

*Journée technique CFBR – CFMS –  
SPTF FNTP du 16 mai 2019*

23 Avenue Condorcet, Villeurbanne **INDURA**  
Auvergne-Rhône-Alpes

**40 ANS de retour d'expérience  
sur les ouvrages en terre  
des LGV**

*Vincent Talfumière  
SNCF RESEAU*

Journée organisée par :



# CONCEPTION ET CONSTRUCTION des ouvrages en sols fins



# Sommaire

- Introduction : Présentation des LGV du RFN
- Retour d'expérience (REX) incidents sur les LGV
- Origines et causes des désordres
- Exemples de désordres
  - Chutes de blocs
  - Coulées de boue
  - Glissement de remblai
  - Glissement de déblai
  - Gonflement de déblai et de plate-forme
  - Glissement/tassement de remblai
  - Grands ouvrages
  - Erosion de plate-forme
  - Fontis
  
- Conclusions

## Présentation des LGV sur le RFN – hors PPP

➤ 2050 km

➤ 8 lignes en service:

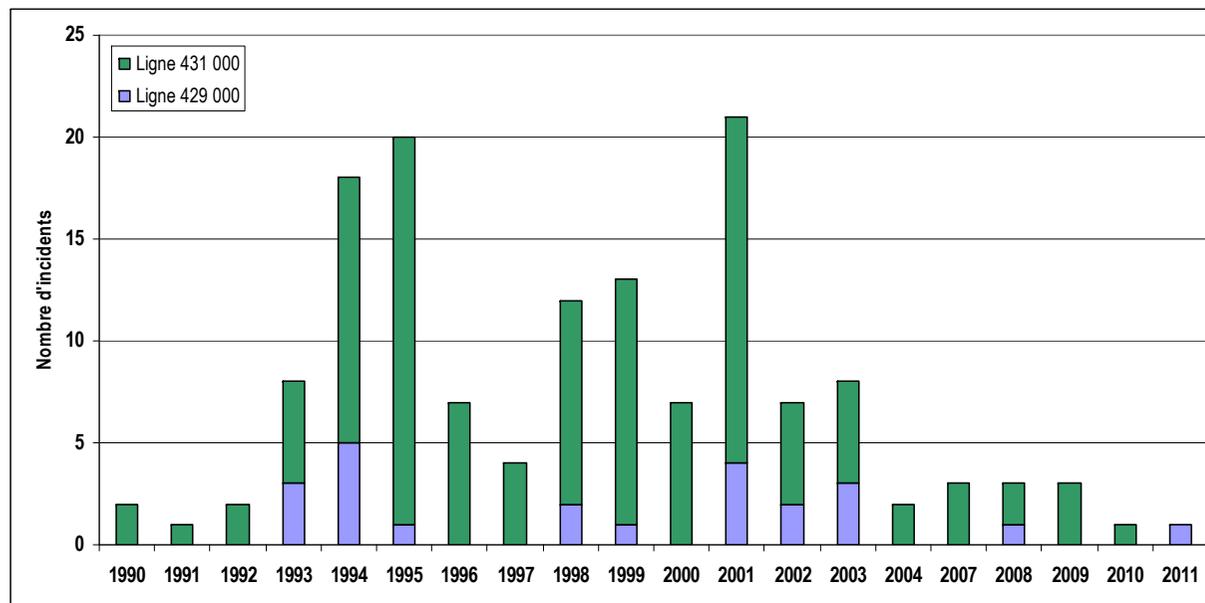
- ✓ Paris – Lyon (1981 - 1983)
- ✓ Paris – Monts / Connéré (1989 – 1990)
- ✓ Paris – Frontière Belge / Calais (1993)
- ✓ Lyon – Valence (1994)
- ✓ Interconnexion en Île-de-France (1994 -1996)
- ✓ Valence – Marseille (2001)
- ✓ Paris – Baudrecourt (2007) et Baudrecourt – Vendenheim (2016)
- ✓ Villers les Pots – Petit Croix (2011)

# REX incidents LGV

La création d'une ligne à grande vitesse est une modification significative de :

- la stabilité des sols en place,
- les écoulements superficiels et profonds
- l'environnement du tracé

Cette « blessure » est durable :



Incidentologie sur  
LGVA entre 1990 et  
2011 – 1 à 3  
incidents par an  
après 2011

# REX incidents LGV

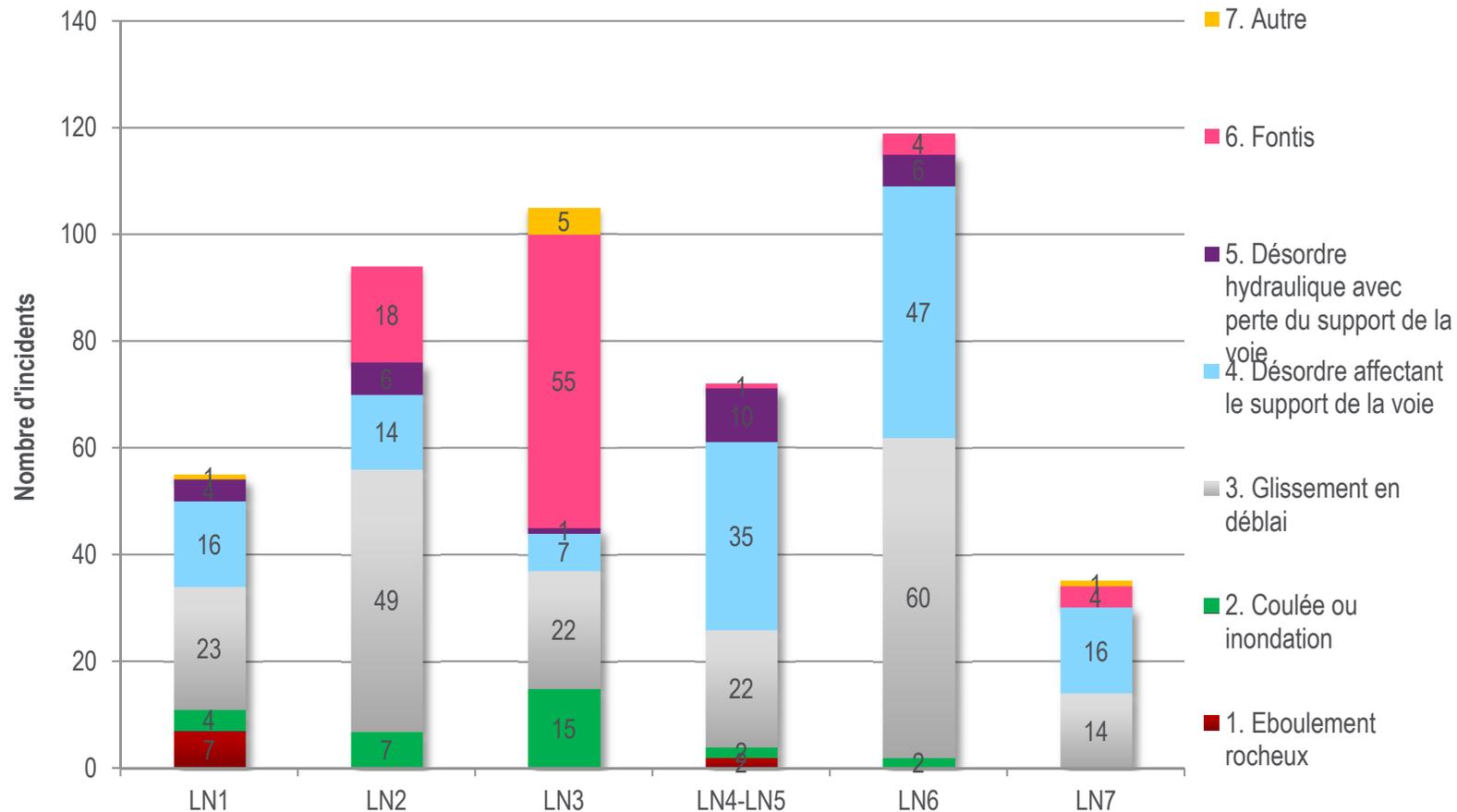
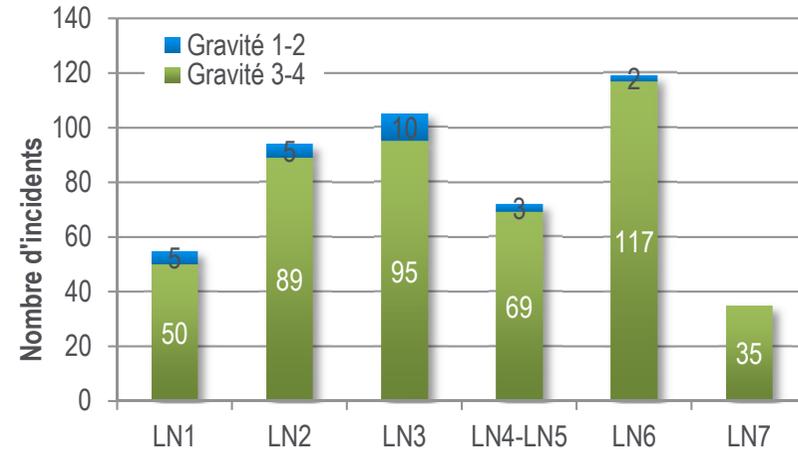
Depuis 1998 :

- 10% des incidents se produisent sur des LGV (linéaire des LGV = 7% du linéaire des lignes du RFN)
- 95% de ces incidents sont peu graves
- 5% de ces incidents sont graves c'est-à-dire ont un impact direct sur la sécurité des circulations (sur l'ensemble des lignes il y a 27% d'incidents graves)
- 70 % des désordres dans les déblais
- 75 % des incidents entre novembre et avril (inclus) dont 50 % de janvier à mars, donc plutôt liés aux intempéries,

# REX incidents LGV

Incidents entre 1998 et 2018

- Par gravités
- Par type de désordres



# Origines et causes des désordres

## ➤ Facteurs liés au site:

- ✓ Rétentions d'eau, absence ou déficience de drainage de crête et autres pb hydrauliques (53 %)
- ✓ Nature, qualité et/ou état des matériaux (y compris sol support) (48 %)
- ✓ Présence de nappes perchées, venues d'eau, sources ou résurgences y compris drains agricoles (38 %)
- ✓ Géométrie : incompatibilité entre nature des matériaux et pente des talus (23 %)
- ✓ Cavités souterraines naturelles ou artificielles (15 %)

# Origines et causes des désordres

## ➤ Facteurs liés à la conception :

- ✓ Insuffisance de reconnaissances
- ✓ Choix techniques et/ou financiers
- ✓ Ecart avec le référentiel

## ➤ Facteurs liés à la réalisation :

- ✓ Insuffisance de reconnaissances
- ✓ Insuffisance de suivi de la MOE
- ✓ Choix techniques et/ou financiers
- ✓ Ecart avec le référentiel

## ➤ Non prise en compte de la maintenance ultérieure:

- ✓ Problèmes d'accès des installations
- ✓ Difficulté d'entretien
- ✓ Choix financiers

# ZOOM SUR LES OUVRAGES EN MATERIAUX FINS

- Ouvrages en remblai
- Ouvrages en déblai

# Phénomènes d'érosion dans les déblais

- ✓ Défaut de drainage lié à son absence ou à la conception – présence de coudes



REX : éviter les coudes dans les drainages

- ✓ Surépaisseur de terre végétale



REX : suivre le référentiel

# Glissement de déblai

- Mauvaises caractéristiques mécaniques et importante sensibilité hydrique des sols en place



Argile verte (Classe GTR A3/A4)



Frange d'altération argileuse des Marnocalcaires de ST OUEN (Classe GTR A3/A4)



Marnes supragypseuses: marnes blanches de PANTIN et bleues d'ARGENTEUIL

REX : études spécifiques sur des matériaux difficiles

# Glissement de déblai

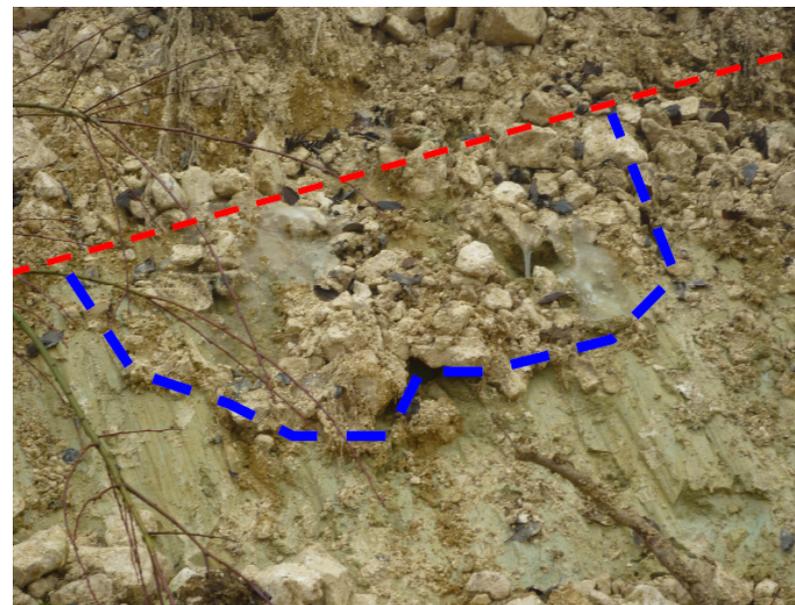
- Nappes perchées

→ Nombreuses configurations de nappes perchées : formations superficielles relativement perméables reposant sur des formations argileuses imperméables et dont le toit peut être irrégulier et former des cuvettes,

→ Activation de circulations d'eau à cette interface suite à fortes pluies/fontes de neige



*Variations lithologiques sur le déblai*



*Arrivées d'eau gelées à l'interface limon-argile verte*

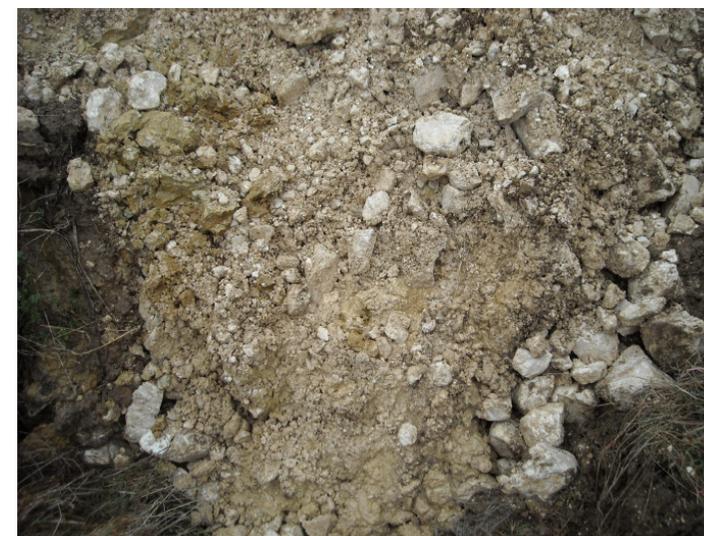
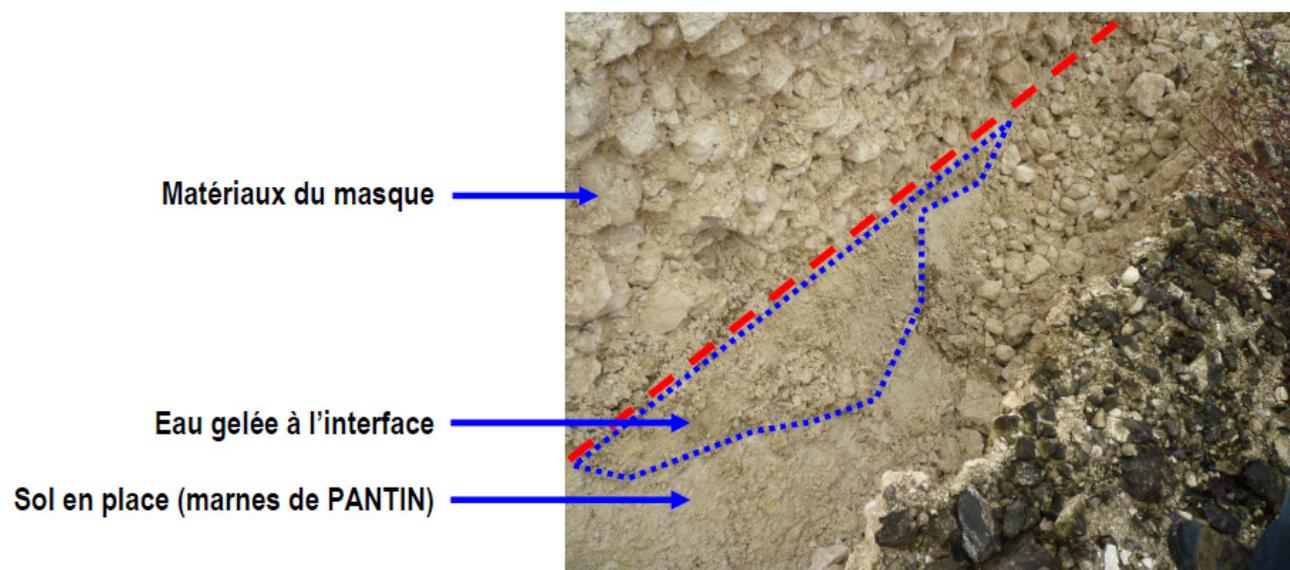
REX : détecter les secteurs à nappes perchées

# Glissement de déblai

- Mauvaises caractéristiques des matériaux de masque

→ Les matériaux des masques, d'origine calcaire, montraient une très forte proportion de fines et une faible dureté

→ Il en résulte une faible propriété drainante et des surpressions interstitielles en cas d'apport d'eau important et la création de surface de rupture à l'interface masque/sols en place



REX : utiliser un matériau conforme au référentiel

# Glissement de déblai

- Absence de terre végétale sur les masques

- En cas de fortes pluies et/ou de fontes rapides de neige, les eaux s'infiltrent directement dans le masque et peuvent détremper les sols à l'arrière
- Pb d'entretien des talus des masques ultérieurement



*Glissement d'un masque non végétalisé*



*Glissement de masque*

REX : mettre de la TV conformément au référentiel

# Glissement de déblai

- Rétention d'eau en pied de talus

→ Des stagnations d'eau dans les fossés terres peuvent contribuer à saturer les sols à proximité immédiate de la base et l'assise d'un masque/talus



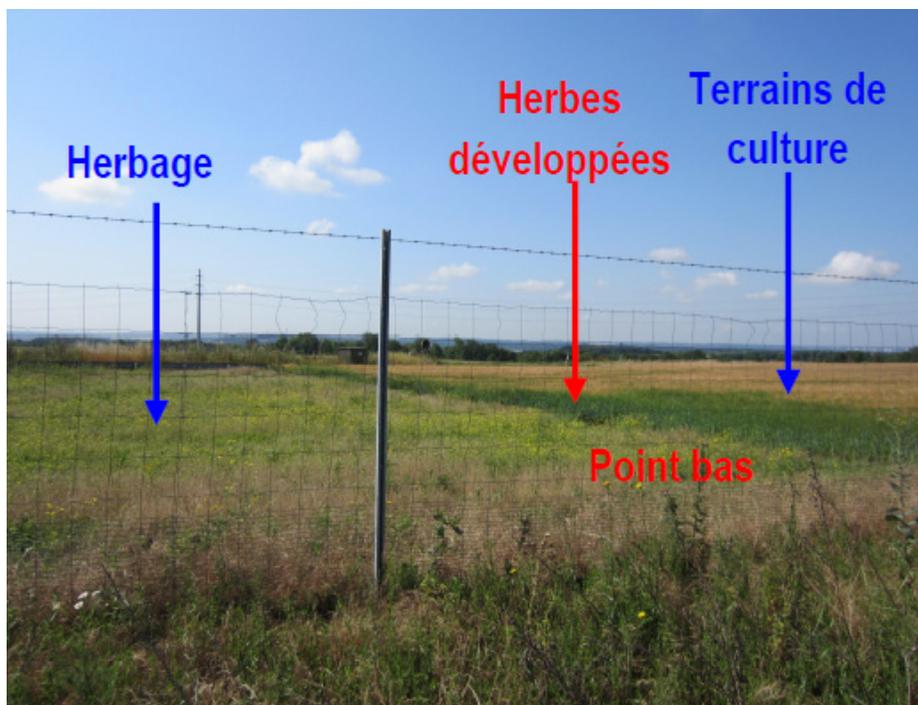
*Etat du fossé terre en pied du déblai*

**REX : éviter les rétentions d'eau en fossé**

# Glissement de déblai

- Points bas topographiques en crête de talus (sans système de drainage associé)

→ Infiltrations préférentielles d'eau plus ou moins importantes d'eau dans le corps de déblai



*Léger point-bas au dessus du déblai*



*Point-bas au dessus du déblai*

REX : drainer les crêtes de talus conformément au référentiel

# Glissement de déblai

- Drains agricoles

→ Création d'infiltrations préférentielles d'eau plus ou moins importantes d'eau dans le corps de déblai



*Drains agricoles en crête de déblai*

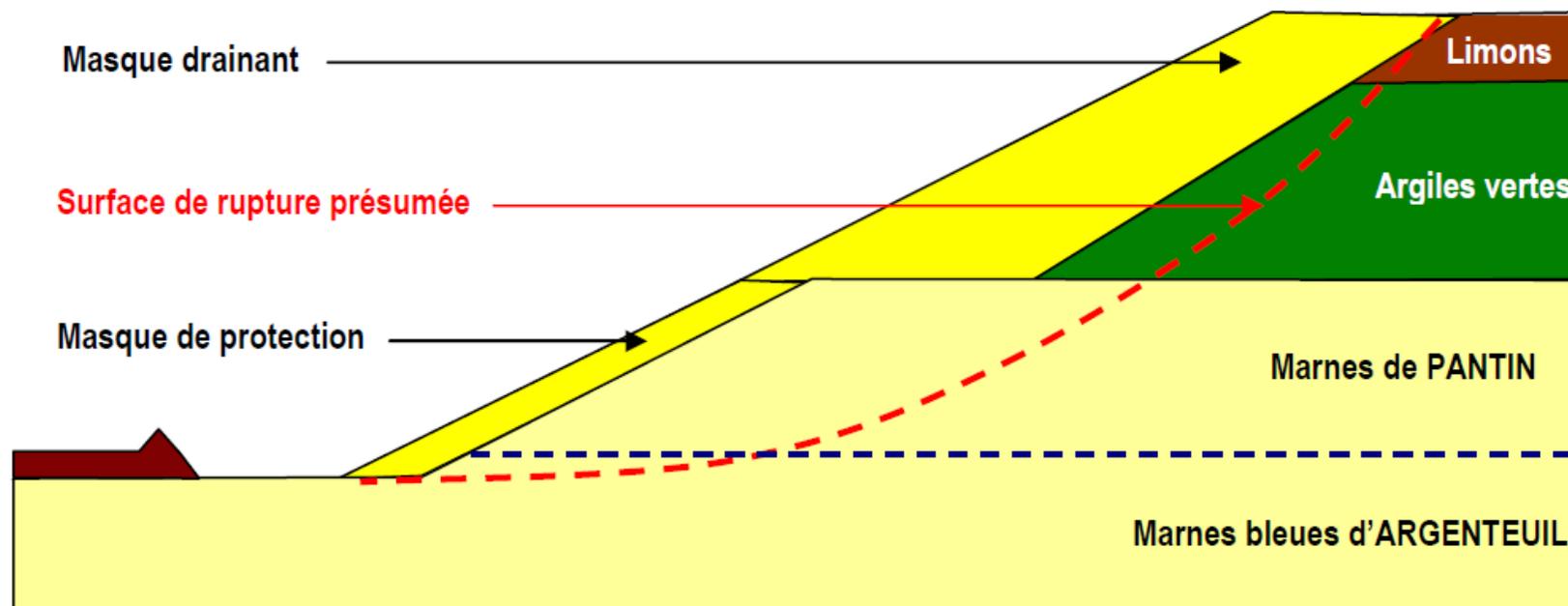
REX : capter les drains agricoles conformément au référentiel

# Glissement de déblai

- Conception: localisation et géométrie des masques

→ Problématiques des masques de protection de faible épaisseur (50 cm) en couverture de sols de mauvaises caractéristiques mécaniques et à forte sensibilité hydrique

→ Masque drainant perché et reposant sur des sols de mauvaises caractéristiques mécaniques et à forte sensibilité hydrique



REX : interdire les masques perchés conformément au référentiel

# Glissement de déblai

- Réalisation : masque fait en matériaux du site



REX : réalisation hors référentiel et hors règles de l'art

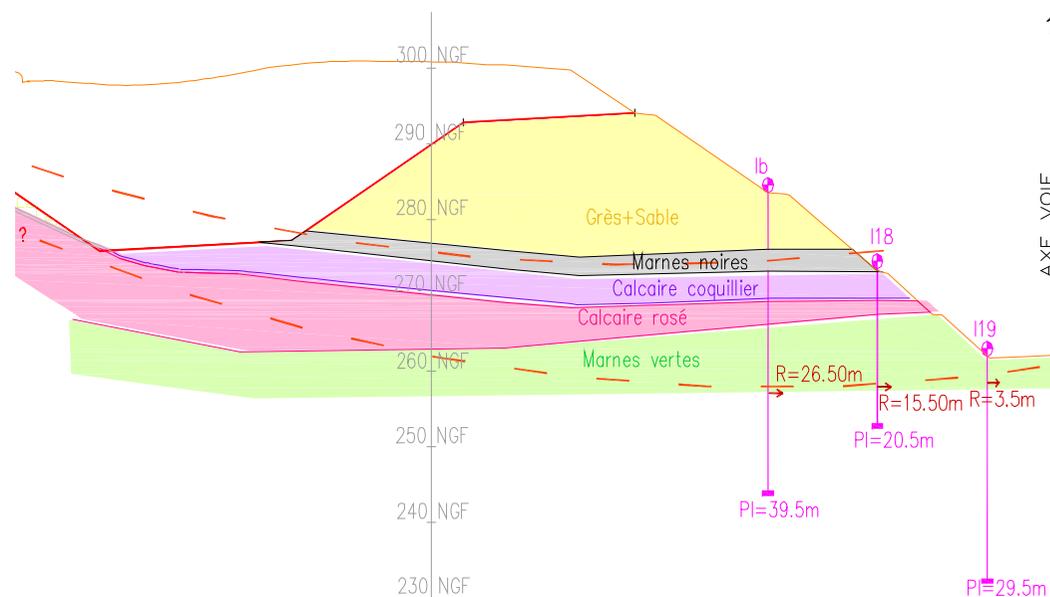
# Gonflement de plate-forme

- **Aucun cas connu en remblai**
- **En déblai : 1 cas sur LGV PARIS S-E**
  - **1 cas sur LGV MED**
  - **10 cas sur la LGV EST 1ere phase**
  - **1 cas sur la LGV EST 2eme phase**
- **Matériaux potentiellement gonflants**
- **Source d'alimentation en eau**

# Gonflement de plate-forme

- Cas de la LGV Méditerranéée:

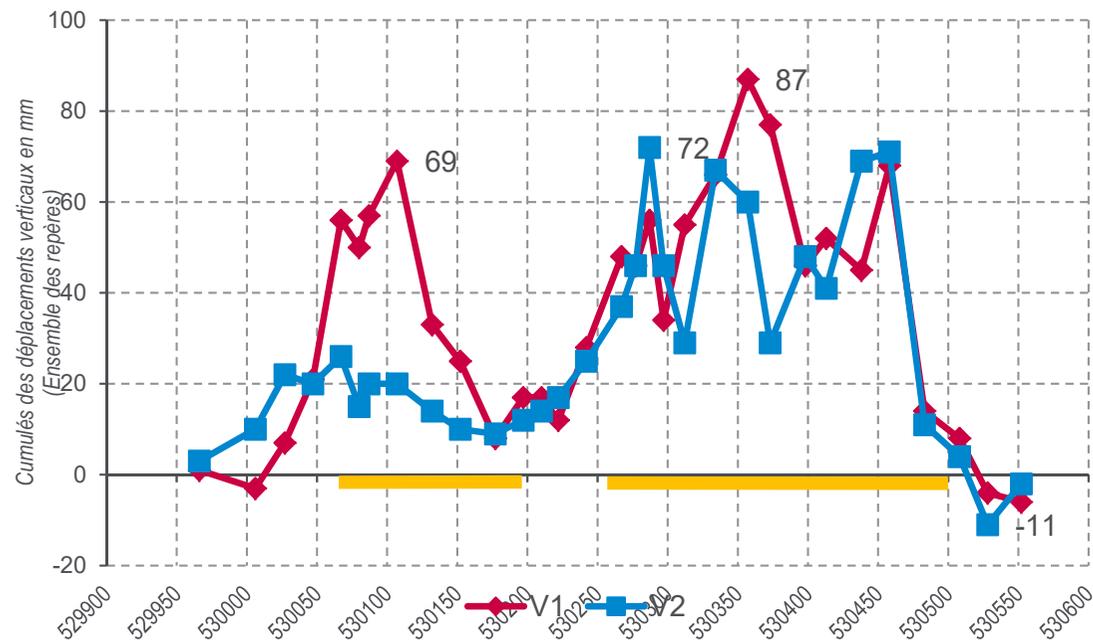
- Grand déblai instable
- Marnes et argiles de l'Oligocène sous plate-forme 2 à 6m de matériaux gonflants)
- Plate-forme purgée sur plus de 2m et remblayée par des matériaux perméables
- Fossés latéraux fissurés – alimentation en eau permanente



# Gonflement de plate-forme

- Cas de la LGV Méditerranée:

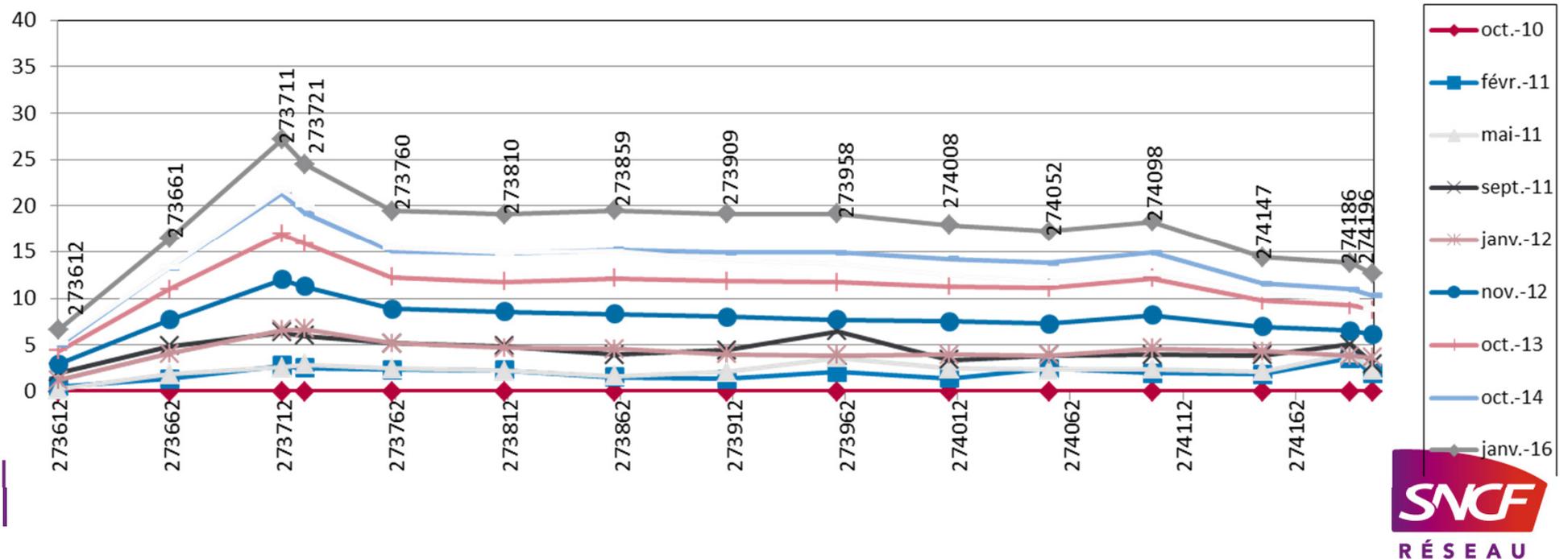
- Recherche du potentiel de gonflement des argiles et du gonflement restant à se produire (Tang 2007)
- Difficultés à faire la part entre :
  - Gonflement des marnes et argiles
  - Détente des terrains qui ont été terrassés sur 40m de hauteur
  - Mouvements résiduels du glissement traité par terrassements en 2001,



# Gonflement de plate-forme

## • Cas de la LGV EST :

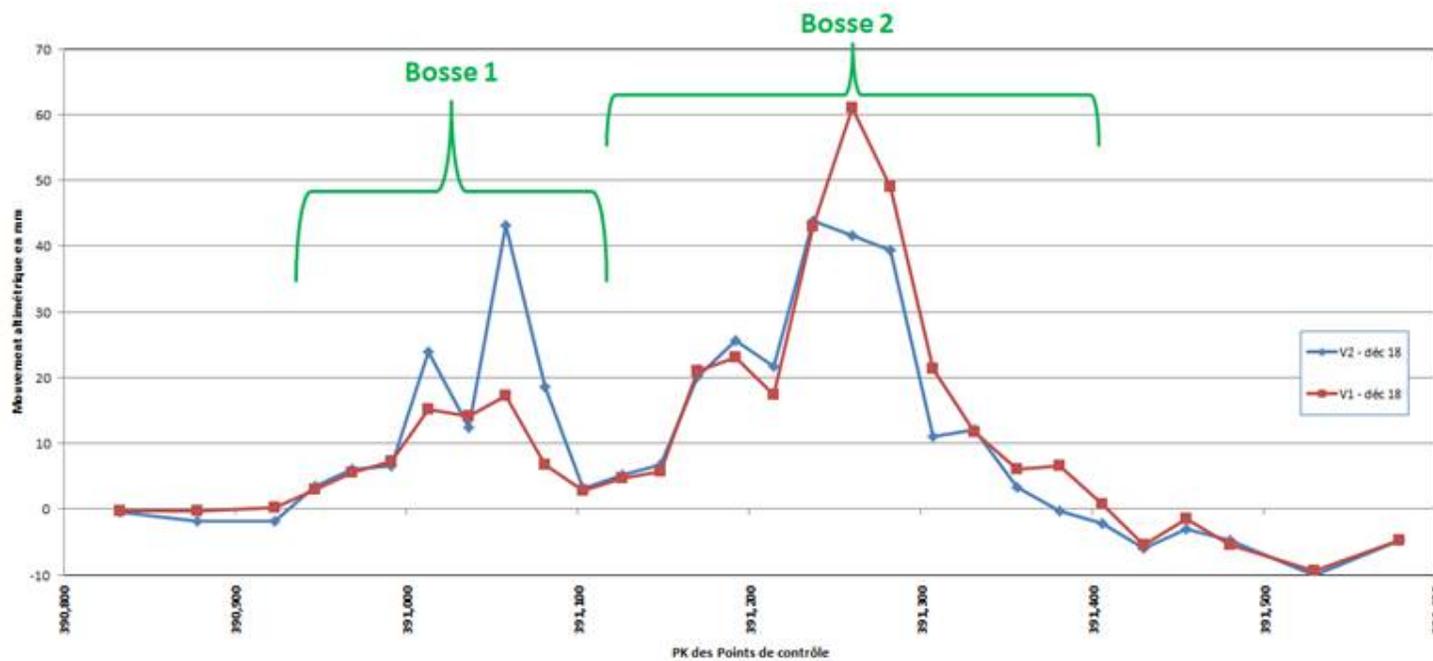
- Argiles de LEVALLOIS et argiles à Amalthées comportant 15 à 30 % se Smectites,
- 10 déblais concernés
- Traitement par purge sur 1m et remblaiement par matériaux traités imperméables
- Objectif : 1 à 2 mm par an de gonflement maximum
- Mise en place de suivis par extensomètres et topographie



# Gonflement de plate-forme



**LGV Est :**  
Gonflement de 60 mm en 3 ans



# Glissement et tassement de remblai

- Sensibilité hydrique des matériaux des corps de remblais



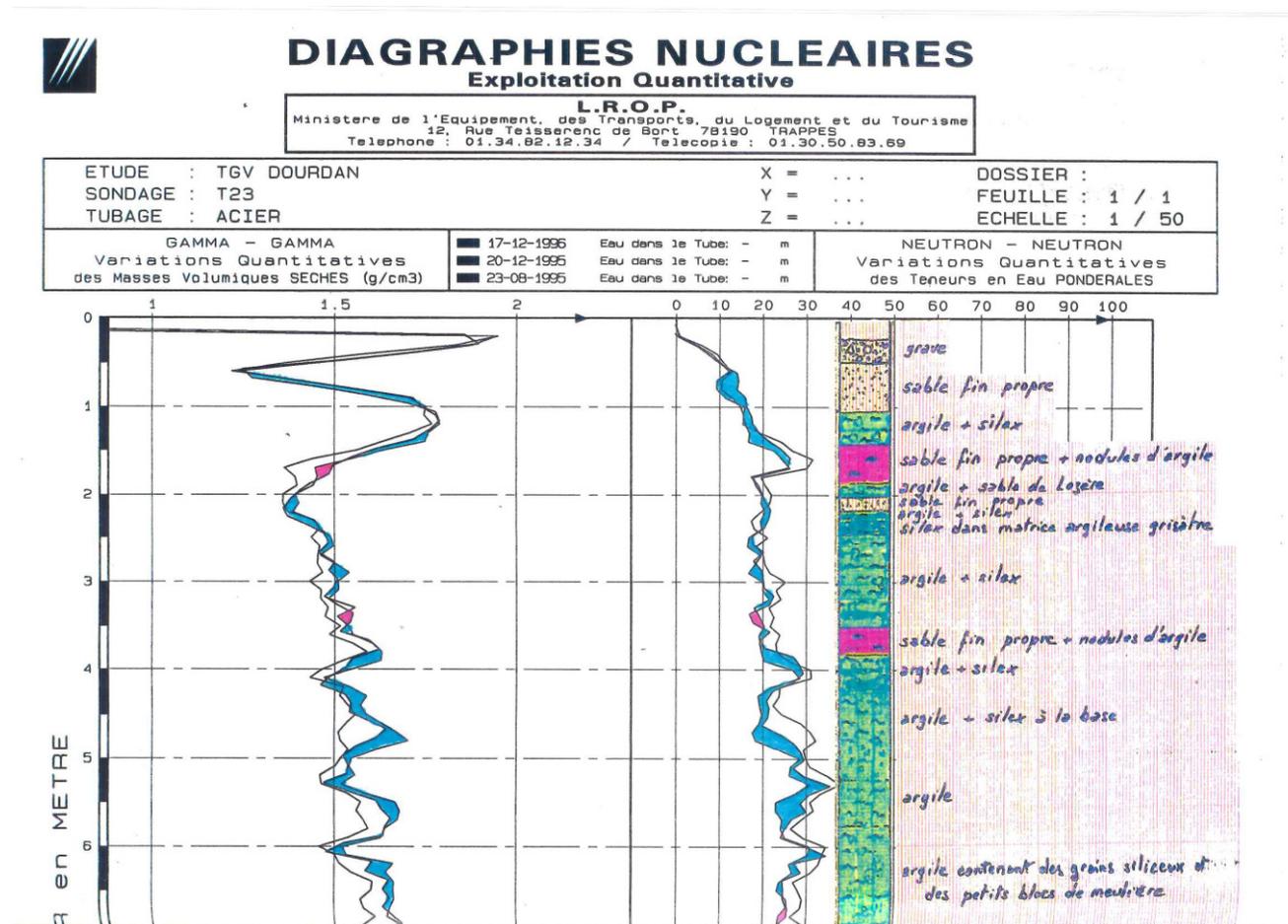
*Traitement par masque et  
banquette + tranchée drainante*

- Remblai constitué d'alternance de matériaux argileux - limoneux et de matériaux sableux, avec chantier hivernal non fermé
- **Résultats** : teneurs en eau supérieures à 50 % sur certains niveaux
- **Conséquences** : une dizaine de glissements superficiels + surface de rupture sous voie + tassement sous voie de 180 mm entre 1991 et 2008 et poursuite d'un tassement de 3mm par an
- 3 sites de ce type sur LGV Atlantique

REX : utiliser des matériaux conformes au référentiel

# Glissement et tassement de remblai

- **Sensibilité hydrique des matériaux des corps de remblais**
  - Suivi des teneurs en eau du corps de remblai et de l'assèchement de celui-ci avec le temps par : **NEUTRON-NEUTRON – GAMA-GAMA et GAMA-RAY**



Diminution de la teneur en eau (en bleu) liée à la mise en place latérale de masques drainants et d'une tranchée drainante

# Glissement de remblai

- Sensibilité hydrique des matériaux des corps de remblais



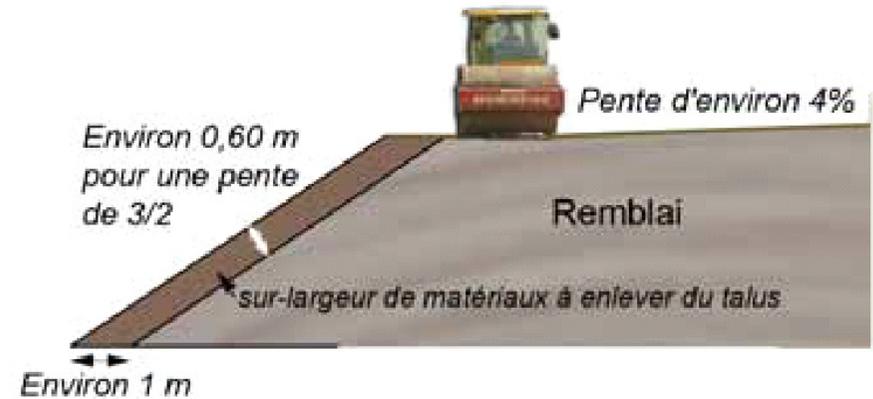
- Glissement dans des matériaux argileux A2/A3 très sensibles à l'eau
- Ouvrage penté à 2/1
- Eviter les contre-pentes et les rétentions d'eau sur les bermes
- Aucun effet sur le nivellement des voies
  
- Deux cas sur deux LGV différentes traités par masques superficiels et profonds

REX : utiliser des matériaux conformes au référentiel

# Glissement de remblai

- Non-retrait du remblai excédentaire

→ Création d'une bande de sol mal compactée en bordure de remblai

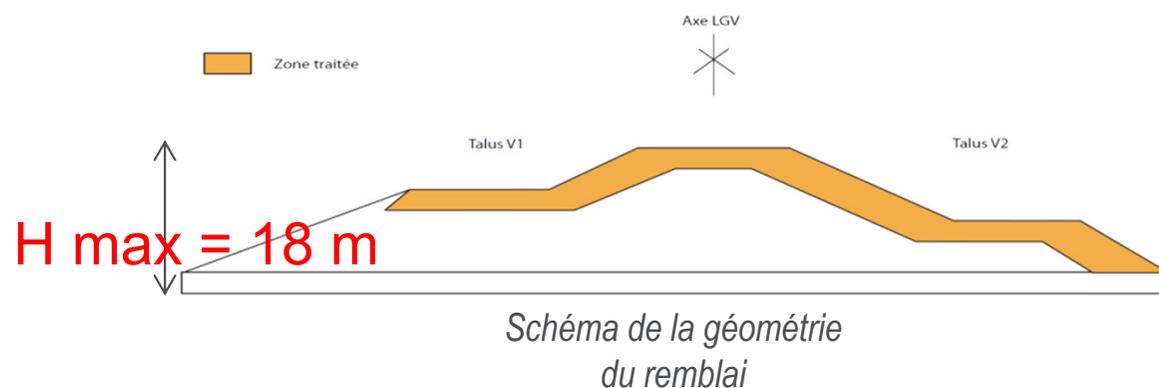


REX : ne pas maintenir le remblai excédentaire

# Glissement de remblai

- Bon retour sur la tenue des bords de remblais raidis traités au liant

Malgré des essais dans le cadre d'un stage sur la durabilité des traitements qui montraient une perte de cohésion des matériaux traités (Perron 2012)



- Nombreux problèmes de fissures de bord de plate-forme en période de sécheresse



# Glissement de remblai

- Surépaisseur de terre végétale

Peut engendrer un problème de tenue de la TV sur le talus, notamment si l'accrochage de la TV sur le talus n'est pas préparé (stries, redans), et peut accentuer un glissement plus profond en cours en augmentant les efforts moteurs (poids plus important) notamment du fait de son potentiel d'imbibition en période climatique défavorable.



REX : mettre une épaisseur de terre végétale conforme au référentiel

# Glissement de remblai

- Merlon accolé moins perméable que le remblai



REX : situation non conforme au référentiel

# Glissement/tassement de remblai

- **Remblai sur sol compressible**

8 remblais sur les 7 LGV ont fait l'objet de tassements hors référentiel dont une rupture de sol support



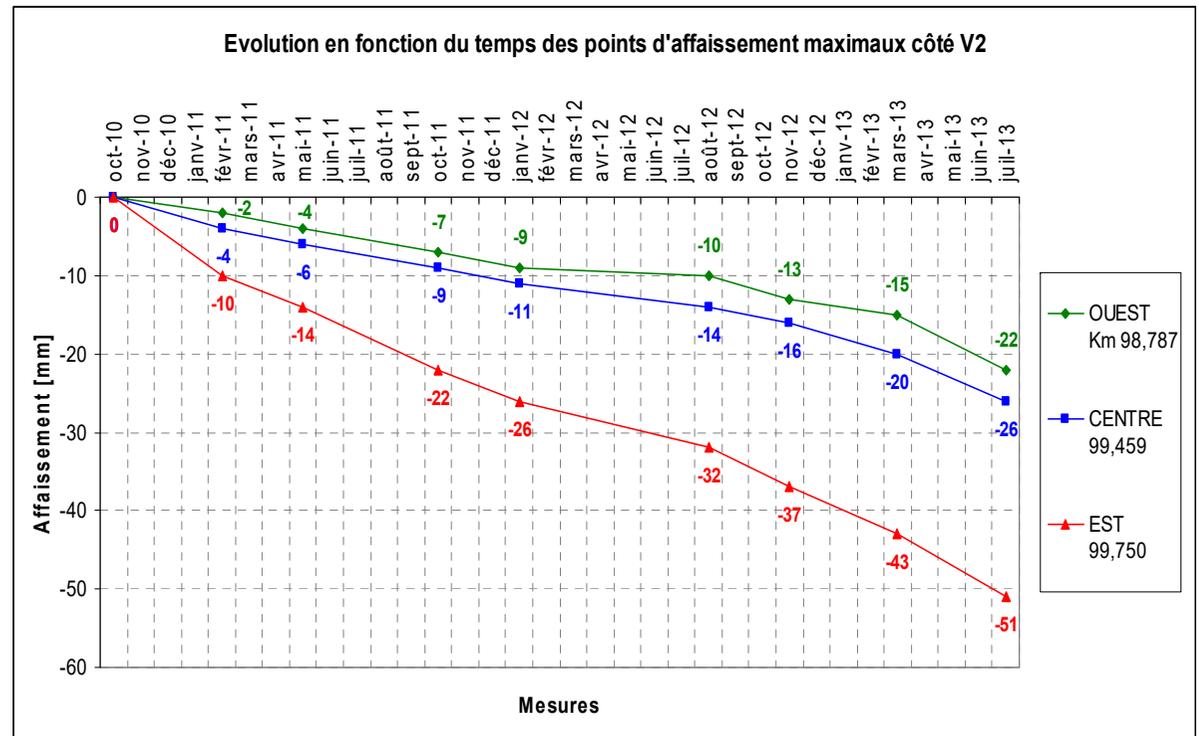
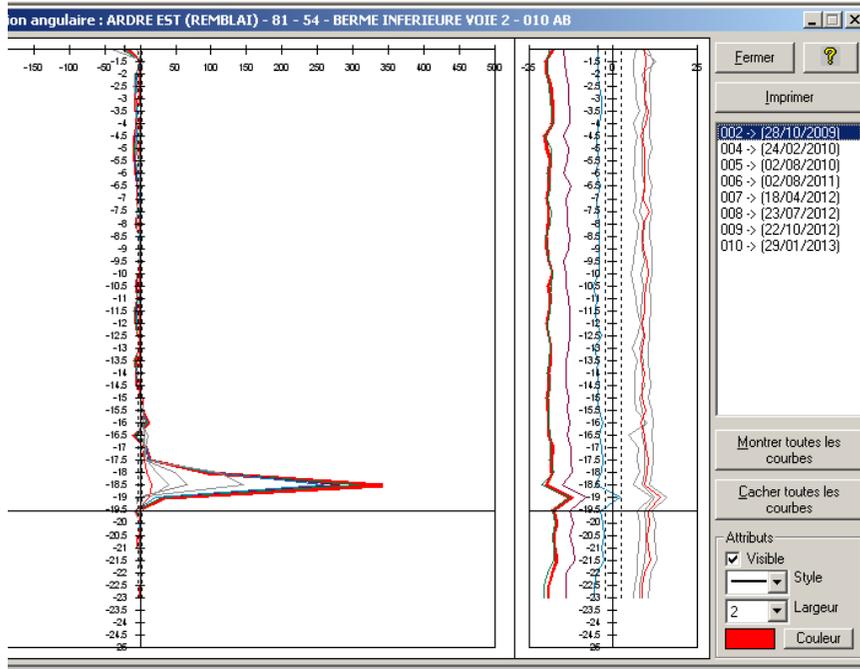
## Glissement/tassement de remblai

- Remblai sur sol compressible



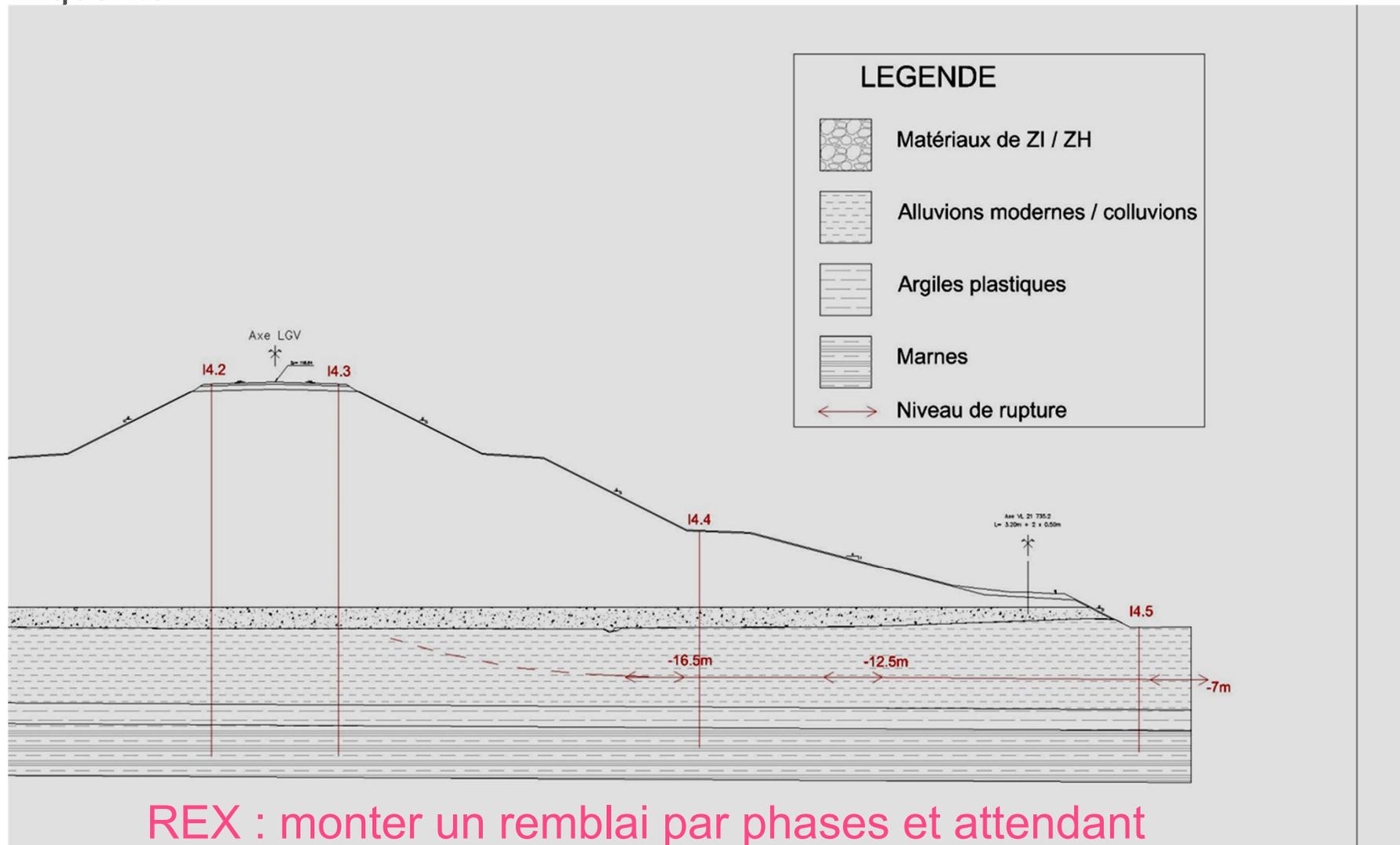
# Glissement/tassement de remblai

- Remblai sur sol compressible



## Glissement/tassement de remblai

➤ Exemple de glissements de remblai sur un sol support de mauvaise qualité



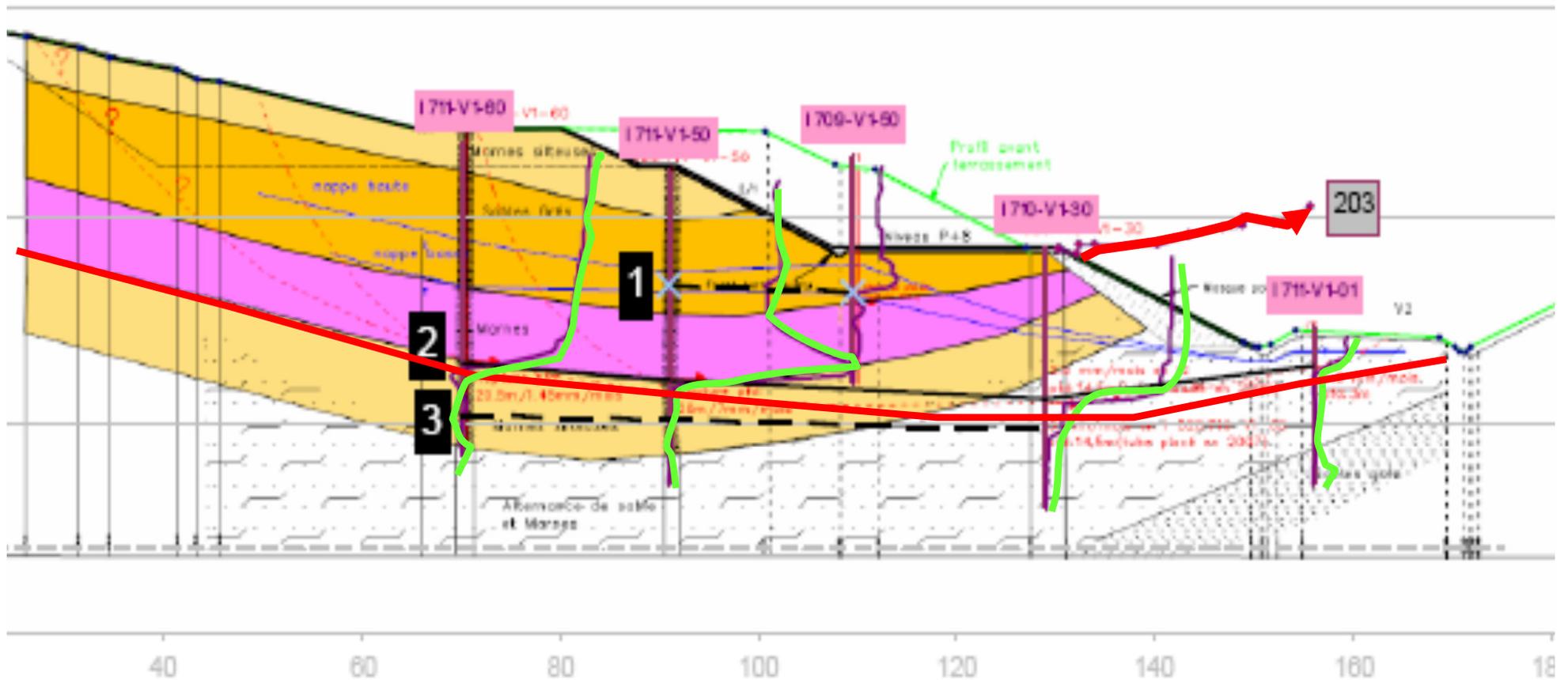
REX : monter un remblai par phases et attendant la consolidation

# Particularité des très grands ouvrages



Déblai de 35 m de hauteur

## Particularité des très grands ouvrages

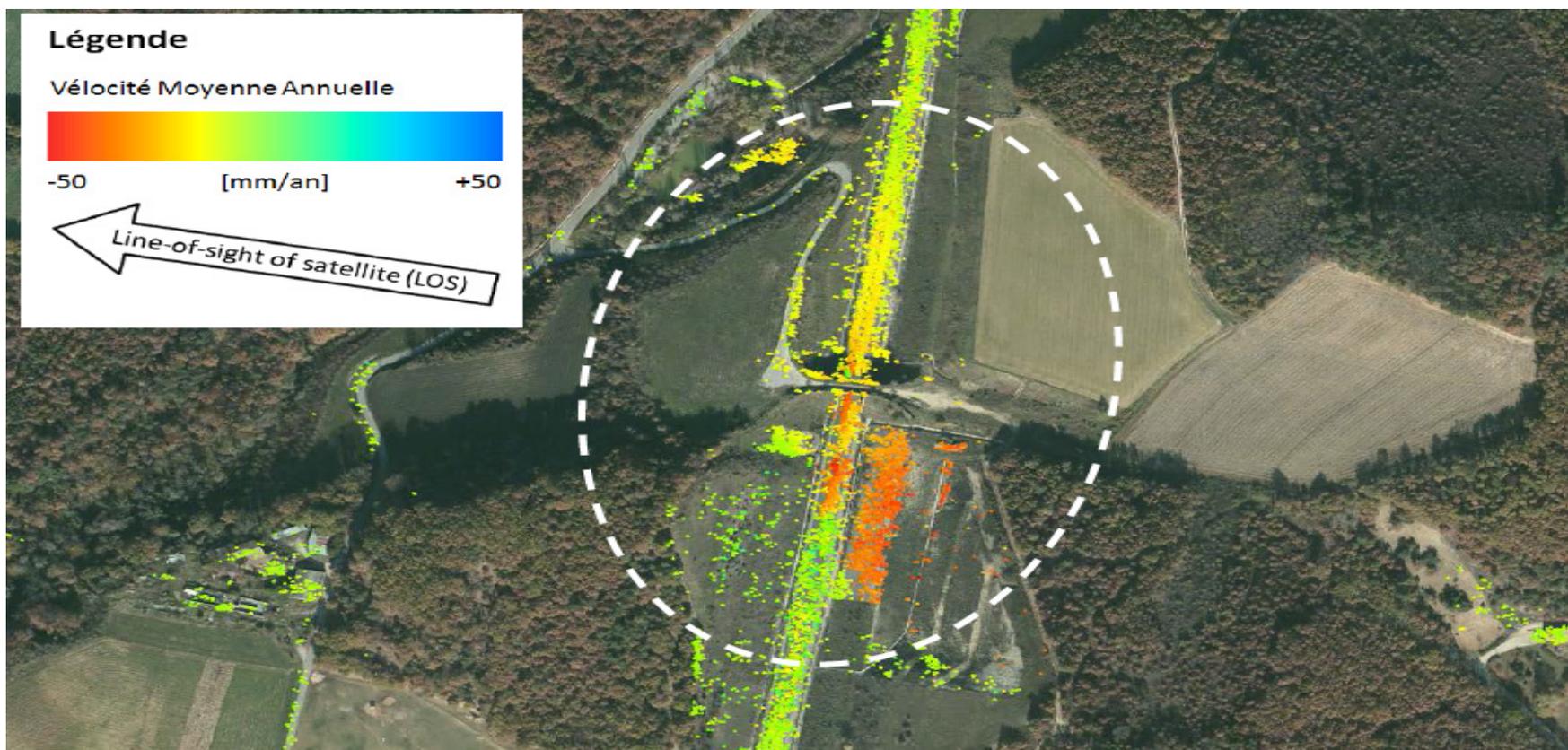


Glissement avec soulèvement des voies – déplacement latéral de l'ordre de 700mm

## Particularité des très grands ouvrages

Développement de nouvelles techniques d'aide à la surveillance :

- Interférométrie radar : suivi d'ouvrage actif – test fait en 2006 – puis en 2015



## Particularité des très grands ouvrages



REX : en phase conception, études géotechniques spécifiques pour les grands ouvrages

# Synthèse

- Risque vis à vis de la régularité des circulations : 15 % des désordres ont un impact
- Risque vis à vis de la sécurité des circulations : l'aléas fontis à bien prendre en compte
- Le suivi strict du référentiel de conception/réalisation permet de limiter les désordres lors de l'exploitation – importance de la gestion des dérogations
- En général, les désordres arrivent suite à un non respect des référentiels – nécessité d'un bon suivi travaux
- Récolement : importance des DOE et DIUO pour la maintenance ultérieure des ouvrages

La maintenance des OT/OH d'une LGV débute à la conception

Merci de votre attention...

