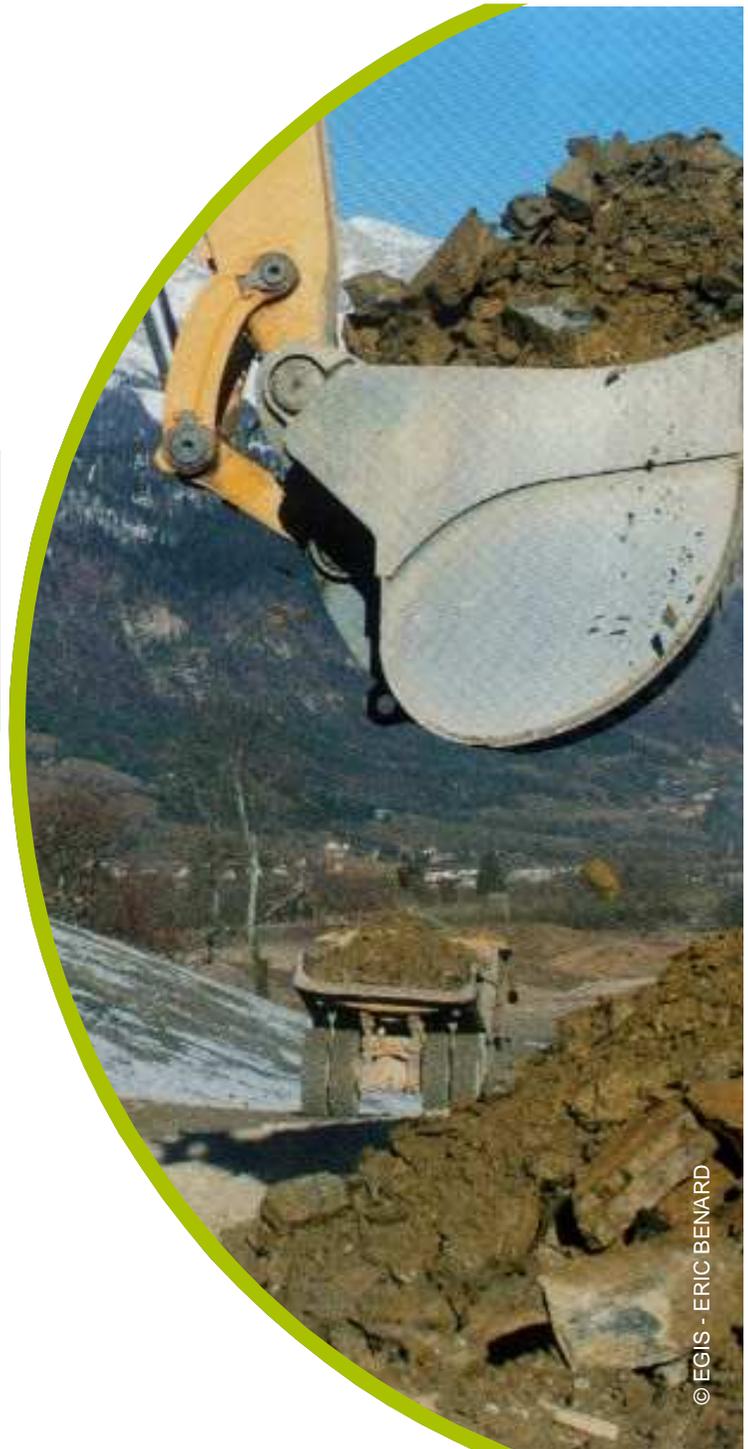


Journée CFMS du 28 janvier 2009



Conception des ouvrages en terre et critères de tassement / gonflement sur les ouvrages ferroviaires à grande vitesse : l'expérience d'Egis

Luc BOUTONNIER





Les déformations admissibles

Référentiel technique LGV EST et LGV Rhin Rhône :

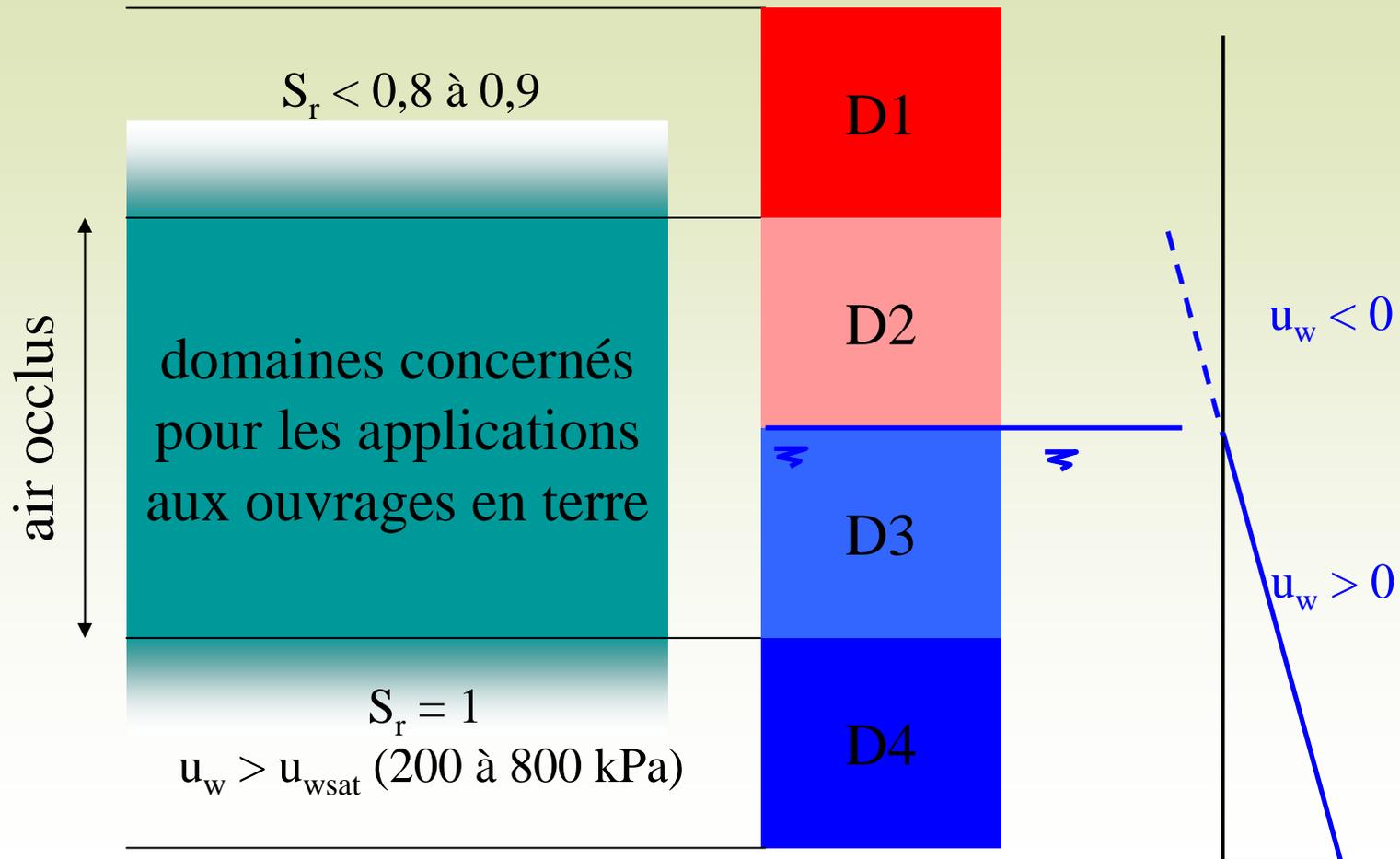
- $W_{\text{res}}(t_{\text{sous-couche}}) < 2 \text{ cm}$
 - $W_{\text{res}}(t_{\text{sous-couche}} + 18 \text{ mois}) = 0 \text{ cm}$
 - $W_{\text{différentiel } 30 \text{ m}} < 4 \text{ mm/an}$
 - $W_{\text{différentiel } 200 \text{ m}} < 10 \text{ mm/an}$
 - gonflement nul après la mise en service
- Consolidation primaire
- Fluage après la mise en service

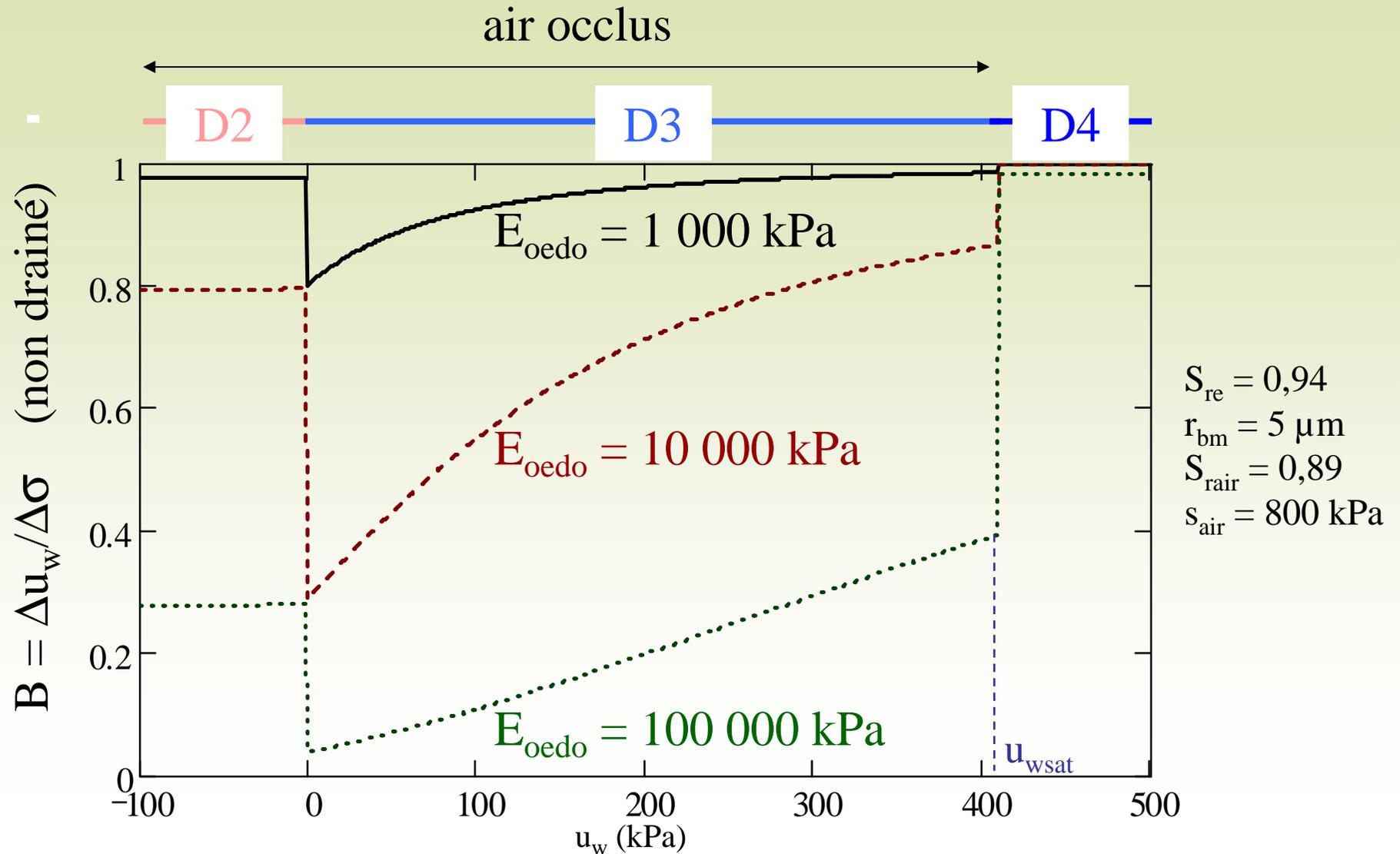
Remarque :

- réflexion pour adapter les critères
- critères fonction de la vitesse donc plus stricts que pour la route



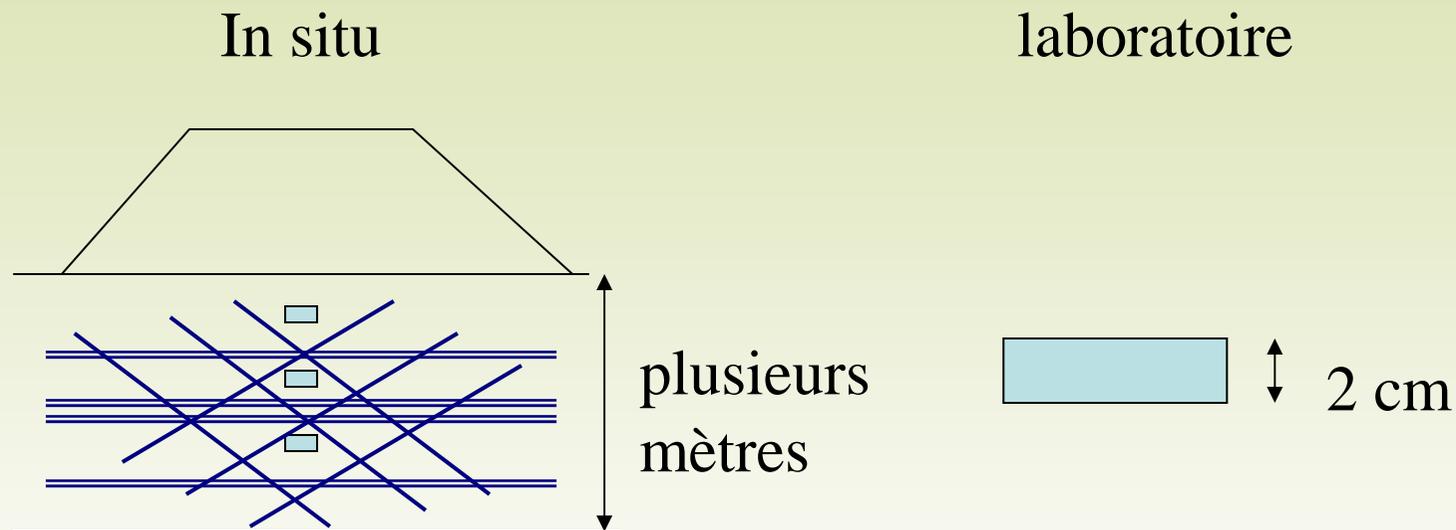
Temps de consolidation avec $S_r < 100\%$?







Temps de consolidation : k_v et C_v



Couche drainante non détectée (passages sableux millimétriques, fissuration, etc.)

$$k_v \text{ in situ} > k_v \text{ labo}$$

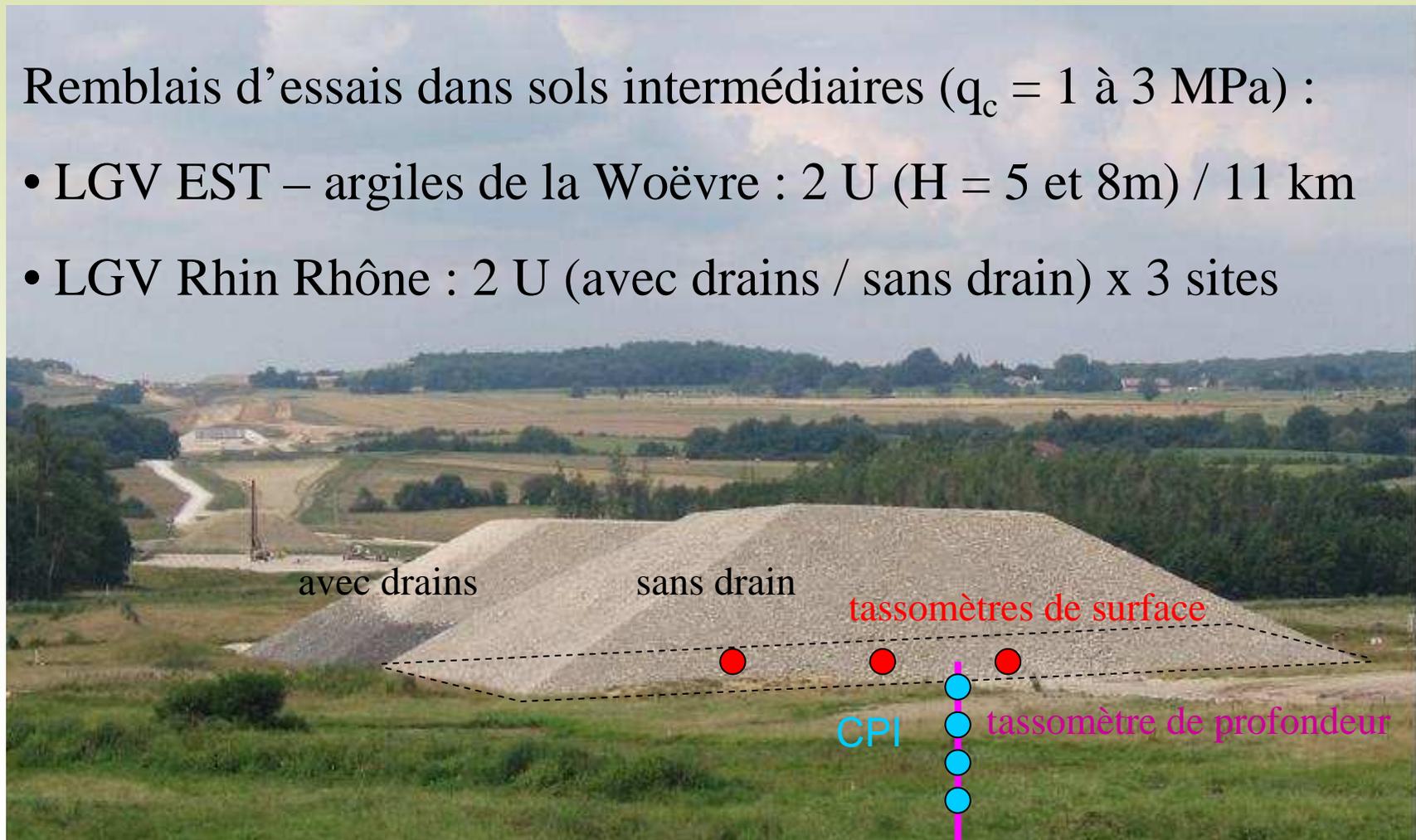
$$C_v \text{ in situ} > C_v \text{ labo}$$



Comment recalibrer les paramètres B , k_v , k_r , C_v et C_r ?

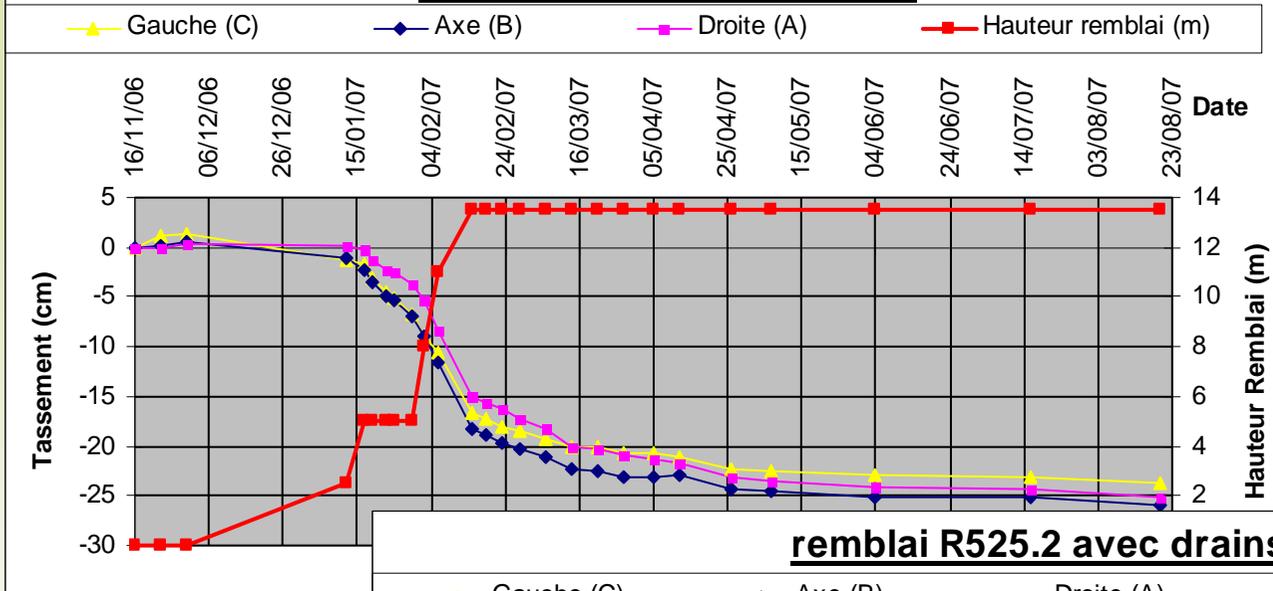
Remblais d'essais dans sols intermédiaires ($q_c = 1$ à 3 MPa) :

- LGV EST – argiles de la Woëvre : 2 U ($H = 5$ et 8 m) / 11 km
- LGV Rhin Rhône : 2 U (avec drains / sans drain) x 3 sites

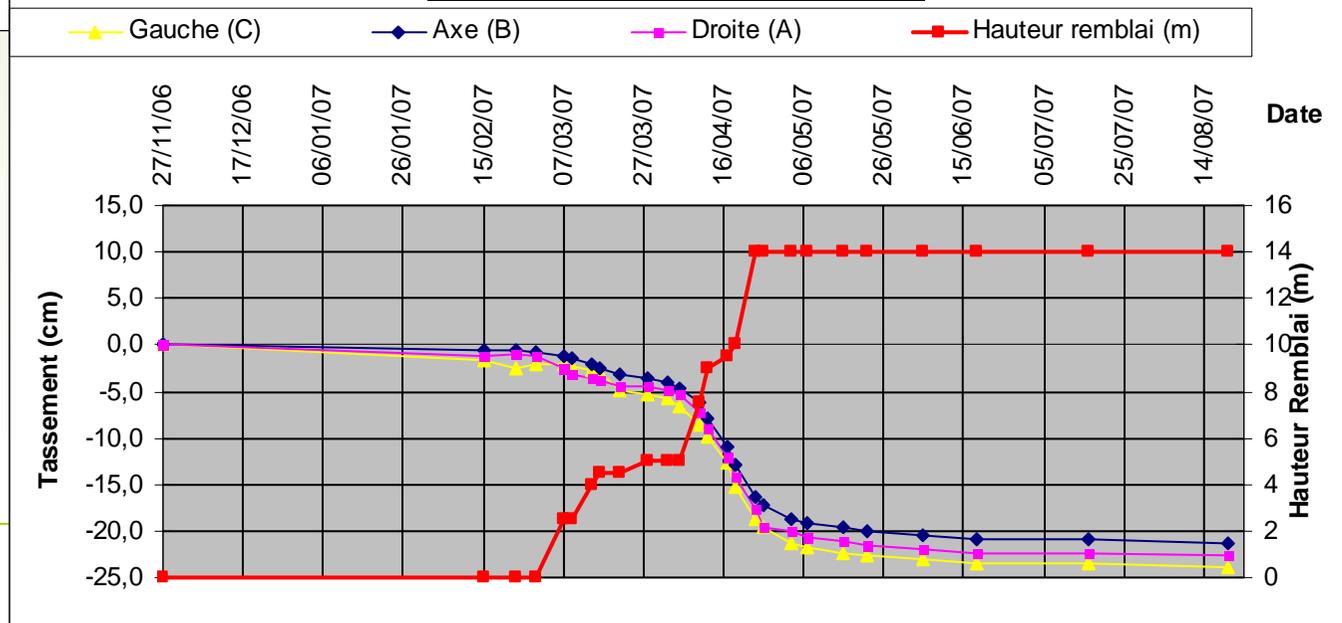




remblai R525.1 sans drains



remblai R525.2 avec drains





Résultats obtenus sur la LGV Rhin Rhône

$$C_{v_in_situ} = 10 \text{ à } 20 C_{v_labo} \quad C_{r_in_situ} \approx C_{v_in_situ}$$

$$B_{fin_construction} \leq 0,5$$

Temps de consolidation : quelques mois au lieu de plusieurs années
avec C_{v_labo} et $B = 1 \Rightarrow$ économie

Valeurs typiques dans des marnes altérées :

$$q_c = 1 \text{ à } 3 \text{ MPa} \quad E_{oedo} = 10 \text{ à } 30 \text{ MPa}$$

$$C_{v_in_situ} = 4.10^{-7} \text{ à } 2.10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$



Les gonflements en fond de déblai

Quatre mécanismes possibles dans les sols raides :

– gonflement chimique (exemple : schistes cartons LGV EST);

– gonflement liés au retrait / gonflement ;

– gonflement lié au phénomène de « consolidation inversée » (dissipation de $\Delta u < 0$ en fonction de t) ;

– gonflement lié à une rupture en butée (déblais profonds et/ou sols présentant un K_0 élevé)

→ domaine des sols quasi-saturés : σ' , C_v , k_v , B , $\Delta u_w < 0$



Caractérisation du gonflement

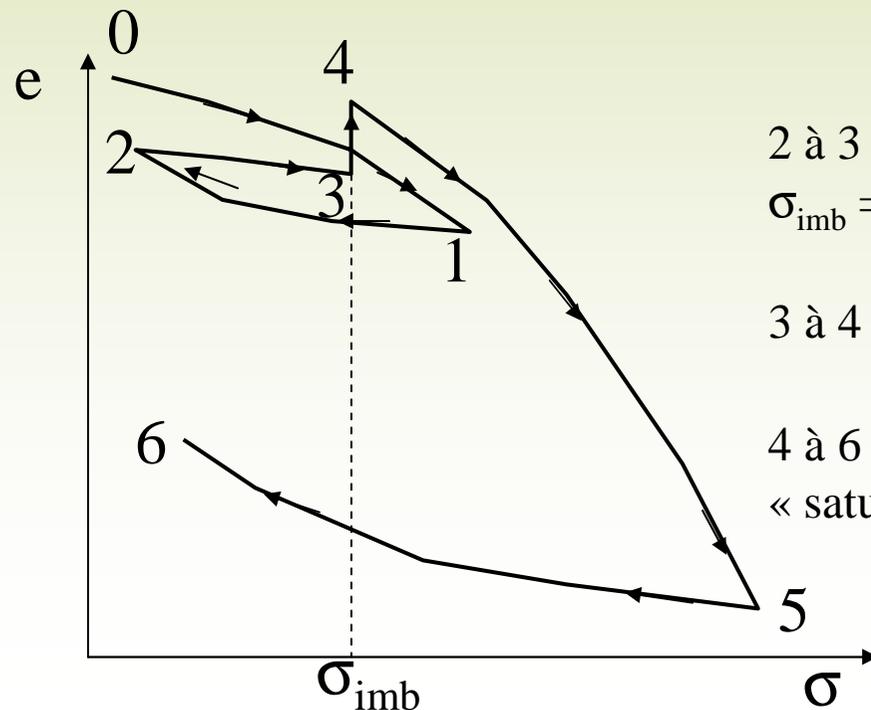
Les principaux essais pour caractériser le massif :

- caractérisation de l'homogénéité du massif
- détection des « passées drainantes » (couche plus perméable, fissuration, etc.) : $C_{v_in_situ} \gg C_{v_labo}$
- pressions interstitielles initiales (positives ou négatives?)
- minéralogie, retours d'expérience (exemple schistes cartons)



Essais de laboratoire spéciaux

projet : LGV Rhin Rhône
essais : CETE d'Aix (Serratrice)



0 à 1 \Rightarrow contrainte in-situ

1 à 2 \Rightarrow excavation déblai

2 à 3 \Rightarrow chargement avant imbibition
 $\sigma_{imb} = 57, 96, 205 \text{ et } 402 \text{ kPa}$

3 à 4 \Rightarrow imbibition

4 à 6 \Rightarrow chargement et déchargement
« saturé »

pierres poreuses

sèches

sèches

sèches

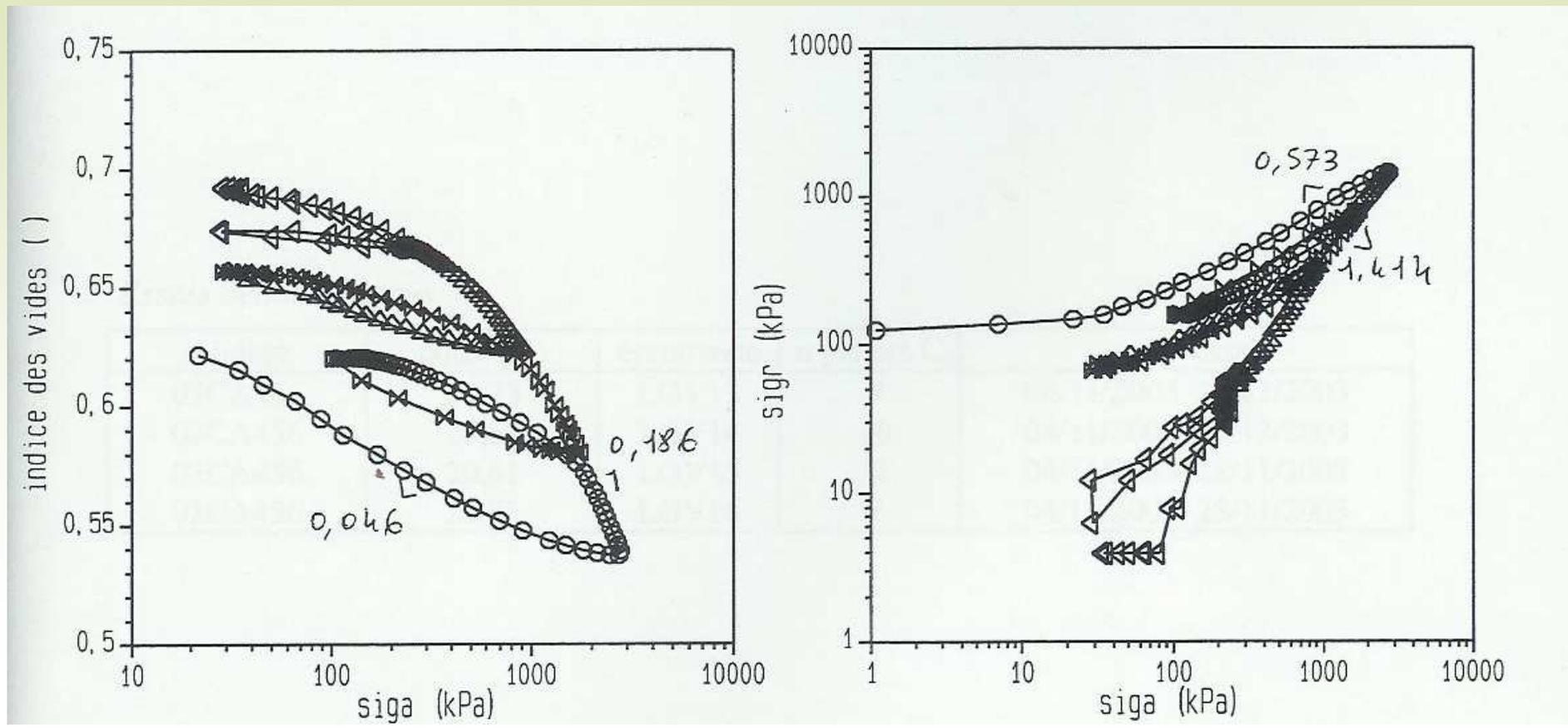
saturées

saturées



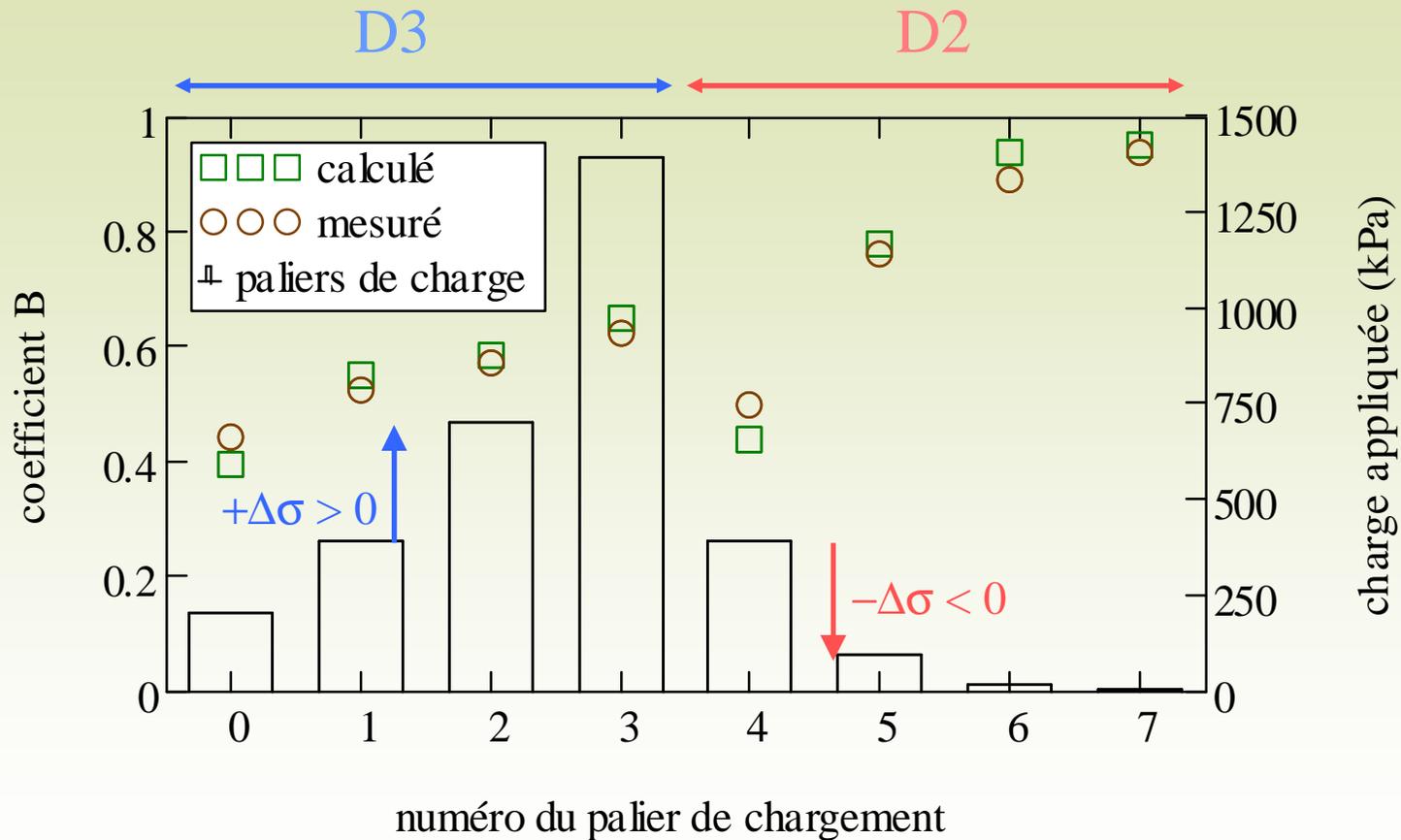
Essais de laboratoire spéciaux

essais oedométriques K_0





Calcul du gonflement instantané et différé



$S_{re} = 0,96$

$r_{bm} = 1\mu m$

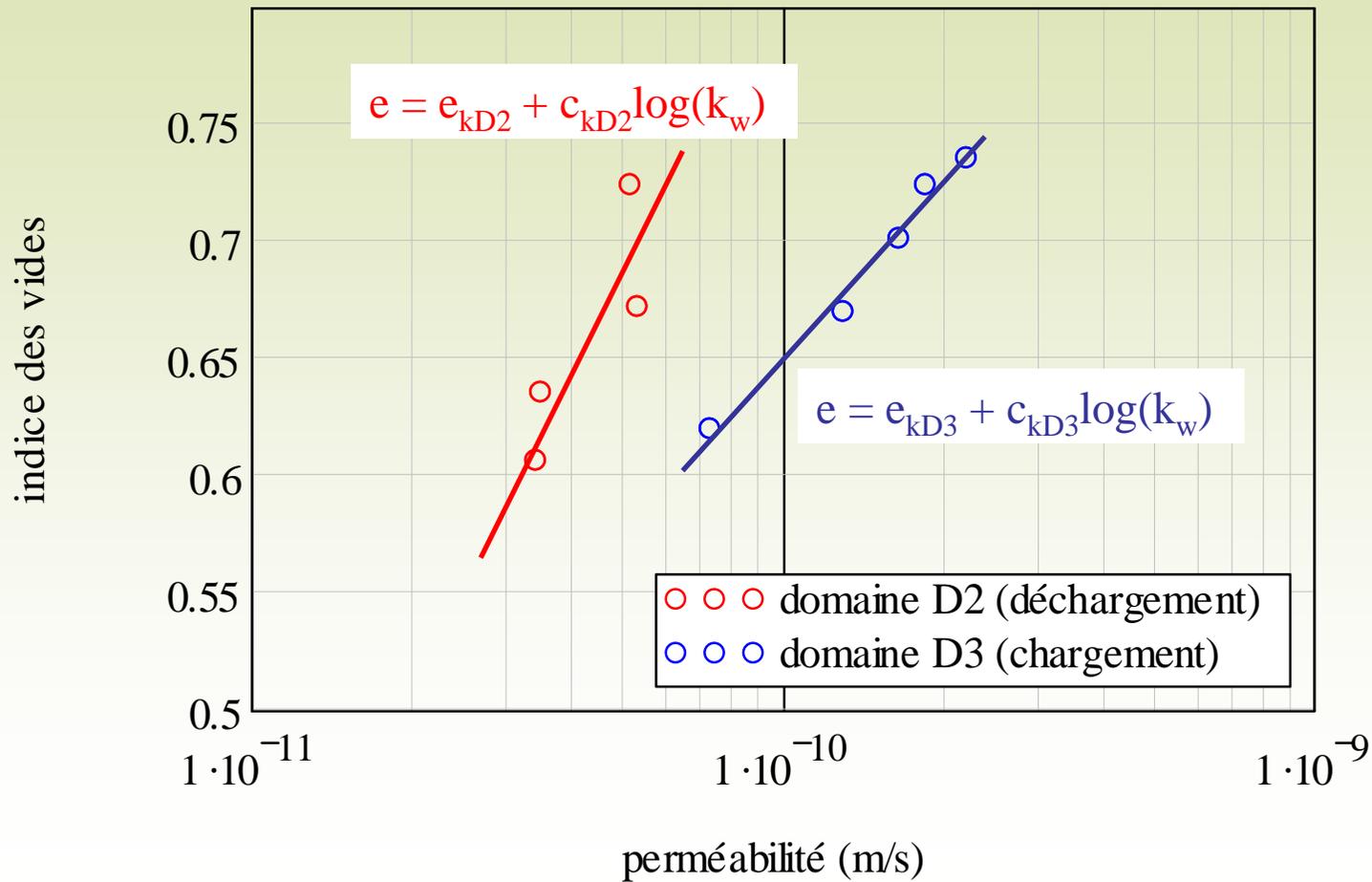
$h = 0$

$S_{rair} = 0,86$

$s_{air} = 2000 \text{ kPa}$

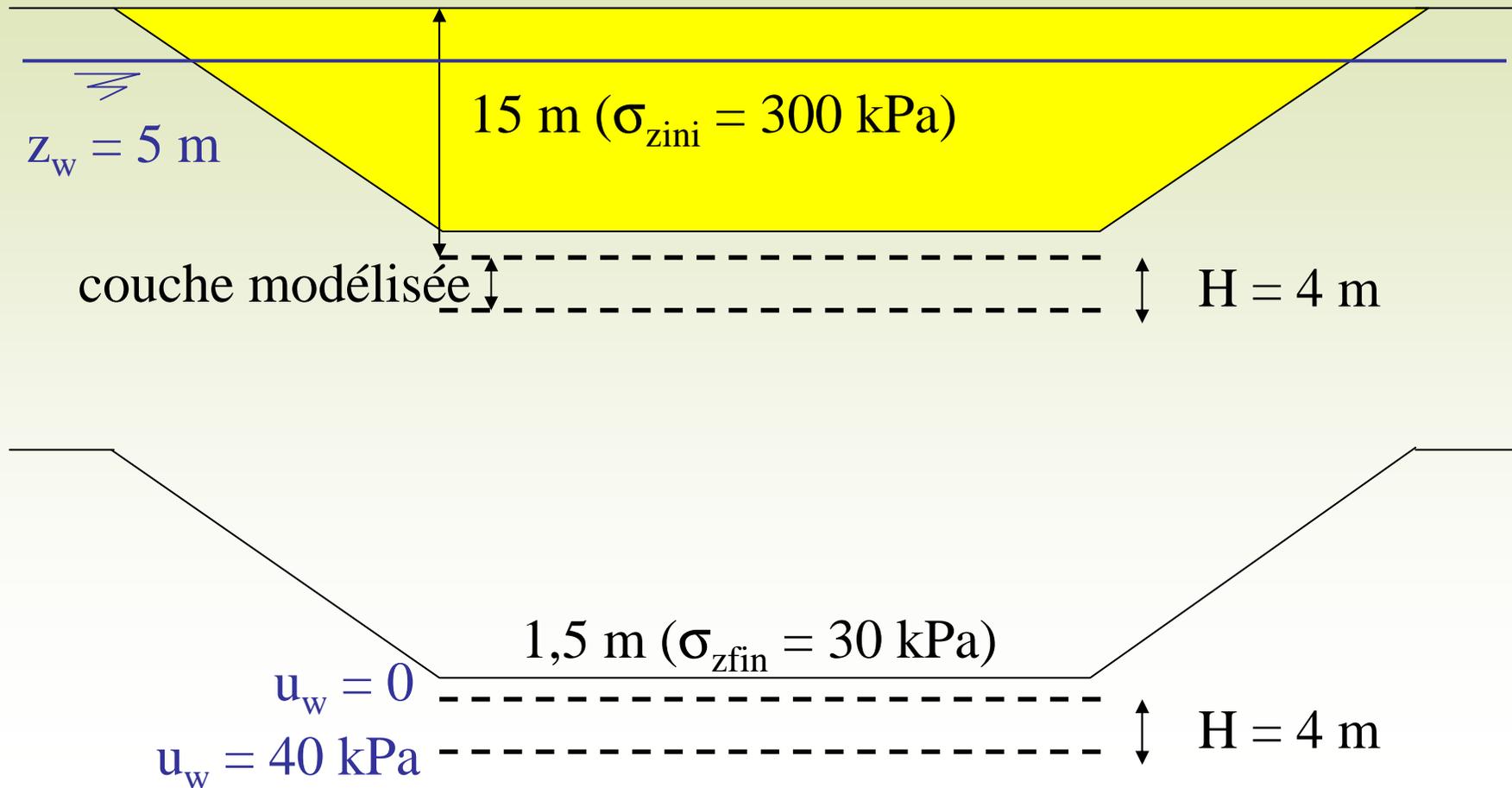


Calcul du gonflement instantané et différé



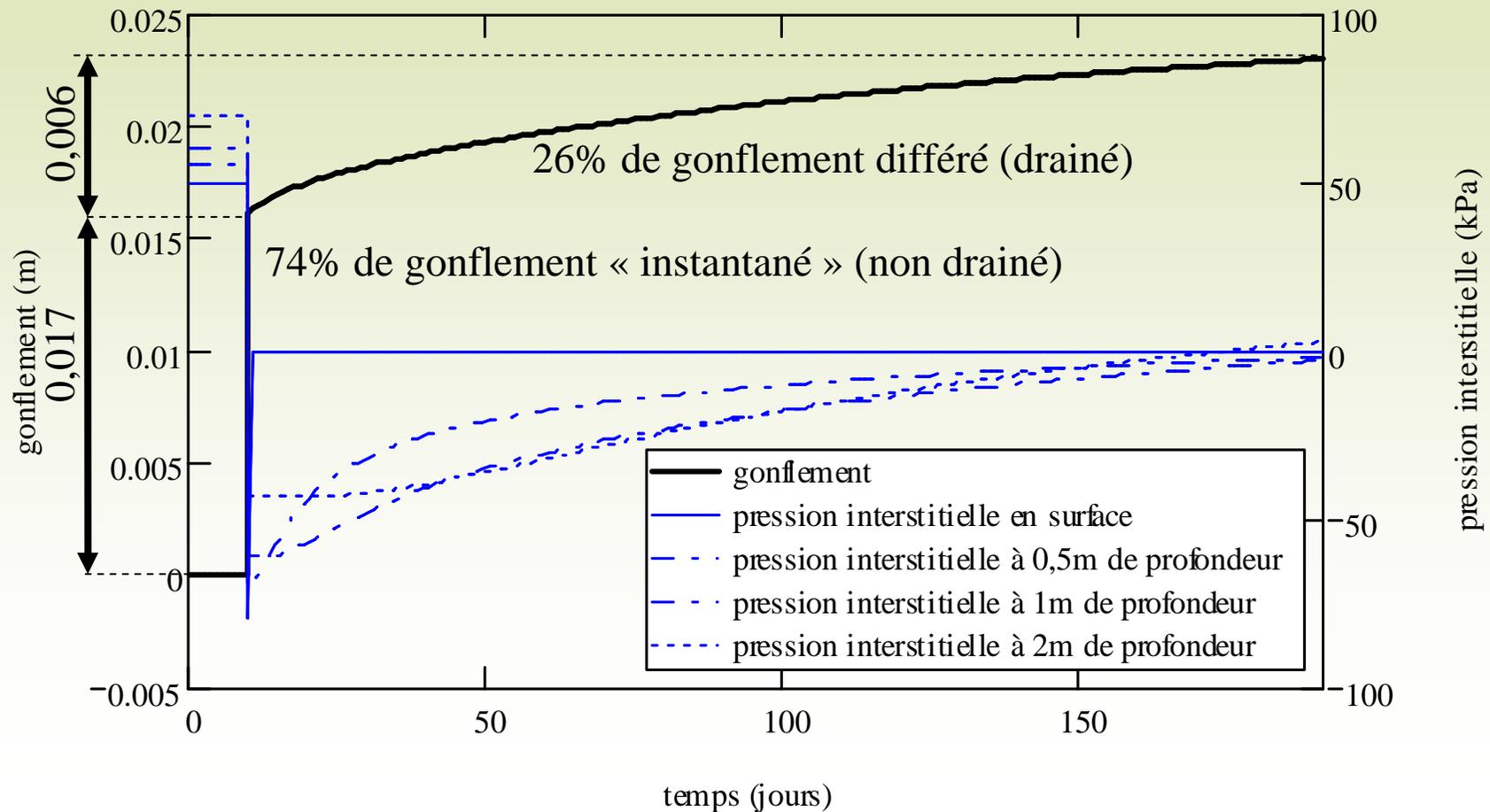


Calcul du gonflement instantané et différé





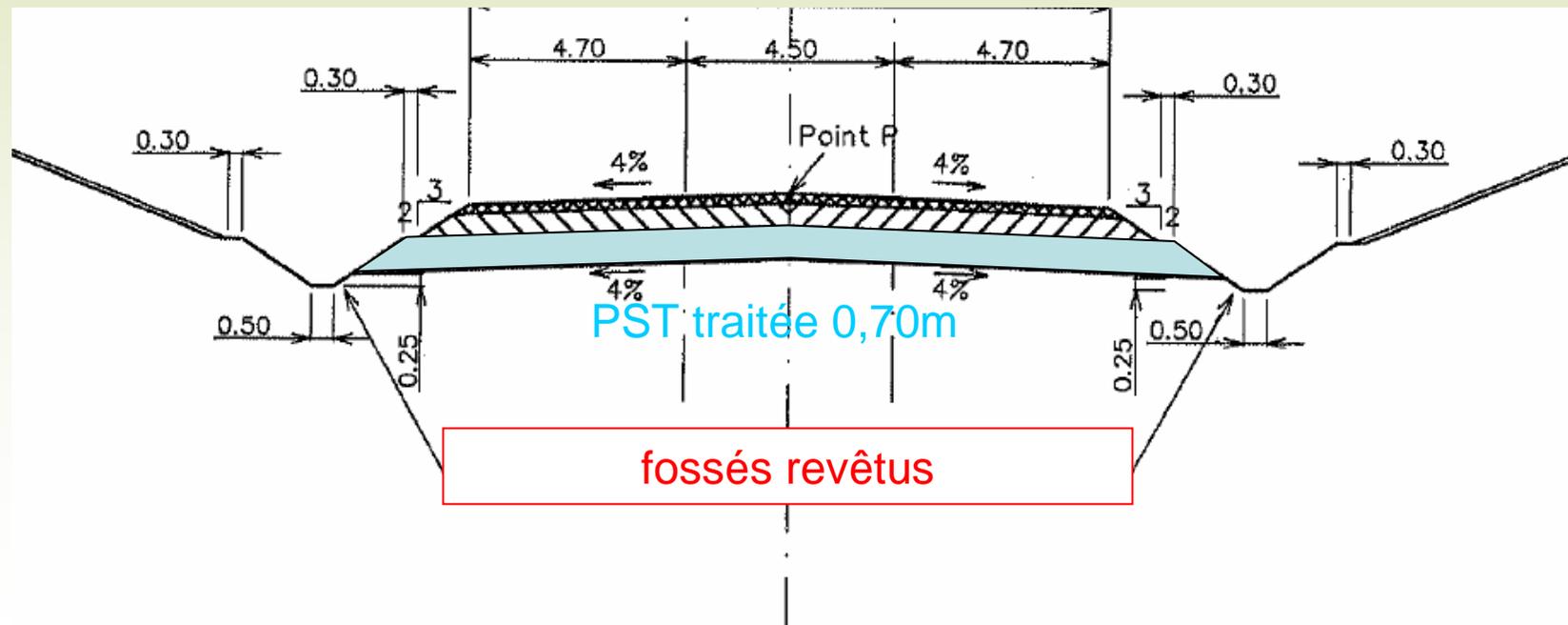
Calcul du gonflement instantané et différé





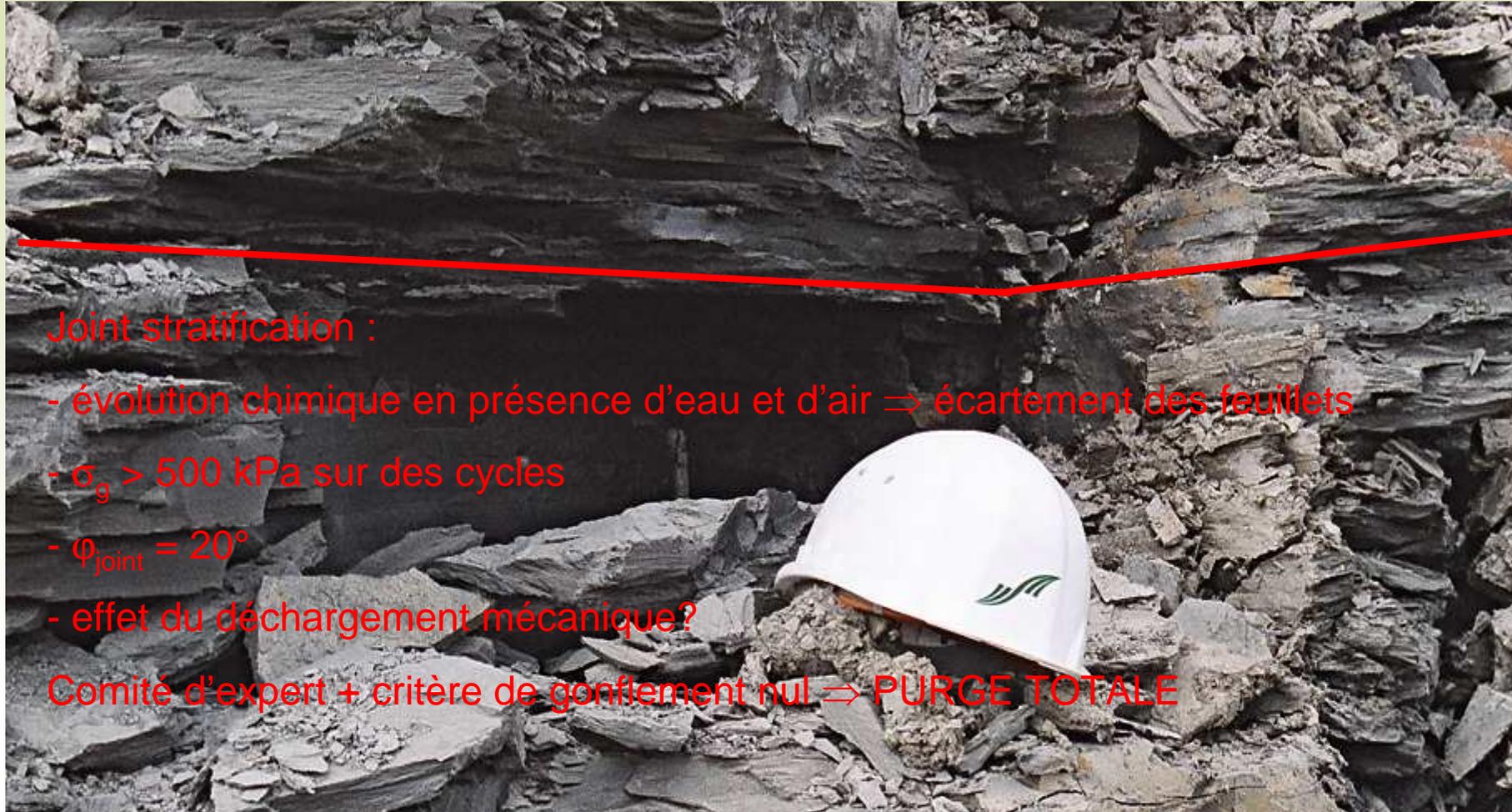
Disposition constructive LGV Rhin Rhône

- objectif : limiter les infiltrations
- consolidation inversée potentielle dissipée pendant la construction





Les schistes cartons de la LGV EST



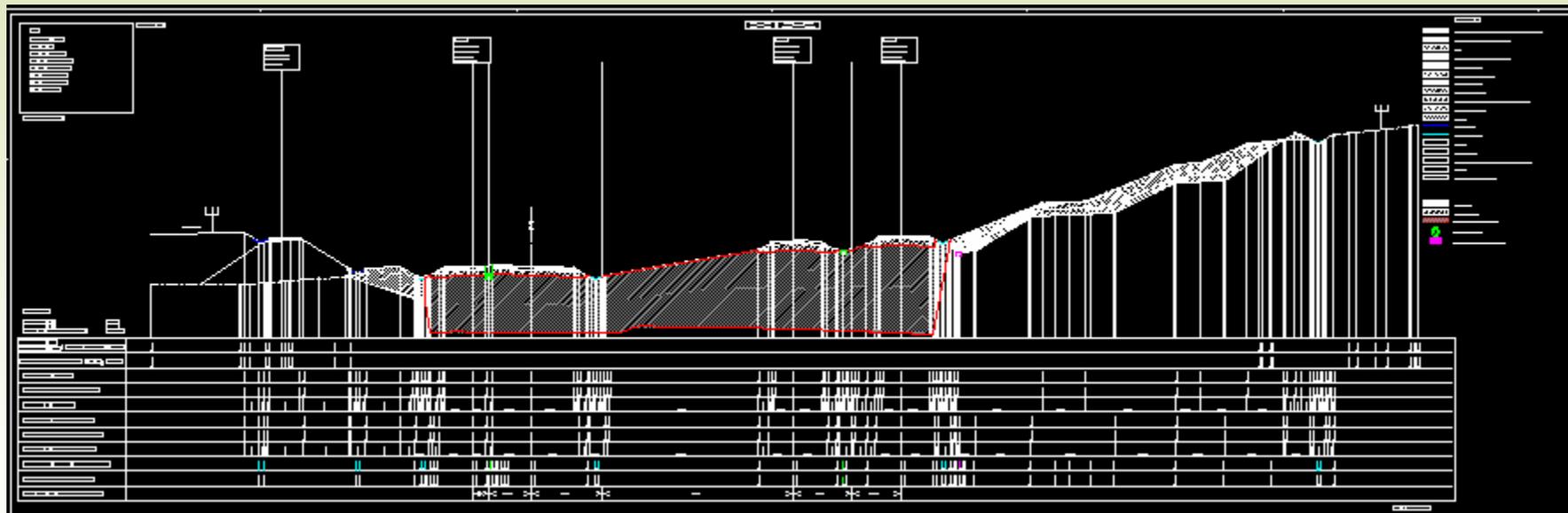
Joint stratification :

- évolution chimique en présence d'eau et d'air \Rightarrow écartement des feuillets
- $\sigma_g > 500$ kPa sur des cycles
- $\phi_{\text{joint}} = 20^\circ$
- effet du déchargement mécanique?

Comité d'expert + critère de gonflement nul \Rightarrow PURGE TOTALE



Les schistes cartons de la LGV EST

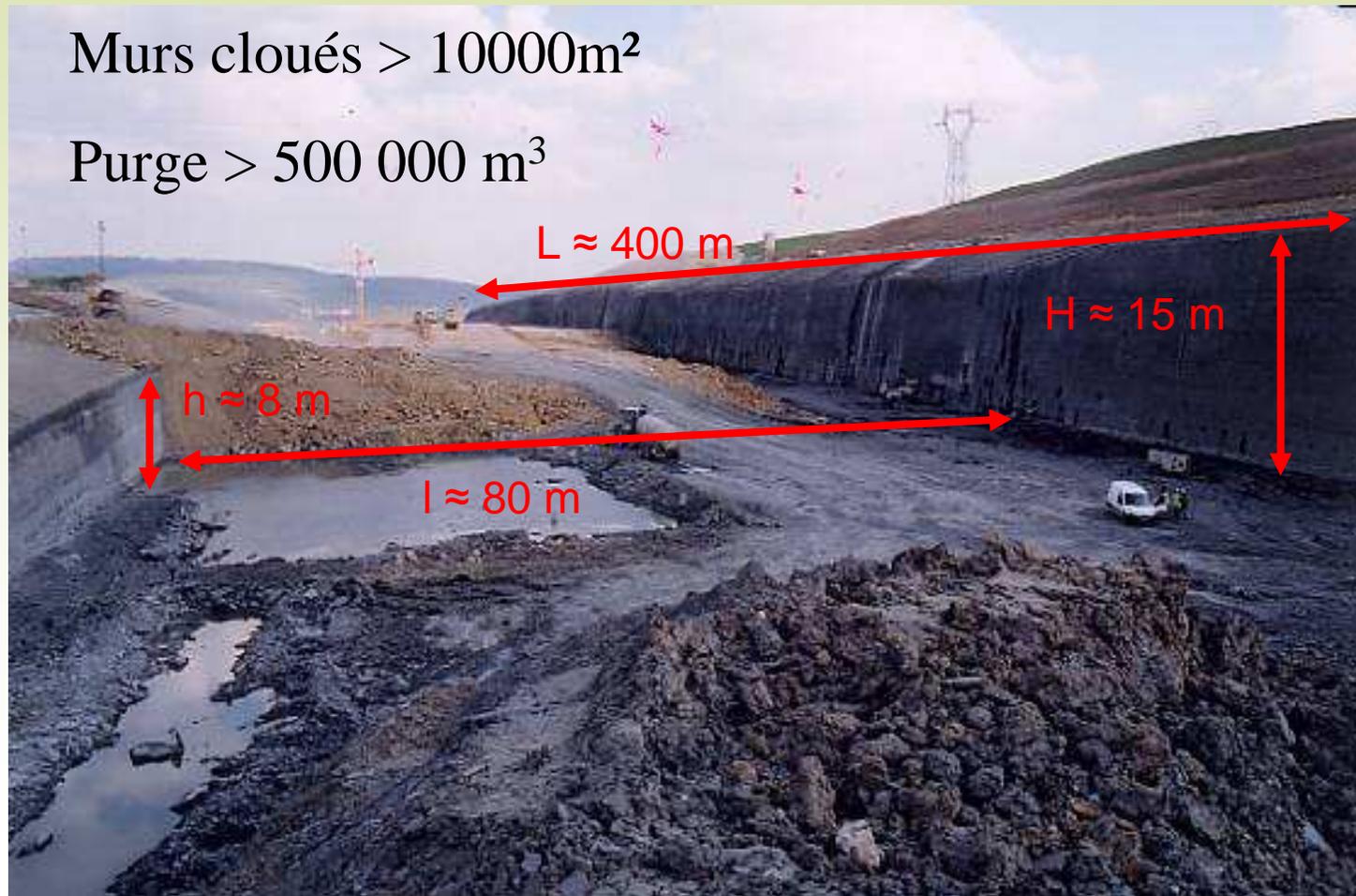




Les schistes cartons de la LGV EST

Murs cloués $> 10000\text{m}^2$

Purge $> 500\,000\text{ m}^3$





Merci de votre attention

Pour ceux qui veulent en savoir plus sur les calculs

mémoire de thèse Luc Boutonnier :

"Comportement hydromécanique des sols fins proches de la saturation - cas des ouvrages en terre : coefficient B, déformations instantanées et différées, retrait / gonflement"

<http://geotec-luc.blogspot.com/>