

Recherches IRSN sur le stockage géologique Station Expérimentale de Tournemire

Corinne BAUER
DEI/SARG/LR2S*

Visite technique CFMR

Tournemire, le 9 juin 2011



Système de management
de la qualité IRSN certifié

* Andra/DP depuis le 1^{er} juin 2011

1. Eléments de contexte

2. Les recherches sur le stockage géologique à l'IRSN

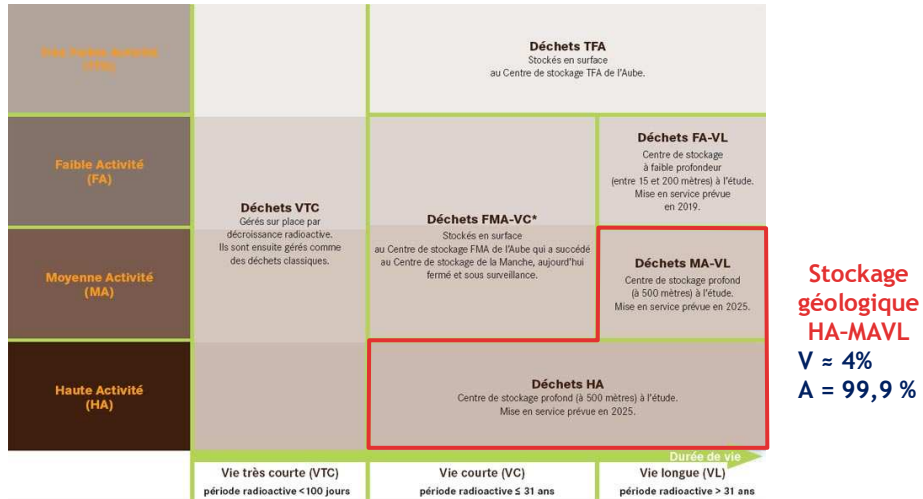
- Positionnement et objectifs des recherches
- Structure et contenu du programme
- Moyens et organisation

3. La Station Expérimentale de Tournemire

- Le site et l'installation

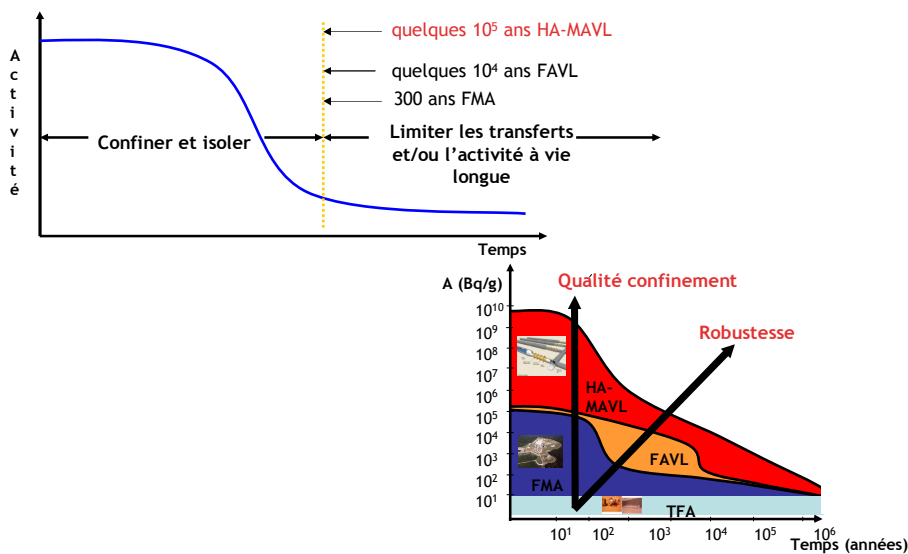
4. Un aperçu des recherches menées

Classification des déchets radioactifs français en fonction de leur mode de gestion (1/2)



(Source : site internet Andra)

Classification des déchets radioactifs français en fonction de leur mode de gestion (2/2)



Les fonctions de sûreté du stockage géologique

■ Limiter le transfert des substances radioactives stockées par voie aqueuse, jusque dans la biosphère

- **S'opposer à la circulation d'eau**
 - architecture 'borgne', bouchons et scellements à base d'argile gonflante...
- **Limiter le relâchement des radionucléides et les immobiliser dans le stockage**
 - conditions géochimiques favorables de la roche hôte, conteneurs de déchets...
- **Retarder et atténuer la migration des radionucléides**
 - très faible perméabilité de la roche hôte (transfert par diffusion dominant)...

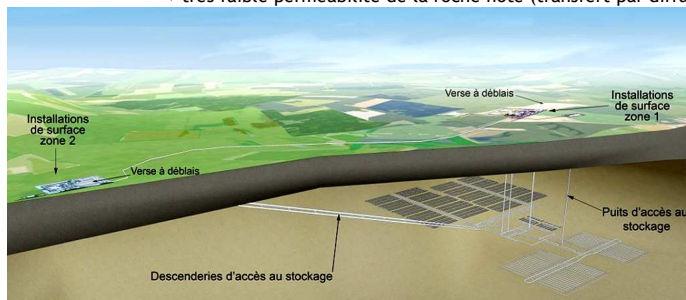
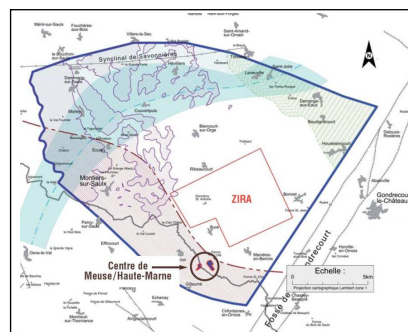
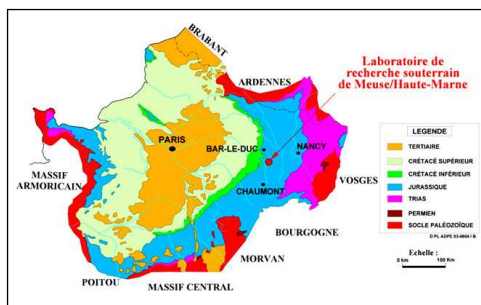


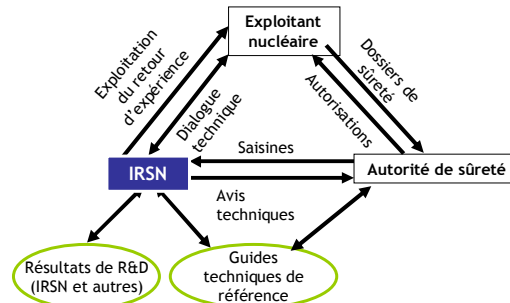
Schéma de principe du projet de centre industriel de stockage géologique (site internet Andra)

Le projet de stockage géologique en France

- **Exploitant** : Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs)
- **Roche hôte** : roche argileuse appelée « argilite »
- **Site** : en Meuse/Haute-Marne (laboratoire souterrain, définition d'une zone de transposition, puis en 2009, d'une zone d'intérêt pour une reconnaissance approfondie ZIRA)



Pourquoi des recherches sur le stockage géologique à l'IRSN ?



- Disposer des connaissances et compétences nécessaires à l'expertise des dossiers de l'Andra
- Stimuler la réflexion scientifique et le cas échéant, contribuer à orienter les recherches de l'Andra
- Contribuer à la crédibilité du processus de décision : indépendance et ouverture à la société

Les spécificités des recherches IRSN

■ Au service de l'expertise en sûreté

- Cibler les aspects constituant des enjeux de sûreté et les questions soulevées par les expertises
- Produire les outils de simulation utiles à l'expertise
- Calendrier et contenu du programme fixés par les rendez-vous de l'expertise

■ Vocation méthodologique

- Se prononcer sur la fiabilité des approches, les qualités des données

■ Dimension expérimentale

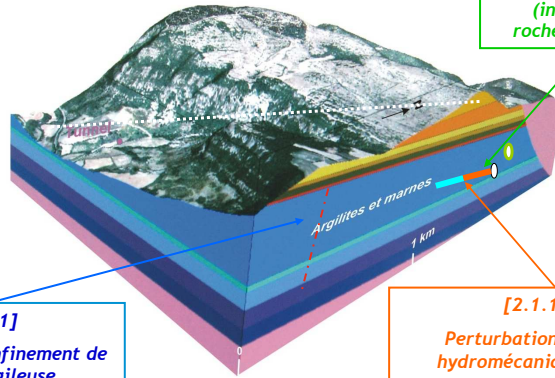
- Appréhender les contraintes et les difficultés associées :
 - à la caractérisation des milieux
 - à la réalisation d'ouvrages souterrains
- Mettre en évidence les mécanismes clés

Structure du programme de recherche

3 actions de recherche

[2.1.1.8]
Exploitation et maintenance de la SET

[2.1.1.1]
Propriétés de confinement de la roche argileuse
(y.c. rôle des discontinuités sur les transferts)



[2.1.1.3]
Perturbations physico-chimiques
(interactions roche/matériaux)

[2.1.1.2]
Perturbations thermo-hydrémécaniques (THM)
(y.c. impact du creusement et performances des ouvrages de scellement)

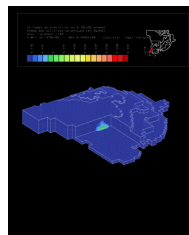
Structure du programme de recherche

3 actions de recherche

- Les propriétés de confinement de la roche argileuse
- Les perturbations thermo-hydro-mécaniques
- Les perturbations physico-chimiques

2 actions d'intégration

- Modélisation globale
- Sûreté des phases de construction, exploitation, réversibilité et fermeture



Moyens et organisation

Une structure projet regroupant les activités d'expertise et les moyens de recherche :

- 2 unités impliquées:
 - DSU/SSIAD (expertise, intégration)
 - DEI/SARG (recherche)

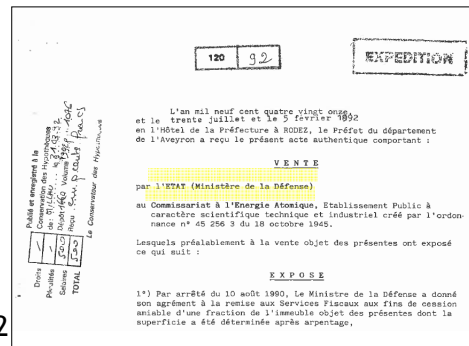
Des moyens

- Techniques :
 - La Station Expérimentale de Tournemire
 - Laboratoires à Fontenay-aux-Roses
- Humains :
 - Une 20aine d'ingénieurs/chercheurs, dont la moitié environ associée aux travaux de recherche menés à Tournemire

Le site et l'installation (1/3)

Un peu d'histoire :

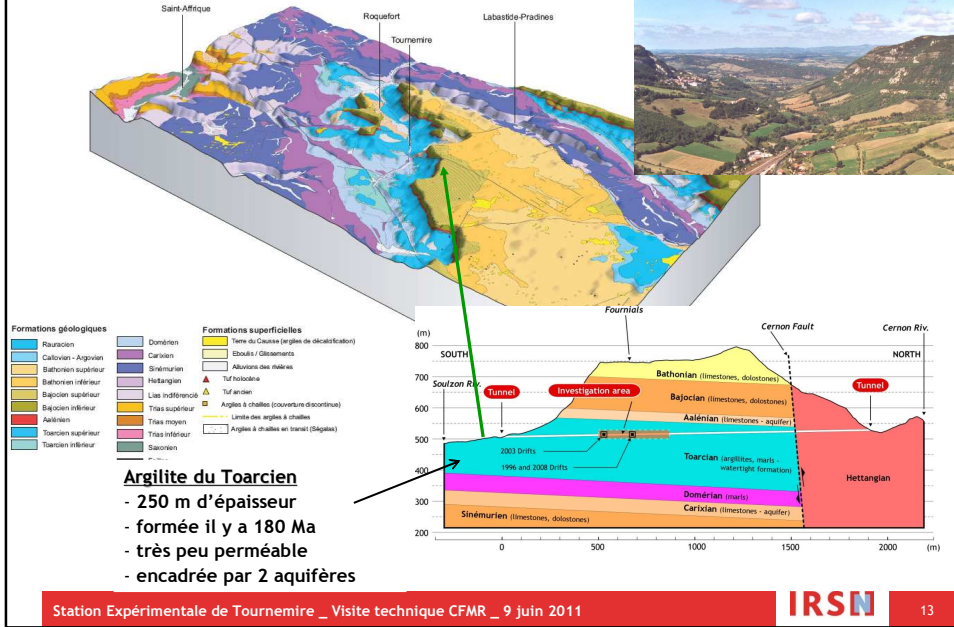
- Creusement du tunnel de la Boutinenque (1882-1888) ; mise en service en 1896
- Fermeture de la ligne (1955) et dépose des rails (1960)
- Reprise des rails par le 5^{ème} régiment du génie (1978)



Acquisition du tunnel en 1992

Location de la parcelle D33 (C^{ie} des gares)

Le site et l'installation (2/3)



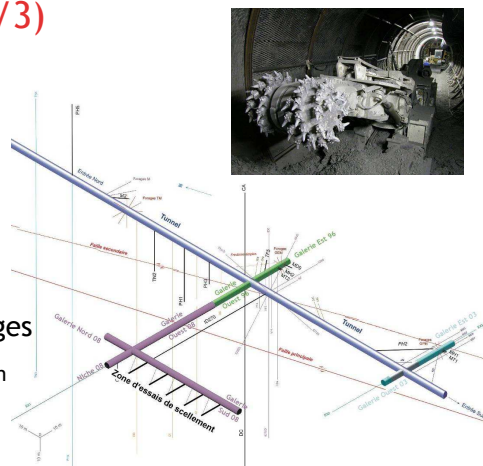
Le site et l'installation (3/3)

Une extension progressive

- 1992 à 1996 : 1885 m tunnel
 - 1996 : 2 galeries (2 x 30 m)
 - 2003 : 2 galeries (40 m et 15 m)
 - 2008 : 3 galeries + 1 niche (170 m)
- Linéaire excavé total : 285 m

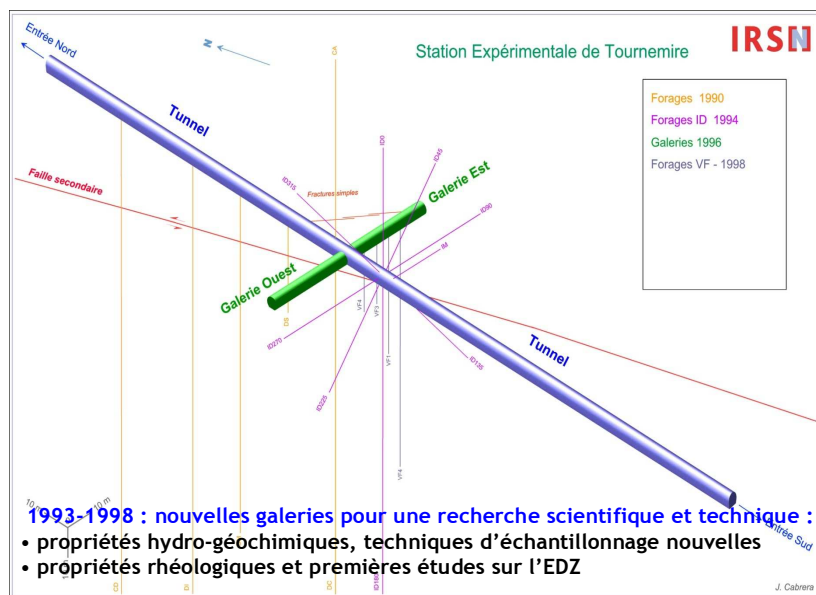
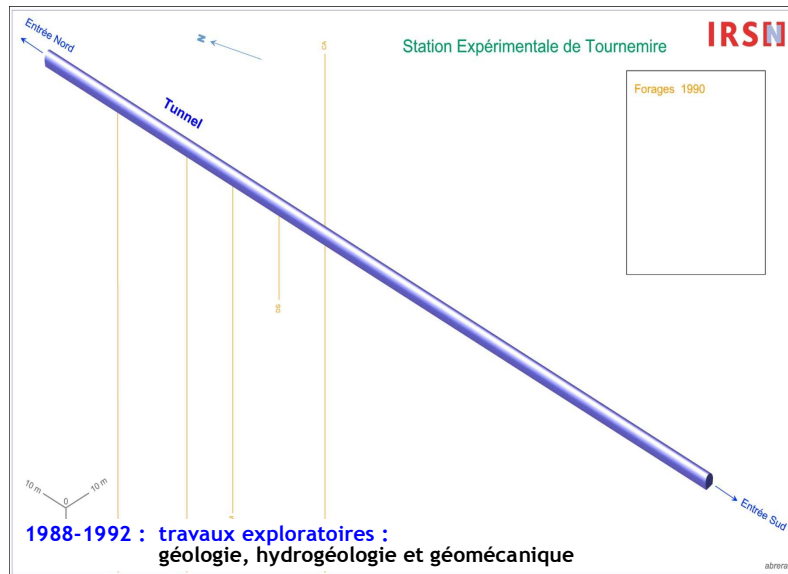
Réalisation de plus de 200 forages

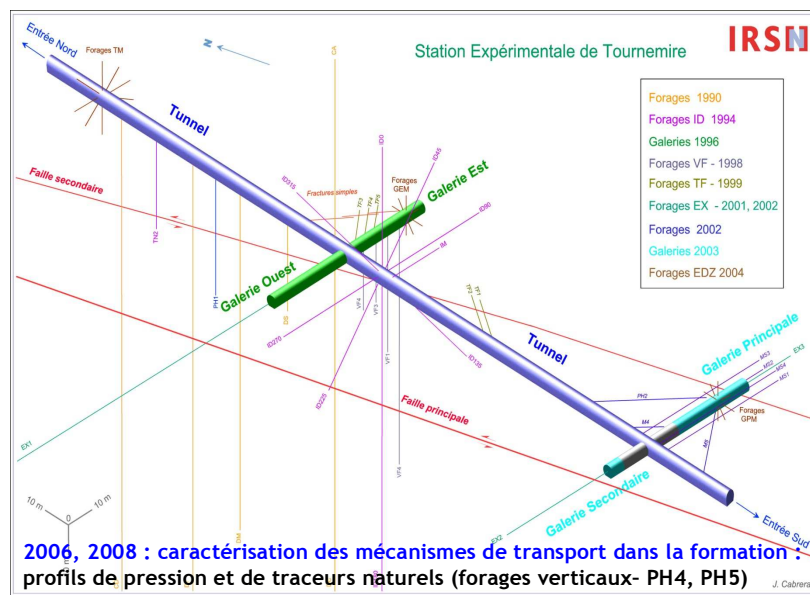
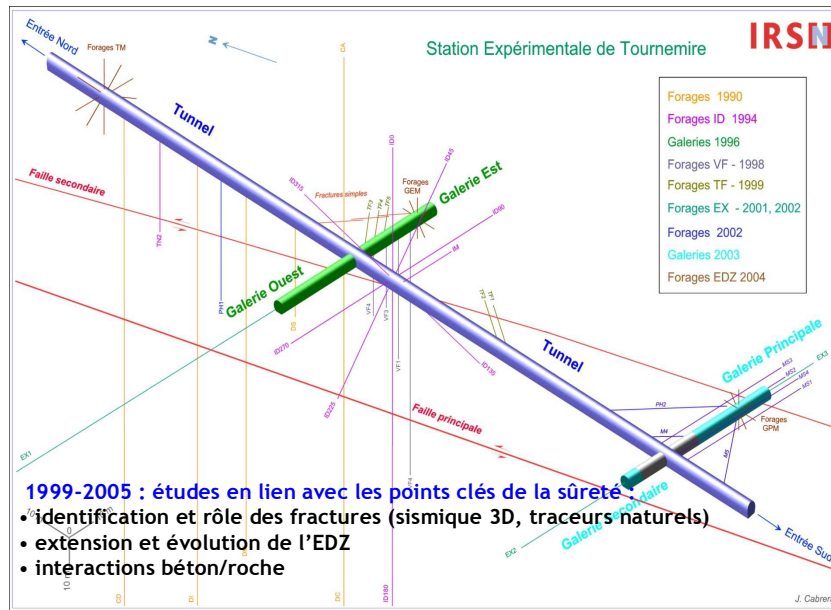
- Linéaire total de l'ordre de 3 500 m

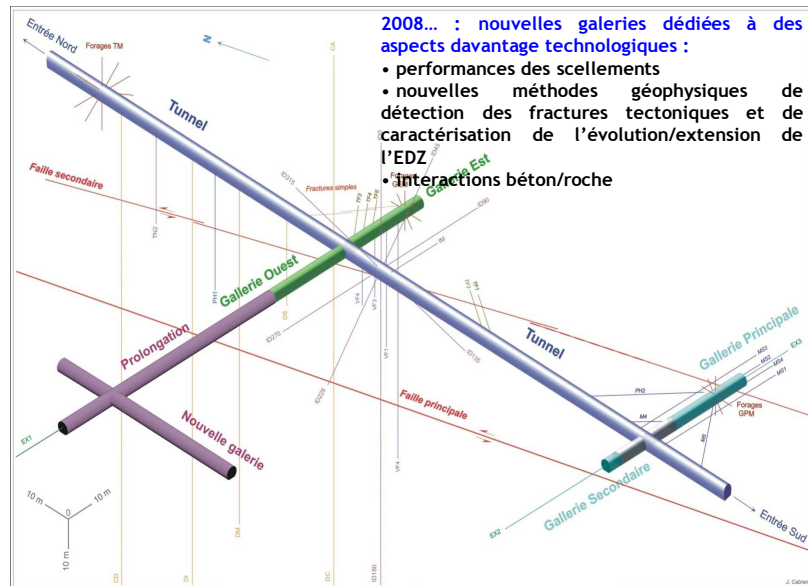


Maintenance et exploitation confiées à un prestataire extérieur

Pas de personnel IRSN permanent sur le site (≈ 200 j présence/an)







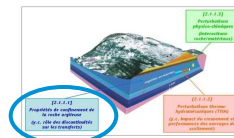
2008... : nouvelles galeries dédiées à des aspects davantage technologiques :

- performances des scellements
- nouvelles méthodes géophysiques de détection des fractures tectoniques et de caractérisation de l'évolution/extension de l'EDZ
- interactions béton/roche

Les propriétés de confinement de la roche argileuse

Phénomènes de transport

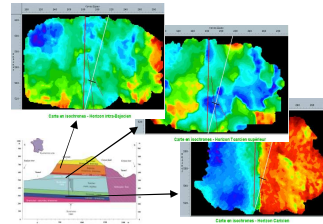
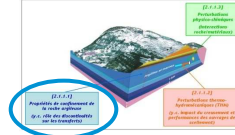
- Acquisition des **paramètres de transport par diffusion** :
 - Croisement de méthodes, précisions des incertitudes
 - Influence des conditions physico-chimiques sur le comportement diffusif de l'iode et du sélénium
- Etude des **profils de traceurs naturels** à l'échelle de la formation : précision de la mise en place (évolution paléohydrogéologique), représentativité des mesures, contribution d'autres mécanismes de transport _ application au site de Meuse/Haute-Marne (TAPPS2000)
- Processus d'**osmose chimique** et de **thermo-osmose** (contribution à l'anomalie de surcharge hydraulique observée)



Les propriétés de confinement de la roche argileuse

Détection et caractérisation des discontinuités d'origine tectonique

- Contexte :
 - failles secondaires (longueur hectométrique, épaisseur métrique à décamétrique), décrochantes (à faible rejet vertical $\rightarrow \approx 2$ m) observées *in situ* et interceptées par les ouvrages de la SET
 - failles non détectées par la sismique Haute Résolution 3D (2001) \rightarrow stratégie de reconnaissance des discontinuités ?
 - Programme d'évaluation des méthodes de détection et de caractérisation des discontinuités naturelles :
 - depuis la surface : méthodes sismiques, méthode de résistivité électrique
 - depuis les ouvrages : méthodes sismiques
- \rightarrow retraitement au moyen d'outils innovants et complémentaires des données de sismique réflexion acquises en 2001 (GNR TRASSE) ;
- \rightarrow programme d'évaluation de méthodes géophysiques complémentaires et innovantes
- (cf. présentation à suivre par J. Cabrera)



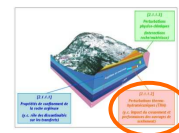
Les perturbations THM

Caractérisation et compréhension de l'EDZ

- Identification de mécanismes : acquisition *in situ* des paramètres rhéologiques de la roche argileuse
- Qualification de méthodes géophysiques pour la caractérisation non destructive des propriétés géomécaniques et hydriques

Performances des dispositifs de scellement : projet SEALEX

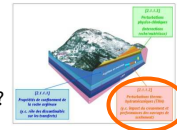
- Quantification au moyen d'essais *in situ* des principaux facteurs contrôlant la performance hydraulique des scellements d'ouvrage
- (cf. présentation à suivre par J.D. Barnichon)



Les perturbations physico-chimiques

Interactions béton/argile

- Contexte : le fluide alcalin des bétons peut-il altérer les propriétés des argilites ?
 - transformations minéralogiques et chimiques
 - étendue des perturbations
 - impacts sur les propriétés de confinement
- 3 approches complémentaires sur échantillons → différentes échelles de temps et d'espace
- Influence d'un fluide riche en CO₂ sur les propriétés de confinement de l'argilite



Interactions fer/argile

- Travaux similaires sur échantillons d'argilites en contact avec de l'acier durant plusieurs années

Expériences
en batch



Expériences de
diffusion et
d'advection



Observations
d'analogues
ouvrages
(5-125 ans)



Des collaborations au niveau national et international

Partenariat privilégié avec le CNRS : GNR TRASSE

- 13 projets, 10 équipes CNRS

Collaborations actives avec : INERIS, IFSTTAR (LCPC), CEA, EdF, NAGRA, universités d'Orsay, Paris 6, Toulouse, Poitiers...

Consortiums internationaux et DECOVALEX

Intégration à l'URF Network en 2007

Valorisation scientifique

- 3 à 6 publications / an dans revues avec comité de lecture
- 10 à 20 participations / an à congrès
- Évaluation AERES (juillet 2010) très positive

Visites techniques et scientifiques

- 2009 : Session de formation AIEA, délégation chinoise, partenaires du Mont-Terri...
- 2010 : Délégation russe, visites GPD, CNE & CLIS de Bure (2010)
- 2011 : Association Internationale des Hydrogéologues, CFMR...

Actions auprès des populations locales et du grand public

- 2008 : Journée Portes Ouvertes (plus de 500 personnes)
- 2009 : Mise en ligne d'un dossier et d'une visite virtuelle
- 2010 : RoqRandoraid
- 2011 : Journée Portes Ouvertes (19 juin)...

Les rendez-vous de l'expertise

Loi Bataille de 1991 : 2000 - 2005 → Dossier 2005 Andra : faisabilité du stockage

Loi de programme du 28 juin 2006 sur la gestion des déchets radioactifs :

- 2009 : zone d'intérêt pour une recherche approfondie (ZIRA), Dossier 2009 (options de conception, de sûreté et de réversibilité, DAIE pour le LMHM...)
- 2013 : débat public
- 2015 : demande d'autorisation de création (DAC)
- 2016 : loi sur les conditions de réversibilité

