

Diagnostic d'ouvrages hydrauliques en terre en milieu maritime par Contrôles Non Destructifs et fusion de données

Projet CPER/FEDER DIGUE 2020

Scarlett GENDREY

Encadrement scientifique :
Direction : Vincent Garnier, LMA AMU
Co-direction : Cédric Payan, LMA AMU

Encadrement technique :
Pierre Azemard, Cerema Aix-en-Provence
Lucille Saussaye, Cerema Blois

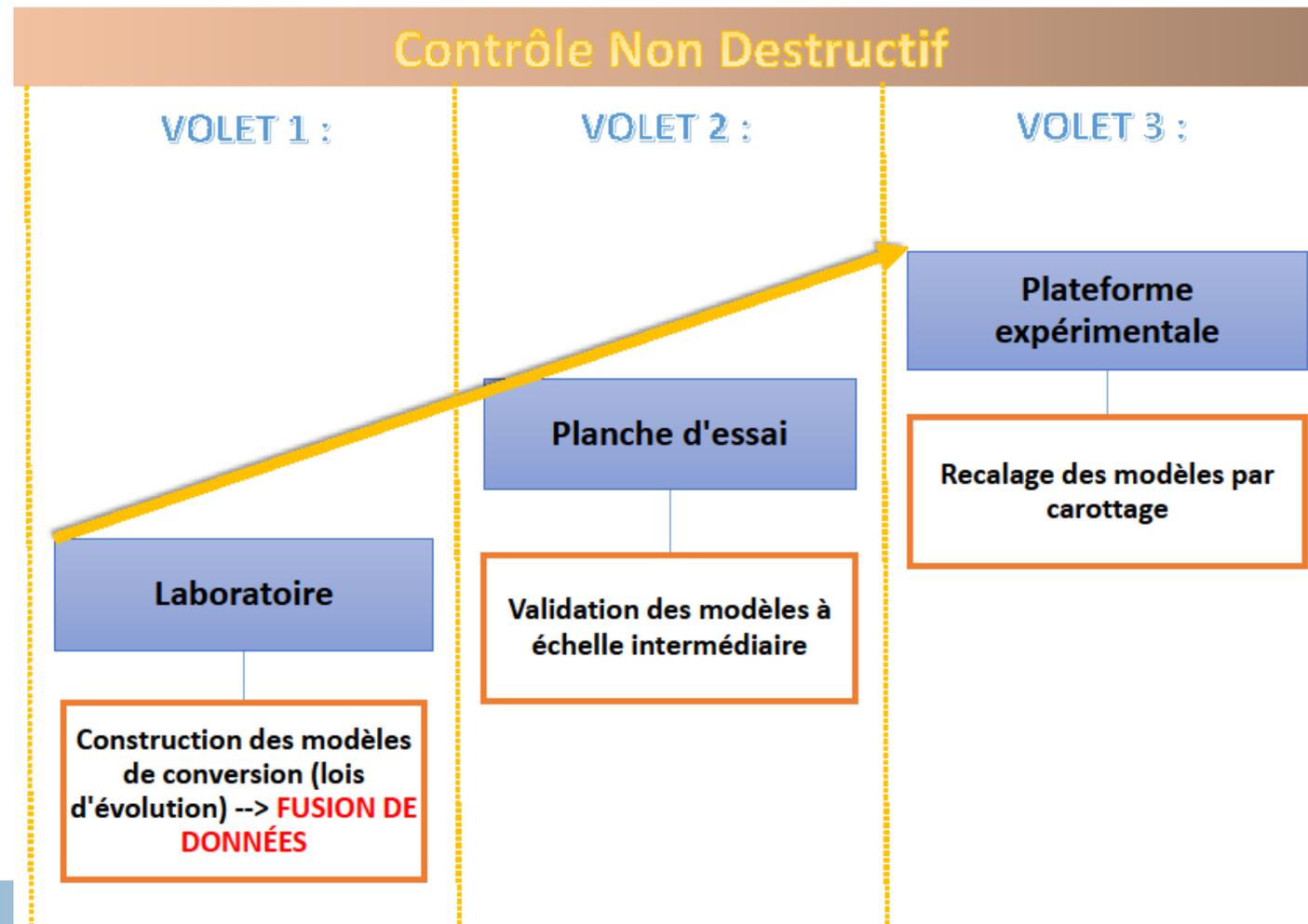
Cerema Méditerranée

Le projet Digue 2020

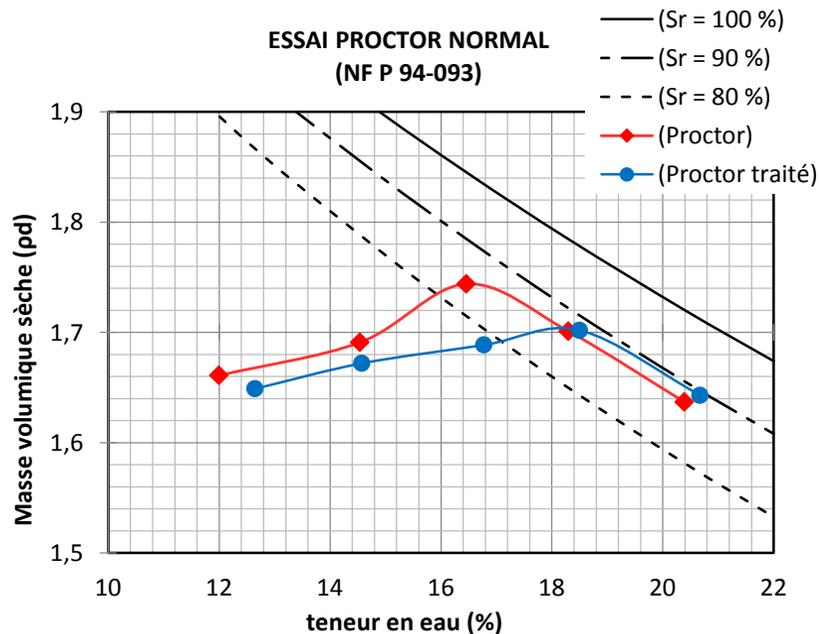
- **CPER-FEDER PACA 2017-2020**
- **Consortium :**
 - IRSTEA (porteur)
 - IFSTTAR, Cerema, UMR Espace (Amu-CNRS) et SYMADREM
- **Objectifs** : améliorer la compréhension des processus de dégradation des ouvrages hydrauliques en terre en milieu maritime grâce à la construction d'une plateforme de recherche in situ à taille réelle en région PACA
- **Ma thèse** : optimiser le diagnostic des OHT par fusion de méthodes CND pour un matériau naturel et pour un matériau traité à la chaux vive en milieu maritime
 - Direction LMA (UPR CNRS 7051)

Pathologies récurrentes aux OHT :

- Variation de densités (zones de décompression, vides, etc.)
- Singularités (réseaux enterrés, systèmes de racines)



Caractérisation géotechnique en laboratoire



Provenance	Salin-de-Giroux
Prélèvement	Tractopelle
Classification GTR	A1
% Sables fins	60
% limons	29
% argiles	8
% gros sables	3
$\rho_{d\text{OPN}}$ matériau naturel	1,74 Mg/m ³
w%_{dOPN} matériau naturel	16,5 %
$\rho_{d\text{OPN}}$ matériau traité à 2 % de CaO	1,7 Mg/m ³
w%_{dOPN} matériau traité à 2 % de CaO	18,5 %
Limite de liquidité W_L	30
Limite de plasticité I_p	4,3
Valeur au bleu	1,12

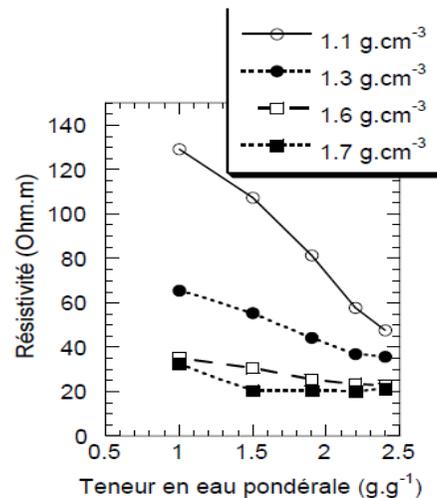
Caractérisation Non Destructives en laboratoire

- Modèles de conversion :
 - Paramètres observables :
 - La résistivité apparente
 - La permittivité relative
 - Les vitesses de propagation V_p et V_s
 - Indicateurs à teneurs en chaux et en sels fixes :
 - Teneur en eau massique et volumique
 - La masse volumique sèche apparente ramenée à l'OPN

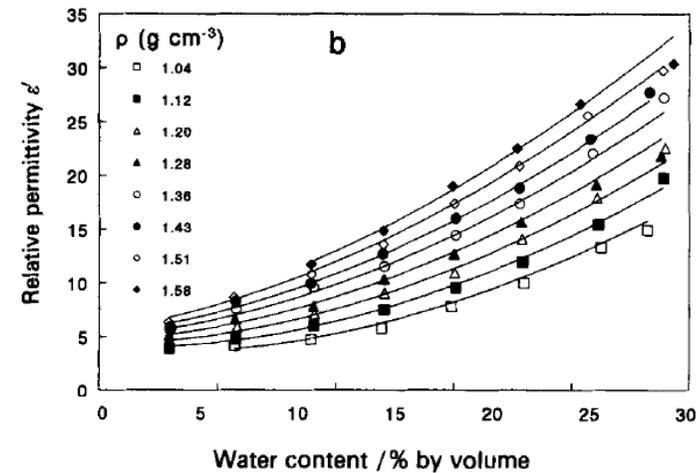
**Caractérisation
géotechnique + non
destructive
→ ~80 éprouvettes**

Caractérisation Non Destructives en laboratoire

	Teneur en eau (W%)	Salinité	Compactage (ρ_{dOPN})	Chaux (%)
Résistivité apparente (ρ_a)	+++	+++	++	À définir
Permittivité relative (ϵ_r)	+++	+	++	À définir
Vitesses des ondes (V_p, V_s)	+++	+	+++	+++



(Richard et al 2005)



(Perdocket et al 1996)

➤ Objectif :

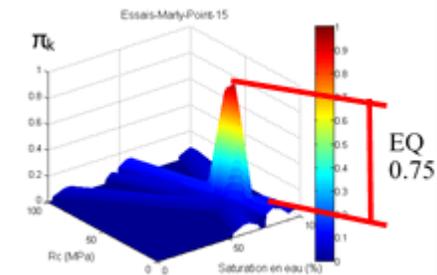
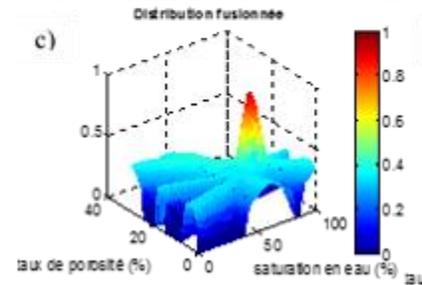
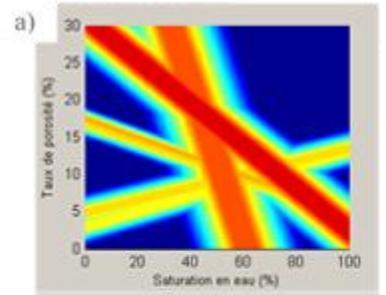
- Réduire l'incertitude sur l'information
- Obtenir une estimation plus fiable par rapport à celle provenant d'une seule source de données

➤ Principe :

- Construire la distribution des possibilités dans l'espace des « possibilités-indicateurs »
- Les pondérer par un niveau de confiance définie par le coefficient de détermination R2
- Combiner les distributions de possibilités par l'opérateur Delmotte :

$$\pi_o(ind) = (1 - \alpha_f^2) \max_k(t_k \pi_k(ind)) + \alpha_f^2 \min \left[\min_k(1 - t_k + t_k \pi_k(ind)), \max_k(\pi_k(ind)) \right]$$

- Évaluer le résultat de la fusion par le coefficient EQ



Extrait du projet de recherche ANR SENS0

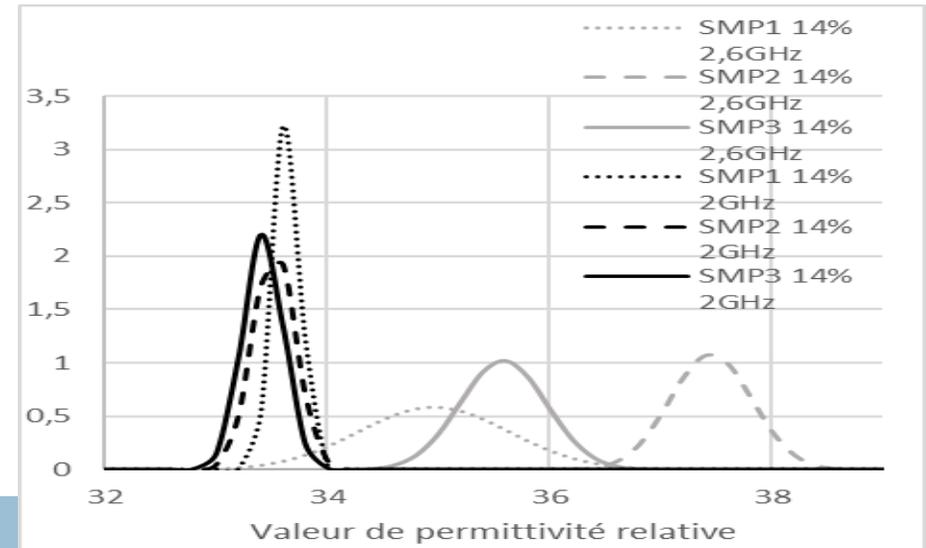
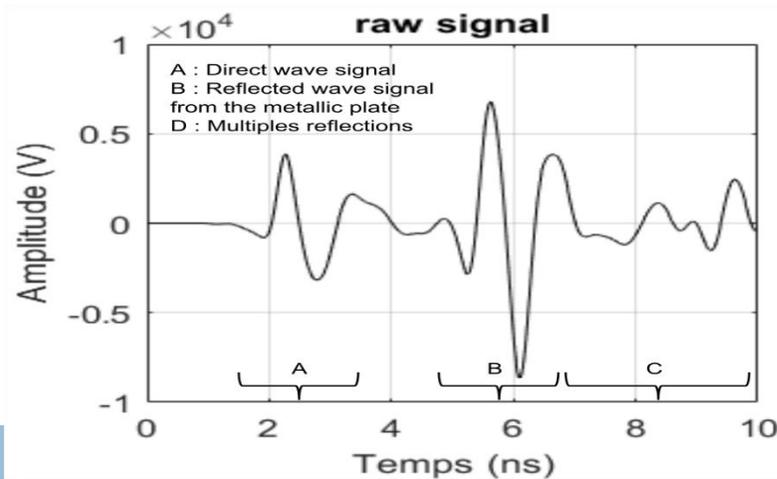
Calibration protocole : permittivité relative

➤ Dispositif :

- Unité de contrôle radar SIR 3000
- Antenne GSSI 2GHz Palm
- Antenne GSSI 2,6 GHz
- Plaque métallique

	2 GHz		2,6 GHz	
Teneur en eau	12 %	14 %	12 %	14 %
Écart-type	0,17	0,18	0,64	0,39
Permittivité relative moyenne	33,03	33,42	35,94	35,58
Coefficient de variation (%)	0,50	0,49	1,38	1,33

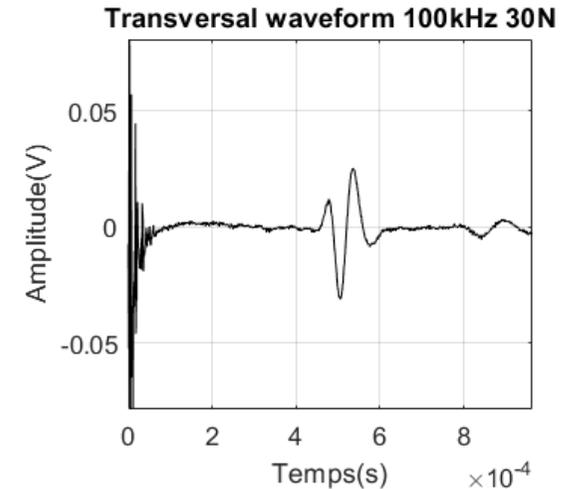
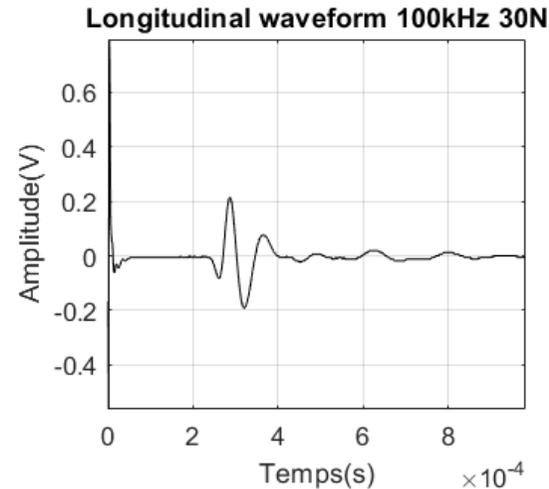
3x3 éprouvettes → 10 mesures par éprouvettes



Calibration protocole : vitesses de propagation Vp et Vs

➤ Dispositif :

- Une oscilloscope
- Un générateur HighVoltage
- Transducteurs ondes longitudinales 100 kHz
- Transducteurs ondes transversales 100 kHz
- Presse d'atelier



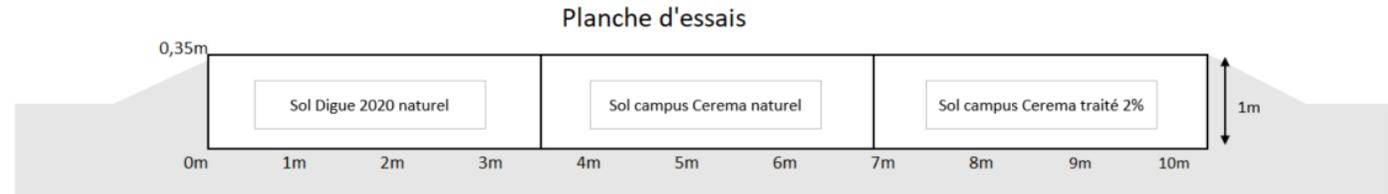
3x3 éprouvettes → 10 mesures par éprouvettes

	Vp		Vs	
Teneur en eau	12 %	14 %	12 %	14 %
Écart-type	3,60	4,37	1,99	2,49
Vitesse moyenne (m.s ⁻¹)	477,3	468,9	292,9	258,66
Coefficient de variation (%)	0,75	0,93	0.67	0.96

Planche d'essais

Objectif :

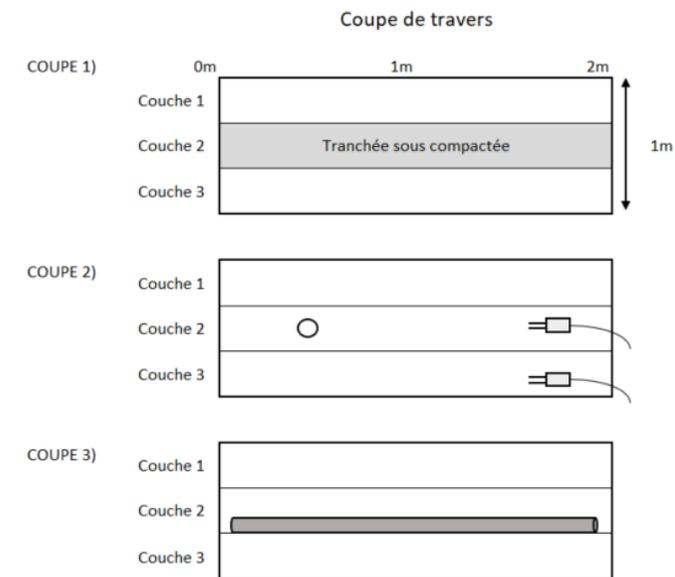
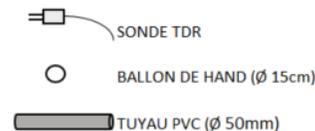
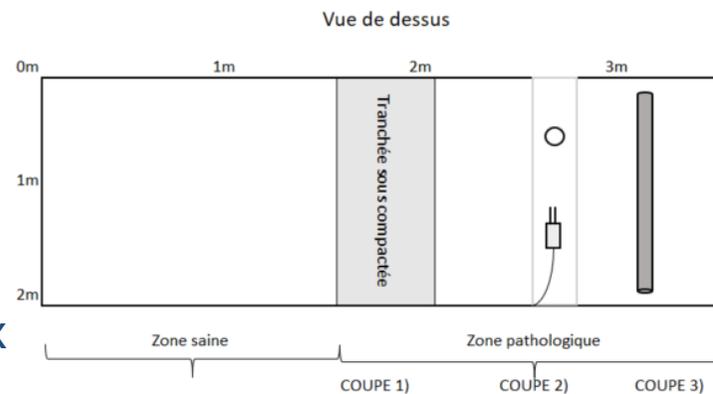
- Mettre à l'épreuve les modèles de conversion
- introduire des pathologies



Les pathologies :

- Une tranchée sous compactée défauts de compactage à la mise en œuvre
- Un tuyau en PVC → singularités → réseaux enterrés
- Une balle de hand → une singularité de forme différente

Organisation des plots



TRE

- Résistivité apparente
- IP
- Sensible à l'état hydrique du matériau
- Sensible aux sels en solution dans le matériau
- Facilement adaptable du laboratoire à l'in situ

RADAR GÉOLOGIQUE

- Mesure indirecte de la permittivité relative
- Facile à mettre en œuvre
- Sensible à la présence de matériau conducteur → argiles
- Sensible à l'état hydrique du matériau

MASW

- Profil vertical de V_s → contrastes de vitesses des différentes couches du milieu tabulaire
- Sensible aux variations d'impédance mécanique du matériau (zone de décompression, etc.)

Plateforme de recherche expérimentale en PACA

- Plots contenant des défauts pour reconnaissance non-destructives de surface
- Capteurs internes :
 - TDR
 - Succion
 - Etc.
- 2 conduits pour acoustiques d'écoulement interne
- Zones dédiées aux carottages

LIVRAISON PRÉVUE
PRINTEMPS 2019

- Fournir une nouvelle approche au diagnostic des OHT
 - Placer les méthodes CND au centre du diagnostic
 - Caractérisation géotechnique et non destructive du matériau avant la construction de l'ouvrage
 - mise en place de maintenance CURATIVE et PRÉVENTIVE

Merci pour votre attention

Mail : scarlett.gendrey@cerema.fr



Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur



Scarlett GENDREY, Cerema Méditerranée
Diagnostic d'ouvrages hydrauliques en terre en milieu maritime par Contrôles Non Destructifs et fusion de données
JNGG 13-15 juin 2018