

**Association Nationale
des Comités et des Commissions Locales d'Information (ANCCLI)**



Demande du CLIS de Bure (Haute-Marne)

**relative à une relecture des diagrapies réalisées par l'ANDRA
à partir des forages localisés autour de Bure,
en vue de vérifier la caractérisation de la roche et de ses propriétés**

**Rapport établi par
le Comité Scientifique de l'ANCLI**

29 septembre 2006

Historique de la demande

Le Président de l'ANCLI a été saisi le 19 janvier 2006 par le CLIS de Bure d'une demande d'expertise concernant « une relecture des diagraphies réalisées par l'ANDRA à partir des forages localisés autour de Bure, en vue de vérifier la caractérisation de la roche et de ses propriétés ». Le principe de cette expertise a été accepté par le Comité Scientifique le 7 février 2006.

Les conclusions du groupe de travail

L'enjeu du débat concernant l'enfouissement en couches géologiques profondes est l'aptitude de la roche à confiner les radioéléments à vie longue et haute activité pendant des périodes de temps très longues (de l'ordre du million d'années).

Il était donc important pour la société civile de connaître précisément les caractéristiques des études conduites par l'ANDRA pour évaluer les propriétés du site de Bure.

Les premières conclusions du groupe de travail constitué par le Comité Scientifique pour répondre à la demande du CLIS de Bure concernaient plusieurs points qui étaient à cet égard particulièrement significatifs et méritaient une attention particulière. Il s'agissait

- *des données brutes disponibles* (résultats des enregistrements réalisés dans les forages, instrumentation utilisée, méthodes de calage et d'étalonnage utilisés avec les analyses pétrographiques et pétrophysiques des carottes),
- *de l'interprétation qui a été faite de ces données* pour conclure à une capacité de confinement satisfaisante du site, compte tenu notamment de la présence d'une hétérogénéité de l'horizon de confinement,
- *de la conclusion relative à la stabilité temporelle des propriétés pétrophysiques du site*, eu égard à l'incertitude scientifique importante relative au processus de transformation des calcaires et des argiles avec le temps,
- *du phénomène de surpression hydraulique* observé entre la couche hôte et ses encaissants, dont l'origine n'était pas formellement établie,
- *de la plate-forme de modélisation et de l'intégration des données à différentes échelles*,
- *des hypothèses simplificatrices et des incertitudes retenues* concernant l'évolution possible des propriétés pétrophysiques et hydrauliques de l'environnement géologique sur des périodes de temps extrêmement longues (de l'ordre du million d'années),
- plus généralement, *des limites des méthodes de modélisation mises en œuvre*.

Le groupe d'experts a conclu alors à la nécessité de clarifier et de circonscrire la demande, et proposé de prolonger cette étude par l'examen critique de l'ensemble des enregistrements qui avaient été réalisés par l'ANDRA sur le site de Bure.

La proposition du Comité Scientifique

Le Comité Scientifique a donc proposé d'expertiser, dans le prolongement de cette étude et dans un cadre conventionnel, les aspects méthodologiques de l'évaluation des caractéristiques de la roche et de ses propriétés à partir des données diagraphiques.

Le CLIS de Bure n'a pas donné suite à cette proposition, pour le moment.

COMITÉ SCIENTIFIQUE DE L'ANCLI

Rapport relatif à la demande du CLIS de Bure (Haute-Marne)

**relative à une relecture des diagraphies réalisées par l'ANDRA
à partir des forages localisés autour de Bure,
en vue de vérifier la caractérisation de la roche et de ses propriétés**

29 septembre 2006

Les experts du Groupe de travail qui a été constitué pour répondre à la demande d'expertise du CLIS de Bure ont pris connaissance des documents qui ont été communiqués par celui-ci au Comité Scientifique, à savoir le *Référentiel Géologique, Juillet 2001* et le *Dossier 2005 Argile, Décembre 2005 (DVD)*.

Les experts ont pu apprécier l'effort de recherche de très grande ampleur qui a été réalisé par l'ANDRA, ainsi que les méthodes rigoureuses d'analyse et de modélisation qui ont été mises en oeuvre dans le contexte de laboratoires de recherche scientifique et/ou de bureaux d'étude.

Néanmoins, compte tenu de l'ampleur et de la complexité du projet, de la fragmentation de rapports de synthèse successifs et redondants, et de l'absence de documents analytiques, notamment des enregistrements diagraphiques, il n'est pas possible de procéder à l'expertise approfondie qui serait nécessaire.

Ces documents ont cependant donné lieu de la part des experts à un certain nombre de commentaires, qui concernent tant les données brutes disponibles que la production et l'exploitation de ces données et plus généralement les modalités de l'évaluation des capacités de confinement de l'argilite du site de Bure.

1- Les données brutes disponibles

1.1- Les informations disponibles concernant les enregistrements réalisés dans les forages.

Dans les documents disponibles, les données relatives aux diagraphies instantanées (paramètres de forages, suivis géologiques), aux diagraphies différées (polarisation spontanée, résistivité, sonique, ...) comme à la description des carottes sont très parcellaires et ne permettent pas de juger de la qualité du travail qui a été réalisé, qu'il s'agisse de

l'instrumentation diagraphique et des méthodes d'étalonnage, ainsi que des méthodes d'analyse et des caractéristiques des logs (position des échantillons, description des opérations, relevé du géologue de forage, diagraphies instantanées et/ou différées, lisibilité des échelles, ...).

Pour certains forages (1995-1996), il n'est pas même précisé si des enregistrements ont été réalisés.

Par ailleurs, la zone de transposition n'a fait l'objet que de deux forages et trois profils sismiques. Elle est donc assez mal connue.

2- L'instrumentation utilisée

De 1994 à 2003, les diagraphies ont été réalisées par un (des) maître(s) d'oeuvre dont l'identité n'est pas précisée, et avec une instrumentation qui ne fait pas l'objet d'une présentation.

Cette absence d'information permet de supposer que ces enregistrements ont été réalisés avec une instrumentation différente de celle qui a été mise en oeuvre par Schlumberger à partir de 2003.

Or l'exploitation de l'ensemble des données suppose que celles-ci soient comparables, c'est-à-dire qu'elles aient été obtenues au moyen de la mise en oeuvre de procédures et notamment d'une instrumentation standardisées. Il en va ainsi par exemple de l'établissement de corrélations entre plusieurs forages (étape importante dans le processus d'évaluation des propriétés de confinement du site).

Il est donc indispensable de savoir si les données ainsi recueillies ont fait l'objet d'une homogénéisation, et dans l'affirmative selon quelle(s) procédure(s).

De même doit-il être clairement précisé quelles sont les méthodes de calage et d'étalonnage des enregistrements diagraphiques avec les analyses pétrographiques et pétrophysiques des carottes qui ont été utilisées.

3- L'évaluation des capacités de confinement de l'argile

3.1- L'homogénéité de l'horizon de confinement

Les argilites présentent une hétérogénéité pétrographique et minéralogique verticale, particulièrement une variation de la phase carbonatée.

L'appréciation de l'hétérogénéité horizontale repose sur les corrélations géophysiques (sismiques, diagraphiques) et géologiques, corrélations qu'il conviendrait d'examiner.

Il est donc indispensable de connaître les données et l'interprétation qui en a été faite, interprétation qui a conduit à conclure à une capacité de confinement du site (essentiellement porosité, perméabilité et saturation) satisfaisante. Il convient notamment de connaître les techniques et les méthodes mises en oeuvre ainsi que la manière dont les données sont utilisées.

3.2- La stabilité des propriétés pétrophysiques du site

La stabilité des propriétés pétrophysiques des formations géologiques (argilites de la couche hôte et calcaires encaissants) est fondée sur une connaissance encore faible des processus de transformation diagénétique des calcaires et des argiles.

Par conséquent, il convient de connaître précisément les données qui garantissent la stabilité des propriétés de confinement actuelles (porosité et perméabilité matricielle et fissurale), concernant particulièrement deux domaines qui sont encore mal connus :

- la cinétique de la croissance cristalline (cimentation, recristallisation) et de la dissolution des carbonates en présence d'ions étrangers et de radionucléides, et en fonction de l'élévation de la température et de l'exposition aux rayonnements ionisants.
- les interactions carbonates – silicates dans les argilites.

3.3- Les études hydrauliques

Une surpression importante a été constatée entre la couche hôte et ses encaissants.

L'origine de ce phénomène n'est pas formellement établie.

Une explication sur l'origine osmotique des phénomènes observés a été proposée en termes d'artéfact expérimental, mais aucun élément ne permet d'étayer, clairement et de façon irréfutable, sa légitimité.

Or une explication en termes physico-chimiques pourrait poser le problème majeur du traitement des conditions aux limites entre la couche d'argilite et ses encaissantes, et pourrait être de nature à relativiser les conclusions de l'étude quant aux capacités de confinement du site, notamment sur le long terme.

3.4- La modélisation et l'intégration des données

Il est fait mention dans les documents consultés, de la plate-forme de modélisation et d'intégration des données à différentes échelles.

Cependant, les informations relatives aux modélisations sont très insuffisantes pour permettre de juger de la validité des conclusions présentées quant aux capacités de confinement du site étudié.

Ces lacunes présentent plusieurs aspects.

3.4.1- Il existe des incertitudes sur les valeurs des paramètres hydrauliques qui ont été déduites des campagnes de mesure et qui ont été retenues pour réaliser les simulations. En effet, en fonction des circonstances, on parle dans les rapports de « conductivité hydraulique », « teneur en eau », « porosité », « humidité », « transmissivité », « résistivité électrique », etc.. Or le passage de l'un à l'autre de certains de ces paramètres fait intervenir de nouveaux paramètres, si ce n'est de nouvelles hypothèses. Dès lors, la question qui se pose est de savoir si un véritable calcul d'erreur et une véritable étude de sensibilité ont été faits concernant les paramètres hydrauliques introduits dans le modèle de sûreté. On pense en particulier à la conductivité hydraulique, qui reste un paramètre clé dans les modèles de simulation en milieu poreux.

3.4.2- Un modèle est constitué d'un jeu d'équations décrivant les phénomènes pris en compte, et de conditions initiales et aux limites.

Or la question se pose de savoir quelles conditions aux limites ont été explicitement imposées au niveau du modèle de sûreté et quelles en sont les valeurs. Ces conditions doivent être explicitement définies.

Cette question est à mettre en perspective avec ce qui est développé au paragraphe 3.3.

3.4.3- L'intégration des données de terrain, de forage et de laboratoire conduit à des corrélations entre les forages et à une représentation en trois dimensions où interviennent des

interpolations et des extrapolations spatiales, des conditions aux limites et des changements d'échelles qu'il convient d'explicitier clairement et en détail.

3.4.4- La modélisation et l'intégration des données ont également pour objet une extrapolation temporelle sur des périodes de temps extrêmement longues (de l'ordre du million d'années). Elles impliquent des hypothèses simplificatrices et des incertitudes, concernant notamment l'évolution possible des propriétés pétrophysiques et hydrauliques de l'environnement géologique. Ces hypothèses et ces incertitudes doivent être clairement explicitées, en référence aux Règles Fondamentales de Sûreté. Cela est indispensable pour disposer des arguments en faveur comme en défaveur du confinement dans les argilites et les encaissants calcaires, et donc pour apprécier le risque du confinement à long terme sur le site considéré. Il semblerait, compte tenu de la difficulté d'un tel exercice, que la méthode mise en œuvre à ce niveau soit réductrice, ce qui autorise à s'interroger sur la validité des résultats fournis par le modèle de sûreté.

3.4.5- Plus généralement il conviendrait, aux différents niveaux de modélisation mis en œuvre dans la plate-forme de modélisation globale, de bien expliciter les limites des méthodes de modélisation mises en œuvre (données d'entrées, hypothèses simplificatrices explicites et implicites, robustesse et stabilité des codes numériques, ...).

LES PROPOSITIONS DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

A partir du constat ci-dessus, le Comité Scientifique propose

(a) d'approfondir l'ensemble des questions 1.2 à 3.5 ci-dessus, questions au demeurant majeures en termes d'évaluation des capacités de confinement du site de Bure.

A cette fin, il est proposé que le CLIS de Bure se tourne vers l'ANDRA pour lui soumettre les questions figurant en Annexe.

(b) de prolonger cette étude par l'examen critique de l'ensemble des enregistrements qui ont été réalisés par l'ANDRA sur le site de Bure.

ANNEXE

QUESTIONS A SOUMETTRE à l'ANDRA PAR LE CLIS DE BURE

1- Sur les données disponibles

1.1- Est-il possible de disposer des enregistrements des diagraphies, avec indication des conditions de leur enregistrement et des traitements réalisés lors de leurs interprétations ?

1.2- Quelles sont les données géophysiques et géologiques qui permettent de valider la zone de transposition, outre les deux forages et les trois profils sismiques ?

2- Sur l'étalonnage, l'homogénéisation et le calage des données

2.1- Comment ont été effectués l'étalonnage et l'homogénéisation des données diagraphiques lors des corrélations entre les forages ?

2.2- Comment a été effectué le calage des données sismiques, diagraphiques, tectoniques, sédimentologiques, pétrographiques, pétrophysiques et hydrologiques ?

3- Sur l'évaluation des capacités de confinement

3.1- Sur l'homogénéité de l'horizon de confinement

Comment et avec quelles données a été définie l'homogénéité de l'horizon de confinement alors que les argilites présentent une hétérogénéité minéralogique verticale, particulièrement une variation de la phase carbonatée et une hétérogénéité horizontale ?

3.2- Sur la stabilité des propriétés pétrophysiques du site

3.2.1- Comment est garantie la stabilité des propriétés pétrophysiques du site à court, moyen et long termes eu égard aux incertitudes relatives aux processus de transformation diagénétique des calcaires et des argiles ?

3.2.2- Quelles sont les données utilisées qui garantissent la stabilité des propriétés de confinement actuelles (porosité et perméabilité matricielle et fissurale), particulièrement :

- la cinétique de croissance cristalline (cimentation, recristallisation) et la dissolution des carbonates en présence d'ions étrangers et de radionucléides, et en fonction de l'élévation de la température et de l'exposition aux rayonnements ionisants,
- les interactions carbonates – silicates dans les argilites ?

3.3- Sur le phénomène de surpression hydraulique constaté entre la couche hôte et ses encaissants

3.3.1- Quelle est l'origine du phénomène de surpression hydraulique importante constaté entre la couche hôte et ses encaissants ?

3.3.2- Pourquoi le phénomène de surpression hydraulique constaté ne serait-il qu'un artefact expérimental ?

3.3.3- Pourquoi éliminer l'hypothèse d'une explication en termes physico-chimiques ?

3.3.4- L'hypothèse d'une origine physico-chimique a-t-elle été modélisée ?

3.4- Sur la maîtrise et l'intégration des données

3.4.1- Quelles sont les incertitudes sur les paramètres géologiques, géophysiques et hydrologiques utilisés lors des simulations numériques ?

3.4.2- Quelles sont les conditions aux limites qui ont été simulées au niveau du modèle de sûreté?

3.4.3- Aux différents niveaux de modélisation mis en œuvre dans la plate-forme de modélisation globale, quelles sont les limites des phénomènes simulés et des méthodes de simulation mises en œuvre (données d'entrées, hypothèses simplificatrices explicites et implicites, robustesse et stabilité des codes numériques) ?

3.4.4- Lors de l'intégration des données de terrain, de sismique, de forage et de laboratoire, et de la construction d'un modèle en trois dimensions, comment ont été définies les interpolations et les extrapolations spatiales, les conditions aux limites et les changements d'échelles ?

3.4.5- Quelles sont les hypothèses simplificatrices et les incertitudes de la modélisation et de l'intégration des données qui ont été retenues pour une extrapolation temporelle à long terme de l'évolution du site de confinement (propriétés pétrophysiques et hydrauliques, stabilité tectonique) ?

3.4.6- En référence aux Règles Fondamentales de Sûreté, outre les arguments qui sont exposés dans les divers documents disponibles en faveur d'un confinement dans les argilites et les encaissants calcaires, quels sont les arguments qui sont à prendre en compte pour apprécier les risques du confinement à long terme ?