



# Attaques biochimiques

Marielle Guéguen Minerbe,  
Université Gustave Eiffel, MAST/CPDM



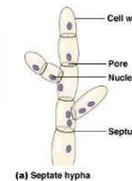
## De quoi parle-t-on ?

Attaques des matériaux gouvernées par des microorganismes dans différents environnements

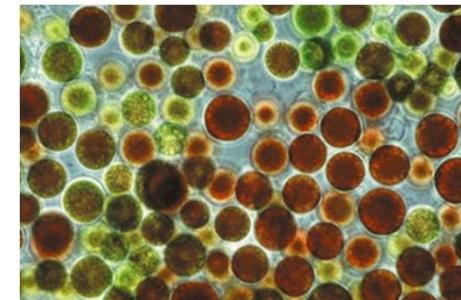
Bactéries



Micro-champignons



Microalgues



➔ Peut impacter la durabilité des matériaux et des structures

## Exemple : Assainissement – en présence d'H<sub>2</sub>S

Apparitions de plus en plus fréquentes de désordres dans les canalisations d'assainissement lors des ces 15 dernières années.

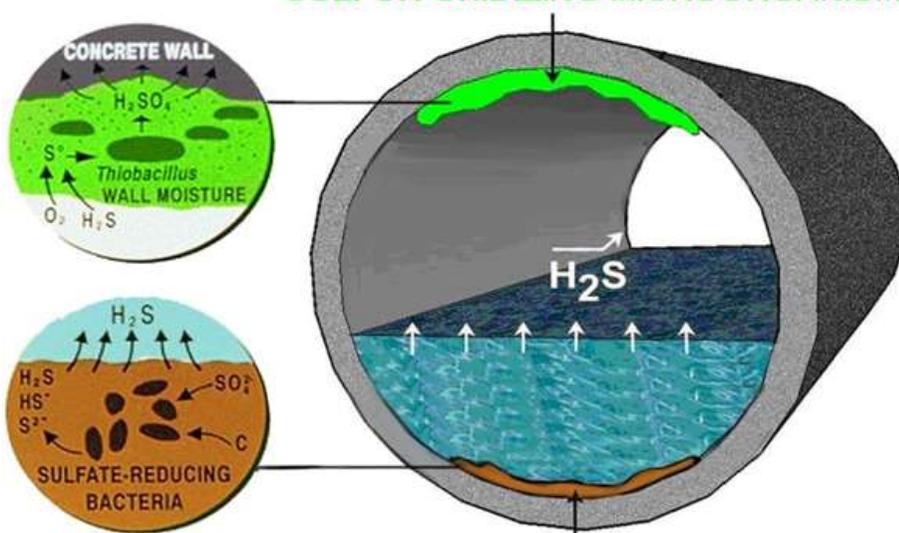


- Dépôts blanchâtres
- Effritement du matériau
- Effondrement des propriétés physiques et mécaniques

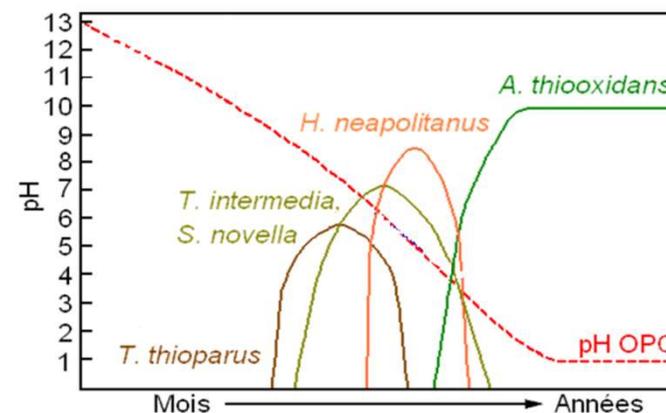
## Mécanismes de biodétérioration des matériaux cimentaires dans les réseaux d'assainissement en présence d'hydrogène sulfuré



SULFUR-OXIDIZING MICROORGANISMS



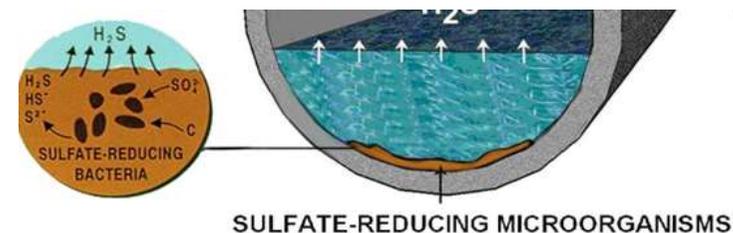
SULFATE-REDUCING MICROORGANISMS



**Objectif:** Mise en place d'un essai en laboratoire représentatif et accéléré de la biodétérioration en présence d'H<sub>2</sub>S.

# Paramètres influant la production d'hydrogène sulfuré

- Teneur en  $O_2$  dissous ( $[O_2] < 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ )
- Concentration en sulfates
- Nutriments
- Conception de l'ouvrage
  - Temps de séjours
  - Vitesse d'écoulement
  - Phase anaérobie suivie par des turbulences
  - Surdimensionnement du réseau
  - Intrusion d'eau saumâtre, d'eau de mer

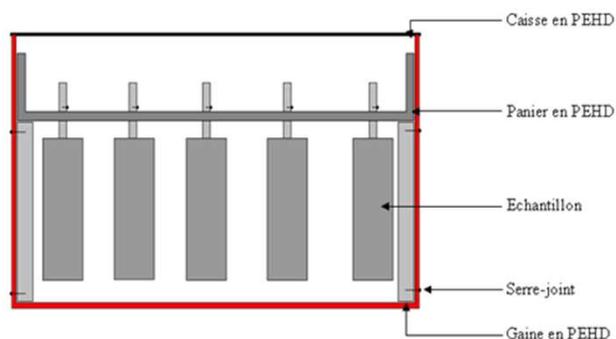


## Exposition *in situ*

Caisse contenant différents mortiers : liant + sable siliceux normalisé (S/C = 3 et E/C = 0,5)

5 liants différents ont été utilisés :

- CEM I ;
- CEM III B (laitier de hauts fourneaux) ;
- CEM V A (laitier de hauts fourneaux et cendres volantes) ;
- CAC (ciment d'aluminate de calcium) ;
- CSS (ciment sur-sulfaté).

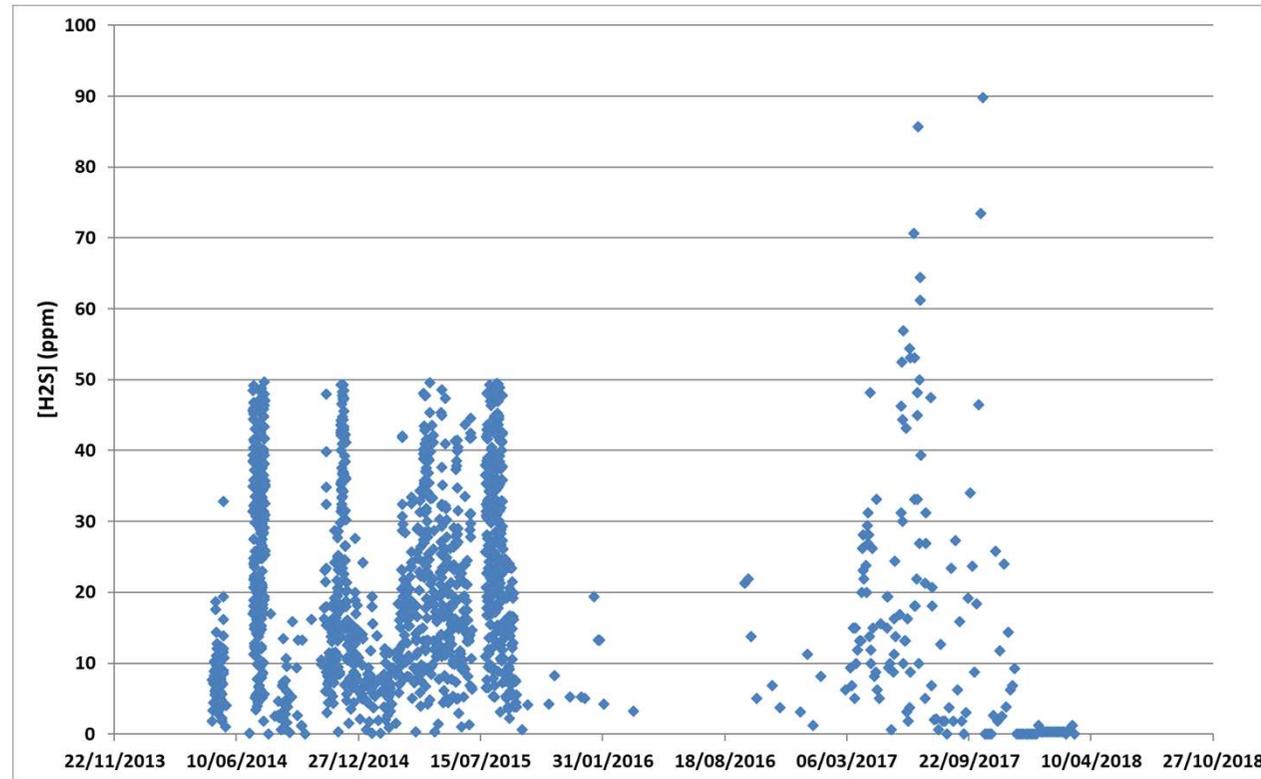


Paramètres suivis :

- aspect visuel ;
- masse ;
- géométrie ;
- et pH de surface.



# Teneur en H<sub>2</sub>S



Moyenne : 21 ± 14 ppm  
 Minimum : 0 ppm  
 Maximum : 89,8 ppm

1<sup>er</sup> quartile 9,34 ppm  
 Médiane : 18,08 ppm  
 3<sup>ème</sup> quartile : 30,91 ppm

Initial      1 an      1,5 an      1,9 an      2,4 ans      3,6 ans



Début des dégradations  
dès 1,5 an dans la  
porosité et la partie basse  
– formation de gypse



Début des dégradations  
dès 1,9 an en surface –  
matière pulvérulente



Début des dégradations  
dès 1,5 an en surface  
avec formation de  
gypse



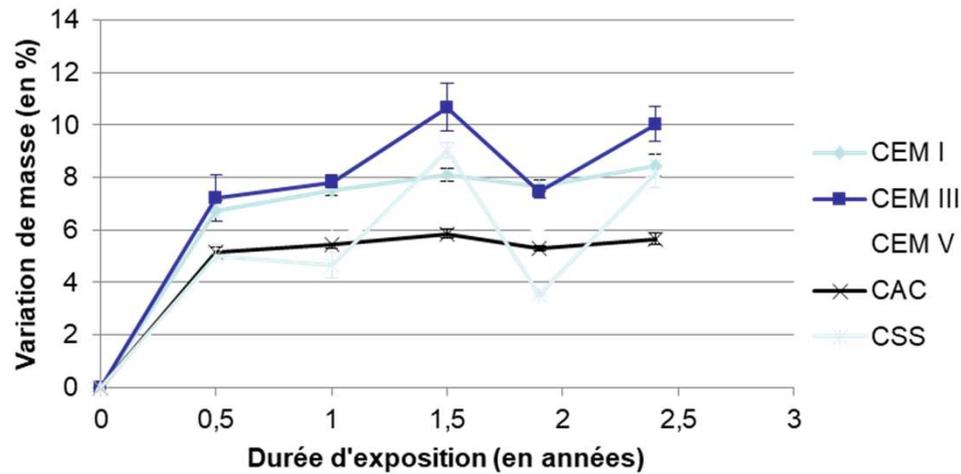


Début des dégradations dès 1,5 an dans la porosité et la partie basse – formation de gypse

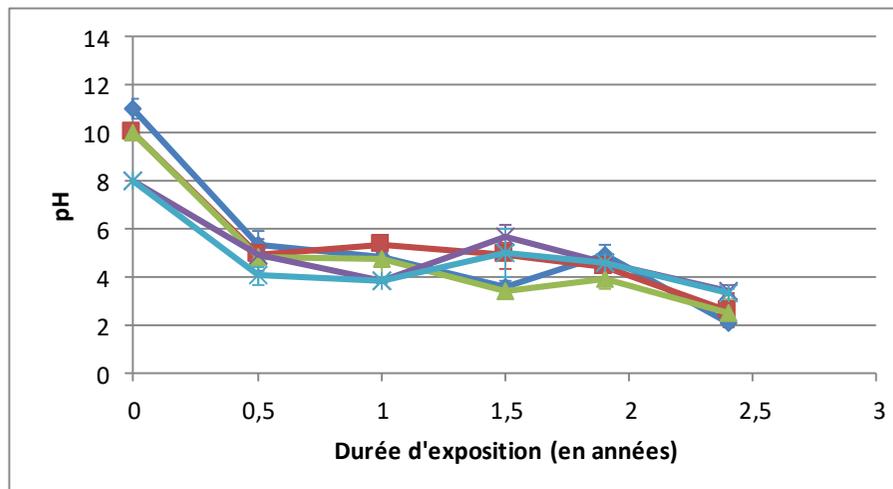
Quelques traces de dégradations au bout de 2,4 ans

Pas de dégradation visuelle mais présence de matière pulvérulente

# Résultats



Uniquement prise de masse liée à l'humidité



Stabilisation rapide du pH de surface  $\approx 5$   
Dernière échéance pH = 2-3

# Résultats



CEM I



CEM III



CEM V



Etude de l'épaisseur dégradée

CAC



CSS



- Classement des mortiers :  
CEMI ; CEM V < CEM III < CAC et CSS

→ Désordres observés sur matériaux cimentaires

→ Nécessite un test en laboratoire



Quelques chiffres : (source : L'eau, l'industrie, les nuisances n°414)  
En France, le béton représente plus des deux tiers des canalisations de gros diamètres (300 à 2000 mm).

« En terme de durée de vie, on s'engage à ce que le béton dure au moins 100 ans. »



## Méthodes: Essai de biodétérioration accéléré



### Prétraitement abiotique

- $[H_2S] = 100$  ppm
- 2 semaines
- $T = 30^\circ C$
- HR = 100 %

### Test d'activité des microorganismes

- Inoculation dans une solution de nutriments
- 2 semaines
- $T = 30^\circ C$

### Étalement des boues activées

- $[H_2S] = 100$  ppm
- 6 mois
- $T = 30^\circ C$
- HR = 100 %

### Evaluation du comportement dans le temps des matériaux cimentaires

- Aspect visuel et pH de surface
- Mesure d'une perte de masse
- Mesure d'une épaisseur dégradée

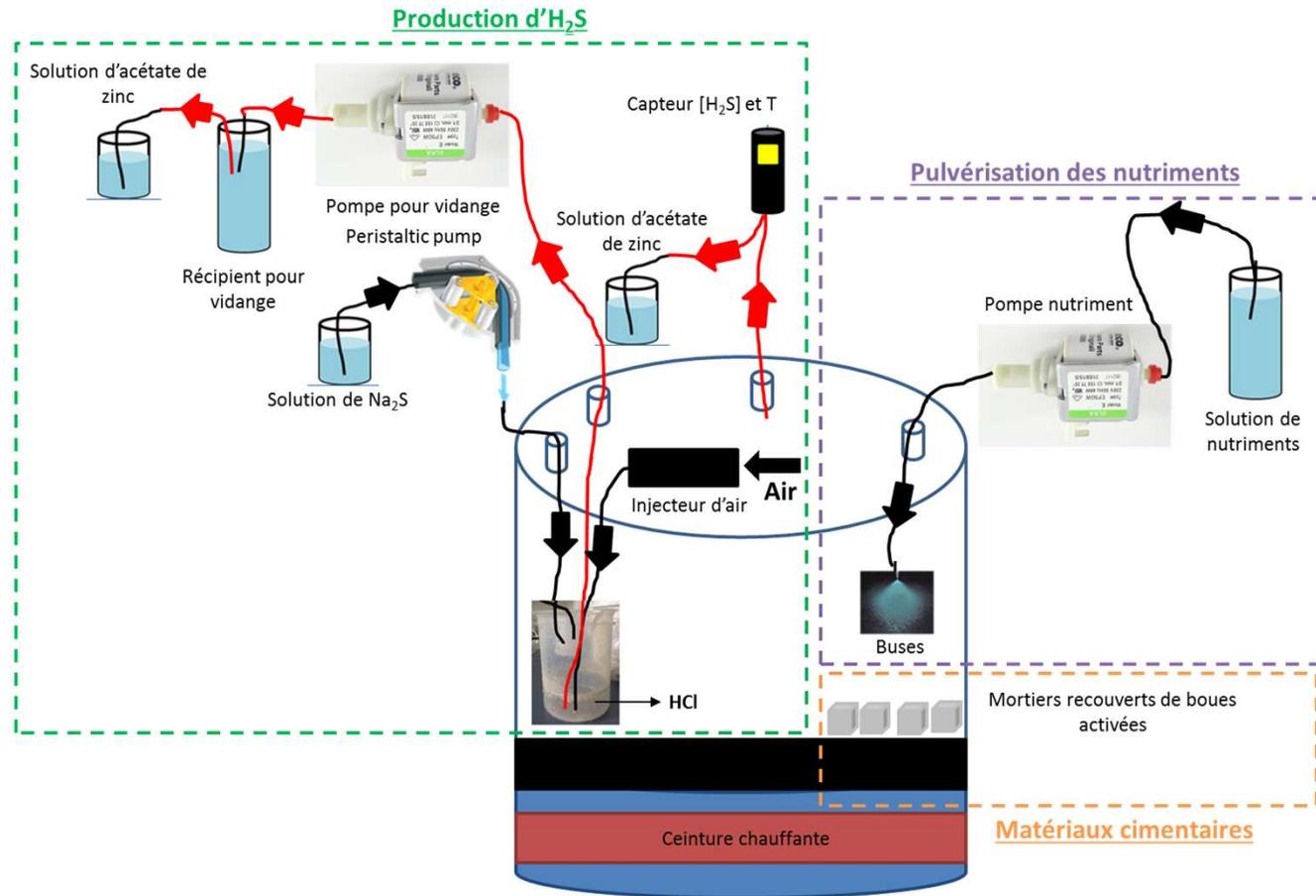
## Méthodes: Test d'activité des microorganismes

- Utilisation d'une boue activée directement prélevée dans un bassin d'épuration
- Vérification de la production d'acide



- Inoculation de la boue activée dans un milieu de nutriments
- Suivi du pH du milieu microbien en fonction du temps

# Méthodes: Essai de biodétérioration accéléré





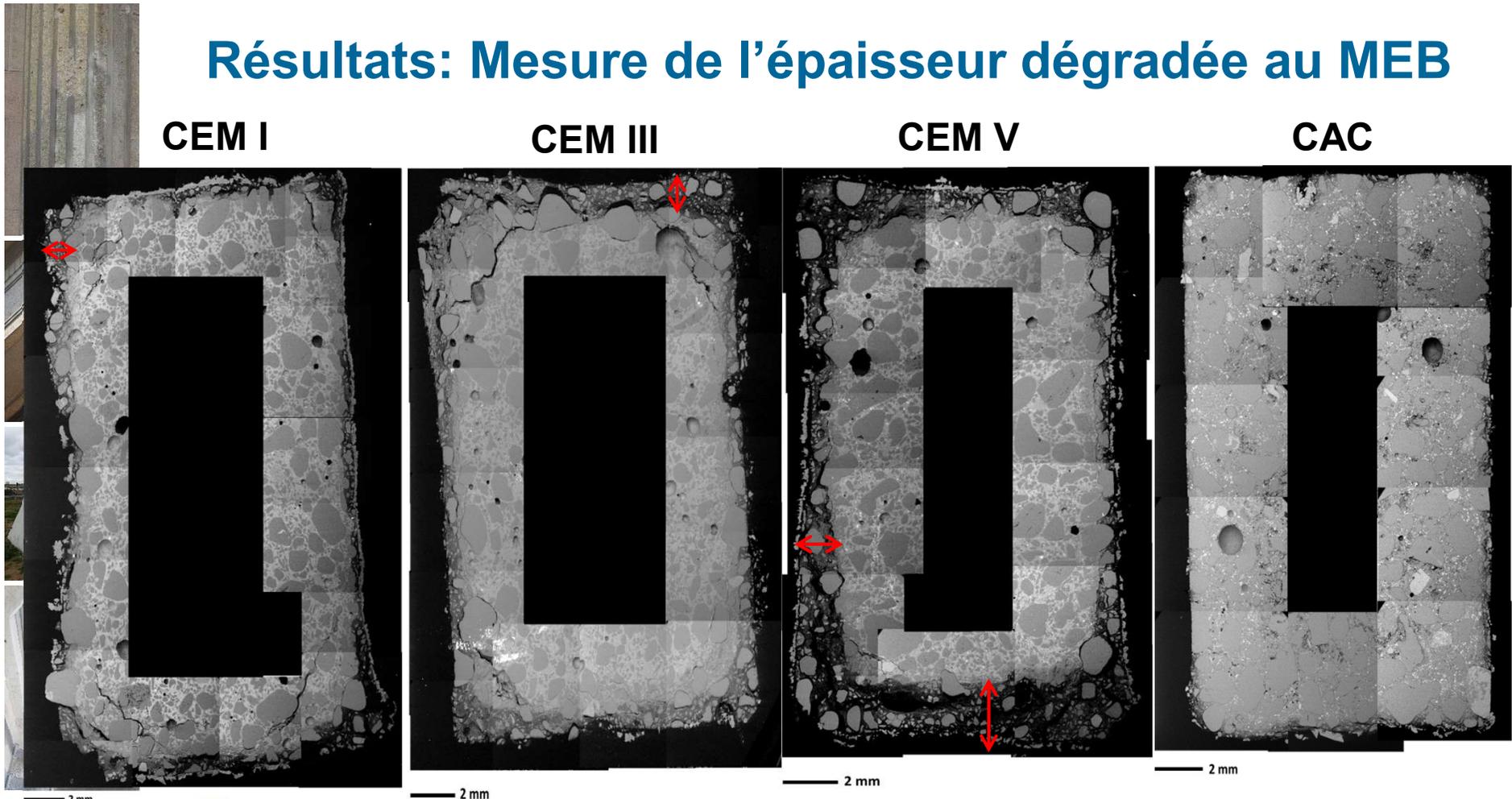
## Résultats: Aspect visuel et pH de surface



Matériaux cimentaires	pH après 6 mois
CEM I	2.7 ± 0.5
CEM III	2.6 ± 0.4
CEM V	2.5 ± 0.5
CAC	4.7 ± 0.3

- Détérioration des ciments Portland après 6 mois d'exposition.
- Meilleure résistance des ciments CAC avec un pH de surface plus élevé que les ciments Portland
- Indicateur grossier ne permettant pas de différencier les ciments Portland entre eux avec précision

## Résultats: Mesure de l'épaisseur dégradée au MEB

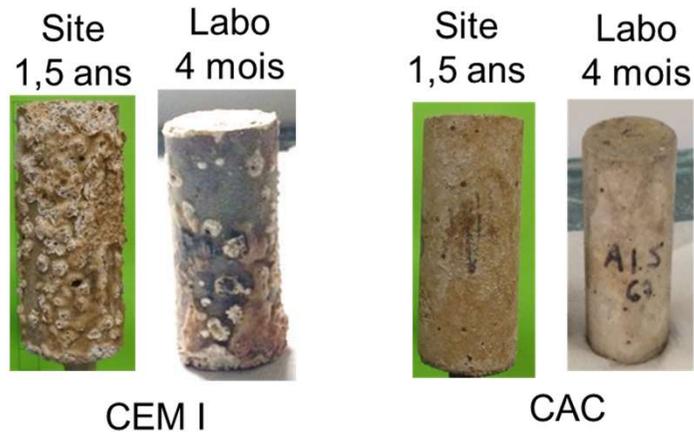


- Proposition d'un classement de résistance aux mécanismes de biodétérioration:

CEM V < CEM I et CEM III < CAC

# Conclusion et Perspectives

- Mise en place d'un test représentant et accélérant les conditions des réseaux d'assainissement



- Questionnement sur la définition des classes FD P 18-011

- les valeurs seuil ;
- moyenne, répartition ;
- durée d'échantillonnage;
- ...

- Questionnement sur le choix des matériaux





# Merci de votre attention

[marielle.gueguen@univ-eiffel.fr](mailto:marielle.gueguen@univ-eiffel.fr)

<https://www.cpdm.ifsttar.fr/>