



**CONFERENCE DE PRESSE
13 décembre 2004**

**Situation du Laboratoire de recherche souterrain de
Meuse / Haute-Marne à fin 2004**

Bure

Contact presse :
Marc-Antoine MARTIN
Tél. : 03 29 75 53 73
Fax : 03 29 75 53 87

SOMMAIRE

Synthèse.....	3
1 Objectifs scientifiques et moyens d'investigations du Laboratoire.....	4
2 Historique des travaux.....	6
3 Avancement des travaux en puits, galeries et forages	7
4 Connaissance du milieu geologique et resultats acquis sur le site du Laboratoire et le secteur environnant.....	9
4.1 Rappel des informations acquises depuis le début du programme.....	9
4.2 Résultats acquis récemment	12
5 Perspectives.....	14
5.1 Les expérimentations dans la niche.....	14
5.2 Les expérimentations dans les galeries	15
5.3 Synthèses scientifiques.....	15
6 Conclusions	16

SYNTHESE

Au cours du deuxième semestre 2004, les travaux du Laboratoire ont poursuivi leur progression.

Le programme de forages de reconnaissance du milieu géologique depuis la surface, lancé en 2003, a été achevé cette année. Il a comporté quatre forages déviés et quatre forages verticaux implantés sur le site même du Laboratoire. Au total, vingt-sept forages ont été effectués depuis 1994 sur le secteur, représentant une longueur cumulée de 15 km forés et 4,2 km carottés. Les données recueillies dans ces forages s'ajoutent aux reconnaissances géologiques systématiques dans les puits, aux campagnes de mesures géophysiques et aux analyses d'échantillons pour fournir une image complète de la géologie actuelle et de son histoire.

Il apparaît ainsi qu'aucune faille n'affecte la couche d'argilite du Callovo-Oxfordien dans un large secteur autour du Laboratoire. Ce résultat est l'un des plus marquants de l'année 2004.

Ces forages confirment aussi l'existence d'une surpression dans la couche d'argilite. Ceci démontre l'étanchéité de cette dernière vis-à-vis des formations calcaires situées au-dessus et au-dessous.

Les circulations d'eaux souterraines dans ces terrains calcaires sont estimées par un modèle numérique qui a pu être calé sur les mesures acquises dans les huit forages hydrogéologiques de 2003, implantés jusqu'à 20 km autour du laboratoire. La vitesse de circulation des eaux dans les terrains calcaires encaissants est extrêmement lente, de l'ordre d'un mètre par siècle.

Dans le puits d'accès, la niche expérimentale située à -445 mètres est à la disposition des scientifiques qui y mènent des expérimentations. Différentes mesures sur l'endommagement provoqué par les opérations de creusement ont été réalisées au moyen de forages instrumentés, en particulier au voisinage de l'intersection entre le puits et cette niche expérimentale. Ces mesures montrent aujourd'hui une faible extension de la zone endommagée, qui ne dépasse pas quelques décimètres.

Le puits auxiliaire, profond de 505 mètres, est terminé. C'est à sa base qu'a commencé en décembre le creusement des galeries horizontales du niveau principal.

Le dossier de synthèse de ce travail scientifique est en préparation. Une première version sera remise par l'Andra au Gouvernement en juin prochain puis dans une version définitive à la fin de l'année 2005.

1 Objectifs scientifiques et moyens d'investigations du Laboratoire

La loi du 30 décembre 1991 a confié à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) la mission de mener les recherches sur la faisabilité d'un stockage de déchets radioactifs à haute activité et à vie longue en formation géologique profonde. Sur la commune de Bure, au laboratoire souterrain de Meuse / Haute-Marne, l'Andra étudie une couche de roche argileuse âgée de 155 millions d'années : les argilites du Callovo-Oxfordien.

Le laboratoire de recherche souterrain Meuse / Haute-Marne doit répondre aux grandes questions scientifiques suivantes :

- A-t-on une bonne compréhension de la géologie de la région et de son histoire vieille de 155 millions d'années pour en prévoir le devenir sur environ 1 million d'années ?
- Comment s'effectuent les circulations d'eau dans les terrains situés au dessus et au dessous de la couche d'argilites ?
- La couche d'argilites est-elle régulière (c'est-à-dire homogène et sans failles) dans le secteur entourant le laboratoire ?
- Est-elle apte au creusement d'ouvrages souterrains et quelle est l'extension et l'intensité de la zone endommagée par le creusement qui pourrait être préjudiciable au confinement ? Comment peut-on en limiter les effets ou les annuler ?
- Les propriétés de l'argilite et les conditions dans lesquelles elle se trouve sont-elles favorables pour « confiner » les éléments radioactifs (c'est-à-dire empêcher ou retarder au maximum la migration lors d'un éventuel stockage) sachant que leur nocivité décroît avec le temps ?

Les réponses à ces questions conditionnent les études sur l'architecture et la gestion d'un stockage géologique réversible, celles sur l'évolution des phénomènes et enfin celles sur l'évaluation de sa sûreté (ces études sont conduites au siège de l'Andra en liaison avec ses partenaires et, bien entendu avec le laboratoire).

Ces recherches requièrent des connaissances précises sur le milieu géologique argileux. Pour cela, l'Andra utilise différents modes d'investigation :

- des forages depuis la surface permettant d'atteindre la couche cible, d'y réaliser des mesures physiques et de prélever des échantillons de roches,
- des expériences et mesures en laboratoire de surface à partir d'échantillons prélevés au sein de la roche,
- des puits et des galeries du laboratoire souterrain, avec en particulier une niche à partir du puits principal, où est conduite une large palette d'expérimentations,
- des expérimentations dans le laboratoire du Mont-Terri (Suisse), dont la roche argileuse possède des caractéristiques proches de celles des argilites du laboratoire de Meuse / Haute-Marne.

2 Historique des travaux

Les travaux conduits de 1994 à 1996 ont abouti à retenir le site de Bure pour installer le laboratoire de recherche souterrain, l'étude des propriétés mécaniques de la formation argileuse ayant montré la possibilité d'y creuser les ouvrages nécessaires au laboratoire (puits et galeries) à la profondeur de 490 mètres.

Dès 1996, l'Andra prépare son programme expérimental, les expériences antérieures menées au laboratoire de Mol (Belgique) ayant montré que la mise au point du matériel spécifique et des protocoles expérimentaux nécessite du temps.

Depuis 1996, l'Andra rejoint le projet suisse de consortium international pour réaliser des expérimentations in situ dans le laboratoire suisse du Mont-Terri.

Les expérimentations réalisées au Mont-Terri répondent à deux besoins :

- préparer dans les meilleures conditions les expérimentations du laboratoire de Meuse / Haute-Marne,
- développer la compréhension des phénomènes se produisant dans une formation d'argilites et tester les modèles correspondants.

Au final, le but est de s'assurer que les modélisations du Callovo-Oxfordien ont une validité à grande échelle.

Avec la publication du décret d'autorisation du laboratoire souterrain de Meuse / Haute-Marne à Bure en août 1999, une nouvelle étape du programme de recherche est lancée. Elle vise à fournir, en les justifiant, les données nécessaires à la modélisation des phénomènes identifiés comme importants pour la conception et l'évaluation de la sûreté d'un stockage éventuel.

Le programme est construit autour de thèmes principaux relatifs à la confirmation des propriétés favorables de la formation (extension des perturbations dues à un stockage, capacité de confinement et possibilité de transferts d'éléments radioactifs dans le Callovo-Oxfordien) ainsi qu'à la constructibilité d'un stockage et à la capacité à sceller les ouvrages.

En plus des expériences à échelle réelle et les mesures directes sur les argilites prévues dans la niche et les galeries du laboratoire, le creusement et la réalisation des deux puits s'accompagnent de nombreux travaux scientifiques :

- observation en détail de la géologie des terrains tout au long de leur creusement,
- suivi des perturbations hydrauliques dues au creusement des puits,
- suivi des perturbations mécaniques et de l'endommagement de la roche.

Le programme de recherche comporte également des forages et des campagnes sismiques depuis la surface destinées à approfondir les connaissances sur la formation d'argilites et ses encaissants.

3 Avancement des travaux en puits, galeries et forages

Les deux puits ont atteint la couche d'argilite à 420m de profondeur au printemps 2004.

Le puits auxiliaire est achevé (fond du puits à la profondeur 505 mètres). Le creusement des galeries horizontales à partir du niveau principal, à 490 mètres de profondeur, a démarré début décembre 2004. Une galerie technique a déjà été réalisée près de la base du puits sur une douzaine de mètres de longueur.

Dans le puits principal, le creusement a été interrompu à la cote - 451 mètres en juillet 2004 pour permettre la construction de la **niche expérimentale au niveau - 445 mètres**. Celle-ci est achevée, et **les premières expérimentations installées**. L'exploitation scientifique se poursuit actuellement (cf. note de présentation de la niche). La reprise du creusement, avec instrumentation des terrains à partir de la niche et dans le puits lui-même, est prévue au premier trimestre 2005. Il restera une cinquantaine de mètres à creuser dans ce puits. L'objectif est de réaliser le suivi réel d'une opération de creusement.

Lancé en 2003, le programme de **forages de reconnaissance** depuis la surface a comporté quatre forages déviés¹ dans les argilites du Callovo-Oxfordien et dans la formation du Dogger située en dessous. **Ils ont confirmé l'homogénéité de la formation des argilites**, où ils n'ont repéré aucune discontinuité et très peu de microfissures, toutes colmatées.

Quatre forages verticaux ont été également réalisés pour confirmer les propriétés de confinement des argilites.

- En juin 2004, des mesures de pression et l'échantillonnage des fluides en forage ont permis d'obtenir le profil de pression hydraulique sur les 130 mètres de hauteur du Callovo-Oxfordien. Ces données ont été complétées par des mesures de pression dans les encaissants calcaires à proximité immédiate de la formation hôte.
- En septembre et octobre 2004, des essais d'injection de gaz ont permis de déterminer les pressions d'entrée d'air dans les argilites et d'évaluer les paramètres d'écoulement eau / gaz.

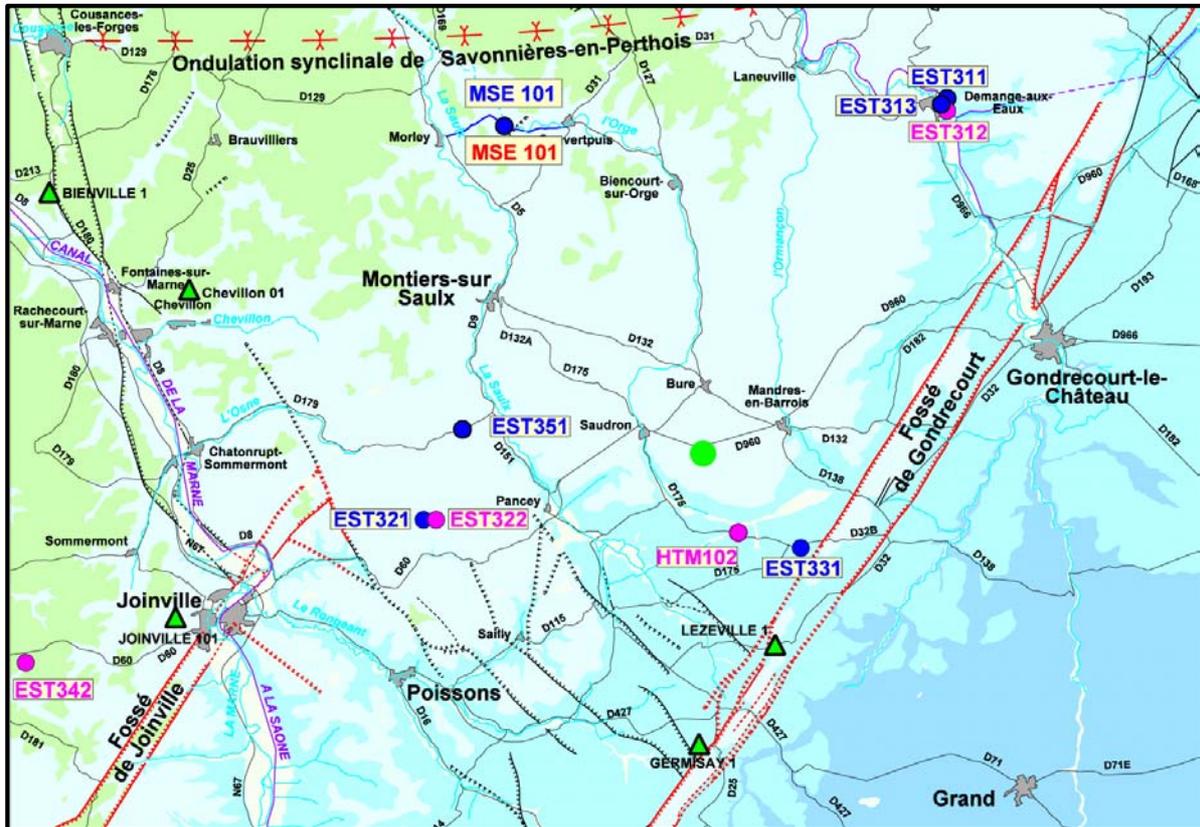
Ces mesures *in situ* ont permis de confirmer la très faible perméabilité des argilites.

Au global, **27 forages ont été réalisés depuis 1994, représentant 15 kilomètres forés dont 4,2 kilomètres carottés (avec 2,3 km de carottes dans les argilites).**

Environ 30.000 échantillons ont été prélevés dans les puits et en forages.

¹ Forages déviés : dont la trajectoire n'est pas strictement verticale mais pilotée depuis la surface pour traverser des objets géologiques déjà repérés ou suivre une formation (la couche d'argilite).

Tous les forages prévus depuis la surface sont maintenant réalisés et ont été instrumentés. Plusieurs d'entre eux ont été équipés de dispositifs de mesures pérennes qui produisent des données *in situ*, depuis près de huit ans pour certains d'entre eux.



Carte de l'implantation des forages sur tout le secteur
(la position du laboratoire est matérialisée par un rond vert)

4 Connaissance du milieu géologique et résultats acquis sur le site du Laboratoire et le secteur environnant

4.1 Rappel des informations acquises depuis le début du programme

- COMPREHENSION DE LA GEOLOGIE

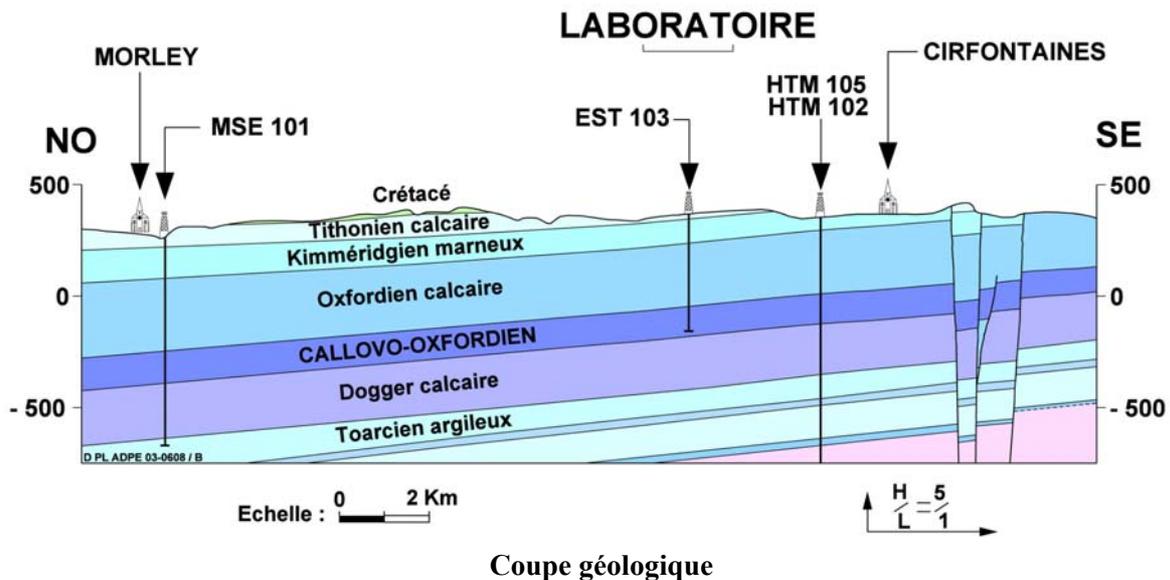
Les données recueillies dans les forages depuis 1994, les campagnes de reconnaissance menées systématiquement sur les affleurements, les campagnes de mesures géophysiques (sismique 2D et 3D) et les analyses d'échantillons, fournissent une image de la situation géologique (actuelle) du secteur et permettent de reconstituer son passé. Le secteur couvert s'étend jusqu'à une vingtaine de kilomètres du site du laboratoire et le forage le plus profond atteint environ 1100 mètres.

Le retour d'expérience des travaux de creusement verticaux et horizontaux, ainsi que le suivi géologique des formations géologiques traversées, notamment celle des argilites, a contribué également à alimenter la connaissance du milieu.

- GEOLOGIE REGIONALE

L'ensemble de la série sédimentaire faisant l'objet des investigations est d'âge Jurassique; c'est une série à dominante calcaire comprenant des niveaux argilo-marneux de très faible perméabilité (Kimméridgien et Callovo-Oxfordien), monoclinale, avec un pendage de 1 à 1,5 degré vers le Nord-Ouest. Il existe quelques ondulations régionales de faible amplitude.

Sur le secteur, le Callovo-Oxfordien contient 45% de minéraux argileux en moyenne, et il a une épaisseur qui varie progressivement du nord au sud de **145 m (forage de Morley) à 130 m (Cirfontaines-en-Ornois)**.



- SISMICITE

La sismicité régionale est analysée au moyen de données d'une dizaine de stations réparties dans le grand Est de la France. **Trois stations ont été ajoutées en 2001 et 2002** à une vingtaine de kilomètres autour du laboratoire afin d'accroître la précision de la localisation des secousses ressenties dans le secteur et afin de fiabiliser leur interprétation (pour discriminer notamment les phénomènes sismiques naturels et les tirs de carrières).

Le dispositif a été complété par un **accéléromètre installé sur le site même du Laboratoire**, pour juger des effets des séismes régionaux (séisme de Besançon en février 2004 par exemple). Ces réseaux sismiques sont gérés et analysés par les organismes publics dans le cadre de leur mission de surveillance de la sismicité du territoire national (ReNASS à Strasbourg et DASE-CEA).

Les mesures obtenues par ces dispositifs confirment le caractère faiblement sismique du secteur.

- CONTRAINTES NATURELLES RESULTANT DU POIDS DES TERRES ET DES POUSSÉES TECTONIQUES

L'état de contraintes naturelles auxquelles sont soumis les terrains a été mesuré pour la première fois en été 2000, puis en 2003 et 2004 à l'occasion des campagnes de forage. Les résultats sont à ce stade en excellente cohérence avec la reconstitution de l'histoire des contraintes telle qu'elle est établie à partir des indices géologiques observables aujourd'hui. Ils seront confrontés aux mesures réalisées en accompagnement du puits principal (notamment à partir de la niche).

- HYDROGEOLOGIE

La campagne de huit forages réalisée en 2003 a permis de mesurer les charges et perméabilités des calcaires situés au-dessus et au-dessous de la couche d'argilite et de

compléter les données déjà acquises dans ce domaine par les campagnes de forages précédentes (reconnaitances préliminaires entre 1994 et 1996).

L'hydrogéologie du secteur (direction et vitesse de circulation de l'eau dans ces formations) est ainsi bien connue. La modélisation hydrogéologique (c'est-à-dire le schéma actuel de la circulation des eaux dans les formations de l'Oxfordien calcaire et du Dogger) du secteur a été réalisée. Ce schéma met en évidence **des écoulements extrêmement lents** dans ces formations (quelques mètres par siècles).

L'analyse chimique de l'eau prélevée dans les forages et dans les puits en cours de creusement a permis de confirmer ceci grâce à la connaissance de l'origine de l'eau et de leur temps de résidence (paléo-circulations).

Les modélisations hydrogéologiques réalisées en prenant en compte les effets des évolutions climatiques à long terme (à des échelles de temps supérieures à 100 000 ans) sur la topographie montrent que ce schéma d'écoulement ne subira pas de modification importante.

4.2 Résultats acquis récemment

- REGULARITE DE LA COUCHE D'ARGILITE

Après plusieurs centaines de mètres de creusement en puits et de carottage (en forages) dans la couche d'argilite dont un carottage subhorizontal de près d'1 km (forage EST361), **il apparaît que celle-ci n'est affectée par aucune faille dans le large secteur investigué.**

Les rares hétérogénéités rencontrées sont contemporaines du dépôt de la couche et lui sont associées. Elles n'ont subi aucun événement géologique ultérieurement.

Les carottes prélevées montrent aussi la grande homogénéité des argilites. Ces données corroborent celles obtenues avec la campagne de forages réalisée en 2003 qui soulignaient la très grande stabilité des conditions de dépôts sur la totalité de l'épaisseur des argilites. Ce résultat est l'un des plus marquants de l'année 2004.

- PROPRIETES DE CONFINEMENT

Les mesures de pression interstitielle ont été multipliées dans la couche d'argilite, à différents niveaux, avec des dispositifs différents. Les résultats confirment l'existence d'une **surpression dans la couche d'argilite** par comparaison avec la pression régnant dans les terrains situés au dessus et au dessous. Ce résultat démontre l'étanchéité de la couche d'argilite vis-à-vis des bancs de terrains voisins qui l'entourent. Il s'agit là d'un autre résultat remarquable de l'année 2004.

Par ailleurs la mesure de la perméabilité et de la pression nécessaire pour la pénétration d'un gaz (azote) dans la couche a été réalisée avec succès dans un forage en septembre 2004. L'analyse préliminaire montre une capacité de la roche à absorber des gaz.

Les expériences de diffusion *in situ*, déjà testées dans le laboratoire suisse du Mont-Terri, vont pouvoir démarrer sur le site de Bure dans l'argilite début 2005. Les résultats sont attendus pour confirmer les valeurs des caractéristiques de diffusion/rétention connues sur échantillons.

- PERTURBATIONS PROVOQUEES PAR LE CREUSEMENT

L'endommagement provoqué par les opérations de creusement avait été évalué en 2001 dans le puits principal, alors que ce dernier se trouvait à une centaine de mètres de profondeur, au moyen de plusieurs méthodes permettant des recoupements (mesures de vitesses des ondes soniques, mesures de déformations en profondeur, mesure de perméabilité, etc...).

Ces expériences ont été renouvelées sur les parois du puits au voisinage de l'intersection avec la niche expérimentale. Elles l'ont également été dans la niche, en diversifiant les méthodes d'investigation (injection de résine pour visualiser la microfissuration par exemple). Les mesures montrent aujourd'hui **une faible extension de la zone endommagées**, qui ne dépasse pas quelques décimètres, se situant ainsi dans la partie basse de la fourchette de prévisions théoriques.

La convergence des parois des ouvrages après leur excavation a également été mesurée régulièrement en puits, ainsi que dans la niche. Elle ne dépasse pas quelques millimètres, ce qui est très faible et cohérent avec les modèles.

La réalisation d'une saignée radiale pour interrompre la zone endommagée a été testée au Mont-Terri et l'expérience sera de nouveau réalisée dans les galeries du laboratoire (après amélioration du dispositif suite au retour d'expérience) en collaboration avec les partenaires allemands du BGR.

5 Perspectives

L'exploitation scientifique de la niche sera en grande partie réalisée au cours du premier semestre 2005 jusqu'à l'achèvement du puits principal.

5.1 Les expérimentations dans la niche

(voir également la fiche annexe)

Pendant le creusement de la niche (-445 mètres), une instrumentation du soutènement a été mise en place ainsi que des forages instrumentés pour suivre les déplacements de l'argilite, effectuer des mesures géophysiques et des mesures de perméabilité et visualiser les fractures.

La niche accueillera au deuxième trimestre 2005 une expérimentation permettant de suivre en temps réel les déformations et variations de pression interstitielle dans l'argilite pendant le fonçage du puits principal du laboratoire. Une quinzaine de forages réalisés à partir de la niche (-445 mètres) seront dirigés vers une section du puits principal située 20 mètres plus bas (entre -465 et -470 mètres).

Deux forages seront équipés pour prélever de l'eau et des gaz dissous dans l'argilite afin de mesurer *in situ* certains paramètres chimiques et préciser la composition chimique des eaux.

La capacité de confinement des argilites sera mesurée à partir de trois forages, en injectant dans la roche de l'eau contenant des traceurs. En 2005, les paramètres de diffusion seront calculés en interprétant la décroissance de la concentration en traceurs dans la solution injectée. Ces mesures seront confrontées aux résultats de modélisations numériques construites à partir de travaux sur échantillons carottés.

Les résultats des expérimentations mises au point au Mont Terri ou en laboratoires de surface seront utilisés dans la niche située dans le puits principal à -445 mètres et dans les galeries du laboratoire pour valider *in situ* et à l'échelle 1 les connaissances acquises précédemment.

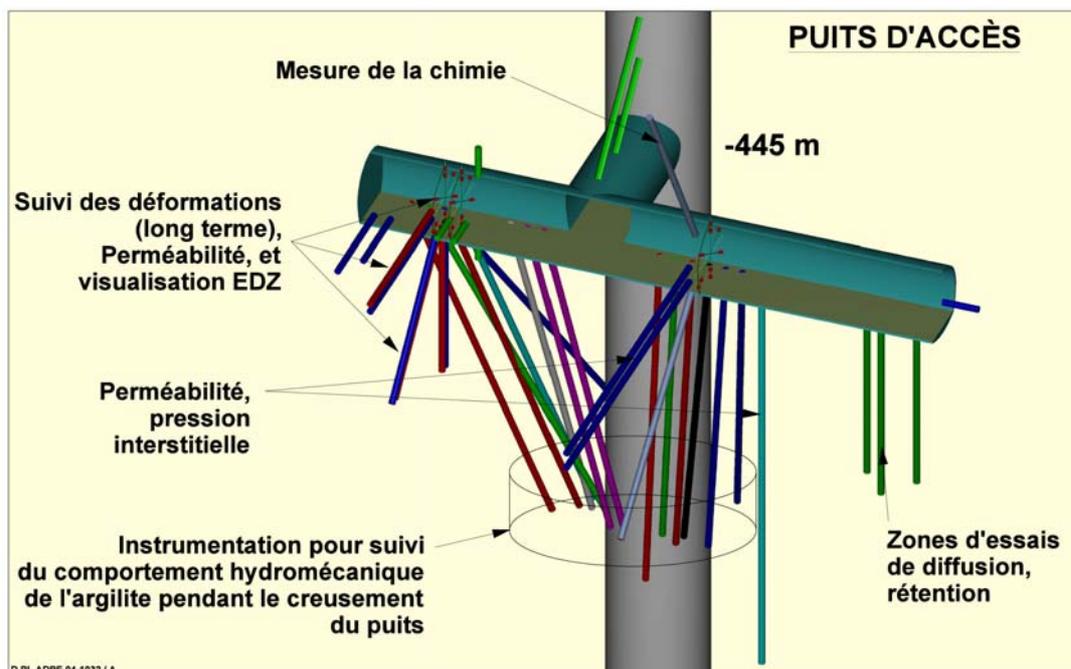


Schéma de la niche et des expérimentations (position des forages dans la roche)

5.2 Les expérimentations dans les galeries

Le creusement des galeries où seront conduites les expérimentations au niveau principal (-490 mètres) commencera début 2005 à partir du puits auxiliaire.

Les premiers résultats sur la perturbation mécanique et l'endommagement de la zone autour des puits et des galeries seront disponibles en 2005. Des observations périodiques permettront d'en suivre l'évolution.

En 2005, l'Andra réalisera une expérimentation en galerie dite KEY, adaptée d'un essai mené au Mont-Terri en 2003 et 2004. Celle-ci vise à réaliser et tester une clé d'ancrage², dispositif conçu pour "intercepter" l'anneau endommagé créé dans la roche par le creusement des galeries et interrompre les écoulements le long des galeries. Une dizaine de forages d'instrumentés serviront à observer le comportement de l'argilite pendant la construction de la clé puis à en mesurer les performances. Les résultats seront disponibles avant fin 2005.

5.3 Synthèses scientifiques

Dans l'optique de la réalisation du « Dossier 2005 », dossier de synthèse du travail scientifique de l'Andra sur la faisabilité d'un stockage géologique, des documents sont préparés au fur et à mesure par type d'horizons géologiques (calcaire du Barrois, Kimméridgien, Oxfordien, Dogger et argilite du Callovo-Oxfordien). En parallèle, des synthèses sont réalisées par grands types d'expérimentations. L'ensemble sera intégré dans un « Référentiel de site » qui sera une composante du Dossier 2005. Ces documents sont soumis progressivement aux évaluateurs.

² Clé d'ancrage : le creusement des galeries crée, à leur voisinage dans la formation hôte, des fissures. Lors de la fermeture de ces galeries par des bouchons d'argile gonflante (ou scellements), on rétablira une zone saine et étanche dans la formation hôte jouxtant ces bouchons en réalisant une clé d'ancrage (saignée remplie de briquelette d'argile gonflante).

6 Conclusions

En réponse aux cinq questions scientifiques posées initialement, l'Andra, associée à la communauté scientifique, estime pouvoir apporter aujourd'hui une réponse positive aux trois premières.

Pour les deux dernières questions, les programmes conduits et les résultats aujourd'hui acquis représentent la majeure partie du programme de travail.

L'année 2005 devrait permettre d'apporter les données complémentaires nécessaires. Pour ce faire, les expériences installées *in situ* viendront conforter les données scientifiques acquises précédemment sur d'autres sites ou sur des échantillons.