

## Pièce annexe 7

### ***"Le maintien de la boue dans le forage est nécessaire"***

Dans sa lettre DG/DIR/13-0016 ([là](#)), l'Andra écrit :

***"Il convient de retenir que le maintien de la boue dans le forage est nécessaire à sa stabilité du fait de la présence de petits lits argileux dans les grès. Il est habituel de réaliser des essais de type slug-test en boue. Cela n'obère en rien les résultats qui peuvent en être tirés. Les conditions réelles au moment du test sont prises en compte dans les interprétations qui en sont faites."***

Ce petit paragraphe provient de l'annexe (p. 1/6). Dans l'annexe de la lettre Andra DG/DIR/13-0016, il est précédé d'un long paragraphe :

*"Prétendre, comme l'écrivent les associations qu'il y aurait eu, volontairement, une injection de boue pour fausser les résultats de test est une contre vérité que des hydrogéologues responsables n'admettraient pas. Ainsi le **maintien de la boue dans le forage pendant les tests était nécessaire à la stabilité du forage** du fait de la présence de petits lits argileux dans les grès, car le forage était en trou nu sur toute la hauteur de ces grès. Cependant, des particules argileuses du terrain (sédiments) passe dans la boue. Le recyclage de la boue de forage permet d'en évacuer une grande partie, le reste sédimente dans le fond du forage. La réussite de l'opération impliquait un compromis dans la gestion de la boue dans le forage pour à la fois garantir la tenue du trou nu pendant les tests et la réalisation des tests, qui nécessitait d'arrêter la circulation de la boue pendant toute leur durée. La colonne de boue dans le forage faisant alors plus de 1800 mètres de hauteur, la boue a partiellement sédimenté induisant de pertes de charge lors des pompages. La perméabilité des grès a néanmoins été approchée, et de l'eau de formation prélevée, selon les objectifs de ce forage de recherche."*

On peut ajouter le paragraphe suivant de l'annexe (p. 5/6) :

*"Les caractéristiques argilo-gréseuses de la formation imposent également une complétion de puits de réinjection et des protocoles de développement des deux puits (production, injection) spécifiques pour avoir une exploitation fiable, il est clair que cela aura également des répercussions sur les coûts de réalisation, qui seront plus élevés qu'un doublet de type au Dogger."*

#### **Réponse : résumé**

Les spécifications techniques et les cahiers des charges prévoyaient une étude en règle de tout l'aquifère des grès du Trias inférieur (Buntsandstein) après mise en eau claire du forage et pose d'une crépine. Ses différents niveaux producteurs devaient être reconnus, puis l'aquifère devait être testé en injection avec la saumure extraite lors des pompages (chapitre I. b), ce qui n'a jamais été effectué.

Trois tests en boue, de type reconnaissance pétrolière, étaient aussi programmés. Ils ont bien eu lieu, mais se sont déroulés dans des conditions désastreuses puisque, sur 12 séquences en 3 tests, une seule est interprétable (chapitre III).

Les spécifications techniques de l'Andra ont imposé de laisser en trou nu, avec les grès du Buntsandstein, un ensemble argileux de 90 mètres. La moitié de cet ensemble argileux a montré des instabilités mécaniques dès le forage. Les rapports témoignent que l'Andra a laissé croire à ses opérateurs, au contrôleur et autres intervenants que le trou nu sur lequel ils intervenaient était la série gréseuse de la base du Trias. Cet ensemble argileux est à l'origine de la plupart des troubles qui ont commencé dès les tests en boue : le coincement d'une sonde, le remplissage de la partie restante par des fines d'argiles et l'abandon de tout (tests (- 1 séquence), sonde, étude normale de l'aquifère géothermique et forage). Auprès du CLIS de Bure également, l'Andra observe un mutisme presque complet sur toutes ses décisions et les événements qui en ont résulté (chapitre IV).

I. L'étude des grès était programmée avec crépine et sans boue.....	2
a) Séries gréseuses : des crépines parce que le risque vient du sable.....	2
b) L'Andra avait programmé l'analyse de la productivité/injectivité de l'aquifère crépiné en longue durée après nettoyage du forage.....	3
II. La boue de l'Andra.....	5
a) Avant notre mise en demeure, cette boue « nécessaire » était officiellement interdite .....	5
b) L'ANDRA aurait tendance à mélanger les grès grés, l'argile et la boue.....	7
c) Comme justification : une bouillie de chat.....	7
III. Qualité des tests en boue.....	8
a) Les tests rapides de surveillance en boue des pétroliers.....	8
b) L'Andra avait prévu d'abord trois tests dans la boue polymère.....	9
c) Non, il n'est pas habituel d'avoir des obstructions massives multiples dont l'Andra s'est bien gardé de rendre compte : crépine, valve d'obturation, port d'entrée des capteurs de pression... ..	9
IV. A l'origine des troubles, l'IMPOSITION par l'Andra de 90 mètres de roche argileuse dans le trou nu avec les grès. .	10
a) L'équivalent des argilites du Callovo-oxfordien, pour moitié friable, laissé en trou nu.....	10
La contradiction majeure vient des Spécifications techniques de l'Andra.....	10
Les cahiers des charges du maître d'œuvre entraînés dans la contradiction.....	12
Les données du forage.....	12
b) Un échec planifié .....	14
c) La mascarade du test n° 3 et le coincement de la sonde.....	14
d) Tricherie, mutisme, véritable gâchis et pas d'étude de l'aquifère géothermique.....	16
Premiers résultats annoncés par l'Andra.....	16
Mutisme et incohérences.....	17
Annexe 1 : Diagraphies moulinet ou géochimie-température et pompage.....	19
Annexe 2 : les "grès de Trois Fontaines".....	20

## I. L'étude des grès était programmée avec crépine et sans boue

### a) Séries gréseuses : des crépines parce que le risque vient du sable

La majorité des gisements de gaz/pétrole de la Mer du Nord par exemple, exploités depuis plus de 30 ans, sont de séries gréseuses (gaz dans les grès du Permien, pétrole de Brent dans les grès du jurassique supérieur et inférieur) et il en est de même dans bien d'autres champs à travers le monde. Bien qu'il y ait toujours de l'argile dans les séries gréseuses (on les appelle aussi séries clastiques), la littérature pétrolière, très abondante, établit que les problèmes qui peuvent être rencontrés dans ces aquifères sont dus à la déstabilisation de grès/sables des parois du forage lorsque ceux-ci sont peu consolidés (par ex., sur <http://www.onepetro.org/mslib/app/search.do>, site technique des pétroliers, faire une recherche sur "Production testing, sand", "sand production", "sand management", etc.).

Ce sont des grains de sables qui sont libérés et qui sont non désirables (abrasion, etc.). Un éboulement/liquéfaction du sable est possible, et comme nous l'avons mentionné dans la pièce annexe 4 II., c'est apparemment ce qui s'est passé au forage géothermique de Melleray le 16 juin 1982 (voir document 78 : Lopez et Millot 2008, [là](#), p. 125). La fragilité de ce type de niveau de peu de cohésion est en partie mécanique (la contrainte déviatorique est maximale au bord du puits de forage et peut approcher la tenue de la paroi de grès) en même temps que hydrodynamique (effet d'entraînement par la saumure en mouvement, "coups de béliers" lors d'arrêt ou démarrage trop brusques de la pompe, "fatigue" résultante de cycles de chargement...), et voir chimique (changement de salinité).



Ce n'est pas une pellicule de boue de forage qu'il faut pour tenir des grès friables et, de toute façon, elle s'opposerait à la production ! Elle est donc bannie par les hydrogéologues, pétroliers et géothermiciens au droit des niveaux exploitables, et par l'Andra pour les pompages longue durée qui étaient prévus au EST433. Affirmer, comme le fait l'Andra, qu'une série gréseuse ne pourrait pas être testée sans boue, c'est un peu prétendre qu'elles

sont inexploitable.

La protection la plus simple est la mise en place de tubes crépinés/crépines en fil enroulé, mais on peut, en plus, mettre en place un massif de gravier, ou choisir un tube crépiné double avec massif gravier intégré, etc., et toujours une conduite de l'exploitation adaptée et calculée. De nos jours, il y a même un inversement de situation : on sait tirer profit de cette fragilité par "*sand management*" pour se débarrasser d'une baisse de perméabilité qui se développerait sur les parois d'un forage au fil des années : le "*skin removing burst*" ou "*self cleanup*" en suivant des protocoles stricts.

Pour le forage EST433, le contrôleur écrit de la non-interprétabilité de la première séquence du test n° 2 dite PSR (voir document 11 : *Egis-Géotechnique 2008*, [ici](#), p. 9) :

*"Nous suggérons que la réponse PSR pourrait avoir été affectée par un phénomène géo-mécanique lié à la forte baisse de pression dans l'intervalle de test pendant la PSR."*

Cette séquence PSR (Pressure Static Recovery, on ferme la valve d'obturation, début du test) succédant immédiatement aux injections en pression (12 injections sur 5 heures), la chute de pression dans le forage est de l'ordre de ~ 2,5 MPa (voir document 6 : *SIS*, fig. 3.2.2 p. 60).

Or, GEO-RS (voir document 63 : p. 38, mis en gras par nous) décrit l'unité dans laquelle a été faite le test n° 2 :

*"Le faciès des grès à Voltzia se caractérise par un **grès moyen à grossier**, blanchâtre à verdâtre, propre, **friable**, argileux, plus ou moins riche en matière organique et à intercalations de tailles variables (centimétriques à pluri-métriques) d'argile verte micacée."*

Le Log (voir document 66) montre que plus de 80 % de l'intervalle de test était des grès (ce que confirme évidemment la bonne transmissivité de l'intervalle). Le seul élargissement de trou sur une petite hauteur de ~ 1 m dans les grès du Buntsandstein se trouve au niveau d'un banc de grès si la diagraphie est exacte (voir document 66 : à 1891 m). On savait donc dès la phase de forage du EST433 qu'au niveau du test n° 2 les grès étaient "*friables*". Cela reste qualitativement vague. Une étude préliminaire de leur tenue (théorique d'après les valeurs physiques des diagraphies, pratique sur carotte...) aurait dû permettre de décider des conditions de test afin d'éviter un éventuel accident sur des tests réalisés en trou nu.

Enfin, un puits de forage peut toujours être nettoyé avec l'aide d'un tube souple (air lift, etc.).

#### **b) L'Andra avait programmé l'analyse de la productivité/injectivité de l'aquifère crépiné en longue durée après nettoyage du forage**

La communication des spécifications techniques et des cahiers des charges concernant la détermination de la ressource géothermique a été demandée avant l'envoi de notre mise en demeure. Cependant, ils n'ont été obtenus que postérieurement, soit environ deux mois après la demande initiale et suite à trois lettres recommandées (voir document 88).

Le chapitre III des cahiers des charges (voir document 90, ci dessous abrégé comme CC) donnait les directives pour une véritable étude des productivité/injectivité des grès du Trias prévue par les spécifications techniques (voir document 84, ci-dessous abrégé comme SP). Les objectifs de cette étude étaient de réaliser des prélèvements de fond au droit des venues d'eau identifiées dans le Trias et de réaliser un test d'injectivité afin d'obtenir une valeur représentative globale de cette grandeur pour les formations gréseuses du Trias.

La réponse Andra du 18/01/13 confirme cette nécessité (p. 5/6 de l'annexe) :

*"Les caractéristiques argilo-gréseuses de la formation imposent également une complétion de puits de réinjection et des protocoles de développement des deux puits (production, injection) spécifiques pour avoir une exploitation fiable..."*

Pourtant, ces essais n'ont jamais été effectués.

Les spécifications techniques de l'Andra programmaient des "pompages longue durée" "...à la fin de toutes les opérations se déroulant sur le forage [EST433] et décrites dans le présent document (pas de co-activité avec le foreur)"; "Chaque pompage [dans les différents forages, incluant Oxfordien et Dogger] devrait durer de 1 à 3 mois..."; "le volume du puits doit être renouvelé au moins de 10 à 20 fois.". "Des pompages... prévus... dans le forage au Trias EST433, après le départ de l'appareil." (voir document 90 : CC p. 112). Ces pompages seront réalisés après "remplacement boue par eau" (du captage AEP d'Echenay) et la pose d'un "liner 5" crépiné" si le trou, après contrôle montre des instabilités (voir document 84 : ST p. 70, p. 120, p. 176 ; document 90 : CC p. 143). Pour "cette mise en eau (circulation deux cycles de l'eau d'Echenay)", l'eau sera amenée par citerne de 20 m<sup>3</sup> (voir document 90 : CC p. 210, 217). On verra, dans le paragraphe IV.d, que la crépine était là et sera mise en place dans ce forage.

Pour ce programme de pompage longue durée du EST433, les cahiers des charges sont écrits par l'Andra qui devient le maître d'œuvre une fois la machine de forage partie.

Des diagraphies géochimiques (principe décrit en annexe 1 ci-dessous) étaient prévues parallèlement jusqu'au fond du forage (voir document 84 : ST p. 147). Le titulaire prévu était le groupement HYDROINVEST/Colenco (voir document 90 : CC p. 205). "Pour le forage Trias, des diagraphies géochimiques seront réalisées par un autre dispositif fourni par le Titulaire [celui de l'Andra ne va pas assez profond] et qui permettra de descendre jusqu'à 2000 m de profondeur." (voir document 84 : ST p. 147) ou : "Les diagraphies géochimiques (Température, conductivité) seront réalisées à l'aide d'une unité mobile de diagraphie mise à disposition par le prestataire." (voir document 90 : CC p. 208). "La mobilisation d'HYDRO INVEST pour ces opérations sera effectuée directement par ordre écrit (fax ou mail) au plus tard 48 h avant le début des opérations" (voir document 90 : CC p. 205).

"Les pompages de longue durée pourront être mis en œuvre avec l'unité de pompage complémentaire [le dispositif nominal ne convenant pas pour profondeur du EST433]. Cette unité sera fournie par l'Andra dans le cadre du contrat "pompages et diagraphies géochimiques" et comporte uniquement le système de pompage, de suivi de niveau et de débit." (voir document 90 : CC p. 206).

"Le contrôle des données en temps réel est essentiel à la conduite du pompage... (...) ... Les données de diagraphie géochimique seront acquises manuellement sur site par un technicien mis à disposition par HYDRO INVEST... (...) ...l'historique et des caractéristiques de chaque pompage sera consigné..."; "L'objectif de ce pompage est de réaliser des prélèvements de fond au droit des venues d'eau identifiées dans le Trias... (...) ... Le premier critère retenu pour l'arrêt du pompage est la reproductibilité de deux logs géochimiques réalisés **à 24 heure d'intervalle au moins**... (...) Quand ce premier critère est atteint... au moins deux prélèvements sont réalisés pour analyse des majeurs dans les 48 heures... Si ces prélèvements ont pu être réalisés, les prélèvements finaux sont réalisés et le pompage est arrêté si les concentrations en majeurs sont stationnaires. Si les prélèvements n'ont pu être réalisés, le pompage est arrêté au maximum **une semaine après l'obtention du premier critère.**" (voir document 90 : CC p. 207 ; mis en gras par nous pour montrer le type de durées prévues a priori). De même, les contrôles gazole et huile du groupe électrogène pour ces pompages longues durées seront "**hebdomadaires**" (voir document 90 : CC p. 208).

Le programme précise (extraits/résumé ; voir document 90 : CC p. 208-209) :

- "Arrivée après départ du foreur",
- réalisation d'une diagraphie température conductivité,
- mise en place de l'unité de pompage complémentaire sur le forage, choix de la cote d'installation de la pompe et du capteur de niveau en accord avec l'Andra,
- mise en route du pompage,
- réalisation de diagraphies température/conductivité en cours de pompage en fonction des demandes de l'Andra. "Elles nécessiteront le démontage du pompage et la libération du forage, puis la remise en place du pompage après l'opération."
- Arrêt du pompage : lorsque le profil géochimique est stabilisé... démontage du pompage; suivi de remontée de niveau [c'est une séquence de *récupération* comme discutée dans notre pièce annexe 3 IV.].
- prélèvements : en collaboration avec le titulaire du contrat "Suivi hydrogéochimique des forages profonds"

(IRH, une PME environnement nancéenne pour les suivis classiques de l'eau). La mobilisation de ce prestataire est du ressort de l'Andra.

"Des prélèvements de fond au niveau des différentes venues d'eau repérées (par température, conductivité et analyse des diagraphies) dans le Trias..." (voir document 90 : CC p. 211). C'est à ce moment-là qu'étaient prévus les prélèvements pour les analyses très spécialisées par différents laboratoires de FORPRO, le BRGM et autres : isotopes, gaz rares, éléments majeurs et traces. "Ces pompages ont pour but d'**obtenir des fluides les plus représentatifs possibles** de la formation... (...) Selon les caractéristiques des venues d'eau, un obturateur au câble pourra être mis en place pour isoler des venues profondes qui seraient dominantes. Deux phases de pompage de longue durée pourront être envisagées dans ce cas : la première sans l'obturateur pour prélever les venues profondes et la deuxième au dessus de l'obturateur pour prélever les venues supérieures." (voir document 84 : ST p. 146).

"Le planning de ces opérations dépendant de la disponibilité du forage et des productivités des niveaux testés, sera stabilisé avant la réalisation de ces pompages." (voir document 90 : CC p. 209, 218)

### Test d'injectivité

"Un autre objectif de cette prestation est de réaliser un test d'injectivité afin d'obtenir une valeur représentative globale de cette grandeur pour les formations du Trias." (voir document 90 : CC p. 205).

Le cahier des charges ne décrit pas en détail ces tests qui devaient être précisés à la suite des opérations des tests entre obturateurs et des pompages de longues durées. Ce test devait être réalisé avec de l'eau issue des pompages longues durées (on constate que le problème de son oxydation n'est pas mentionné/discuté; on verra ci dessous (paragraphe IV) qu'on est en droit de s'inquiéter aussi du terme "les formations du Trias").

"Le prestataire mènera un test d'injectivité permettant d'évaluer ce paramètre globalement sur l'ensemble des formations triasiques non tubées." (voir document 90 : CC p. 209). A ce stade on ne peut pas comprendre l'importance de la précision redoutable des deux derniers mots ("non tubées") de cette phrase. On vient de lister un projet sur le papier tout à fait satisfaisant d'une étude complète d'un aquifère, en production et en injection. Mais qu'allait-il en être réellement ? Quelle étaient les intentions de l'Andra ? On ne le comprendra qu'au paragraphe IV ci-dessous.

En attendant, la description de ces cahiers des charges permet de montrer que la réponse de l'Andra à notre mise en demeure est bien loin des objectifs affichés alors (annexe p. 1/6, mis en gras par nous) :

**"La perméabilité des grès a néanmoins été approchée, et de l'eau de formation prélevée, selon les objectifs de ce forage de recherche."**

## II. La boue de l'Andra

Comme expliqué plus haut (paragraphe I.a), l'affirmation "Il convient de retenir que le maintien de la boue dans le forage est nécessaire à sa stabilité du fait de la présence de petits lits argileux dans les grès" est à l'exact opposé de décennies de pratiques et de savoir faire hydrogéologique, pétrolier et géothermicien . Elle est démentie par ce que l'Andra elle-même avait planifié.

### a) Avant notre mise en demeure, cette boue « nécessaire » était officiellement interdite ...

En préparation à ce forage EST433 pour la détermination de la ressource géothermique du Trias, L. Drouot présenté comme expert avait exposé devant toute la plénière du CLIS de Bure (dont l'Andra est membre de droit) que :

**"nous pourrions imaginer que la boue puisse colmater partiellement autour du forage la roche, ce qui évidemment nous empêcherait d'avoir une idée très claire du débit possible"**

Il fallait donc s'assurer que toute la boue avait été nettoyée, et il expliquait comment (voir synthèse technique). Or, cet expert n'en était pas un (centralien avec un master d'électronique) et avait préparé son intervention a-t-il expliqué par "...une réunion de travail approfondi..." avec le directeur du Laboratoire de Bure et un hydrogéologue Andra de l'équipe du forage EST433 (voir document 10 : *CLIS de Bure plénière du 27/11/2007, p. 17*). Les conclusions d'un rapport postérieur de cet intervenant (voir document 89 : *Drouot 2010*) citées dans la réponse du 18/01/13 de l'Andra (p. 3/3 : "il n'a émis aucune objection quant à la fiabilité et la qualité du travail accomplis") ont été mises en cause à la plénière du CLIS du 04/02/13 par un débat contradictoire. L. Drouot a refusé d'aborder les questions techniques, notamment sur la boue pour laquelle il était mis face à une contradiction personnelle : "mon métier n'est pas d'être expert... mon métier consiste depuis 40 ans à écouter les experts et à être un homme de synthèse préparant les décisions" (voir document 112, [là](#) : p. 22 ). Poussé par la salle, il n'ira pas plus loin que : "comme l'a rappelé Pierre Robin de l'Andra, les forages ont été faits dans de bonnes conditions pour obtenir la mesure des paramètres dont nous avons besoin" (voir document 112 : p 36 ). C'est le serpent qui se mord la queue : l'Andra s'appuie sur un expert qui s'appuie lui sur l'Andra.

Plus sérieusement, deux hydrogéologues de l'Andra avaient expliqué dans une revue française d'hydrogéologie : pour "*une caractérisation hydrogéologique précise du milieu «hôte» (en l'occurrence la couche d'argile... ) et des formations géologiques qui le jouxte...*" (...) "*le but du forage de reconnaissance... (...) pour la réalisation des tests hydrogéologiques...*". La première chose à faire est de remplacer la boue par de l'eau, poursuivent-ils. Ce sont les passages que nous citons dans la synthèse technique (voir aussi document 9 : p. 54-55). C'est effectivement ce qui était prévu à Bure pour les grès du Trias aussi (I-b ci-dessus).

L'Andra disposait pourtant de tous les éléments nécessaires à prévenir des obstructions qui ont mis à mal l'ensemble des investigations réalisées sur le forage EST 433.

En 1995 dans le forage MSE101 de Bure, le puits est mis en eau pour la réalisation des tests hydrauliques dans les séries calcaires Oxfordien et Dogger. La formation Callovo-Oxfordienne ayant montré dans le forage précédent HTM102 une mauvaise tenue mécanique si le puits était mis en eau, le MSE101 a été gardé "en boue" pour le Callovo-oxfordien. La mauvaise tenue mécanique de la partie centrale de l'argilite avait été confirmée par les mesures du diamètreur, aussi le forage a été alésé avant de procéder aux tests (voir document 106 : p. 71).

Suite à cela, dans le Callovo-oxfordien, la boue a été évacuée du volume de test le temps du test :

*"Les tests 6, 7, 8, et 9 ont été réalisés puits en boue, mais l'intervalle de test et le tubage 2"7/8 ont été mis en eau avant le lancement du test. (... , afin, ) d'éviter des problèmes d'équipement qui auraient pu avoir lieu avec un intervalle en boue (mauvaise fermeture de la vanne d'obturation par exemple)."*(voir document 106 : *Géoservices, Cie de Schlumberger, 1995, [là](#), p. 71 ; mis en gras par nous)*

Or, les tests n° 6, 7 et 8 du MSE101 ont été réalisés en pleine argilite s.s. après cette mise en eau et ont pu être exploités tout à fait raisonnablement pour ce type de roche selon l'opérateur (voir document 106 : *Géoservices 1995, p. 71 à 97*). La relativement bonne interprétabilité a été confirmée par une analyse postérieure (voir document 107 : *Baker & Hughes 2005*). Cette pratique et son résultat sont cohérents avec la publication 1994 des deux hydrogéologues de l'Andra (voir document 9, [là](#) : p. 54-55). Autrement dit, même dans de l'argile s.s. à 100 %, qui est la roche la plus sensible à l'eau, on peut dire au minimum que le maintien de la boue de forage n'est pas une « nécessité » pendant la durée du test. La compagnie Géoservices se méfiait donc surtout des conséquences en termes de dysfonctionnements de l'équipement de test.

Nous avons aussi cité dans la synthèse technique l'homologue suisse de l'Andra pour les tests réalisés en boue, dans son forage de Schafisheim près de Zurich au début des années 80 (en séries argileuses, calcaires et grès-argileuse). Tous ont montré des obstructions manifestes et problématiques de l'outil (voir document

8 : 1990, p. 8 ; voir aussi le Point Pa-4 de la pièce annexe 10).

### b) L'ANDRA aurait tendance à mélanger les grès , l'argile et la boue...

Par exemple pour le forage de Germisay alors que nous rectifions en Pièce-annexe 1-III-a ([là](#)) qu'il s'agit de la boue artificielle de forage parfaitement décrite comme telle dans le rapport des opérateurs (Document 31, Andra, "La vie du Labo" n°22, p. 10, [ici](#)) :

*"... n'ont permis de retirer qu'un très faible débit d'eau boueuse. Ce résultat s'explique car le laboratoire se trouve sur la bordure Ouest de l'aquifère du Trias dont les caractéristiques vont en se dégradant d'est en ouest."*

Ou l'unique description du Trias inférieur donné dans ses grands documents de référence :

*"- la capacité de production de ces horizons sur le secteur apparaît très faible, du fait d'un mélange d'argile aux grès des formations aquifères. "* (Document 34, [ici](#); Affirmation écrite du Président de l'Andra au Président du CLIS de Bure, aussi Préfet de département)

*"...grès du trias inférieur... : leur épaisseur diminue fortement d'est en ouest en même temps que les grès se chargent en argiles, la productivité attendue est faible..."* (document 35, 2004, c'est "le" document de référence de l'Andra sur la géothermie, [là](#), p. 26);

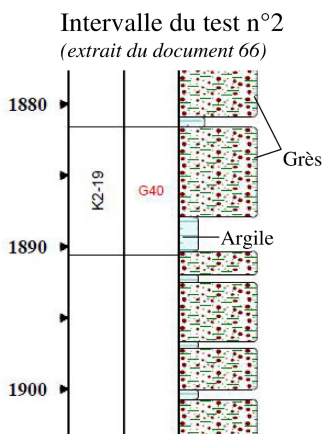
*"L'augmentation de l'argilosité d'est en ouest, confèrent à cette formation de faibles potentialités aquifères."* (document 44, ceci est "la" référence pour le vote de la Loi 2006-739 du 28 juin 2006 : Andra 2005a, juin t1, chap. 8, p. 36; décembre et numérique, idem p. 63, [ici](#)).

Or, le forage de Lezéville, situé entre Germisay et le laboratoire, avait montré des *"grès moyens à grossiers, dans l'ensemble assez "propres", peu cimentés, manifestement poreux et perméables."* (document 17 : Coparex 1989, p. 14, [ici](#), soulignés dans le rapport; cf. notre Pièce-annexe 1-I.). D'autre part ce qui est *"désormais l'article qui fait référence"* pour l'Andra selon sa réponse du 18/01/13 (voir Pièce-annexe 8) montre que l'on a à faire à une série gréseuse plus pauvre en particules fines dans sa partie Ouest, exactement l'opposé de ce que l'Agence prétendait dans ses documents de référence ci-dessus nommés.

### c) Comme justification : une bouillie de chat

Afin de réconcilier la présence désormais « nécessaire » de la boue de forage et celle provoquée par les « grès chargés en argile », l'Andra donne donc cette explication dans sa réponse du 18/01/13 (annexe p. 1/6, [ici](#)) :

*"Cependant, des particules argileuses du terrain (sédiments) passent dans la boue. Le recyclage de la boue de forage permet d'en évacuer une grande partie, le reste sédimente dans le fond du forage. La réussite de l'opération impliquait un compromis dans la gestion de la boue dans le forage pour à la fois garantir la tenue du trou nu pendant les tests et la réalisation des tests, qui nécessitait d'arrêter la circulation de la boue pendant toute leur durée. La colonne de boue dans le forage faisant alors plus de 1800 mètres de hauteur, la boue a partiellement sédimenté induisant des pertes de charge lors des pompages."*



La colonne de boue sédimente parce qu'elle est haute de 1800 m ? D'où proviennent ces sédiments ? Certainement pas de l'argilosité des grès du fond de forage dont il a été tant question depuis 10 ans (voir ci-dessus II.b).

Des "particules argileuses du terrain" sédimentent, elles aussi, dans le fond du forage ? Le Log de forage montre que l'intervalle du test n°2 dans le haut du Buntsandstein est composé à plus de 80% de grès, et que la seule fragilité de paroi sur une hauteur de ~ 1m a été détectée sur un banc de grès si la diagraphie est exacte (Document 66 : 1891 m). D'où proviennent ces sédiments alors ? Et si par magie ce retournement de proportion et cet étonnant phénomène physique (ces particules argileuses passent à travers

l'autre boue gélatineuse qui est celle de forage ?) étaient possibles, qu'est-ce que cela aurait à voir avec le test n°2 dont la base est située 100 mètres plus haut que le fond du forage et son sommet à 125 mètres ?

Nous avons une dernière petite question : où sont dans ce petit-modèle-explicatif les cuttings/débris des 45 mètres friables des 90 m de l'ensemble argileux rouge du Muschelkalk que l'Andra a imposé dans le trou nu au dessus des grès ? : voir ci-dessous IV-a. En effet la réponse Andra du 18/01/13 précise qu'elle ne parle que de "petits lits argileux **dans les grès, car le forage était en trou nu sur toute la hauteur de ces grès.**" (Annexe p. 1/6, [là](#)). Les cuttings de l'ensemble argileux du Muschelkalk n'auraient pas eux sédimentés au fond parce qu'ils seraient restés collés sur la crépine peut-être par exemple ?

### III. Qualité des tests en boue

#### a) Les tests rapides de surveillance en boue des pétroliers

Les pétroliers peuvent décider de tester toute zone montrant de l'huile dans les cuttings (débris de la roche) et cela pouvait aller jusqu'à 20 à 30 tests au cours d'un même forage. Pour cet usage répétitif intensif rapide de surveillance de principe, il n'y a pas de pompe et travailler en boue de forage permet de faire des économies substantielles. Cependant si la formation est sensible au colmatage ils utilisent de la saumure (Document 113). S'ils travaillent en boue, la bonne pratique chez les pétroliers est avant un test de lui faire faire "à vide" plusieurs circuits (passage dans les tamis) qu'elle soit dépourvue de cuttings. Afin d'éviter le maintien d'un cake sur les parois du forage, ils font des tests de *production* (ouvrent la vanne d'obturation alors que la pression dans le tubage du forage est inférieure à celle de la formation) plutôt que d'*injection* (où la pression dans la colonne serait supérieure à celle de la formation). Le cake peut subsister de la phase de forage et circulation de la boue. Cette situation s'appelle chez les pétroliers : *wellbore damage*, "puits endommagé" (Document 70 : Earlougher 1977, p. 8) ce qu'ils évaluent par le facteur de pellicule, un paramètre fondamental qui n'est jamais omis des résultats. Comme nous l'avons mentionné en Pièce-annexe 3-IV-d, la plus grande valeur du facteur de pellicule qui figure dans le livre de Earlougher (la "bible") : 81 (contre 210 pour le calcul de la transmissivité des grès dans EST 433 !, [là](#)), est associée à la remarque : "le puits était *sévèrement endommagé*." (dans le sens pétrolier : sa capacité de production était *sévèrement* affaiblie, sachant que les boues bentonite peuvent affecter durablement la perméabilité des parois du puits) .

L'Andra écrit dans sa réponse du 18/01/13 :

*"Il est habituel de réaliser des essais de type slug-test en boue.", "Les conditions réelles au moment du test sont prises en compte dans les interprétations qui en sont faites." et "La perméabilité des grès a néanmoins été approchée"*

Habituel en surveillance pétrolière rapide, oui. Première remarque, le contrôleur suggère que lors des tests du EST433 il y avait des "débris dans la colonne de boue" (voir ci-dessous : "Non il n'est pas habituel.."). Les pétroliers prennent des précautions pour éviter cela bien qu'il s'agisse de tests de surveillance.

D'où la question :

- Ces précautions n'ont-elles pas été prises pour les tests en boue du EST433 ?
  - Aurait-il pu exister une autre source de débris que ceux produits au niveau du trépan ? Par exemple un long intervalle argileux s'effritant dans le forage ? (→ paragraphe IV ci-dessous).
- L'Agence affirme qu'il est « nécessaire » d'utiliser de la boue à cause "de la présence de petits lits argileux dans les grès". Mais il s'agit là de boue à base... d'eau, or l'Agence écrit par ailleurs :
- "de passées argileuses trop importantes pouvant créer des instabilités de trou lors de la phase 6" **en boue à base d'eau.**" (Document 84, SP p. 120);
  - "les épais intervalles marneux du Trias supérieur et du Lias **interdisent une boue à base d'eau.**" (Document 84, SP p. 45, c'est nous qui mettons en gras).

Ensuite, elle parle de *slug test*, le type essentiellement réalisé en surveillance pétrolière (on baisse le niveau fluide dans le tubage, par air-lift, en épongeant ou une mini pompe, et on ouvre la valve d'obturation : la

formation produit alors dans le tubage, il n'y a pas besoin de pompe dans le forage, dont l'installation est exclue pour des tests rapides de routine). Or, justement aucun slug-test dans le Trias du EST433 n'a été interprétable à cause des obstructions. Seule la séquence de récupération d'un pompage (non pas d'un slug test) l'a été *a priori* (le fameux et unique " $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ").

L'Andra affirme dans sa réponse du 18/01/13 (annexe p. 1/6) que : "*Chaque test hydraulique dans le forage EST433 a été constitué de plusieurs phases enchaînées : - slug-test par extraction d'eau...; - slug test par ajout d'eau...*". C'est malencontreusement inexact. La séquence de slug prévue lors du test n°2, le seul test dont on parle vraiment, a été supprimée volontairement : "*il n'y a pas eu de phases de diagnostique (SW et SWS) réalisées. Il a été considéré qu'elles n'étaient pas nécessaires et sautées.*" écrit le contrôleur visiblement surpris (Document 11, Egis géotechnique 2008, p. 7, [ici](#); SW est pour Slug Withdrawal, slug en dépression, et SWS est la phase de récupération associée).

Pour ce qui est d'un pompage, il n'est pas habituel du tout de le réaliser avec forage et crépine couverts et remplis de boue de forage ! Quant aux conditions "réelles" "prises en compte dans les interprétations" que notre Mise en demeure décrit en français pour la première fois et pour lesquelles elle produit la valeur exceptionnelle du facteur de pellicule pour la première fois aussi, elles confirment à la France la tromperie qui consistait à jauger la ressource géothermique à partir d'une comparaison sur des débits qui n'étaient physiquement pas comparables.

La présence d'une pellicule affecte le débit et la pression/rabattement nécessaire (*damaged well*), et avec la courte durée de ce type de test, elle limite la profondeur de roche testée. La pellicule introduit des incertitudes dans la détermination de la perméabilité, plus ou moins grandes selon la qualité des tests, parce qu'elle ne peut pas être connue, ni donc ses effets réels. Elle est seulement caricaturée par les modèles. Lorsqu'ils arrivent à une couche visée pour une exploitation potentielle, les hydrogéologues, les géothermiciens et les pétroliers réalisent des tests longs dans des forages qui sont débarrassés de la boue de forage si celle-ci a été utilisée au niveau visé. Nous en avons déjà parlé pour les rapports BRGM pour les pré-étude géothermiques du Dogger (cf. notre "Synthèse technique"; et fin de Pièce-annexe 3-IV-d; voir aussi Point Pa-4 de la Pièce-annexe 10). Cela supprime les incertitudes et teste le réservoir en profondeur. A la différence des tests de routine pétrolière, il s'agit de collecter des informations fiables sur lesquelles peuvent s'appuyer des décisions d'investissements financiers à amortir sur le long terme (Eau potable, puits de pétrole ou ressource géothermique). C'est à ce type d'objectif de production potentielle que devait répondre l'étude de l'aquifère du Trias inférieur sous Bure et ces tests longue durée figuraient donc dans les spécifications techniques et Cahiers des charges (paragraphe I-b ci-dessus). On verra au chapitre IV pourquoi cela n'aura été que des belles paroles.

#### **b) L'Andra avait prévu d'abord trois tests dans la boue polymère**

On lit dans les Spécification techniques que l'Agence avait programmé en premier 3 tests sur une durée de 6 à 10 jours "*fonction des possibilités de production des niveaux gréseux*" (Document 84 SP p. 140, 120; Document 90 CC p. 81) avec une pompe pouvant tirer jusqu'à  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  (voir Pièce-annexe 5). Et si l'Agence demande l'évacuation de la boue de forage et son remplacement par de l'eau claire c'est postérieurement, juste après, ces trois tests (SP p. 120). "*Les tests dans le Trias se feront le forage en boue polymère...*" (SP p. 95, p.120) sans aucune évacuation de la boue avant de gonfler les deux obturateurs (SP p. 141), c'est une directive.

#### **c) Non, il n'est pas habituel d'avoir des obstructions massives multiples dont l'Andra s'est bien gardé de rendre compte : crépine, valve d'obturation, port d'entrée des capteurs de pression...**

Nous avons présenté dans la pièce annexe 3 V. les évidences accablantes de l'injection volontaire de plusieurs mètres cubes de boue dans le tubage interne du train de test sous la direction de l'Andra ([là](#)). Ces injections ont été faites en introduction du test n°2. Elles correspondent exactement à ce qu'il aurait fallu faire pour nettoyer l'intervalle de test de toute boue, eussent-elles été faites à l'eau claire comme l'avait fait Géoservices lors des tests dans l'argilite du forage Andra MSE101 comme on l'a vu ci-dessus dans II-a. La réponse Andra du 18/01/13 (Annexe p. 1/6) prend le ton de la personne qui proteste énergiquement en même

temps confirmant que... il n'a pas été utilisé d'eau claire : "*le maintien de la boue dans le forage est nécessaire... Il est habituel de réaliser des essais de type slug-test en boue...*".

Travailler en boue comme s'il s'agissait de tests de surveillance de routine pétrolière est une chose, avoir des tests in-interprétables en est encore une autre.

Sur un total de ~ 12 séquences en trois tests, une seule séquence de l'un des tests est (sous réserves) exploitable :

- Le contrôleur refuse toutes interprétations proposées par les opérateurs pour l'ensemble du premier test composé d'au moins 5 séquences (Document 11 : Egis géotechnique 2008, p. 6, [là](#)) : "*Le test présente des incertitudes considérables*". De leur côté les opérateurs écrivent : "*... limitation du modèle conceptuel qui ne tient pas compte des phénomènes potentiels associés avec l'obstruction apparente de la crépine affectant les propriétés de pellicule pendant les séquences de test.*" (Document 6 : SIS p. 53, test n°1).
- Le test n°2, composé de 3 séquences commence sur un (Document 6, SIS, Rapports journaliers, [là](#), p. 140) : "*... → système obstrué*", avec : "*Discussion pour savoir si c'est la valve d'obturation qui est obstruée ou la crépine. Il y a des indices que la valve d'obturation est obstruée ce qui fait lien avec la diminution de débit du test précédent.*". Sa dernière séquence est la seule *a priori* exploitable.
- Enfin le test n°3 composé de 4 séquences sera aussi évacué par le contrôleur (Document 11 : Egis géotechnique 2008, p. 4) : - "*... les mesures effectuées dans le cadre de ce dernier test, ne sont pas représentatives de la formation.*".

Aucun des documents cités ne donnent la composition de cette boue polymère qui apparaît épaisse et gélatineuse sur les photos (Document 6 p. 129, 130). Le constat est qu'elle a gravement affecté les écoulements à tous les passages étroits de l'outil. Pour le test n°2 le contrôleur écrit (Document 11 : Egis géotechnique 2008, p. 7 puis 8) : "*On suspecte que l'outil de test était bouché au départ du test à cause de débris dans la colonne de boue.*" et : "*le bouchon dans l'équipement de fond a été le plus vraisemblablement provoqué par des débris dans la colonne de boue...*"; "*Le débit était inférieur à celui prédit par les documentations de la pompe, ce comportement résultant probablement d'une obstruction dans l'outil... (...)* ... *Un grand facteur de pellicule a été identifié dans l'analyse. Cela semble consistant avec l'hypothèse que l'outil était en partie obstrué.*". En rapport à la littérature, la valeur très élevée de ce facteur de pellicule qu'il nous a fallu calculé (= 210 ; Pièce-annexe 3-IV-d) représente une gêne *exceptionnelle* à l'écoulement. S'ajoute à tout cela les obstructions très probables du port d'ouverture du capteur P2 décrites dans notre Pièce-annexe 3-V et VI, [ici](#) (figs P3-4 et P3-6).

#### **IV. A l'origine des troubles, l'IMPOSITION par l'Andra de 90 mètres de roche argileuse dans le trou nu avec les grès**

##### **a) L'équivalent des argilites du Callovo-oxfordien, pour moitié friable, laissé en trou nu**

Le problème que l'on aborde maintenant est **arithmétique et très simple : 150 m n'est pas 300 mètres.**

Nous donnons les citations des spécifications technique (Document 84, abrégé ST ci-après) et cahiers des charges (Document 90, abrégé CC ci-après).

##### La contradiction majeure vient des spécifications techniques de l'Andra

Dans les spécifications techniques l'évaluation du potentiel géothermique concerne le **Trias inférieur** : diagraphies thermiques jusqu'au fond du forage, évaluation de la productivité et de l'injectivité (ST p. 67). Son épaisseur y est estimée entre **100 et 150 mètres** (ST, [ici](#) p. 18). Il doit être garni d'un tubage crépiné si le trou est instable (ST p. 70, p. 120).

Le **Muschelkalk (Trias moyen)** au dessus est estimé d'une hauteur de **150 mètres** : "*des niveaux argilo-carbonatés...avec quelques passées finement gréseuses*" (ST p. 19). Ces deux ensemble, Trias inférieur et moyen, font qu'à environ à **300 mètres** de la base, on devait passer au Trias supérieur (coupe prévisionnelle ST p. 20, p. 66).

Dans la description prévisionnelle du carottage prévu, il en est dit un peu plus : "*Le Muschelkalk moyen à inférieur qui présente des faciès très variés. Cet **ensemble argileux**, s'enrichit en silt et en grès fin vers la base à Lezéville ([l'ensemble argileux :] épaisseur de l'ordre de la centaine de mètres sous les calcaires du Muschelkalk supérieur). A Chevillon, cet ensemble fait également de l'ordre de la centaine de mètres mais, même si la tendance générale est respectée, il peut montrer des niveaux gréseux fins plus massifs dans la partie supérieure.*" (CC p. 184; c'est nous qui mettons en gras; pour les niveaux gréseux de la partie supérieure voir Annexe 2 ci-dessous). Ainsi, pour situer la carotte qui devra échantillonner le sommet du Buntsandstein il est calculé : "*la carotte sera donc déclenchée à environ 100 m sous la base des niveaux calcaires du Muschelkalk supérieur lorsque la tendance gréseuse sera bien installée.*" (CC, [ici](#), p. 186). Entre la base des calcaires et le haut de la tendance gréseuse, c'est l'*ensemble argileux*.

Les spécifications techniques prévoient que le haut du forage EST433 soit tubé. Ce **tubage** est programmé jusqu'à la **profondeur fixée d'avance** de ~ 1700 mètres, **soit à 300 m de la base du forage aussi fixée d'avance** (ST p. 120; CC p. 20). Il est argumenté à cette occasion qu'ainsi il n'y aura pas "*de passées argileuses trop importantes pouvant créer des instabilités de trou lors de la phase 6*" en boue à base d'eau." (ST p. 120).

C'est là l'aiguillage majeur : Selon les spécifications techniques 2007 de l'Andra, l'*ensemble argileux* du Trias moyen (Muschelkalk) qui sera traversé par une suite d'outils, lavé à l'eau claire puis laissé en saumure pendant des mois n'est pas "*trop important*" et ne "*pourrait*" donc pas créer des instabilités de trou. Cette même Andra nous prétend en 2013 pour un test de 25 mètres (test n°2) à plus de 80 % gréseux et pour seulement plusieurs heures (p. 2/3). : "*Il convient de retenir que le maintien de la boue dans le forage est nécessaire à sa **stabilité du fait de la présence de petits lits argileux dans les grès.***"

Sur le type de boue ensuite, l'Andra écrit (ST p. 45, nous mettons en gras) : "*les forages à objectif «Callovo-oxfordien» doivent montrer un bon calibrage des parois, une bonne tenue de trou sur plusieurs jours... Ces contraintes imposent ... une boue à l'huile. C'est également le cas pour le forage au Trias, pour lequel la **traversée du sel du Keuper, ainsi que les épais intervalles marneux** du Trias supérieur et du Lias **interdisent une boue à base d'eau.***"

Ce qu'elle *interdit* ne soit-ce que le temps du forage pour le Callovo-oxfordien (96 m d'argilites à Bure; voir Document 101, [ici](#)) et des intervalles marneux, elle l'impose pour des mois (boue à l'eau puis eau d'Echenay puis saumure) via les mêmes spécifications techniques pour l'*ensemble argileux* du Muschelkalk épais d'une centaine de mètres.

Enfin au delà de ce problème majeur de l'instabilité du forage, quelle pourrait bien être la raison hydrogéologique d'imposer l'*ensemble argileux* en trou nu ?

Quel rapport avec la géothermie ?

Il n'y a nul part de but mentionné.

A moins... que... l'Andra tenait beaucoup à mêler de l'argile aux grès. Ne prétend-t-elle pas avec insistance depuis 10 ans que les grès sont argileux ? (voir ci-dessus II-b). Ainsi l'Agence va pouvoir nous affirmer dans sa réponse du 18/01/13 (annexe p. 1/6, nous mettons en gras) : "*Du fait des **difficultés techniques inhérentes aux horizons argilo-gréseux...** De telles conditions de foration et de tests ont été rencontrées au cours du forage EST433.*"

Et cette réponse du 18/01/13 se garde bien de dire que l'Agence a imposé l'*ensemble argileux* du Muschelkalk dans le trou nu (annexe p. 1/6, [là](#), nous mettons en gras) :

*"Ainsi le maintien de la boue dans le forage pendant les tests était **nécessaire à la stabilité** du forage du fait de la présence de **petits lits argileux dans les grès, car le forage était en trou nu sur toute la hauteur de ces grès.**"*

### Les cahiers des charges du maître d'œuvre entraînés dans la contradiction

Les cahiers des charges ne peuvent que mettre les spécifications techniques en pratique : *"La longueur de l'intervalle [de test] sera adaptée aux paramètres de formation et à l'épaisseur des zones productives. Au vue de l'extension de telles zones productives dans la formation du Buntsandstein (épaisseur des grès de jusqu'à 150 mètres) on préférera les plus grands intervalles de test."* (CC, [ici](#), p. 105). En même temps le tableau de la même page indique (sans commentaire) que l'intervalle à tester est celui (imposé par les spécifications techniques) de 1700 à 2000 m, le double de l'épaisseur des grès que décrit le texte. A la page 103 il y a cette phrase : *"détermination des formations gréseuses dans le Trias inférieur (i.e. Buntsandstein, Muschelkalk)"* et dans les prévisions de carottage il est écrit : *"En référence à Germisay, le trias gréseux fait de 150 à 200 m à l'aplomb du forage EST433"* (CC p. 190; Nota le rapport de forage de Germisay, Document 33bis, [là](#), p. 11, donne 157 m de Trias inférieur, avec beaucoup beaucoup de grès permien en dessous mais au dessus par contre des argiles compactes, dolomie à pâte fine et anhydrite sur 54 m puis c'est le Trias supérieur, le Muschelkalk étant probablement tronqué par faille indique le Cahier des charges : Document 90 CC p. 189). Le Maître d'œuvre (auteur du CC) travaille exclusivement sur les données géologiques que lui fournit l'Andra. Pour l'ensemble du Trias (inférieur, moyen et supérieur) il cite deux niveaux gréseux dont étrangement l'Agence lui a fourni des caractéristiques : le Réthien (c'est 600 m plus haut que le Buntsandstein au sommet-sommet du Trias supérieur !) et le Buntsandstein. Puis il constate : *"Il est programmé que le puits soit en trou nu sur l'intervalle 1700 à 2000 m ce qui ne couvre pas l'intervalle de sable du sommet du Trias (Rhétien). Les données utilisées pour la prévision du test sont donc basées sur les propriétés hydrauliques attendues des grès du Trias inférieur..."* (CC p. 104) dont l'épaisseur est de... 150 m et non pas 300 m (2000 - 1700) !

Il en résulte une confusion :

*"Une série de 3 tests entre obturateurs est prévue sur la hauteur de la phase 6", de 1700 à 2000 m, dans le Trias inférieur."* (CC p. 194)

Cette phrase du maître d'œuvre n'est pas seulement ambiguë, elle est fautive strictement puisque tout le monde est d'accord que le Trias inférieur est < 150 m (et la tendance gréseuse < 200 m). Le volontarisme de la tromperie envers les opérateurs étant avéré par le test n°3, le maintien au forceps de cette confusion n'est pas du à de la négligence

### Les données du forage

Quelques mois plus tard, le forage EST433 a donné à partir de 1700 m (Document 66, [ici](#) : Log EST433) en allant vers le bas :

- ~ 70 mètres de dolomies et argiles dolomitiques sans problème de tenue mécanique et sans eau libre,
- ~ 90 m de roche essentiellement argileuse rouge brique avec de fines passées gréseuses par endroit,
- ~ 15 derniers mètres adjacent au Buntsandstein (qui commence à 1874,5 m profondeur forage) décrit qualitativement comme argileux rouge à passées silteuses mais pour lesquels la diagraphie gamma montre des valeurs intermédiaires entre celle de la roche argileuse du dessus et celle des grès du dessous. Ils sont donc plus silto-sableux que l'intervalle du dessus est s'en différencient nettement par l'apparition franche d'eau libre selon la diagraphie et sans interruption désormais avec l'eau libre du Buntsandstein.

Au vue de la diagraphie "eau libre" il est légitime d'inclure *a priori* ces 15 derniers mètres avec le Buntsandstein pour les tests. Par contre la diagraphie indique qu'il n'y a d'eau libre dans les 90 mètres de roche essentiellement argileuse du dessus que sur 6 m isolés vers le haut (1796-1802 m profondeur forage; Document 63, GEO-RS 2008, [ici](#), p. 39). Les "grès de Trois Fontaines" (voir annexe 2 ci-dessous) sont donc ici réduits à une passé de ~ 5,5 m (verticalisée). Dessous c'est 53 mètres de roche argileuse non stop sans eau libre. La diagraphie diamètreur a révélé que plus de la moitié de l'ensemble argileux de 90 m : 47 m (1775 à 1822 m profondeur forage) avait eu des instabilités de parois (fortes entre 1775 et 1792; Document 66, [là](#), ligne rouge de la colonne la plus à gauche). *"Les zones caves, mises en évidence grâce au diamètreur dans la moitié supérieure de l'ensemble..."* (Document 63 : Geo-RS 2008, p. 39). La situation est donc juste l'inverse

de la "raison" donnée par l'Andra pour imposer cet ensemble argileux en trou nu, on la rappelle, qu'il n'y aurait pas selon elle, pour justifier 300 m sans tubage : "*de passées argileuses trop importantes pouvant créer des instabilités de trou lors de la phase 6" en boue à base d'eau.*" (ST p. 120, [ici](#), on met en gras).

Par comparaison, il n'y a eu qu'une cave sur une hauteur de ~ 1m dans les grès du Buntsandstein, et qui se trouve au niveau d'un banc de grès si la diagraphie est exacte (Document 66, [là](#) : 1891 m).

Epoque	Etage	Profondeur forage EST 433 (m)	Forage tubé		Zones de test	Description	Compléments		
				Forage non tubé laissée en trou nu					
TRIAS MOYEN	Lettenkohle	1700				70 mètres de dolomies et argiles dolomitiques sans problème de tenue mécanique et sans eau libre			
		1710							
	Muschelkalk supérieur	1720							
		1730							
		1740							
		1750							
		1760							
		1770							
		Muschelkalk moyen et inférieur	1780					90 mètres de roche essentiellement argileuse rouge brique avec de fines passées gréseuses par endroit	Zones caves, fortes instabilités de parois
			1790						Instabilités de parois
	1800				TEST n°3	Grès de Trois Fontaines			
	1810					Instabilités de parois			
	1820								
	1830								
	1840								
	1850								
	1860								
	1870					Argile rouge à passées silteuses - eau libre			
	TRIAS INFÉRIEUR - Etage du Buntsandstein	Grès à Voltzia	1880			TEST n°2	Grès , présence de petits lits argileux		
			1890						
1900									
1910									
1920									
Grès Vosgiens		1930			TEST n°1				
		1940							
		1950							
		1960							
		1970							
Cong	1980				Grès - conglomérat				
	1990								
	2000								

Schéma récapitulatif réalisé à partir des données du document 66

90 mètres argileux en partie friables sans eau libre hormis un banc de silt dans le haut, c'est presque l'épaisseur des argilites s.s. du Callovo-Oxfordien au niveau du laboratoire de Bure ( 96,5 mètres, voir document 101, [là](#)).

Le tubage effectivement posé dans le EST433 s'arrête à 1740 m (1730 en profondeur verticale) laissant 261 mètres en trou nu. Le Buntsandstein recoupé faisant 126,5 m, environ la moitié de la zone non tubée ne concerne pas la série gréseuse, ce qui était évident dès les spécifications techniques. Particulièrement, les 90 mètres argileux, friables pour moitié, sont restés en trou nu dans un forage incliné entre 15° et 19° (Document 6, SIS 2009, p. 12).

Cet intervalle de puits nu, destiné à être traversé à plusieurs reprises par divers appareillages, est destiné à être mis en eau claire, puis pose d'une crépine d'un diamètre de 10 cm pour un forage de 15 cm hors effritement, puis soumise à des pompages sur des semaines, des injections... Et cela n'empêche pas l'Andra de répondre à notre mise en demeure pour quelques heures de tests (p. 2/3, on met en gras) :

*"Il convient de retenir que le maintien de la boue dans le forage est nécessaire à sa stabilité **du fait de la présence de petits lits argileux dans les grès.**" !*

#### **b) Un échec planifié**

Pour les opérations prévues après le départ de l'appareil de forage, l'Andra devient maître d'œuvre en plus de spécificateur. Il donne l'instruction, toujours sans conditionnel (CC p. 209, c'est nous qui mettons en gras) :

*"Le prestataire mènera un test d'**injectivité** permettant d'évaluer ce paramètre globalement **sur l'ensemble des formations triasiques non tubées.**"*

La précision " *l'ensemble... non tubées*" est diabolique au vu des 300 m trou nu imposés par l'Agence. Il est indispensable de prendre de sérieuses précautions pour préserver la perméabilité de la surface des parois de forage utilisés pour la réinjection dans les grès (voir pièce annexe 4 II.) : cet ordre d'inclure les 90 m de l'ensemble argileux sus-jacent dans l'espace de réinjection est en opposition totale aux règles de l'art de la réinjection dans des grès. D'une part, la saumure issue des pompages se sera oxydée et cela demande discussion avec des spécialistes expérimentés en géothermie et une filtration. Et dans le cas présent, l'argile du dessus viendra déjà dans l'intervalle entre les grès (diamètre 10 cm) et la crépine (15 cm) et lors de l'injection cet argile de l'annulaire ira se loger dans les pores des grès des bordures du forage. Le résultat d'une telle opération était connu d'avance.

Cela n'empêche pas l'Agence dans sa réponse du 18/01/13 d'être généreuse en conseils ([ici](#) annexe p. 5/6) :

*"Les caractéristiques argilo-gréseuses de la formation imposent également une complétion de puits de réinjection et des protocoles de développement des deux puits (production, injection) spécifiques pour avoir une exploitation fiable."*

#### **c) La mascarade du test n° 3 et le coincement de la sonde**

Le troisième test est ainsi décrit par ses opérateurs (mis en gras par nous) :

*"Le 3ème et dernier test réalisé au Est 433 (test n°3) a été sur l'intervalle 1785,60 et 1810,49 m sous le niveau du sol **dans les grès triasiques de la formation du Buntsandstein.**" (Document 6, [ici](#) : SIS p. 10)*

*"Le dernier test n°3 était aussi localisé **dans le Buntsandstein** ...." (idem p. 13)*

*"**...3 tests** dans la formation du **Buntsandstein**..." (idem p. 9)*

*"**Les tests** dans la formation triasique du **Buntsandstein** dans le forage EST433 comprenaient trois intervalles de 25m d'épaisseur... (...) ...Le focus des tests 1 et 2 étaient sur le pompage d'assez d'eau pour pour des analyses hydrochimiques d'eau de formation et l'estimation des paramètres de formation. Cette dernière était le seul focus pour le test n°3..." (idem p. 84).*

Les cahiers des charges écrivent que "*La location et longueur des intervalles de test seront définis pendant le forage...*" et : "*Les cotes exactes des tests seront déterminés en concertation avec le chargé d'affaire Andra...*" (CC p. 81 et 194). Il est clair que des opérateurs qui n'ont jamais eu la curiosité de même regarder le Log de forage ni avant ni pendant ni après (mais peut-être n'a-t-il pas été rendu accessible ?) n'ont rien pu décider du tout. L'Andra seule décidait, les données du forage en main. On notera qu'elle demande d'avance à ses opérateurs de pomper de l'eau seulement aux tests n° 1 et n° 2.

L'Andra, qui a visé ce rapport (Document 6 : SIS) a donc toujours fait croire à ses opérateurs qu'ils opéraient dans les grès du Buntsandstein, ce qui vaut aussi pour le contrôleur présent avec eux lors du test n° 3. Dans la foulée immédiate du test n° 3 avant la pose de la crépine et avant que l'appareil de forage ne s'en aille, une petite fenêtre de temps avait été accordée à l'Institut Physique du Globe (IPG) pour des mesures de contraintes par fracturation hydraulique (CC Document 90 p. 143; p. 194). Ils devaient attendre sur place que Solexperts leur cède la place et comme tous les présents autour de la plate-forme ont reçu le discours du trou nu ouvert sur la série gréseuse du Trias.

Ce test n° 3 est bien sûr en plein dans l'*ensemble argileux* du Muschelkalk, incluant la passée gréseuse de 6 m si bien que 76 % de l'intervalle du test est dans un faciès argileux. Il est de plus entièrement situé dans la partie friable de l'*ensemble argileux* et l'obturateur supérieur était même au niveau de la partie la plus friable (voir le Log ci-dessus, ou Document 66).

Pas plus que pour l'ordre de l'Andra de laisser l'*ensemble argileux* du Muschelkalk hors tubage, on ne trouve d'explication au choix du test n°3 au sein de cet *ensemble argileux*. Une telle explication est impossible puisqu'on est officiellement dans la série gréseuse du Buntsandstein !

En dépit du "*focus*" qui leur avait été indiqué de ne déterminer que les paramètres de formation pour ce test là (pas de pompage; voir ci-dessus), les opérateurs proposent en début de ce test n°3 "*de réaliser un test de pompage afin d'obtenir un échantillonnage d'eau et de nettoyer l'intervalle de formation par la même occasion*", réflexe de bonne pratique pour qui se croit dans des grès. Les deux hydrogéologues présents de l'Andra répliquent qu'il ne sera fait qu'un slug test, et en injection (Document 6 : SIS, [ici](#), p. 143, "8h30"). Comme on l'a vu dans les "tests rapides de surveillance pétrolière", si on travaille en boue les injections ne sont pas recommandées car elles plaquent la boue sur les parois du forage accentuant l'effet de pellicule.

Trois heures après le début du slug test, les rapports journaliers écrivent qu'on prépare un pulse-test (Document 6 : SIS p. 144, "18h16"). Les pulse-tests sont les seuls adaptés aux formations très peu perméables. Ce changement de cap témoigne de la surprise des contrôleur/opérateurs devant la réponse hydraulique des "*grès du Buntsandstein*".

Disons tout de suite qu'aucune séquence de ce test ne sera interprétée. "*les mesures effectuées dans le cadre de ce dernier test, ne sont pas représentatives de la formation.*" écrit le contrôleur qui se croit en série gréseuse (Document 11, [là](#) : Egis-géotchnique 2008, p. 4). S'ils n'ont pas vu le Log et diagraphies, opérateurs et contrôleur ne peuvent même pas connaître le diamètre irrégulier du forage au niveau de ce test alors que c'est nécessaire pour les interprétations.

Au CLIS de Bure l'Andra n'a jamais mentionné l'existence d'un test n° 3.

Le choc imposé en slug injection dans ce test a été de ~ 2,9 MPa et quelque chose d'anormal s'est produit (instabilité géomécanique ? fracturation hydraulique ? glissement d'un obturateur ?) puisque la pression redescend en partie brutalement puis ne bouge presque plus. Lorsque les opérateurs ferment la valve d'obturation pour une séquence de récupération, on aura de nouveau une variation de pression, dans l'autre sens, de 2,1 MPa. Puis est ré-appliquée en injection pour le pulse-test un choc de pression de 3 MPa (Document 6, SIS fig. B.3.2-2a p. 125). Finalement la valve d'obturation n'est plus étanche, on arrête tout, on dégonfle les obturateurs et le train de test remonté.

Si l'on mentionne ces détails du test c'est que l'on peut se demander dans quel état se trouve alors cette

traversée argileuse la plus friable : effet des passages d'outils, des obturateurs, de ces chocs hydrauliques ? production de débris tombant dans le forage ? car l'IPG entre en scène juste à ce moment. Or, contrairement au train de test descendu et remonté à l'aide de tubes vissés, la coûteuse sonde haut de gamme de l'IPG a été descendue par câble d'où un maniement nettement plus délicat au cas où il y aurait problème. Officiellement on était dans une série gréseuse...

Toujours est-il qu'on apprend de la coupe de forage de Andra 2010 (Document 115, t.2, [là](#) p. 267) : "*Sonde HTPF de l'IPG coincée à 1927 m (top). Longueur 9 m*". Bien que ce document soit de 254 + 433 pages (Documents 13 et 115) il n'y a pas un mot sur le sujet dans le texte, ni dans aucun autre document de l'Andra que nous avons consulté d'ailleurs.

Un dégagement d'outil n'est pas chose aisée et risque de demander plusieurs tentatives, donc du temps, peut-être une paire de jours. Or, la plage allouée à l'IPG a visiblement été courte puisque le 3ème test s'est terminé le 12 juin tôt (Document 6, SIS p. 144), qu'il fallait encore remonter le train de test et libérer la place, puis l'IPG s'installe, intervient, temps alloué pour la tentative de dégagement compris, puis est prévu le "contrôle du trou" puis le nettoyage du forage à l'eau claire, deux fois, puis la mise en place de la crépine. Or le 18 juin tout était terminé selon Andra 2010 (Document 13, t. 1, p. 38). Et les trois tests en eux-même ont été bouclés en 3,5 jours (du 08 en début d'après midi au premières heures du 12) alors que selon les CC, ils devaient durer entre 6 et 10 jours (Document 90 CC, [là](#), p. 81). On était pressé à l'Andra.

#### **d) Tricherie, mutisme, véritable gâchis et pas d'étude de l'aquifère géothermique**

##### Premiers résultats annoncés par l'Andra

Les premiers résultats de l'étude de la ressource géothermique sont donnés 4 mois après ces événements à la plénière du CLIS de Bure du 16 octobre. La présentation est ambiguë et bascule dans la tromperie en tablant sur la méconnaissance générale totale du b.a.-ba de l'hydrogéologie :

*"Il s'agit d'une bonne perméabilité, ce n'est pas mauvais. Nous avons pompé **3 à 5 m<sup>3</sup>/heure**, ce qui fait une certaine quantité **sous 30 mètres de rabattement**.. Des chiffres de 3 à 5 m<sup>3</sup>/heure, en soi ce sont de bons chiffres."*

et la page suivante :

*"Pour que cela soit **rentable**, les débits sont plutôt de **100, 200, voire 300 m<sup>3</sup>/h**. Nous n'avons que **5 m<sup>3</sup>/h**. Donc ces débits qui peuvent sembler importants, sont vraiment des débits **insuffisants pour une exploitation géothermique**." (Document 91, [ici](#), p. 37 et 38 ; mis en gras par nous).*

L'Andra annonçait cependant que ce n'était pas fini :

*"nous allons aller un peu plus loin... données qui vont tomber au début de l'année prochaine" (p. 38)*

et la diapositive d'accompagnement écrivait en gras :

***"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."** (Document 91, Annexe 14)*

Pas un mot de la sonde coincée. Mais l'expression de l'Andra : "*toute la hauteur du Trias*" redoutable comme elle est (inclus l'*ensemble argileux*) pourrait laisser penser qu'il avait été décidé de prendre des mesures pour dégager et nettoyer le forage.

L'Andra dit aussi au CLIS de Bure :

*"Nous avons d'autres investigations prévues sur ce forage au Trias **avant de le refermer en mars 2009**." (Document 91, p. 38; c'est nous qui mettons en gras)*

Or, le rapport CNE-2 qui sortait au moment même des tests hydrauliques (Document 14, t.1, juin 2008, [ici](#), p. 28; c'est nous qui mettons en gras) venait de faire la recommandation inverse :

*"la Commission recommande que le forage au **Trias** qui constituera un ouvrage exceptionnel d'accès à un aquifère profond du Bassin parisien soit conservé pour être inclus dans le dispositif de surveillance à long terme de l'Andra et pour permettre des **recherches futures sur le comportement hydrodynamique et hydrochimique du Trias.**"*

L'Andra n'avait aucune intention de tenir compte de cette recommandation, semblant une nouvelle fois très pressée.

Arrive la Synthèse Andra datée de juillet 2009, objet de notre mise en demeure. Dans un petit chapitre administratif discret sur la conformité des prestations par rapport au programme, il est écrit (Document 5, [là](#), p. 24 ; mis en gras par nous) :

*"un test d'injectivité était prévu au printemps 2009 sur le Trias dans le forage EST433 afin de compléter la caractérisation de cet aquifère. **Du fait du comblement de la crépine au droit des zones productrices mis en évidence lors des mesures de température de février 2009 et des résultats déjà disponibles suffisant à caractériser le potentiel, ce test n'a pas été réalisé.**"*

...et la fin omise de cette phrase sera donnée 10 mois plus tard (Document 13 : Andra 2010 t.1, p. 38) :

*"Forage au Trias EST433... Le forage a été rebouché par cimentation de 17/03/09.",*

Le Buntsandstein du EST433 est dès lors définitivement à l'abri des regards. Avec un mélange des genres : qu'une crépine soit bouchée ou que la Direction scientifique Andra décide finalement qu'on en savait « *suffisamment* » sont deux choses qui n'ont rien à voir.

Il ne restera plus à la CNE qu'à se plaindre en espérant que quelqu'un l'entende (Document 12, [là](#), 2010 p. 14) :

*"On peut regretter qu'un test hydraulique global de la formation du Trias inférieur n'ait pas été réalisé. Dans les conditions actuelles des essais, on peut objecter que l'on a pas nécessairement testé les horizons les plus perméables. Un tel test global, ne nécessitant qu'un seul obturateur, aurait par ailleurs sans doute été plus facile à réaliser que les tests sous double obturateurs dont la manœuvre des vannes a semble-t-il posé beaucoup de difficultés."*

### Mutisme et incohérences

Suite à une demande d'informations sur la crépine et ce comblement mentionnés dans la Synthèse Andra 2009, le directeur du Laboratoire de Bure (Document 114, [là](#) : 12 mai 2011, lettre adressée au Président du CLIS) écrit que :

*"la crépine mentionnée dans le texte a été mise en place en juin 2008 à la suite de la réalisation du forage. Ses côtes sont 1698 à 1925 m (voir coupe technique du forage page 267 du tome 2 du bilan MHS). Le comblement du forage a été constaté lors des deux opérations de diagraphies thermiques réalisées en aout 2008 et février 2009 lors desquelles les outils de mesure ont posés à respectivement à 1856 et 1841 m, montrant le comblement progressif du forage par des fines au travers de la crépine."*

Toujours pas un mot de la sonde coincée, pas la moindre mention des événements réels et encore moins de ce qui était prévu dans les Cahiers des charges que personne ne connaissait.

C'est cependant sur la coupe de forage (Document 115, Andra 2010, t.2, p. 267) indiquée dans cette lettre,

document que nous avons demandé en même temps que des informations sur la crépine, qu'on remarque pour la première fois la mention d'une sonde coincée. La sonde n'a donc jamais été retirée bien que l'Andra annonçait qu'elle allait faire des mesures sur "**toute la hauteur du Trias**" en plénière du CLIS en octobre 2008. La crépine a été posée. Sa base est juste au dessus de la sonde (1925 pour 1927 m) et sa partie supérieure est à cheval sur le tubage sur 42 mètres.

Haute de 227 m (Document 115 : t.2 p. 267), elle n'aurait de toute façon pas couvert la totalité du Buntsandstein puisque le trou nu était haut lui de 261 mètres soit 34 mètres de plus (le "*Conglomérat de base*" et le tiers inférieur des "*Grès vosgiens*" étaient trou nu de toute façon).

Le Buntsandstein commence à 1874,5 m profondeur forage et le début de la série gréseuse à eau libre 15 mètres plus haut soit à ~ 1860 m. Entre la base du tubage et la série gréseuse se trouve 120 m de crépine, 65% de sa hauteur hors tubage qui n'ont rien à voir avec l'étude de l'aquifère géothermique. Et il s'y trouvent bien sûr les 90 m de l'*ensemble argileux*.

Selon les spécifications techniques et cahiers de charges (Document 90 CC p. 143), un "*contrôle de trou*" devait être réalisé tout de suite après les mesures de la sonde IPG. Puis le forage devait être débarrassé de la boue en la remplaçant par de l'eau du captage d'Echenay avant d'installer la crépine. Ces deux opérations de contrôle et nettoyage, si elles ont eu lieu, ont du révéler l'état du forage.

Revenons aux affirmations du directeur du Laboratoire de Bure citées plus haut :

*"...comblement progressif du forage par **des fines au travers de la crépine.**"*

Les 65 m de la base de la crépine sont face à des grès à plus de 80%. Mais ils sont surplombés par l'*ensemble argileux* dont 47 mètres effrités déjà lors du forage (trou large par endroit de 23 cm au lieu de 15; Document 66; et après cela il y a eu test n°3, la sonde, l'installation de la crépine).

Une phrase parlant d'un autre capteur plus superficiel révèle qu'il y a eu quatre diagraphies postérieures de température (Andra 2010 Document 13, Andra 2010 t.1, ici, p. 39) :

*"Les interruptions qui ont eu lieu **du 25/06 au 02/07/08, du 26 au 28/08/08, du 01 au 04/09/08 et du 02 au 19/02/09** sont liées au retrait du capteur pour la **réalisation de diagraphies thermiques** pour l'évaluation du potentiel géothermique au droit du forage."*

Mais le directeur n'en mentionne et n'a fourni les données que de deux (Document 114 : 12 mai 2011 déjà cité) :

*"Le comblement du forage a été constaté lors des deux opérations de diagraphies thermiques réalisées en août 2008 et février 2009 lors desquelles les outils de mesure ont posés à respectivement à 1856 et 1841 m, montrant..."*

Ces deux diagraphies ne concernent pas le Buntsandstein qui commence à 1874,5 m.

En août 2008 l'outil de mesure a « posé » à 1856 mètres dit-il concluant à un comblement du forage. Or deux mois après la diagraphie d'août, l'Andra annonçait à l'assemblée plénière du 16 octobre 2008 qu'elle aller procéder à "*...la mesure de l'injectivité qui permettra également de vérifier la gamme de valeur obtenue sur **toute la hauteur du Trias.***" ! Tout cela est incohérent.

Lorsque le 04 février 2013 le Président du CLIS de Bure demande en séance plénière à l'envoyé de l'Andra, "*Vous avez suivi le forage*", on "*nous parle de boue, qu'en pensez vous ?*", il aura en tout et pour tout comme "*explication*" (Document 112, ici, p. 32, mis en gras par nous) :

*"Nous avons eu des problèmes, des difficultés. Nous avons coincé des outils, du matériel cassé, le terrain s'est resserré, des crépines se sont bouchées, **mais tout a été repris sans problème...**"*

## Annexe 1

**Diagraphies moulinet ou géochimie-température et pompage**

En forage d'exploration pour les aquifères on réalise un test de pompage "en trou ouvert". "*La formation est en général testée sur toute son épaisseur, ce qui implique des intervalles d'une longueur supérieure à 100m.*" (Document 106, Géoservices 1995, p. 11). Le forage est nettoyé : on retire la boue de forage qu'on remplace par de l'eau claire souvent marquée avec un traceur qui, pour le Trias du EST433, était prévu être le contenu en nitrates de l'eau du captage d'Echenay (Document 84, ST p. 151). L'appareil de Géoservices en 1995 par exemple consistait en une colonne d'exhaure d'un diamètre de  $2\frac{7}{8} = 7,3$  cm (diamètre intérieur 6,2 cm), un capteur de pression immergé pour l'annulus et une pompe électrique immergée. Il n'y a pas de valve d'obturation et la hauteur du fluide dans l'annulus correspond à la pression de fond.

La détermination des propriétés hydrauliques de la roche est réalisée de la manière tout à fait classique sur la séquence de Récupération de Pression Statique (PSR) en fin de forage, puis sur pompage à débit constant et sur la phase de récupération de pression à l'arrêt d'un pompage (ou suite à un changement du débit de pompage). La même série de déterminations est faite (seule le sens, le signe, change) lorsqu'on injecte de l'eau dans l'aquifère plutôt que d'en pomper.

Les niveaux productifs sont identifiés et quantifiés par débimétrie avec le micromoulinet (une hélice) mis en place avant et sous la pompe, et qui mesure les vitesses verticales dans le puits. Il est déplacé de 0,5 à 0,1 m avant chacune de ses mesures. Il détecte des vitesses d'écoulement locales d'environ 1cm/s, à partir desquelles, à partir du diamètre du puits et connaissant la transmissivité globale de la formation (obtenue par les calculs classiques sur les séquences du test), on peut calculer les perméabilités relatives de chaque zone de production. Géoservices parle de PLT (Production Logging Tool). Descendu avant la pompe immergée, le PLT est actionné par câble (par un camion de logging avec panneaux de contrôles et enregistreurs intégré, et le treuil). On peut faire autant de passages que l'on veut.

En deçà du seuil de détection du micromoulinet, des diagraphies quantitatives des profils de température et de conductivité (l'eau tracée du puits a une conductivité différente de l'eau de formation), peuvent permettre de déterminer des transmissivités pour ces zones. Cela est adapté aux formations d'une perméabilité intermédiaire, dans l'intervalle  $10^{-5}$  à  $10^{-10}$  m/s (Document 106, Géoservices 1995, p. 10). La procédure PLT est la même que pour le micromoulinet. Descendu avant la pompe immergée, le PLT est actionné par câble. On peut faire autant de passages que l'on veut. Par exemple, pendant le test n°10 en trou ouvert sur le Dogger, entre 800 et 653m de profondeur au forage MSE101, Géoservices a réalisé 7 passages (pendant la descente ou la remonté ou les deux) qui montrent le répondant en fonction de la séquence en cours : séquence initiale de récupération RPS, pompages à différents débits et récupération (Document 106, Géoservices 1995, p. 142). L'analyse quantitative des diagraphies PLT par simulation est faite par un logiciel spécifique qui permet de calculer débits, concentrations et transmissivités de chaque zone de production, et par conséquent la transmissivité totale. Cette dernière a été trouvée en parfait accord avec celle déterminée par ailleurs sur les séquences du test. Mais l'interprétation quantitative PLT montre en plus, dans cet exemple là, que ~ 80 % du débit provenait de deux niveaux de production bien identifiés (Document 106, Géoservices 1995, p. 149).

Dans le Cahier des charges pour le EST433, l'Andra ne prévoyait que des diagraphies température/conductivité puisqu'elle annonçait une perméabilité moyenne à faible. Pour un aquifère de la perméabilité du Buntsandstein, c'est le micromoulinet qui est approprié. Mais cela aurait pu être changé une fois les premières données obtenues. Il semble aussi que la procédure et le matériel auraient été un peu différents puisque ces cahiers des charges (Document 90, CC p. 208) précisent pour la réalisation de diagraphies température/conductivité que "*Elles nécessiteront le démontage du pompage et la libération du forage, puis la remise en place du pompage après l'opération.*".

## Annexe 2

**Les "grès de Trois Fontaines"**

Le Muschelkalk pouvait-il avoir *a priori* un intérêt géothermique autre que *la tendance gréseuse* de sa base qui est collée au Buntsandstein ? La question pourrait être soulevée pour le passage gréseux d'une 15 aines de mètres dans le Muschelkalk moyen (donc pas à la base) de la région de St Dizier au Nord, connu sous le nom de "grès de Trois-Fontaines". Ces grès constituaient le gisement principal de gaz du même nom (2 milliards de m<sup>3</sup>) découvert dans les années 1980 par Eurafrep, exploité par Coparex sur les départements de la Marne, de la Hte Marne et de la Meuse. Il a été racheté par GDF en 1994 et son exploitation terminée en 2007. Storengy la filiale de GDF-Suez a mis en service en 2011 une station de compression et soutirage pour le convertir en stockage tampon de gaz. On savait ces grès fins présents (sans gaz) au forage de Chevillon 13 km à l'Ouest du EST433 : deux bancs massifs de 8 et 7 mètres + trois niveaux d'un mètre chacun (Document 116 Eurafrep p. 6) alors qu'il n'y a que 4 m, fins et de mauvaise perméabilité 15 km au S-SE du EST433 à Lezéville (Document 17, Coparex p. 13-14). Une reprise des investigations a lieu aujourd'hui sur la même région (Sud de Bar-le-duc) parce qu'il peut aussi y avoir du gaz en quantité exploitable dans les dolomies un peu plus haute dans la stratigraphie (là où a été arrêté le tubage au EST433) lorsque celles-ci sont fracturées. Les "grès de Trois-Fontaines" sont fins, moins perméables que les aquifères classiques (GDF a fait faire un forage horizontal, le TF111, pour multiplier la surface d'échange avec la roche). Le Buntsandstein est 8 fois plus épais, d'une perméabilité réputée nettement supérieure et plus chaud parce que plus profond. Si c'est la géothermie qui intéresse, le Permien collé à la base du Buntsandstein a un potentiel incomparable. Dans le cadre du EST433, les "grès de Trois-Fontaines", s'ils étaient présents, ne constituaient donc pas une cible géothermique d'autant plus pour une Agence qui affirmait depuis plus de 5 ans que le Buntsandstein lui-même n'avait pas d'intérêt ! Au EST433, on ne trouvera qu'un niveau à caractère gréseux *a priori* perméable de 6 mètres en longueur forage (Document 63, Geo-RS p. 39).

Dossier collectif (AG-RV, MF), avril 2013,  
des associations : Réseau Sortir du Nucléaire, Mirabel LNE, Bure Stop 55, Les Habitants Vigilants de  
Gondrecourt, ASODEDRA, CEDRA