



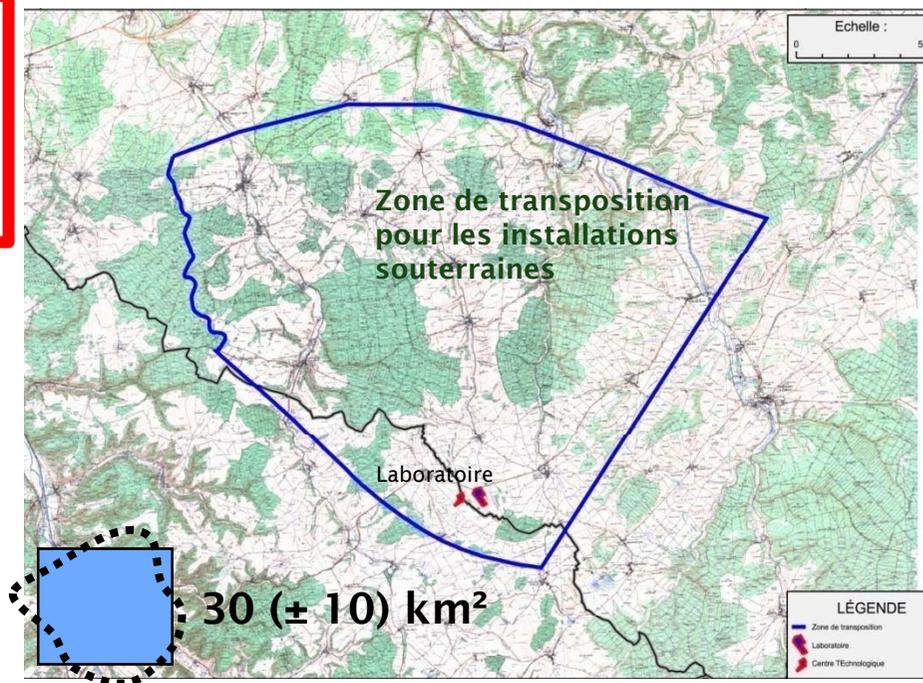
## Campagne de reconnaissance de la Zone de Transposition

# Résultats de la reconnaissance et critères géologiques pour l'implantation de la ZIRA

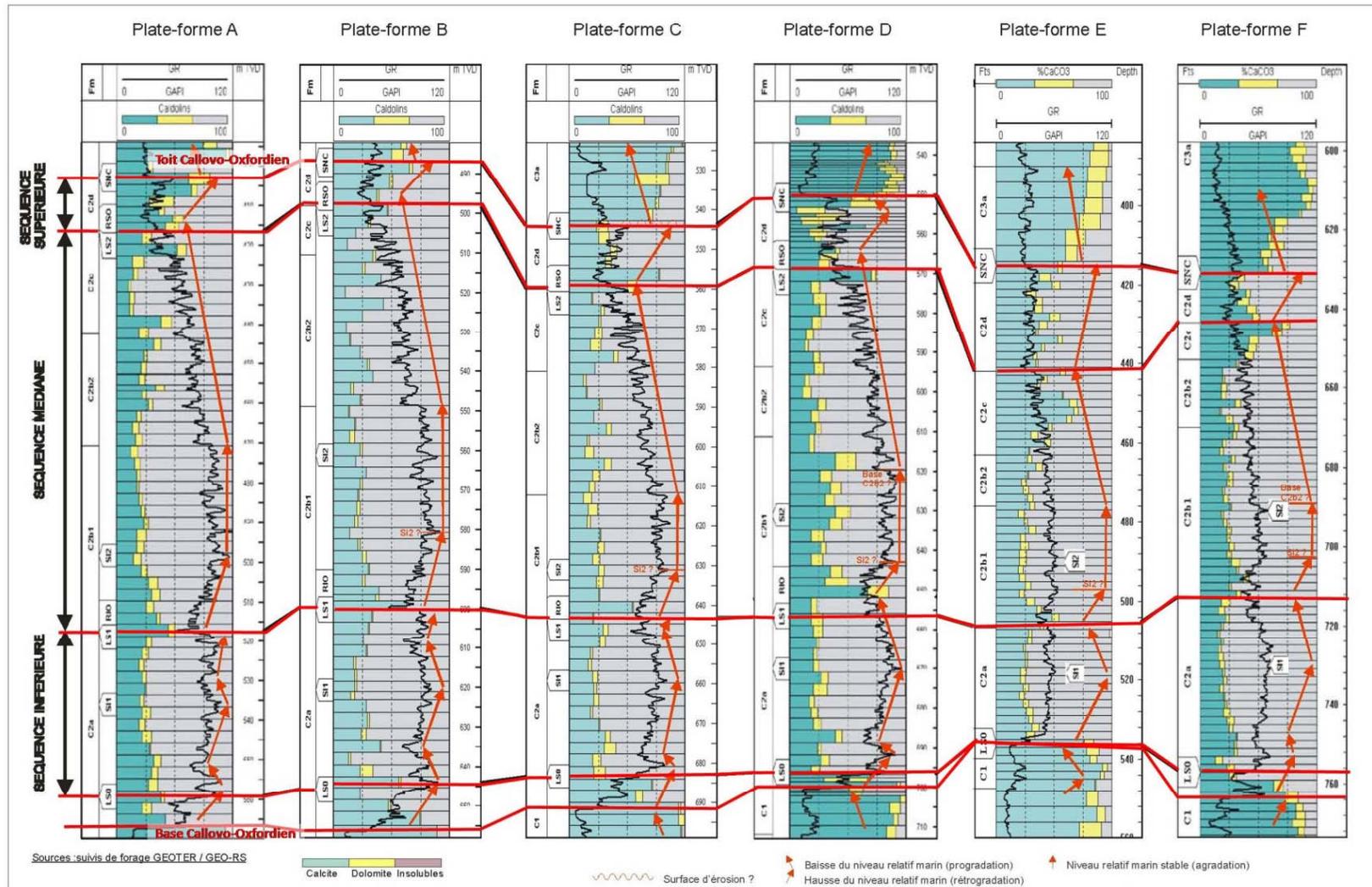
G. Vigneron

## Rappel des objectifs de la campagne de reconnaissance

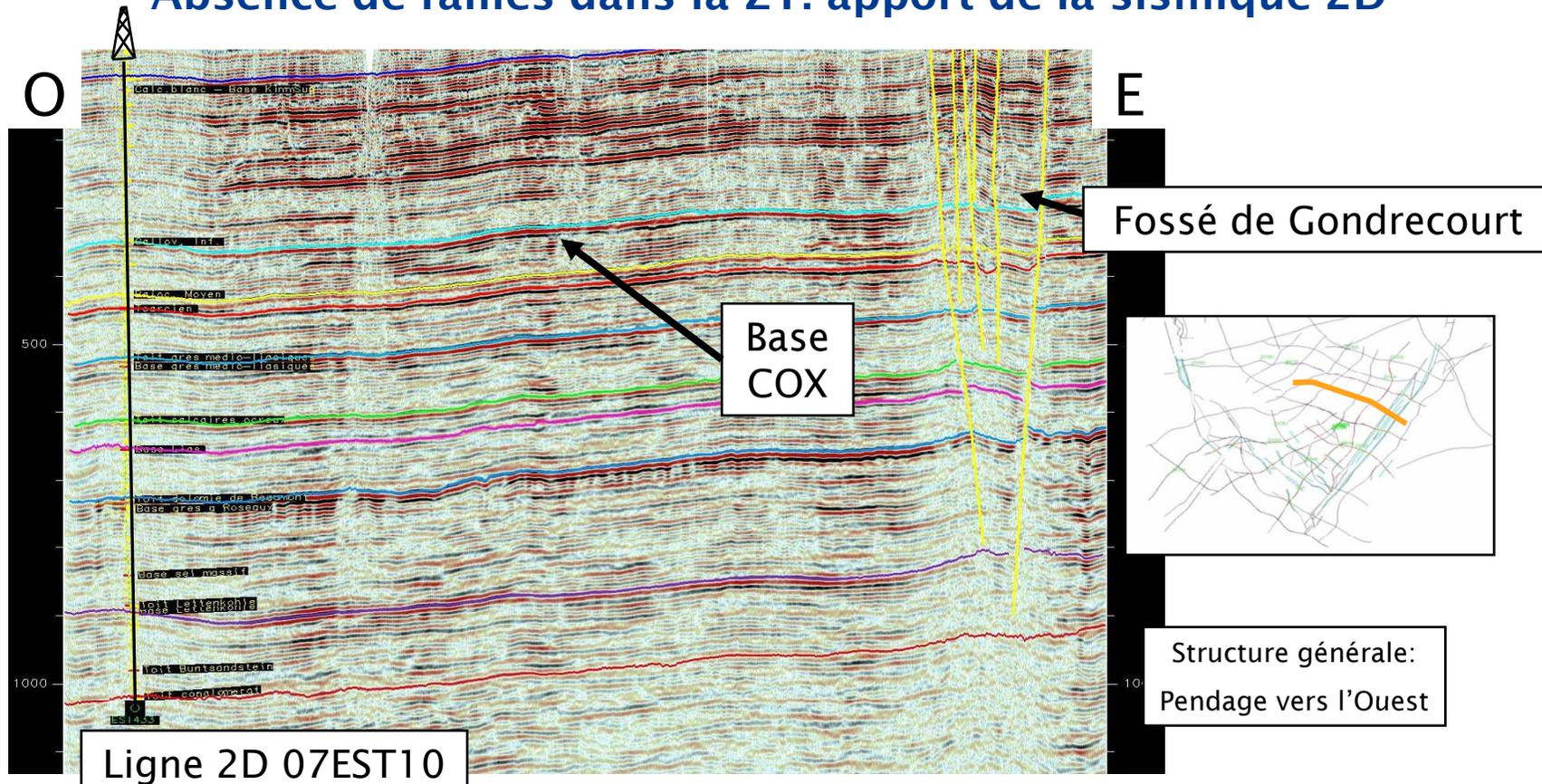
1. Apporter des éléments en support au processus de choix d'une Zone d'Intérêt pour une Reconnaissance Approfondie (ZIRA): homogénéité géologique, des propriétés géomécaniques, hydrauliques et de transfert du COX, absence de failles
2. Compléter la connaissance des écoulements dans les encaissants sus- et sous-jacents à la couche
3. Reconnaître les formations profondes: rôle dans les transferts et potentiel géothermique



## Callovo\_Oxfordien: identification des séquences



Absence de failles dans la ZT: apport de la sismique 2D

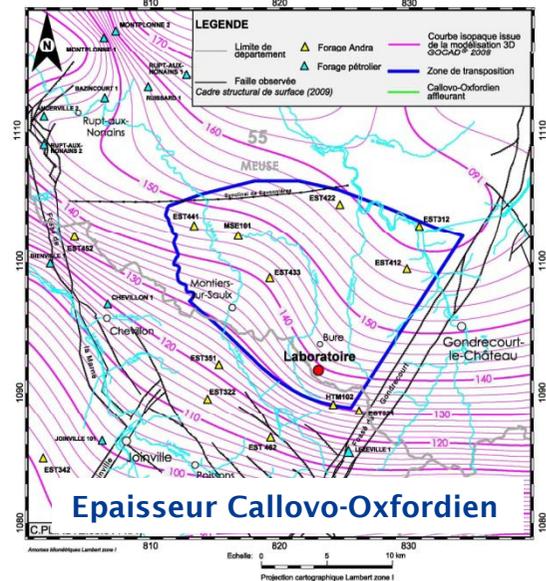
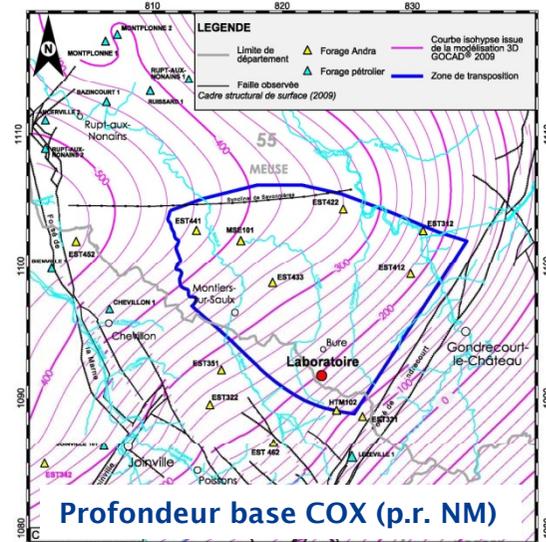
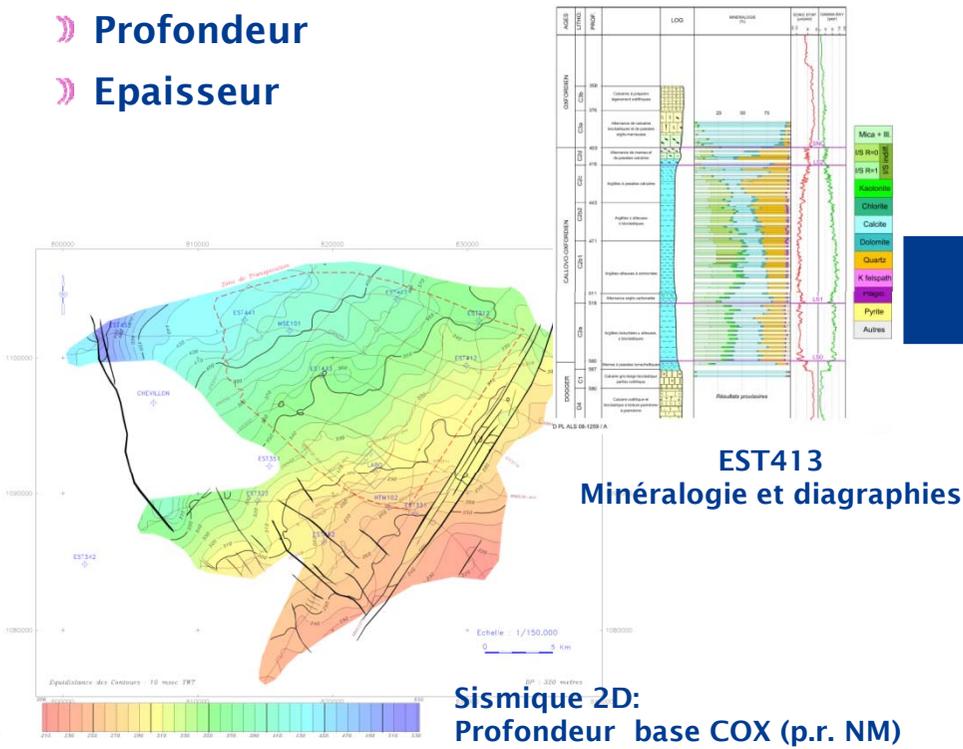


- » Les données sismiques 2D sont de bonne qualité et permettent d'extrapoler les données entre les forages
- » Elles n'ont pas mises en évidence de failles recoupant le Callovo-Oxfordien à l'intérieur de la zone de transposition (en prenant en compte la limite de la méthode: ~5 mètres)

## La géométrie du Callovo\_Oxfordien: Mise à jour des cartes

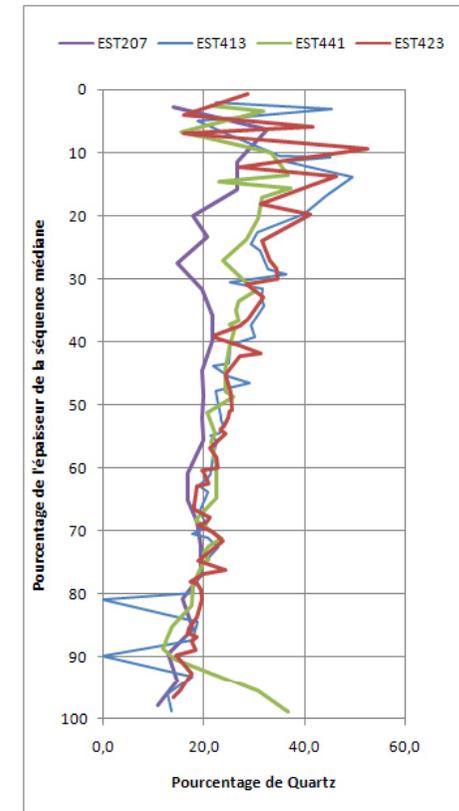
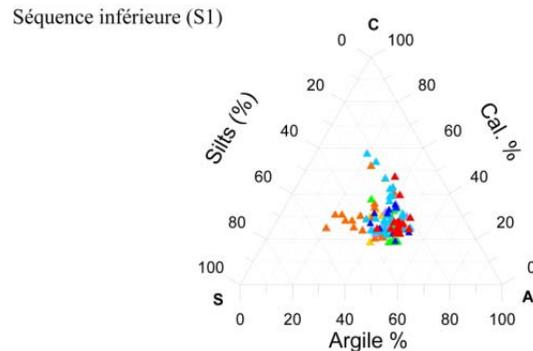
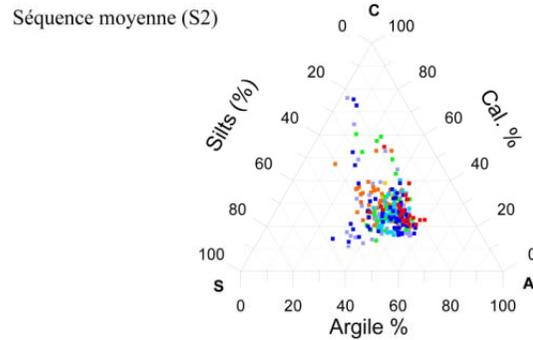
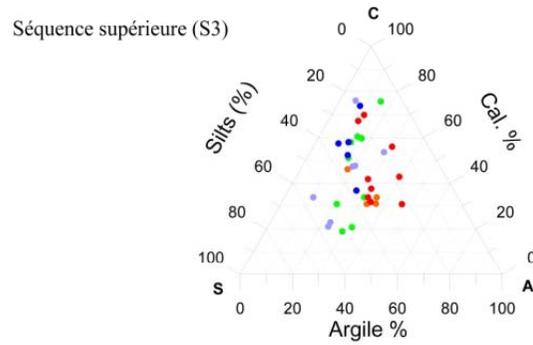
Les données de forages et de sismique 2D ont permis la mise à jour des principales cartes concernant le Callovo-Oxfordien:

- » Profondeur
- » Epaisseur



**Les interprétations quantitatives illustrent la faible variabilité latérale du Callovo-Oxfordien au sein de la zone de transposition**

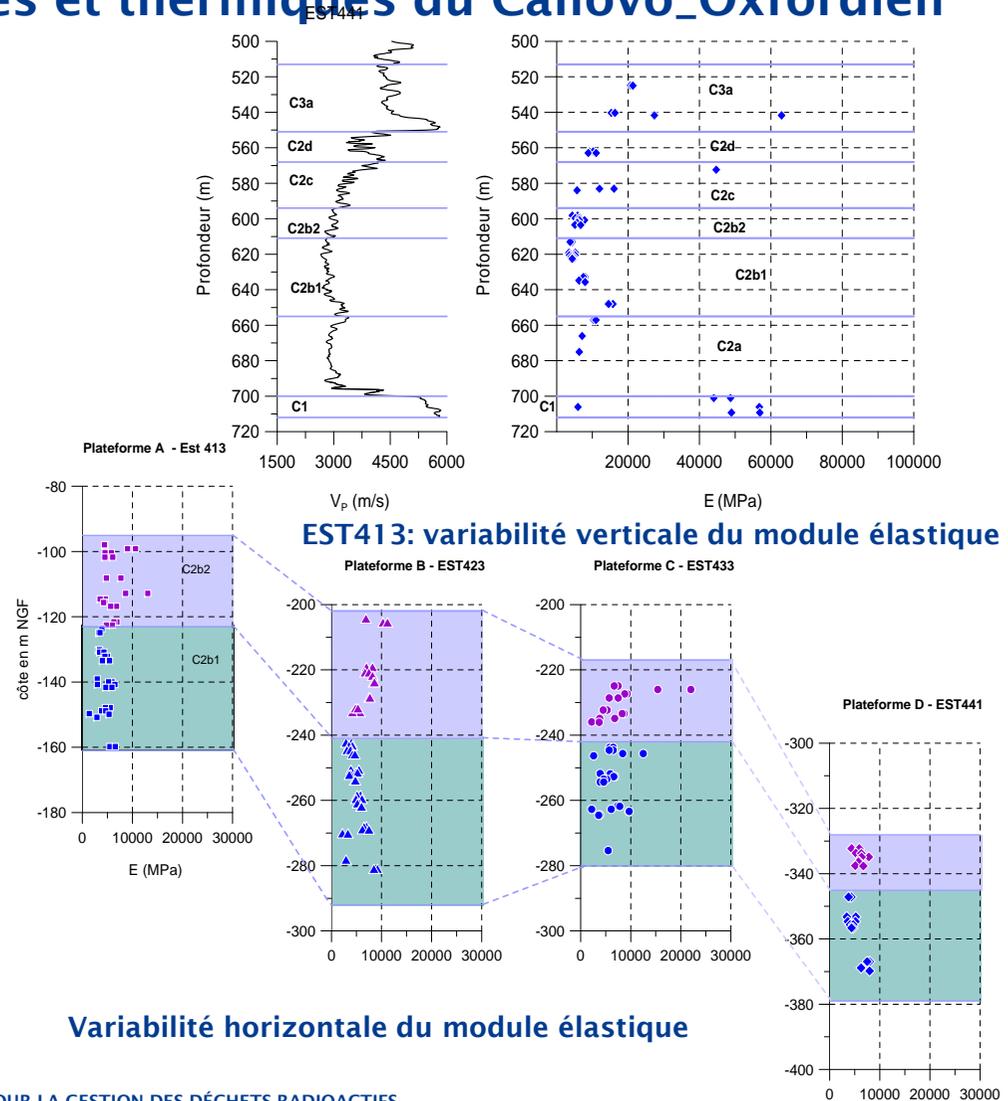
**Le léger enrichissement en silts vers le Nord de la séquence moyenne, déjà documenté dans le Dossier 2005, est confirmé par les nouvelles données**



## Les propriétés géomécaniques et thermiques du Callovo-Oxfordien

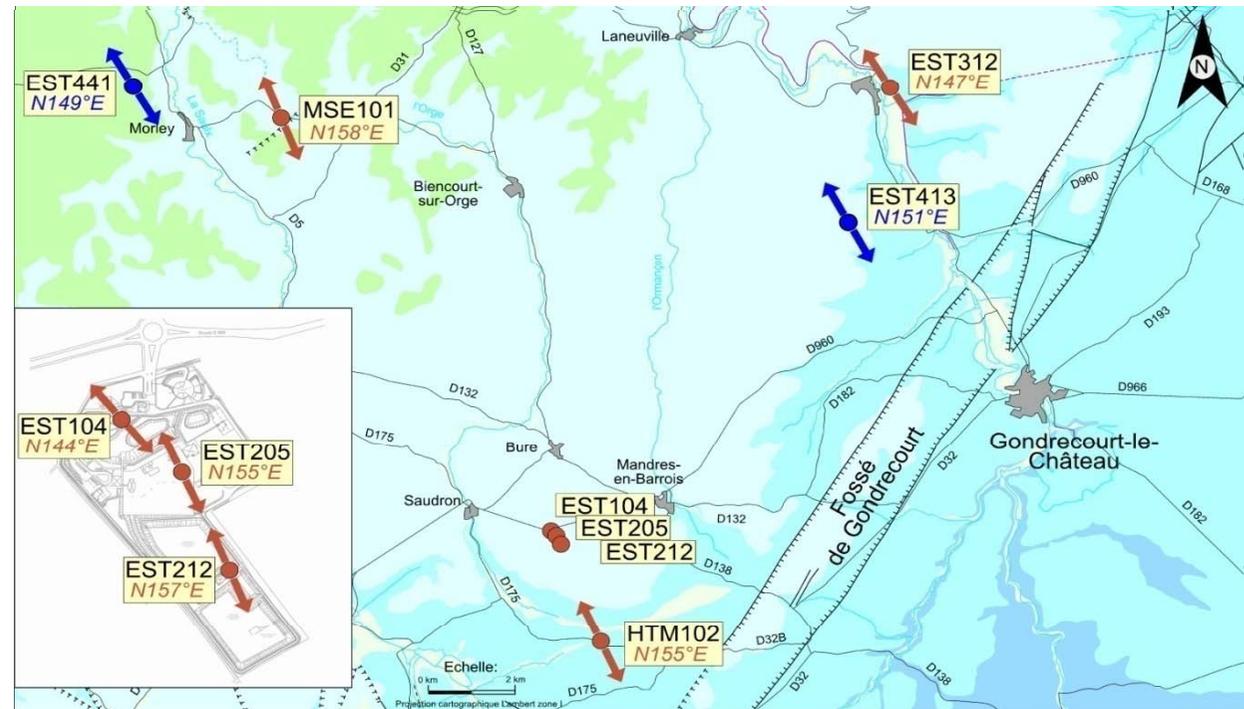
Les mesures des propriétés géomécaniques et thermiques réalisées sur échantillons montrent :

- » une dépendance des valeurs de ces propriétés avec la minéralogie
- » l'absence de variation avec la profondeur
- » une grande homogénéité latérale
- » des valeurs comparables avec celles mesurées sur le site du laboratoire souterrain et présentées dans le Dossier 2005



## L'état de contrainte du Callovo-Oxfordien au sein de la ZT

- » Les mesures de contraintes réalisées dans les forages EST413 et EST441 (partie la plus profonde de la ZT) confirment que la direction de la contrainte horizontale majeure est identique sur l'ensemble de la zone
- » Les amplitudes relatives des différentes contraintes (verticales et horizontales) sont cohérentes avec celles mesurées sur le site du laboratoire souterrain



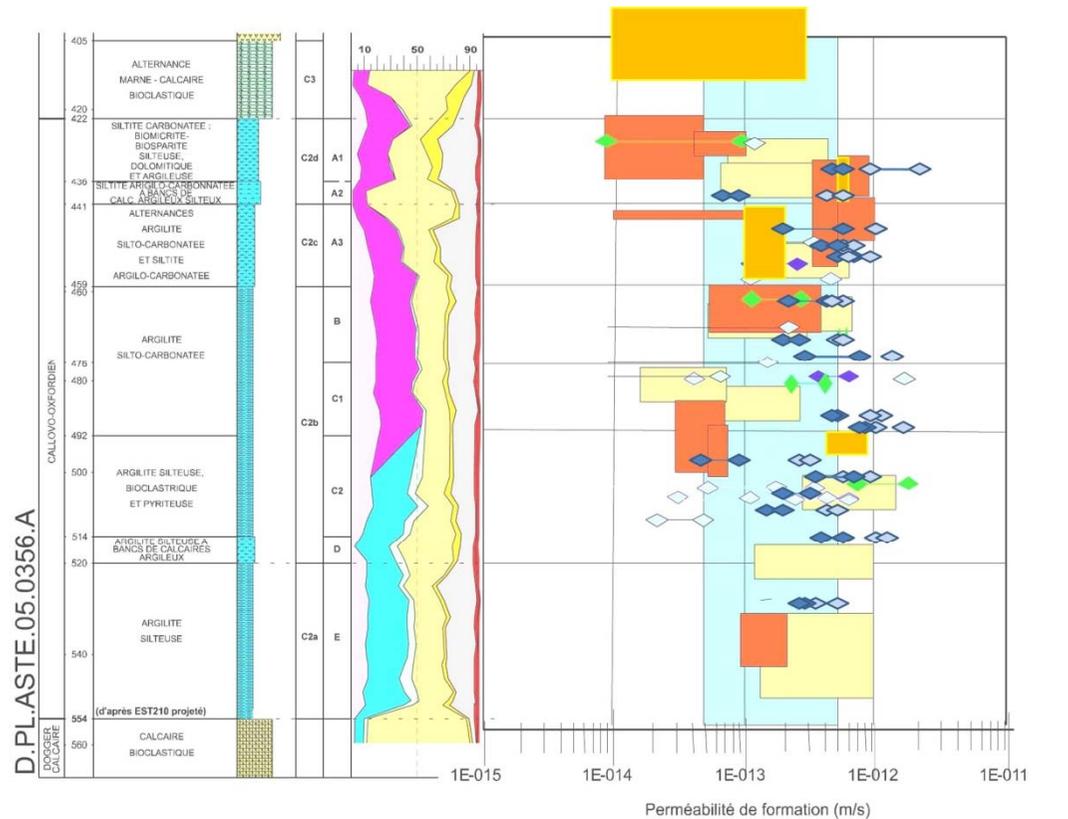
Direction de la contrainte horizontale majeure

## Mesures de perméabilités du Callovo-Oxfordien

- » Des tests hydrauliques entre obturateurs ont été réalisés à différents niveaux du Callovo-Oxfordien sur les plates-formes B et C
- » Ces tests ont été complétés par des mesures sur échantillons

Sur l'ensemble des plates-formes, on note :

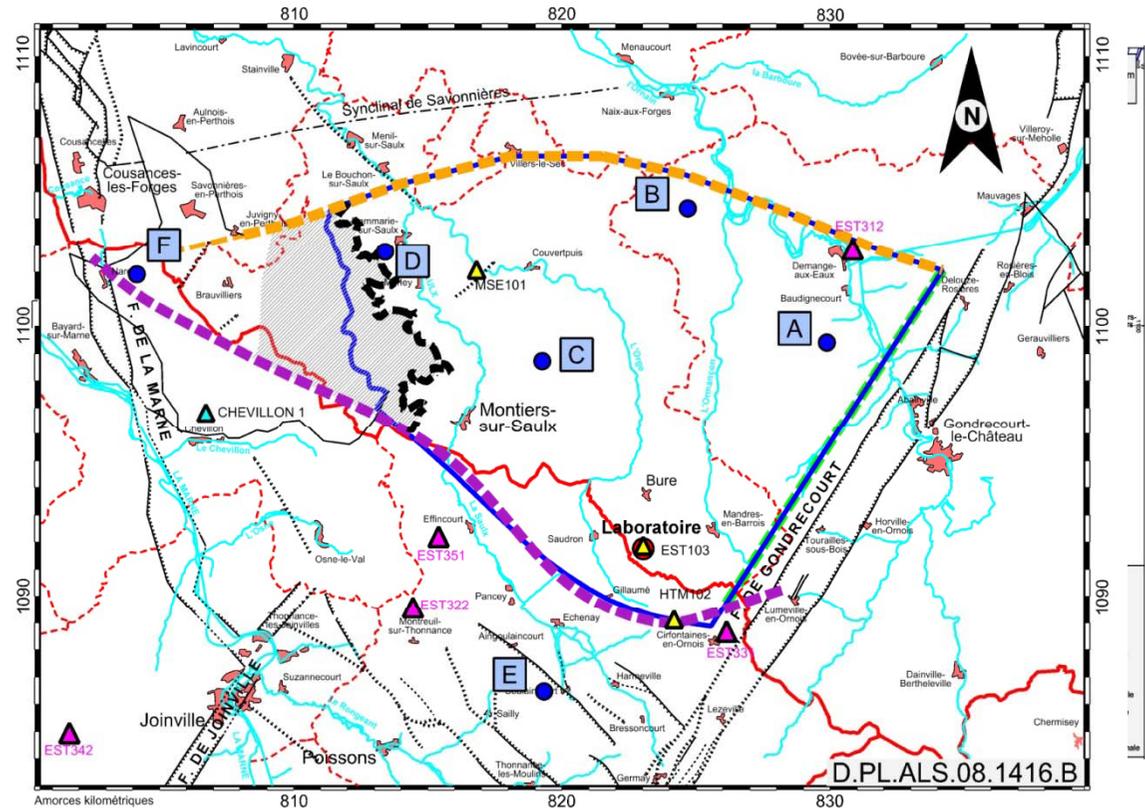
- » l'absence de variations horizontale et verticale marquées de ce paramètre
- » Les résultats se situent dans une gamme de perméabilité cohérente avec les valeurs mesurées sur le site du laboratoire souterrain



## Intégration des données de la campagne RZT pour la définition de la zone de transposition

Les résultats de la campagne RZT permettent de mettre à jour les limites de la zone de transposition (sur la base des mêmes critères)

Ceux-ci permettent de considérer que la zone est globalement inchangée par rapport à 2005



### LEGENDE

- Limite de département
- - - Limite de canton
- - - - - Faille visible
- · - · - Faille possible ou extrapolée
- - - - - Flexure

### Limites définies par le modèle GOCAD du secteur

- Zone de transposition 2005
- - - - - Limite de la zone de fracturation plus importante que dans le laboratoire souterrain
- - - - - Limite de la zone où l'épaisseur du Callovo-Oxfordien est inférieure à 130m

- - - - - Limite de la zone où le Callovo-Oxfordien peut être plus silteux
- - - - - Profondeur du toit du Callovo-Oxfordien > 565 m

Echelle: 0 5Km  
Projection cartographique Lambert zone I

## Examen des critères géologiques en support au choix de la ZIRA

Critères ZT (2005)



Critères d'exclusion

Campagne de reconnaissance  
2007-2008



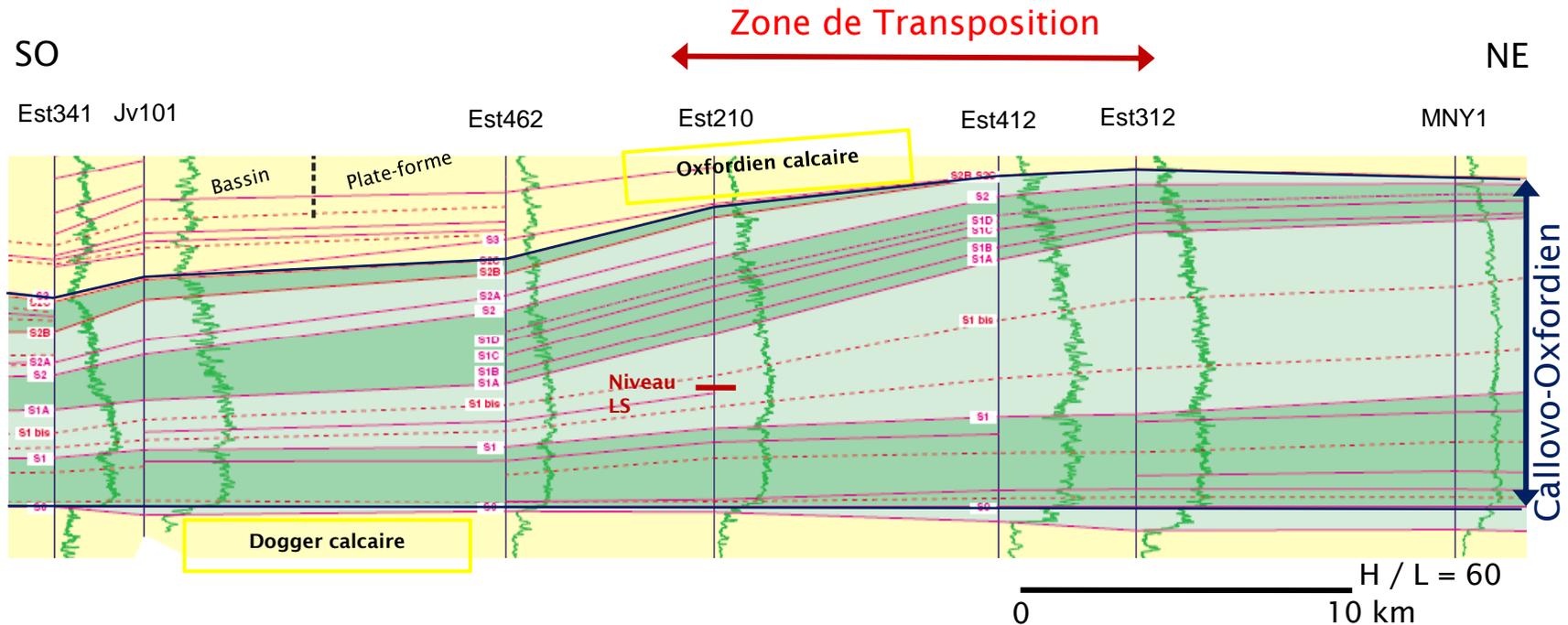
Critères ZIRA (2009)



Critères qualitatifs

- Faire une revue aussi exhaustive que possible des critères
- Identifier les facteurs n'ayant peu ou pas de poids dans la proposition de choix de ZIRA
- Analyser les potentialités d'optimisation en regard des résultats des approches faites pour le D2005

- Situer l'analyse dans le périmètre de la ZT
- Retenir en première priorité et conformément à la RFS III2F, les critères relevant de la couche du Callovo-Oxfordien ou du contexte géologique d'ensemble.
- Considérer principalement le niveau retenu a priori en référence pour l'implantation du stockage (niveau principal du Laboratoire souterrain) qui correspond à la partie la plus argileuse de la couche.
- Faire porter l'analyse sur d'une part la géométrie de la couche et d'autre part ses caractéristiques physiques.
- Evaluer les critères en fonction de leur potentiel impact sur la sûreté du stockage.

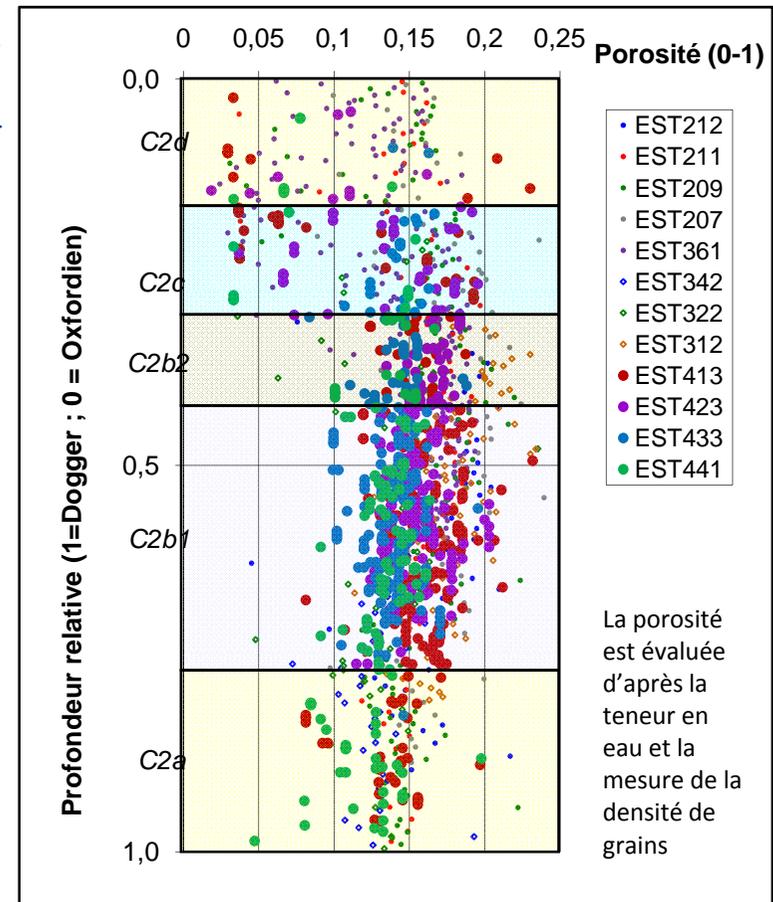
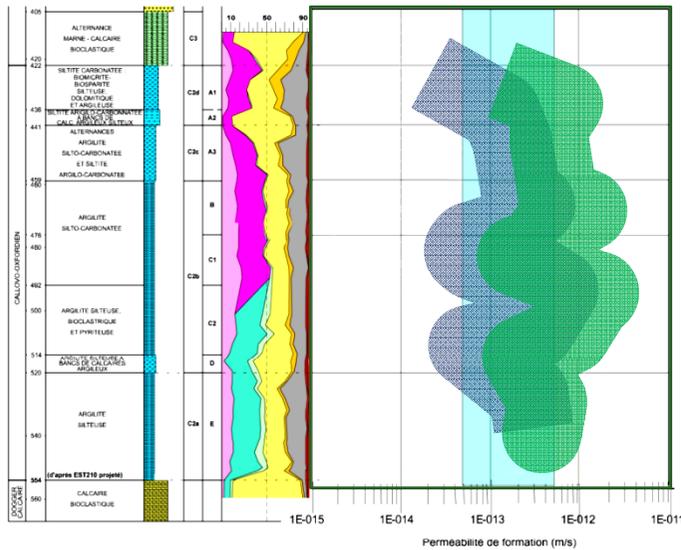


- Des corrélations sur l'ensemble de la zone de transposition
- Une homogénéité latérale à une échelle d'ordre kilométrique
- Pas de ruptures ou de contrastes forts observés dans la sédimentologie du secteur

Les analyses réalisées pour le D2005 montrent que les facteurs liés à la minéralogie ou à la texture de la roche ne sont pas discriminants du fait de l'homogénéité de celle-ci sur la zone:

- » Perméabilité
- » Porosité
- » Coefficient de diffusion
- » Propriétés de rétention
- » Chimie de l'eau

Ces paramètres ont fait l'objet d'une attention particulière dans le dossier 2005 car ils constituent les fondements de la faisabilité

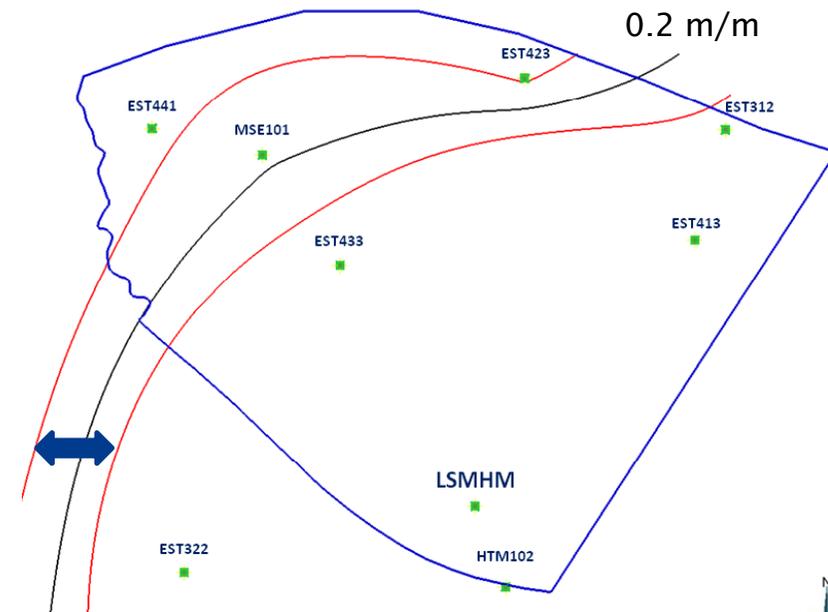


Le gradient de charge actuel aux bornes du Callovo-Oxfordien est quasi-nul au sud-est de la ZT et peut atteindre 0.3 m/m à son extrémité nord-ouest

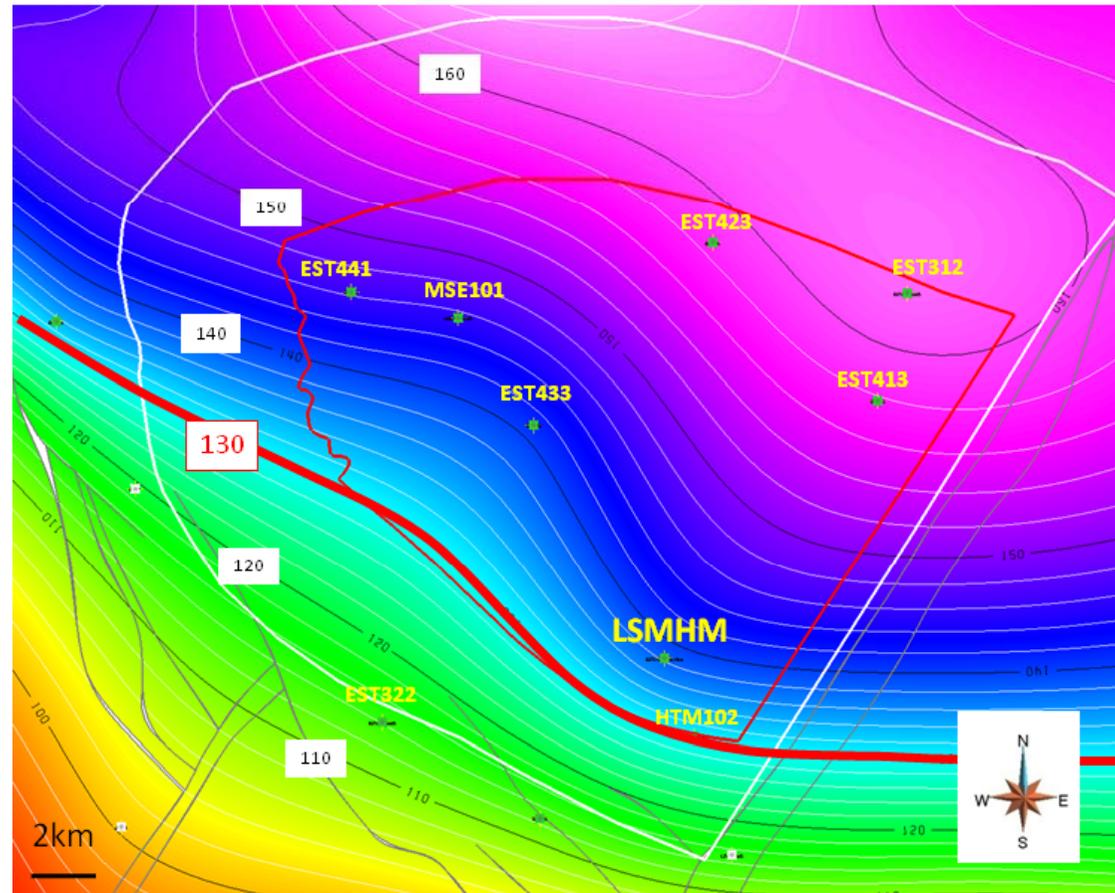
» Vision confirmée par les nouvelles données

Les calculs du dossier 2005 ont été réalisés avec un gradient moyen de 0.2 m/m (impact durant les premiers milliers d'années avec le scénario d'un scellement de puits défaillant)

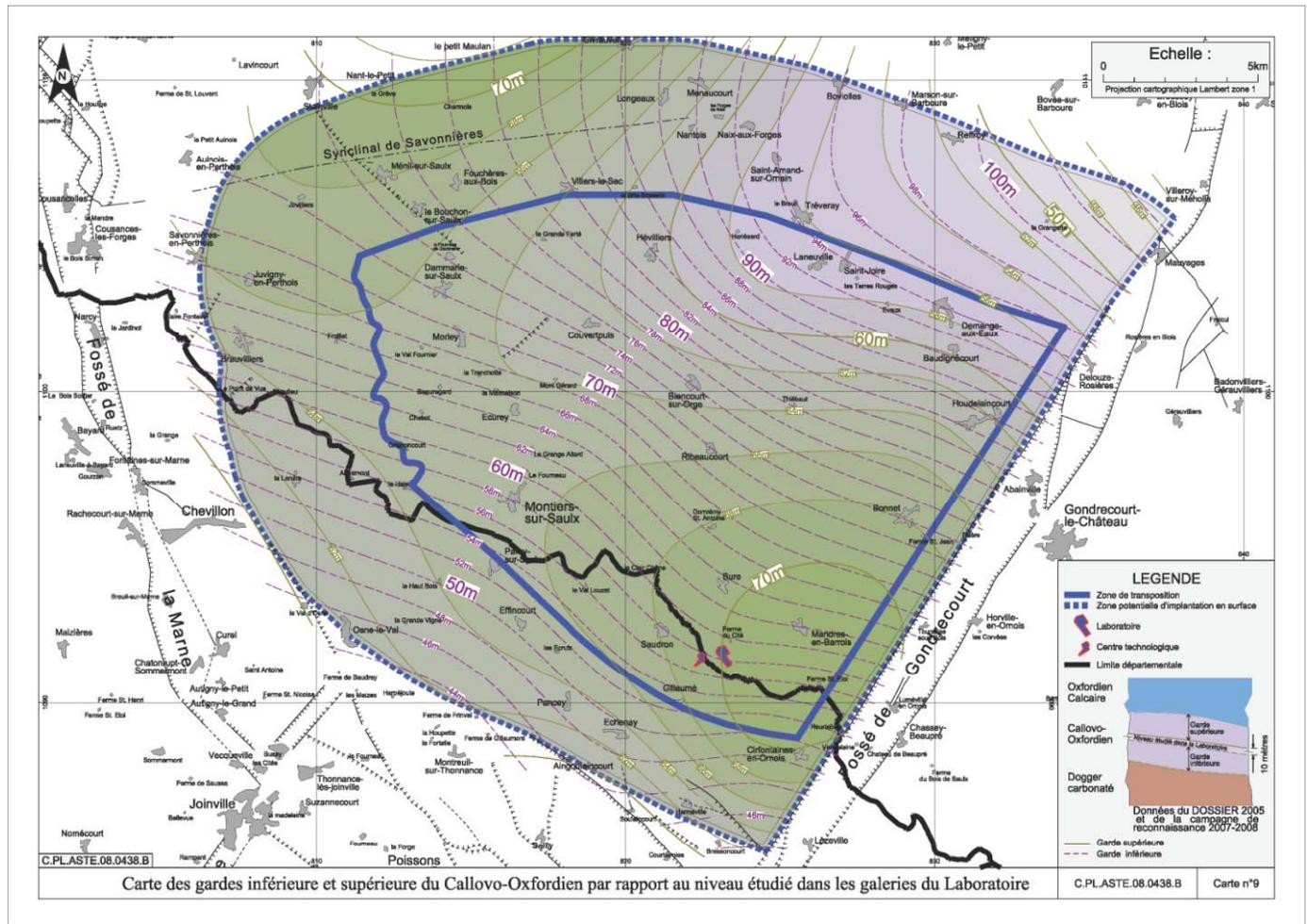
- » Les zones les plus favorables au sein de la ZT se situent au Sud de la ligne des 0,2 m/m
- » Facteur peu discriminant (faible impact sur le calcul et uniquement en situation fortement altérée)



L'épaisseur de la couche varie de 130m à la limite sud de la zone de transposition (138 m sur le site du Laboratoire) à un peu plus de 160m dans le coin nord-est de cette zone. L'augmentation de l'épaisseur de la couche est graduelle selon une direction générale SW-NE.

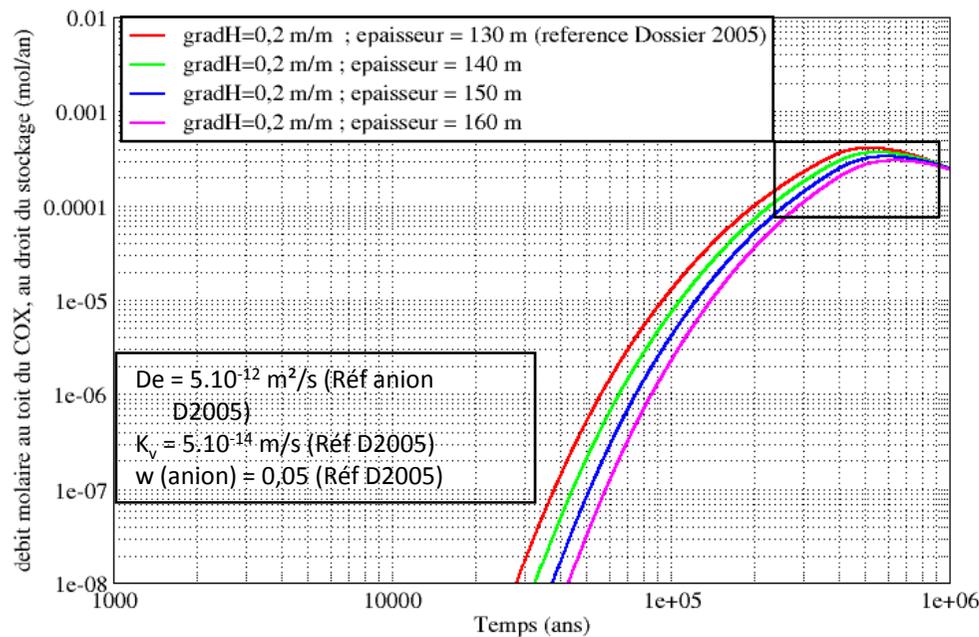


Si l'on considère le niveau de maximum d'argilosité on constate qu'il n'existe qu'une surface très limitée de la ZT au sein de laquelle la garde supérieure est de 10m supérieure à celle utilisée en référence dans le dossier 2005 (60m). En revanche, la garde inférieure augmente graduellement dépasser 90m au nord de la ZT.

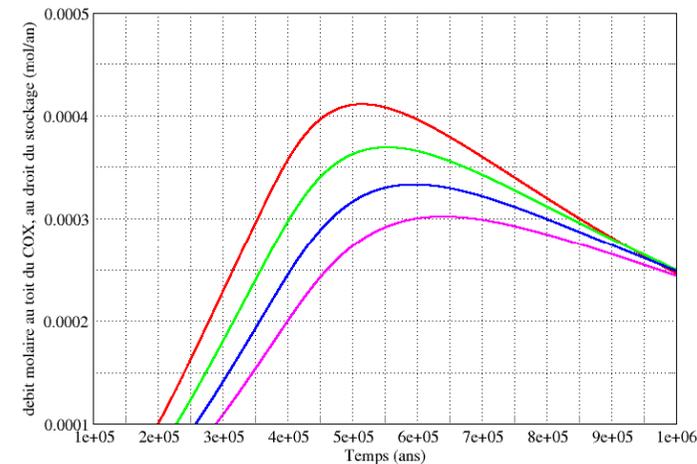


Des calculs génériques considérant que le stockage se situe systématiquement au centre de la couche montrent que l'efficacité du COX est sensible à l'épaisseur d'argile compte-tenu du caractère diffusif dominant mais dans des proportions qui restent limitées.

Une augmentation de la garde de 10m (soit une augmentation de l'épaisseur de 20m) permet des temps de transfert plus longs d'environ 100000 ans



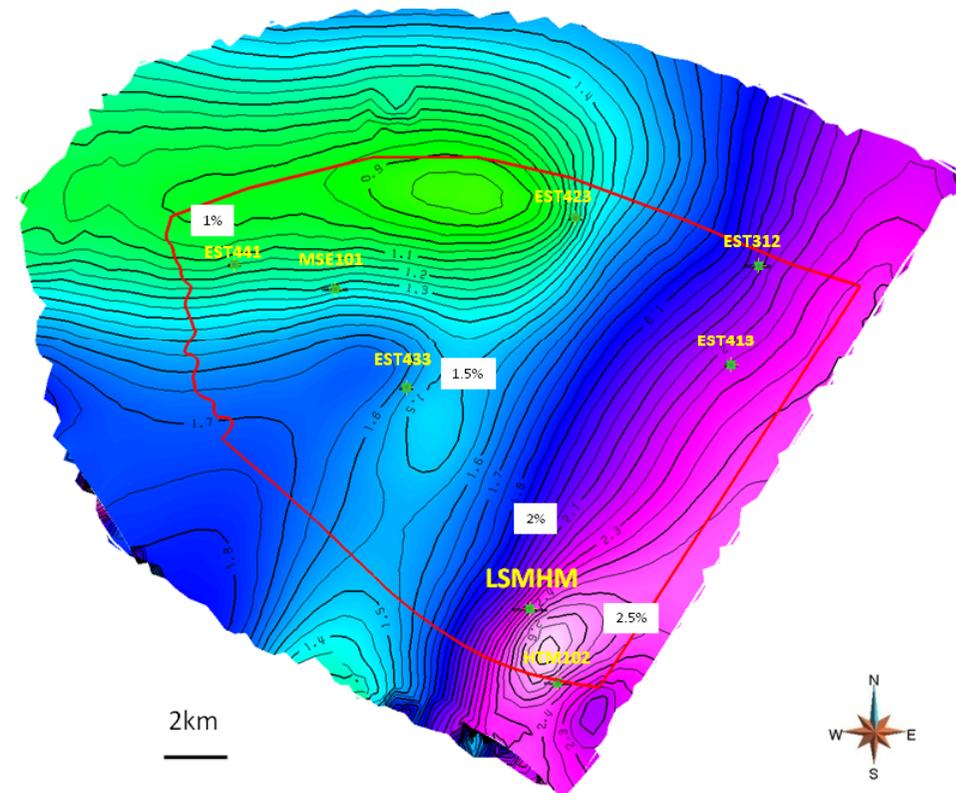
Evolution du débit molaire d'un élément non retardé au toit du COX en fonction de l'épaisseur de la couche d'argilites



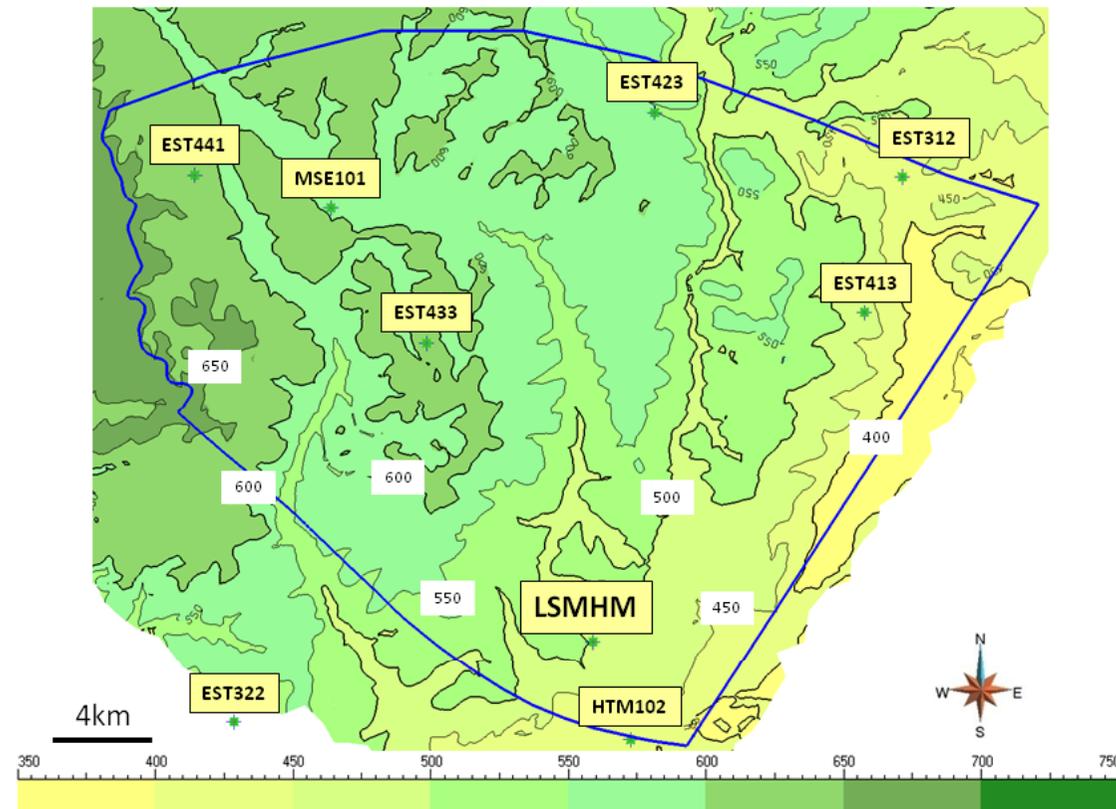
La valeur du pendage de la couche (globalement orienté NW) varie de 2.5% à l'extrémité SE de la zone à moins de 1% au NW. Elle est inférieure à 1.5% sur une large moitié ouest de la zone de transposition et supérieure à 2% sur une bande N-S d'environ 5 km de large parallèle à la limite est de la zone.

Compte-tenu de la taille envisageable (environ 4 km × 3 km) du stockage et de la longueur de certains ouvrages comme les galeries (plusieurs kilomètres) ou les alvéoles de déchets MAVL (plusieurs centaines de mètres), il peut apparaître pertinent de privilégier les secteurs de la zone de transposition qui montrent des valeurs de pendage plus faibles

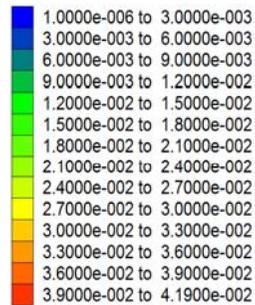
⇒ disposition constructives existent cependant pour prendre en compte l'ensemble des valeurs de pendages rencontrées



La **profondeur** du milieu géométrique de la couche varie de 400 mètres sur la bordure sud-est de la zone de transposition à 650 m dans l'angle occidental. Les profondeurs supérieures à 600 mètres occupent un peu moins de la moitié nord-ouest de la ZT, avec des contours très persillés dus à la trace bien marquée des différentes vallées



Déplacements  
totaux en m



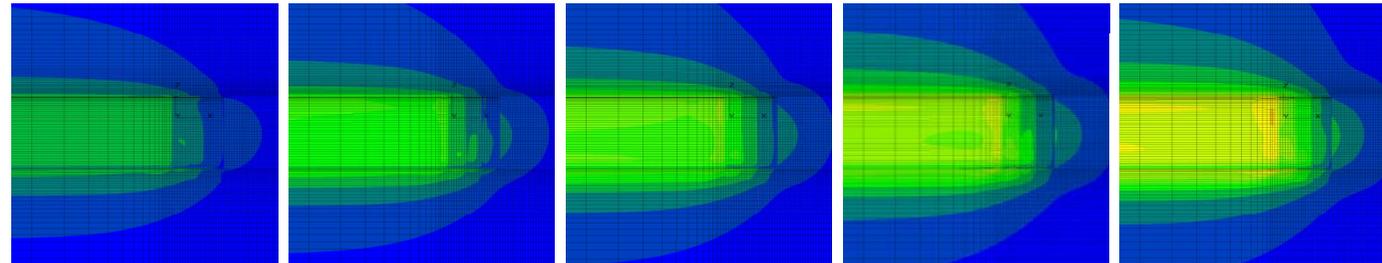
420 m

490 m

540 m

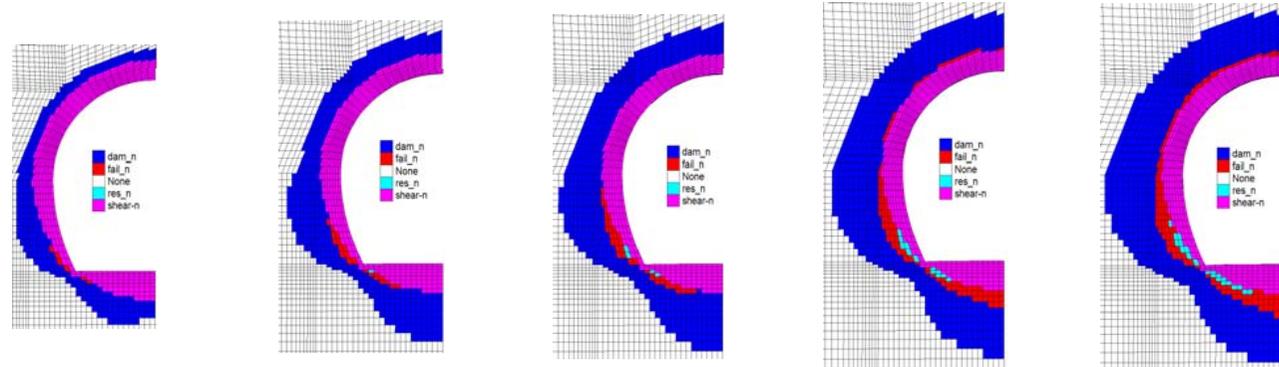
590 m

630 m



Déplacement total dans une coupe verticale axiale pour un avancement de 3 m dans la direction de  $\sigma_H$

Modélisations réalisées à partir d'un modèle reproduisant correctement la géométrie de l'EDZ observée sur le site du Laboratoire pour estimer l'influence de la profondeur sur l'endommagement du COX



Distribution déformation et distorsion plastiques totales après creusement total

- les mêmes processus sont mis en jeu pour les différentes profondeurs testées, ce qui correspond à l'hypothèse retenue pour délimiter la ZT en 2005 ;
- l'extension et l'importance de l'endommagement croissent avec la profondeur ;
- cet endommagement reste maîtrisable sur l'ensemble de la gamme de profondeur.

- La campagne de reconnaissance 2007-2008 et les analyses associées confirment non seulement les contours de la zone de transposition mais également les critères qui ont été utilisés pour la définir.
- La continuité et l'homogénéité latérale de la couche du Callovo-Oxfordien ainsi que la constance de ses propriétés intrinsèques ne permettent pas de dégager de critères réellement discriminants pour définir le périmètre de la ZIRA.
- La variabilité latérale ou verticale des paramètres de transport du COX est souvent limitée et ne peut, à ce stade, conduire à privilégier tel ou tel secteur de la ZT.

En matière de **sûreté après la fermeture du stockage**, on pourra retenir :

- que l'épaisseur de la couche reste un paramètre objectif et pertinent mais dont les variations (en particulier celles de la garde supérieure) ont une amplitude limitée ayant également des conséquences limitées sur la performance du Callovo-Oxfordien
- les zones susceptibles d'être le siège des gradients verticaux les plus élevés apparaissent, en situation fortement dégradée, moins favorables à l'implantation des installations souterraines.

On retiendra également qu'en matière **d'optimisation des conditions d'exploitation** et de sûreté d'exploitation :

- les zones au sein desquelles le pendage de la couche ne conduirait pas à compliquer excessivement la conception du stockage pourraient être privilégiées;
- l'ampleur de l'endommagement dû au creusement apparaît significativement plus importante dans les zones les plus profondes.