

Expérience acquise après le creusement dans les argilites du laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne (Andra)

Y. WILEVEAU¹, J.P. PIGUET², G. ARMAND¹, J. MOREL¹

¹ Andra, Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs, Bure

² Ecole des Mines de Nancy, Nancy

L'étude du milieu géologique, pour :

- Comprendre la **géologie régionale** (histoire et géométrie),
- Modéliser les **circulations d'eau** dans les diverses couches de roche (débits, directions, profondeurs),
- Déterminer les **propriétés physiques et chimiques** de la roche argileuse (capacité à retenir les radioéléments),
- Evaluer les **perturbations** de la roche argileuse :
 - **provoquées par le creusement des ouvrages souterrains,**
 - **ou qui pourraient être créées par un stockage de déchets radioactifs.**

Caractéristiques des argiles du Callovo-Oxfordien

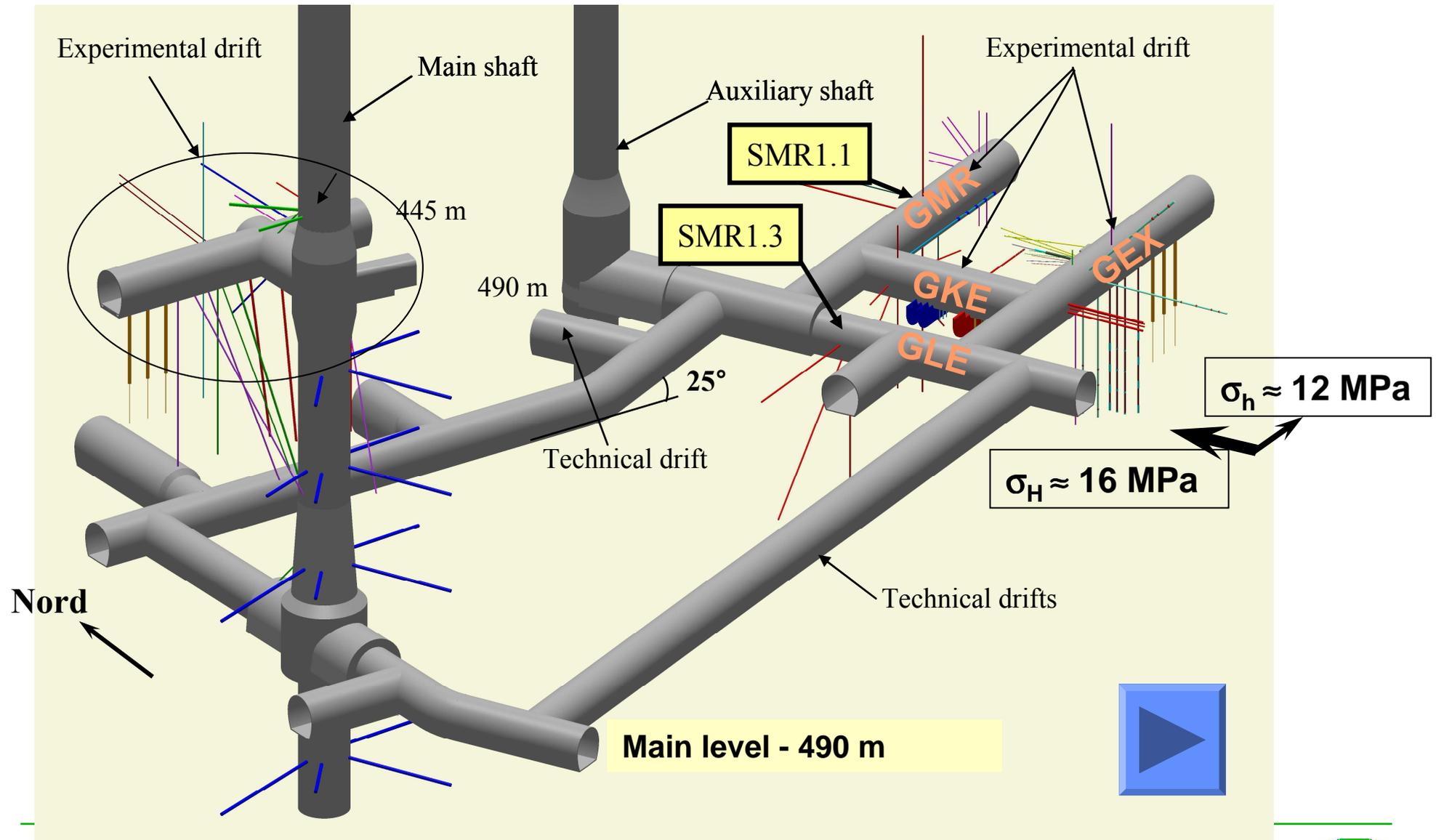


135 m d'épaisseur
155 millions d'années
(Callovo-Oxfordien)

Argiles	40 à 45%
Carbonates et quartz	40 à 55%
Sulfures	1 à 2%
MO	1%

- grande continuité
- apte au creusement minier

Creusements dans les argilites et zones expérimentales



Premiers creusements au niveau principal du puits auxiliaire (-490 m)

Amorce de la liaison Nord en section 34 m² puis 26 m²

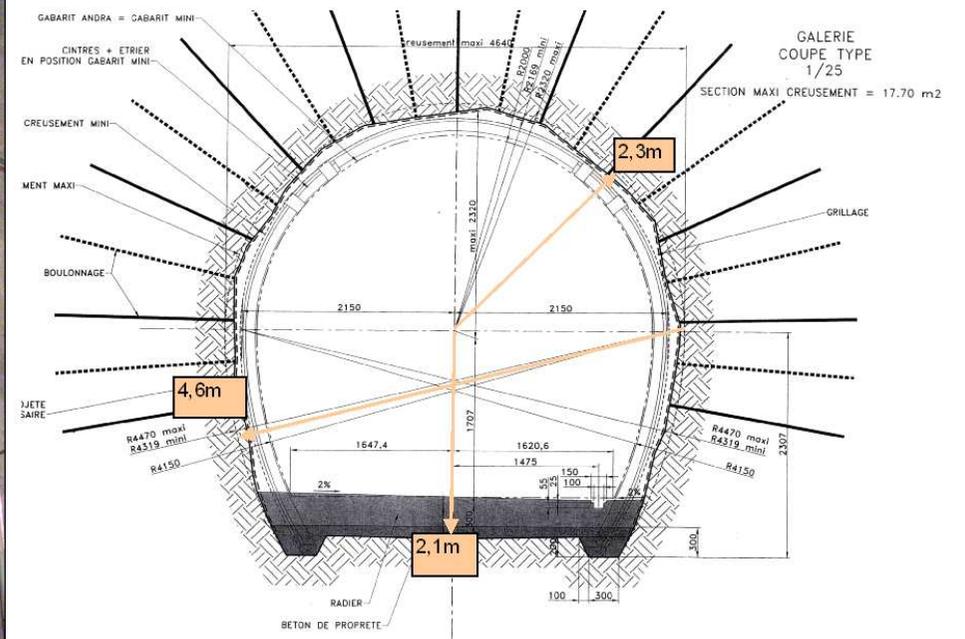


Premiers creusements (jan. 05) en section courante 17 m² au niveau principal

Abattage au brise-roche hydraulique



Soutènement souple



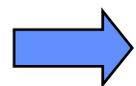


Observations à front

Fractures en chevron



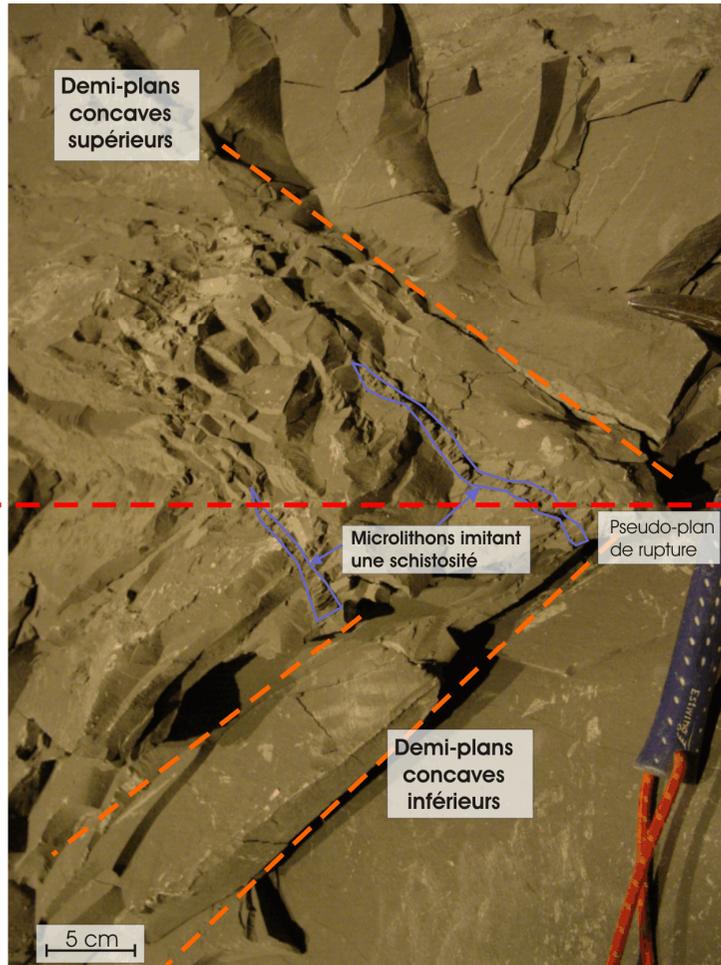
Front plat



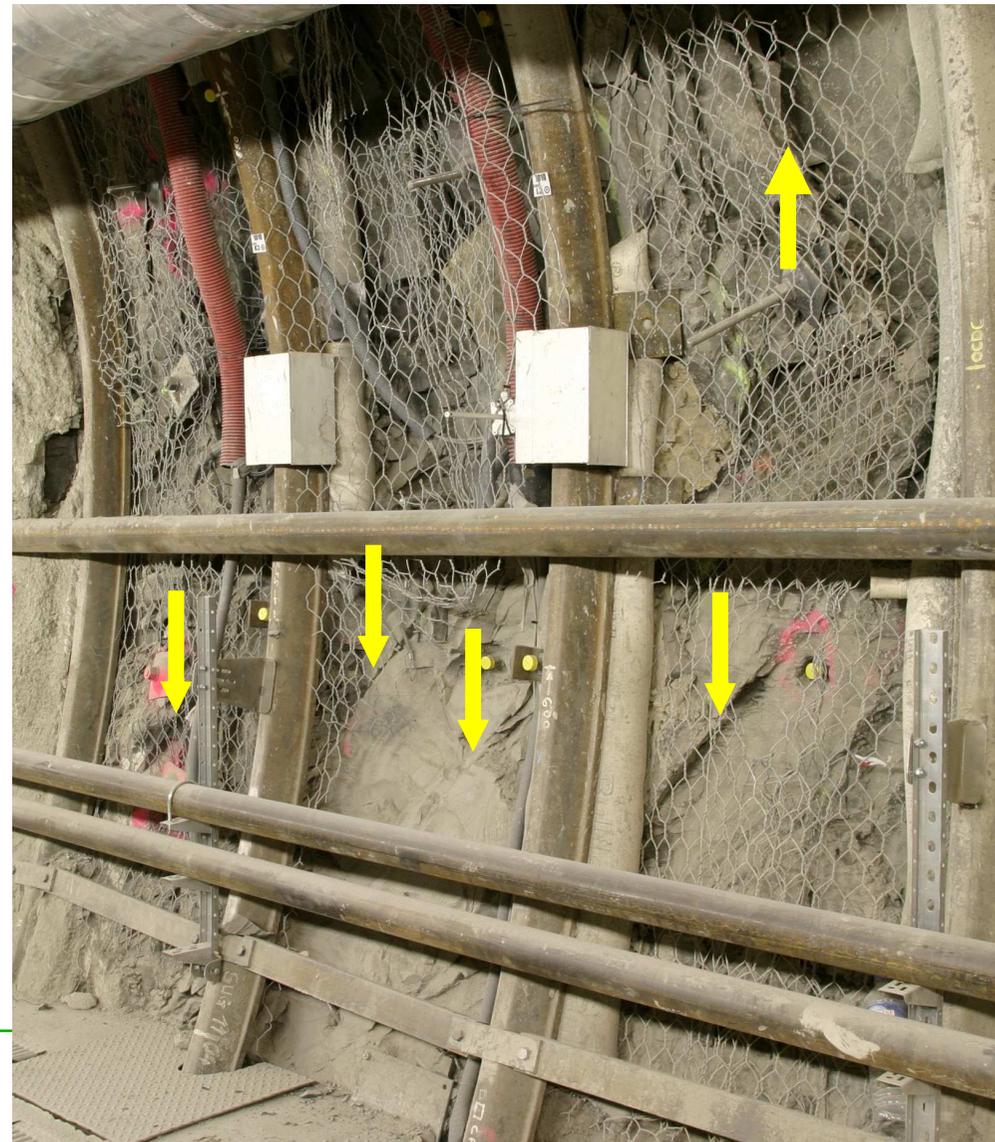
Fracturation en chevron en avant du front de taille fonction du creusement (vitesse d'avancement, soutènement) et de l'orientation

Observations aux parements

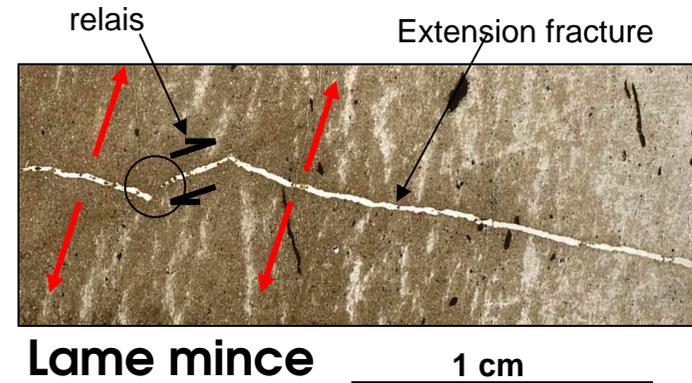
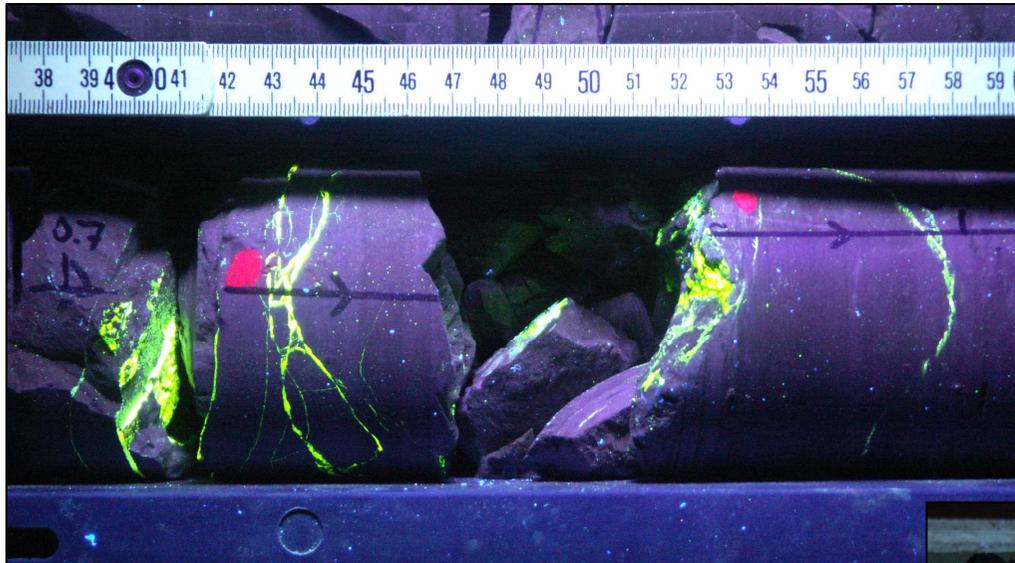
Trace des fractures en chevrons visible à mi-hauteur sur le parement



Fractures subverticales Prise de vue 6 mois après creusement

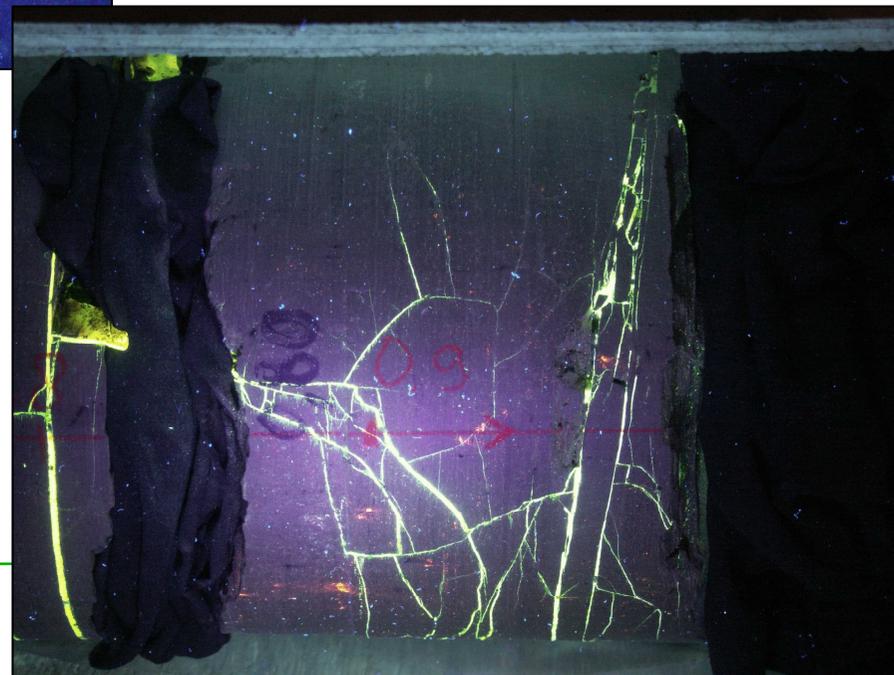


Visualisation des mécanismes de fracturation



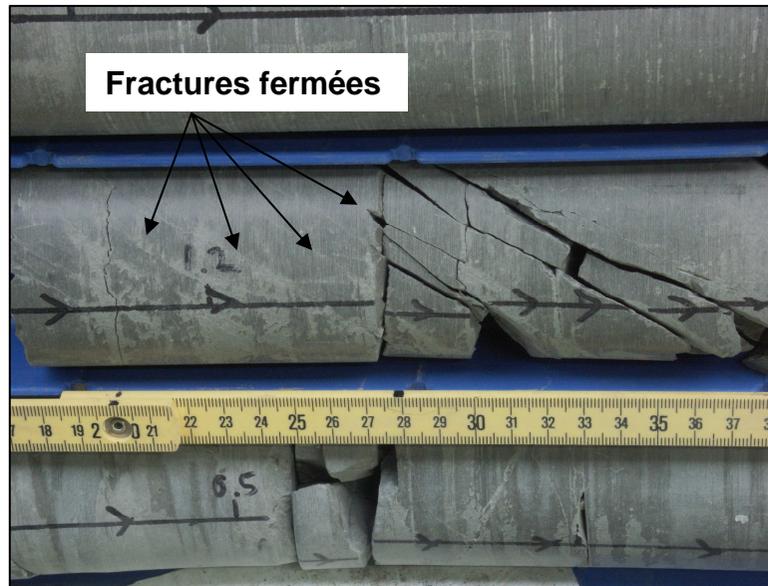
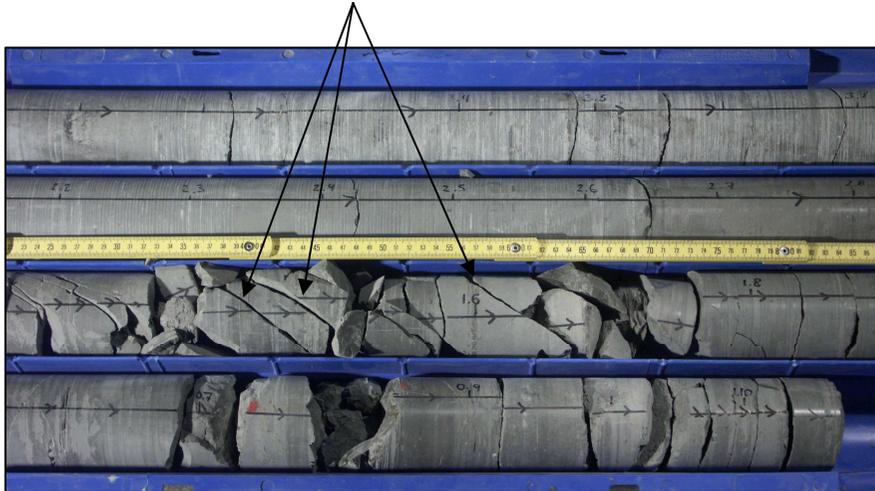
Méthode : injection de résine chargée de fluorescine et carottage

- Fractures en extension remplies de résines présentent autour des ouvrages sur une distance de 1 m environ



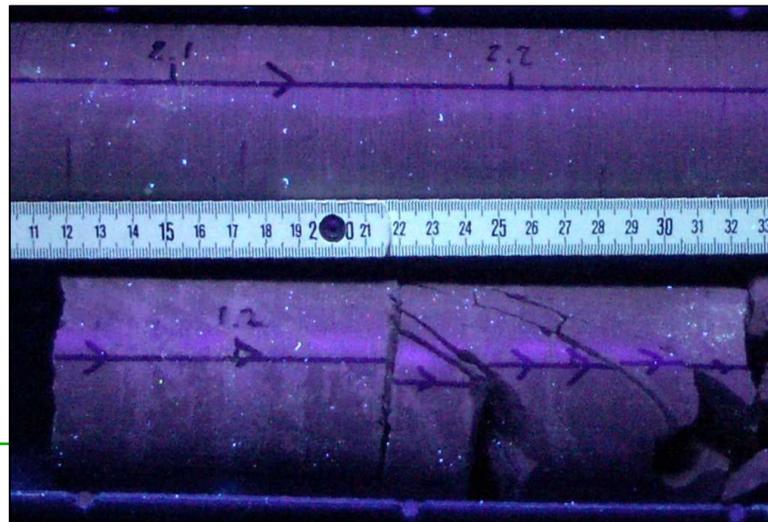
Visualisation des mécanismes de fracturation

Fractures en cisaillement (striées)

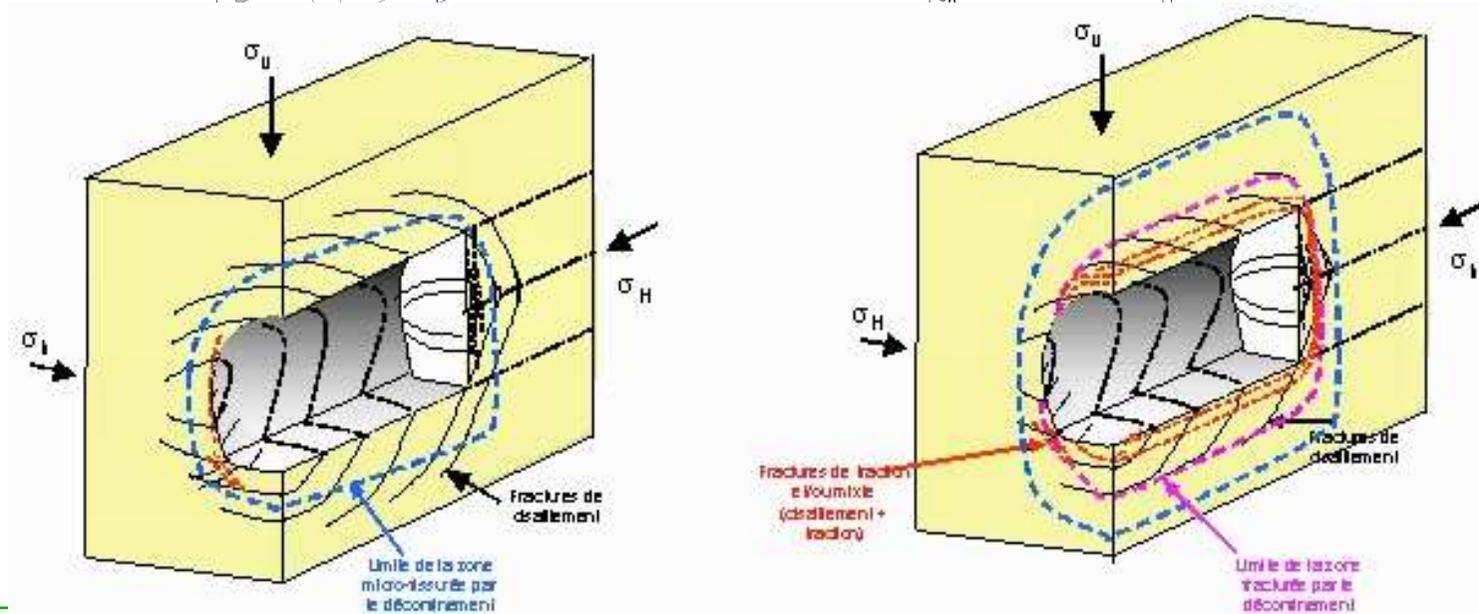
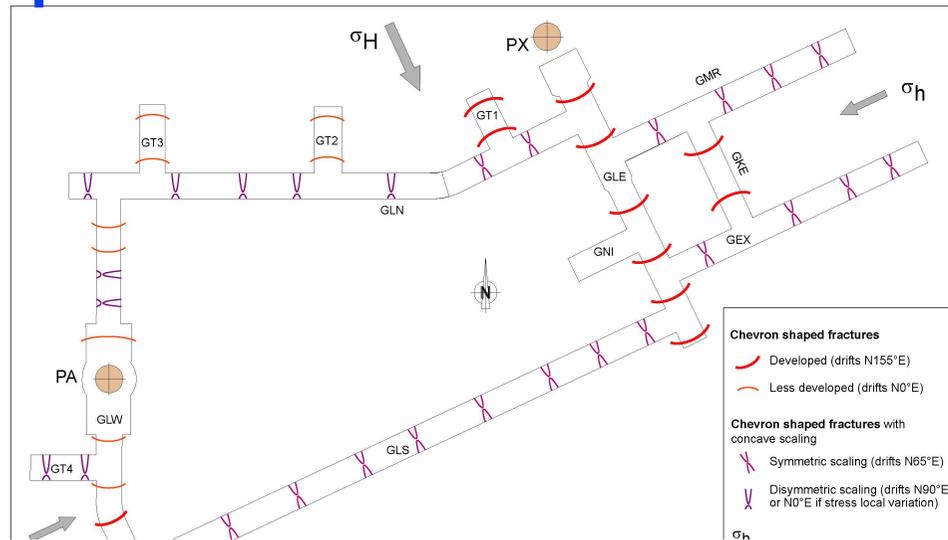


➤ Fractures de cisaillement (sub-verticales et obliques) observées jusqu'à 2,5 m en voûte et sous la sole

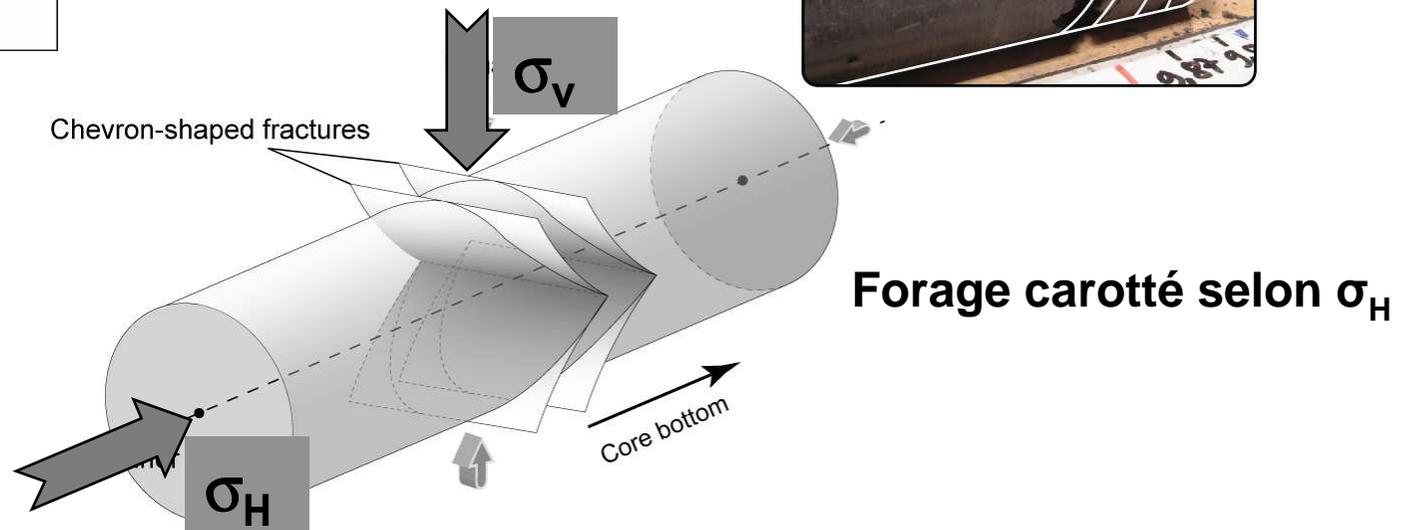
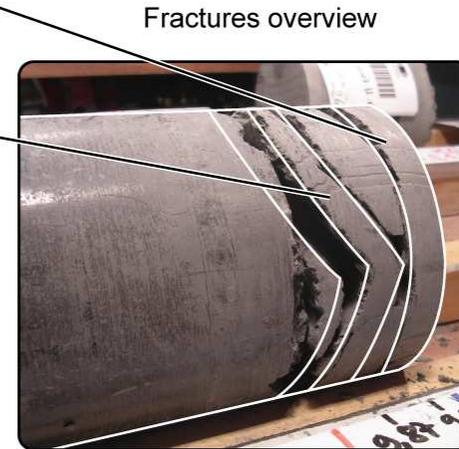
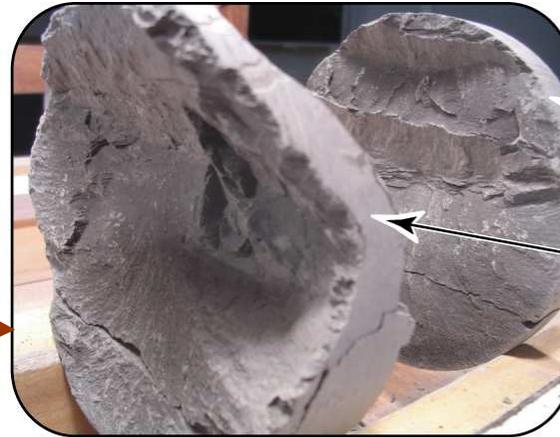
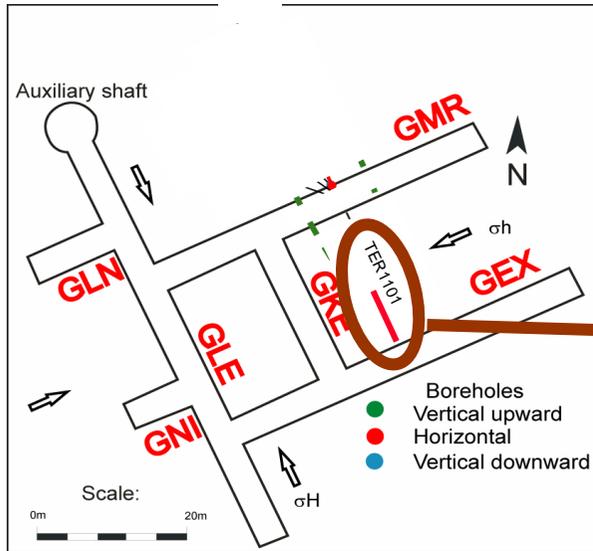
➤ Pas d'imprégnation de résine : fractures in situ fermées



Modèle conceptuel des fractures à front et autour des galeries

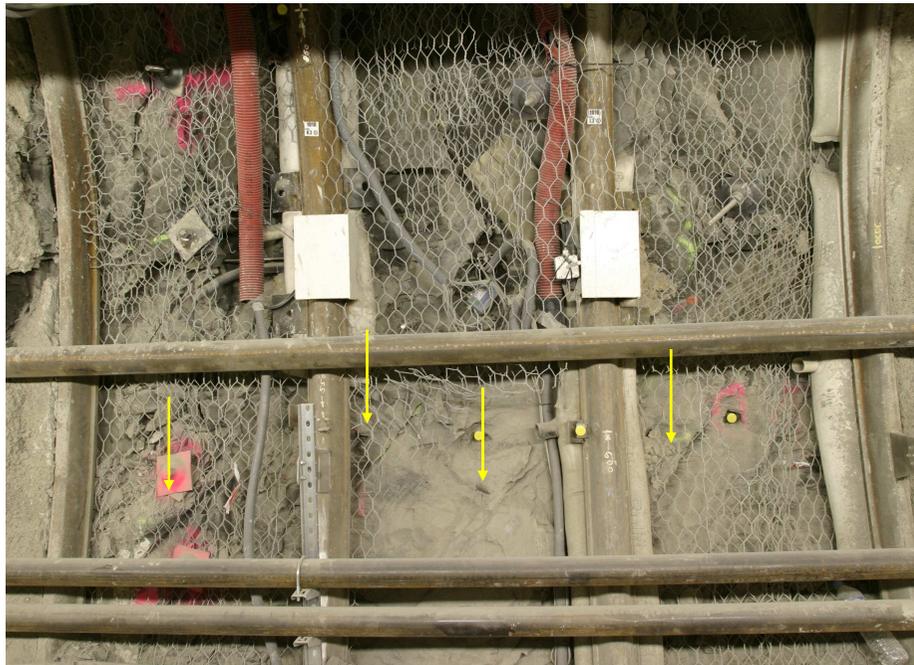


Cas de fracturation en chevron pendant un carottage



Similitudes avec les observations faites dans le laboratoire de Mol (Belgique)

Site de Bure



Parements



Site de Mol

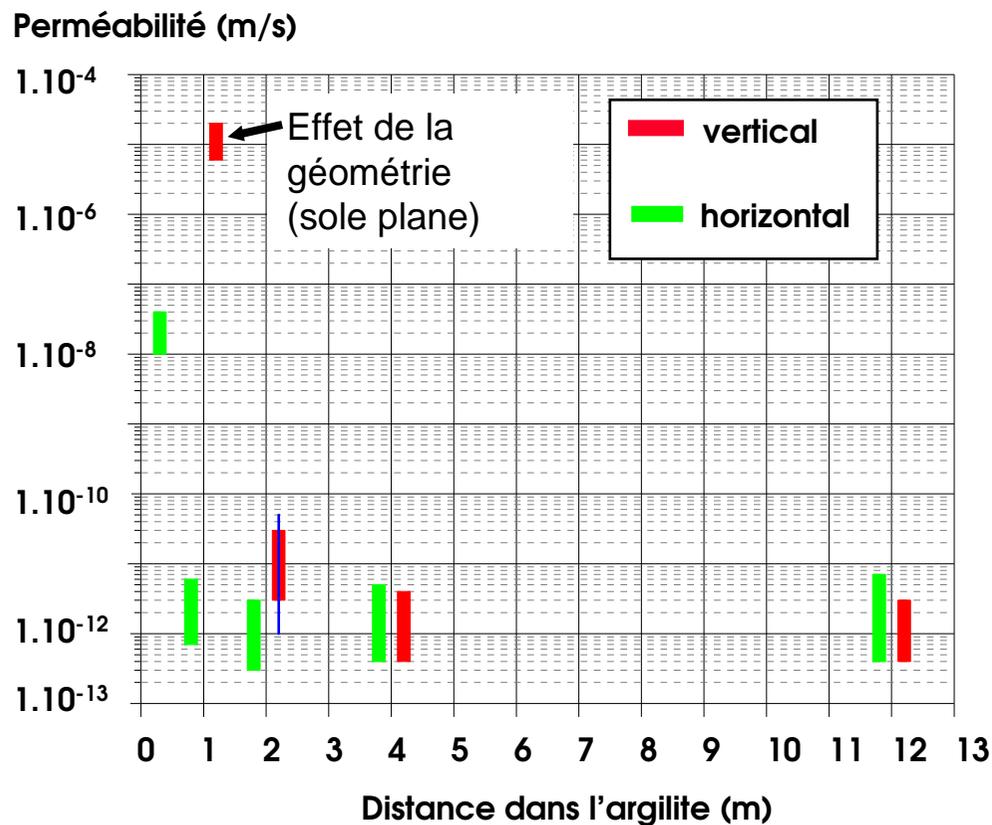


Forages

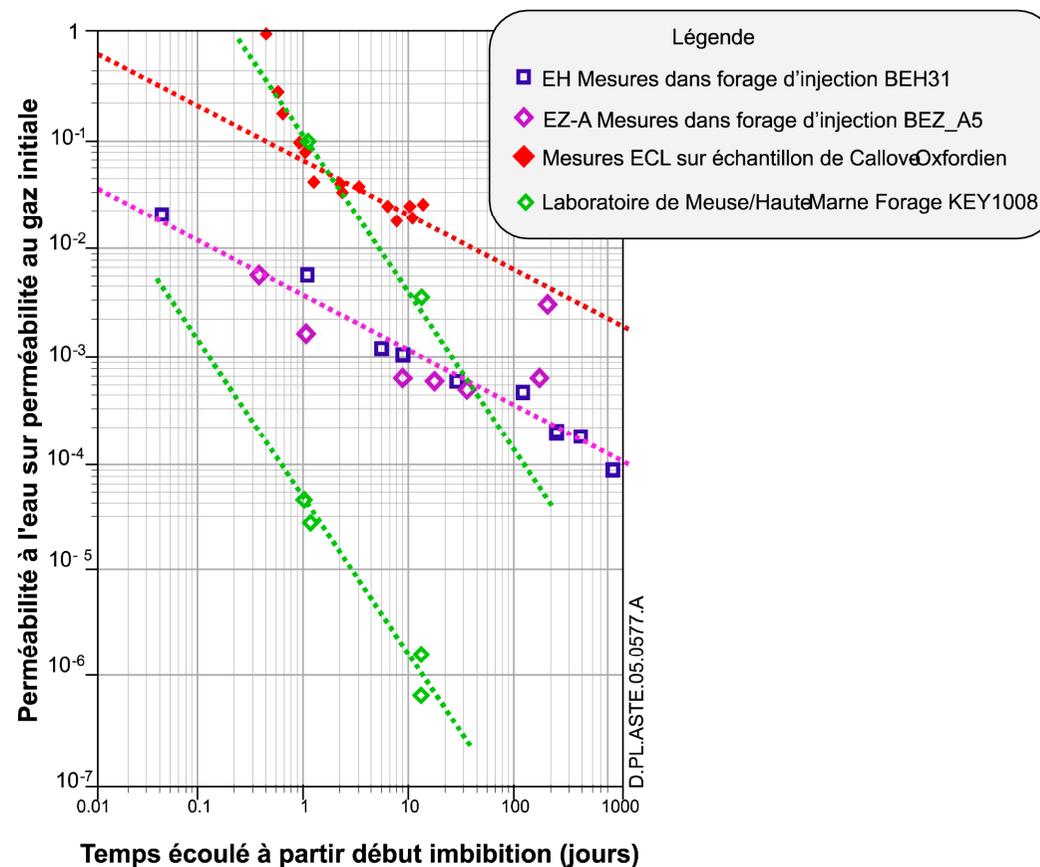


Propriétés hydrauliques de l'EDZ

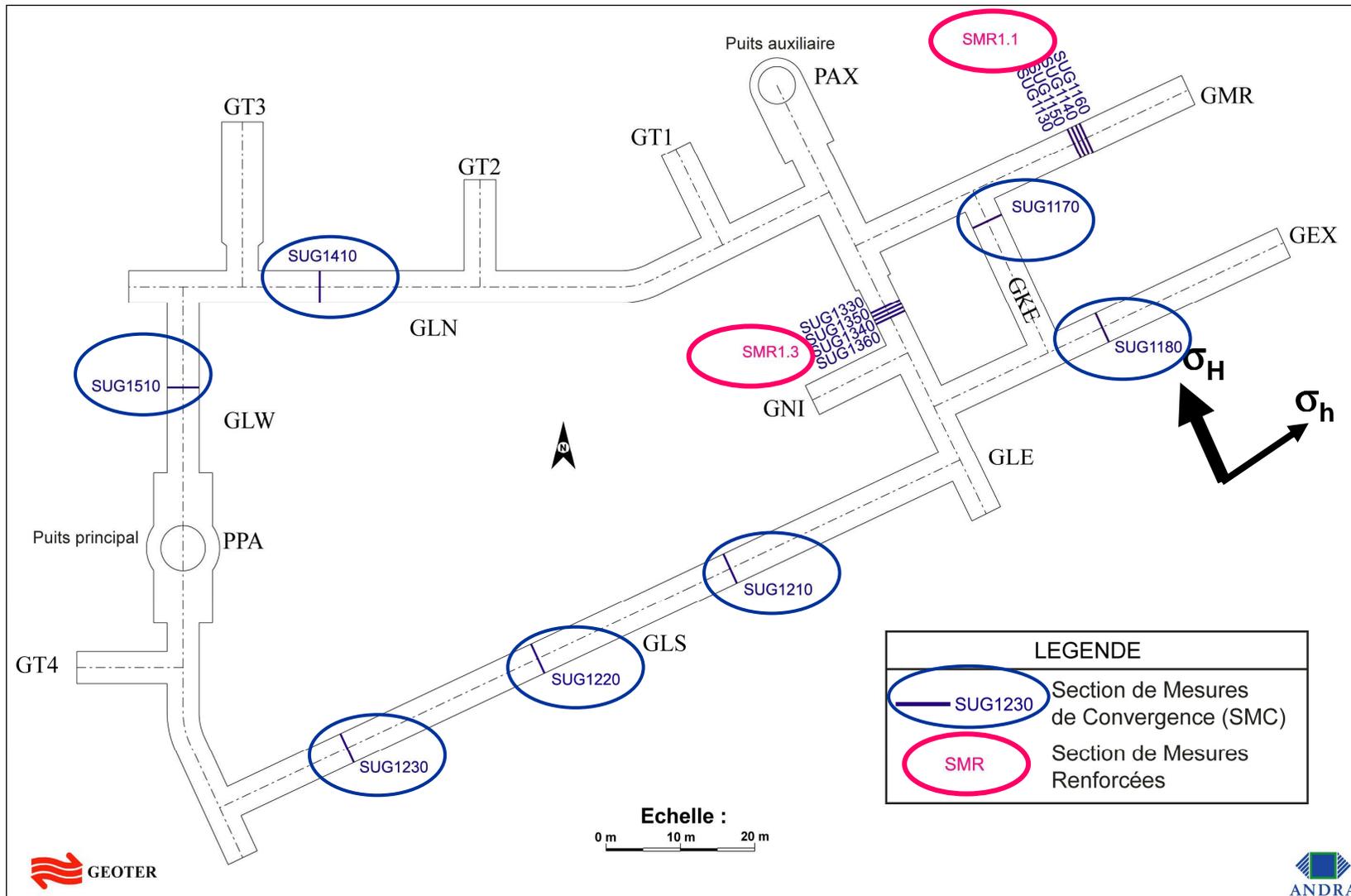
Perméabilité de l'argilite autour d'une galerie creusée suivant σ_h
 Mesures 1 mois environ après creusement



Effet du temps
 Cas d'une injection d'eau synthétique dans la zone fracturée (in situ et en laboratoire)

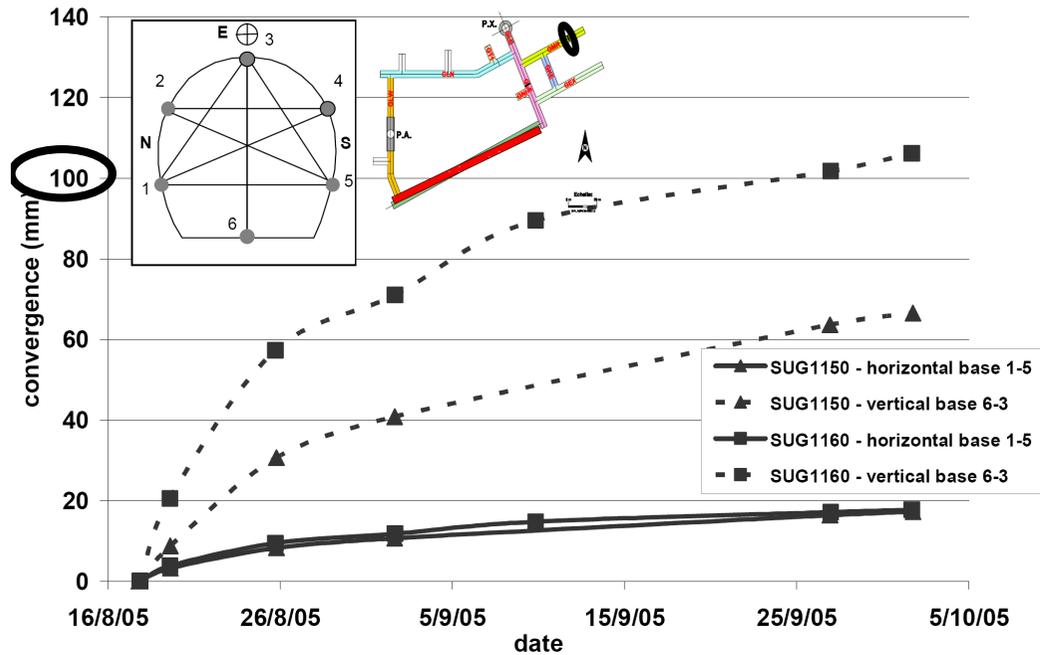


Comportement mécanique des ouvrages

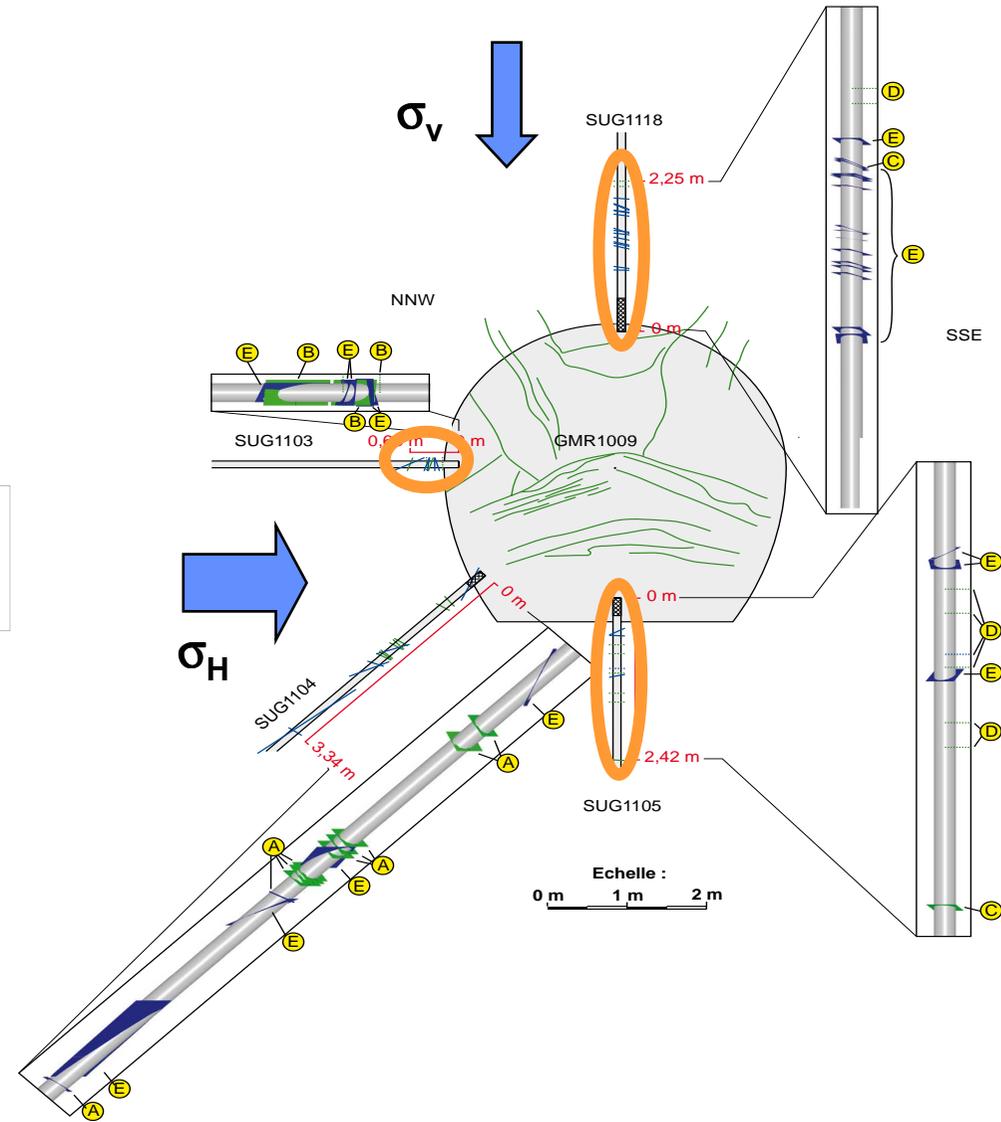


Analyse des convergences (court et moyen terme)

SMR1.1

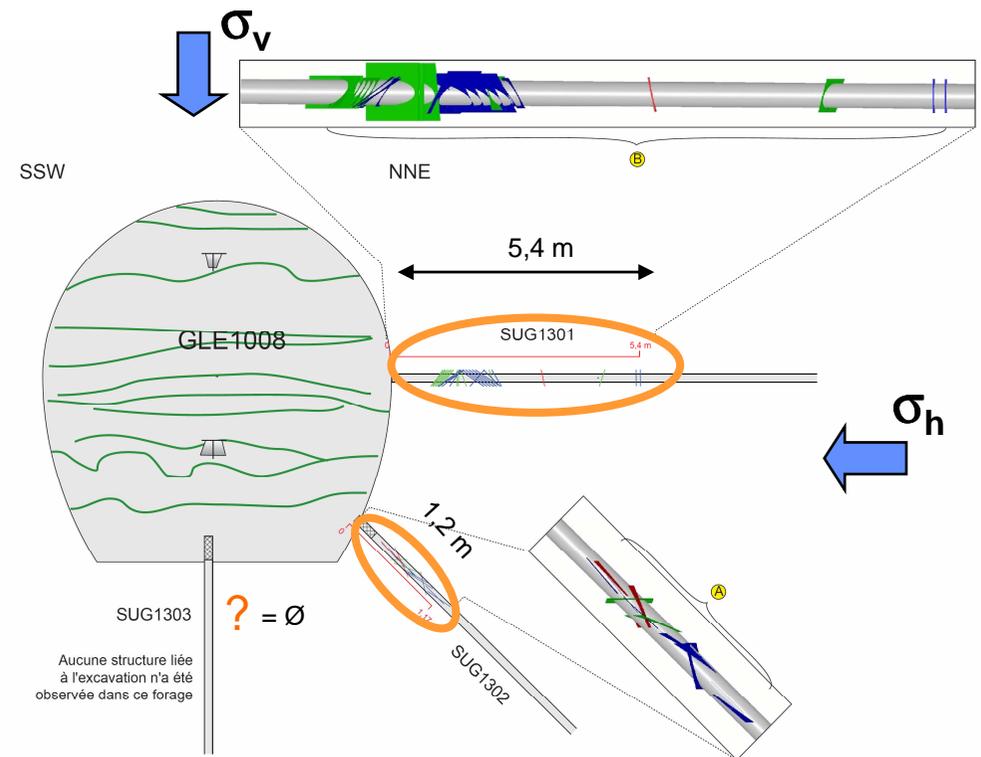
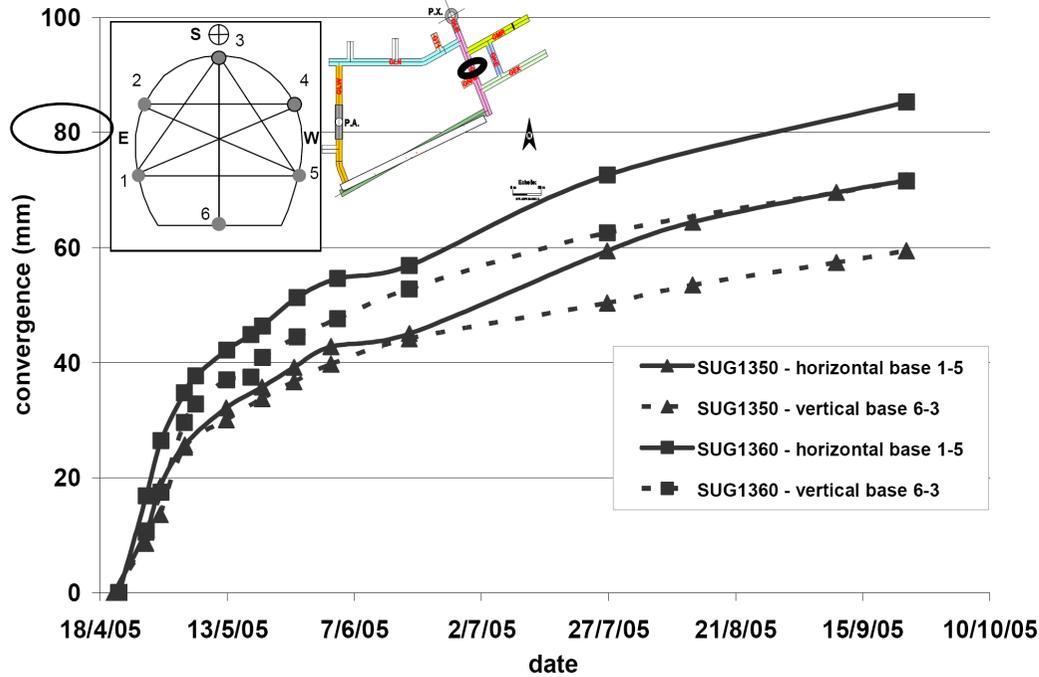


- Convergence horizontale : approx. 20 mm
- Convergence verticale : entre 60 et 100 mm
- EDZ à la voûte et à la sole (2,5 m)
- EDZ au parement (0,7 m)
- Anisotropie des contraintes, Géométrie (sole plane)



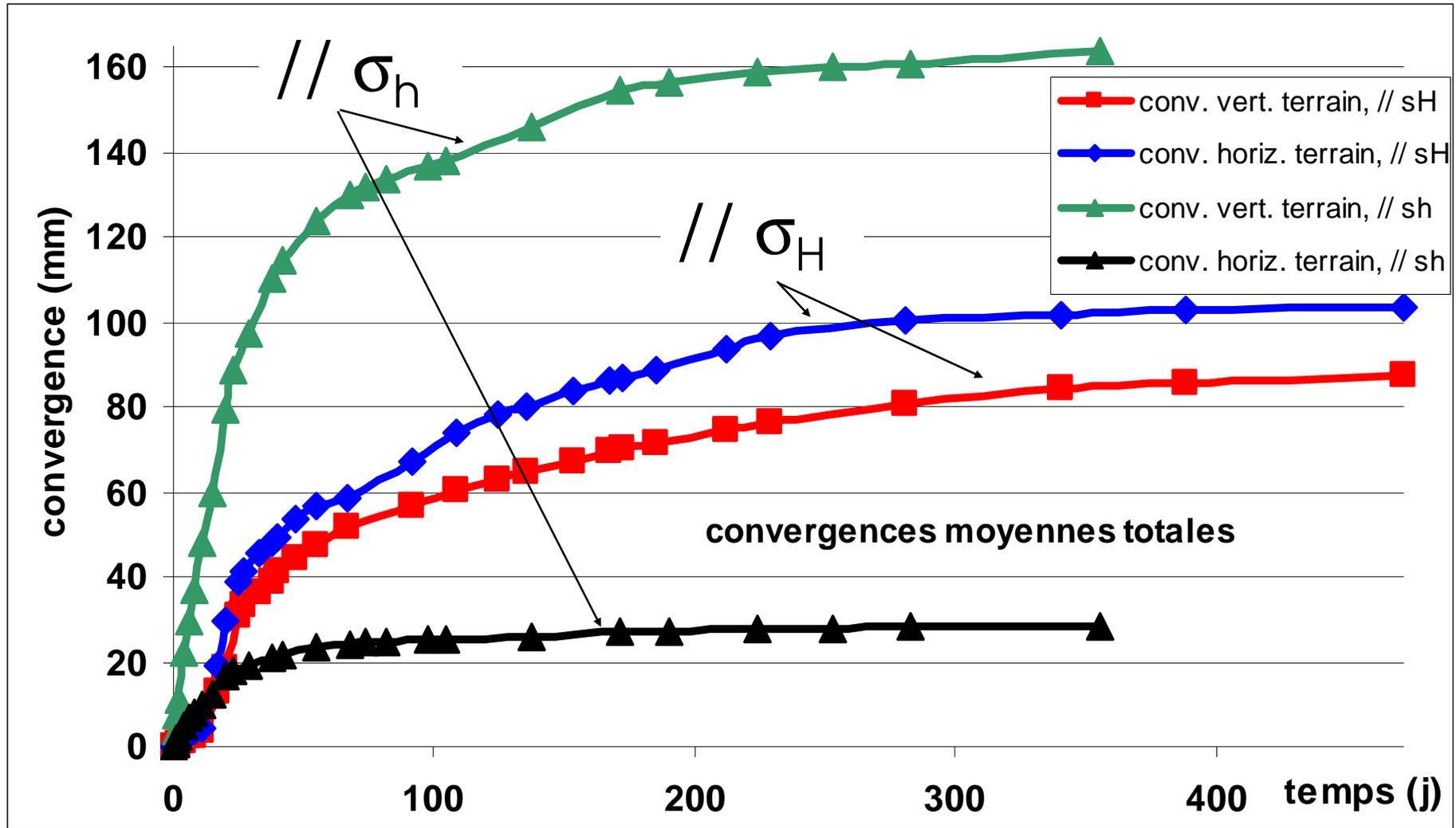
Analyse des convergences (court et moyen terme)

SMR1.3



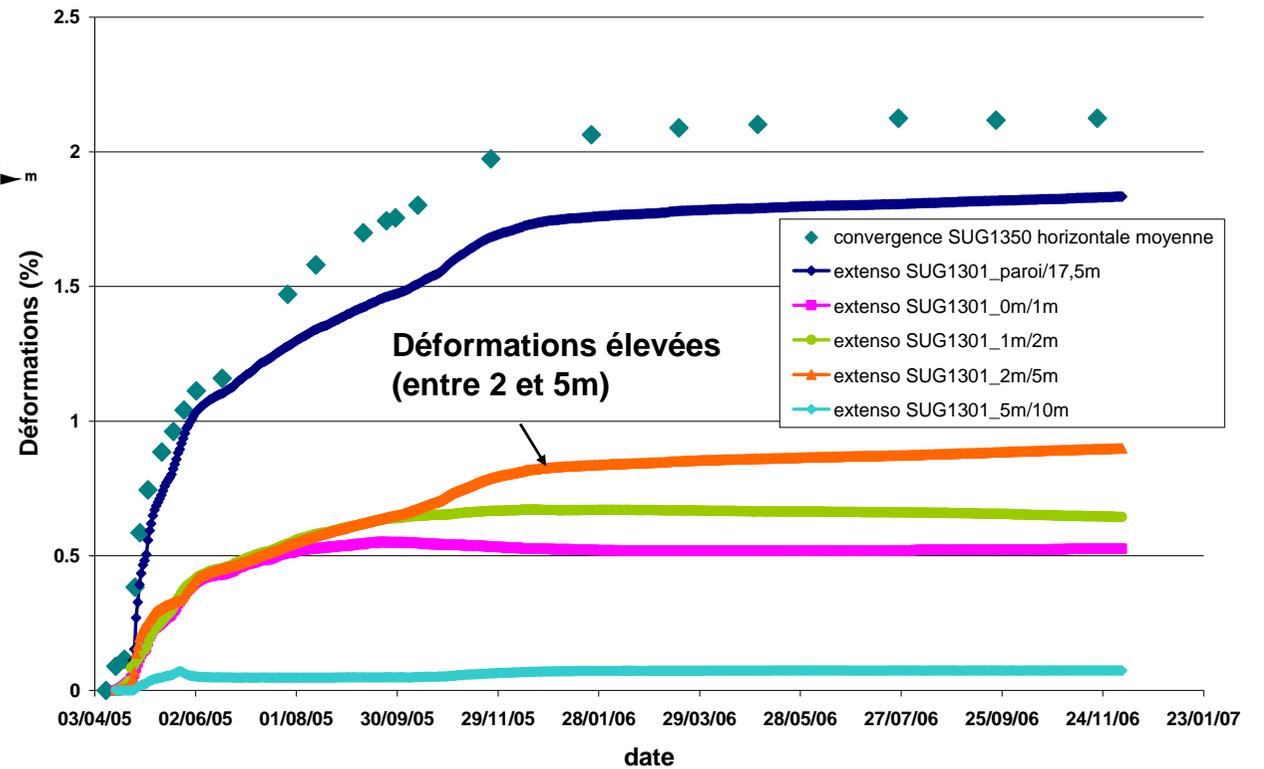
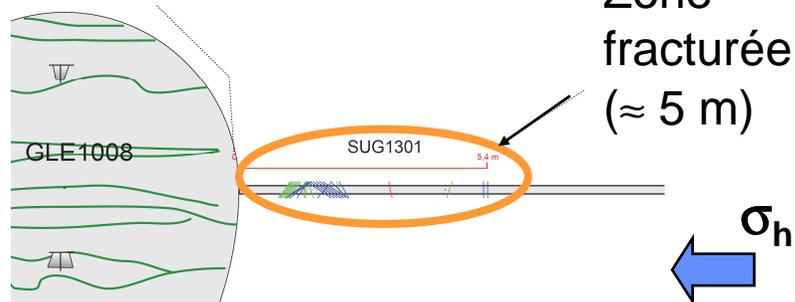
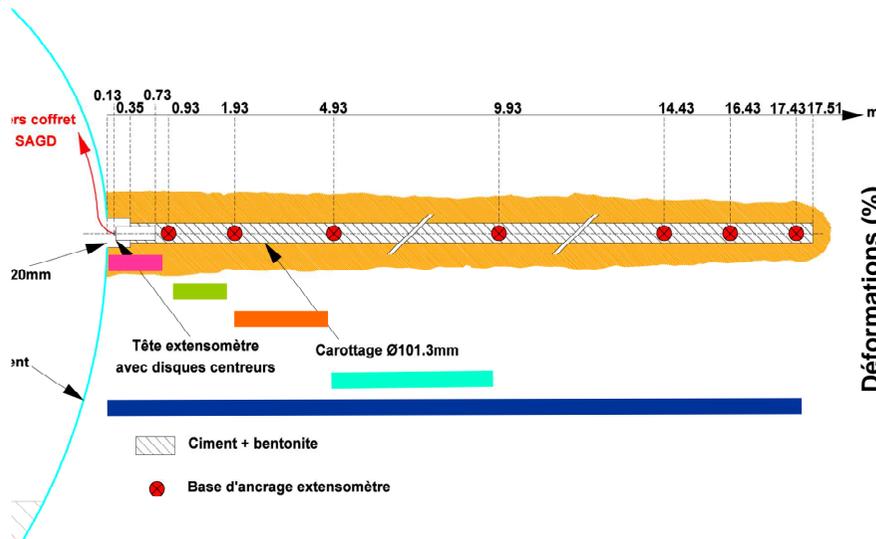
- Convergences horizontale et verticale proches : 80 mn
- Compatible avec état de contrainte ($\sigma_h \approx \sigma_v$)
- EDZ non représentatif
- Historique complexe

Mesure des convergences moyennes totales (long terme)

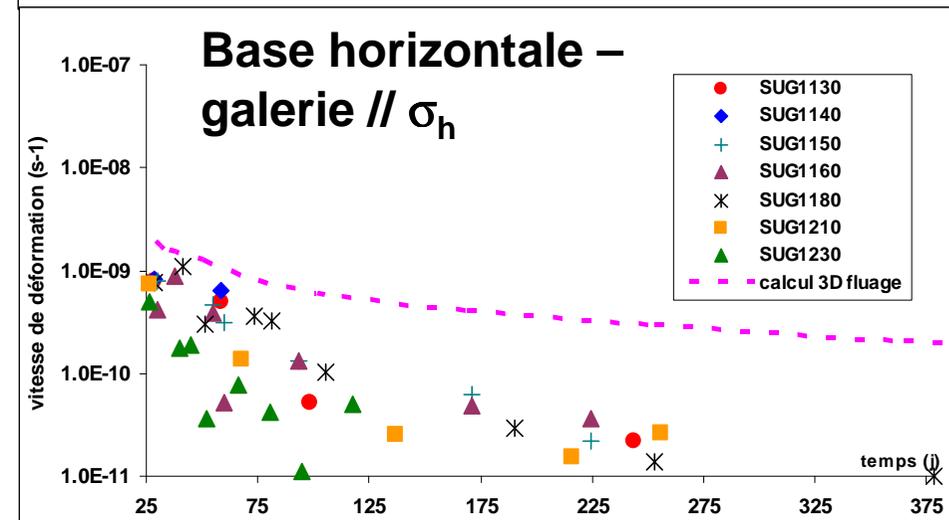
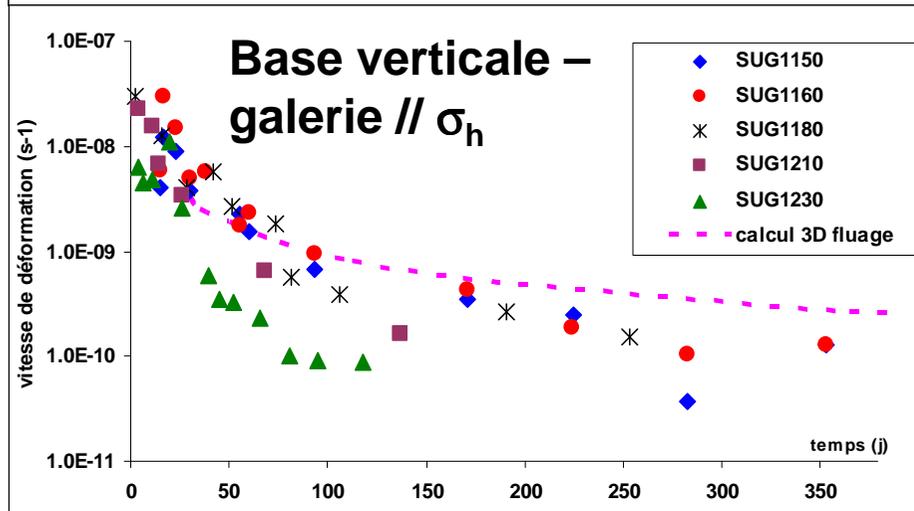
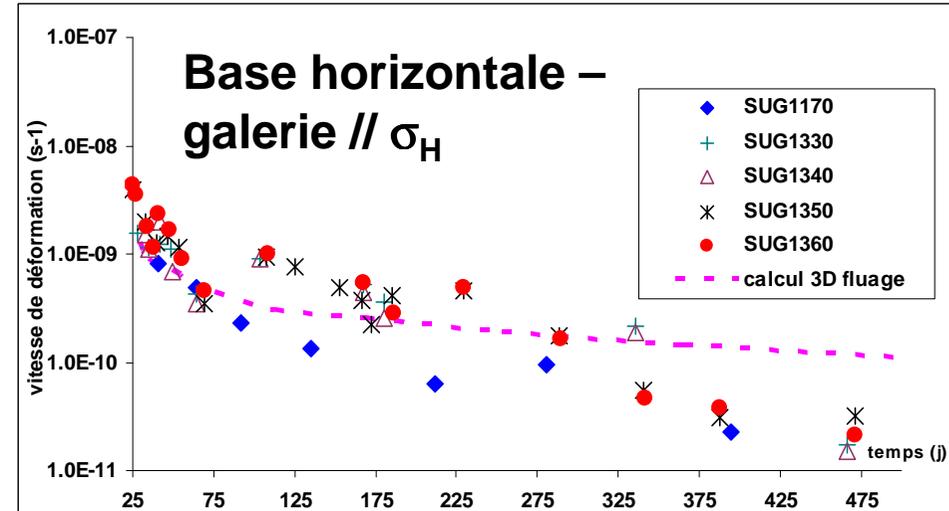
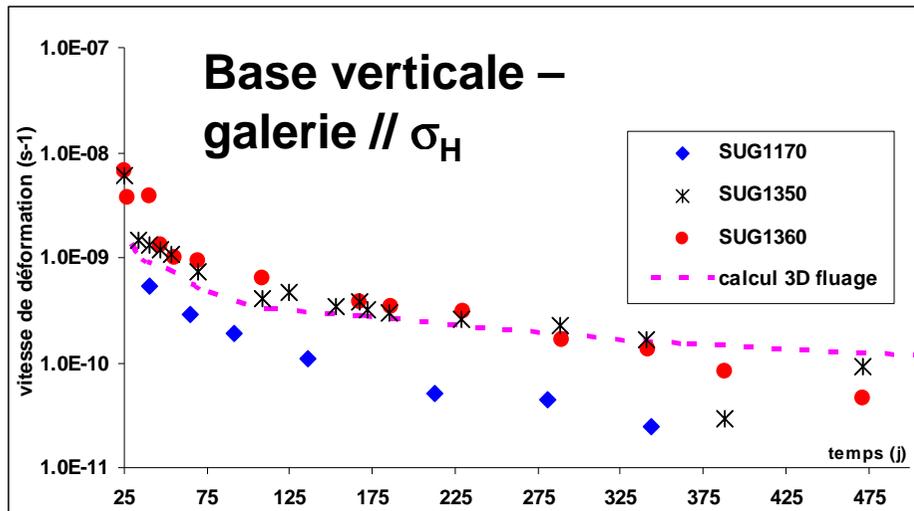


Extension du massif (forage horizontal ; galerie orientée selon σ_H)

Coupe SUG 1301 entre les cintres 3S2 et 4S2
vue depuis le Px, situation au 14/04/05



Comportement différé et modélisation 3D avec loi de fluage de Lemaitre



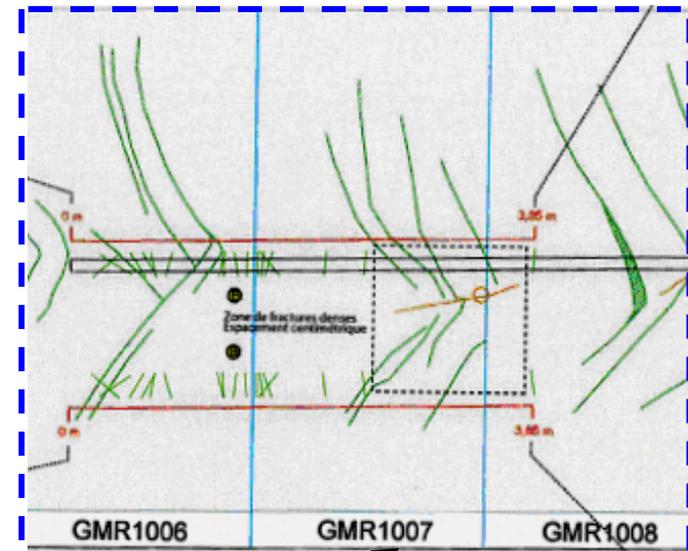
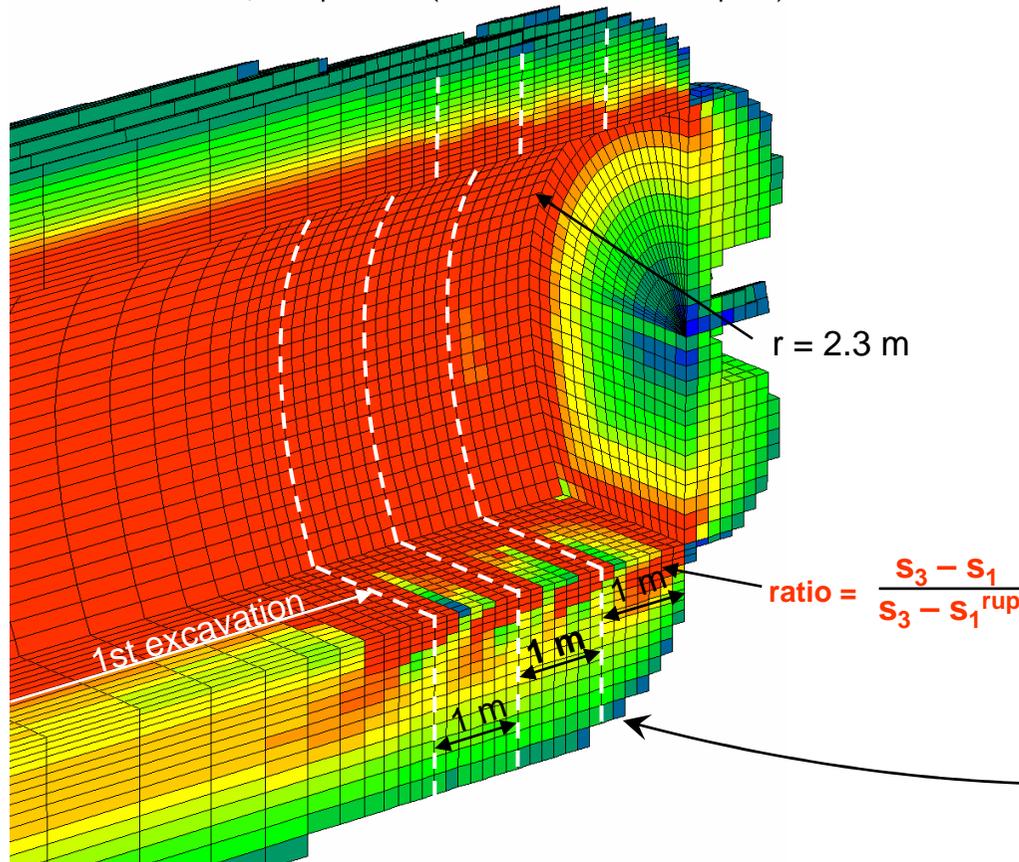
➤ Vitesse de déformation autour des ouvrages : $< 5 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$ après 350 jours

➤ Vitesse plus faible dans zone à fracturation limitée : $< 5 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$ à 250 jours

Modélisation mécanique du phasage de creusement

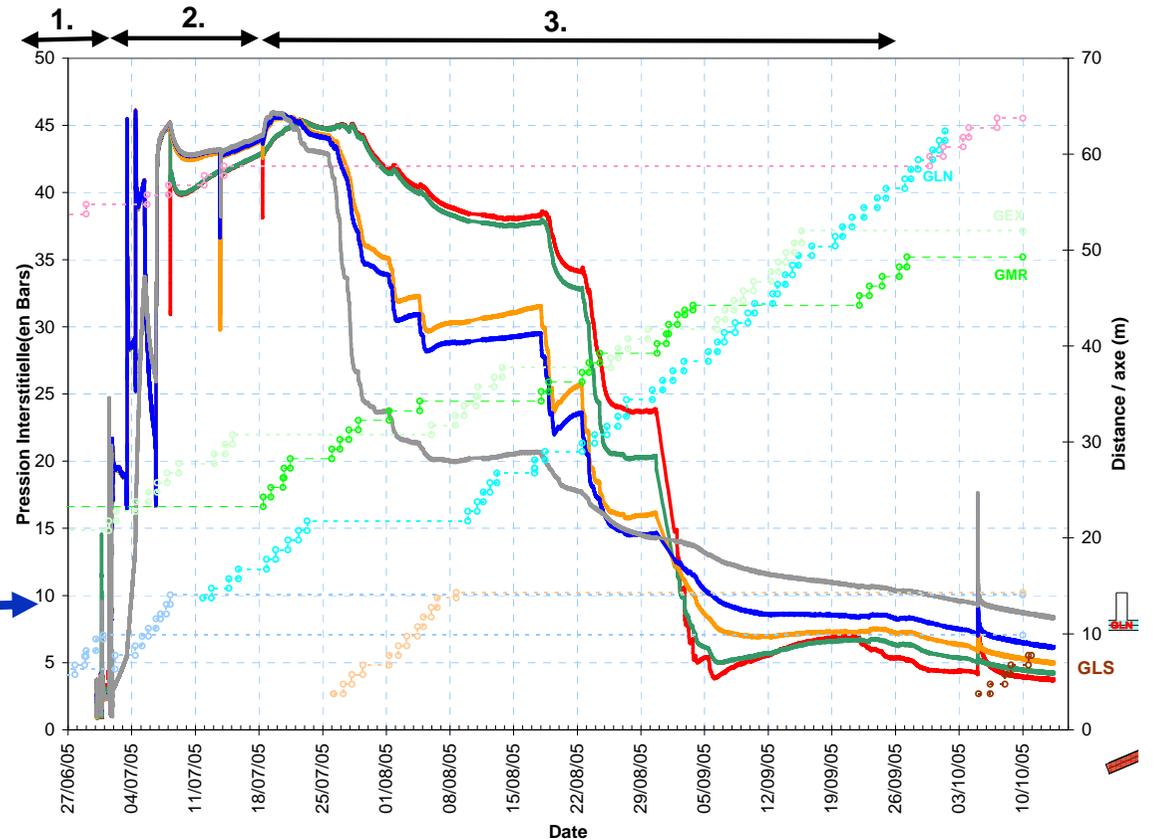
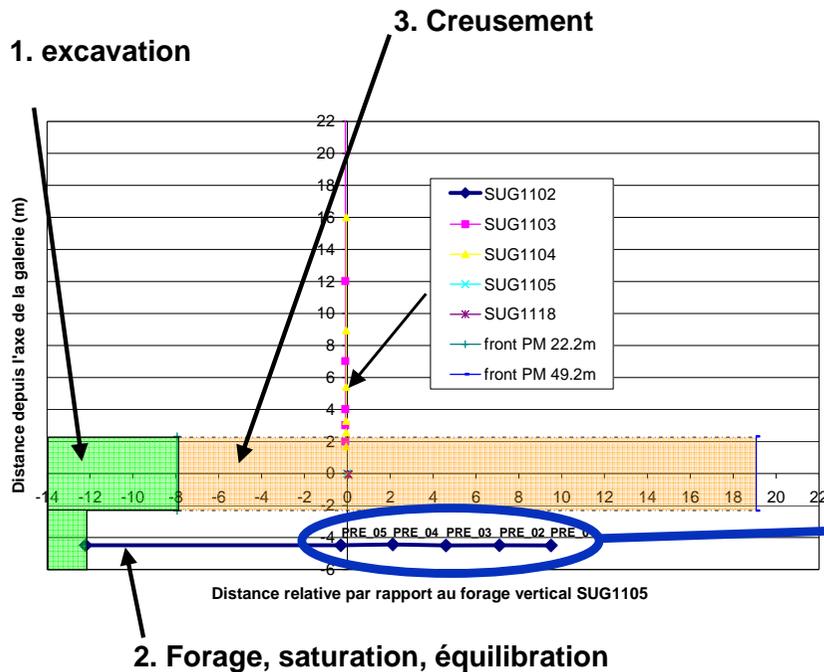
Modélisation fine 3D de l'excavation d'une galerie (pas de 1m) - Loi rhéologique utilisée : EPE – Hoek and Brown

Avancement de 3 m, ratio plasticite (distance au critere de rupture)



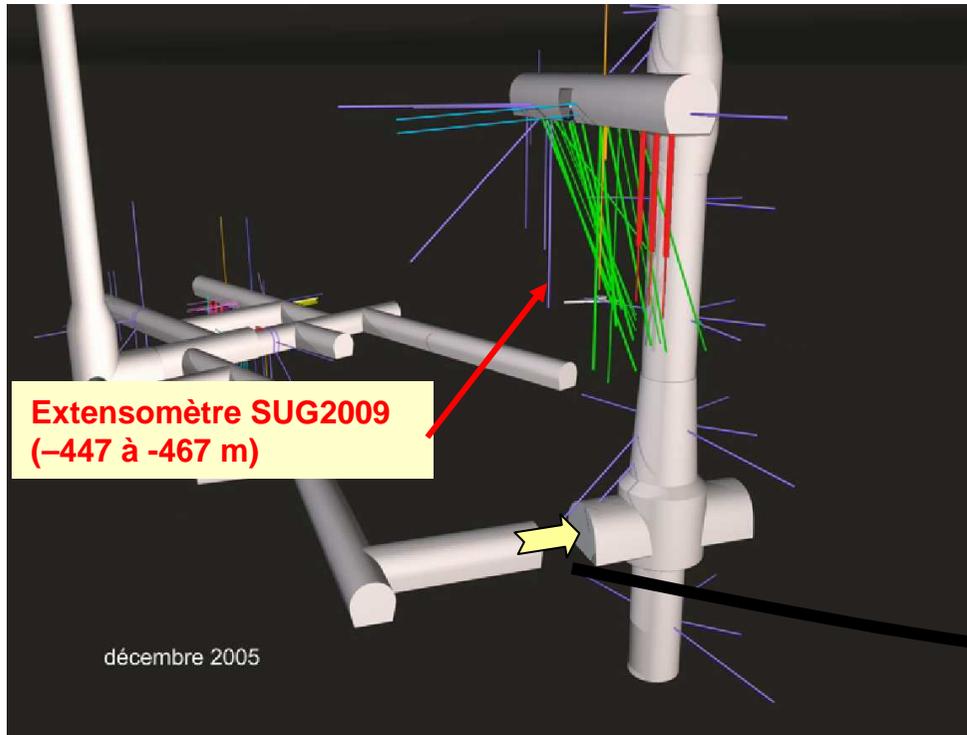
➔ La carte 3D du ratio (distance au critère de rupture) pourrait expliquer la géométrie des fractures en chevron

Difficultés supplémentaires dans les argillites :

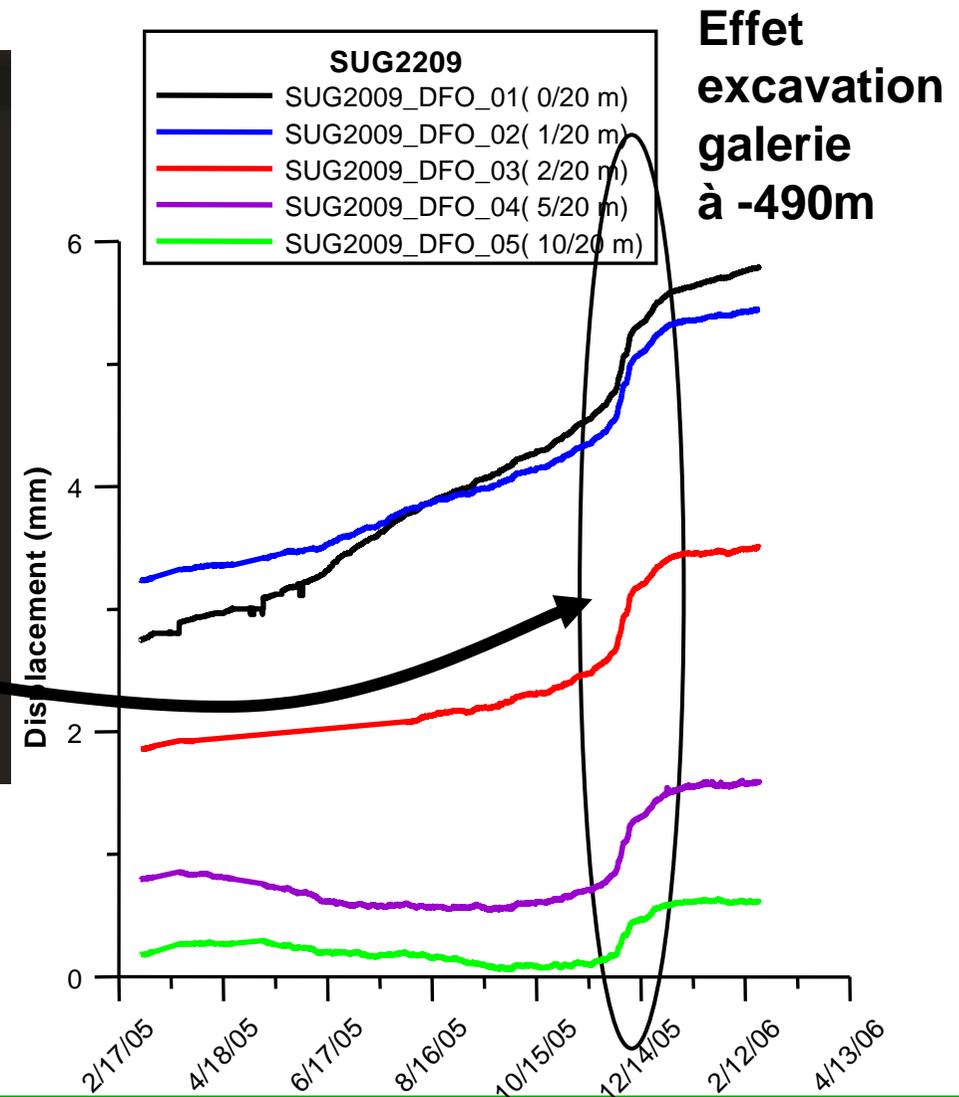


Fort couplage hydro-mécanique

Autre difficulté dans les argillites :



➔ Distance d'influence des creusements visible à plus de 5D



Creusements futurs dans le laboratoire

- Période 2008-2012
- Creusement de plusieurs centaines de mètres de galeries
- Creusement avec machine à attaque ponctuelle
- Essais de plusieurs soutènements et revêtements
- Ouvrages fortement instrumentés

Merci pour votre attention !

