

## JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE

*Routes exposées à la sécheresse et au phénomène de retrait-gonflement des sols argileux (RGA)*



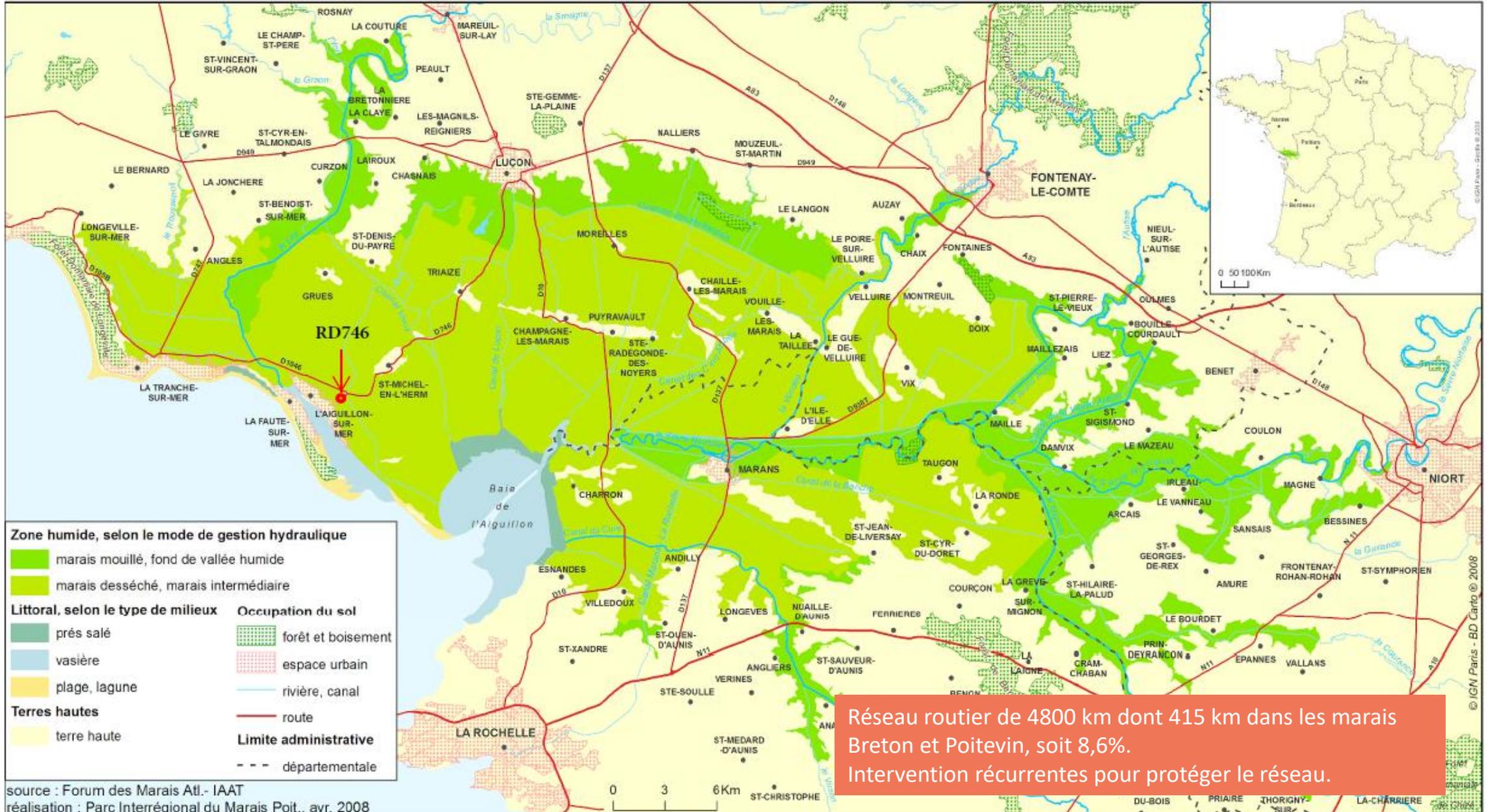
EXPÉRIMENTATION DU REMEDIACLAY®  
EN VENDÉE

Auteurs : Serge LAMBERT - Xavier CHARRIER / Sébastien HERVE (Cerema)

14 novembre 2023

## RD746 Traitement des argiles par solution REMEDIACLAY® et LSPI CD85 Vendée / Cerema Agence d'Angers / Keller

- *Présentation et focus sur la mise en œuvre des solutions*
- *Instrumentation et suivi des sites étudiés*
- *Présentation des premières observations et interprétations*



Réseau routier de 4800 km dont 415 km dans les marais Breton et Poitevin, soit 8,6%.  
Intervention récurrentes pour protéger le réseau.

Sollicitation du conseil départemental de Vendée pour la mise en œuvre d'une solution définitive aux dégradations régulières des routes de marais.  
Lancement d'un marché de recherche et innovation avec le Cerema.

Réalisation expérimentation

RD746 Saint Michel-en-l'Herm :

- Injection de solution cationique dans les argiles sous-jacentes : Procédé Remediacy®
- Injection à la chaux : Procédé LSPI

# PRÉSENTATION DU PROCÉDÉ REMEDIACLAY

- Mis en œuvre pour la première fois aux Etats-Unis dans les années 80 par les ingénieurs de Keller,
- Plusieurs centaines de chantiers réalisés sous voiries et bâtiments depuis,
- **Il s'agit d'injecter sous faible pression une solution ionique selon le procédé breveté RemediaClay pour stabiliser les sols argileux vis-à-vis du retrait gonflement.**
- **RemediaClay agit de manière durable sur les particules d'argile afin de limiter la vulnérabilité des routes et des bâtiments en préventif ou en réhabilitation.**



# PRÉSENTATION DU PROCÉDÉ REMEDIACLAY

Le procédé s'appuie sur une réaction entre la solution d'ions et le sol argileux pour modifier de manière pérenne les propriétés rhéologiques de l'argile.

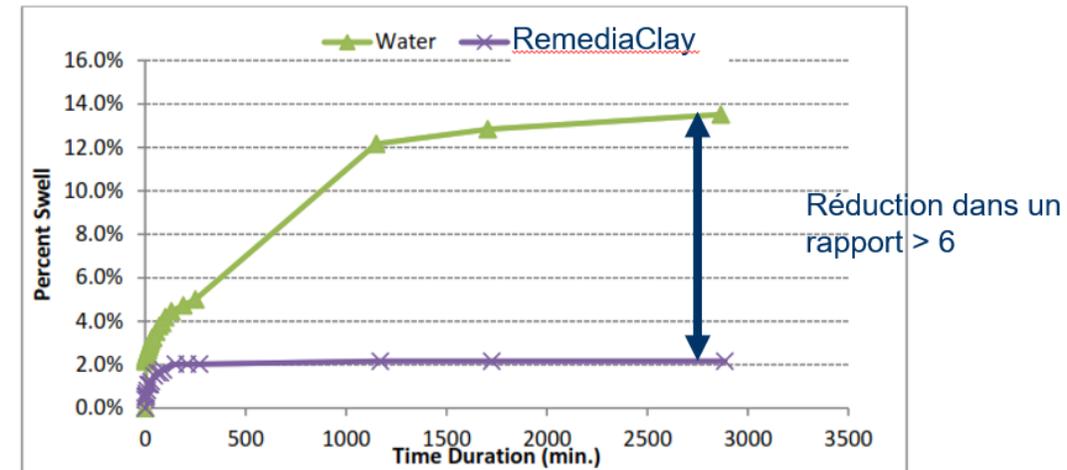


Texas: traitement RemediaClay



Essais sur échantillons traités

BORING NUMBER	DEPTH (ft)	INITIAL MOISTURE CONTENT, %	FINAL MOISTURE CONTENT, %	PERCENT SWELL	AVERAGE PERCENT SWELL	HAND PENETROMETER (tsf)
C-15R2	0-1	37.0			0.71%	X
	1-2	25.0	26.1	0.34		3.25
	2-3	22.6	23.4	0.53		2.25
	3-4	22.9	24.0	0.71		2.5
	4-5	27.0				2.0
	5-6	25.3	26.7	0.40		2.25
	6-7	27.2	28.5	0.84		2.75
	7-8	38.0				0.5
	8-9					
	9-10	50.0				



# IMPACT ENVIRONNEMENT ET LES PERSONNES

Evaluation de la dangerosité éventuelle de RemediaClay:

- **Pas d'impact sur l'environnement**: tests d'écotoxicité réalisés par EUROFINs (selon la norme CEN/TR 17105 et selon la procédure HP 14 des déchets toxiques),
- **Pas d'impact sur les personnes**: étude de Fondasol Environnement.



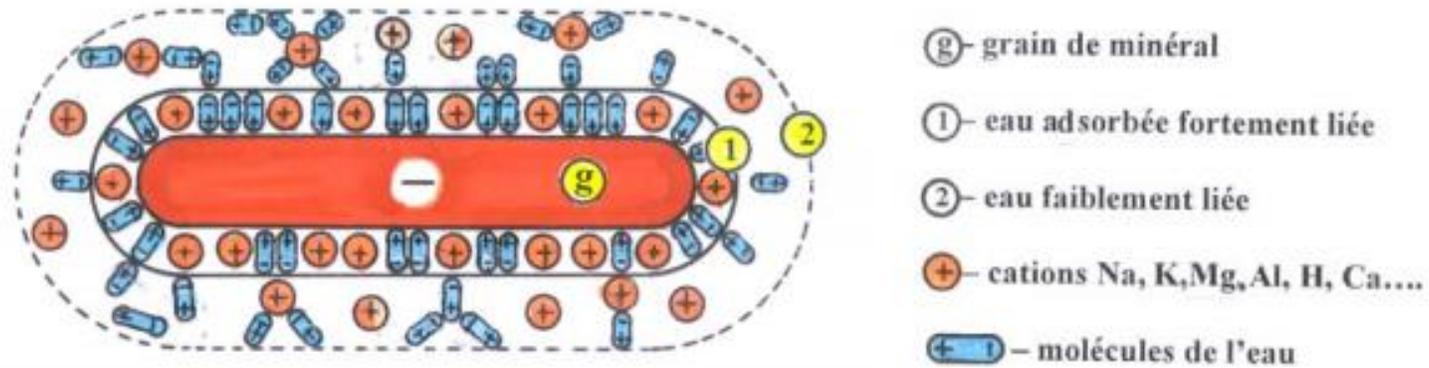
## D. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les éléments étudiés dans ce document démontrent l'absence de risque pour la santé humaine du produit RemediaClay lors de sa mise en œuvre dans les conditions normales d'utilisation.

Dans le cadre d'une utilisation du produit selon les bonnes pratiques et recommandations du fournisseur, le produit RemediaClay ne présente pas de risque pour l'environnement tel qu'établi par le protocole de test HPI4.

# MÉCANISME DE FONCTIONNEMENT

Des cations sont présents entre les feuillets et contrôlent le comportement de l'argile.



Le gonflement de l'argile est directement lié:

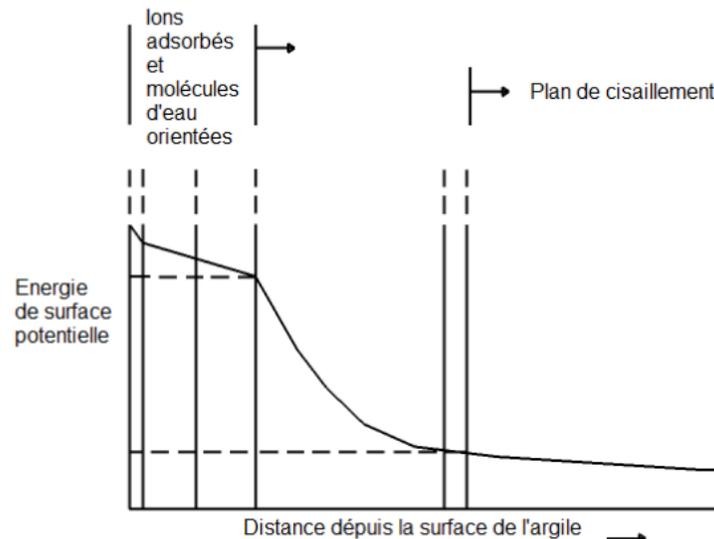
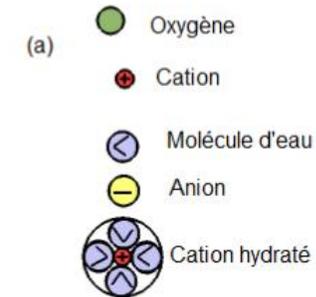
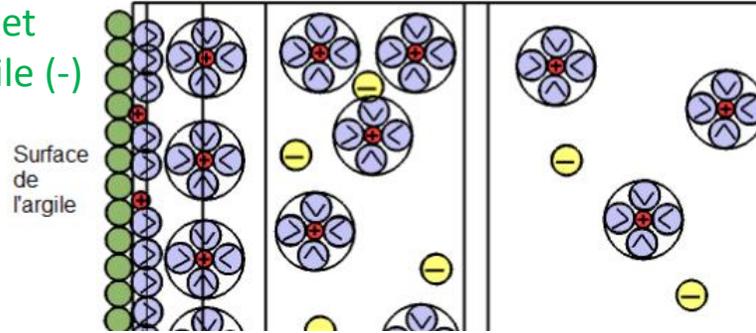
- à l'énergie d'hydratation correspondant à l'attraction des cations sur les molécules d'eau,
- au rayon d'hydratation des cations des interfeuillets.

# MÉCANISME DE FONCTIONNEMENT

Il existe 2 catégories de cations:

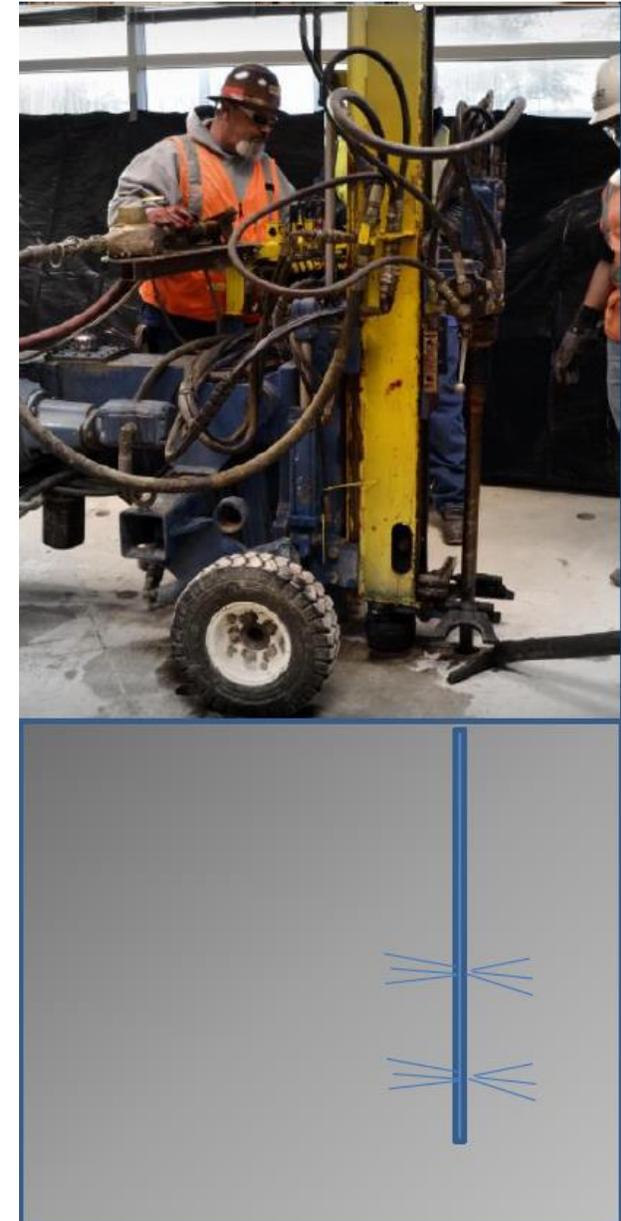
- Des **cations à forte énergie** ou fort rayon d'hydratation. Ils ne migrent pas en surface de l'argile et donc l'argile va continuer à attirer des molécules d'eau et gonfler,
- Au contraire des **cations à faible énergie** ou rayon d'hydratation vont migrer en surface de l'argile et entrainer une baisse importante de l'énergie d'hydratation de l'argile (Potassium, Ammonium, Rubidium Césium)

Feuillet d'argile (-)



# PRINCIPE DE MISE EN OEUVRE

- 1) Fonçage de la tige dans le sol sur la hauteur de traitement (2 à 4 m en général),
- 2) Injection sous faible pression moins de 1 bar de RemediaClay en remontant la tige lentement.
- 3) Injection de 20 à 40 litres de RemediaClay par passe de 30 cm.

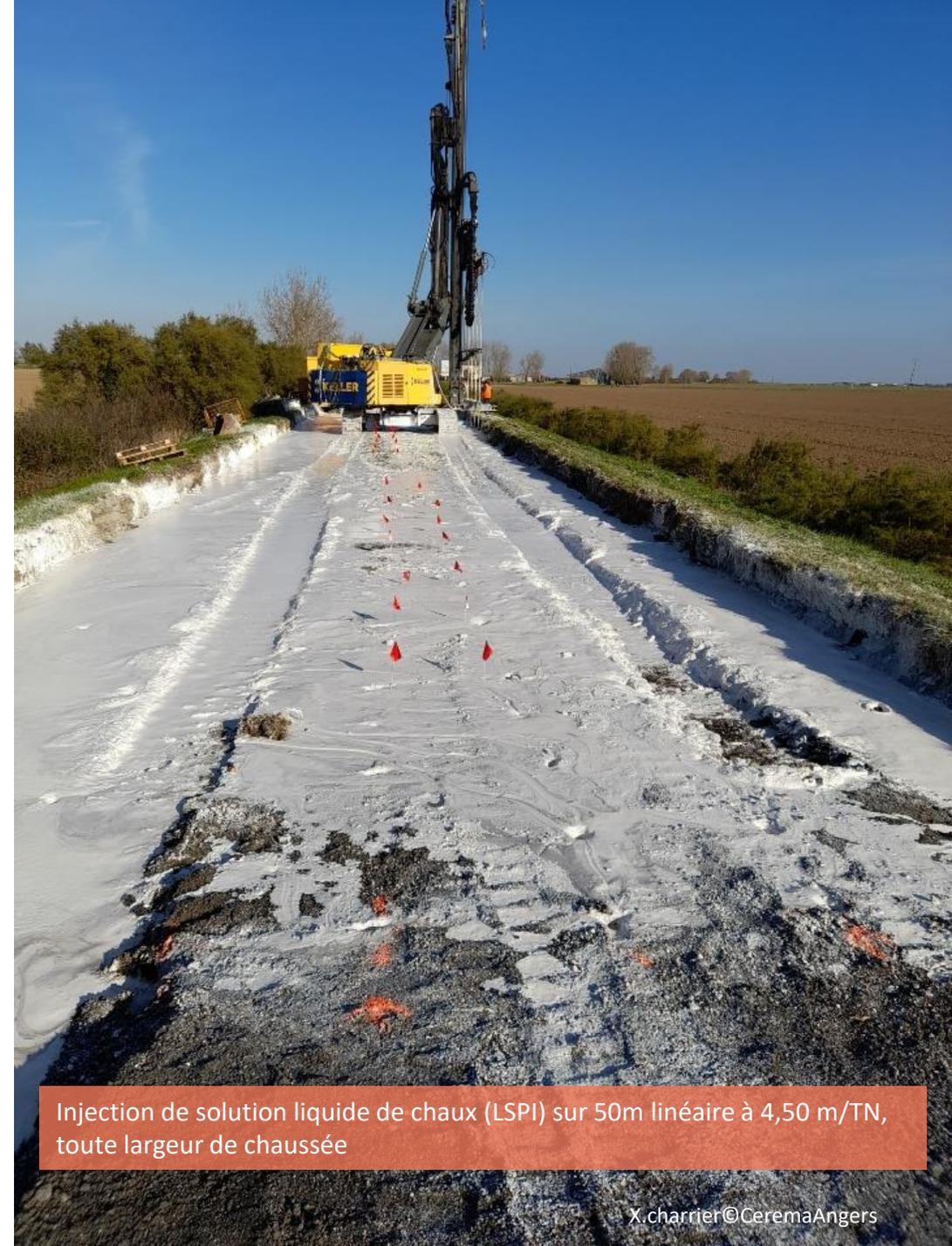




Injection Remediaclay® sur 40m linéaires à 4,50m/TN de part et d'autre de la chaussée

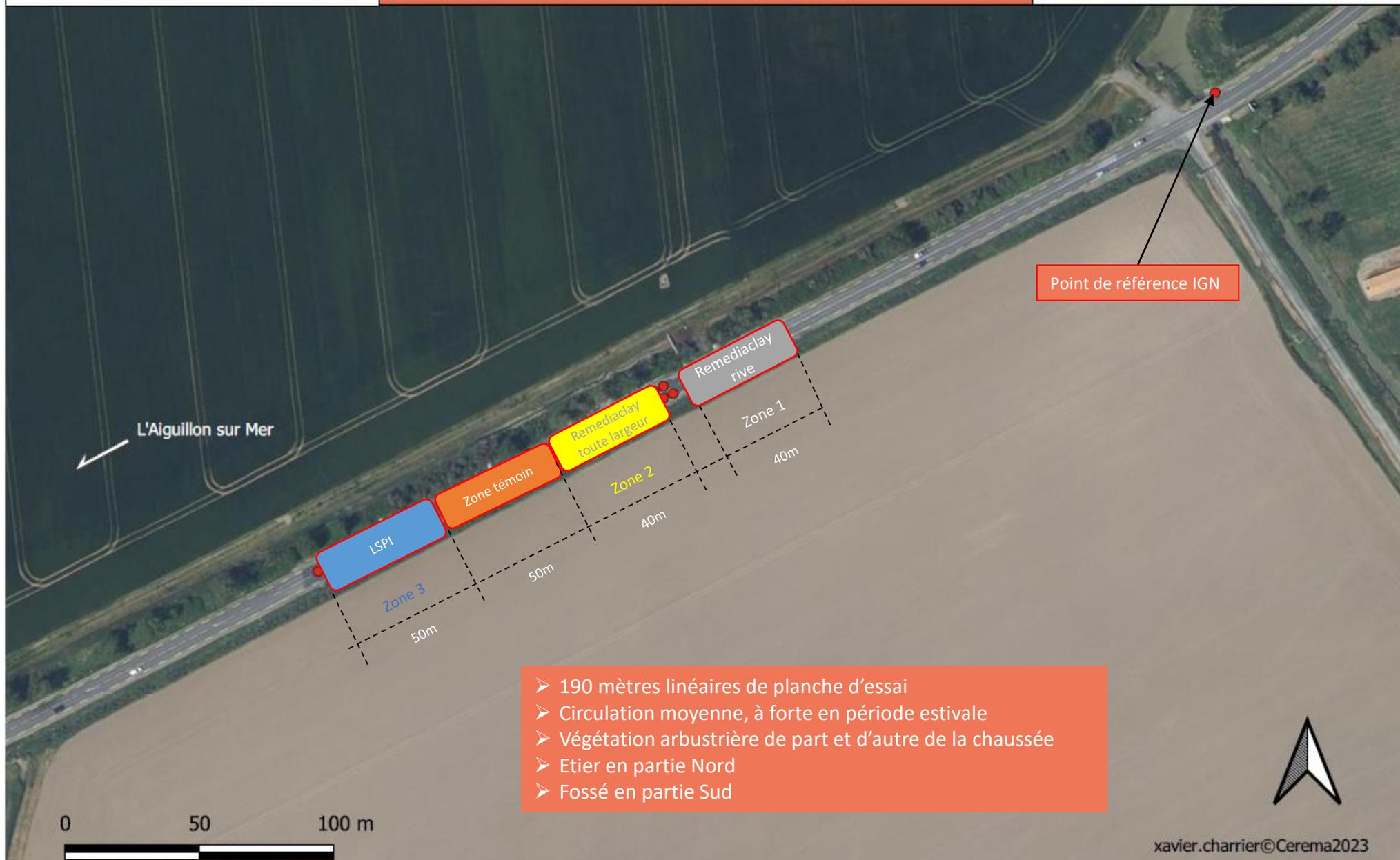


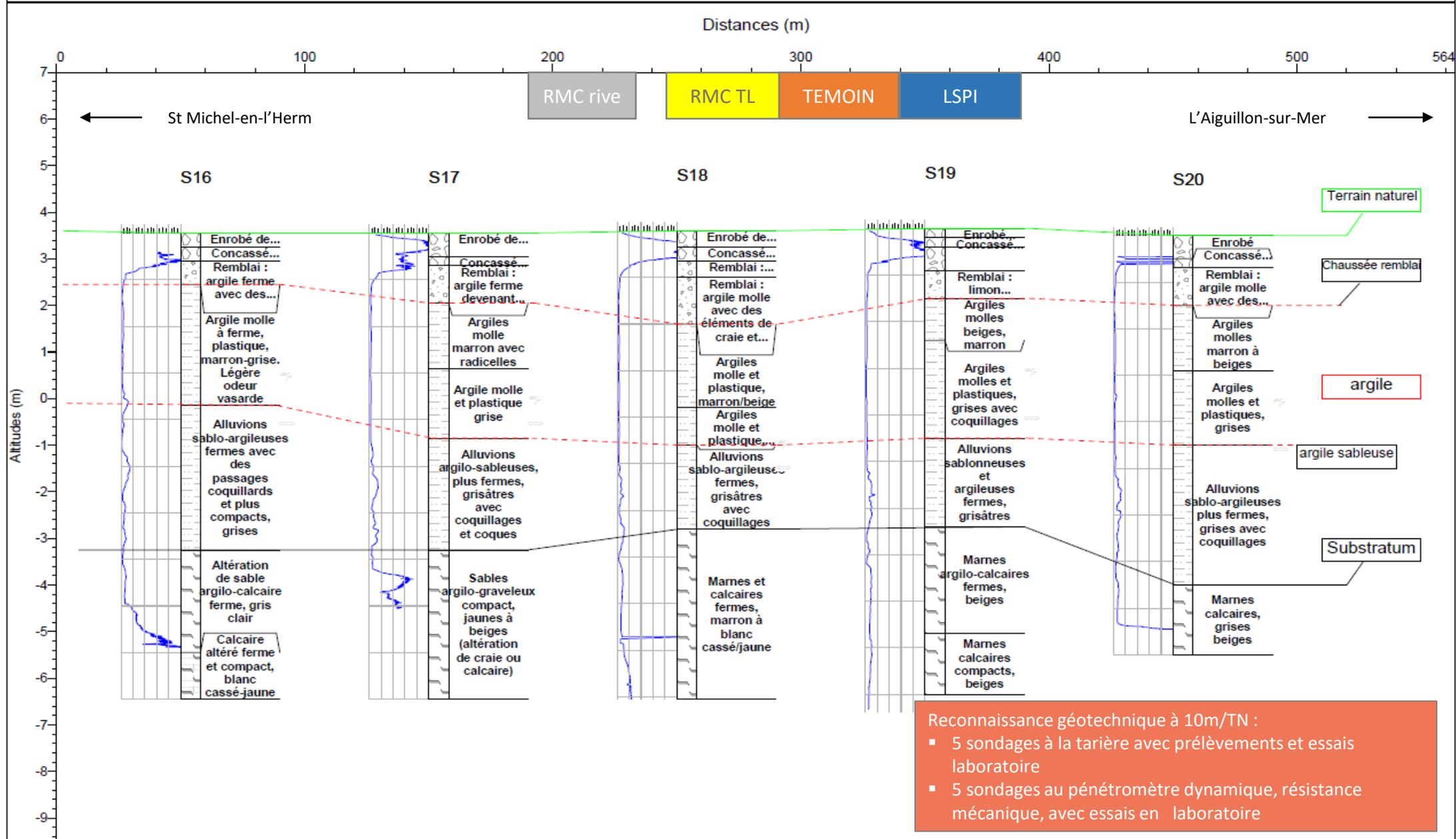
Injection Remediaclay® sur 40m linéaires à 4,50m/TN toute largeur de chaussée



Injection de solution liquide de chaux (LPSI) sur 50m linéaire à 4,50 m/TN, toute largeur de chaussée







# INSTRUMENTATION DU SITE

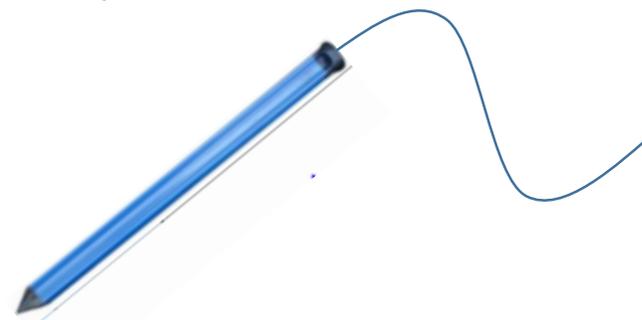
## Mesure de la déformation des sols par nivellement laser

- Séries de clous d'arpentage installés dans la chaussée en axe et rive après réalisation des planches d'essais.
- Point de référence « fixe » sert de base de mesure afin de déterminer la déformation absolue.
- Des relevés topographiques sont effectués plusieurs fois dans l'année (saisonnalité)
- Mesure de la déformation absolue (profil en long).
- Mesure de la déformation relative axe/rive (profil en travers).

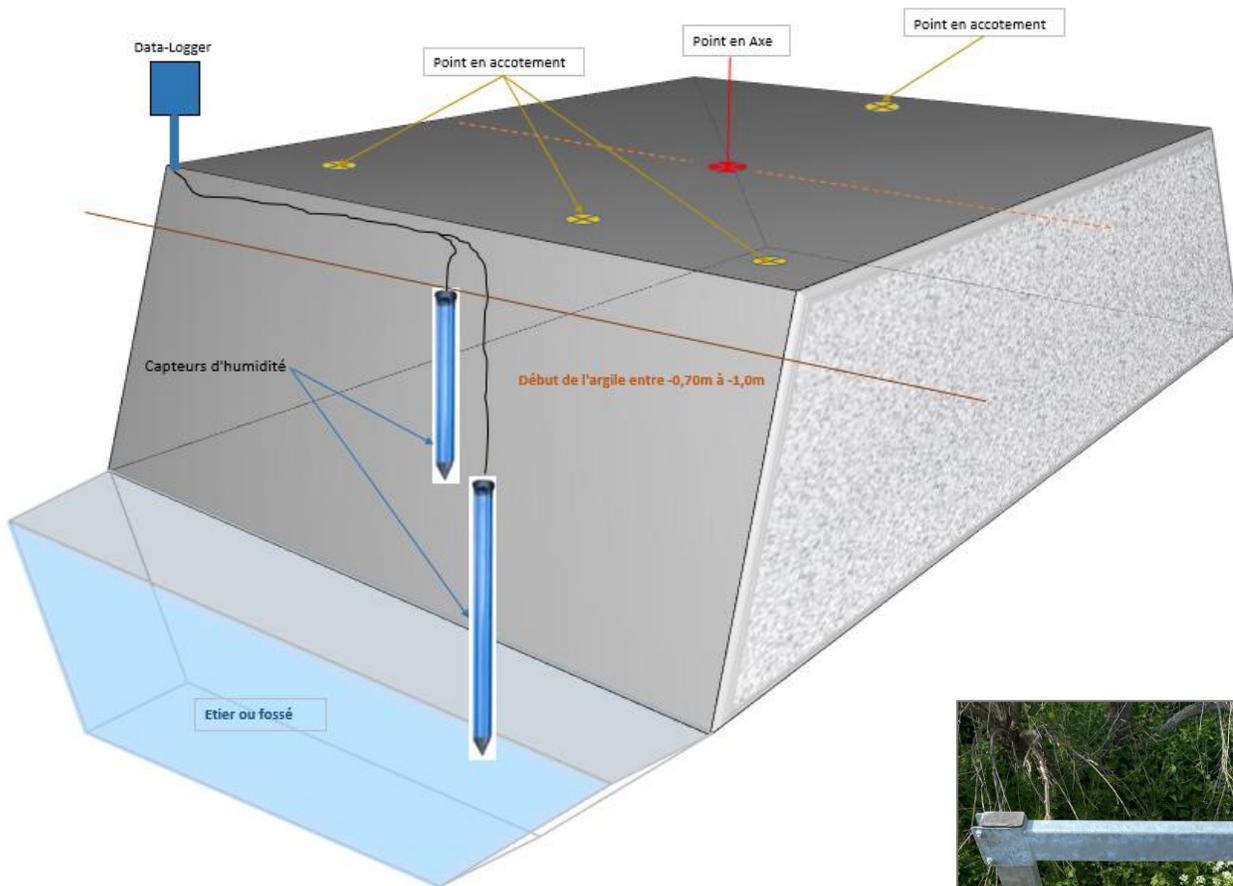
## Mesure de la teneur en eau volumétrique des sols

- Sondes équipées de capteurs d'humidité, installées dans le sol à des profondeurs choisies.
- Capteur tous les 15 cm, permettant l'élaboration d'un profil hydrique en % d'humidité.
- Sondes foncées dans l'argile sous-jacente à la structure de chaussée, possibilité d'une mesure continue sur 2,10 m de profondeur.
- Boîtiers data-logger autonomes, alimentés par panneaux solaires, récupération des données par ondes radios.
- Abonnement sur site hébergeur avec possibilité de lecture des mesures en direct.

## Relevés de dégradation visuel, apparition de fissures



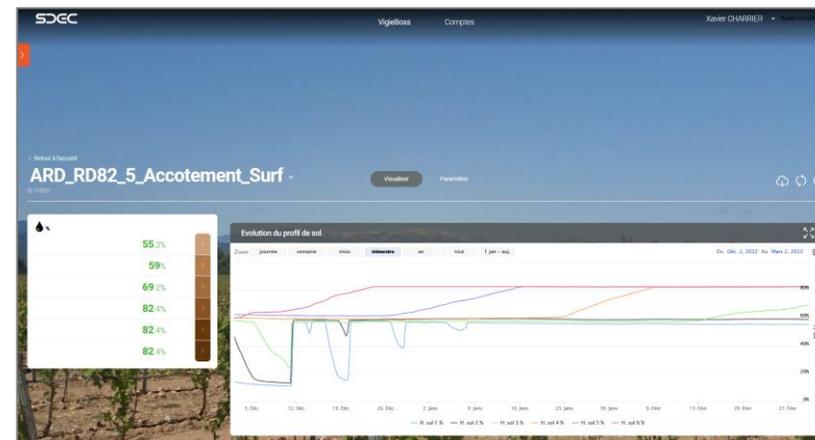
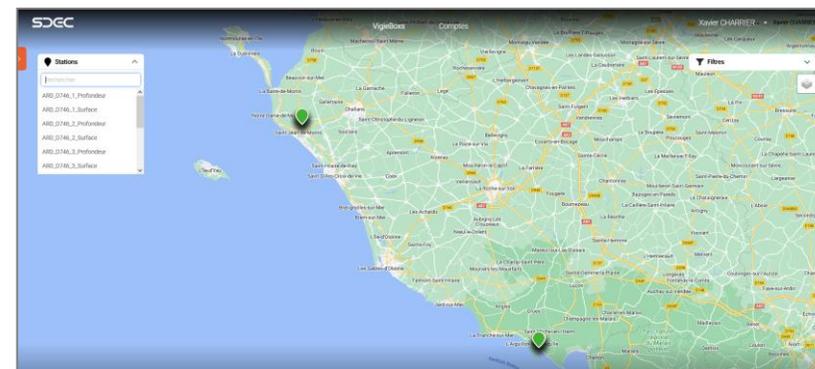
# Schéma de principe capteur d'humidité / Nivellement laser



Boîtier d'enregistrement « data-logger », alimentation par panneaux solaires, transmission des données par ondes radio



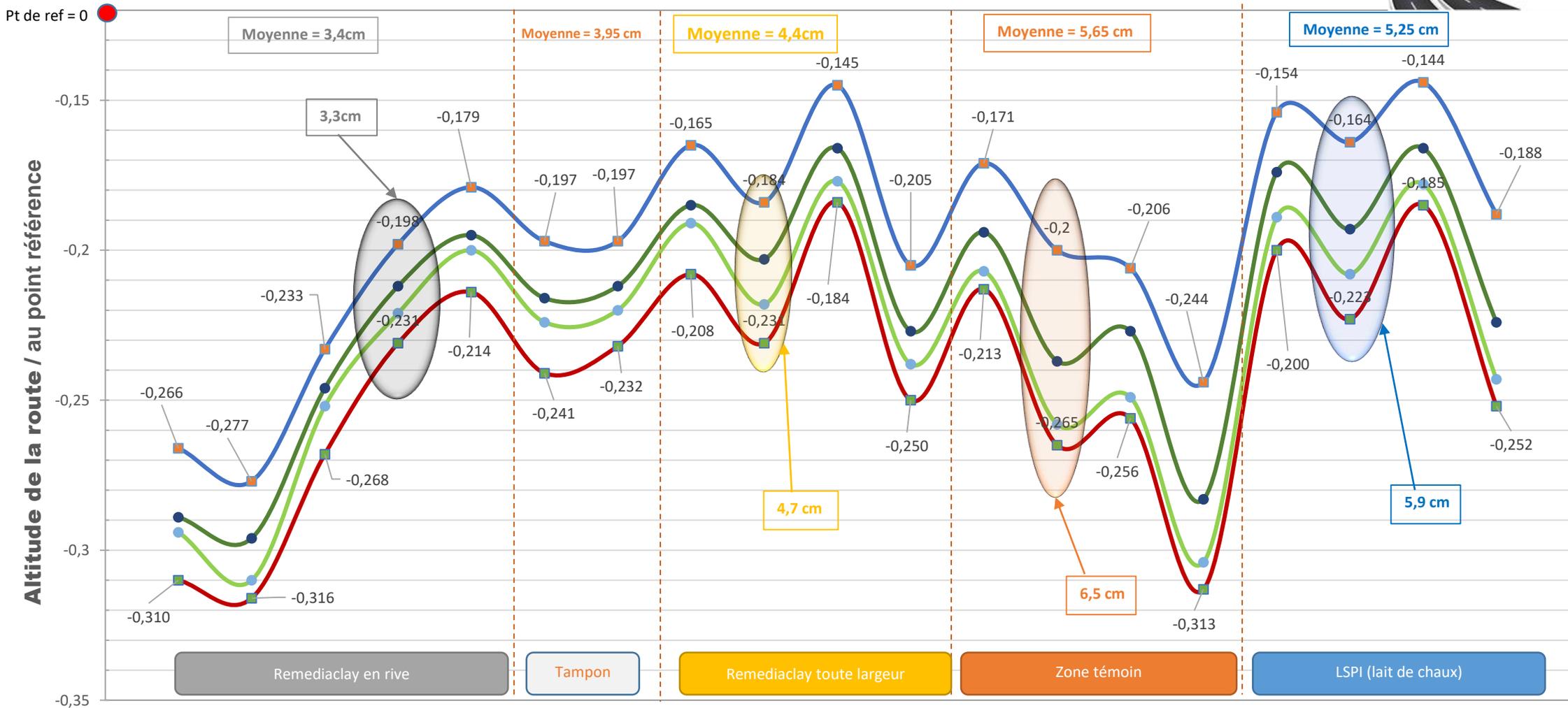
Accès à l'hébergeur pour visualisation cartes et données quotidiennes à annuelles



**RD746** = sondes entre 1,20m et 3,30m de profondeur

- 1 couple de sonde en zone témoin
- 1 couple de sonde en REMEDIACLAY en rive
- 1 couple de sonde en zone lait de chaux (LSP1)

**D746 - Déformation absolue - Profil en Long - Janvier 2022 à Septembre 2023**

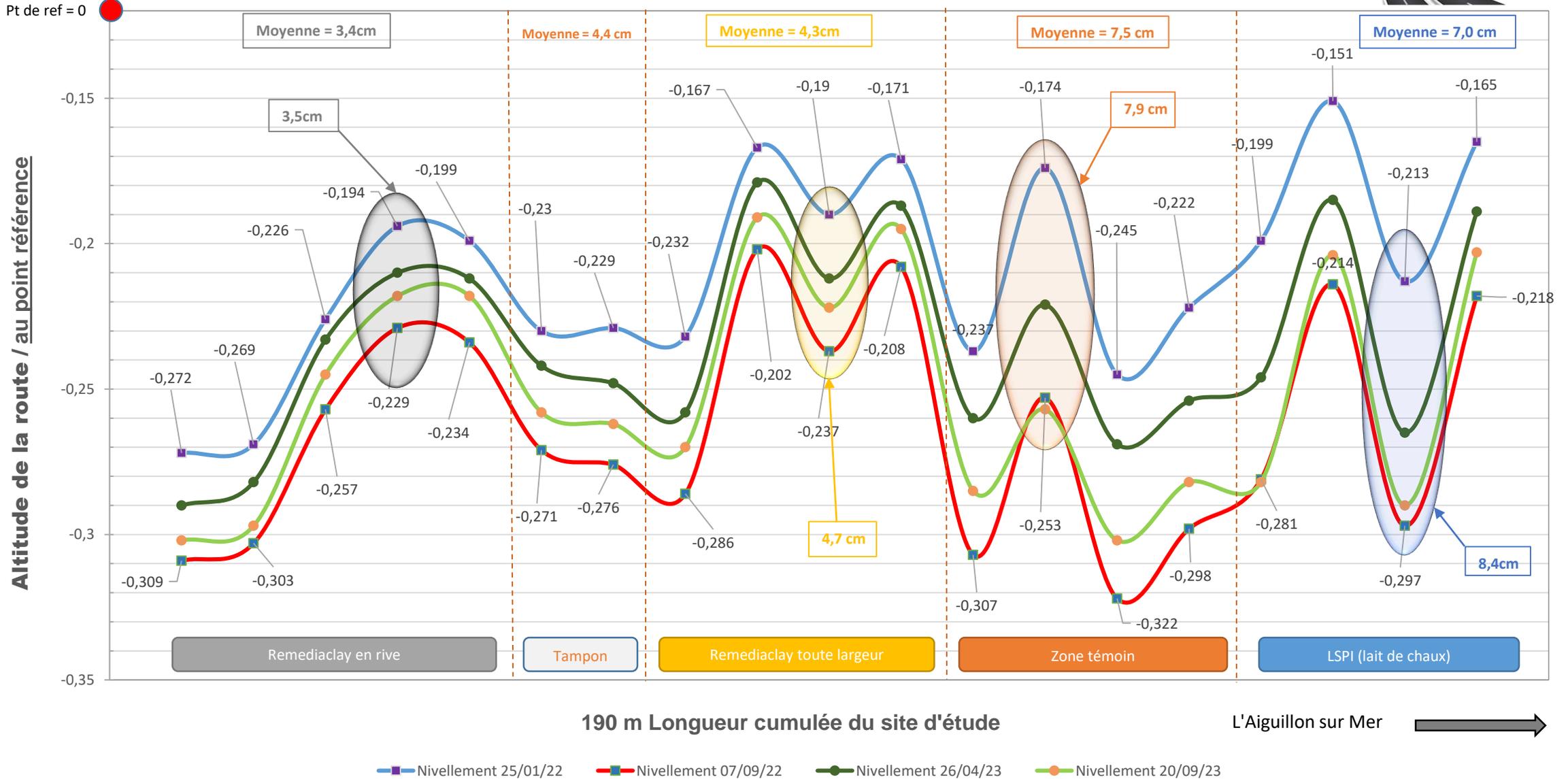


190 m Longueur cumulée du site d'étude

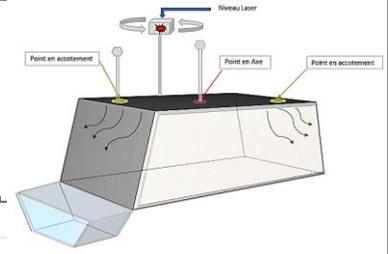
L'Aiguillon sur Mer →



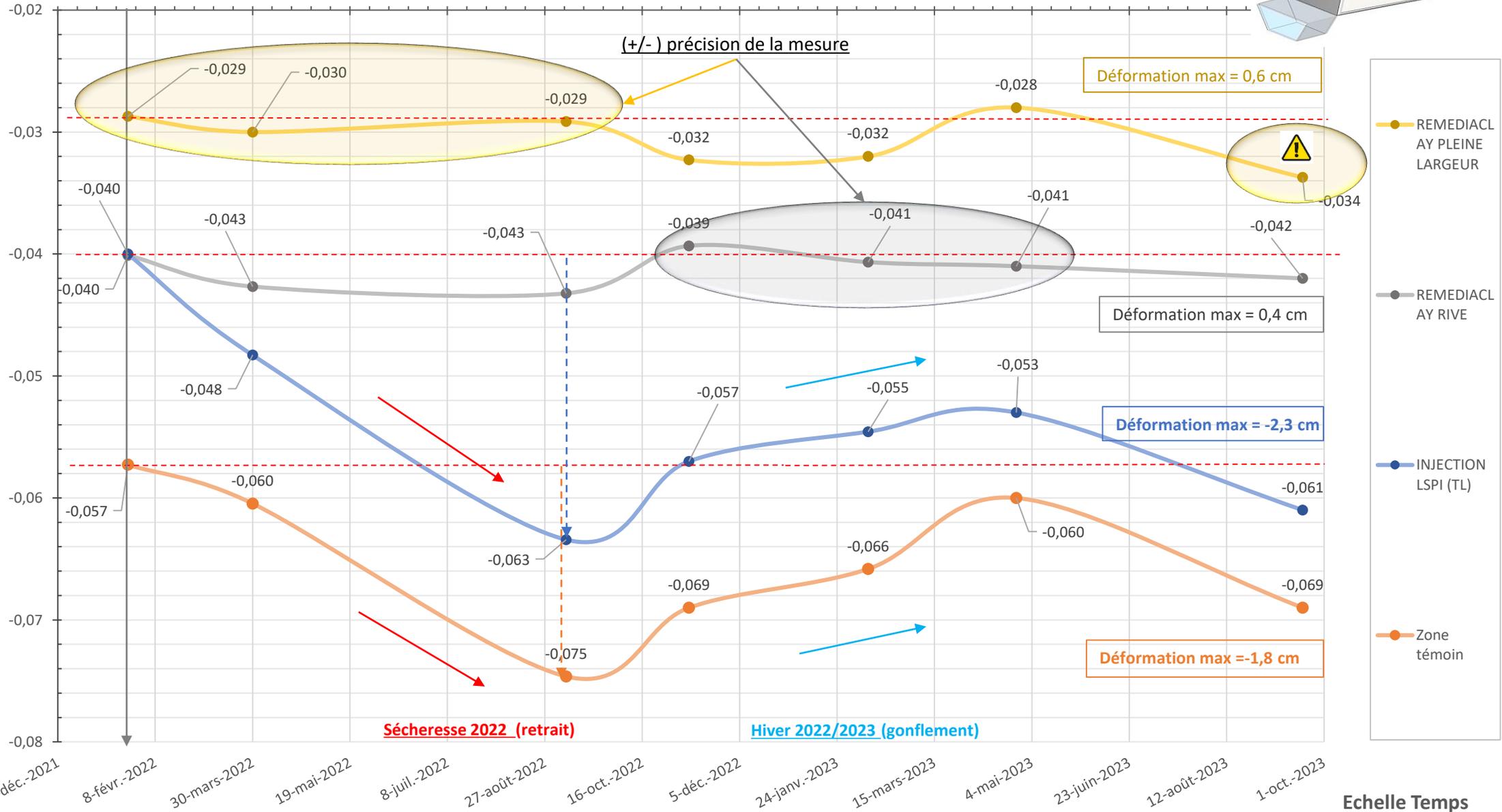
**D746 - Déformation absolue - Profil en Long - Janvier 2022 à Septembre 2023**



## Déformation relative axe/rive - Profil en travers RD746 - Janvier 2022 à Octobre 2023

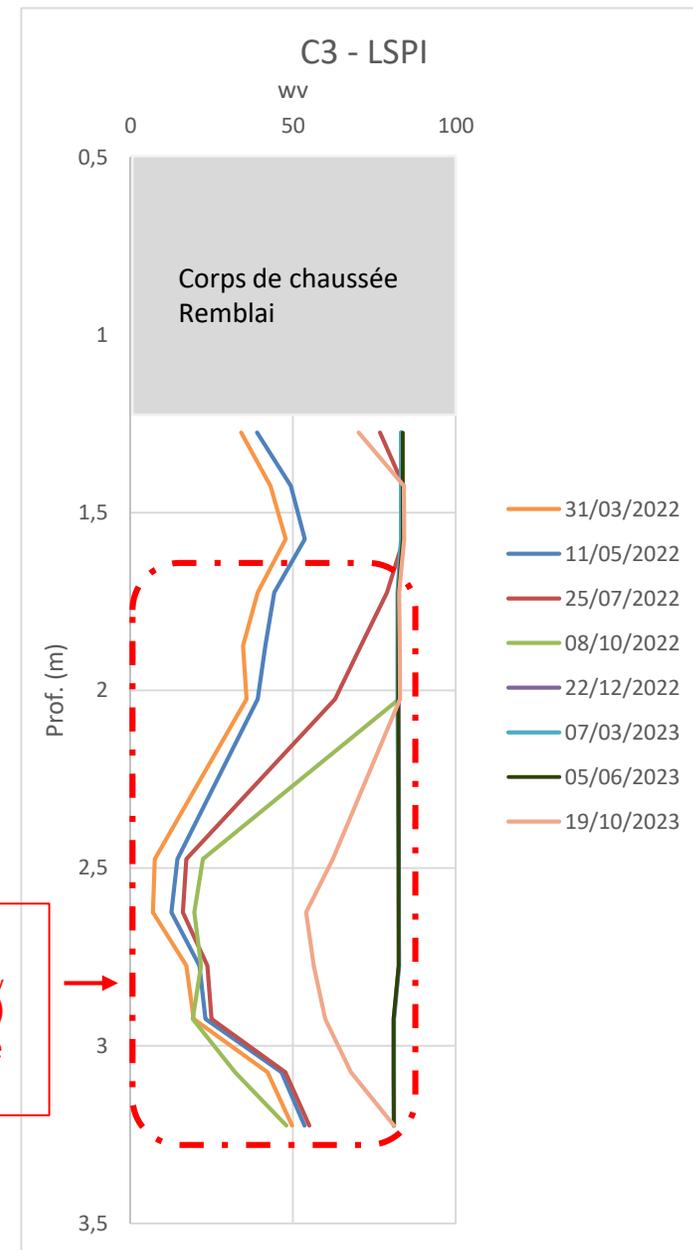
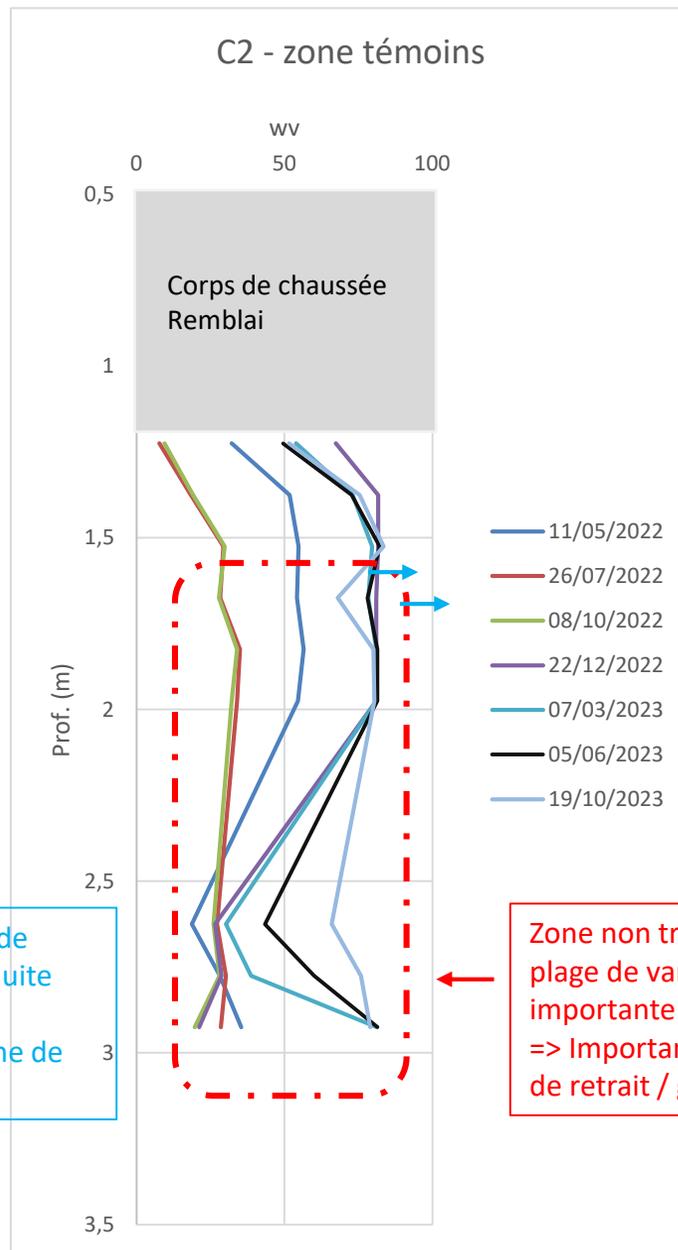
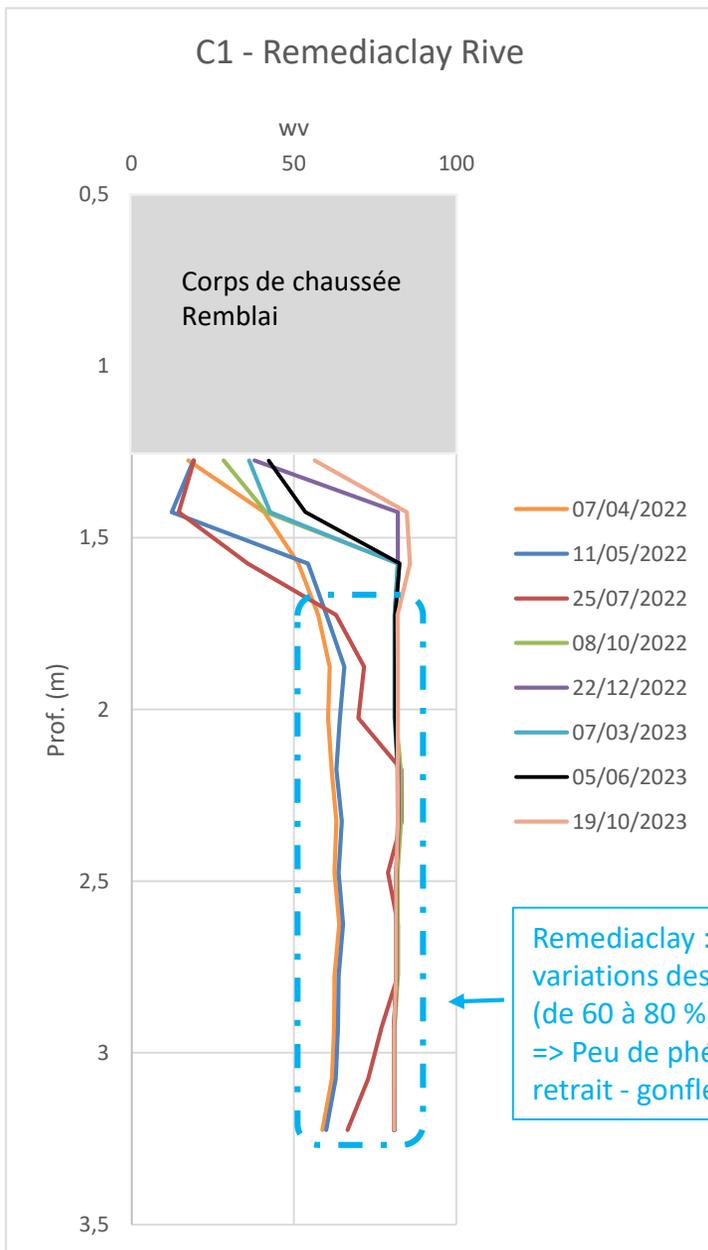


Altitude chaussée par rapport au point de référence



- REMIACL AY PLEINE LARGEUR
- REMIACL AY RIVE
- INJECTION LSPI (TL)
- Zone témoin

# Interprétation des capteurs d'humidité ( $w_v$ )



## Solution Remediacyl®

- En phase travaux : dispositifs d'injection à adapter au contexte de l'infrastructure
- Réduction des déformations d'un facteur 2 en longitudinal à 4 en transversal
- Traitement de rive plus efficace que traitement pleine largeur
- Durabilité à confirmer dans le temps ? (+ 1 an de suivi en 2024)

## Solution LSPI

- Résultats peu probants (probables difficultés lié au procédé d'injection du produit trop visqueux ?)
- A voir : meilleure efficacité de colonnes de Soilmixing avec lait de chaux ?

**Merci de votre attention**