

Caractérisation du transport diffusif et l'influence de la microstructure dans les mortiers à base de ciment CEM I et fumée de silice (FS)

Encadrants CEA : Wissem DRIDI
(DPC/SECR/LECBA)

Zineb BAJJA

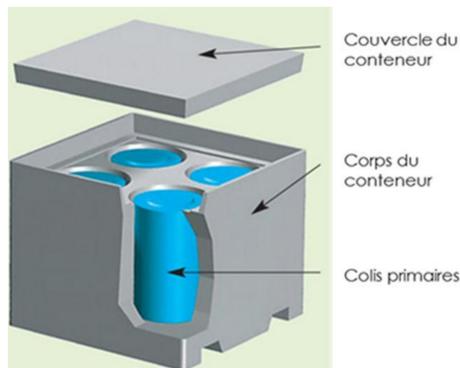
Début thèse : Octobre 2013

Directeur de thèse : Rachid BENNACER
Ecole doctorale : EDSP ENS CACHAN

Contexte et objectifs

Dans le concept de stockage en surface des déchets de faible et de moyenne activité, les matériaux cimentaires sont principalement utilisés comme barrière de confinement.

En particulier, les formulations à base de **CEM I** et de **fumée de silice** sont utilisées dans les colis primaires pour le stockage des déchets nucléaires (exemple formulation F44).

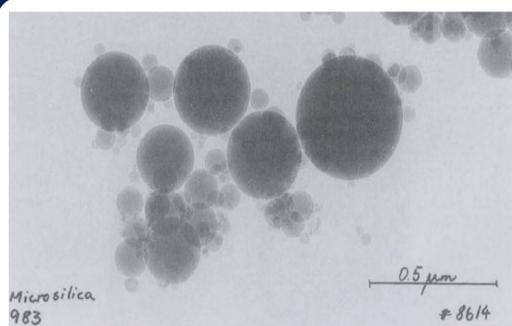


Conteneur en béton F44 (CEA/DEN, e-den 2008)



L'importance de l'étude de la microstructure et des propriétés de confinement de ces matériaux et l'effet de la présence de la FS.

Démarche

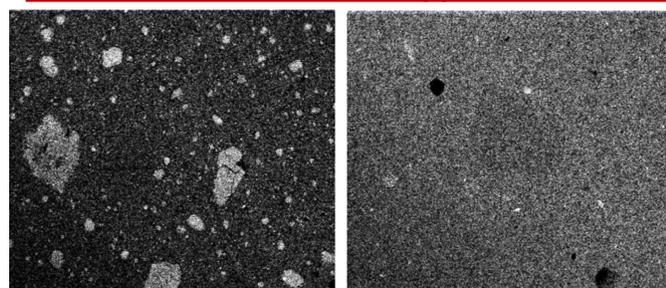


Particules individuelles de FS vues au MET [Hewlett, 2004]

La forme la plus courante de la FS est une poudre grise composée d'ultrafines :

- Particules amorphes, sphériques (ϕ moyen entre 0,1 et 0,2 μm).
- Une quantité minimale de 85% de SiO_2 .
- Densité ≈ 2 à 2,25 [Regourd, 1983].
- Poudre de 20 à 100 fois plus fines que les grains de ciment.

En réalité la FS forme des agglomérats au sein du matériau.



Cartographie Si sur des pâtes CEM I avec 10% de FS S95 DM en poudre (à gauche) et (à droite) avec slurry (FS en suspension liquide)

Le slurry offre une meilleure dispersion de la FS. Il sera donc utilisé dans toutes les formulations.

Résultats

1. Choix des formulations:

Mortiers avec différentes teneurs en FS, en sable et des rapport e/c variables.

Série	Notation	Rapport massique e/c	Rapport massique m(FS)/c	Fraction volumique de sable : s/c	Granulométrie utilisée
Série 1	SN. (10%) 0%	0,456	10%	0%	---
	SN. (10%) 10%	0,456	10%	10%	S. Normalisé
	SN. (10%) 30%	0,456	10%	30%	S. Normalisé
	SN. (10%) 50%	0,456	10%	50%	S. Normalisé
	SN. (10%) 60%	0,456	10%	60%	S. Normalisé
	SN. (10%) 65%	0,456	10%	65%	S. Normalisé
Série 2	SF. (10%) 10%	0,456	10%	10%	S. Fin
	SF. (10%) 30%	0,456	10%	30%	S. Fin
	SF. (10%) 40%	0,456	10%	40%	S. Fin
	SF. (10%) 50%	0,456	10%	50%	S. Fin
	SG. (10%) 50%	0,456	10%	50%	S. Grossier
Série 3	SN(20%). 0%	0,51	20%	0%	---
	SN(20%). 50%	0,51	20%	50%	S. Normalisé
	SN(10%). 0% (b)	0,55	10%	0%	---
	Pâte F44 (slurry)	0,334	10%	0%	---

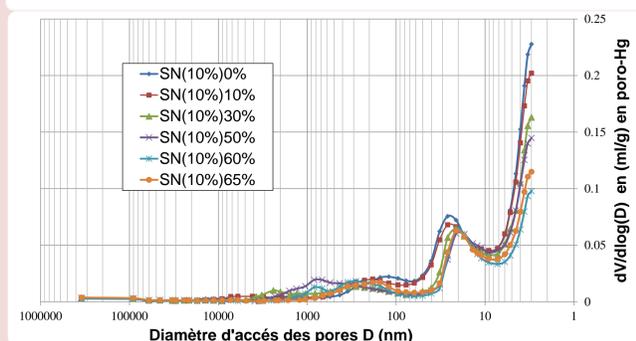
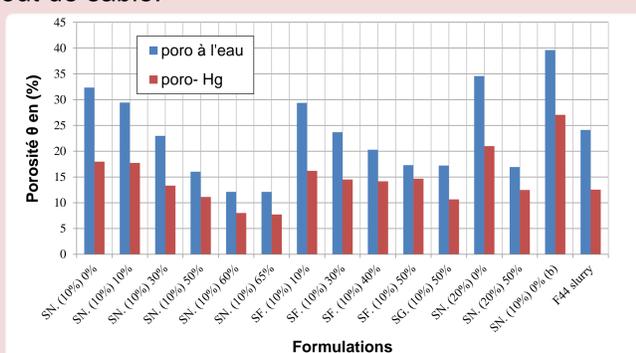
2.2. Degré d'hydratation:

Les matériaux sont bien hydratés et sont donc considérés comme « stables ».

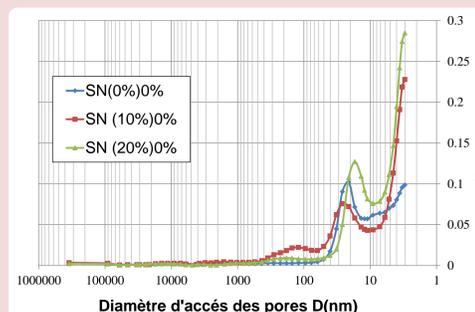
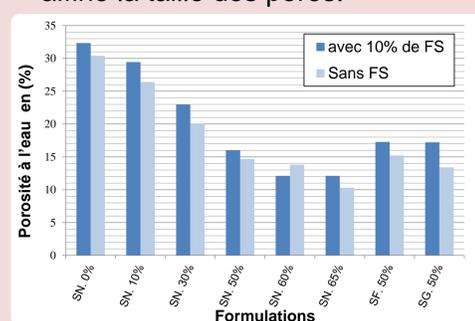
Formulation	SN(10%) 0%	SN(10%) 10%	SN. (10%) 30%	SN. (10%) 50%	SN. (10%) 60%	SN. (10%) 65%
Perte au feu entre 60 et 550°C	87,95%	88,57%	85,17%	83,51%	86,18%	85,96%

2.1. Caractérisation de la microstructure: Porosité à l'eau et au mercure

- La porosité à l'eau suit la loi de dilution $V_{\text{mortier}} = V_{\text{pâte}} \times (1 - V_{\text{ag}})$.
- La porosité capillaire est plus fine à fortes teneurs en sable, et la porosité des hydrates diminue graduellement avec l'ajout de sable.

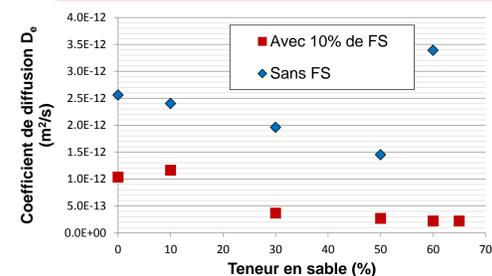


- La présence de la FS augmente la porosité totale du matériau mais affine la taille des pores.



3. Diffusivité des matériaux:

- La diffusivité est 2 à 5 fois plus faible en présence de FS.
- La diffusion des mortiers avec FS ne suit pas une loi de dilution.



Conclusions et perspectives

Une étude partielle de la microstructure des matériaux a été réalisée. La suite du travail consiste à continuer l'investigation de la microstructure par le MEB et la tomographie, et à déterminer les propriétés de transport par diffusion HTO. Ces résultats expérimentaux seront ensuite confrontés aux modèles numériques et analytiques.