

**Le programme de reconnaissance
depuis la surface
Principaux résultats à octobre 2008**

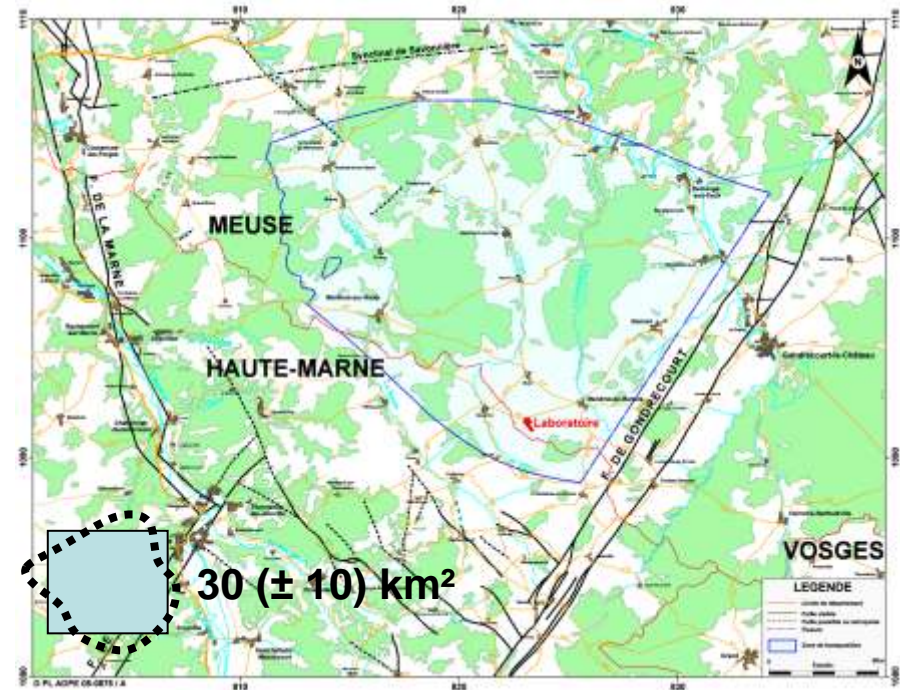
Le programme de reconnaissance depuis la surface

- **Rappel des Objectifs et moyens de la campagne 2007-2008 à l'échelle de la zone de transposition**
- **Réalisation de la campagne**
 - **Forages**
 - **Sismique 2D**
- **Premiers résultats**
- **Conclusions**

Objectifs de la campagne de reconnaissance 2007 - 2008 (250 km²) [1/3]

1 - Acquérir une connaissance homogène de la zone de transposition, en support au processus de choix d'une Zone d'Intérêt pour une Reconnaissance Approfondie (ZIRA):

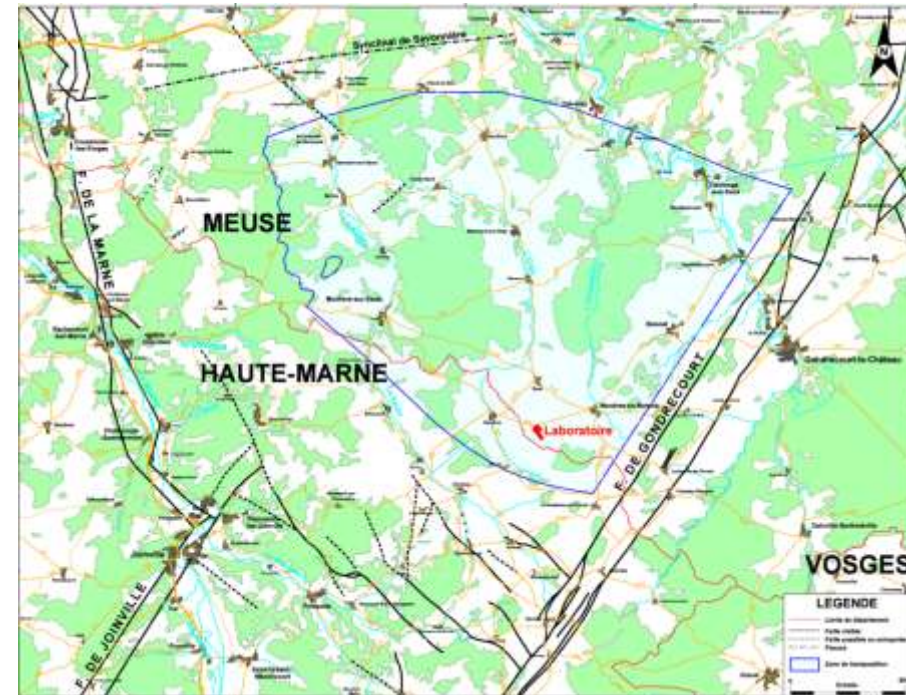
- variabilité géologique du Callovo-Oxfordien
- présence de failles mineures
- extrapolation du modèle de comportement mécanique des excavations souterraines à partir des observations en laboratoire souterrain
- paramètres hydrogéologiques et de transport du Callovo-Oxfordien



Objectifs de la campagne de reconnaissance 2007 - 2008 (250 km²) [2/3]

2 - Compléter la connaissance des écoulements dans les encaissants sus- et sous-jacents à la couche en support au programme de simulation:

- rôle de la fracturation majeure et diffuse sur le système hydrogéologique
 - représentation des formations encaissantes et évaluation des temps de transfert par écoulement convectif
- ⇒ Acquérir des données au-delà de la zone de transposition



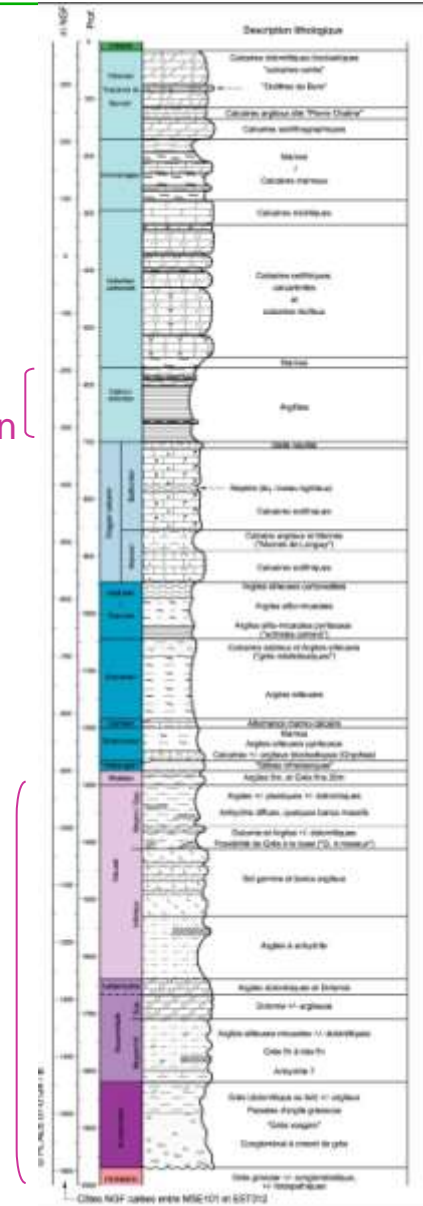
Objectifs de la campagne de reconnaissance 2007 - 2008 (250 km²) [3/3]

3 - Reconnaissance des formations profondes

- Rôle des formations profondes (Trias, Lias) dans les transferts globaux (Modèle conceptuel de transport de sel)
- Évaluation du potentiel géothermique du Trias (aujourd'hui uniquement évalué sur la base d'extrapolations et de données régionales)

Callovo-Oxfordien

TRIAS



Moyens mis en œuvre

⇒ en complément des données déjà existantes

1 – Campagne de forages

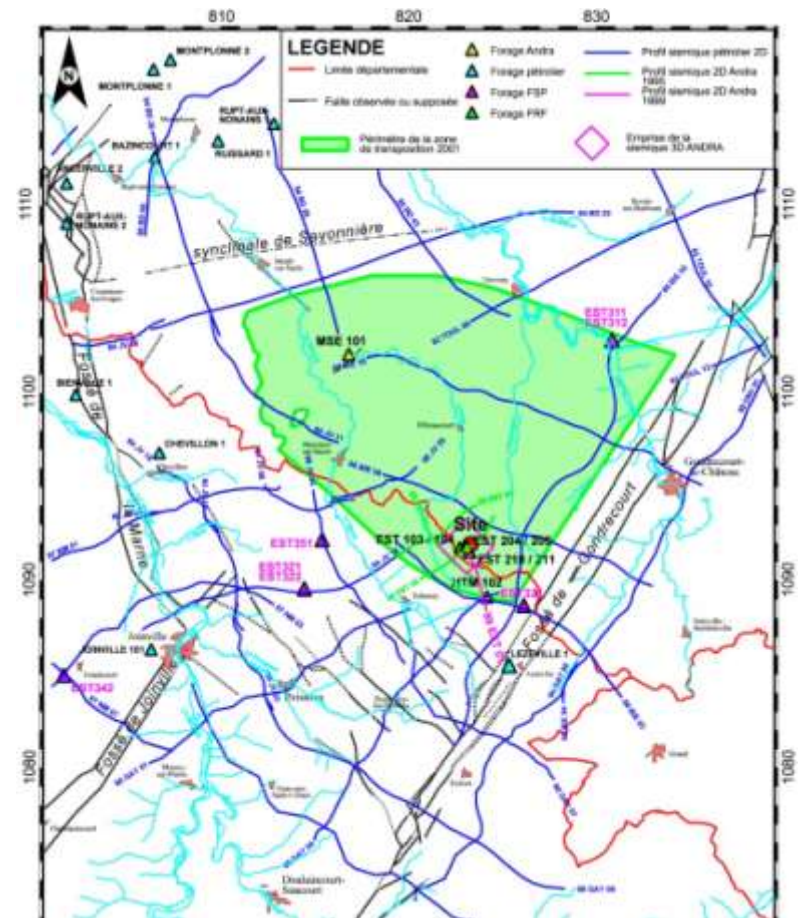
- Reconnaissance ponctuelle, selon une verticale
 - Echantillons solides et liquides
 - Mesures diagraphiques
 - Mesures in-situ

2 – Campagne de sismique 2D

- Reconnaissance de la fracturation (dans les limites de la résolution de la méthode)
- Extrapolation des mesures en forages

3 – Cartographie géologique de terrain

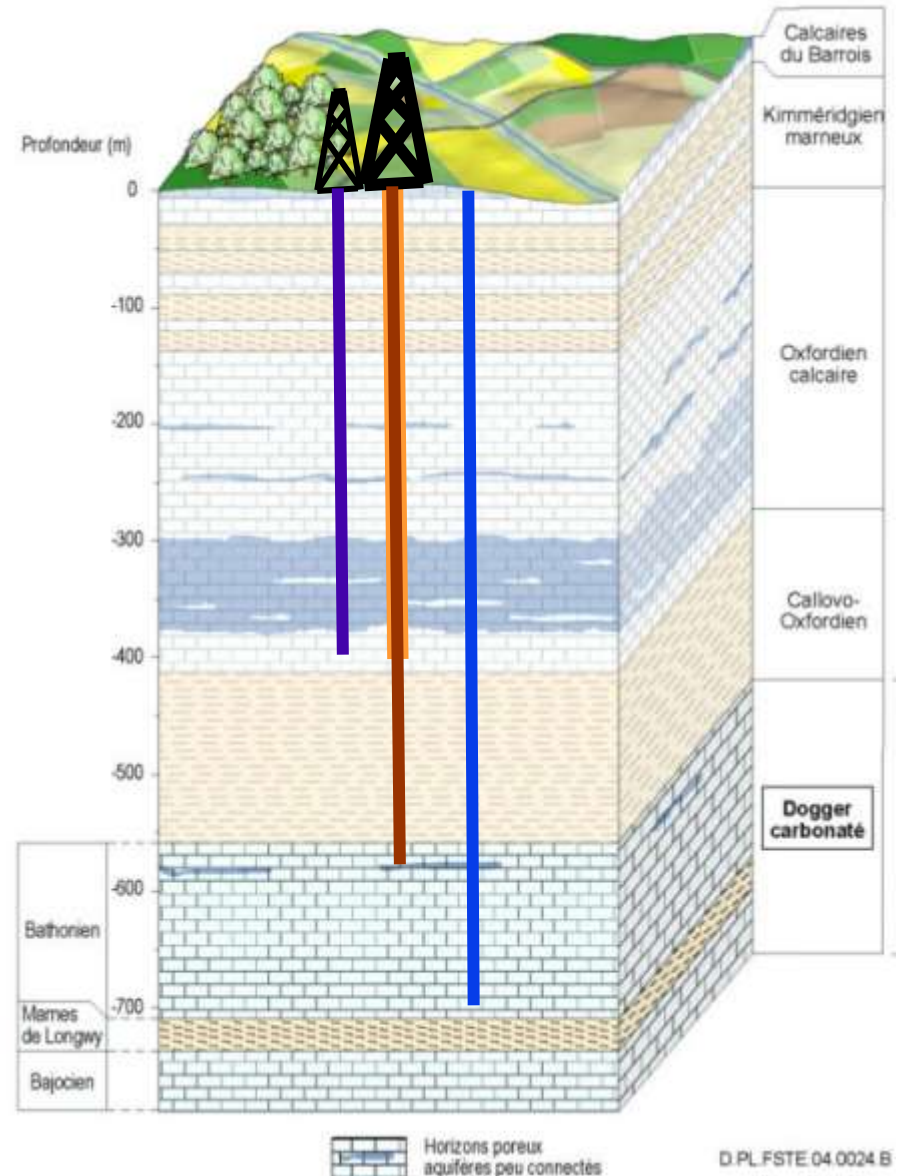
- Reconnaissance directe de la fracturation



Programme de forage

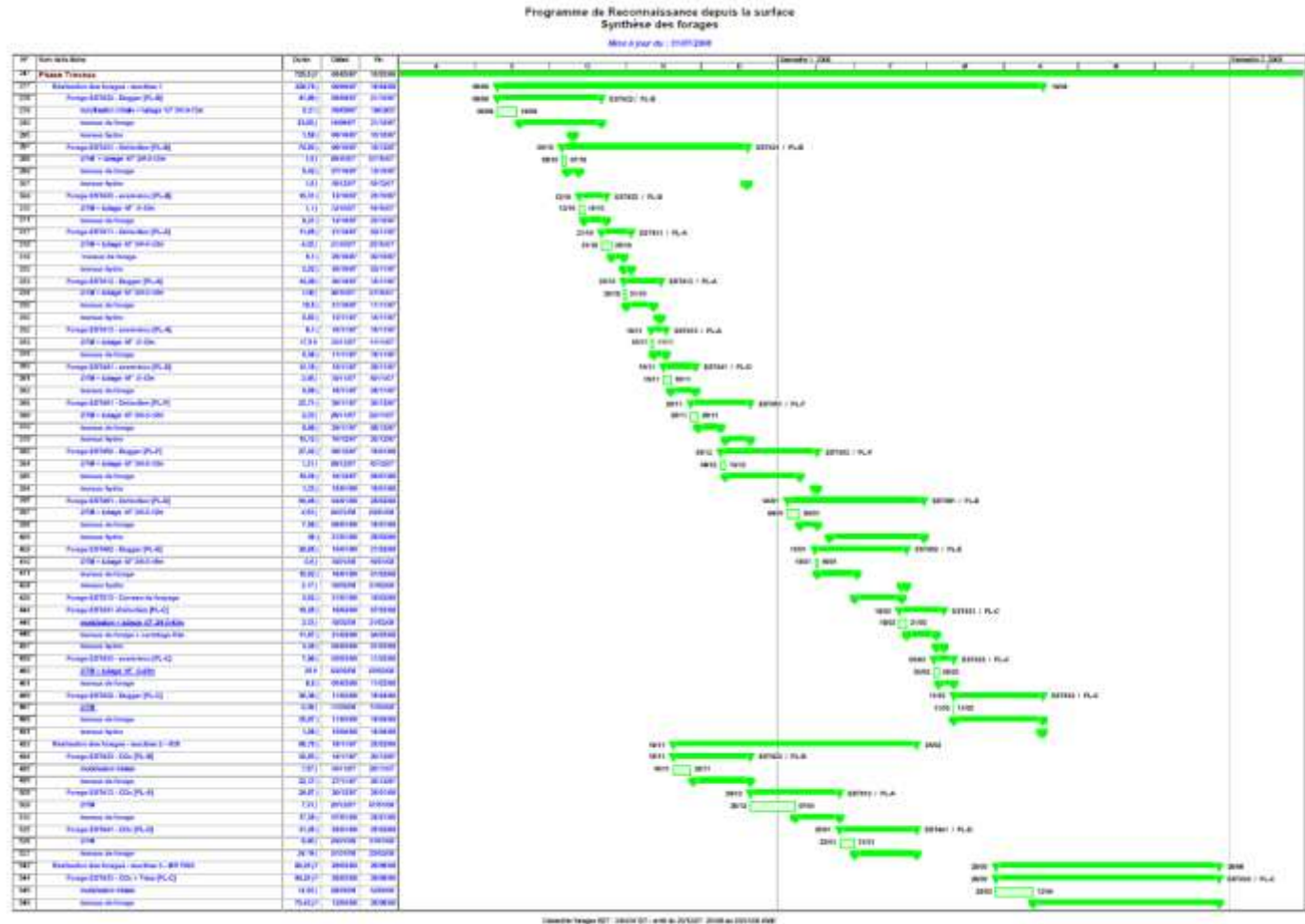
Programme : 6 plates-formes

- ⇒ Plusieurs forages sur une même plate-forme
- ⇒ Réalisations des forages à l'air aux encaissants (Oxfordien carbonaté et Dogger)
- ⇒ Réalisation à l'air de l'avant-trou du forage à Objectif Callovo-Oxfordien
- ⇒ Réalisation du forage à objectif Callovo-Oxfordien en boue à base d'huile



Planning de réalisation des forages

- ⇒ 14 forages sur 6 plates-formes
- ⇒ 3 machines différentes
- ⇒ 10 mois d'opération (de septembre 2007 à juin 2008)
- ⇒ 9 937 mètres forés



Echantillonnage

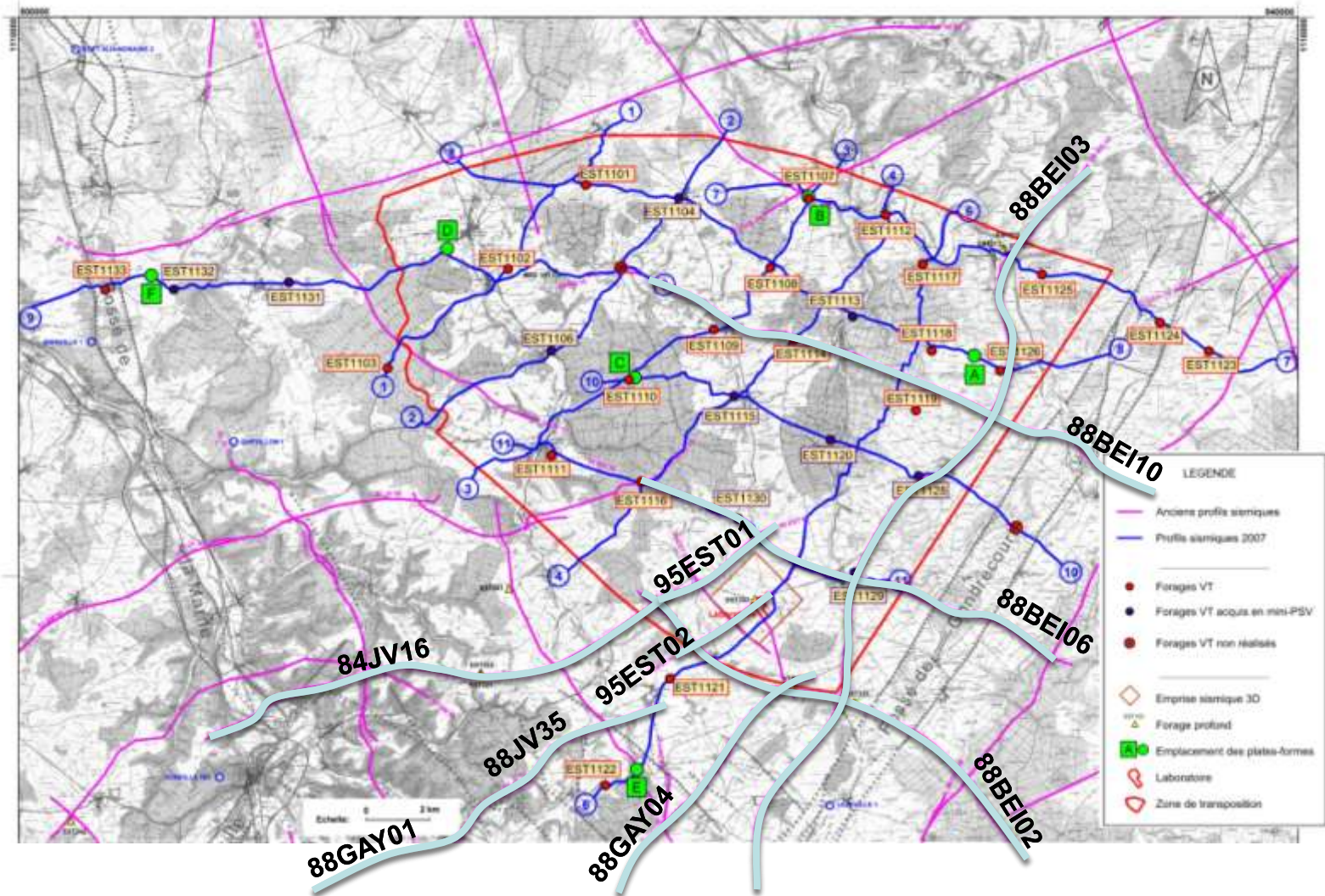
Echantillonnage d'eau et analyses

- 1721 échantillons (en fonction des conditionnements)
- 10 laboratoires impliqués (partenaires scientifiques ou contracteurs)

Carottage

- 778 m de Callovo-Oxfordien carottés
- 180 m d'autres formations (Kimméridgien, Dogger)
- 180 m de formations profondes (Lias et Trias)
- Plus de 1200 échantillons avec différents conditionnements:
 - Cellules T1 (géomecanique),
 - Cellules T2 (géochimie),
 - sac aluminium sous azote
 -





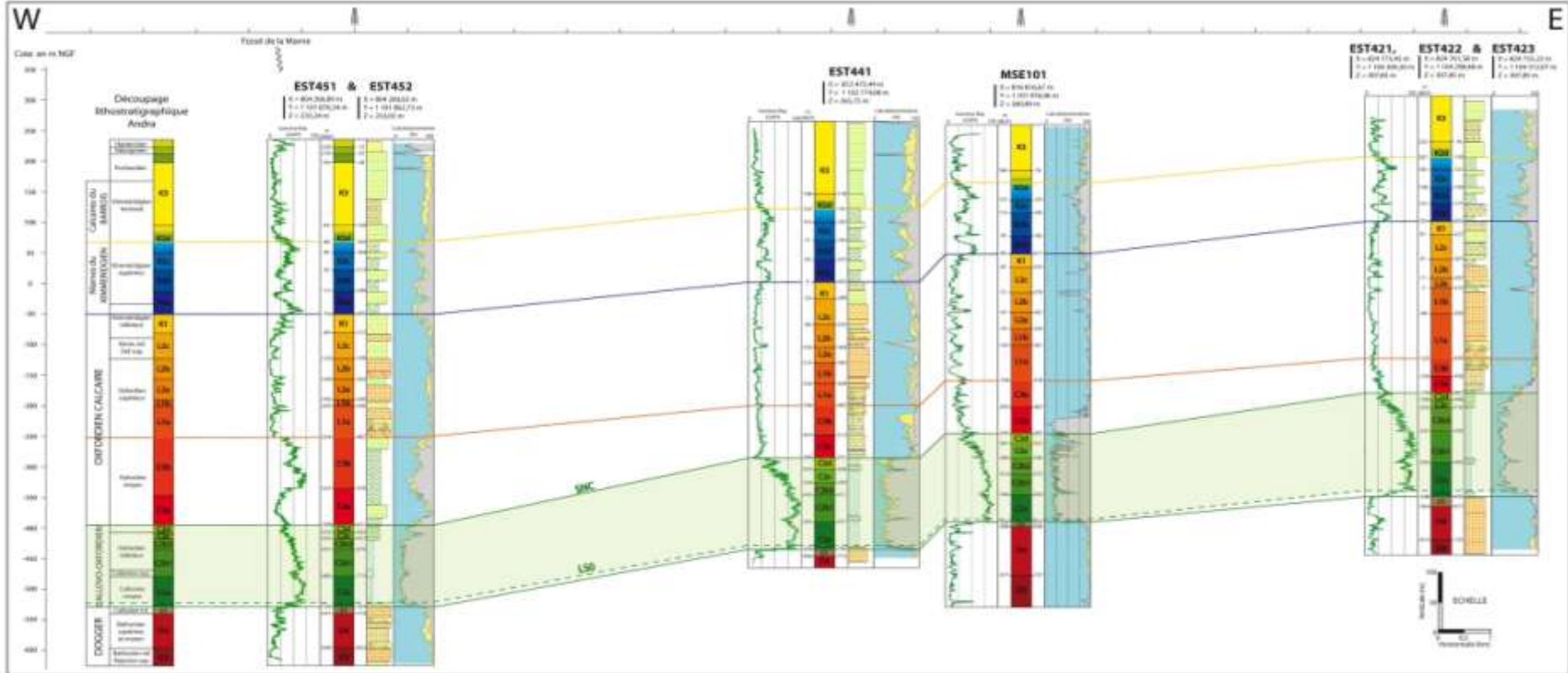
- Retraitement de 140 km de sismique 2D ancienne pour compléter le maillage dans la zone de transposition et au Sud-Ouest du site

Sismique 2D

- ⇒ 165 km acquis de début octobre à mi-novembre 2007
- ⇒ 31 forages courts (50 mètres) pour corriger les vitesses de surface
- ⇒ Traitement et retraitement des données au printemps 2008 . Total : 305 km
- ⇒ Interprétation de mai à septembre 2008



Contexte géologique



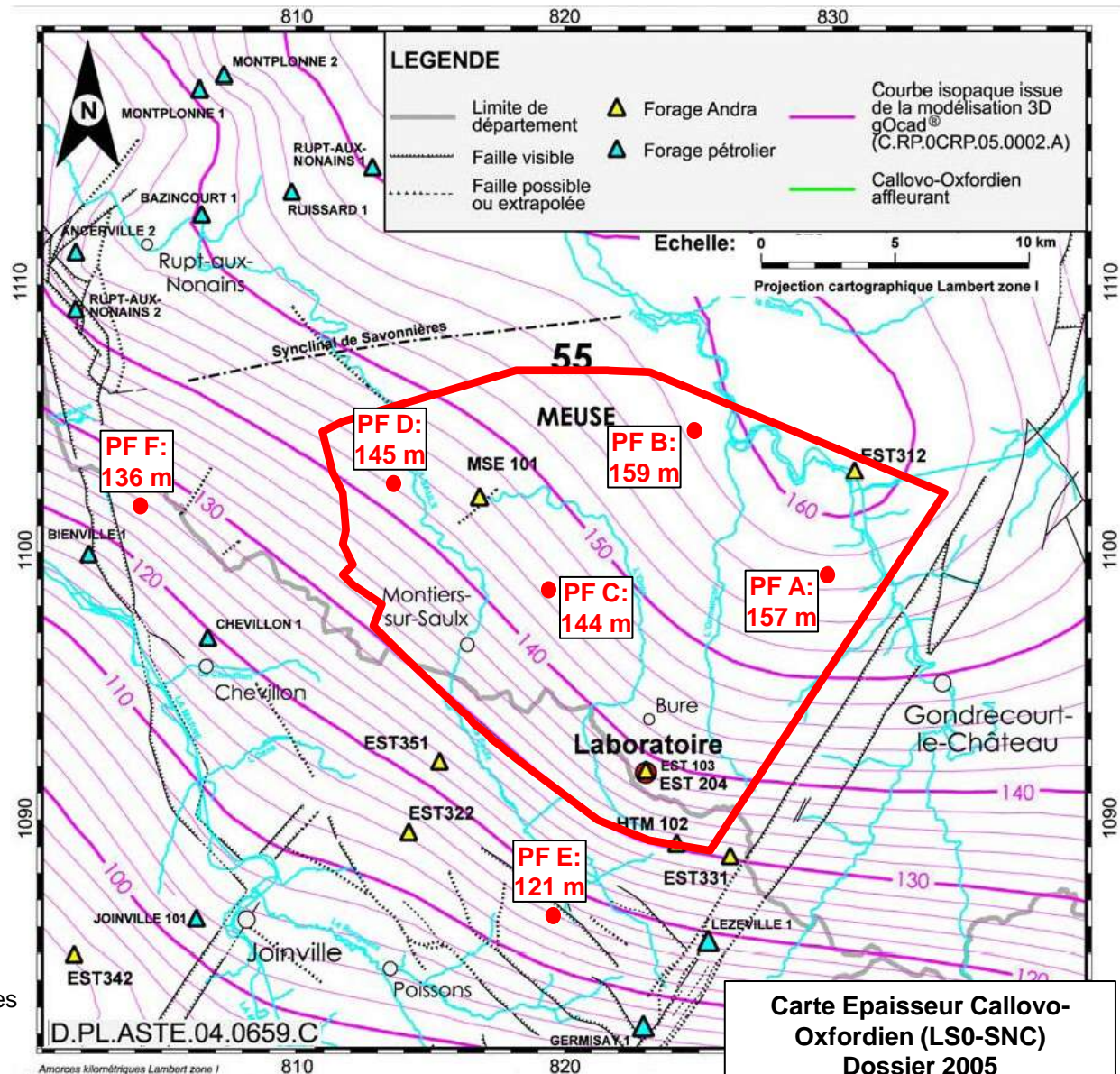
- ⇒ Données acquises sur une même plate-forme (dans 2 ou 3 forages) ont été assemblées afin de n'obtenir qu'une seule coupe géologique par emplacement
- ⇒ Les données acquises (diagraphies, carottes) permettent des corrélations détaillées entre les différentes plates-formes

Epaisseur du Callovo-Oxfordien

- Données déduites des diagraphies s'intègrent parfaitement aux connaissances déjà disponibles et affinent le cadre défini pour le Dossier 2005
- Doivent être confirmées par des données complémentaires:
 - minéralogie,
 - paléontologie,

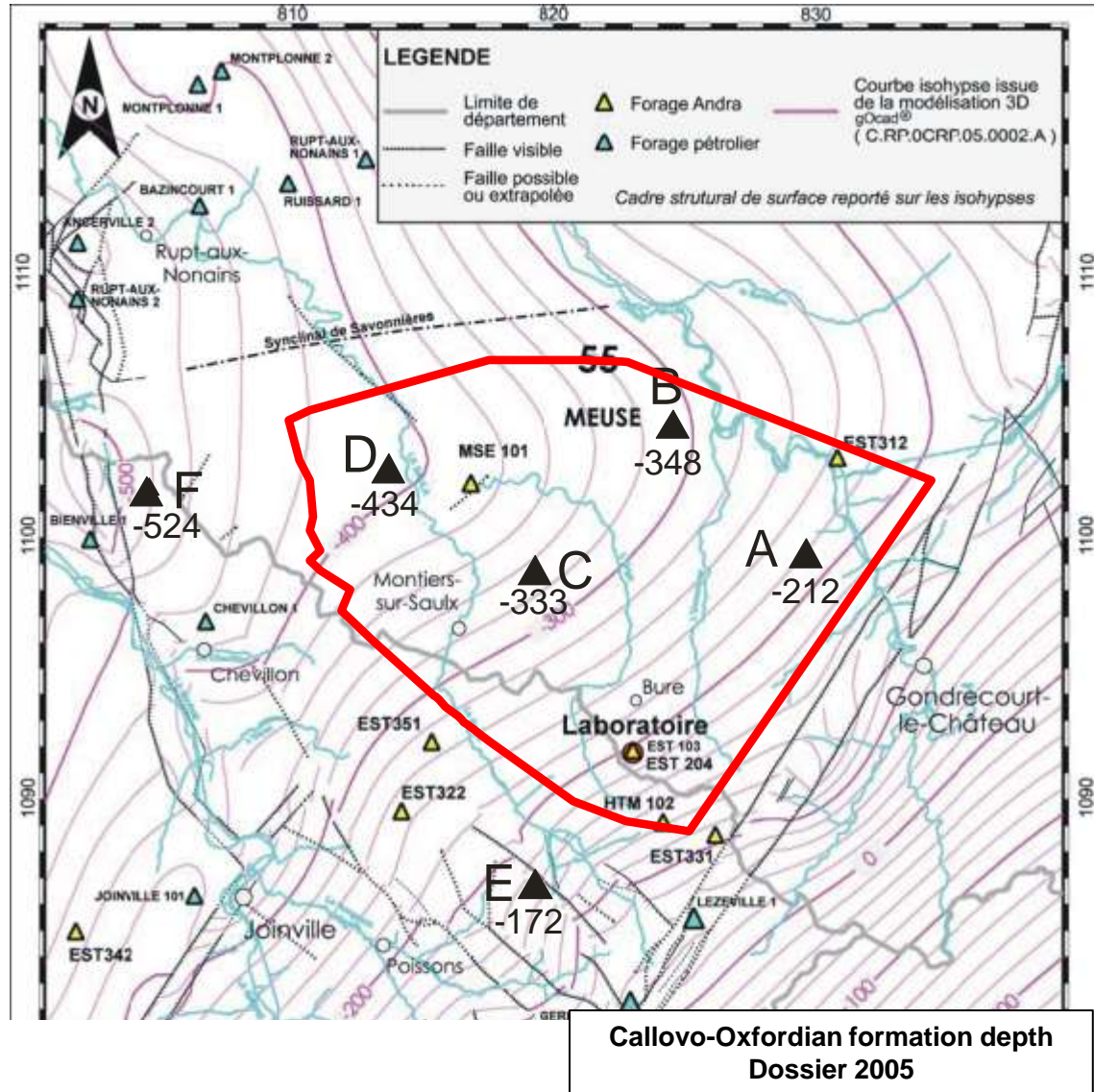
PF B:
159 m

Forage 2007-2008 et profondeur déduite des diagraphies

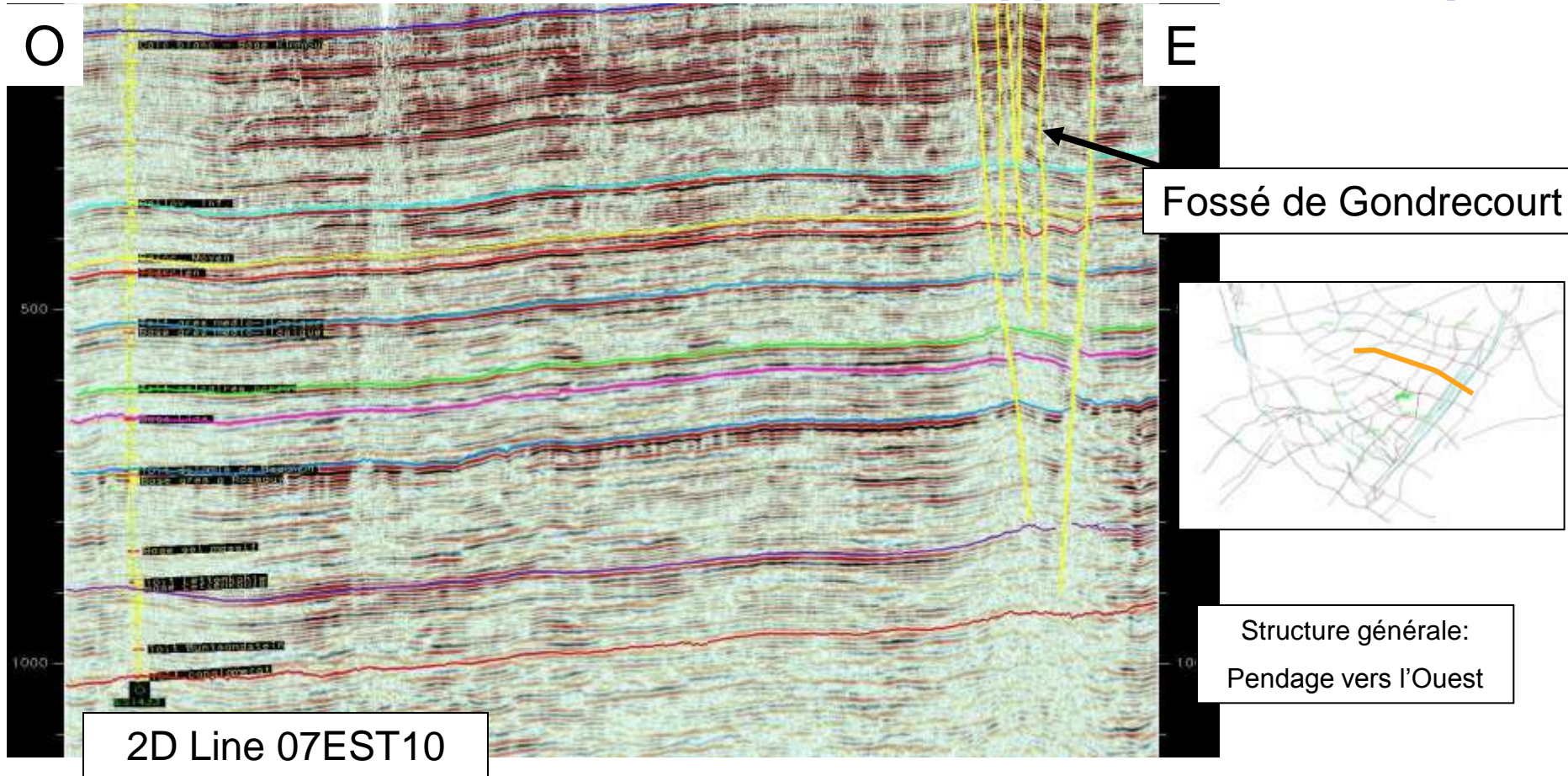


Profondeur du Callovo-Oxfordien

- ⇒ Les nouvelles données confirment la structure générale de la zone (pendage vers l'Ouest)
- ⇒ Des valeurs légèrement plus profondes ont été trouvées aux plates-formes B et F

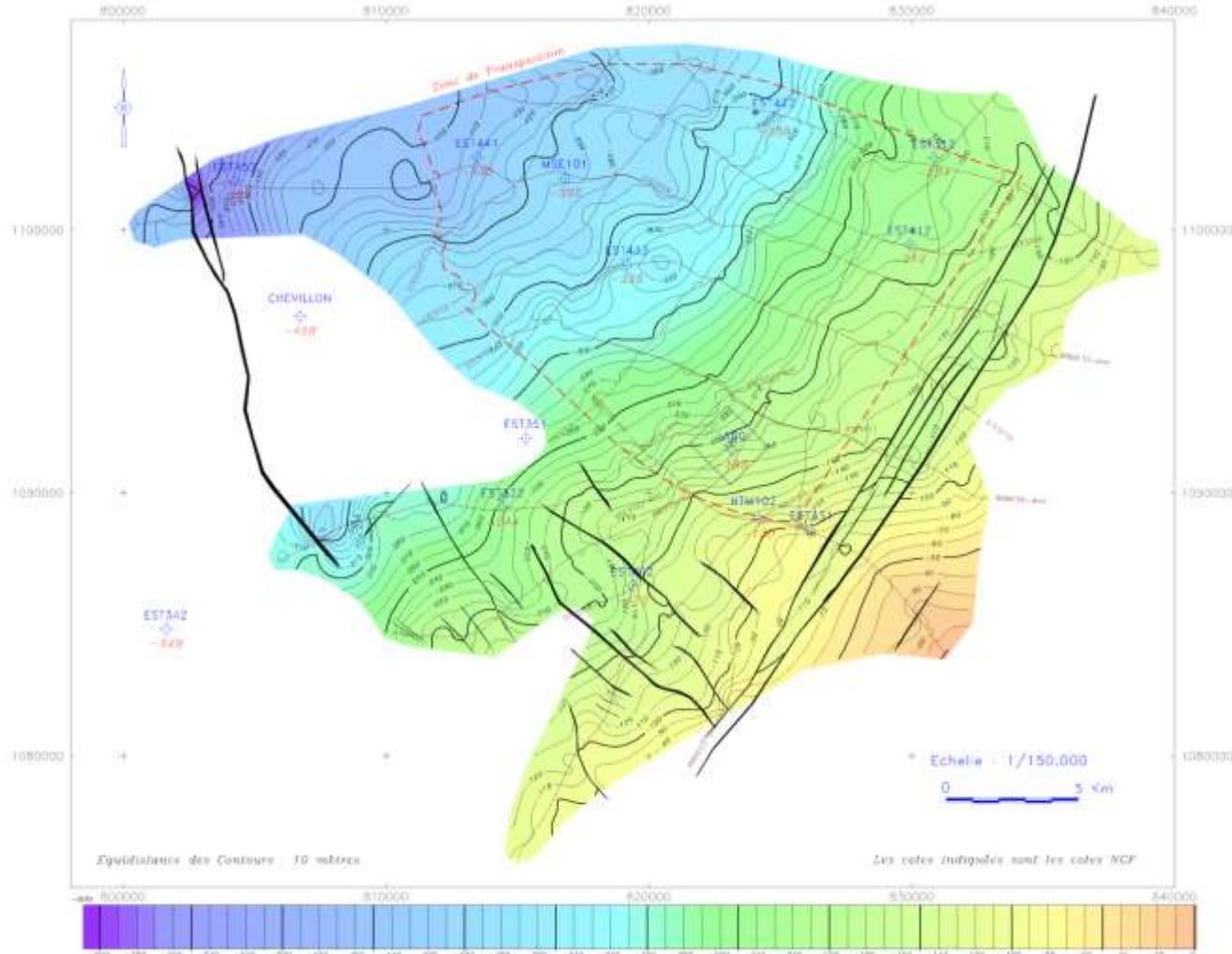


Profondeur du Callovo-Oxfordien - Apport de la sismique



- ⇒ 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)

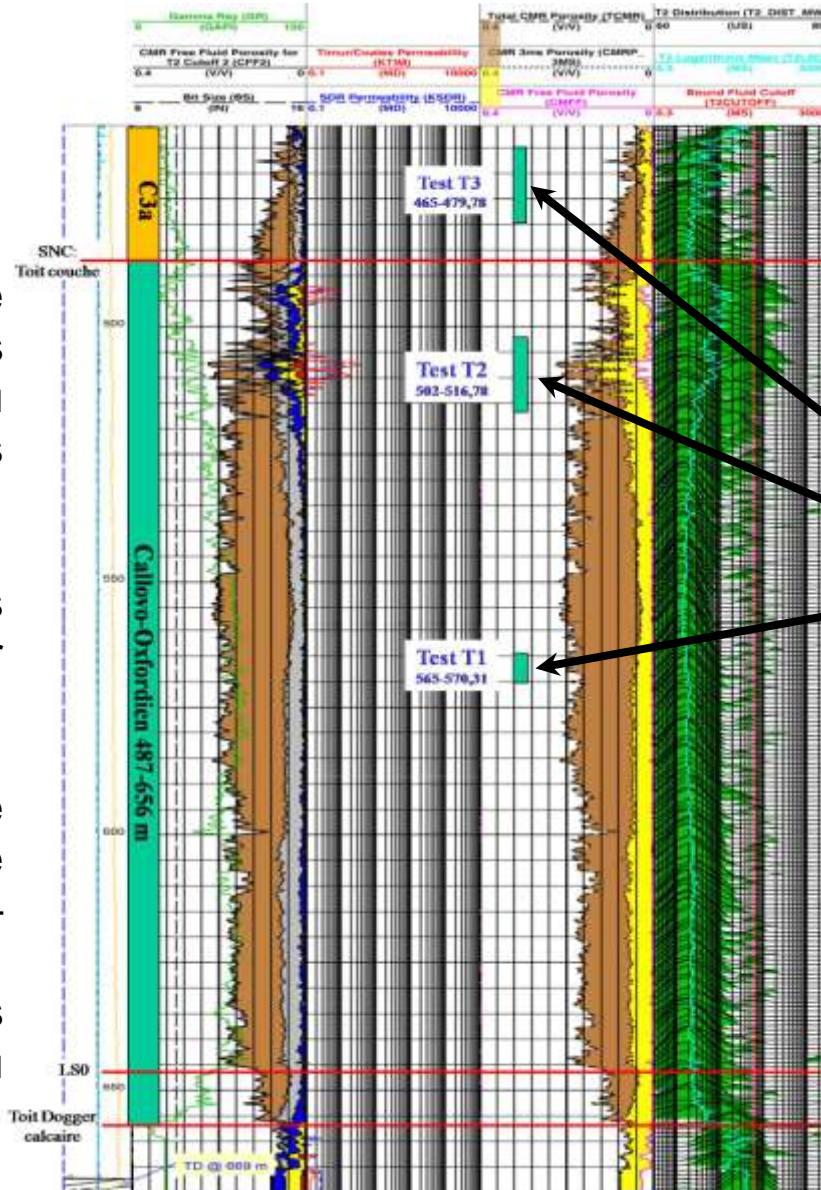
Profondeur du Callovo-Oxfordien – Détection des failles



⇒ Les données de sismique 2D, calibrées par les forages, permettent la cartographie précise en profondeur du Callovo-Oxfordien

Perméabilité du Calovo-Oxfordien

- ⇒ Des tests hydrauliques entre obturateurs ont été réalisés à différents niveaux du Calovo-Oxfordien sur les plates-formes B et C
- ⇒ Ces tests ont été complétés par des mesures sur échantillons
- ⇒ L'ensemble des résultats se situent dans la gamme de perméabilité $5 \cdot 10^{-14}$ – quelques 10^{-13} m/s, cohérente avec les valeurs mesurées sur le site du laboratoire souterrain



Test	Perméabilité (m/s)
T3	5 à $8 \cdot 10^{-14}$
T2	$\sim 1 \cdot 10^{-13}$
T1	quelques 10^{-13}

Mesures de contraintes dans le Callovo-Oxfordien Analyses géomécaniques

⇒ Les mesures de contraintes réalisées dans les forages EST413 et EST441 (partie la plus profonde de la ZT) montre l'uniformité du champ de contraintes sur l'ensemble de la zone

⇒ Les analyses géomécaniques sont en cours sur les échantillons du Callovo-Oxfordien. Les rapports préliminaires montrent des résultats très similaires à ceux mesurés sur le site du laboratoire souterrain.



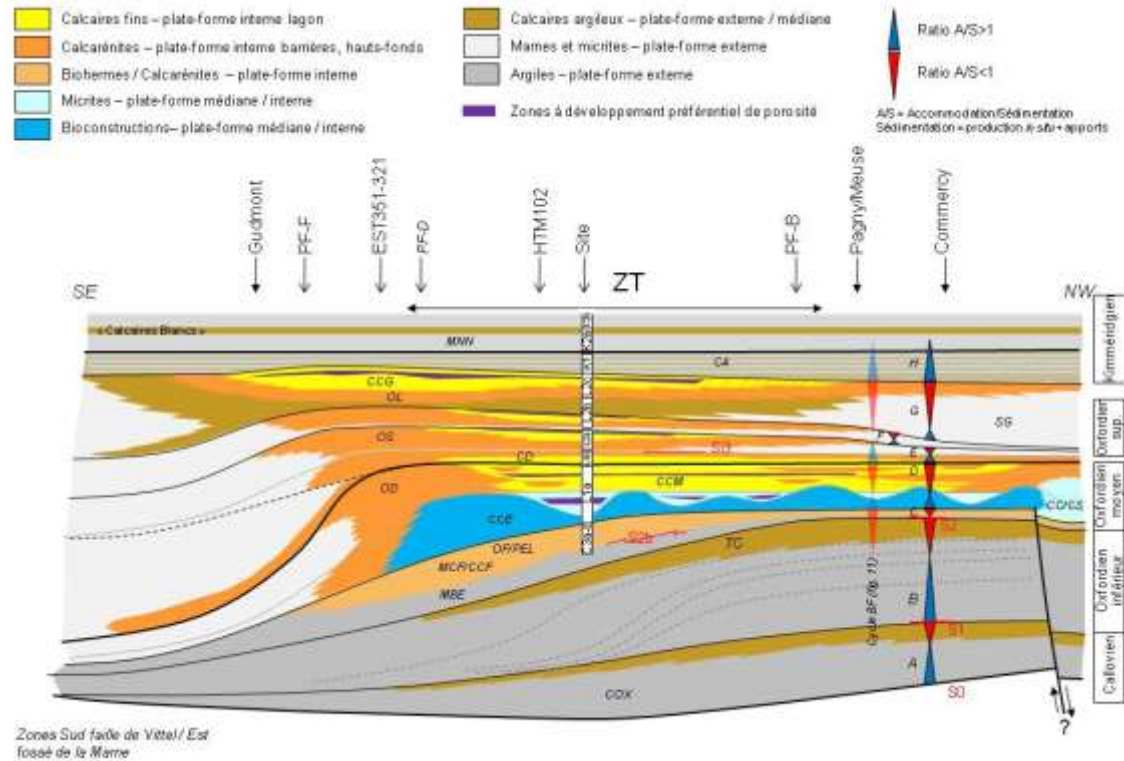
Direction de la contrainte horizontale maximum

Geologie des formations encaissantes (Oxfordien carbonaté – Dogger)

⇒ L'intégration des données recueillies dans les différents forages et sur la sismique permet de construire un modèle détaillé de la géologie des formations encaissantes.

⇒ La connaissance de la variation fine verticale et horizontale de la géologie permettra une représentation plus détaillée des formations dans les modélisations hydrogéologiques.

⇒ La cartographie de terrain dans les zones limitrophes à la zone de transposition a permis de préciser le tracé des accidents régionaux.



Hydrogéologie Encaissants : compléments de la connaissance des champs de charges

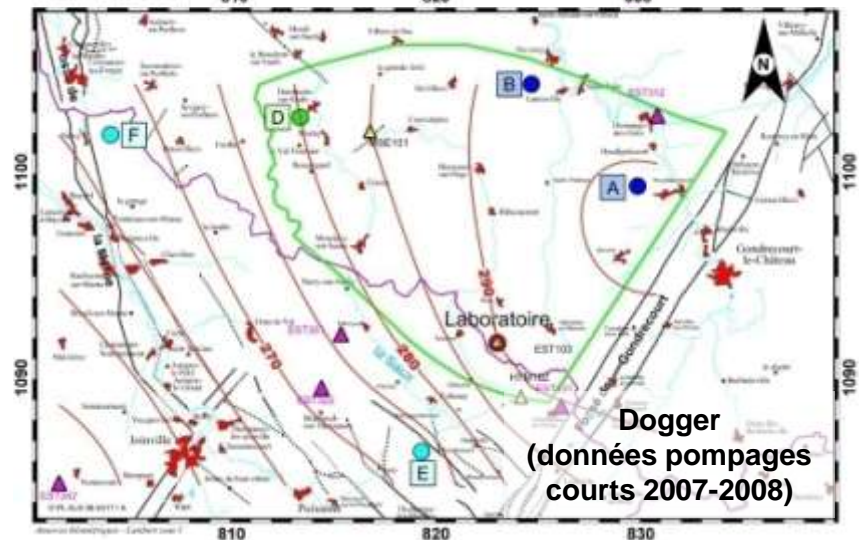
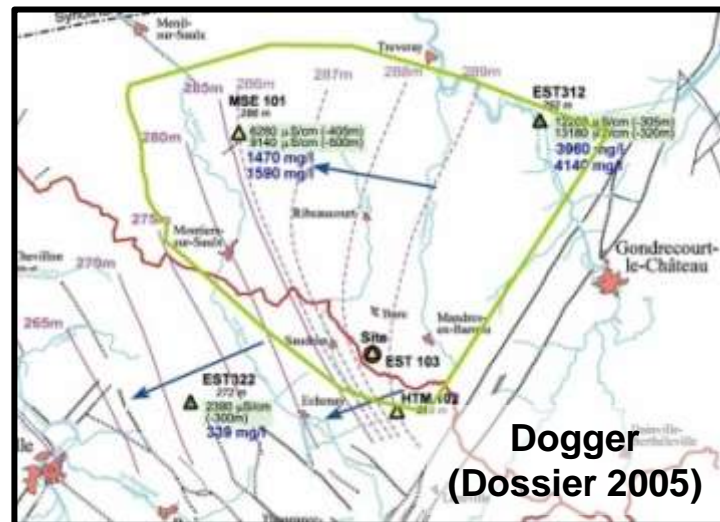
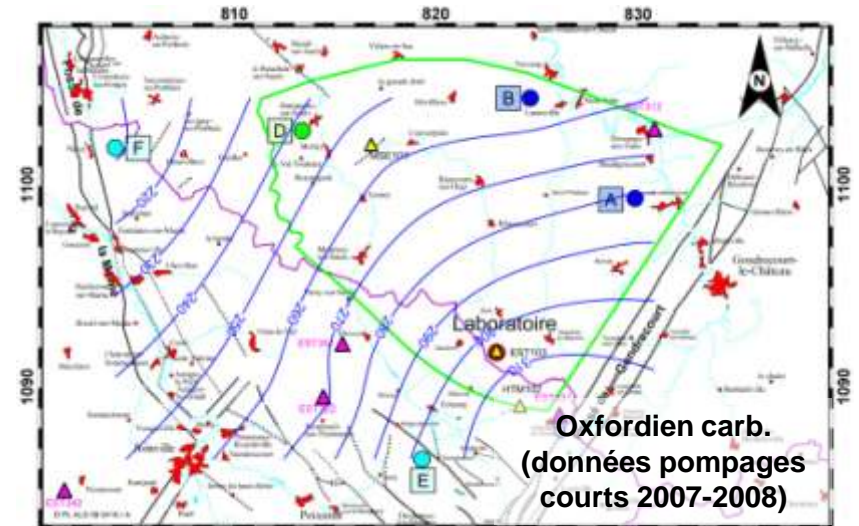
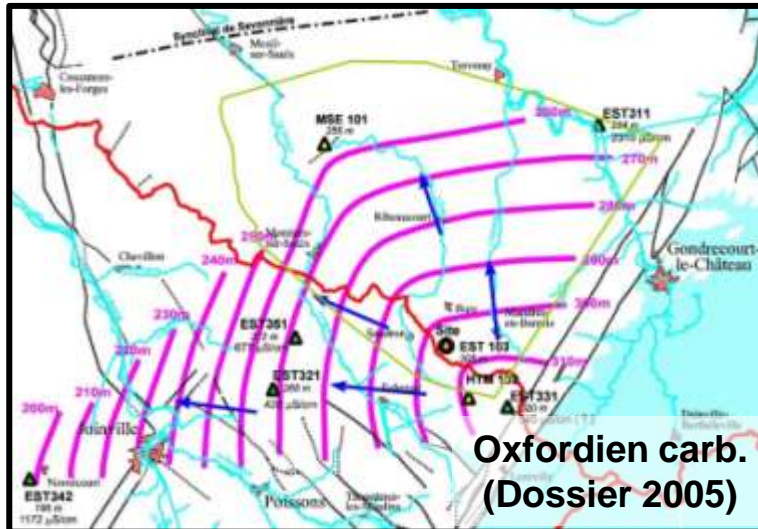


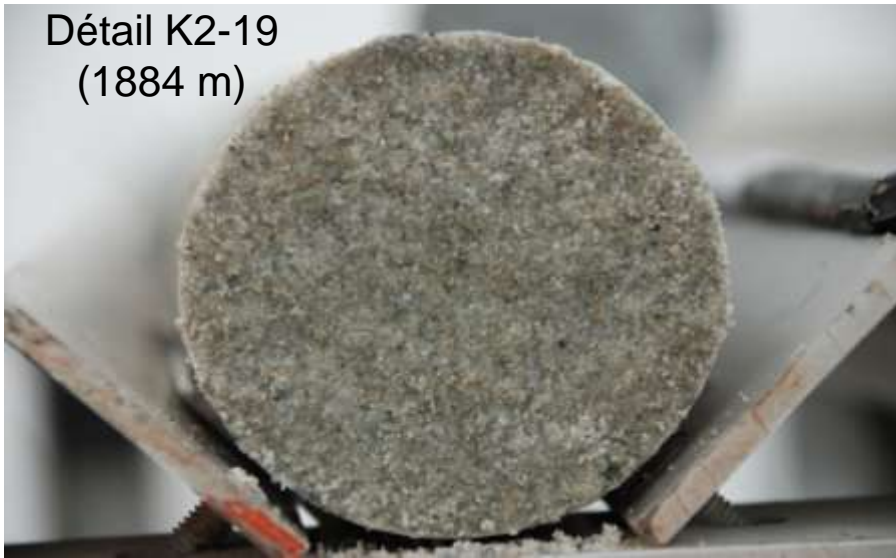
Plate-forme C (Montiers) – EST433

Carotte K2-19: Buntsandstein
« Grés à Voltzia » (1884 m)

2 juin 08

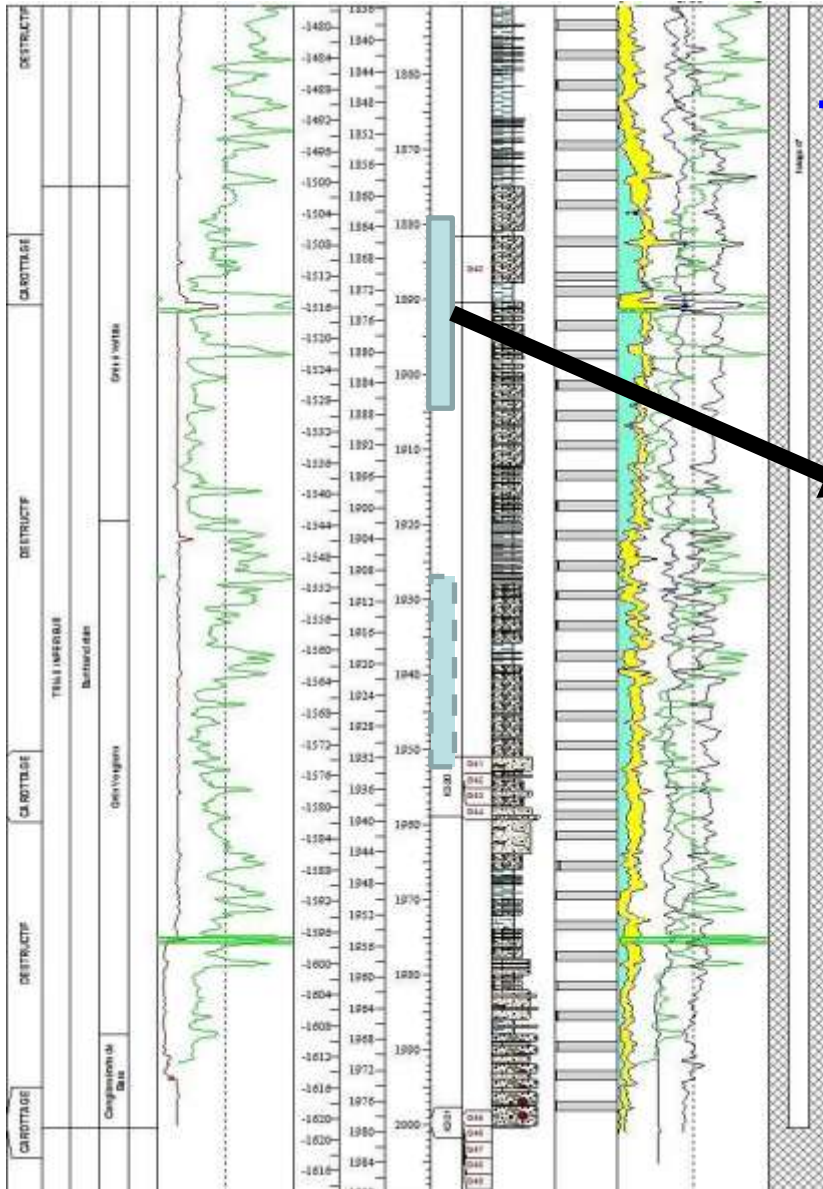


Détail K2-19
(1884 m)



Carotte
K2-21 (1999 m)
« Conglomérat »

Plate-forme C (Montiers) – Test hydraulique aux grès du Trias



TEST n°2 (grès «à Voltzia»): 1879–1904 m
K ~quelques 10^{-5} m/s
Pompage 3 à 5 m³/h sous 30 m de rabattement
Quantité totale pompée 34 m³
Salinité d'environ 120 g/l
Température : 66°C dans la chambre de test

⇒ Investigations à compléter début 2009 par la mesure de l'injectivité qui permettra également de vérifier la gamme de valeur obtenue sur toute la hauteur du Trias

Principales opérations en Ile-de-France en service en 2004

Opérations	Dépt.	Date de mise en service	Température tête de puits en °C	Débit en m3/h	Equivalent logements	MWh géo	Taux de couverture géo %
Alfortville	94	1986	73	275	4 415	43 155	78
Blanc Mesnil Nord	93	1983	66	175	2 754	25 471	74
Bonneuil sur Marne	94	1986	79,3	280	3 078	25 519	66
Cachan	94	1984	70	360	4 605	49 028	85
Champigny	94	1985	78	280	6 644	58 552	71
Chelles	77	1987	69	280	3 601	16 917	38
Chevilly La Rue - L'Hay les Roses	94	1985	72,6	560	9783	72 580	58
Clichy sous Bois	93	1982	71	180	3 794	15 572	33
Coulommiers	77	1981	85	230	2 106	24 752	94
Créteil	94	1985	78,9	300	12 303	56 466	37
Epinay s/Sénart	91	1984	72	250	5 105	49 874	78
Fresnes	94	1986	73	250	5 351	32 335	48
La Courneuve Nord	93	1983	58	200	2 393	21 666	73
La Courneuve Sud	93	1982	56	180	2 822	12 472	35
Le Mée s/Seine	77	1978	72	134	4 856	21 155	35
Maisons Alfort 1	94	1985	73	300	4 505	36 673	65
Maisons Alfort 2	94	1986	74	260	4 329	20 755	39
Meaux Beauval et Collinet	77	1983	75	400	13 529	58 384	35
Meaux Hôpital	77	1983	76	130	3 761	20 674	44
Melun l'Almont	77	1971	72	260	5 238	44 593	68
Montgeron	91	1982	72,5	220	1 749	16 881	77
Orly 1 et 2	94	1984	75	355	6 651	62 046	75
Ris-Orangis	91	1983	72	190	225	16 239	58
Sucy-en-Brie	94	1984	78	200	2 152	25 167	94
Thiais	94	1986	76	250	4 352	43 539	87
Tremblay-en-France	93	1984	73	275	4 212	45 562	87
Vigneux	91	1985	73,2	240	3 430	33 579	66
Villeneuve-Saint-Georges	94	1987	76	350	4 303	34 411	65
Villiers-le-Bel	95	1985	67	230	2 959	21 699	60

Source : ADEME - Valor

Conclusions (1/2)

- Phase d'interprétation et d'intégration en cours mais certains résultats sont déjà disponibles

 - Pour les objectifs en support à la définition d'une zone restreinte
 - La géométrie et la variabilité du Callovo-Oxfordien est correctement caractérisée
 - Aucune faille au niveau du Callovo-Oxfordien n'a été mise en évidence (à l'échelle de la sismique) sur la zone de transposition
 - Les mesures géomécaniques apparaissent de bonne qualité
 - Les perméabilités mesurées sur les nouveaux forages sont dans la gamme de perméabilités disponibles sur le site du laboratoire souterrain
- ⇒ Aucune modification majeure n'est attendue pour la définition de la zone de transposition

Conclusions (2/2)

- Pour les connaissances complémentaires des écoulements dans les encaissants
 - Les données acquises permettent d'améliorer la représentation des formations encaissantes dans les modèles d'écoulement
 - Les interprétations sont en cours et doivent intégrer les analyses sur fluides

- Pour la reconnaissance des formations profondes
 - La compréhension des transferts verticaux sur l'ensemble de la série ne pourra être réalisée qu'à la suite des analyses sur carottes
 - Le forage profond a permis de tester les formations du Trias inférieur. Les résultats obtenus doivent être contrôlés par des investigations complémentaires début 2009. Néanmoins, ces séries ne paraissent pas montrer de caractère exceptionnel au regard d'exploitations géothermiques actuelles dans la même gamme de température.