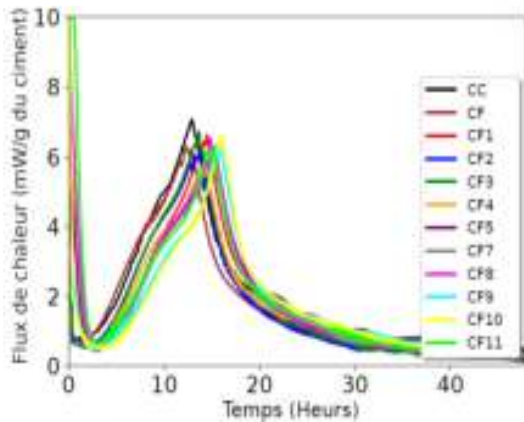
I. Les bétons structuraux à base de sédiments de dragage (SD)

C- Les SD comme filler (kg/m³)

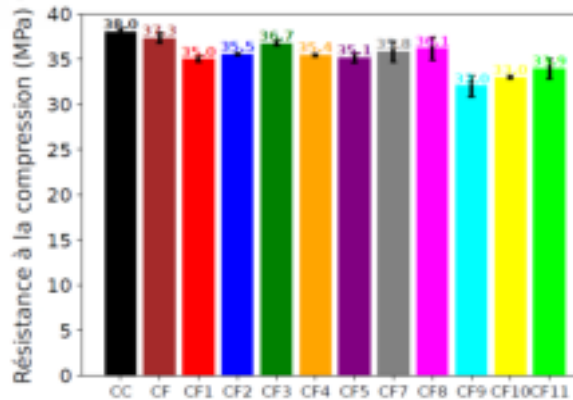
	CEM I	Filler	Fines	0/4 N	4/20 N	E _{eff} /L
CC	335	-	-	881,1	814,4	0,55
CF	301,5	31,7	-	881,1	814,4	0,55
CFi	301,5	-	10% vol.	881,1	814,4	0,55

Un C30/37
XC4
S4

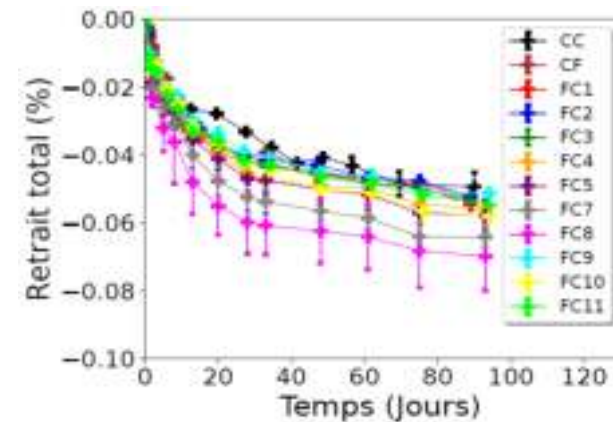
MO=5-15%



☐ Faible impact sur l'hydratation

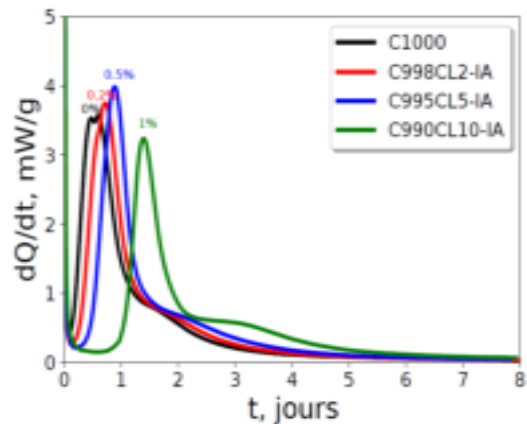
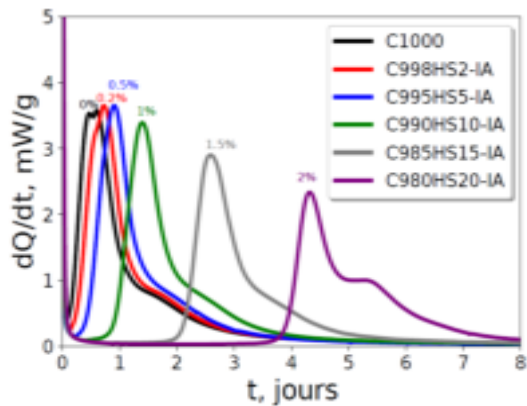


☐ 8 C30/37 et 3 C25/30 (CF9, 10 et 11)



☐ + MO et + Abs → + de retrait

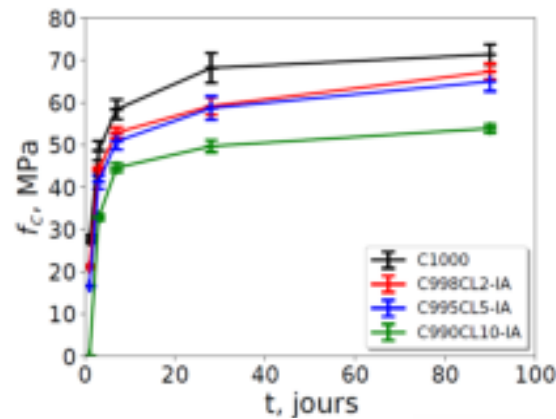
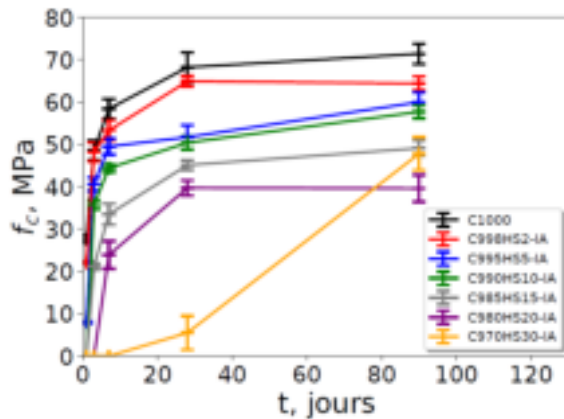
Propriétés de la pâte du ciment vs. % Matière Organique (MO)



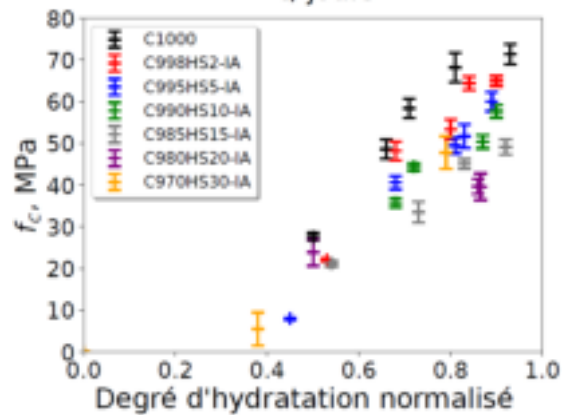
**Adsorption des
SH/LC** +



Propriétés de la pâte de ciment vs. % Matière Organique (MO)



➤ Une **baisse** significative de **Fc**, notamment au **jeune âge** pour SH/LC



➤ A 90 jours, même chaleur dégagée mais résistance différente

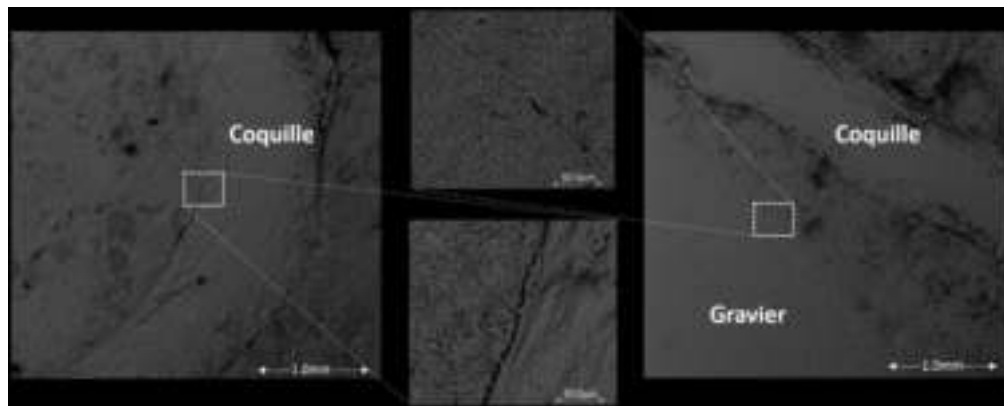


Les produits d'hydratation sont différents

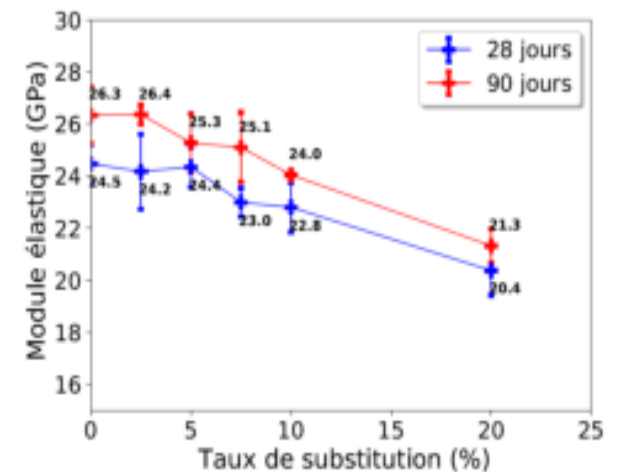
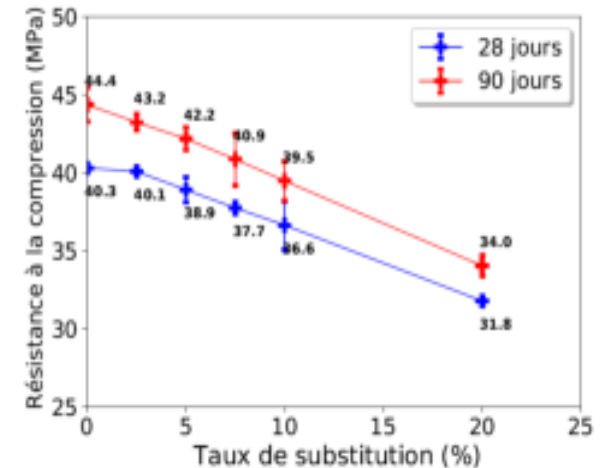
Une partie des substances est piégée par les produits d'hydratation
→ baisse de Fc

Propriétés du béton vs. % coquillages (coq.)

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 du béton vs. % coquillages (coq.)

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

Conclusions

- ❑ Les sédiments franciliens constituent une **ressource stable et assez propre** pour être utilisés dans les bétons :
 - ❑ Un **simple tamisage** permettrait de récupérer un sable ou un gravier directement utilisable comme granulat.
 - ❑ La **fraction fine** des sédiments peut être utilisée **comme substitut du ciment sans traitement**.
- ❑ Une **teneur limitée en matière organique est tolérable**, d'autant plus que son effet est analogue à celui d'un **plastifiant**.
- ❑ Les **coquillages** affectent les propriétés mécaniques du béton, du fait de la **mauvaise adhérence** entre le mortier et le coquillage. Le coefficient de diffusion est moins affecté que les propriétés mécaniques.

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. Beddaa Hamza, Ben Fraj Amor and Ducléroi Samantha, 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>
8. Beddaa Hamza, Tischiop Junior, Ben Fraj Amor and Somé Cyrille, Reuse of river sediments in pervious concrete: Towards an adaptation of concrete to the circular economy and climate change challenges, **Construction and Building Materials** 2023, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006182300154X?dgcid=coauthor>

Mes remerciements à mes co-auteurs:

A. Ben Fraj, F. Lavergne, J-M. Torrenti, J-F. Barthélémy,
I. Ouazi, J. Tischiop, C. Somé, S. Ducléoir

Merci de votre attention

Hamza BEDDAA
CEREMA
120 route de Paris 77171 SOURDUN
Hamza.beddaa@cerema.fr