

JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE

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



INTRODUCTION DU PHÉNOMÈNE DE RGA ET SES CONSÉQUENCES SUR LES ROUTES

Auteur : Lamine IGHIL AMEUR (Cerema)

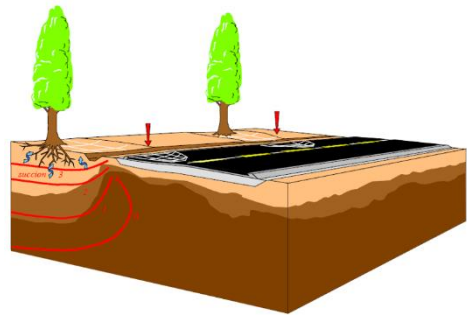
14 novembre 2023

SOMMAIRE

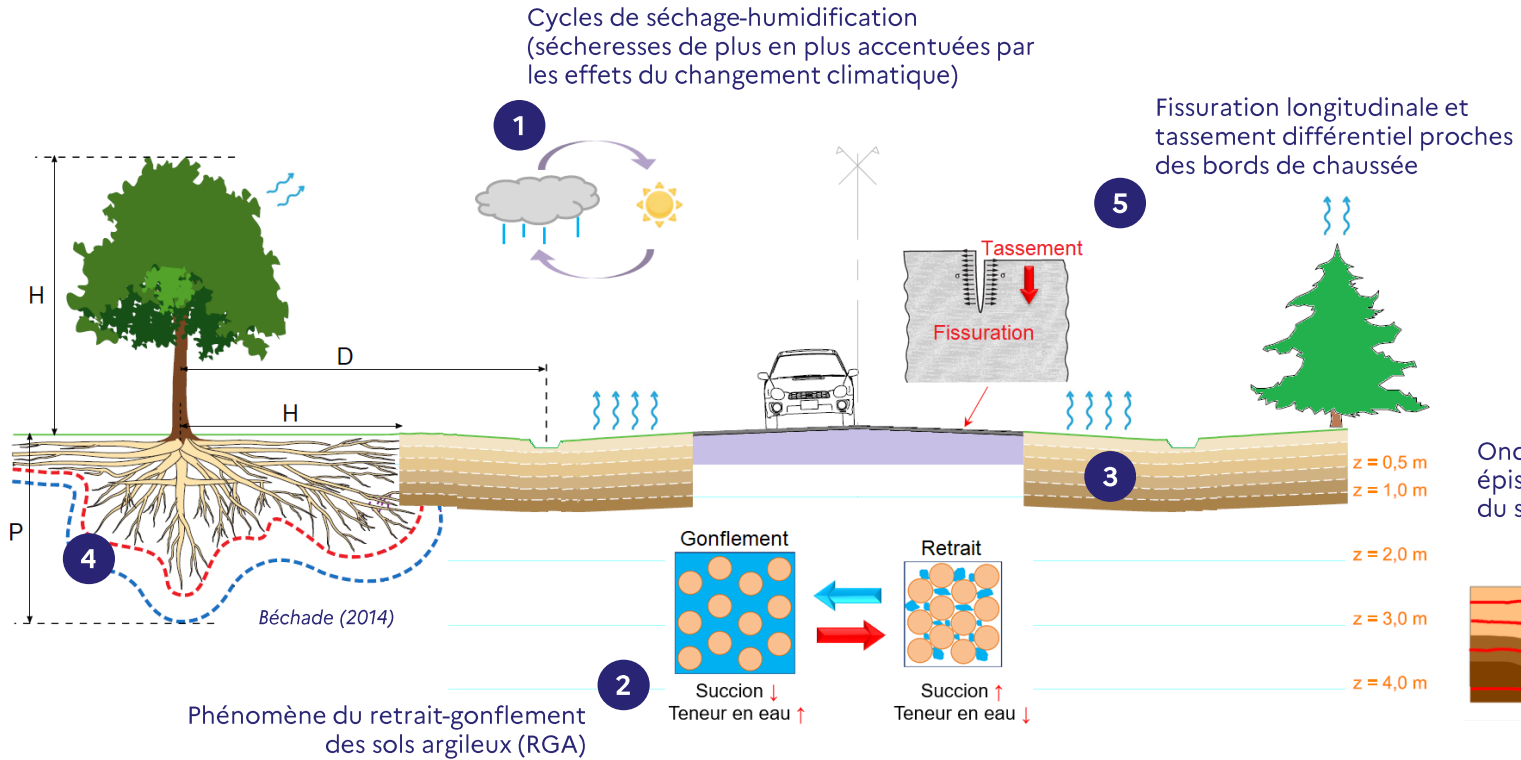
- Impacts du RGA sur les routes
- Évolution du RGA sous l'effet du changement climatique
- Retour d'expérience suite à une instrumentation in situ dans le Loir-et-Cher (LRPC, 2009)
- Influence des facteurs de l'environnement proche
- L'observatoire des routes sinistrées par la sécheresse (ORSS)
- Groupe de travail résilience des infras du Cerema



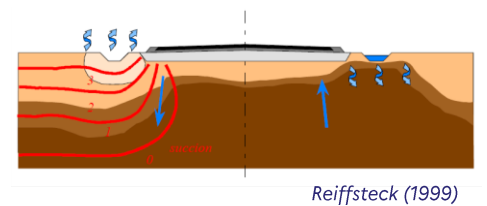
IMPACTS DU RGA SUR LES ROUTES



Augmentation de la succion générée dans la zone d'influence des racines de la végétation qui borde la chaussée



Ondes de dessiccation durant un épisode de sécheresse au niveau du sol sous accotements



Exposition et sinistralité RGA non établie

Il est aujourd'hui difficile d'avoir des chiffres sur l'exposition RGA du réseau routier départemental en France métropolitaine (~380 000 km) et les coûts d'entretien pour les gestionnaires



Diagnostic à l'échelle locale

Les départements gestionnaires des routes départementales, conscients de l'ampleur du phénomène, prennent des initiatives pour réaliser un diagnostic sur la sinistralité de leur parc imputable à la sécheresse et au RGA

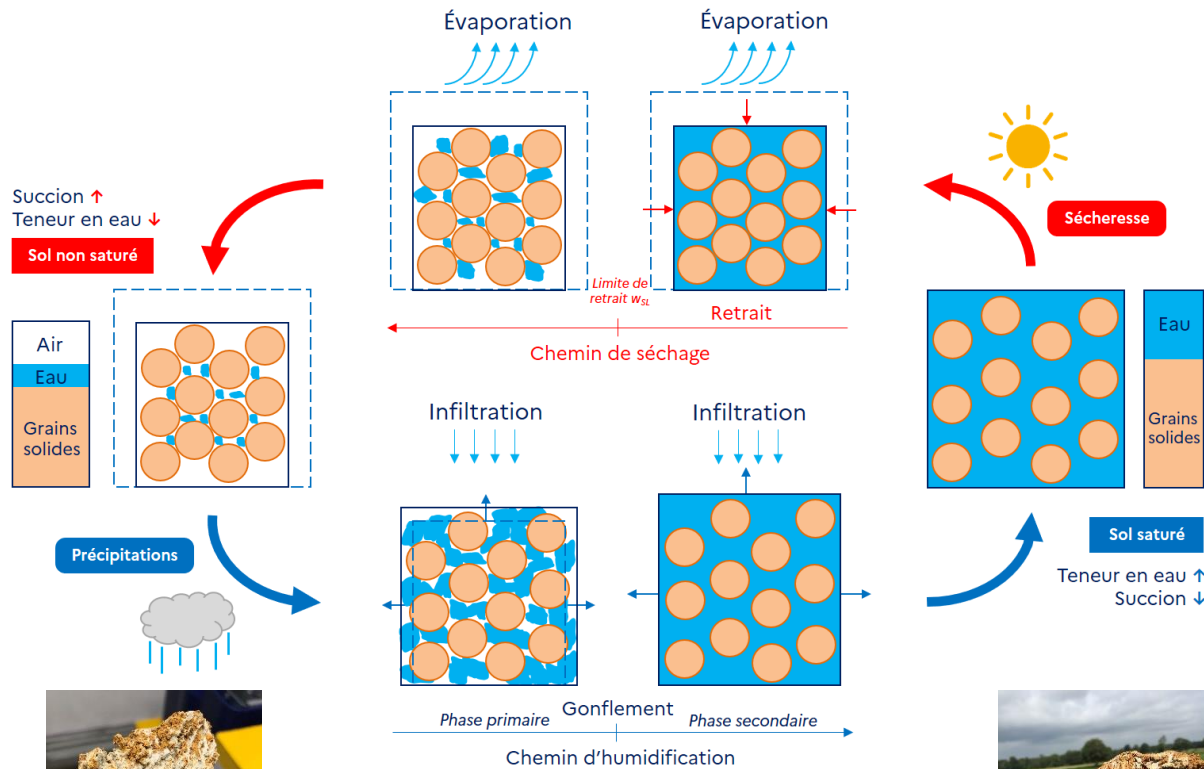


Recherche de nouvelles solutions d'adaptation

Dans le contexte du changement climatique, des solutions d'adaptation sont nécessaires pour réduire les vulnérabilités des routes exposées au RGA, à l'instar du projet ORSS (Observatoire des Routes Sinistrées par la Sécheresse) initié par le Cerema et les départements de la région Centre-Val de Loire

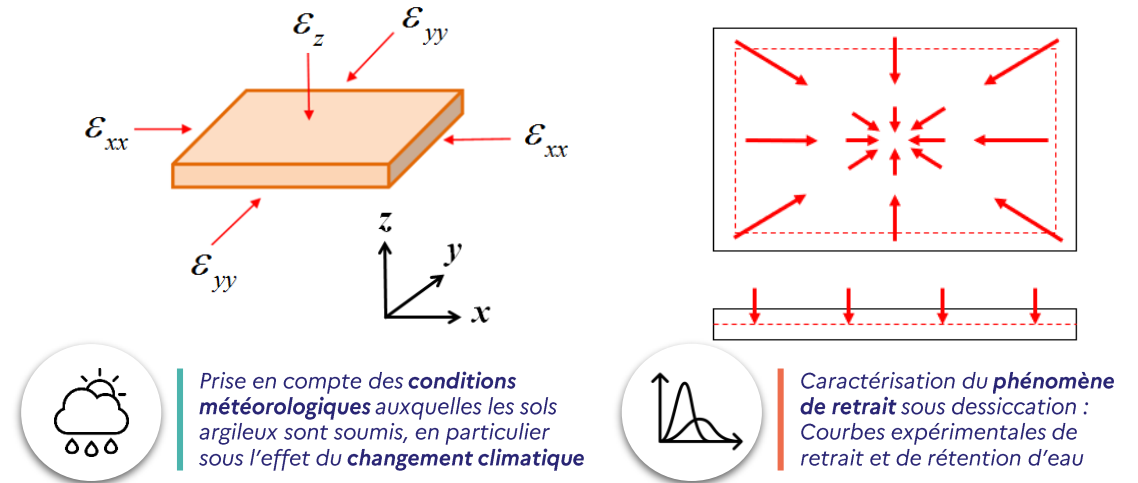
ÉVOLUTION DU RGA SOUS L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Dérèglement des cycles de séchage-humidification (élément idéalisé d'un sol)



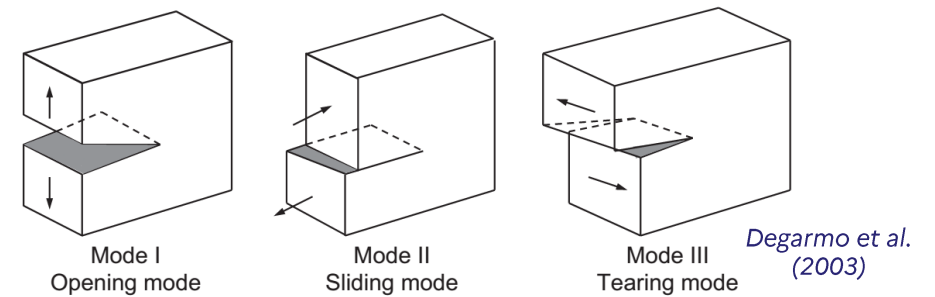
Les processus naturels de retrait et de gonflement sont une succession de variations de teneur en eau d'un sol argileux sous l'effet de sollicitations hydriques et cycliques influencées par les conditions météorologiques de sécheresse et de précipitations

Caractérisation du phénomène de fissuration par dessiccation



Prise en compte des **conditions météorologiques** auxquelles les sols argileux sont soumis, en particulier sous l'effet du **changement climatique**

Caractérisation du **phénomène de retrait** sous dessiccation : Courbes expérimentales de retrait et de rétention d'eau

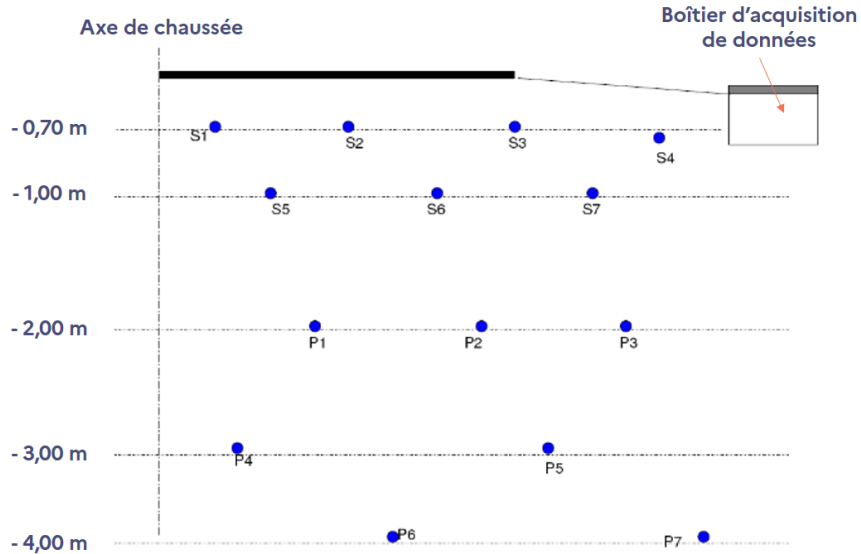


Identification des **mécanismes de fissuration de dessiccation** :

- Amorçage et propagation des fissures
- Relations avec la succion initiale
- Amélioration des connaissances sur le comportement hydromécanique des sols argileux

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUITE À UNE INSTRUMENTATION IN SITU DANS LE LOIR-ET-CHER (LRPC, 2009)

Schéma d'implantation des sondes tensiométriques sur un demi-profil de chaussée



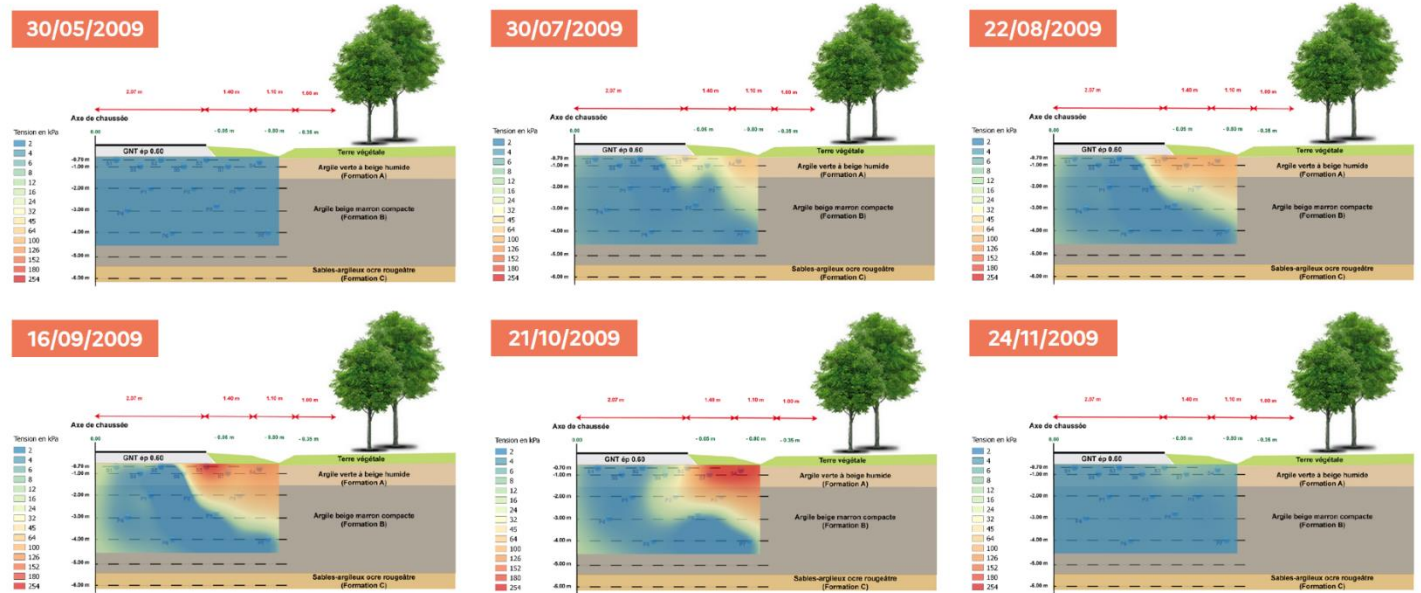
Sondes Watermark®



Monitor®

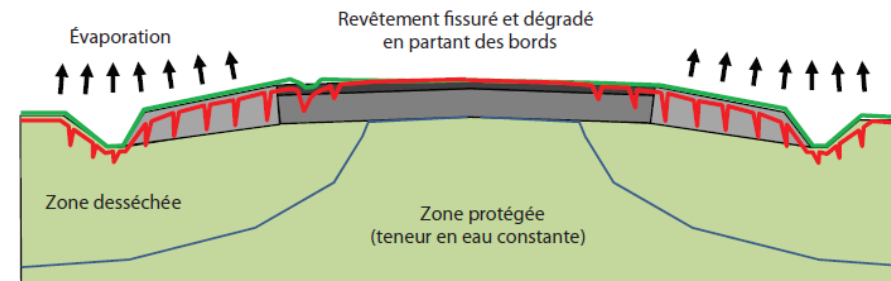


Cartographies de la succion du sol mesurée in situ sous une demi chaussée et son accotement entre le 30/05 et le 24/11/2009



© Cerema

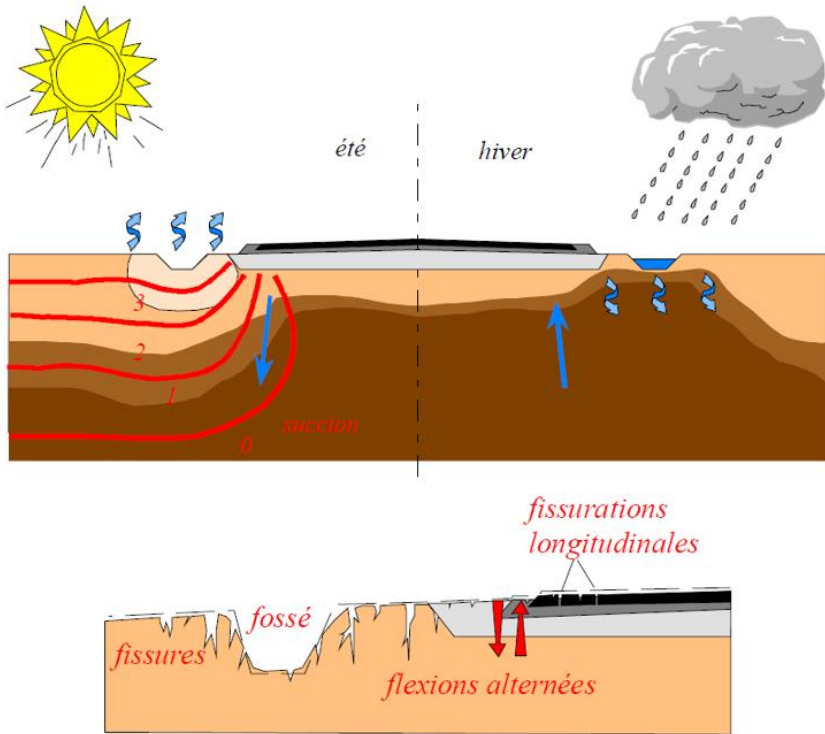
Mécanismes de dégradation d'une chaussée exposée à la sécheresse (Magnan, 2013)



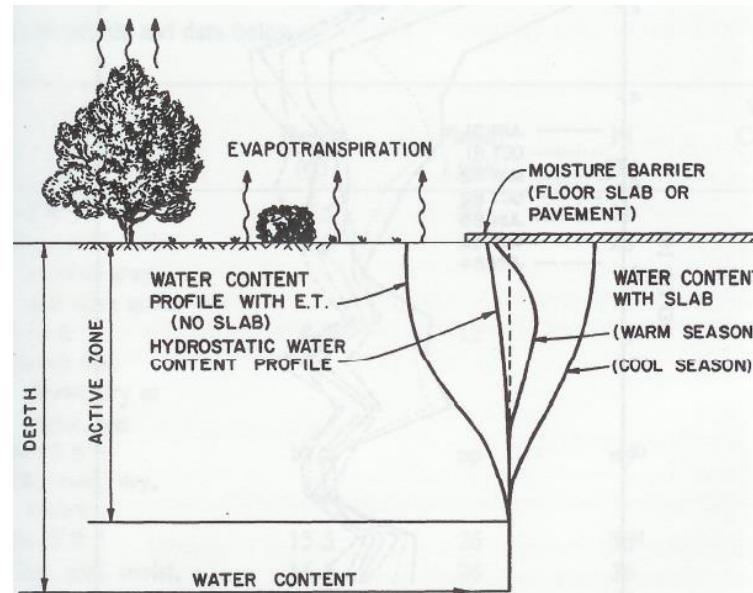
Introduction du phénomène de RGA et ses conséquences sur les routes

INFLUENCE DES FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE

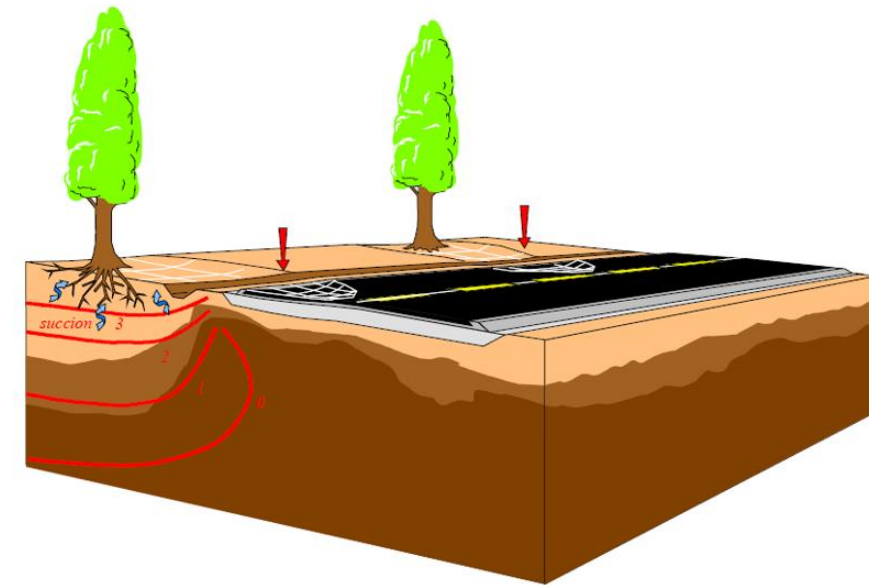
- Influence saisonnière (Reiffsteck, 1999)



- Principe de la « zone active » par Nelson and Miller (1992)

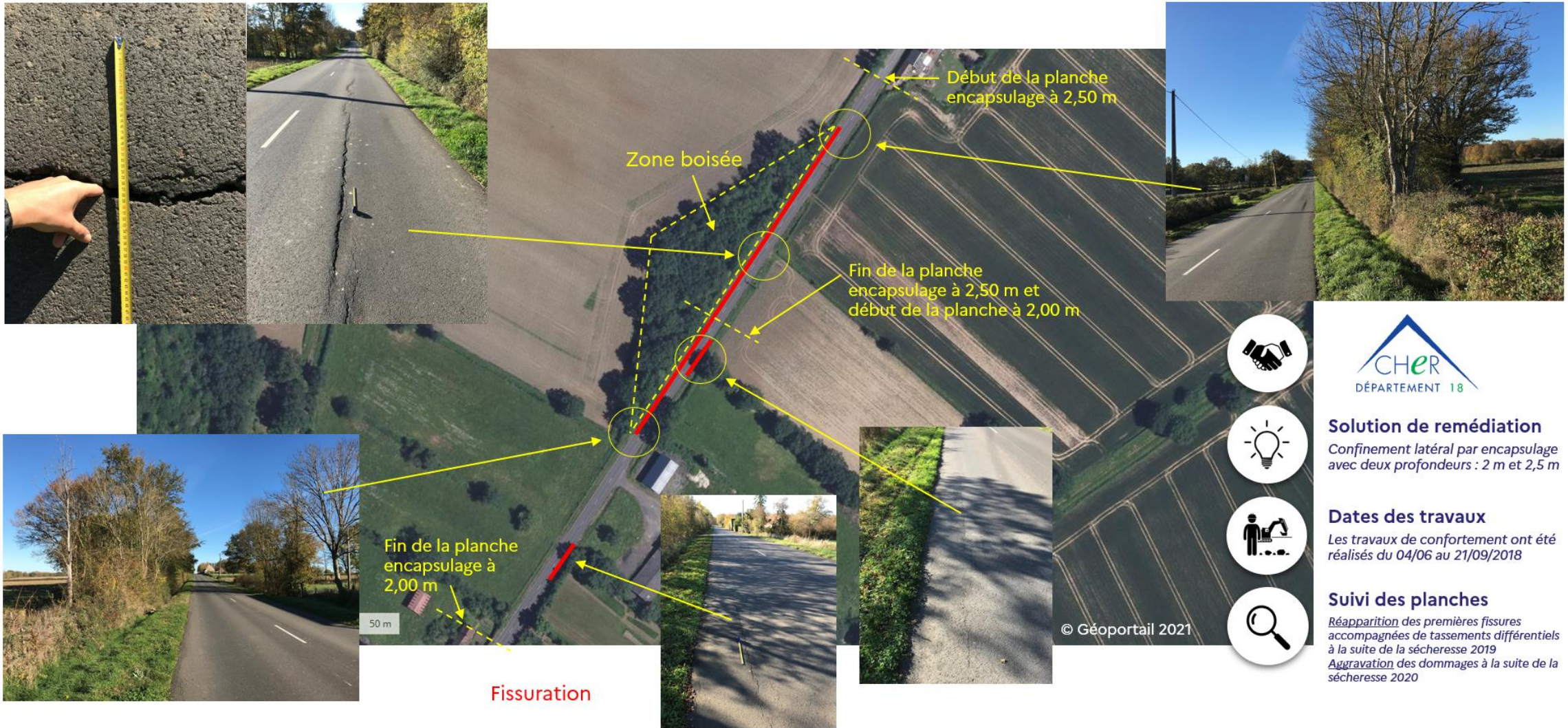


- Influence de la végétation (Reiffsteck, 1999)



Les sols argileux très plastiques sont affectés par les **variations de la teneur en eau** au niveau des **couches supérieures** fortement exposées aux conditions climatiques et aux facteurs de l'environnement proche : il s'agit de la « **zone active** » ou « **zone de fluctuations saisonnières** »

INFLUENCE DES FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE



Solution de remédiation
Confinement latéral par encapsulage avec deux profondeurs : 2 m et 2,5 m



Dates des travaux
Les travaux de confortement ont été réalisés du 04/06 au 21/09/2018



Suivi des planches
Réapparition des premières fissures accompagnées de tassements différentiels à la suite de la sécheresse 2019
Aggravation des dommages à la suite de la sécheresse 2020



L'OBSERVATOIRE DES ROUTES SINISTRÉES PAR LA SÉCHERESSE (ORSS)



5 départements partenaires



1 828 921 €

530 564 € en études
1 191 086 € en travaux
107 271 € en instrumentation



9 sites / 16
planches d'essais

1 site = 1 RD
1 planche d'essai = 1 section
dans la portion de RD identifiée



16 solutions dont
8 procédés

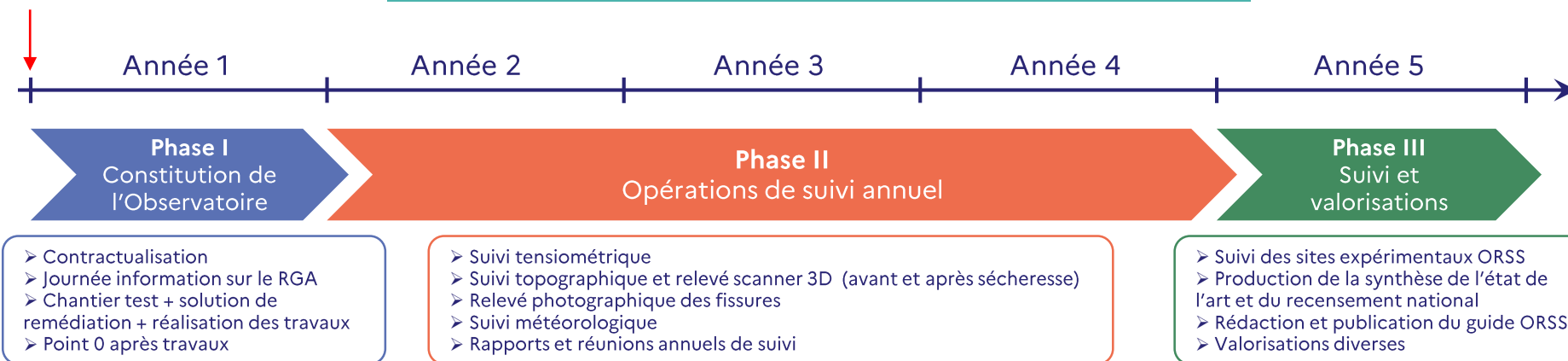
1 solution = 1 configuration
de test (planche d'essai)



~ 2,6 km de routes
confortées

Date de signature des conventions
Cerema & départements CVdL*

Calendrier prévisionnel de l'Observatoire



* Départements de la région Centre-Val de Loire partenaires du projet ORSS : Cher (18), Indre (36), Indre-et-Loire (37), Loir-et-Cher (41) et Loiret (45)

L'OBSERVATOIRE DES ROUTES SINISTRÉES PAR LA SÉCHERESSE (ORSS)

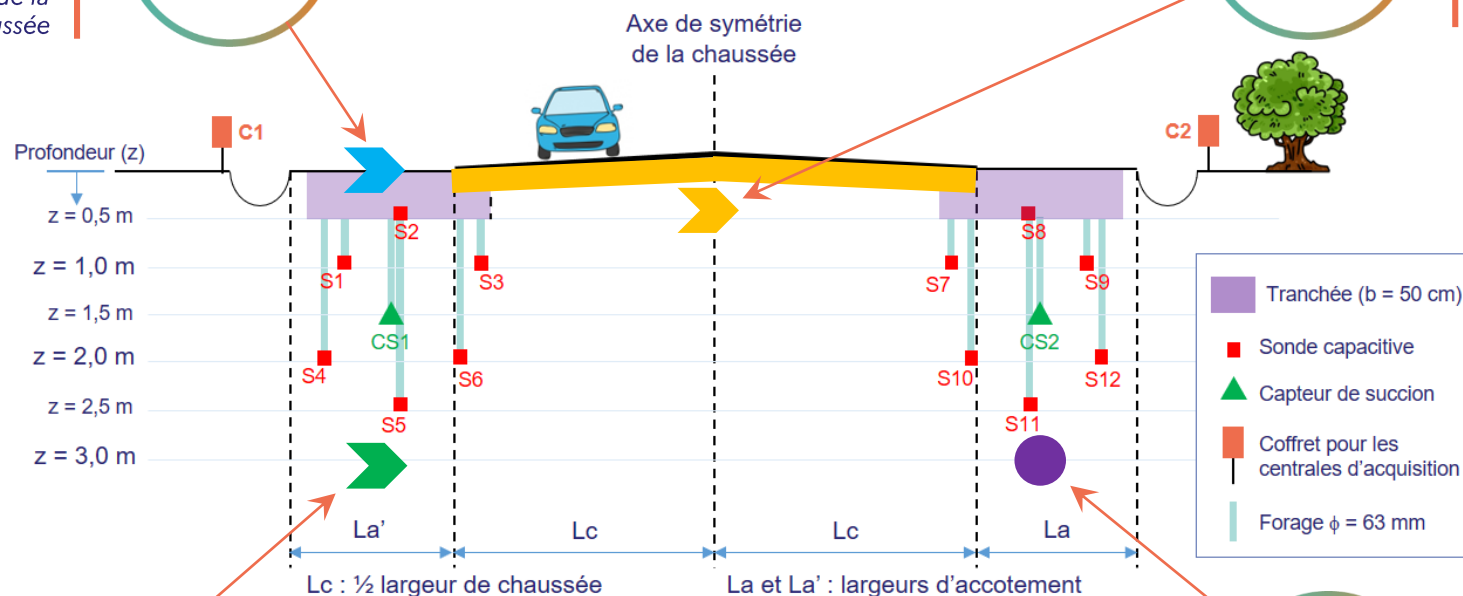
Agir sur l'environnement proche (cat. 2)

Cette catégorie de solutions permet de limiter les effets des facteurs aggravants tels que l'évapotranspiration au niveau des accotements et l'influence racinaire de la végétation à proximité de la chaussée



Agir sur la structure de chaussée (cat. 1)

Il s'agit essentiellement de renforcer la structure de corps de chaussée avec par exemple les techniques de géogrids pour ralentir la propagation des fissures



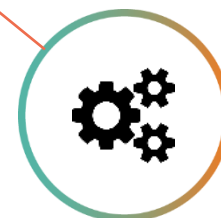
Agir sur le sol argileux (cat. 3)

Il s'agit de traiter le sol en place jusqu'à une profondeur de 4 m pour réduire sa sensibilité au phénomène de RGA et conserver un état hydrique équilibré sous chaussée



Instrumentation tensiométrique

Afin d'évaluer l'apport de chaque solution de remédiation, une instrumentation tensiométrique est mise en place via l'implantation de sondes de succion de 0,5 à 4,0 m de profondeur permettant un suivi en continu et à distance



L'OBSERVATOIRE DES ROUTES SINISTRÉES PAR LA SÉCHERESSE (ORSS)

Solutions catégorie 1



1 Réhabilitation de l'enrobé avec le principe du Recyclovia® (seul et renforcé par une géogridle)

2 Stabilisation mécanique de la couche porteuse par deux lits de géogridle triaxiale TriAx®

3 Consolidation de la structure de chaussée par pose de blocs de Compostyrène®



Solutions catégorie 2



4 Étanchéification verticale par encapsulage avec une géomembrane

5 Étanchéification horizontale des accotements (par géomembrane ou par enduit de surface)

6 Consolidation du sol sous chaussée par injection de résine expansive URETEK®



Solution catégorie 3



7 Stabilisation chimique du sol sous chaussée par injection du RemediaClay®



L'OBSERVATOIRE DES ROUTES SINISTRÉES PAR LA SÉCHERESSE (ORSS)



Département du Loiret (45)

Marché initial signé le 08/02/2018
Avenant n°1 signé le 21/01/2023



230 195 €

42 190 € en études et conception
100 000 € en travaux d'injection
35 505 € en instrumentation
52 500 € en travaux chaussée



1 site / 2 planches d'essais

1 site = RD151 (St-Loup-des-Vignes)
2 planches d'essais = PL1 (80 m) et PL2 (150 m)



623 forages / 619 injections

Volumétrie des produits consommés : 17 IBC de BS1 et 1 IBC de Calcium



Procédé Bio-cimentation

Localisation, maillage et configuration des injections établis par le Cerema



1 station météo / 4 data logger / 20 TEROS 12

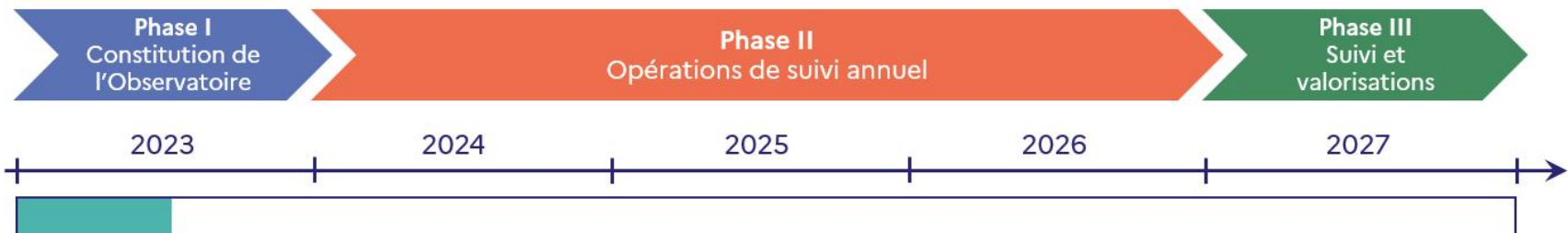
Instrumentation in situ posée les 8 et 9 août 2023



Calendrier des chantiers tests ORSS 45

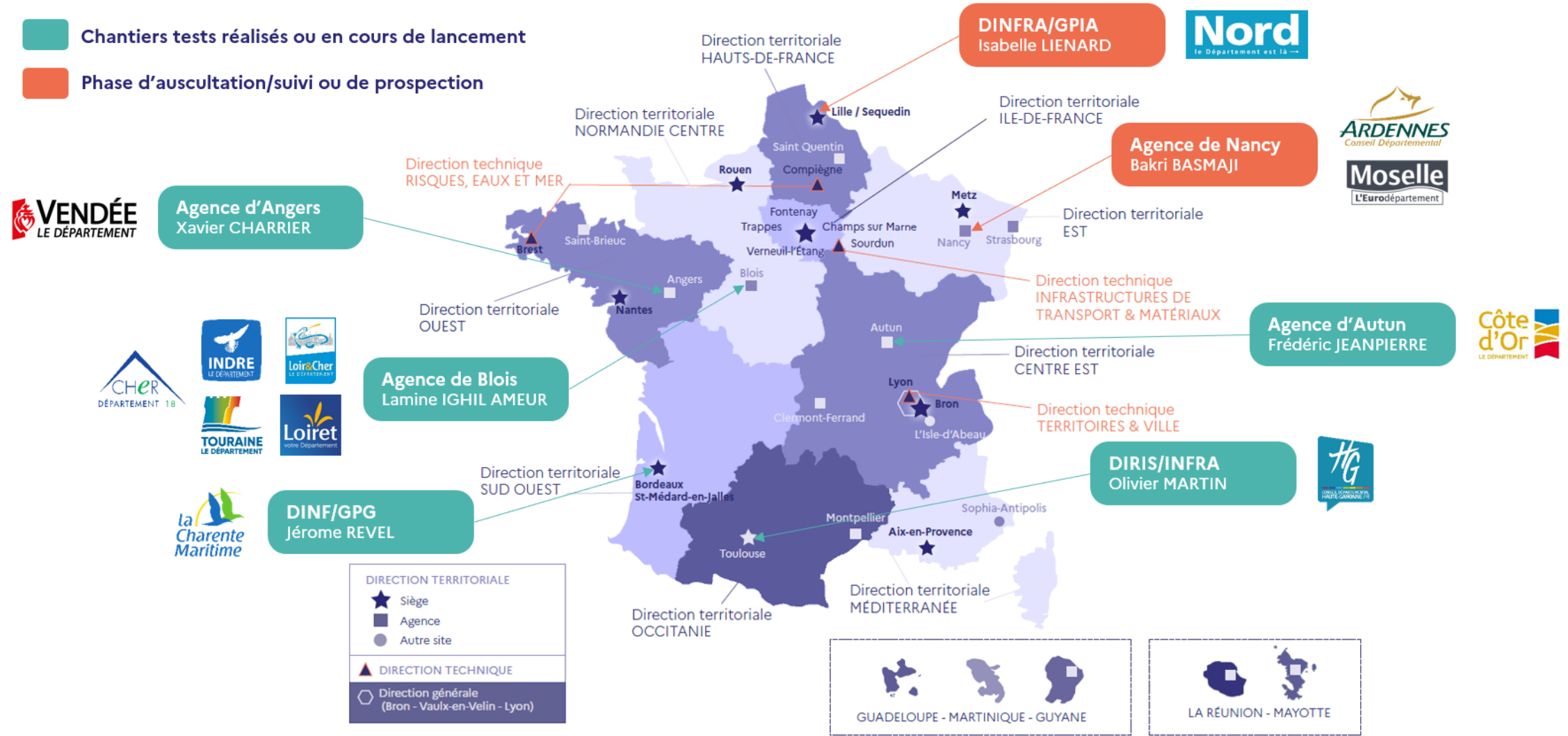
Chantier test n° 3

Travaux : 18 jours ouverts du 17/07 au 09/08/2023 (hors réfection de chaussée)



GROUPE DE TRAVAIL RÉSILIENCE DES INFRAS DU CEREMA

- Chantiers tests réalisés ou en cours de lancement
- Phase d'auscultation/suivi ou de prospection



Merci de votre attention