

# **Thèse : CARACTERISATION MULTIPHYSIQUE ET ÉTUDE DE LA DURABILITÉ D'UN SOL TRAITÉ À LA CHAUX POUR UNE APPLICATION AUX DIGUES MARITIMES**

## **Méthodologie et premiers travaux**

# CONTEXTE

- CPER-FEDER Digue 2020



Région  
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur

Plate-forme de recherche pour les digues maritimes de protection contre les submersions: digue en sol traité à la chaux

- Acteurs du projet



IFSTTAR



Cerema

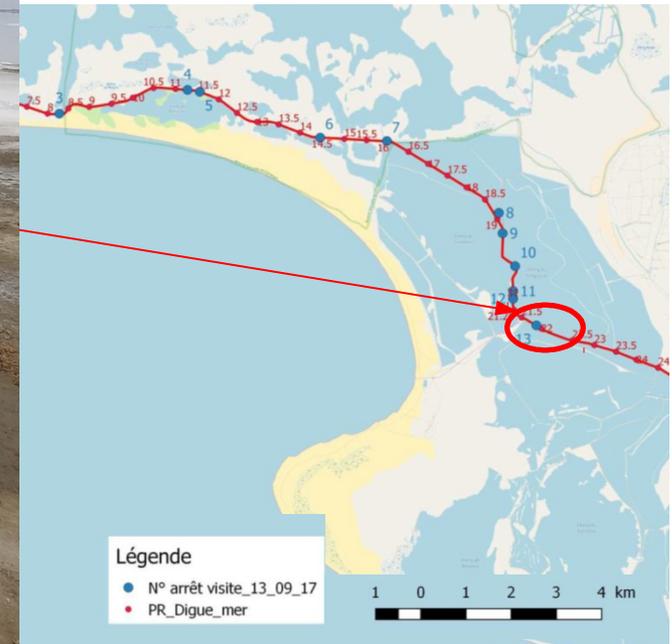


## • Localisation de la futur plate-forme

Choix issue d'une analyse multicritère comprenant  
intérêt scientifique et acceptabilité



Région  
Provence  
Alpes  
Côte d'Azur



# METHODOLOGIE DE L'ETUDE

- **Problématiques**

Le sol traité à la chaux tel qu'il est préparé et compacté en chantier est-il apte à garantir au cours du temps l'intégrité de la digue maritime?

.

Quelles propriétés initiales du matériau traité contrôle le plus sa durabilité?

# METHODOLOGIE DE L'ETUDE

- **Caractérisation du sol utilisé pour l'étude de laboratoire**

**Limon « Salin de Giraud »**

**Limon marron clair**  
**Présence de racines**

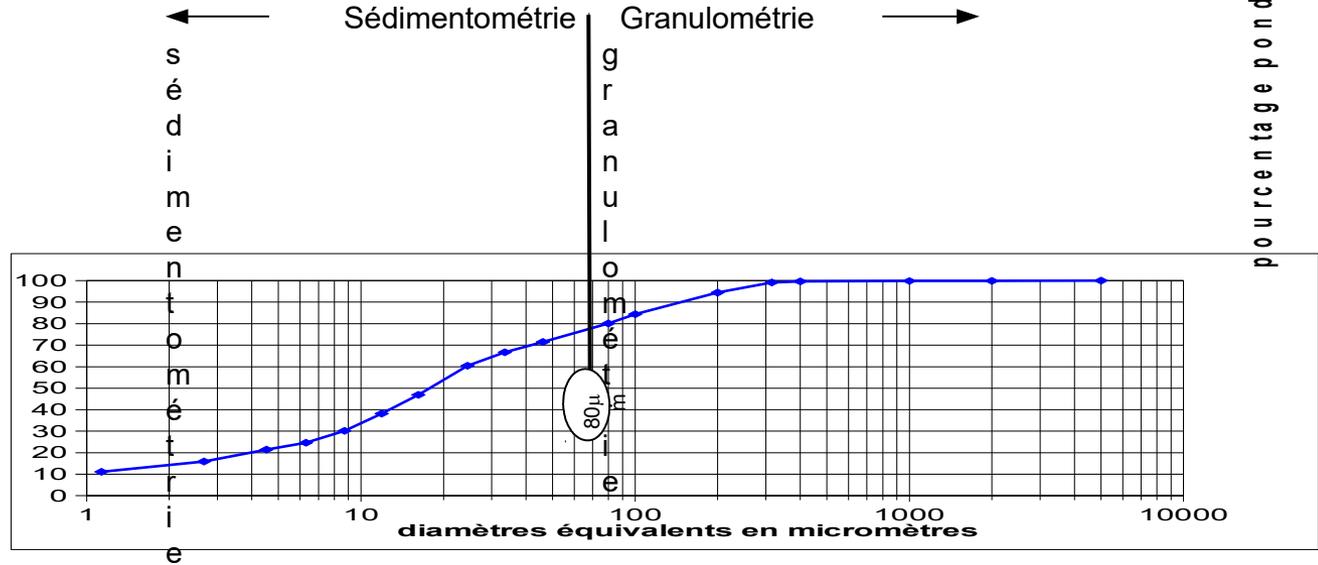


# Durabilité des sols traités à la chaux en environnement marin



pourcentage pondéral en %

Analyse  
granulométrique  
(P94.041 et  
P94.057)  
**Limon sableux**



VBS (NF 94-068)  
**>1.10 g/100g**

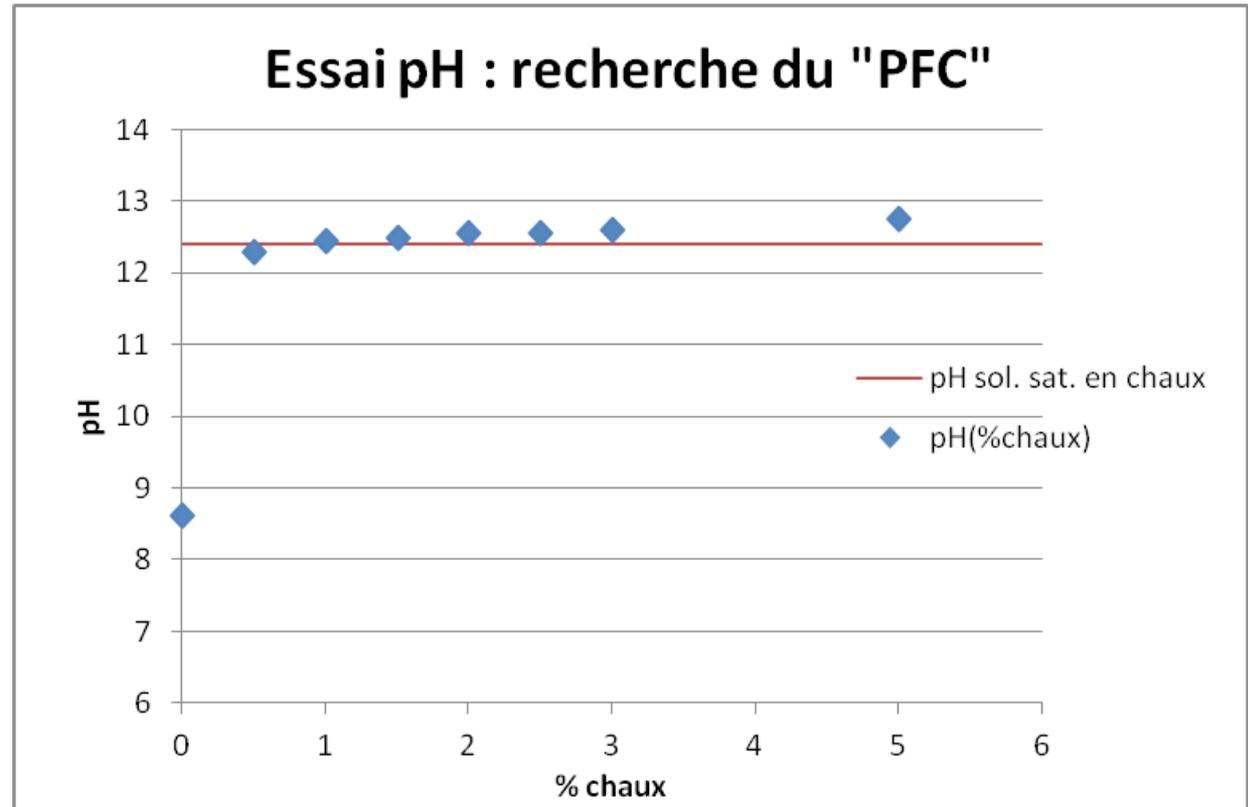
Limites d'attergerg  
(NF P94-052-1)  
**IL=26.2**

→ **Limon A1 peu plastique**

« PFC »: Point de  
fixation de la chaux  
(ASTM D6276)

Quantité de chaux  
consommé lors des  
réactions  
instantanées au  
contact du sol

→ PFC = 1%



A venir...

Minéralogie par analyse DRX  
Test d'aptitude au traitement

# METHODOLOGIE DE L'ETUDE

## • Variabilité des matériaux

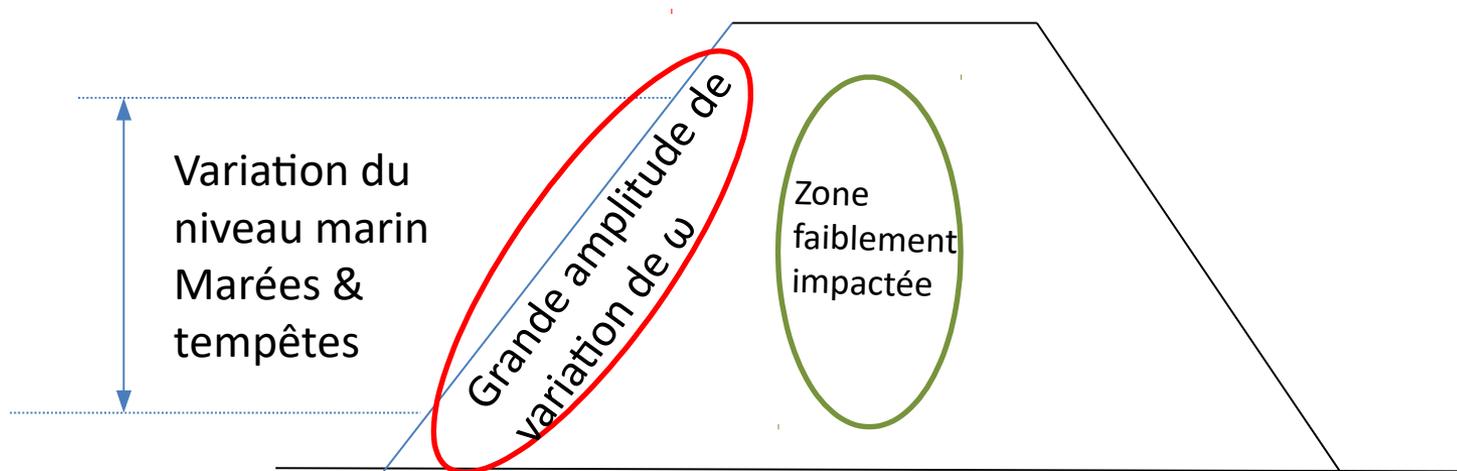
D=95%OPN

- **Deux lots d'échantillons traités à 2% de chaux :**
  - (TWc2) préparé à l'eau du robinet
  - (SWc2) avec une **solution d'eau de mer reconstituée** (NF P18-837)
- Un lot (Nat) **non traité, non salé**
- 
- Un lot (TWc4) traité à **4% de chaux**
- Un lot (TWd98) traité à 2% de chaux et compacté à **98% de l'OPN**

# METHODOLOGIE DE L'ETUDE

## • Vieillissement

- Accélérer les variations hydriques les plus intenses et supposées les plus dommageables.
- Evaluer l'effet de l'eau de mer sur les propriétés du matériaux

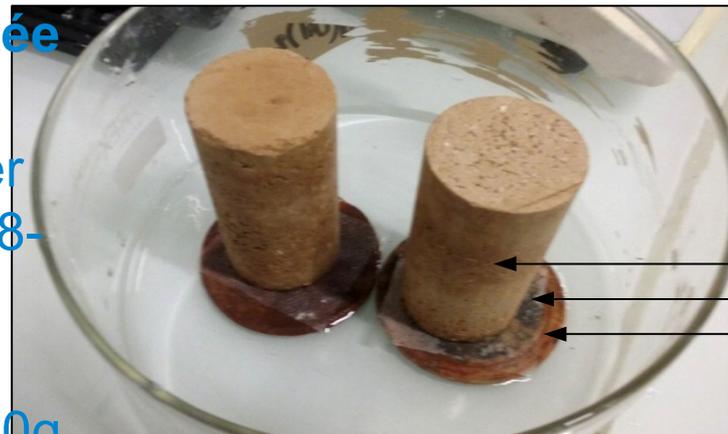


# METHODOLOGIE DE L'ETUDE

## • Vieillissement

### Caractéristique du cycle

- **Séchage** sous condition contrôlé en chambre climatique:  
**20°C, 60%** d'humidité relative
  - **Jusqu'au point d'entrée d'air**
  - **Durée : environ 24h**
  
- **Humidification par montée capillaire.**
  - Solution d'eau de mer reconstitué (NF P18-837)
  - Jusqu'à **90% de w initiale** (environ 100g d'eau)



— Eprouvette  
— Papier filtre  
— Pierre poreuse

# METHODOLOGIE DE L'ETUDE

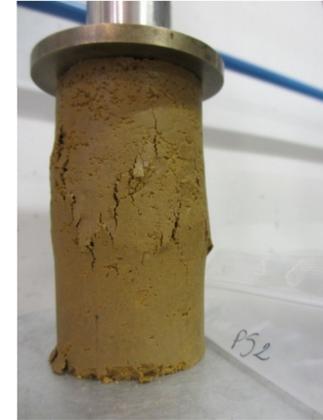
- **Etudes multi-physique**

- Caractériser le comportement mécanique, hydromécanique et érosif du matériau en fonction des sollicitations subies.

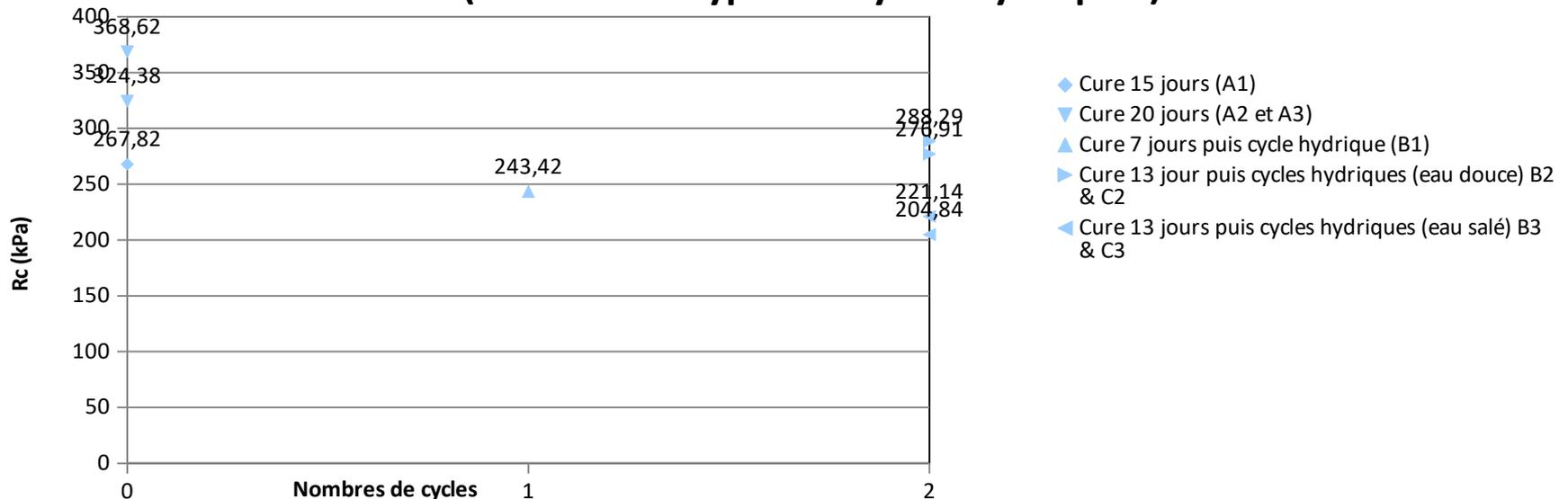
- Croiser les mesures géophysiques et celles destructives

## RÉSISTANCE EN COMPRESSION SIMPLE

(NF P94-077)



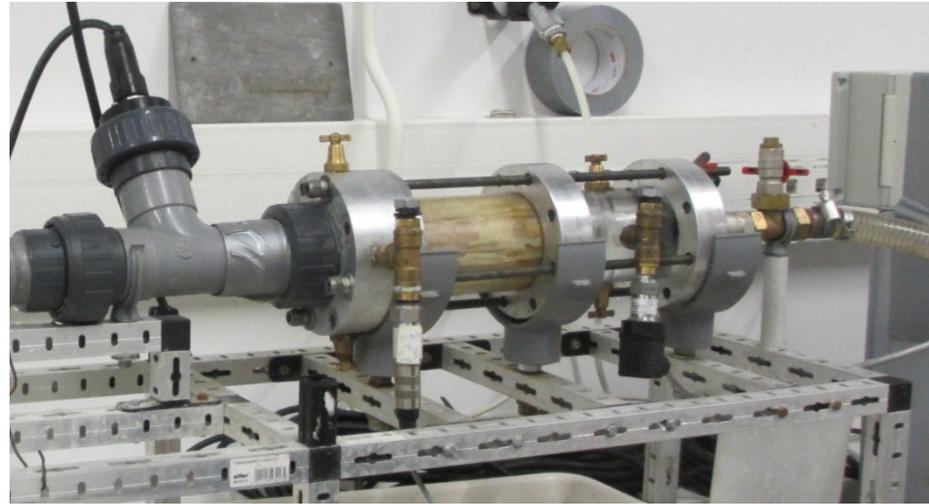
Rc (nombres et types de cycles hydriques)



## LOI D'ÉROSION INTERNE

### Essai « Hole Erosion test » (HET)

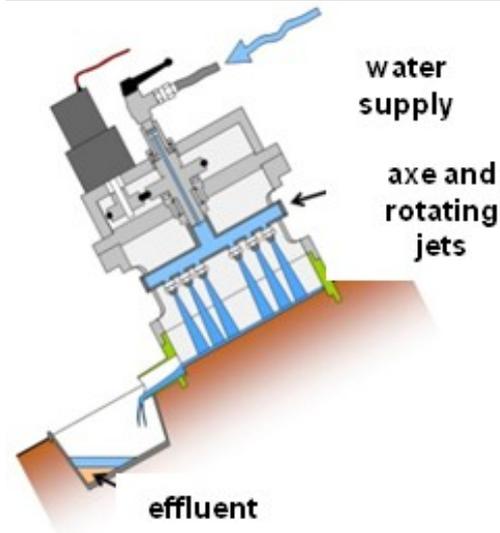
Sur échantillons de  
laboratoire & prélevé  
dans la digue



## LOI D'ÉROSION EXTERNE

### Essai Mobile Erosion Test (MoJET)

Labo & terrain

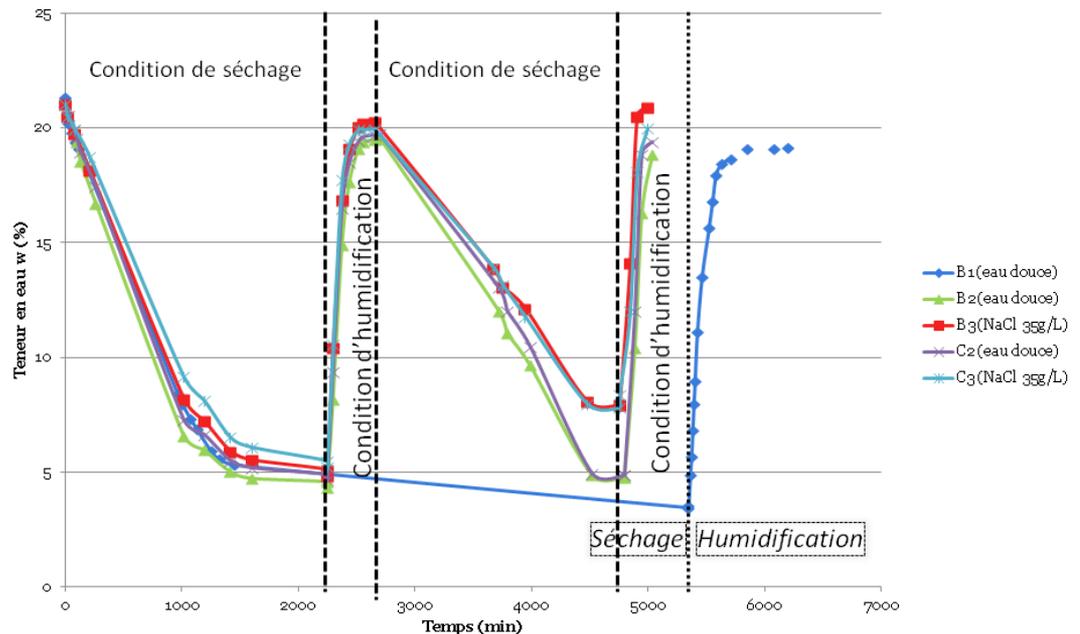
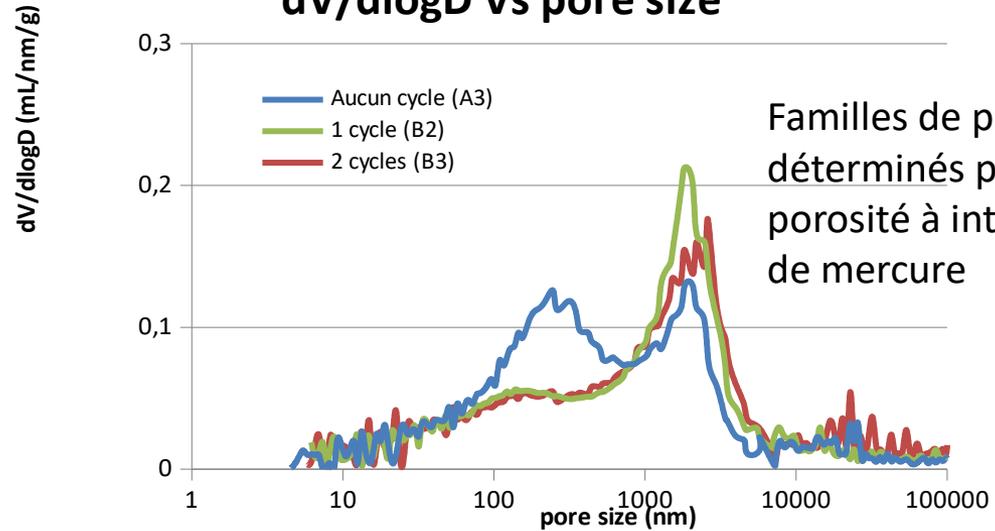


**PERMÉABILITÉ:  
APPROCHÉ PAR LE  
CALCUL**

**Perméabilité à l'état saturé:  
modèle de Katz-  
Thompson**

**Perméabilité à l'état non  
saturé: modèle utilisant  
les vitesses de montée  
capillaire & séchage**

**dV/dlogD Vs pore size**



## Résistivité

Suivi du matériau pendant  
la cure et les cycles  
hydriques

Fabrication d'une cellule à  
anneaux d'électrodes



## Ondes acoustiques P&S

Suivi du matériau pendant  
la cure et les cycles  
hydriques

## • Plan d'expérience

Caractérisation du sol (GTR)

Réactivité du sol au traitement

Choix des dosages

Paramètres de  
densification

Influence du temps  
de cure sur la  
durabilité

Traitement du sol et compactage

Cure à 20°C et w% constant

Caractérisation à  
7 jours

Caractérisation à  
28 jours

Caractérisation à  
90 jours

Caractérisation à  
365 jours

Vieillissement par  
cycles hydriques

Vieillissement par  
cycles hydriques

2

4

6

2

4

8

12

# Conclusion & perspectives

## 1 → étude de la durabilité au laboratoire

de Caractérisation du matériau après un nombre  
de sollicitations hydriques croissantes

## 2 → études in situ

de Caractérisation du matériau prélevé dans la  
digue à différents âges et comparaison des résultats de  
laboratoire