

Commentaires techniques sur la réponse de l'Andra du 18/01/13

I. Des tromperies très graves	1
II. Silence sur l'imposant potentiel du Permien.....	1
III. RFS/Guide de Sûreté.....	2
a) Il ne doit pas exister d'intérêt particulier en géothermie.....	3
b) Le "schéma hydrogéologique régional" n'a pu être réellement évalué.....	4
VI. Le silence de l'Andra sur ses décisions et sur les événements au Trias.....	4
V. Comment la réponse de l'Andra témoigne que les associations ont révélé la vérité	6
Pièces jointes.....	9

I. Des tromperies très graves

Le forage EST433 avait notamment pour but de démontrer qu'il n'y avait pas de ressource géothermique d'intérêt particulier.

- Or qu'a-t-il été fait ? Des tests rapides, plutôt de type surveillance pétrolière (avec une pompe cependant dans le Trias uniquement, le Permien n'ayant pas été atteint. Sur les 12 séquences qui ont constitué les 3 tests, et malgré la présence d'une pompe, une seule est à priori interprétable (celle dont la présentation du résultat est l'objet de notre mise en demeure).

Les spécifications techniques et les cahiers des charges, obtenus depuis, révèlent que la tromperie est plus importante que nous l'avions décelée. En effet, c'est une pompe d'un débit maximal de 6 m³/h qui a été programmée (voir pièce annexe 5). Les obstructions multiples ayant fait le reste, il était impossible d'avoir un débit supérieur à ce 5 m³/h, utilisé comme leitmotiv par l'Andra pour ridiculiser la ressource géothermique du site.

- Dans sa réponse à notre mise en demeure, l'Andra introduit un élément nouveau :

"Le... SRCAE de Lorraine... confirme que ... potentiel... géothermie profonde est faible" (SRCAE : Schéma Régional Climat Air Énergie).

Pour la géothermie, le SRCAE se base sur un "outil" cartographique multicritère d'aide à la décision qui traite du potentiel des "aquifères superficiels" pour "l'installation de pompes à chaleur", c'est-à-dire pour la "géothermie de très basse énergie". Il ne donne pas de données, mais une sorte d'avis à priori pour ceux qui cherchent à savoir s'ils sont à un endroit favorable à l'implantation de pompes à chaleur. Cet avis est construit sur quatre critères affectés de coefficients : la température (à laquelle il attribue un petit coefficient positif) ; la transmissivité/perméabilité (à laquelle il attribue un grand coefficient positif) ; la profondeur (à laquelle il attribue un grand coefficient négatif) ; la salinité (à laquelle il attribue un petit coefficient négatif). L'avis est donc systématiquement mauvais ("*très faible*") pour tout ce qui est très profond. Il le serait de la même manière pour le Dogger, exploité depuis plus de 30 ans en région parisienne. Il est bien précisé, dans les annexes, qu'aucune donnée n'a été entrée dans le logiciel concernant le Trias, sous le Sud de la Meuse, hormis la profondeur (voir pièce annexe 6).

II. Silence sur l'imposant potentiel du Permien

Les débats au CLIS avaient abouti à une demande de "*.... caractériser une ressource géothermique (située dans ou en-dessous du Trias)...*" (voir document 30 : CLIS 05/04/04, p. 3 ; souligné par nous). C'est pour cela que l'on trouve, dans le rapport commandité par le CLIS : "*... prévoyant de forer les couches supérieures du Permien détritique...*" (voir document 51 : Rapport de synthèse, p. 19).

Les grès profonds/très profonds (3000 - 4000 m) du bassin de Paris sont étudiés en 2006-2008 par le BRGM, pour la géothermie dite de "moyenne température" (90 - 150°C). L'ADEME/BRGM fait connaître son intérêt pour le site géothermique de Bure (voir pièce annexe 1 V.).

Par ses spécifications techniques de 2007 écrites au moment de l'étude CLASTIQ du BRGM, l'Andra écarte toute étude des grès du Permien en faisant stopper le forage vers la base du Trias. Il en résulte une situation de "non-savoir", comme en témoigne sa réponse du 18/01/13 (p. 2/3) :

"Il n'existe donc pas de ressource géothermique présentant un intérêt exceptionnel dans la zone étudiée".

Même si elle avait été faite dans les règles de l'art, l'étude de l'aquifère du Trias, limitée à la profondeur verticale de 1980 m, n'aurait pu donner qu'une partie des informations sur le potentiel géothermique véritable de la zone de transposition.

La pièce annexe 4 (III. et IV.) montre, par comparaison, que la série grés-argileuse permienne sous Bure est d'une épaisseur exceptionnelle (6 fois celle de la meilleur cible de CLASTIQ et 20 fois celle du Buntsandstein de Bure). Les températures y sont donc élevées et elle est, au moins en partie, perméable. Il s'agit là d'un potentiel exceptionnel, contrairement à ce qu'affirme l'Andra dans sa réponse du 18/01/13.

Un gradient géothermique de 3,5°C/100 m a été calculé sur l'intervalle 835 à 1921 m TVD (voir pièce annexe 2 V.). Et des "*travaux les plus récents*", mentionnés par l'Andra dans sa réponse (annexe p. 3/6), indiquent que la zone de Bure est sur la meilleure zone de flux géothermique de la grande Europe (hormis zones magmatiques), avec une valeur de l'ordre de 125 mW/m² (voir document 86 : *Majorowicz et Wybraniec 2011, figures 4 et 5*).

III. RFS/Guide de Sûreté

L'article 14 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 (aujourd'hui codifié à l'article L 542-12 4° du Code de l'environnement) énonce :

"... prévoir, dans le respect des règles de sûreté nucléaire, les spécifications pour le stockage des déchets radioactifs..."

La Règle Fondamentale de Sûreté (RFS devenue en 2008 Guide de Sûreté) est l'unique référence technique qui existe en la matière. Toutes les parties ne peuvent que s'y référer.

Dans son évaluation du "Dossier 2005 Argile", le Groupe Permanent Déchet s'y réfère de manière répétitive (voir document 48) :

"...au sens de la RFS III.2.f" (p. 6) ; "...objectif... de la RFS III.2.f." (p. 7); "...préconisé par la RFS III.2.f." (p. 8).

Cela est d'autant plus vrai pour l'Autorité de sûreté nucléaire (voir document 49) :

"Une règle fondamentale de sûreté (RFS III.2.f)... a été émise par l'ASN en juin 1991 pour définir les objectifs qui doivent être retenus pour permettre d'assurer la sûreté à long terme du stockage." (p. 2) ; "...cohérente avec la RFS III.2.f." (p. 6) ; "...objectifs... de la RFS III.2.f." (p. 7).

Lors de la réunion du CLIS de Bure du 13/10/04 (voir document 83 : p. 56), l'un des membres de la CNE expliquait que, dans ses écrits et conclusions, elle ne pouvait que se référer à la "*règle de sûreté édictée par l'Autorité de sûreté*" :

"Je vous renvoie à la RFS.III.2.f. C'est la bible, en gros, de la sûreté des stockages."

Les spécifications techniques établies pour le forage EST433 (voir document 84 : *Andra 2007 SP, p. 16*) rappellent que les objectifs de recherche doivent satisfaire aux "contraintes" de "la Règle Fondamentale de Sécurité III.2.f".

a) Il ne doit pas exister d'intérêt particulier en géothermie

Les situations à étudier pour le stockage définitif en formation géologique profonde sont données en annexe 2 du Guide de Sécurité, anciennement RFS III.2.f (voir documents 3 et 2). La "géothermie et stockage de chaleur" y sont nommément cités dans les situations dites "altérées" (définies comme "incertaines, mais plausibles" en § 4.2.2 et qui étaient appelées "hypothétique correspondant à l'occurrence d'événements aléatoires de caractère conventionnel" dans la RFS III.2.f, annexe 2 § 3) liées à l'activité humaine au-delà de 500 ans.

Et si la "géothermie et stockage de chaleur" est nommément citée (A2-2.2.1.), c'est pour énoncer sans conditionnel que :

"Cette situation n'est pas à étudier car les sites retenus ne devront pas présenter d'intérêt particulier de ce point de vue."

Les critères techniques généraux demandent que le site soit "choisi de façon à éviter des zones pouvant présenter un intérêt exceptionnel en termes de ressources souterraines" (voir document 3 : *Guide de Sécurité, § 5.3*). Pour définir l' "intérêt exceptionnel", expression de principe totalement subjective, il faudrait identifier les types de ressources, déterminer ensuite la combinaison de paramètres définissant une ressource et les cadres de références (techniques, économiques, environnementaux...). Tout cela est absent.

Exceptionnel ? Exemple : pour un gradient géothermique, la grande majorité des exploitations géothermiques de faible et moyenne température en roches sédimentaires de par le monde (le Dogger parisien notamment) sont presque, par définition, implantées sur des zones dont le gradient thermique n'est absolument pas *exceptionnel* selon une définition interne officielle de l'Andra (voir pièce annexe 10 Point Pa-12).

Le cas de la ressource géothermie est cependant traité spécifiquement dans l'annexe 2 "sélective" de son titre même : "Sélection de situations...". Sur le sujet spécifique de la géothermie à Bure, aucune transgression apparente de la RFS III.2.f n'a été relevée car l'avis des autorités et groupes administratifs était basé sur le rapport de référence Andra 2005 qui écrivait :

"... très faibles possibilités de production d'eau... défavorables à un projet d'exploitation géothermique" (référentiel du Dossier Argile 2005, cité dans pièce annexe 1 III d).

Il n'y avait donc pas d'*intérêt particulier*. La même chose est observée pour la ZIRA (voir document 85 : *2010 annexe 1*), l'ASN s'appuyant sur les conclusions de la Synthèse Andra 2009, sortie 5 mois auparavant et qui tenait compte du nouveau forage EST433.

L' "*intérêt particulier*", au moins potentiel, est pourtant souligné dans les rapports du Service géologique de l'État à la fin des années 70 et au début des années 80, dont l'Andra, en charge de ce travail, a omis de mentionner l'existence :

"Le réservoir du Trias présente les caractéristiques les plus intéressantes au Sud de la région, autour d'un axe passant par Joinville-Bar-sur-Seine, les conditions optimales étant coté oriental." (voir document 16 : *BRGM 1979, p. 34* ; mis en gras par nous).

Le coté oriental de cet axe est tout simplement Bure. C'est ce que montre la carte reproduite en figure 1 de la synthèse technique. Cette conclusion figure en bonne place dans le résumé du même rapport :

*"les grès du Trias, **probablement très productifs** entre Saint-Dizier et Chaumont, où la température va de 20 à plus de 70°C."*

Dans sa réponse du 18/01/13 à notre mise en demeure, l'Andra reconnaît que la ressource n'est ni "*faible*" ni "*médiocre*" (mis en gras par nous) :

*"C'est pourquoi, il aurait été préférable de qualifier cette ressource de **banale plutôt que faible**."*

L' "*intérêt particulier*" est connu depuis longtemps.

b) Le "schéma hydrogéologique régional" n'a pu être réellement évalué

Bien qu'il s'agisse d'un sujet technique, les associations estiment que la RFS/Guide de Sûreté qui pose comme critère "*essentiel*" la prise en compte du "*schéma hydrogéologique régional*" a été transgressée par l'Andra jusqu'à juin 2008. En effet, en 14 ans de présence incluant le choix du site, rien a été fait pour obtenir des données sur l'aquifère le plus puissant de cette pile sédimentaire : les grès du Buntsandstein, qui font obligatoirement partie des logiciels d'hydrogéologie régionale (voir pièce annexe 1 VI.).

VI. Le silence de l'Andra sur ses décisions et sur les évènements au Trias

Selon les 2° et 7° de l'article 14 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 (codifié aujourd'hui à l'article L 542-12 du Code de l'environnement), l'Andra est chargée :

"de réaliser ou de faire réaliser... des recherches et études sur... le stockage en couche géologique profonde..." ;

"de mettre à disposition du public des informations relative à la gestion des déchets radioactifs et de participer à la diffusion de la culture scientifique et technologique dans ce domaine".

Dans son fascicule "Projet Cigéo - Débat public -" de janvier 2013, en dépit des débats qui font rage au CLIS de Bure et de la mise en demeure de 6 associations, l'Andra se limite à donner en tout et pour tout comme information sur la ressource géothermique (voir document 87 : p. 29) :

"... un forage effectué à 2000 mètres de profondeur a confirmé l'absence de ressource exceptionnelle à l'aplomb de la zone."

Elle a ajouté depuis (version de février, voir document 87 bis : p. 31) :

"Dans son rapport n°4 de juin 2010, la Commission nationale d'évaluation aboutit aux mêmes conclusions : « Le Trias dans la région de Bure ne représente pas une ressource géothermique potentielle attractive dans les conditions technologiques et économiques actuelles »."

Cette citation est reprise dans la réponse de l'Andra du 18/01/13 (annexe p. 5/6), et que nous complétons en pièce annexe 10 Pa 17. La CNE parle ici de la seule expérience ancienne de réinjection en France. On va voir plus bas en quoi il ne peut pas y avoir une contradiction plus grande entre ce qu'a fait l'Andra et les souhaits de la CNE.

Par ailleurs, nous avons déjà fait la demande de la dernière référence citée par l'Andra dans sa réponse du 18/01/13 (voir document 88 : *Courrier du 31/12/12 réceptionné le 03/01/13*). Le CLIS nous a informé que l'Andra refusait de la communiquer parce qu'elle était "sous presse". L'Andra a donc cité une référence, qui était encore inaccessible pour le CLIS, le public et les associations.

Pourquoi l'expert du CLIS de Bure a-t-il expliqué en plénière, peu avant les tests, qu'il fallait retirer la boue de forage (voir synthèse technique et document 10 : 27/10/2007, p. 17 et 18) et les a-t-il décrit,

postérieurement à leur réalisation, comme "*pompage de longue durée*" (voir document 89 : p. 3) ?

Tout simplement parce que les spécifications techniques et les cahiers des charges révèlent que l'Andra avait prévu l'étude quantitative complète de l'aquifère géothermique par pompage de longue durée dans un forage crépiné et débarrassé de toute boue (voir pièce annexe 7 I.b). Dans sa réponse du 18/01/13, l'Andra indique que "*le maintien de la boue dans le forage est nécessaire*" (p. 2/3). Cette affirmation ne tient donc pas (voir également pièce annexe 7). Cette étude n'a jamais eu lieu et l'expert du CLIS, qui a eu un entretien avec l'Andra en décembre 2009 (voir document 89 : *Drouot 2010, p. 1*), soit un an et demi après les tests, ne le sait pas. Cela est démontré par sa confusion, 9 mois après que le forage ait été rebouché, entre les résultats de tests rapides en boue, seuls existants, et la description de l'étude en règle de l'aquifère après nettoyage du forage à l'eau claire et par pompage longue durée qui aurait dû être faite. Il n'est d'ailleurs pas le seul à être maintenu dans l'erreur...

Le rapport montre que les opérateurs eux-mêmes croyaient tester les grès du Buntsandstein (Trias inférieur) jusqu'à la partie tubée du forage, en ce qui concerne le test n° 3. Il en est de même pour les autres personnes présentes avec eux sur la plate-forme de forage, le contrôleur et un intervenant (voir pièce annexe 7 IV.c).

Le test n° 3 a été réalisé sur un intervalle constitué à 76 % de roche argileuse rouge. Il ne s'agit pas du Buntsandstein, comme l'écrivent 4 fois les opérateurs dans leur rapport sept mois après les tests, mais du Muschelkalk, l'étage du dessus, qui n'a rien à voir du point de vue hydraulique. Ce sont les spécifications techniques de l'Andra qui ont imposé qu'un intervalle d'environ 150 mètres, dont 90 m de roche argileuse (l'équivalent en épaisseur des argilites s.s. du Callovo-oxfordien) soit laissé en "trou nu" au dessus des grès du Buntsandstein (voir pièce annexe 7 IV.a). Nous avons cherché une explication à cette directive contraire à tout raisonnement hydrogéologique. La seule possibilité est que l'Andra a cherché à mêler de l'argile aux grès. En effet, cela faisait quatre ans qu'elle affirmait au CLIS de Bure qu'on ne trouverait que de l'eau boueuse "*du fait d'un mélange d'argile aux grès*" (voir pièce annexe 7 II.). De plus, le forage EST433 a montré que la moitié de cette roche argileuse était friable (élargissement irrégulier du forage sur 47 m, formation de "caves"). Dans un forage incliné de 15-19°, des débris argileux étaient donc libérés dans le forage. Sans que les intervenants sur le forage en soient conscients, cette épaisse zone argileuse a été traversée plusieurs fois par leurs appareillages : diagraphies à câbles, train de test sur tubage, sonde à câble. Cette zone a ensuite été passée à l'eau claire selon les directives (voir pièce annexe 7 I.b). ~ 90 m de roche argileuse en moitié friable ont donc été mis en eau pendant des semaines, alors que l'Andra prétend dans sa réponse du 18/01/13 que, pour les 25 m de test sur quelques heures sur un intervalle composé de grès à 80%, le maintien de la boue était "*nécessaire à sa stabilité du fait de la présence de petits lits argileux dans les grès*".

Cet ensemble argileux (Muschelkalk = Trias moyen) est clairement à l'origine des problèmes qui se sont succédés dans l'étude desdits grès du Buntsandstein. Cela a commencé dès le dernier test de type routine pétrolière fait en boue dans la foulée du forage : le test n° 3 avec une sonde coincée juste après. Mais les problèmes ont peut-être commencé avec les obstructions des deux tests précédents que le contrôleur attribue à des cuttings (débris) présents dans la boue (voir pièce annexe 7 III.c).

Très peu de temps a été alloué au déblocage de la sonde, qui a finalement été abandonnée dans le forage. La crépine prévue pour l'étude de l'aquifère a donc été posée, dans des conditions désastreuses, sur cet ensemble. Une crépine n'arrête pas les fines argileuses et, d'après un courrier du directeur du Laboratoire de Bure, l'intervalle a continué à produire des fines argileuses dans le puits. Il n'est pas mentionné de nettoyage du forage : avec 90 m de roche argileuse en partie friable mise sous crépine, les fines seraient nécessairement revenues. Le forage a été rebouché sans l'étude prévue et annoncée de l'aquifère (voir pièce annexe 7 IV. c et d).

Le silence de l'Andra sur ses décisions et sur les événements logiques qui en ont découlé est total, y compris vis-à-vis du CLIS de Bure et de la CNE. En effet, lorsque la CNE en juin 2008 parle d' "*un ouvrage exceptionnel d'accès à un aquifère profond du Bassin parisien... surveillance à long terme... recherches futures sur le comportement hydrodynamique... du Trias*" (voir document 14 : p. 28), elle n'imagine pas que, dans ses spécifications techniques de l'année précédente, l'Andra avait fait en sorte qu'une série argileuse

d'une centaine de mètres soit laissée en commun avec ces grès, sous une crépine commune. La CNE n'imagine pas non plus que, dans le cahier des charges, l'Andra a donné cet ordre : " *test d'injectivité ... sur l'ensemble des formations triasiques non tubées*" donc sur un ensemble mixte 120 m de grès + 90 de roche argileuse pour moitié friable (voir pièce annexe 7 IV.b). En effet, la CNE ayant consacré un paragraphe entier aux difficultés de réinjection rencontrées en France au début des années 80 (voir document 12 : *bas de p. 14* et aussi pièce annexe 10 Point Pa-17), les précautions à prendre étaient évidentes.

V. Comment la réponse de l'Andra témoigne que les associations ont révélé la vérité

L'Andra écrit comme conclusion de son résumé que les allégations des associations, quant au caractère "péremptoire", "erroné", voire "délibérément partial" de ses conclusions, "*ne reposent sur aucun fondement technique sérieux*" (voir réponse du 18/01/13 : p. 3/3).

Pourtant :

- **V-1**, page 2/3 et annexe p. 5/6 : l'Andra reconnaît que sa comparaison chiffrée des débits, à savoir "(5 m³/h) est nettement inférieure à la gamme des débits des exploitations géothermiques (150 à 400 m³/h)", porte à confusion.

Ce débit de 5 m³/h est le fondement sur lequel repose la conclusion de l'Andra selon laquelle la ressource est "*faible*". Ce chiffre est mis en avant depuis octobre 2008 (voir document 91 : p. 37, 38 et annexe 14).

On le retrouve dans pratiquement chaque phrase de sa Synthèse 2009 (voir synthèse technique).

Fin octobre 2010 pour la réunion des sciences de la Terre à Bordeaux, l'Andra écrit (voir document 92 ; mis en gras par nous) :

"Seuls les faciès des Grès à voltzia (Trias supérieur) montrent des transmissivités moyennes à bonnes permettant des productivités en test de 5 m³/h.... la ressource géothermique à l'échelle de la zone est faible."

Dans son journal "automne" 2012 (voir document 93 : p. 4), l'Andra décrit à plusieurs reprises le potentiel ou la ressource comme "*médiocre*" en mettant ce même chiffre à l'appui (sous la plume de Maurice Pagel, président scientifique du GNR FORPRO-II et coordinateur du programme TAPSS 2000, un grand spécialiste des gisements d'uranium, tout comme le directeur scientifique de l'Andra, tous deux piliers historiques du Crégu société civile Areva-Total) :

"Enfin des essais de pompage ont permis de mesurer un débit moyen de 5 m³ par heure. La faible circulation de l'eau...."

La confusion est ubiquiste, insistante et durable.

- **V-2** : L'Andra écrit (voir annexe ; mis en gras par nous) :

"Le forage EST433 était un forage de reconnaissance... son équipement était différent d'un forage à but d'exploitation géothermique permettant de tester la productivité de l'aquifère à grande échelle pour évaluer un débit d'exploitation commercial en conditions réelles." (p. 1/6)

"... une pompe Moyno de petit gabarit dont le débit a été constamment ajusté pour extraire un volume significatif d'eau..." (p. 1/6)

"La productivité... dépend... des moyens mis en œuvre pour extraire l'eau (puissance de la pompe, techniques de développement utilisées, équipement de l'ouvrage)." (p. 4/6)

Avec une pompe commanditée d'un débit maximum de 6 m³/h et un outil obstrué de boue on ne peut nécessairement pas atteindre les 150 à 400 m³/h auxquels l'Andra compare le 5 m³/h depuis 4 ans. Quant à la

pompe utilisée, les opérateurs n'ont pu que se plaindre de son manque pré-déterminé de puissance (voir pièce annexe 5).

- **V-3**, annexe p. 2/6 (mis en gras par nous) :

*"... les associations... anticipent **un débit permanent considérable** avec un rabattement de 30 m."*

Ce débit, issu du calcul le plus simple qui puisse être fait (forme radiale de la loi élémentaire de Darcy) avec la perméabilité de Horner donnée par les opérateurs, est de 190 à 380 m³/h (voir pièce annexe 3 II.b). Il continuera à augmenter proportionnellement au rabattement (pour la plupart des doublets du Dogger, le rabattement en débit maximum d'hiver est bien plus grand que 30 m ; voir pièce annexe 4 I.a). La ressource géothermique du seul Buntsandstein sous Bure peut être qualifiée de "considérable". Ce qualificatif prend d'autant plus de poids qu'il n'y a jamais eu de désaccord important sur la perméabilité (voir annexe p. 2/6) :

"On peut noter par ailleurs que les valeurs de perméabilité données par les associations ne diffèrent pas significativement de celles provenant des interprétations conduites par l'Andra."

- **V-4**, annexe p. 2/6 puis p. 4/6 (mis en gras par nous) :

A propos des grès du Trias : *"Leur **transmissivité hydraulique est bonne** dans le niveau supérieur (test n°2 10⁻³ m²/s) **en accord avec sa porosité libre de 10 à 15 %**"; "... la transmissivité intrinsèque du niveau aquifère le plus productif des grès du Buntsandstein de Meuse/Haute-Marne **est bonne**..."*

Seuls ceux qui ont lu la synthèse Andra 2009 savent que l'Andra reconnaît cette bonne transmissivité. La communication de l'Andra a alors misé sur la non-connaissance des b.a.-ba de l'hydrogéologie. Elle est passée outre cette bonne transmissivité, qui est la seule chose qui importe en réalité, pour annoncer publiquement une conclusion inverse : productivité "*faible*" basée sur le débit du test. Pourtant, la bonne transmissivité confirmait les prévisions des rapports BRGM 1979/80 mises en avant par A. Mourot et les associations (voir document 16 : *carte S4* et la figure 1 de la synthèse technique).

- **V-5**, annexe p. 2/6 :

"... les associations, dans cette annexe, admettent (paragraphe III & IV) que les valeurs de paramètres proposées par l'Andra sont correctes. Il est donc évident que les pertes de charges ont été prises en compte, et vouloir insinuer le contraire est un prétexte irrecevable."

En haut de la page suivante (annexe p. 3/6), l'Andra revient sur le sujet en scindant en deux **l'équation de notre synthèse technique**, c'est-à-dire la loi de Darcy. Elle refuse qu'on associe les 30 m de rabattement au débit de 5 m³/h et à la transmissivité. Pourtant, la simplicité de la loi de Darcy est sans appel : ce qu'elle a écrit et fait croire est insoutenable. "**Cela pourrait être assimilé à une tromperie**" écrit-elle en gras. Mais il n'y a pas à mettre de conditionnel, car **c'est** une tromperie caractérisée destinée à ridiculiser la ressource géothermique et à nier ainsi le potentiel du site. Elle est d'autant plus calculée qu'un tel rabattement n'est dû, qu'à la boue de forage, boue dont l'Andra s'était bien gardée de parler avant notre mise en demeure (voir pièce annexe 3 IV. et pièce annexe 7 II.).

Nous n'avons aucun doute sur le fait qu'en interne l'Andra n'a jamais confondu les "30 m" (un rabattement/pression à plus de 99 % absorbée par la traversée du manteau de boue) et la perméabilité. Elle a fait croire qu'il fallait 30 m de rabattement pour arriver à 5 m³/h et ce, dès le début (voir document 91 : *Plénière CLIS octobre 2008, p. 37-38, et annexe 14* ; mis en gras par nous) :

*"... Nous avons pompé **3 à 5 m³/heure**, ce qui fait une certaine quantité **sous 30 mètres de rabattement**. (...) Pour que cela soit rentable, les débits sont plutôt de 100, 200, voire 300 m³/h. Nous n'avons que **5 m³/h**... débits insuffisants pour une exploitation géothermique."
"Pompage 3 à 5 m³/h sous 30 m de rabattement"*

Elle l'a écrit dans "Résultats" de "L'évaluation du potentiel géothermique du Trias" de la Synthèse Andra 2009 (voir document 5 : p. 105) :

".. (4 à 5 m³/h) sous un rabattement de 30 m."

● V-6, annexe p. 3/6 :

Température : L'Andra expose dans sa réponse qu'il est de notoriété publique que le gradient de température mesuré à 700 m est affaibli par l'empreinte thermique non encore dissipée de la dernière glaciation. Le paragraphe II de notre pièce annexe 2 ("L'Andra a menti pendant plusieurs années") est pleinement validé.

Le mensonge est direct puisque l'Andra avait une mesure, et une seule, au delà de 1 000 m (3°C/100 m, "normale" selon son propre opérateur ; voir pièce annexe 2 I.). A cela, la réponse du 18/01/13 de l'Andra n'a pas de réponse.

Un calcul élémentaire indique que le gradient est de 3,5°C/100 m sur l'intervalle 835 à 1921 m TVD du forage EST433 (voir pièce-annexe 2 V.), soit 0,5°C/100 m de plus que ne l'affirme l'Andra : la réponse de l'Andra ne donne pas de réponse directe. Mais... les "*travaux les plus récents*" qu'elle cite montrent que la zone de Bure est sur la meilleure zone de flux géothermique de la grande Europe (hormis les zones magmatiques), avec une valeur de l'ordre de 125 mW/m² (voir document 86 : *Majorowicz et Wybraniec 2011, figures 4 et 5*). C'est le double du calcul qu'avait présenté l'Andra à partir de ses mesures, à une profondeur de 300 à 600 m (54,6 mW/m² ; voir document 35 : p. 29, 30 ; le principe de ce calcul de l'Andra est présenté dans le Point Pa-11 de la pièce annexe 10).

● V-7, annexe p. 4/6 :

"... transmis au CLIS, et que l'expert mandaté... a eu connaissance du programme de tests en amont de la réalisation du forage."

C'est pourquoi cet *expert* avait expliqué au CLIS de Bure en novembre 2007 qu'il fallait retirer la boue sinon on n'aurait pas "*une idée très claire du débit possible*" (voir pièce annexe 7 II.a).

● V-8, annexe p. 5/6 :

"La CNE a d'ailleurs corrigé cette confusion dans son rapport n°4 de juin 2010, en indiquant que « ... la productivité observée lors des tests ne peut être considérée comme représentative de celle d'une installation industrielle réalisée dans les règles de l'art. »..."

L'Andra n'est pas engagée par ce qu'écrit la CNE. Par l'article 9 de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006, la CNE est recrée pour 9 ans, avec comme seule attribution d' "évaluer" les recherches et de faire un rapport qu'elle transmet au Parlement.

Ce qu'a écrit la CNE, mis entre guillemets par l'Andra, est une révélation grave d'un organisme institutionnel. Cela nous a encouragé à rechercher les raisons de cette non représentativité et ce en quoi les règles de l'art n'ont pas été respectées.

La CNE avait aussi regretté que tout le Buntsandstein n'ait pas été testé (voir document 12 : p. 14), et avait demandé qu'on garde ce forage ouvert pour un suivi long terme de cette aquifère (voir document 14 : p. 28). Quelques mois après, l'Andra a annoncé qu'elle allait reboucher le forage (voir pièce annexe 7 IV.d). Le test n° 1 avait été volontairement abandonné (la CNE regrettant le manque d'étude de tout l'aquifère) : les injections de boue que nous décrivons en pièce annexe 3 V., qui ont débloquent le train de test, auraient pu être faites lors du test n° 1.

Dans son journal du "printemps" 2010 (voir document 94 : p. 11), 2 ans après les tests, l'Andra écrit :

"A ce jour, aucune zone présentant un intérêt particulier en matière de géothermie n'a été identifiée dans le sous-sol de la région."

Nous venons de voir plus haut (Point V-1) que l'Andra n'a jamais cessé de nier la ressource jusqu'à notre mise en demeure.

- V-9, annexe p. 5/6 :

"C'est pourquoi, il aurait été préférable de qualifier cette ressource de banale plutôt que faible."

Par cette phrase écrite à la fin de sa réponse, l'Andra reconnaît que, contrairement à ce qu'elle a affirmé pendant 10 ans, la ressource géothermique à Bure n'est ni "faible", ni "médiocre".

Pièces jointes :

Annexe : Réponse de l'Andra du 18/01/13 à notre mise en demeure

Pièce annexe 5 : Un débit de pompage faible et inadapté imposé dès le cahier des charges

Pièce annexe 6 : *"Le... SRCAE de Lorraine... confirme que ... potentiel... géothermie profonde est faible"*

Pièce annexe 7 : *"le maintien de la boue dans le forage est nécessaire"*

Pièce annexe 8 : *"Désormais l'article qui fait référence..."*

Pièce annexe 9 : Le programme TAPSS 2000 dans la tourmente

Pièce annexe 10 : Sur les autres affirmations de la réponse de l'Andra du 18/01/13 dans l'ordre de leur première apparition

Pièce annexe 5

Un débit de pompage faible et inadapté imposé dès le cahier des charges

Les spécifications techniques et les cahiers des charges qui concernent la détermination de la ressource géothermique ont été réclamés avant l'envoi de notre mise en demeure. Cependant ils n'ont été obtenus que postérieurement, environ deux mois après la demande initiale et suite à trois lettres recommandées (voir document 88). Ces informations sont donc nouvelles par rapport au dossier de mise en demeure du 17/12/12.

Les spécifications techniques (ST) correspondent au document 84 et les cahiers des charges (CC) au document 90. Les ST constituent le document écrit en amont par l'Andra. Les CC sont écrits par le maître d'œuvre, conformément aux ST.

L'Andra avait programmé, sur plusieurs semaines, l'analyse de la productivité/injectivité des grès du Trias après remplacement de la boue de forage par de l'eau claire. Cela ne sera cependant jamais réalisé (voir pièce annexe 7).

Avant cela, l'Andra avait programmé trois tests courts, en boue, en "*fonction des possibilités de production des niveaux gréseux*" (voir document 84 : p. 140 et 120 ; voir document 90 : p. 81), avec une pompe permettant d'ajuster le débit entre 1 et 100 l/mn, **soit entre 0,06 et 6 m³/h** (voir document 84 : p. 140 ; voir document 90 : p. 89).

Les caractéristiques physiques que l'Andra a donné au maître d'œuvre pour planifier le travail sont celles de son inventaire de 2004 (voir document 35) que nous avons analysées en détail dans la pièce annexe 1 III.c. Cet inventaire cherchait à minimiser la perméabilité du Buntsandstein : $1,7 \cdot 10^{-8}$ m/s minimum à $1 \cdot 10^{-5}$ m/s maximum. Ainsi, l'Andra n'a pas donné de meilleures informations à son maître d'œuvre que celles qu'elle avait données au CLIS de Bure suite à la note de A. Mourot.

De plus, comme l'Andra a donné des valeurs en unités des hydrogéologues, le maître d'œuvre a dû les convertir en perméabilités intrinsèques, comme nous avons dû le faire dans la pièce annexe 3 III. En prévoyant une température de l'ordre de 60°C et une salinité de l'ordre de 30 g/l, le maître d'œuvre a déduit de la littérature pétrolière une masse volumique de 1014 kg/m³ et une viscosité de $0,5 \cdot 10^{-3}$ Pa·s. Les valeurs prévisionnelles fournies par l'Andra deviennent alors (voir équation 2 de la pièce annexe 3) : $5,03 \cdot 10^{-16}$ mini à $5,03 \cdot 10^{-14}$ m² maxi, soit entre 0,0005 et 0,5 darcy (voir document 90 : p. 104-105).

Pour de telles perméabilités et pour la partie haute de cette fourchette donnée par l'Andra, le maître d'œuvre **prévoyait un débit de pompage de 3,6 m³/h** (60 l/mn) : cette prévision a été faite pour une perméabilité de $1 \cdot 10^{-6}$ m/s $\sim 5 \cdot 10^{-14}$ m² $\sim 0,05$ darcy (voir document 90 : p. 105). Pour la partie basse de la fourchette donnée par l'Andra, il prévoyait un débit extrêmement faible (1 l/mn).

Ainsi, la décision de réaliser des tests avec une pompe n'ayant pas besoin de beaucoup de débit trouve son origine en 2004, c'est-à-dire quatre ans auparavant, lorsque, suite à la note de A. Mourot, l'Andra cherchait par tous les moyens à minimiser les qualités attendues de l'aquifère du Buntsandstein.

Le maître d'œuvre a dû faire ses prévisions pour une perméabilité de 0,05 darcy, valeur dans la partie haute de la fourchette fournie par l'Andra, alors que celle des grès se révélera être > 3 darcies, 60 fois supérieure.

L'opérateur ne pourra que s'en plaindre :

"La pompe Moyno était utilisée au nombre de tours maximal pour lequel elle est conçue, le système ne permettait pas de pomper plus et donc d'augmenter le rabattement." (voir document 6 : SIS, p.

59).

Les CC demandent que les réponses des tests soient reportées sur le diagramme de Horner et sur le diagramme log-log par la méthode de superposition, et aussi en simulation cartésienne (voir document 90 : p. 84).

Par ailleurs, la température a été mesurée par diagraphie, entre 1742 et 2001 m, les 6 et 7 juin 2008 (diagraphie programmée par les ST : voir document 84, p. 67 et document 90, p. 192-3 ; réalisation confirmée dans le document 63 : *GEO-RS*, p. 29). L'Andra qui n'a jamais dit la vérité sur la température (voir pièce annexe 2) n'a jamais parlé de cette mesure jusqu'au fond du puits qu'elle possède.

Pièce annexe 6

« Le... SRCAE de Lorraine... confirme que ... potentiel... géothermie profonde est faible »

D'après l'Andra (voir DG/DIR/13-0016) :

"Le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) de Lorraine (décembre 2012) qui étudie le potentiel de développement des filières d'énergie renouvelable (dont la géothermie), et élaboré sur la base notamment des données BRGM les plus récentes, confirme que le potentiel régional de développement de la géothermie profonde est très faible." (p. 2/3)

"La géothermie dans les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie : La loi portant engagement national pour l'environnement (dite loi Grenelle II), promulguée le 12 juillet 2010, instaure les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE). Ces schémas étudient le potentiel de développement des filières d'énergies renouvelables (dont la géothermie). De manière générale les SRCAE sont élaborés conjointement par le préfet de région et le président du conseil régional, qui s'appuient sur un comité de pilotage rassemblant les représentants de l'État, des établissements publics de l'État et de la région, ainsi que sur un comité technique réunissant l'ensemble des acteurs et parties prenantes. Le SRCAE de Lorraine indique que "Le potentiel régional de développement de la géothermie profonde est très faible. Cependant, il peut être compensé par le développement de la géothermie basse et très basse énergie recourant à l'utilisation de pompes à chaleur. Cette filière connaît un fort développement ces dernières années, notamment chez les particuliers. Cette solution technique constituera à l'avenir un levier important pour l'atteinte des objectifs." (p. 64)." (annexe p. 5/6)

Le SRCAE de Lorraine ne s'occupe absolument pas de géothermie profonde

Au bout de 19 ans d'exclusivité de recherches sur la géologie en profondeur sur la limite Meuse/Hte-Marne, l'Andra va chercher un mot dans un rapport de généralités de services extérieurs pour "*confirmer*" ses anciennes affirmations.

"Le potentiel régional de développement de la géothermie profonde est très faible" (voir document 95 : SRCAE Lorraine, p.64)

Cette phrase est la seule dans laquelle on trouve le mot "*profond*" sur l'ensemble du document (164 pages). Il ne figure pas dans la fiche spécifique à la géothermie "*orientation 2.1.2....Géothermie et pompes à chaleur*" (p. 90-92). L'unique référence au BRGM est le renvoi vers son site généraliste sur la géothermie, sur la page régionale.

L'internaute se trouve alors face à un "outil" cartographique multicritère d'aide à la décision (avec la mention "*ne doit en aucun remplacer l'étude de faisabilité réalisée par des bureaux d'études compétents !*") qui traite du potentiel des "*aquifères superficiels*" pour "*l'installation de pompes à chaleur*", c'est-à-dire pour la "*géothermie de très basse énergie*", et à l'élaboration duquel EDF a participé. Les critères de cette notation ne sont cependant pas révélés à cet endroit.

Si l'on se reporte sur la Meuse (Bure, Ribeaucourt, Montiers-sur-saulx...), cet "outil" indique que la nappe Tithonien (i.e. les calcaires du barrois, karstique, température que nous savons être $\approx 10^{\circ}\text{C}$) possède un potentiel "*fort*", alors que pour le Buntsandstein (débit et température "non connus"), il indique un potentiel "*très faible*". La réponse du logiciel est donc que, d'un point de vue énergétique, les calcaires du barrois sont d'un grand intérêt, contrairement aux grès du Buntsandstein, s'agissant uniquement de l'installation de pompes à chaleur. A contrario, le logiciel renvoie un potentiel "*fort*" pour l'aquifère du Buntsandstein lorsqu'il est affleurant, donc "*froid*" (ex. vers Saints-Avold en Moselle).

L'élaboration de cet atlas de potentiel géothermique "pour pompes à chaleur", PAC, est présentée dans Bourguine et al. 2007 (voir document 96). L'évaluation est basée sur un jeu de critères. Pour les pompes à chaleur, la température est d'importance modérée (affecté d'un facteur "10%" positif). Le débit est jugé beaucoup plus important, et est affecté lui d'un facteur "40%" positif. La profondeur, parce qu'elle "*se traduit directement en coût d'investissement*", est affectée au contraire d'office d'un facteur "40%" négatif. Enfin, la minéralisation est affectée d'un facteur négatif "10%" (voir document 96 : Bourguine 2007, p. 41-42). Ce document ne donne que ce principe de calcul, sans exemple concret, mais le point essentiel est que la profondeur est affectée par principe d'un coefficient 4 fois plus élevé que celui de la température.

Bien sûr, les auteurs mentionnent l'insuffisance des données pour les débits (voir document 96 : Bourguine 2007 p. 3, 51). Dans l'annexe 2 qui liste "*toutes les formations... à prendre en compte dans la modélisation...*", pour la feuille géologique Gondrecourt-le-Château (qui est aussi l'amont hydraulique de Bure = lieu de charge des aquifères), il y a l'aquifère Oxfordien/Terrains à Chailles et celui du Dogger/Bathonien (voir document 96 : p. 74). Il n'y a rien de plus profond. Ce Bathonien oolithique se trouve immédiatement sous l'argilite visée pour les déchets et, l'année suivante, le forage EST432 (contre le EST433 mais moins profond) a en effet recoupé des niveaux bien perméables : $1,4 \cdot 10^{-5}$ m/s dix mètres sous les argilites (voir document 97 : Linard et al. 2011, fig. 5 : EST432 à 700 m : transmissivité $7 \cdot 10^{-5}$ m²/s pour 5 m) assez proche de ce qu'on a dans le Buntsandstein ($6,5 \cdot 10^{-5}$ m/s ; voir pièce annexe 3 IV.c). On se trouve là à environ 1070 mètres plus haut que le Buntsandstein.

Ainsi, le "*très faible*" et la très mauvaise note donnée au Trias inférieur dans l' "Atlas PAC" à Bure, signifie seulement que, si vous pensez installer une pompe à chaleur chez vous, le Trias "est mille fois trop profond pour ça" (aucune donnée de débit, aucune donnée de température, aucune donnée de salinité sous le Sud Meuse où seule la profondeur, le critère défini comme le plus pénalisant, a été entrée dans le logiciel). Ces critères produisent leur carte 34 (voir document 96 : p. 48) qui donne une note de plus en plus mauvaise de "potentiel d'exploitation-PAC" au Trias inférieur, au fur et à mesure qu'il s'enfonce. Il en serait de même si on appliquait ce "multicritère-PAC" au Dogger, en Île de France. Pour chaque localité des 37 doublets géothermiques, l'outil-logiciel renverrait invariablement pour le Dogger un potentiel "*très faible*".

Et si l'on appliquait ce logiciel "critères Atlas PAC" à la géothermie étudiée par le projet européen ENGINE et le projet français CLASTIC (du BRGM), il indiquerait un potentiel "*exceptionnellement faible*", tout comme pour le bassin Permien sous Bure.

Cette absence de prise en compte de l'eau chaude du sous-sol plus profond explique que le scénario SRCAE-Lorraine PAC est incapable de prévoir plus que 550 GWh de dite "géothermie". En réalité il s'agit essentiellement d'aérothermie, alors que pour suivre le scénario Grenelle, il faudrait 1850 GWh (voir document 95 : SRCAE, p. 90). On a vu que les doublets Dogger produisaient 39,7 GWh/an/doublet et que la puissance des doublets dans le Buntsandstein, à Bure, serait facilement le double (voir pièce annexe 4 I.), soit environ 79 GWh/an. Les 550 sont atteints avec 7 doublets et la zone de transposition de Bure, avec 23 doublets géothermiques au Trias, pourrait produire à elle seule les 1850 GWh du scénario Grenelle 2020 pour toute la Lorraine. Dessous, les 2800 m de Permien, avec encore plus de puissance, assureraient la relève pour d'autres siècles (d'abord en tirage classique, puis éventuellement en technologie EGS).

En février 2010, Fabrice Boissier, alors directeur du département géothermie du BRGM, a été interrogé à la conférence européenne sur le chauffage et le rafraîchissement renouvelables (RHC, Renewable heating and Cooling) (voir document 98) :

"Quelles sont les applications principales pour la géothermie ?"

F. Boissier :

"Pour être simple, il y a deux types principaux : d'un côté vous avez l'énergie de surface qu'on utilise avec des pompes à chaleurs pour chauffer et rafraîchir des maisons individuelles jusqu'à de grands immeubles ou même des petits réseaux de chaleur et de rafraîchissement. De l'autre côté, vous avez l'énergie géothermique profonde. Là vous avez de grosses installations, des installations

industrielles, qui vont chercher la chaleur à des profondeurs en kilomètres, de 1 à 5 km, et elles alimentent le chauffage pour de vastes quartiers ou des installations industrielles". (...)

"En se référant aux intentions, Votre but pour 2050 est de cent cinquante mégatonne équivalent pétrole de production de chaleur. Quelle est le principal sujet de recherche nécessaire pour arriver à cela ?"

F. Boissier :

"Le point clé pour cela est de développer la technologie EGS. EGS signifie Enhanced Geothermal Research. C'est un saut technologique qui va permettre d'exploiter l'énergie géothermique où vous avez des roches de basse perméabilité. C'est l'objectif principal dont on doit s'occuper dans les 20 prochaines années."

De par sa position (ingénieur des mines, pas géologue, il ne passera que 3 ans et demi au BRGM), Fabrice Boissier a apposé sa signature sur tous les rapports BRGM de CLASTIQ, entièrement consacrés à une pré-étude en prévision de l'exploitation spécifique des grès très profonds (3000-4000 m), en EGS si nécessaire. Il a signé notamment le rapport qui pointe l'intérêt géothermique de Bure ("*Cette cible mériterait d'être étudiée de près*") par le seul Trias, à moins de 2000 m de profondeur, et accessible par les technologies classiques (voir pièce annexe 4 I.c).

Or, à peine cet interview réalisée, F. Boissier est nommé à l'Andra, à Bure, aux cotés de la directrice générale. L'Andra a pourtant continué de nier tout intérêt géothermique sous la zone de transposition. Il ne s'agit donc pas d'un manque de connaissance.

Jean-Pierre Masseret, président de région, qui appose sa signature sur le SRCAE Lorraine, n'a pas été induit en erreur par "*le potentiel régional de développement de la géothermie profonde est très faible*", si et seulement si : on lui a expliqué qu'il s'agit du résultat du logiciel "multicritère pompe à chaleur" qui tient assez peu compte de la température, mais pénalise fortement par principe tout ce qui est profond ; et qu'aucune donnée n'a été entrée dans le logiciel pour le Trias, sous le Sud Meuse, en 2007 déjà (et depuis il n'y a eu que le forage EST433 de l'Andra).

Par contre, que l'Andra réécrive cette phrase dans sa réponse à notre mise en demeure est une tromperie. Elle ajoute en plus : "*élaboré sur la base notamment des données BRGM les plus récentes*", alors qu'elle a tenu le BRGM à l'écart des tests hydrauliques du Trias sous Bure (voir pièce annexe 1 V. et pièce annexe 9 II.).

Pièce annexe 7

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

Dans sa lettre DG/DIR/13-0016, 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 , l'argile et la boue.....	6
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.....	11
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'autre 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, 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 parois 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).



Tubes crépinés à fil enroulé

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, 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 m³ (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 : 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 (l-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, 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 : 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 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) :

"... 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. " (voir document 34 ; 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..." (voir document 35 : 2004, c'est "le" document de référence de l'Andra sur la géothermie, p. 26);

"l'augmentation de l'argilosité d'est en ouest, confèrent à cette formation de faibles potentialités aquifères." (voir 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).

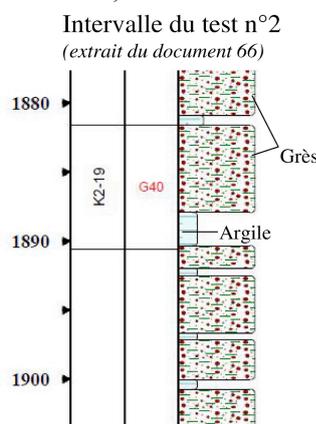
Or, le forage de Lezéville, situé entre Germisay et le laboratoire, avait montré des *"grès moyens à grossiers, dans l'ensemble assez "propres", peu cimentés, manifestement poreux et perméables."* (document 17 : Coparex 1989, p. 14 soulignés dans le rapport; cf. notre pièce annexe 1 I.). D'autre part 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) :

"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). 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 !), 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 enchainées : - 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; 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 m³/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.

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) : *"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 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 (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 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 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) 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, 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."* (annexe p. 1/6).

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 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 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 : 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 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; GEO-RS 2008, p. 39). Les "grès de Trois Fontaines" (voir annexe 2) 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, 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, 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 : 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						
		1720						
	Muschelkalk supérieur	1730						
		1740						
		1750						
		1760						
	Muschelkalk moyen et inférieur	1770						
		1780					90 mètres de roche essentiellement argileuse rouge brique avec de fines passées gréseuses par endroit	
		1790						Zones caves, fortes instabilités de parois
		1800						Instabilités de parois
		1810						Grès de Trois Fontaines
		1820						Instabilités de parois
		1830						
		1840						
		1850						
		1860						
1870				Argile rouge à passées silteuses - eau libre				
TRIAS INFÉRIEUR - Etage du Buntsandstein	Grès à Voltzia	1880				Grès, présence de petits lits argileux		
		1890						
		1900						
	Grès Vosgiens	1910						
		1920						
		1930						
		1940						
		1950						
		1960						
		1970						
		1980						
		1990						
		Cong	2000					Grès - conglomérat

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).

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 (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 : 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 (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 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 : Egis-géotechnique 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 couteuse 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 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 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 m³/heure, ce qui fait une certaine quantité sous 30 mètres de rabattement.. Des chiffres de 3 à 5 m³/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 m³/h. Nous n'avons que 5 m³/h. Donc ces débits qui peuvent sembler importants, sont vraiment des débits insuffisants pour une exploitation géothermique." (Document 91, 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, 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, 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, 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 : 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 évènements 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, 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 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 débitmétrie 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 répondeur 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 m³) 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).

Pièce annexe 8

"Désormais l'article qui fait référence..."

Dans sa lettre DG/DIR/13-0016 (p. 2/3) et son annexe (p. 2/6), l'Andra écrit :

"Vous citez... données géologiques du BRGM de 1979 (fig. 1 p. 1 du document "Synthèse générale - Dossier technique"). Désormais, l'article qui fait référence sur le sujet est l'article "Lower triassic sequence...." de S. Bourquin et al... 2006".

Les données géologiques BRGM de la fin des années 70 - début de années 80 ont été révélées par des bénévoles en décembre 2002. Il n'y avait pas d'article S. Bourquin et al 2006 alors. Pendant 12 ans, avant la sortie de cet article "*de référence*", l'Andra a masqué l'existence des rapports phares existants du service géologique de l'État.

Le rapport Maget et Rambaud BRGM 1979 (voir document 16) réalisé à la demande du gouvernement était de géologie appliquée, spécifique au potentiel géothermique de la région Champagne-Ardenne. Ses cartes étaient des outils pour le choix de lieux précis et de support à la décision d'engagements financiers pour lancer des opérations de forage en vue d'exploitations.

L'article de Bourquin et al 2006 (voir document 117), 27 ans plus tard (postérieur au choix du site de Bure par la loi sur l'expertise de l'Andra) est un travail académique de stratigraphie. Il raisonne à une échelle de bassin : d'Orléans à la bordure occidentale de l'Allemagne incluse. Ce n'est ni un travail de géologie appliquée, ni un travail qui s'occupe des particularités locales.

Bourquin et al. 2006 s'intéressent aux cycles sédimentaires individuels (c'est-à-dire de petites portions individuelles isolées au sein de l'épaisseur du Trias inférieur), à l'histoire du bassin. Ces cycles sont définis dans l'article. La Synthèse Andra 2009, sur laquelle porte notre mise en demeure (voir document 5 : p. 106), aurait au moins pu identifier les cycles sédimentaires définis par Bourquin et al (voir document 117). Mais ce n'est même pas le cas !

Alors qu'est-ce que la "*référence*" de la réponse Andra ?

Il n'y a pas de carte d'épaisseur globale de la série gréseuse dans cet article (la coupe traitée est beaucoup plus au Nord). Pour le cycle majeur supérieur (l'ensemble autour des "grès à voltzia"), aucune épaisseur n'est indiquée. Pour le cycle majeur inférieur (celui des "grès vosgiens" sens large), seuls les dépôts de deux cycles ("B3" et "B4") approchent de la zone de transposition avec une épaisseur quasi nulle (voir document 117). Le forage EST433 a montré une importante épaisseur de la partie inférieure du Buntsandstein ("grès vosgiens" sens large). Le forage EST433 apporte donc du nouveau par rapport à 2006.

Justement, ces auteurs (Bourquin et al.) ont étudié depuis la stratigraphie du EST433 dans le cadre de FORPRO (communication orale à une réunion du programme TAPSS le 10/02/2011). Sur cela, la réponse Andra du 18/01/13 reste muette.

Par contre, le trait sédimentologique majeur de toutes ces cartes est que **les faciès deviennent moins argileux en allant vers l'Ouest** (exception des cycles B5-B6, fig. 8A où l'évolution est en Nord Sud, mais la zone de transposition déjà non touchée est plus en plein dans l'axe potentiel d'un couloir à dominante sableuse WSW-ENE). Cet article montre **exactement l'inverse de ce que l'Andra prétend à Bure depuis la note Mourot** :

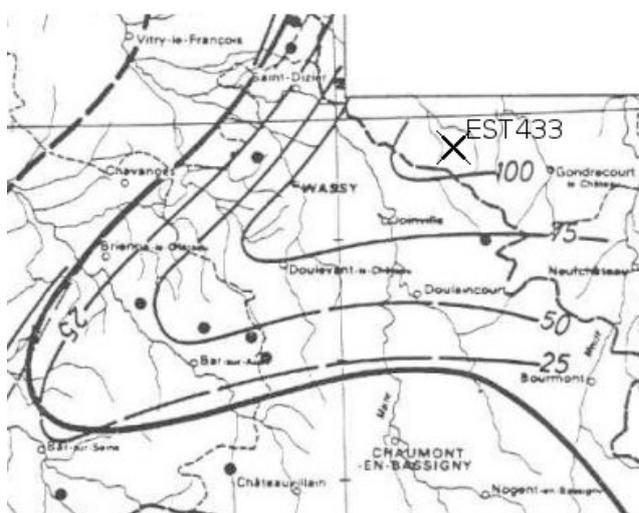
"des essais de pompage réalisés dans le forage profond de Germisay à une dizaine de kilomètres au Sud du laboratoire n'ont permis de retirer qu'un très faible débit d'eau boueuse. Ce résultat s'explique car le laboratoire se trouve sur la bordure Ouest de l'aquifère du Trias dont les caractéristiques vont en se dégradant d'est en ouest." (voir document 31 : "*La vie du Labo*" n° 22

de mai-juin 2003, p. 10 ; on a vu en pièce annexe 1 III.a que cette boue n'est autre que celle artificielle de forage) ;

"...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..." (voir document 35, "le" document de référence de l'Andra sur la géothermie, p. 26) ;

"Concernant le Trias inférieur, les perméabilités moyennes à faibles de cette formation géologique, associées à la réduction d'épaisseur et à l'augmentation de l'argilosité d'est en ouest, confèrent à cette formation de faibles potentialités aquifères." (voir document 44, ceci est "la" référence pour le vote de la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 : *Andra 2005a, juin t1, chap. 8, p. 36 ; décembre* et numérique, idem p. 63).

Revenons à la géologie appliquée à l'échelle locale. Le Buntsandstein du EST433 avec des grès largement dominants (voir document 63 : *GEO-RS p. 68 notamment*) dépasse déjà 120 m. Il est remarquable que cela s'intègre parfaitement à la carte de Maget et Rambaud 1979 (voir document 16 : *carte 26*) :



Scan sur la carte 26 de Maget et Rambaud 1979 (voir document 16) : Épaisseur du réservoir des "grès lorrains" (en m). "Ils forment un "golfe" qui s'avance jusqu'à la Seine" (p. 32). Cette carte prévoyait que Bure devait être à peu près pile dans l'axe et la zone la plus épaisse, à partir de, et au delà de 100 m d'épaisseur. Les forages qui ont servi à établir la carte sont les points noirs. Il est remarquable que le forage EST433 positionné par une croix, avec ses >120 m, valide pleinement cette carte de géologie locale appliquée.

Ces articles de Maget et Rambaud (celui de 1980 mentionné par Mourot 2002 et celui de 1979 mentionné dans notre synthèse technique) ne sont donc pas seulement d'intérêt historique. Ils restent valables pour la zone (le seul nouveau forage entre temps a été celui de Lezéville).

On en est plus aux cartes en 2013. On a des données locales, le forage de Lezéville depuis 1989 (voir document 17) et depuis 2008, le EST433. Et il y a la géophysique qui va avec (voir document 5 : *Andra 2009, p. 109*) :

"indiquent que les mesures enregistrées à la base du Trias par le forage EST433 ne correspondent pas à une anomalie locale (fracturation, zone montrant une porosité anormalement élevée ou basse, ...) et peuvent être extrapolées à une vaste zone autour du forage. Les données acquises dans ce forage dans les formations du Trias inférieur paraissent donc représentatives de la plus grande partie de la zone de transposition (BEICIP, 2008)."

Le Trias ne représente cependant qu'une partie du potentiel géothermique sous la zone de transposition. La série gréseuse permienne, d'épaisseur exceptionnelle, et dont ne s'occupe ni Maget et Rambaud 1979, ni Bourquin et al. 2006, s'annonce d'un potentiel incomparable.

Pièce annexe 9

Le programme TAPSS 2000 dans la tourmente

Dans sa lettre DG/DIR/13-0016, l'Andra écrit :

"Le programme d'échantillonnage, de diagraphies et d'essais in situ spécifique à ce forage a été établi en lien avec un groupement de 22 organismes de recherche"; "Les équipes scientifiques travaillant sur ce programme ont été présentes tout au long de la réalisation de ce forage" (p. 2/3, 3/3)

"Caractériser les formations profondes (Lias et Trias), tant du point de vue de leur impact sur les transferts globaux que de leur potentiel géothermique.

Ce forage a été approfondi jusqu'à 2000 m pour répondre à ce dernier objectif. Il a accueilli aussi un programme de recherche multidisciplinaire et multi-organisme (Universités, CNRS, IFPEN, BRGM, IRSN) dont la thématique était "Transferts actuels et passés dans un système sédimentaire aquifère-aquitard : un forage de 2000 mètres dans le Mésozoïque du Bassin de Paris (TAPSS)" : 22 laboratoires y ont participé.

De ce fait, le programme d'échantillonnage, de diagraphie et d'essais in situ spécifique à ce forage a été établi en concertation avec ce groupement d'organisme.

Les équipes scientifiques travaillant sur le programme TAPSS ont été présentes sur le chantier tout au long de la réalisation de ce forage. Elles ont tenu plusieurs réunions de travail au cours desquelles elles ont échangées leurs résultats. L'Andra y a également présenté les résultats de ses recherches en lien avec les trois grands objectifs définis ci-avant. Dans le cadre de ce programme, 7 thèses ont été soutenues à partir de données provenant de ce forage, 6 articles scientifiques ont été publiés dans des revues internationales à comités de lecture et 2 sont actuellement sous presse (voir références)." (voir annexe : p. 4/6)

Sont donnés en dernière page (voir annexe : p. 6/6) les titres et laboratoires de 7 thèses, les références de 6 articles publiés et de 2 articles "acceptés ou sous presse".

Les affirmations *"Le programme d'échantillonnage... spécifique à ce forage a été établi en lien avec un groupement de 22 organismes de recherche..."* et *"Les équipes scientifiques travaillant sur ce programme ont été présentes tout au long de la réalisation de ce forage"* ont été rendues impossibles dans leur réalisation pour le Buntsandstein étant donné :

- a) l'abandon pur et simple du programme des pompages représentatifs longues durées prévu pour ce programme TAPSS 2000 (voir pièce annexe 7 IV.d) ;
- b) le mutisme de l'Andra sur ce qui s'est réellement passé dans la partie basse du forage.

L'échantillonnage de saumure profonde *"spécifique à ce forage"*, le seul pouvant débloquent le "schéma hydrogéologique régional" en manque de données depuis 18 ans, a dû être réalisé sur une prise antérieure, en dehors de tout protocole. Les scientifiques ignorent visiblement ce qui s'est réellement passé. A l'opposé de toutes les annonces des années précédentes, les ADEME/BRGM ont été exclus de la conception et de la réalisation des tests hydrauliques de la même couche, avec le résultat qu'on connaît.

I. Buts du forage profond.....	2
II. Les organismes compétents pour la géothermie interdits de forage.....	2
III. Les laboratoires impliqués dans TAPSS 2000 reçoivent chez eux ou ne viennent que pour le conditionnement de leurs échantillons, sauf cependant pour la saumure du Buntsandstein échantillonnée en dehors de tout protocole	4
a) Carottes.....	4
b) Saumure, ce qui était prévu.....	4
c) Saumure, ce qui s'est fait.....	5
IV. Les va et vient de la (des ?) chimie(s) de la saumure.....	5
V. Les scientifiques ignorent ce qui s'est réellement passé, exemple de l'hélium.....	6

I. Buts du forage profond

Le forage EST433 devait apporter des informations pour :

a) l'étude du "schéma hydrogéologique régional", tout particulièrement le lien entre le gros aquifère du Nord-Est de la France, le Buntsandstein et celui du Dogger qui est immédiatement sous la couche visée pour les déchets (voir pièce annexe 1 VI.). Comme plusieurs forages allaient déjà au Dogger, ce forage était essentiellement la découverte de l'aquifère du Buntsandstein. Le "schéma hydrogéologique régional" est un critère essentiel de la RFS/Guide de sûreté pour le choix d'un site de "stockage définitif". Il a la lourde tâche de devoir établir le fonctionnement hydrogéologique actuel d'une série multi-strate d'aquifères et de le projeter dans le futur sur 1 million d'années. Pour cela, il doit chercher à comprendre comment il a fonctionné dans le passé géologique.

b) connaître la puissance de la ressource géothermique qui, toujours suivant la RFS/Guide de sûreté, ne doit pas présenter d'intérêt particulier. Au vu de la profondeur, on connaissait d'avance la température à 5-6°C près et on savait qu'il y aurait plus ou moins de sel dans cette partie du bassin. L'inconnue était surtout la perméabilité/transmissivité (la facilité de l'eau à "bouger").

c) améliorer les connaissances générales de manière opportuniste à l'occasion d'un forage profond.

Le programme TAPSS 2000 se concentre surtout sur l'objectif a), partie géochimie. Les intervenants récupèrent des échantillons pour leurs analyses/études. Avec leurs mesures, ils tentent ensuite de déterminer par exemple si l'eau est venue il y a 20 000 ou 5 millions d'années, en les intégrant dans des modèles plus ou moins simples, des raisonnements... Ils chercheront aussi à évaluer les échanges de matières, à l'échelle géologique, dans la pile sédimentaire. La plupart sont des géochimistes. Il s'agit essentiellement de chimie de laboratoire. La nouveauté du EST433 était le Buntsandstein. On va voir ci-dessous que, bien que le forage ait été rebouché, la composition de sa saumure apparaît fluctuante...

La détermination de la perméabilité et de la charge hydrostatique de l'aquifère Buntsandstein (tests hydrauliques) est nécessaire aussi bien pour les objectifs a) que b). Pour les tests d'aquifères en profondeur, les grands organismes compétents sont les géothermiciens et les pétroliers. Aucun n'a pu approcher les tests du EST433, ce qui explique quelques initiatives peu conventionnelles et quelques problèmes...

Un travail opportuniste de connaissances générales est par exemple des études stratigraphiques dans la colonne sédimentaire, ou encore la mesure des contraintes en profondeur sous l'épaisse couche de sel du Trias supérieur, qui intéresse l'Institut de Physique du Globe (IPG). La réponse de l'Andra cite une équipe qui a étudié les carottes du Buntsandstein du point de vue stratigraphique (Bourquin et al., Univ. Rennes), mais elle cite un de ses travaux antérieur au forage (voir pièce annexe 8). Quant à l'IPG, pour des raisons indépendantes de sa volonté, elle a tout perdu dans l'histoire (voir pièce annexe 7 IV.c).

II. Les organismes compétents pour la géothermie interdits de forage

Suite à la note de A. Mourot, l'Andra répondait en 2003-2004 :

"la détermination des ressources géothermiques françaises ne relève pas des compétences de l'Andra. Il apparaît que les deux établissements concernés seraient plutôt l'ADEME et le BRGM..." (voir document 34 : *Président de l'Andra 15/01/04*);

"Ce n'est pas à l'Andra d'aller caractériser les ressources géothermiques en France" (voir document 26 : *Dir. Gén. Andra 26/05/03*);

et parlant de cette détermination :

"...de toute façon je crois qu'elle [l'Andra] n'en aurait pas les compétences..." (voir document 28 : *Directeur de Bure 15/01/04, p. 26*).

On était alors en symbiose puisque (voir document 51 : *Erdyn 2005*) :

"Dans le cadre de la relance de la géothermie au Trias dès 2006, engagée par l'ADEME et le BRGM, l'ADEME exprime son intérêt pour la démarche entreprise dans la région de Bure. " (voir résumé p. 4)

"... l'ADEME et le BRGM relancent début 2006 un programme de recherche dirigé vers les réservoirs dits «clastiques», qui privilégie notamment les couches argilo-gréseuses du Trias. Dans ce cadre, la Direction technique de l'ADEME à Sophia-Antipolis confirme son intérêt pour le projet de Bure." (p. 15)

Et après encore (voir document 53 : L. Drouot, Plénière CLIS 27/11/07 p. 5) :

"fin 2005... Nous avons par exemple du côté de l'ADEME... des gens qui m'avaient manifesté un intérêt explicite pour un projet de géothermie au Trias dans la région de Bure... C'est toujours vrai en 2006... Dans le cadre d'un partenariat avec le BRGM... l'ADEME demandait au BRGM de relancer son programme d'exploration de l'horizon du Trias"

Finalement au bout de 13 ans de présence, le forage se prépare. On est en 2007. L'étude CLASTIQ des ADEME/BRGM bat son plein. Il n'y a jamais eu autant de techniciens ADEME/BRGM qui se concentrent sur l'étude des grès profonds/très profonds pour leur contenu d'énergie géothermique, notamment dans le bassin de Paris.

Et qu'observe-t-on, ou plutôt n'observe-t-on pas ?

Il n'y a pas l'ombre d'un technicien BRGM ou de sa filière industrielle CFG Services, ou de l'ADEME pour la préparation des tests qui vont quantifier cette ressource. L'Andra qui se définissait incompétente 3 ans auparavant décide seule de tout dans les spécifications techniques. Elle décide par exemple qu'on va tester ensemble, dans un même sac, les grès du Buntsandstein avec l'ensemble argileux du Muschelkalk, c'est-à-dire qu'on arrêtera le tubage du forage au dessus de ces deux entités (voir pièce annexe 7 IV.a). Puis on fera des injections sur cet ensemble indivisible pour voir ce qui se passe (voir pièce annexe 7 IV.b). Pourquoi marier ensemble Buntsandstein et Muschelkalk ? Parce que, explique l'Andra, 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." (voir document 84 : ST p. 120; voir pièce annexe 7 IV.a). L'explication est intrigante, mais il n'y en a pas d'autre.

Début 2008, arrivent les cahiers des charges rédigés par un maître d'œuvre, Egis géotechnique (qui a déjà assumé la maîtrise d'œuvre complète du centre de stockage des déchets TFA de l'Andra, à Morvilliers dans l'Aube), et qui énumère les noms des opérateurs sélectionnés. Il n'y a pas l'ombre du BRGM ou de CFG Services ou de l'ADEME, ni pour la maîtrise d'œuvre, ni dans les opérateurs.

La personne choisie pour la conduite des tests, sous le contrôle de l'Andra, est R.K. Senger de Intera Engineering Ltd (voir document 90 : CC p. 81, 83), un consultant canado-américain qui travaille sur le problème de l'enfouissement des déchets radioactifs, donc sur des roches de très faible perméabilité à moyenne profondeur, depuis les années 1980. Intera a développé un logiciel pour ce type de roches de très faible perméabilité avec le Sandia National Laboratories (qui a notamment la mission de surveiller la sûreté des armes nucléaires et l'enfouissement des déchets radioactifs militaires aux USA). L'outillage sera celui d'une PME suisse qui "est lourdement impliquée" (selon ses termes) avec l'Andra à Bure depuis que le Callovo-oxfordien a été atteint et qui n'a pas non plus l'habitude de travailler à cette profondeur (même la CNE en fera le constat : voir document 12, p. 14). Enfin, l'équipe a été complétée par des "petites mains" d'une entreprise familiale généraliste à l'histoire tourmentée, Saunier, et qui seront sous la responsabilité de l'intervenant de Solexperts (voir document 90 : CC p. 24). Il y a également le contrôleur du maître d'œuvre, Golder Associates, et l'Andra en tant que donneur d'ordres.

Un seul universitaire, l'IPG, a été sur place pour prendre son tour derrière cette équipe composite (voir pièce annexe 7 IV.c). L'IPG est-il inclus dans les 22 laboratoires dont parle la réponse de l'Andra ? En tout cas, il n'a pas l'honneur de figurer dans les références données par l'Andra à la fin de sa réponse du 18/01/13.

Les résultats de ces tests, on les connaît...

III. Les laboratoires impliqués dans TAPSS 2000 reçoivent chez eux ou ne viennent que pour le conditionnement de leurs échantillons, sauf cependant pour la saumure du Buntsandstein échantillonnée en dehors de tout protocole

Les 9/10 ème de ces échantillons ont à voir avec le "schéma hydrogéologique régional"/programme de géochimie de la pile sédimentaire TAPSS pour comprendre le passé et prévoir le futur.

a) Carottes

C'est l'Andra qui fixe à 3 le nombre de carottes dans le Buntsandstein (9 + 8 + 2 m = 15% du Buntsandstein traversé) et à 2 dans le Muschelkalk (voir document 84 : ST p. 66). Dans ses critères, figure le facteur temps : "... un nombre d'échantillons... que l'on peut traiter dans des délais raisonnables." (voir document 84 : ST p. 65). C'est GEO-RS (SARL française créée en 1994), qui avait la charge du prélèvement et du conditionnement des carottes (voir document 90 : CC p. 51). C'est GEO-RS qui nettoie, fait le relevé géologique, photographie la carotte, tronçonne, identifie et seulement alors les labos de FORPRO, ceux venus jusque sur place, peuvent avoir leur échantillon contre signature et le conditionner comme ils le juge nécessaire. Sinon, c'est GEO-RS (voir document 90 : CC p. 148, 149) qui conditionne sous sac aluminium sous atmosphère azote et les échantillons sont envoyés aux laboratoires destinataires (au GIS à Nîmes, à Toulouse, à l'IPF...). Aucune des "équipes scientifiques travaillant sur ce programme... présentes tout au long de la réalisation de ce forage" (réponse Andra 18/01/13 p. 2/3, 3/3) n'a à voir avec la réalisation du forage. Ils interviennent pour l'emballage de leur(s) échantillon(s) pour certaines mesures très spécifiques.

"GEO-RS assure le transport de tous les échantillons (archivage et analyses) jusqu'à la carothèque Andra à Bure. Les échantillons pour analyses hors site, non collectés sur le chantier par les prestataires d'analyses, seront mis en caisse plastique et remis au responsable carothèque avec le bordereau pour l'envoi aux différents laboratoires extérieurs par l'Andra.", suit un tableau avec les adresses de 33 laboratoires. Mais certains laboratoires étaient alors prévus venir conditionner eux-mêmes leur(s) échantillon(s) (voir document 90 : CC p. 225 à 228).

b) Saumure, ce qui était prévu

Le prélèvement de la saumure des grès du Trias pour les équipes de géochimistes était prévu à la fin de pompages longue durée, eux-mêmes postérieurs au forage et postérieurs au remplacement de la boue du forage par de l'eau claire et pose d'une crépine :

"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. (voir document 90 : CC p. 207).

"Ces pompages ont pour but d'obtenir des fluides les plus représentatifs possibles de la formation... (voir document 84 : ST p. 146).

Pour cet échantillonnage prévu un titulaire de "suivi hydrochimique", IHR-GEOTER (qui ne devait arriver que pour les pompages après le forage), devait suivre la qualité du fluide et faire des sélections de lots très purs pour les analyses d'isotope de traces et de gaz, gardant les moins purs pour les majeurs (voir document 90 : CC p. 213). Pour en juger, il devait suivre les paramètres physiques de la saumure, ses cations principaux, son alcalinité (voir document 90 : CC p. 211). C'est ce titulaire qui devait faire la plupart des conditionnements, flacons, glacières, prélèvement sur site, sauf ceux très spécialisés (voir document 84 : ST p. 158 ; voir document 90 : CC p. 210, 211) qui pourront être réalisés par l'Andra ou le laboratoire demandeur (voir document 90 : CC p. 216). "Il pourra également [IHR] être sollicité pour des expéditions d'échantillons vers les laboratoires." (voir document 90 : CC p. 210). **"Les échantillons liquides seront**

envoyés aux laboratoires (y compris aux laboratoires des partenaires scientifiques) par IHR. Les adresses d'expédition sont les suivantes..." (suit : Hydroisotop en Allemagne, IRSN à Fontenay-aux-roses ; BRGM à Orléans ; GIS à Nîmes, IDES à Orsay, LSCE au CEA/Saclay; CNAB à Bordeaux; CAREN à Rennes ; voir document 90 : CC p. 223,24). Une bonne partie des laboratoires participant à TAPSS 2000 n'avait donc pas à mettre les pieds sur le forage pour la saumure. Quelques-uns devaient venir pour un conditionnement spécifique à leur spécialité de(s) échantillon(s) qui leurs ont été attribués.

c) Saumure, ce qui s'est fait

Rien de tout cela n'a eu lieu (voir pièce-annexe 7 IV.d). L'unique prélèvement de saumure est celui de la séquence de ~ 8h du test n° 2 dans les grès à Voltzia. La saumure qui a été récoltée a du traverser le manteau de boue polymère de forage du pourtour de la crépine (fig. 5 de notre synthèse technique) passant dans la crépine "*remplie de boue solide jusqu'à proximité de son sommet*" qui elle même a du contenir longtemps de l'eau introduite pour forer (voir document 6 : SIS 2009, p. 13), et autres obstructions dans l'outil. La saumure entraînait vraisemblablement avec elle des grumeaux de cet amas de boue de forage dans la crépine, comme en laisse la trace les sauts de pression qui ne sont guère compatibles qu'avec des obstructions mouvantes du port d'entrée du capteur de pression. C'est la boue que l'Andra avait fait injecter qui ressortait (voir pièce annexe 3.V).

C'est l'équipe composite Solexperts-Intera-petites-mains de Saunier qui gérait :

"Un volume total de fluide d'approximativement 35 m³ a été retiré pendant RW avec une production d'approximativement 29 m³ de fluide de formation." (SIS p. 59).

Il n'y a pas ici de protocole de qualité. Il y a juste ces 2 phrases :

- "*slug ou pompage... avec prélèvement de fluides en surface par le prestataire "suivi hydrogéochimique"...*" (voir document 84 : ST p. 141);
- dans le Cahiers des charges (voir document 90 : CC p. 103) : "*L'objectif... détermination des propriétés hydrauliques des formations gréseuses du Trias inférieur... et échantillonnage de fond de l'eau de formation pour analyses hydrogéochimiques. Pour cela, la conception du test inclura de préférence un test de pompage pour l'échantillonnage de l'eau.*" (voir document 90 : CC p. 103).

Ce n'est pas du tout cet échantillonnage là qui était prévu pour les 22 laboratoires dont parle avec générosité la réponse Andra du 18/01/13. Mais il n'y en aura jamais d'autre. La présence d'une pompe n'était même pas une obligation selon ces spécifications techniques et cahiers des charges ("*slug ou pompage*"; "*de préférence un test de pompage...*"). Vu la récupération précoce de cet échantillonnage là, et la suite d'imprévus ensuite, personne d'autre que l'opérateur Andra "*suivi hydrogéochimique*" (? , celui-là non défini car on est encore dans les spécifications techniques) ne pouvait être là pour le prélèvement de la saumure du pompage. Le test n° 3 n'était même pas encore fait (voir pièce annexe 7 IV.).

L'Andra a-t-elle fait mettre préventivement aussitôt quelques échantillons sous emballages spécifiques ayant son idée sur les événements qui allaient suivre ? C'est possible puisque les cahiers des charges prévoyant que la plupart des échantillons devaient être envoyés, quelqu'un sur place devait connaître le conditionnement adéquate et avoir les emballages correspondants. Mais l'Andra a pu aussi décider plus tard d'utiliser cet alors "*vieux*" échantillonnage qui attendait dans une ou des citernes au contact de l'air ambiant.

IV. Les va et vient de la (des ?) chimie(s) de la saumure

Nous avons signalé dans la Pièce-annexe 3 III de la Mise en demeure que nous ne connaissons pas l'origine des deux valeurs différentes de salinité totale/TDS (Total Dissolved Solid) données par l'Andra : 120 ou 179 g/l pour la saumure du Buntsandstein. L'Andra nous répond le 18/01/13 (annexe p. 3/6) :

"La forte valeur de la salinité de l'eau de formation (179 g/l) a été mesurée au bout de 8 h de pompage (35 m³ extraits au cours du test n°2), ce qui garantit sa représentativité."

De fait, ce qui est ressorti en premier, c'est la boue polymère de forage. Mais quand même lorsque l'Andra

annonce "120 g/l" en plénière du CLIS 4 mois après les tests, les 8 h de pompage sont finies depuis belle lurette. Par ailleurs les "35 m³", on l'a vu plus haut, incluent la boue de forage ressortie.

La seule publication dans laquelle nous avons trouvé des fragments d'une analyse est Rebeix et al 2011 (Document 118, tab. 1; pour la comparaison, on a remis en g/l à partir de mole/l en multipliant par la masse de l'ion) :

Cl ⁻	Br ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	ce total
91 g/l	1,25 g/l	1,2 g/l	45,5 g/l	2,2 g/l	6,7 g/l	3,5 g/l	151,35 g/l

151,35 g/l, et comme il ne manque que les ions solubles mineurs et traces, on restera loin d'un TDS (que eux ne donnent pas) de "179 g/l" avec cette analyse là.

Une autre publication essentiellement Andra celle-là (voir document 97 : *Linard et al. 2011 p. 1459*) donne le "179 g/l" officiel sans justification et met seulement une concentration Cl⁻ sur une figure (fig. 7) : > 3 mol/l (× 35,453) → > 106 g/l, ce qui est significativement différent de Rebeix et al ci-dessus (> 15 g/l).

"Dans le cadre de ce programme [TAPSS], 7 thèses ont été soutenues à partir de données provenant de ce forage..." dit l'Andra dans sa réponse du 18/01/13.

Prenons l'une des thèses citées. V. Barsotti (voir document 119 : *2011 p. 249*) rapporte que : "... les échantillons de roches qui nous ont été alloués..."; ce sont des extraits de carotte de 30 cm (*p. 155*). Ce n'est pas une thèse de géologie mais de microbiologie (traces d'ADN). Le résumé de cette thèse écrit notamment :

"Cette communauté bactérienne inattendue, également retrouvée dans divers écosystèmes de subsurface ainsi que dans des biotopes extrêmes, pourrait provenir en partie d'une paléo-recharge de l'aquifère du Trias par des eaux froides dérivées de la fonte des glaces formées lors de la dernière glaciation du Pléistocène."

Il s'agit de l'aquifère. Pour qui étudie les traces de vie qui peuvent s'y développer, sa composition chimique est donc très importante. C'est l'Andra qui a donné la composition de la saumure à la thésarde. Pour le niveau des grès à voltzia "salinité totale" (*p. 155*) : 180 g/l, "mesure sur les eaux souterraines (ANDRA)". On lui a aussi donné une composition de la saumure pour le niveau des grès vosgiens, test n° 1 : 120 g/l "approximation (ANDRA)".

Tiens ! revoilà donc le "120 g/l" dans une thèse de novembre 2011 du programme TAPSS 2000 avec comme examinateurs de thèse Maurice Pagel, Président scientifique du GNR FORPRO-II et coordinateur du programme TAPSS 2000, et Scott Altmann, ingénieur Andra. Là où la situation se corse c'est qu'en octobre 2008 en plénière du CLIS, l'Andra avait aussi annoncé "120 g/l", mais c'était non pas pour les "grès vosgiens" mais pour les grès à voltzia (test n° 2 ; voir document 91 : *annexe 14*) pour lesquels à la thésarde l'Agence a fourni la valeur de "180 g/l"... (voir document 119 : *p. 155*).

V. Les scientifiques ignorent ce qui s'est réellement passé, exemple de l'hélium

Des résultats de mesure de l'hélium sont publiés par les équipes du CEA-Saclay (LSCE) et de Chimie Nucléaire de Bordeaux (CNAB) en collaboration avec un géochimiste de l'Andra mis en fin de liste. Ils écrivent (voir document 120 : *Fourré et al. 2011, p. 1514*) :

"Lorsqu'on a foré sous le Dogger à la plate-forme C, il n'a pu être échantillonné qu'une venue d'eau rencontrée à une profondeur de 1880-1900 (le tubage du puits a prévenu le mélange avec les eaux souterraines du dessus)."

On est déjà dans la confusion. Préciser que le tubage au fond du EST433 a prévenu le mélange avec les eaux

du dessus n'a de sens que pour les pompages longues durées sans obturateur. C'est bien ce qui était prévu (Pièce-annexe 7 Ib). Dans les faits, ce sont deux obturateurs en caoutchouc espacés de 25 m qui ont fait office de barrières. Il n'est pas évident que les auteurs qui donnent une hauteur en chiffres arrondis sur 20 m le savent puisque les équipes de TAPSS avaient du être informées au départ de ce qui allait être fait avec les pompages longues durées (voir document 90 : CC p. 211, mis en gras par nous) :

"Des prélèvements de fond au niveau des différentes venues d'eau repérées (par température, conductivité et analyse des diagraphies) dans le Trias..."

Aussi, "le tubage du puits a prévenu le mélange avec les eaux souterraines du dessus..." de Fourré et al. aurait été relatif puisque s'il n'y avait peut-être pas de venues d'eau au dessus de la série gréseuse, il y avait une roche argileuse qui s'effritait... (voir pièce annexe 7 IV.).

Visiblement ces équipes là n'étaient pas "présentes tout au long de la réalisation de ce forage" (Réponse Andra du 18/01/13 p. 2/3, 3/3). C'était prévu ainsi dans les Cahiers des charges (voir document 90 : CC p. 223, 224) même si les pompages de longues durées avaient pu avoir lieu : "Les échantillons liquides seront envoyés aux laboratoires... par IHR. Les adresses d'expédition sont les suivantes..." avec dans cette liste le LSCE au CEA/Saclay et le CNAB à Bordeaux auteurs de cet article.

En 2003, une lettre publié dans la revue internationale "Nature", utilisait une mesure d'hélium de l'eau du Dogger du forage Andra MSE101 proche du EST433. Elle la comparait à l'hélium contenu dans l'eau du Buntsandstein dessous. Mais comme c'était avant la loi qui a imposé Bure, et que l'Andra refusait alors de faire un forage au Trias inférieur (voir pièce annexe 1), Marty et al. 2003 (voir document 121) avaient du aller chercher le contenu hélium de l'eau du Buntsandstein "un peu plus loin", sous le triangle Vittel-Baccarat-Nancy. Le rapport $^3\text{He}/^4\text{He}$ là-bas est très différent de celui dans l'eau du Dogger à Bure (facteur 10), grosse différence sur laquelle ils tissaient tout leur raisonnement à une mega échelle (vitesse des eaux dans le quart Nord-Est de la France, remontée d'Hélium du manteau terrestre...). Et leurs conclusions ont été mises comme référence dans le "Dossier 2005 Argile" (voir document 43 : II déc, p. 151) bien que l'Andra soit plutôt bien placé pour savoir que Marty et al. 2003 n'avaient pas d'information sur le Trias sous la zone de transposition.

La mesure de Fourré et al (voir document 120 : tab. 2) est le contraire du postulat Marty et al. 2003 : la valeur du rapport $^3\text{He}/^4\text{He}$ de l'eau du Buntsandstein sous Bure est à peu près la même que celle de l'eau du Dogger sous Bure. Eux aussi font des interprétations à une méga échelle (quart Nord-Est de la France, Manteau terrestre). Mais ils regrettent que (voir document 120 : p. 1517) "seulement un seul échantillon d'eau de la formation du Trias ait pu être échantillonné... ce qui limite la portée de toute interprétation."

Auraient-ils un doute sur sa représentativité ? Quel échantillon de saumure leur a-t-on envoyé ? celui à "179 g/l" ?, celui à "120 g/l" ? ou celui intermédiaire analysé par Rebeix et al. 2011 ? Combien de temps cet échantillon a-t-il attendu dans des citernes si c'est le cas ? etc.

Normalement les échantillons pour l'hélium sont échantillonnés sous pression directement à l'arrivée du fluide aussi pur que possible en haut du forage. Leur contamination par l'air doit être absolument évitée. Leur analyse suite à une extraction/purification complexe et très lourde techniquement se fait sur des quantités infimes. On est toujours étonné de voir le nombre de laboratoires qui ne font que ce genre de mesures extrêmement couteuses sur des traces infinitésimales quand 4 ans et demi après un forage à 2000 mètres fait juste pour ça, on ne connaît même pas la salinité de la saumure...

Pièce annexe 10

Sur les autres affirmations de la réponse de l'Andra du 18/01/13 dans l'ordre de leur première apparition

□ **Pa-1**, p. 2/3 et annexe p. 2/6 : "*Désormais l'article qui fait référence sur le sujet...*" (géothermie sur la limite Haute-Marne/Meuse) : voir pièce annexe 8.

□ **Pa-2**, p. 2/3, 3/3 et annexe p. 4/6, les : "*Le programme d'échantillonnage, de diagraphies et d'essais in situ spécifique à ce forage a été établi en lien avec un groupement de 22 organismes de recherche*", "*Les équipes scientifiques travaillant sur ce programme ont été présentes tout au long de la réalisation de ce forage*". Mais aussi, annexe p. 4/6 : "*Caractériser les formations profondes (Lias et Trias), tant du point de vue de leur impact sur les transferts globaux que de leur potentiel géothermique. Ce forage (...) 22 laboratoires y ont participé*" : voir pièce annexe 9.

□ **Pa-3**, annexe p. 1/6 : "*Prétendre... qu'il y aurait eu, volontairement, une injection de boue...contre vérité que des hydrogéologues responsables n'admettraient pas.*" : voir pièce annexe 7 III.c et relire les preuves techniques dans la pièce annexe 3 V.

□ **Pa-4**, annexe p. 1/6 : "*La dégradation des polymères avant test hydrauliques ne se fait que lorsque la formation testée est dure... Les exemples donnés par les associations...*"

La dégradation des polymères n'est qu'une méthode parmi d'autres pour qu'il n'y ait plus de boue de forage dans l'intervalle pour commencer les tests hydrauliques. Pour cela, le BRGM faisait mettre très peu de polymères lors du forage lorsqu'il arrivait à l'aquifère (le fluide de forage était alors surtout une saumure), et du type biodégradables, ils étaient attaqués à l'acide et le puits "dégorgé" à l'air lift qui est aussi en soi une méthode de nettoyage. Le Dogger aquifère est oolithique, donc lui-même une sorte de grès calcaire et facilement attaqué par l'acide.

Mais on peut tout simplement faire partir la boue en injectant de l'eau claire avec le seul obturateur inférieur gonflé. Après discussion avec l'Andra, l'*expert* du CLIS avait lui même rapporté la recette en plénière (voir document 10 : p. 18). Géoservices l'a fait pour l'Andra avec succès le temps du test sur le Callovo-oxfordien friable (voir pièce annexe 7 II.a) et c'est bien en parlant de roche argileuse les plus fragiles que ce nettoyage était décrit comme indispensable par les hydrogéologues de l'Andra (voir document 9). L'Andra a bien fait réaliser cette opération de "rinçage" en en-tête du test n°2, mais cette fois-là avec de... la boue (voir pièce annexe 7 III.c et pièce annexe 3 V). Le puits EST433 devait lui-même être lavé à l'eau claire avant l'étude/pompages longue durée du Buntsandstein selon les spécifications techniques et cahiers des charges et la présente discussion n'a pas lieu d'être (voir pièce annexe 7 I.a et b). A Schafisheim, le Buntsandstein grésoconglomératique épais de 12 m a été testé pendant une dizaine de jours à l'eau claire ensemble avec avec 10 m de socle granitique sous-jacent et les interprétations sont rapportées excellentes, évidemment sans aucun problème d'obstruction (voir document 8 : p. A36-A38).

□ **Pa-5**, annexe p. 2/6 : "*La valeur de transmissivité de l'ordre de 10^{-3} m²/s a été estimée de manière concordante en utilisant à la fois des techniques analytiques classiques (diagramme de Horner)...*" : Faux. La valeur $1,1 \cdot 10^{-3}$ a été obtenue par combinaison de deux simulations numériques, une sur diagramme cartésien, une sur diagramme log-log, relire notre pièce-annexe 3 VI. Lorsque les opérateurs utilisent le modèle analytique de Horner, ils obtiennent $1,56 \cdot 10^{-3}$ m²/s soit une valeur 50 % supérieure (Document 6, SIS 2009, p. 81).

□ **Pa-6**, annexe p. 2/6 : "*Toutes les interprétation conduites par l'Andra ont intégré les caractéristiques des fluides en place...*" : Faux. Nous démontrons sur les chiffres du rapport des opérateurs que la saumure chaude et salée a été modélisée comme de l'eau pure à température ordinaire (voir pièce annexe 3 IV.b).

□ **Pa-7**, annexe p. 2/6 : "... les associations extrapolent de façon hasardeuse cette valeur sur une épaisseur

de formation non fondée sur des données géologiques, et anticipent un débit permanent considérable avec un rabattement de 30 m."

Pour les 44 m nous citons à la lettre la description de la Synthèse 2009 de l'Agence qui n'est qu'une lecture du Log de forage ce qui produit 190 m³/h pour un rabattement de 30 m (voir pièce annexe 3 II.b). Vu qu'il reste encore 93 m, le double, de roche gréseuse à eau "libre", il faut bien admettre que le résultat est forcément nettement plus fort : "*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.*" (voir document 12 : CNE 2010, p. 14).

□ **Pa-8**, annexe p. 2/6 : "*Comme le note le BRGM dans son rapport sur le potentiel géothermique du Trias clastic du Bassin de Paris... grande variabilité spatiale des faciès*" : et le BRGM 2008 (voir document 54 : fig. 18) est en harmonie avec le BRGM 1979 (voir document 16 : carte S4) sur la disposition du "golfe" d'apport des grès du Buntsandstein. Bure est l'endroit optimal pour la géothermie du quart Nord-Est de la France (fig. 1 de notre "Synthèse technique" ensemble avec la fig. P4-1 de la pièce annexe 4), sans même avoir pris en compte les 2800 m de Permien.

□ **Pa-9**, annexe p. 2/6 : "*... modèle de Horner est en général complétée par l'utilisation de modèles numériques plus sophistiqués... analyse plus fouillée... (...) Le résultat obtenu est plus robuste que la simple utilisation du modèle de Horner*" (mis en gras par l'Andra).

Bien sûr, ces modèles sont maintenant utilisés d'autant qu'ils sont indispensables pour les roches très peu perméables. Malheureusement il faut rentrer les valeurs mesurées de pression autant que celles de débit, ce qui est impossible pour la seule séquence rescapée des tests, le port d'entrée du capteur de pression étant visiblement obstrué (voir pièce annexe 3 VI.). Le modèle de Horner n'utilise que le débit et, s'il n'est pas réputé pour sa précision, il l'est par contre de manière indiscutée dans la littérature pour sa "robustesse" ce qui ne date pas d'hier. Avec un test aussi désastreux, l'honnêteté est surtout de prévenir que tous les résultats sont à prendre avec beaucoup de prudence.

- "*test... modèle d'écoulement composite...*" [i.e. avec plusieurs anneaux de perméabilités différentes] : Exact et c'est la première fois que l'Andra en parle vu qu'elle avait omis de mentionner la boue (sachant qu'en numérique il faut donner une épaisseur à un anneau théorique de boue, épaisseur qui ne peut être qu'arbitraire). Le modèle de Horner a aussi son propre système, imparfait également, le facteur de pellicule, paramètre essentiel dont les associations ont fait connaître pour la première fois à Bure l'existence et la valeur *exceptionnelle*.

- A quoi sert d'avoir un modèle "*sophistiqué*" pouvant faire des "*analyses de sensibilité*" sur la "*salinité*" si c'est pour modéliser la saumure chaude comme de l'eau à température ambiante comme cela a été fait ? (Pièce-annexe 3 IV.b et Point Pa-6 ci-dessus).

□ **Pa-10**, annexe p. 2/6 : "*... l'horizon inférieur plus argileux ayant une porosité libre plus faible, et donc une transmissivité plus basse (test n°1 2 10⁻⁴ m²/s).*" : L'Andra a fait abandonner le test n°1 complètement bouché. La diagraphie indique au niveau des "grès vosgiens" une proportion d' "eau libre" qui est à peu près les 2/3 de celle du niveau des "grès à Voltzia". Sa perméabilité est attendue *a priori* inférieure à celle des "grès à voltzia". C'est une indication rapide très utile mais aussi très indirecte et seuls des tests hydrauliques, qui font effectivement bouger l'eau, diront ce qu'il en est réellement. Le niveau est attendu aquifère vu que : "*la porosité et les teneurs en eau libre sont régulières et moyennes...*" rapporte GEO-RS le chargé géologique de l'Andra (voir document 63 : 2008 p. 37). L'Andra divulgue volontairement de nouveau comme acquis un chiffre (différent de tous ceux qu'elle a donné jusqu'alors), qu'elle sait ne pas avoir de valeur scientifique. Le contrôleur a réfuté la validité d'une analyse de ce test n°1 (voir document 11 : *Egis-géotechnique 2008*, p. 6) : "*Nous ne sommes pas d'accord avec l'affirmation que le test T1 a produit des réponses en pression qui convenaient pour la détermination des propriétés hydrauliques de la formation.*".

☐ **Pa-11**, annexe p. 3/6 : Température.

- Effet des glaciations : "*travaux les plus récents... Marjorowicz... qui montre que le site de Meuse/Haute-Marne se situe dans une zone où la correction à apporter est parmi les plus faible d'Europe continentale.*" : Ah oui ? et c'est quoi cette correction ? : il est écrit deux fois dans la même page de l'article qu'elle "*dépend principalement de la profondeur à laquelle le flux de chaleur a été calculé.*" (Document 86, p. 885). Dans les pays Baltiques de socle où les forages sont peu profonds, il faut beaucoup corriger, mais peu dans le bassin sédimentaire de Paris où les forages pétroliers sont déjà assez profonds. Bis repetita pour le flux, comme pour le "gradient géothermique" de 2,3 °C/100m du "Dossier 2005 Argile", l'Agence fait passer pour phénomène géologique ce qui dépend principalement de la profondeur de mesure (voir déjà Commentaire technique, Point V-6).

- L'Andra nous accuse de "*raccourcis et extrapolations très discutables*" (annexe p. 3/6) parce qu'on ne rentre pas dans des considérations de conductivités thermiques de la pile sédimentaire. Rappelons déjà que la conductivité thermique est des W/m·°C (ou °K) et non pas des W/m²·°C comme il est imprimé dans la Réponse de l'Andra. Un calcul qui utilise les conductivités thermiques avait été fait par l'Agence dans son rapport spécifique de prévision pour la géothermie à Bure en 2004 (voir document 35 : *annexes p. 29, 30*). Basé sur le forage HTM102, il prédisait à 1484 m une température donnée d'une très grande précision, "47,69°C" d'où un gradient global moyen de "2,54°C/100 m" ce sur quoi s'appuyait aussi l'Andra pour dire qu'on était à un endroit du monde au gradient géothermique particulièrement faible.

Sur quoi repose ce calcul réalisé sur 21 couches sédimentaires ? il repose uniquement sur l'écart de température entre sommet et base du callovo-oxfordien et sur celui entre deux niveaux du Dogger, avec les épaisseurs correspondantes. De là on calcule deux gradients (écarts de températures ÷ épaisseurs) puis deux flux (Flux = gradient × conductivité), puis elle a prise la moyenne de ces deux flux ≈ 54,6 mW/m². De là, avec des propriétés thermiques moyennes issues de la littérature elle a répercuté en dominos aux niveaux suivants jusqu'à 1484 m avec la même petite équation ("*marnes gréseuses*" de conductivité 2 : gradient = $54,6 \cdot 10^{-3} \div 2 = 2,73 \cdot 10^{-2} \text{ °C/m}$ d'où calcul d'augmentation de la T° vu son épaisseur et ainsi de suite). Ne pas jouer à ce petit jeu de dominos étant qualifié de "*raccourcis et extrapolations très discutables*", nous déduisons que l'Andra juge qu'elle a produit là un "développement et vérité indiscutable".

Ce joli calcul repose totalement sur les 4 chiffres de départ qui venaient de profondeurs de 300 à 600 m. Et si l'Agence a été obligée de faire ça pour trouver une température "estimée" au Buntsandstein c'est parce qu'elle avait fait stopper le forage 600 m avant de l'atteindre. Sans quoi, on aurait eu la température dans le forage tout simplement et on aurait évité 14 ans de polémique et beaucoup de mensonges puisqu'en réalité le gradient à ce HTM102 avait été mesuré de 3°C/100 m à 1100 m dès le forage (voir Pièce-annexe 2 I). Le calcul n'était qu'un leurre pour tromper l'ennemi. Les "*travaux les plus récents... Marjorowicz...*" (Document 86, figure 4 et 5) cités par la réponse de l'Andra mettent un flux ~ 125 mW/m² là où on trouve Bure. C'est le double de celui du calcul ci-dessus de l'Andra.

Ce qu'on veut tout simplement est la température mesurée dans la couche géothermique. Rien ne pourra l'invalider ! Et si pour des raisons techniques *exceptionnelles* ça n'était pas possible, il faudrait alors pour jouer aux dominos que soit fournies plusieurs mesures de températures à plusieurs profondeurs précises, de préférence pas trop loin de la cible. Or :

- L'Andra a fait réaliser en mai-juin 2008 un forage jusqu'à 1980 m TVD (True Vertical Dept; Pièce-annexe 3 I) mais elle ne fournit en janvier 2013 qu'une donnée (66°C) à une profondeur de 1875 m. A propos..., de quel type de profondeur s'agit-il ? Il s'avère que c'est une profondeur forage (Document 64, scb2009-02_est433_combined_psp.pds, 2ème log) et qui correspond à ~ 1859 m TVD (Document 66). Et l'Agence ne donne pas la nature de la roche au niveau de la mesure (quelle conductivité thermique ?). Pourtant selon sa logique, la ressource géothermique est de nature rocheuse différente et située plus bas que cette mesure et il est impossible de faire le petit calcul en dominos qu'elle semble exiger si on a qu'un chiffre. Quatre ans auparavant en plénière du CLIS (Document 91, p. 38 et annexe 14) l'Andra ne donnait déjà que un chiffre "dit" issu de la chambre du test n°2 donc à la profondeur médiane de 1874 TVD (voir pièce annexe 3 I.). La surprise est que c'est exactement le même, 66°C, que celui qu'elle donne dans sa réponse du

18/01/13. Nous laissons à l'Agence le soin d'expliquer au pays si cela est dû à un "*biais des conductivités thermiques des roches*", ou du à un gradient géothermique nul (0°C/100 m) entre 1859 et 1874 m TVD, ou encore si en février 2009 le gradient géothermique n'était plus le même qu'en juin 2008.

- L'Andra a gardé pour elle seule les données de la diagraphie continue de température réalisée en fin de forage jusqu'à 1980 m TVD (voir fin de pièce annexe 5). Ainsi le pays à qui l'Agence a jeté en pâture un unique "*66°C à 1875 m*" ne risque pas plus de connaître les ondulations de gradient du au "*biais des conductivités thermiques des roches*", que l'évolution due à l'empreinte thermique des glaciations (voir Commentaire technique, point V-6), et beaucoup plus simplement il ne peut pas connaître la température qui a été mesurée à 1980 m TVD dans le forage Andra, même si cette température ne pouvait être encore à l'équilibre thermique (il existe des méthodes de correction).

- La longue tirade monobloc qui suit, avec son passage original en gras, travaille donc à tromper le(a) lecteur(rice) en organisant une bouillie de chat entre nature des roches et profondeur, en se défaussant sur "*la conductivité thermique des roches*" de 6,5 ans de mensonges, le tout en ne donnant que un chiffre unique sans même préciser la couche. Elle travaille à faire oublier qu'elle donnait ces gradients en parlant de géothermie en profondeur et omet l'apogée : le 2,3°C/100 m comparés aux mesures pétrolières profondes du "Dossier 2005 Argile" (cf. Pièce-annexe 2 II).

Cette tirade est pour nous assez effrayante en provenance de l'organisme à qui on a confié la charge technique d'un stockage définitif dans le Bassin de Paris de la deuxième pile de radioactivité du monde :

*"De façon générale, les écrits des associations ne font pas du tout référence à cette notion de flux de chaleur terrestre, et à son lien avec les gradients géothermiques par le biais des conductivités thermiques des roches. Il en résulte certains raccourcis et extrapolations très discutables. **La conductivité thermique des roches sédimentaires pouvant varier de 1,3 (formations très argileuses) à 5 W/m²/C (formations salifères), le gradient géothermique moyen peut varier en un même lieu suivant la profondeur des forages réalisés. C'est pourquoi, dans le cas du site de Meuse/Haute-Marne, le gradient géothermique moyen a varié de 2,5 - 2,7°C/100 m dans les forages de 700 m de profondeur au maximum à 3°C/100 m dans le forage EST433 à 2000 m.**"*

- La phrase (annexe fin de p. 3/6) : "*Les données acquises lors de ce forage sont donc le résultat de mesures fiables et d'interprétation robuste. Elles ne sont d'ailleurs pas contestées par les associations*", n'engage que celle qui l'a écrite. A partir des données que nous avons pu rassembler et par une méthode classique, nous avons produit un calcul provisoire d'un gradient de 3,07°C/100 m à 1921 m TVD, celui-là valable au milieu de la ressource géothermique Trias (voir pièce annexe 2 III. et son annexe ; pas besoin de jouer aux dominos). C'est plus près de 3,1 que de 3,0 et témoigne de l'augmentation apparemment progressive du gradient avec la profondeur jusqu'à au moins 1921 m (voir Point V-6 du Commentaire technique) ce qui est quelque chose d'attendu (voir document 61 : c'est ce que montre l'équation simplifiée éq. 2.13 (7), p. 85 quand on l'applique).

□ **Pa-12**, annexe p. 4/6 : L'Andra indique de manière chiffrée un gradient thermique qui "*peut*", pour elle, être affecté de l'adjectif *exceptionnel* :

"une ressource à 30°C à 300 mètres de profondeur peut... être considérée comme exceptionnelle..."

C'est un gradient géothermique de $[(30 - 10) \div 3 \approx] 6,7^\circ\text{C}/100 \text{ m}$. Même dans le graben d'Alsace, l'anomalie thermique positive sub-circulaire $30 \times 35 \text{ km}$ près d'Obernai sélectionnée par le BRGM dans CLASTIQ, et de très loin la plus forte valeur de toute l'étude CLASTIQ, n'atteint pas cette valeur (moyenne 5,5, voir document 122 : p. 3 et fig. 4). La géothermie de faible et moyenne température (40 à 150 °C) de par le monde est et sera donc, on peut presque dire par définition, presque toujours exploitée sur des zones dont le gradient thermique n'est absolument pas *exceptionnel* selon une définition interne officieuse de l'Andra (à commencer par le Dogger parisien).

□ **Pa-13**, annexe p. 4/6 : "... grès du Buntsandstein... son caractère argilo-gréseux peut fortement influencer sur

la productivité réelle d'un ouvrage sur plusieurs dizaines d'années (développement de puits plus difficile, production de fines à maîtriser)." : Les grès "argileux" sont un autre leitmotiv de l'Andra (voir pièce annexe 7 II.b). Si le "caractère agilo... peut fortement influencer sur la productivité réelle", alors l'Agence savait exactement ce qu'elle faisait en laissant hors tubage 90 de roche argileuse pour moitié friable... (voir pièce annexe 7 IV.). Pour ce qui est des séries gréseuses, les pétroliers ont des techniques pour supprimer les baisses de perméabilités (voir pièce annexe 7 I.a, "sand management").

□ **Pa-14**, annexe p. 5/6 : "*La forte salinité naturelle de l'eau de l'aquifère (179 g/l)...*" : C'est un paramètre très important pour le "schéma hydrogéologique régional". Il a permis de mettre en évidence des liens entre aquifères dans la région parisienne alors que sur ce sujet, le site de Bure a été choisi à l'aveugle (voir pièce annexe 1 VI.). Pour ce qui est de la géothermie sur des saumures de grès profonds nos voisins européens savent gérer (voir pièce annexe 1 I.) et le BRGM en attend l'opportunité (voir pièce annexe 4 II.). A propos, l'Andra est-elle si sûre de cette "salinité naturelle" de "179 g/l" ? (voir pièce annexe 9 IV.).

□ **Pa-15**, annexe p. 5/6 (nous mettons en gras) : "*Mais surtout, le facteur qui détermine l'intérêt de la ressource est le niveau de risque sur la ressource attendue... la variabilité des faciès dans les grès clastiques rend hasardeuse la ressource potentielle à chaque forage...*".

S'il se trouve à Bure des déchets nucléaires entre la surface et la ressource géothermique et dont la mémoire est oubliée (que faisait-on en Meuse il y a 3257 ans ?), avertir d'un "risque"... "hasardeux" pendant de nombreuses dizaines de millénaires est une sacré problématique, sans parler de la triste contrainte de ne plus pouvoir toucher au sous-sol. Sans ces déchets le prospect énergétique de la "zone de transposition" peut difficilement être plus excellent puisque le forage EST433 a confirmé que la transmissivité est "bonne" avec un petit bout de 25 m de l'aquifère, qu'il y a encore de la réserve dans le Trias avant de toucher à la série gréseuse permienne plus chaude, illimitée avec ses 2800 mètres.

De leur côté les relevés géophysiques :

"...indiquent que les mesures enregistrées à la base du Trias par le forage EST433 ne correspondent pas à une anomalie locale (fracturation, zone montrant une porosité anormalement élevée ou basse, ...) et peuvent être extrapolées à une vaste zone autour du forage. Les données acquises dans ce forage dans les formations du Trias inférieur paraissent donc représentatives de la plus grande partie de la zone de transposition (BEICIP, 2008)." (voir document 5 : Andra 2009, p. 109)

□ **Pa-16**, annexe p. 5/6 : "*Les associations assimilent abusivement ressource géothermique et productivité en eau de l'aquifère*" : cette réponse semble avoir été écrite évasivement avant que la pièce annexe 4 I.b et c de notre mise en demeure ait été lue.

□ **Pa-17**, annexe p. 5/6 : "*La CNE dans ce même rapport n°4 de juin 2010 aboutit aux mêmes conclusions : «Le Trias dans la région de Bure ne représente pas une ressource géothermique potentielle attractive dans les conditions technologiques et économiques actuelles»"*.

La CNE n'aboutit en aucun cas "*aux mêmes conclusions*" et l'Andra ne se sent pas engagée par ce qu'écrit la CNE, la preuve :

- la CNE écrit en juin 2010 (on met en gras ces petits mots porteur d'un message particulièrement direct dans son langage si diplomatique) : "*réalisé dans les règles de l'art à des fins de captage d'eau permettrait d'atteindre sans aucun doute des performances bien supérieures.*" (voir document 12 p. 14). L'Andra imperméable n'en continue pas moins jusqu'à sa mise en demeure fin 2012 de présenter la ressource avec le 5 m³/h (voir point V.1 du Commentaire technique) ;

- c'est encore la CNE qui donne la valeur moyenne des transmissivités des exploitations du Dogger : 1 10⁻³ m²/s d'où il ressort immédiatement qu'elle est déjà atteinte par la seule transmissivité officielle du test n° 2 : 1,1 10⁻³ m²/s. Cela garantit une transmissivité allègrement supérieure de l'ensemble du Trias inférieur sous Bure. La CNE n'écrit pas cette déduction cependant, c'est au lecteur(riche) de le faire (autre "indice" que donne la CNE : "*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." !)

- la CNE recommande en juin 2008 qu'on ne rebouche pas ce forage (voir document 14 : p. 28) et l'Andra annonce 4 mois plus tard qu'elle le rebouche (voir pièce annexe 7 IV.d).

Car la phrase CNE citée par l'Agence : "... *technologiques et économiques actuelles*" est ensuite développée : "*Cependant cette considération repose plus sur la modestie de la température et l'incertitude qui demeure sur les possibilités de réinjecter l'eau que sur la productivité de l'aquifère du Trias inférieur dont il n'est pas pour l'instant démontré qu'elle soit inférieure à celle constatée dans les installations géothermiques au Dogger existantes dans le centre du Bassin parisien.*" (voir document 12 : p. 15).

- Cette dernière mise au point est de nouveau un désaveu cinglant au critère majeur/leitmotiv de l'Andra : le 5 m³/h (cf. Point V-1 du "Commentaire technique").

La CNE est composée de 13 personnes d'horizons très différents (un hydrogéologue et un pétrolier, mais aussi un économiste, un sociologue, un diplômé de sciences-Po/administratif...) et de positions très différentes vis à vis des industries nucléaires (un métallurgiste du Cons. Sc. de la DAM/haut Commissaire CEA, le Directeur de "l'Andra suédois", un retraité Autorité de sûreté nucléaire allemande/AIEA/conseil scientifique EDF, un chimiste des actinides du cabinet du Haut Commissaire du CEA...). Elle emploie une phraséologie hautement diplomatique puisque chaque membre doit donner son accord pour chaque mot. Gardant ce fonctionnement en tête, on remarque alors que l'expression employée : "*productivité... il n'est pas pour l'instant démontré qu'elle soit inférieure... Dogger existantes*" n'est pas fautive pour une productivité qu'un peu plus de recherche montre être à priori le triple de celle des installations du Dogger comme l'indique le calcul (voir pièce annexe 4 I.a). On a vu plus haut que la CNE donne le chiffre et les remarques qu'il faut pour démontrer qu'il y a mieux à Bure qu'au Dogger.

- Le rapport CNE ne cite que le chiffre d'une température de 66°C donné par l'Agence. La valeur provisoire de température calculée dans notre Mise en demeure, 69°C non contestée par la réponse de l'Andra, est 5 à 6 % inférieure à celle de la moyenne des doublets parisiens (~ 72,8 °C, voir pièce annexe 4 I.). Et dessous à Bure, toujours en série gréseuse on a encore 2800 mètres à priori en partie perméables, jusqu'à une température qui doit excéder 150°C. La CNE ne parle pas du Permien.

- Jamais, l'Andra n'a parlé de "... *l'incertitude qui demeure sur les possibilités de réinjecter...*" puisque pour cela il aurait déjà fallu reconnaître que la productivité en soi se prête à l'exploitation. Si la CNE s'occupe du problème de la réinjection, c'est qu'elle a reconnu d'abord que la ressource est là en terme de productivité (i.e. celui des deux forages qui a la charge de tirer l'eau). Elle passe alors à l'étape suivante de l'évaluation. La CNE donne la source de son raisonnement dans un long paragraphe (voir document 12 : les 11 lignes en bas de p. 14) : les données françaises : "*une expérience faite à Melleray au nord d'Orléans dans le Trias s'était semble-t-il soldée par un échec dans les années 1980.*", parle un peu du fait qu'il va bien falloir s'en préoccuper si on veut réinjecter du CO₂, et conclue "*la faisabilité ou non de la réinjection ne peut donc à l'heure actuelle pas être considérée comme démontrée.*". La phrase citée par l'Andra "*ne représente pas une ressource attractive... dans les conditions technologiques et économiques actuelles.*" est donc expliquée. Ce que la CNE apparemment ignorait, c'est qu'au contraire du seul exemple français qu'elle cite, de l'autre côté des frontières, la réinjection de saumures géothermiques dans des grès profonds **est** maîtrisée au Danemark et Allemagne depuis plus de deux décennies (voir pièces annexes I-I et 4-II et/ou par ex. les documents 18 et 19 : *Mahler 1995 ; Mahler et Magtengaard 2010*). Mais même en restant sur la France, la CNE a failli en ne mentionnant pas la grande étude CLASTIQ des ADEME/BRGM de 2006-2008 (voir pièce annexe 4) qui cite bien sûr les danois et allemands et n'est autre qu'une première étape de la préparation à faire de même en France là où des grès profonds existent.

Il n'est pas un hasard que l'Andra avait programmé de tester la réinjectivité dans les grès du Buntsandstein (voir pièce annexe 7 I b.). Mais en continuité de sa négation de la ressource, on voit aussi comment elle comptait s'y prendre pour aboutir à un échec certain si elle avait été jusque là (voir pièce annexe 7 IV.b).

☐ **Pa-18**, annexe p. 5/6 : "*Enfin, il ne faut pas oublier... la géothermie... une énergie locale, à consommer sur place...*" : remarque de bon sens qui avait amené un journaliste de l'Est-Républicain de Bar le duc à titrer son article sur la géothermie à Bure (12/06/12) avec : "La géothermie ne se déplace pas contrairement aux déchets". Le Permien plus chaud offrirait ensuite en plus le choix de faire un peu d'électricité si on le souhaite (voir pièce annexe 4 IV.). Et lorsque le Guide de Sûreté/RFS indique qu'il ne doit pas y avoir d'intérêt particulier du point de vue de la géothermie, cette contrainte doit être justifiée pour des centaines d'années.

Bibliographie générale

Dossier technique géothermie Bure

Documents techniques :

- **Document 1** => Groupe "Goguel" 1987 : "Stockage des déchets radioactifs en formations géologiques - critères techniques de choix de site", juin 1985-mai 1987, Rapport du groupe de travail présidé par le professeur Goguel, mais au final par P. Candès du CEA. Ministère de l'Industrie, des P. & TL. et du Tourisme: 63p. puis 9 annexes: p. 65-227.
- **Document 2** => RFS n° III.2.f, 10 juin 1991, "Stockage définitif de déchets radioactifs en formation géologique profonde", Service central de Sûreté des installations nucléaires, Journal officiel de la République française, fascicule 1606.
- **Document 3** => ASN 2008, "Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde", Autorité de Sûreté Nucléaire, 12 février.
- **Document 4** => Mourot, A. 2002, "Lorraine-Champagne Ardennes - Bure et la Règle Fondamentale de Sûreté", polycopié 7p. et 7 cartes annexes, décembre, présenté et déposé au CLIS dont l'Andra est membre de droit.
- **Document 5** => Andra 2009, "Synthèse du programme de reconnaissance de la zone de transposition 2007-2008 - Centre Meuse/Haute Marne", indice B, 21 juillet, Rapport D.RP.ALS.08.1356, 128p.
- **Document 6** => SIS : Saunier & Associés - Solexperts - Intera, 2009, "Lot M23, Tests hydrogéologiques entre obturateurs - Rapport d'opération Est 433 Trias", émission initiale 16/12/08, émission finale après prise en compte des remarques ANDRA : 22/01/09, 150p, texte en anglais, D.RP.OSAU.08.001
- **Document 7** => BRGM 1983, "Opération géothermique de Garges-les-Gonesse - Spécification techniques détaillées - Plan d'exécution des ouvrages (2è Partie)", rapport 83 SGN 409 GTH, juin, 87p. et 3 planches dont le Log.
- **Document 8** => Moe, H. (Colenco) - McNeish, J.A. - McCord, J.P. - Andrews, R.W. (Intera Inc.) 1990, "Interpretation of hydraulic testing at the Schafisheim borehole - Technical Report 89-09", Nagra NTB 89-09, 85p. + Appendices 102p.
- **Document 9** => Delay, J. - Aranyossy, J-F. 1994, "Les mesures hydrogéologiques dans les forages de reconnaissance des sites potentiels pour le stockage géologique des déchets radioactifs", Hydrogéologie n°4: 53-62.
- **Document 10** => CLIS 2007, "Réunion du Comité Local d'Information et de Suivi à Montiers sur Saulx", 27 novembre.
- **Document 11** => Egis-géotechnique (Golder Associates) 2008, "Lot D09 - Maitrise d'œuvre du programme de reconnaissance de la zone de transposition 2007-2008 (RTZ) - Rapport de contrôle scientifique Tests entre obturateurs EST 433 Trias - Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne"; émission provisoire 16/07/08, définitive sans correction 24/07/03; Préambule de 8 lignes en français puis texte en anglais; Rapport Andra D RP OSCA 08 0040, 9p.

- **Document 12** => CNE, juin 2010, "Rapport d'évaluation n°4", tome 2 : Annexes scientifiques et techniques, Annexe 3 : "Évaluation du potentiel géothermique au Trias".
- **Document 13** => Andra 2010, "Expérimentation MHS - Synthèse annuelle 2009 des mesures hydrogéologiques de surface - Centre Meuse Haute-Marne", 4 mai, tome 1: 254p.; t.2 "Historique techniques": 433p.
- **Document 14** => CNE, juin 2008, "Rapport d'évaluation n°2".
- **Document 15** => Bataille, C. 2003, "Mission de médiation sur l'implantation de Laboratoires de Recherche Souterrains - Rapport du Médiateur", 20 décembre, La documentation française, 169p.
- **Document 16** => Maget, P. - Rambaud, D. 1979, "Possibilités géothermiques de la région champagne-Ardenne", BRGM, décembre, rapport 79 SGN 739 GTH/CHA, 37p., 36 cartes HT.
- **Document 17** => Coparex 1989, "Rapport final forage "Lezéville 1" (LZV1) - permis de Biencourt", septembre 1989 SC/NG/EG, 31p. et un log final dépliant du forage au 1/500.
- **Document 18** => Mahler, A. 1995, "Geothermal Plant in Thisted with absorption heat pump and 10 years operation without corrosion or reinjection problems in sandstone for 15% saline water", World Geothermal Congress: 2161-6
- **Document 19** => Mahler, A. - Magtengaard, J. 2010, "Country Update - Report for Denmark", Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 25-29 April, 9p.
- **Document 20** => Lemale, J. - Jaudin, F. 1998, "La géothermie, une énergie d'avenir, «une réalité en Ile-de-France»", (coord. : F. Brenière; contrib. : Y. Benderitter, P. Laplaige, R. Ferrandes), ARENE édit., Agence Régionale de l'Environnement et des Nouvelles Énergies Ile-de-France, ADEME, BRGM, 117p.
- **Document 21** => Andra 2001 b : "Dossier 2001 Argile - sur l'avancement des études & recherches relative à la faisabilité d'un stockage de déchets à haute activité et à vie longue en formations géologiques profondes - Rapport de synthèse", décembre, Partie A: 159p ; Partie B "compléments scientifiques et techniques" : 331p.
- **Document 22** => Andra 2001 a : "Référentiel géologique du site Meuse/Haute-Marne", t.2 : "Les connaissances à l'échelle régionale", 230p.
- **Document 23** => Andra 2001 a : "Référentiel géologique du site Meuse/Haute-Marne", t.5 : "État d'avancement de la modélisation", 107p.
- **Document 24** => Fleury, J.M. 2003, A.E.M.H.M. (Association des Élus Meusiens et Haut-Marnais opposés à l'implantation d'un «laboratoire» en vue de l'enfouissement de déchets nucléaires et favorables au développement durable) ; lettre du 24/06 à Monsieur le Rédacteur en chef de l'Est Républicain, Bar-le-Duc, en réponse à l'article "Bure sans surprise majeure".
- **Document 25** => CLIS, Bureau 28 janvier 2003.
- **Document 26** => CLIS, Plénière du 26 mai 2003.

- **Document 27** => CLIS, Bureau 17 novembre 2003.
- **Document 28** => CLIS, Plénière du 15 janvier 2004.
- **Document 29** => CLIS, Bureau 11 février 2004.
- **Document 30** => CLIS, Bureau 5 avril 2004.
- **Document 31** => La Vie du Labo n° 22, mai-juin 2003, Journal d'information du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne.
- **Document 32** => Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine (SNPA); Sondage Germisay n°1 = LGe.1, rapports mensuels septembre 1955 à avril 1956
- **Document 33** => SNPA 1956, "Germisay, L.Ge.1" Log de forage, échelle 1/2000 suivi du tableau "Résultat des essais" de production;
- **Document 33 bis** => SNPA 1956, Germisay 1, L.Ge.1, "Dossier de fin de Sondage - Rapport géologique", RG n°225 (M. Delmas et J.P. Cabrit), 25p. + 5 cart.; Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine.
- **Document 34** => Le Bars, Y. (Président) 2004, Andra ; lettre du 15/01 au président du CLIS du Laboratoire de Bure à propos du potentiel géothermique de la région de Bure.
- **Document 35** => Andra 2004 b (Grateloup, S), "Site Meuse/ Haute Marne, Géothermie, Inventaire de nouvelles données", Rapport C.NT.ASMG.04.0001, 18 mars, 32p.
- **Document 36** => Mégnien, Cl. 1980 (sous la dir. de), "Synthèse géologique du bassin de Paris", Mémoires du BRGM n° 101 : vol. I : "Stratigraphie et paléogéologie", 468p.; n° 102 : vol. II : "Atlas", 52 cartes dépliantes; et n°103 : vol. III : "Lexique des noms de formations", 469p.
- **Document 37** => Housse, B. - Maget, P. 1976, "Potentiel géothermique du Bassin Parisien", Elf Aquitaine et BRGM, rapport DGRST (Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique) 74-70-990, mai, BRGM édit., 125p., 29 cartes hors texte.
- **Document 38** => Maget, P. 1983, "Potentiel géothermique «basse température» en France", CCE et BRGM, rapport 83 SGN 375 SPG, 315p., + annexe I, forages néocomiens 261 fiches; annexe II, forages Dogger 62 fiches; et 86 figures/cartes hors texte.
- **Document 38 bis** => Maget, P. - Rambaud, D. 1980, "Possibilités géothermiques de la région champagne-Ardenne - II. Étude hydrogéologique des sites", BRGM, septembre, rapport 80 SGN 649 GTH/CHA, 54p.
- **Document 39** => BRGM 1984, "Projet de géothermie de Villeneuve-Saint-Georges - Étude géologique", rapport n° 84 SGN 402 GTH, décembre, 68p.

- **Document 40** => Menjoz, A. - Lambert, M. - Matray, J.M. 1993, "Flow of formation water in the Jurassic of the Paris Basin and its effects", Phil. Trans. R. Soc. London, 344: 159-69.
- **Document 41** => RAP 1954, "Rapport de Sondage d'Ancerville 1 (An. 1)", 11 juillet, extraits; "Commentaires des mesures de porosité et de perméabilité", 6p. + de "Description lithologique des terrains traversés" : le Muschelkalck.
- **Document 42** => Géochaleur 1982, "Saint Dizier - Géothermie - I. Inventaire des opérations, II. Bettancourt, avant projet sommaire", janvier, Géochaleur, BRGM, BERIM, 127p.; extrait.

- **Document 43** => Andra 2005 b, "Dossier 2005 Argile":

I. "Tome Architecture et gestion du stockage géologique", juin, 497p.

II. Tome Évolution phénoménologique du stockage géologique, juin, 520p.

III. Tome Évolution de sûreté du stockage géologique, juin, 737p.

L'Andra réactualise ce dossier en décembre, disponible sur papier au CLIS du Laboratoire de Bure à partir de la deuxième partie de janvier 2006. Des modifications ont été glissées dans les 1754 pages. Le dossier a été réimprimé (1867 pages) et la pagination a changé.

Plus tard une traduction anglaise de la version de décembre sera mise sur le site de l'Agence.

- **Document 44** => Andra 2005 a, "Dossier 2005 Argile : Référentiel du site de Meuse/Haute-Marne", version papier "juin", la seule disponible au CLIS en 2005 : 35 chapitres (8 à 43, il n'y a pas de chapitre 1 à 7) répartis en reliures, eux-mêmes sous-divisés en "volumes" (conceptuels) sur lesquels démarre une nouvelle pagination: 1246p.

L'Andra réactualise ce dossier en décembre, disponible sur papier au CLIS du Laboratoire de Bure à partir de la deuxième partie de janvier 2006. Il commence toujours au chap. 8 mais des modifications ont été glissées dans le corps du texte et en plus la pagination a été complètement reprise en commençant à la p. 1 au chapitre 8 et cohérente à partir de là. Cette pagination n'a donc plus aucun rapport avec celle de la version "juin".

Enfin beaucoup plus tard encore, ceux qui se sont renseignés ont découvert une version numérique de ce Référentiel. C'est une troisième version, datée Indice A du "29 avril 2005" et Indice B du "15 nov. 2005". Cette troisième version comporte un volume supplémentaire avec l'apparition des chapitres manquants (les chapitres 1 à 8 qui ont une pagination indépendante).

- **Document 45** => La Vie du Labo n° 29, automne 2005, Journal d'information du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne.
- **Document 46** => OPECST 2005, "L'état d'avancement et les perspectives des recherches sur la gestion des déchets radioactifs", 15 mars, réf. Ass Nat. n° 2159, réf. Sénat n° 250: 67p.
- **Document 47** => IRSN 2005, "Avis de l'IRSN sur le dossier 2005 Argile", décembre, Rapport DSU n°106, 247p.
- **Document 48** => GPE 2005, "Avis relatif à l'examen du "Dossier 2005 Argile", Groupe Permanent d'Experts pour les Installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs au Directeur Général de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection, réunion des 12-13 décembre à Fontenay-aux-roses, 9p.
- **Document 49** => ASN 2006, "Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire sur les recherches

relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HAVL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, et liens avec le PNGDR-MV", 01 février, 10p.

- **Document 50** => CLIS, Plénière du 5 octobre 2006.
- **Document 51** => Rapport de synthèse de l'évaluation des moyens à mettre en œuvre pour la caractérisation du potentiel géothermique de la région de Bure – GIP objectif Meuse – CLIS (15 novembre 2005, Erdyn).
- **Document 52** => CLIS du 23 avril 2007, "Contexte du projet HAVL", présentation Andra D.TR.ALS.07.0344.A, 48 diapositives, dont Programme de reconnaissance de la zone de transposition.
- **Document 53** => CLIS, Plénière du 27 novembre 2007.
- **Document 54** => Bouchot, V. - Bialkowski, A. - Lopez, S. - Ossi, A. 2008, "Évaluation du potentiel géothermique des réservoirs clastiques du Trias du Bassin de Paris - Rapport final", BRGM/RP-56463-FR, septembre, 96p.
- **Document 55** => Worden, R.H. - Matray, J.M. 1995, "Cross formational flow in the Paris Basin", Basin Research, 7: 53-66.
- **Document 56** => Gouze, P. - Hassani, R. - Bernard, D. Coudrain-Ribstein, A. 2001, "Calcul de l'évolution de la perméabilité des réservoirs sédimentaires contenant des argiles : application à la faille de Bray (Bassin de Paris)", Bull. Soc. Géol. Fr., t. 172, n°4: 427-36.
- **Document 57** => Andra 2001 a : "Référentiel géologique du site Meuse/Haute-Marne", t.1 : "Contexte et objet".
- **Document 58** => Andra 2004, "Forages scientifiques profonds - Synthèse FSP", vol. 1 texte : 173p., vol.2 figs : 125p, vol.3 annexes : 57p.; date d'origine 28/11/03, modification : 27 février 2004.
- **Document 59** => Géoservices 1995, "Rapport final : Tests hydrogéologiques sur le site de forage d'exploration HTM102 de Haute-Marne entre Cirfontaines-en-Ornois et Gillaumé", avril, Rapport ANDRA B RP 1GSV 95-002, 92p.
- **Document 60** => Birch, F. 1948, "The effects of Pleistocene climatic variations upon geothermal gradients", American Journal of Science, vol. 246, n° 12, p. 729-60.
- **Document 61** => Carslaw, H.S. - Jaeger, J.C. 1988, 2nd ed., (1959), "Conduction of heat in solids", Clarendon press, Oxford, 510p.
- **Document 62** => Andra 2008, "Le programme de reconnaissance depuis la surface : Principaux résultats à octobre 2008", CLIS du 16 octobre, 25 diapositives Power Point.
- **Document 63** => GEO-RS 2008, "Lot G02 - Suivi des forages de la zone de transposition 2007-2008 - Forage EST433, plate-forme C; Rapport d'Opération", 01 septembre, Rapport Andra DRP 0GRS 08 0007, 132p.

- **Document 64** => Schlumberger 2008-2009, fichiers de données sur les diagraphies températures, résistivité, pression des 27/08/2008 et et 05/02/2009 au forage EST433 : "scb2008-08_est433_ema.pds"; "scb2008-08_est433_psp.pds"; "scb2008-08_est433_ema_main_up_012puc.las"; "scb2008-08_est433_psp_main_up_020luc.las"; "scb2009-02_est433_combined_ema.pds"; "scb2009-02_est433_combined_psp.pds"; "scb2009-02_est433_ema_up_repeat_008puc.las"; "scb2009-02_est433_psp_up_repeat_021puc.las".

Nota : les fichiers pds ne sont lisibles qu'avec le logiciel pdsview qui est dans le dossier, et qui ne fonctionne que sous Windows (il suffit de cliquer directement sur l'un des fichiers pds). On a rajouté des scans pour les systèmes qui ne pourraient pas faire fonctionner pdsview.

- **Document 65** => Le Journal de l'Andra, édition Meuse – Haute Marne, n°2, printemps 2010, p. 11 : "Le sous-sol de Bure recèle-t-il des ressources géothermiques ?".
- **Document 65 bis** => Roux, B. - Sanyal, S.K. - Brown, S. 1980, "An improved approach to estimating true reservoir temperature from transient temperature data", Society of Petroleum Engineers, California Regional Meeting, 9-11 april, Los Angeles, SPE paper n°8888-MS: 373-84.
- **Document 66** => Andra - GEO-RS - GEOTER, non daté, "Synthèse des logs réalisés sur la plate-forme C, Forage Est 431, Est 432 et Est 433 - Log composite au 1/500^{ème}" (nota : ce document met un certain temps à s'ouvrir)
- **Document 67** => Cassan, M. 1980, "Les essais d'eau dans la reconnaissance des sols", Eyrolles édit., 275p.
- **Document 68** => Gringarten, A.C. 1978, "Reservoir Lifetime and Heat Recovery Factor in Geothermal Aquifers used for Urban Heating", Pageoph, vol. 117, Birkhäuser Verlag, Basel: 297-308.
- **Document 69** => Menjoz, A. - Fillion, E. - Lesueur, H. - Matray, J.M. - Noyer, M.L. 1996, "Comportement des doublets géothermiques exploitant le réservoir du Dogger et analyse du contexte de la percée thermique - Bassin parisien (France)", BRGM/ADEME, septembre, R39095, 159p.
- **Document 70** => Earlougher, R. C. Jr. 1977, "Advances in well test analysis", Monograph vol. 5, Soc. Petrol. Eng. of AIME, 264p.
- **Document 71** => Bourdet, D. - Ayoub, J.A. - Pirard, Y.M. 1989, "Use of Pressure Derivative in Well-Test Interpretation", SPE paper 12777: 293-302.
- **Document 72** => Gringarten, A.C. - Bourdet, D.P. - Landel, P.A. - Kniazeff, V.J. 1979, "A comparison between different skin and wellbore storage type-curves for early-time transient analysis", Society of Petroleum Engineers Reprint SPE-8205, 11p. (+ 16 fig.).
- **Document 72 bis** => BRGM 1985, "Opération de Champigny-sur-Marne - Spécifications Techniques Détaillées - Plan d'exécution des ouvrages - 2^{ème} partie", rapport 85 SGN 222 GTH, mai, 178p. + log échelle 1/500.

- **Document 73** => Birraux, Cl. - Le Déaut, J.Y. 2001, "L'état actuel et les perspectives techniques des énergies renouvelables", Rapport OPECST, novembre, Réf Ass. Nat. 3415, Sénat n° 94, 135p.
- **Document 74** => ENER : "L'énergie du sous-sol - La Géothermie en Ile-de-France", revue commune à l'ADEME, le BRGM et l'ARENE, adresse : BRGM/CDG/CITEG BP 6009, 45 060 Orléans cedex 2 ; bulletin n°5, avril 2004 : Le réseau de chauffage géothermique de Tremblay-en-France : 20 ans de passé, 20 ans d'avenir...", par. R. Durand
- **Document 74 bis** => BRGM/ADEME/ARENE 2005, "Une nouvelle dynamique en faveur de la géothermie en France : cas de l'Ile de France, de l'Aquitaine et de la région Centre"
- **Document 75** => Phillips, S.L. - Igbene, A. - Fair, J.A. - Ozbek, H. - Tavana, M. 1981, "A Technical Databook for Geothermal Energy Utilization", Lawrence Berkeley Laboratory; University of California, June, 46p.
- **Document 76** => Laplaige, P. - Jaudin, F. - Desplan, A. - Demange, J. 2000, "The French Geothermal Experience - Review and perspectives", Proceedings World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, June 10: 283-95.
- **Document 77** => Desplan, A. - Lejeune, J-M. - Maiaux, C. 1981, "Les possibilités de réalisations géothermiques en Meuse : Étude de la faisabilité du projet géothermique de Maizey", BRGM/SGN, Établissement public Régional de Lorraine - Comité géothermie, avec la collaboration de l'omnium d'Études techniques, Rapport 81 SGN 372 LOR, mai, 46p. et 3 annexes.
- **Document 78** => Lopez, S. - Millot, R. 2008, "Problématique de réinjection des fluides géothermiques dans un réservoir argilo-gréseux : retour d'expériences et apport de l'étude des fluides du Trias du Bassin de Paris", rapport BRGM/RP-56630-FR, septembre, 195p.
- **Document 79** => Bouchot, V. 2008, "Projet CLASTIQ : CLAYed sandSTone In Question - Rapport final", BRGM/RP-56626-FR, septembre, 66p.
- **Document 80** => Calgagno, P. - Genter, A. - Huenges, E. - Kaltschmitt, M. - Karytsas, C. - Kohl, T. - Ledru, P. - Manzella, A. - Thorhallsson, S.- van Wees, J.D. 2010, "The ENGINE Coordination Action (ENhanced Geothermal Innovative Network for Europe) ", Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 25-29 april, 7p.
- **Document 81** => Zimmermann, G. - Reinicke, A. 2010 : "Hydraulic stimulation of a deep sandstone reservoir to develop an Enhanced Geothermal System: Laboratory and field experiments", Geothermics, 39, 1: 70-77.
- **Document 82** => Urpi, L. - Zimmermann, G. - Blöcher, G. - Kwiatak, G. 2011, "Microseismicity at Groß Schönebeck - A case review", Proceeding 36th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, January 31-february 2, SGP-TR-191, 8p.
- **Document 83** => CLIS, Assemblée plénière du 13 octobre 2004, extrait.

- **Document 84** => "SP" : ANDRA 2007, "Spécifications de la Campagne de forages - SP_FZT - Campagne de reconnaissance de la zone de transposition 2007-2008 (Campagne RZT)", 04 avril ("mise à jour"), D.SP.ADPE.06.0768, 177p.
- **Document 85** => ASN 2010, "Avis n° 2010-AV-0084 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 sur le dossier de l'agence nationale de gestion des déchets radioactifs (ANDRA) relatif à la proposition d'une zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie et de scénarios d'implantation en surface pour un stockage réversible en formation géologique profonde ", 5 janvier, 2p. 2 annexes.
- **Document 86** => Majorowicz, J. - Wybraniec, S. 2011, "New terrestrial heat flow map of Europe after regional paleoclimatic correction application", short note, Int. Jl. Earth Sci. (Geol Rundsch) 100: 881-887.
- **Document 87** => ANDRA 2013, "Projet CIGÉO - Centre industriel de stockage réversible profond de déchets radioactifs en Meuse/Haute-Marne - Débat public : Le Dossier du Maître d'ouvrage", Version du 24 janvier, 101p.
- **Document 87bis** => ANDRA 2013, "Projet CIGÉO - Centre industriel de stockage réversible profond de déchets radioactifs en Meuse/Haute-Marne - Le Dossier du Maître d'ouvrage - Débat public du 15 mai au 15 octobre 2013", février, 103p.
- **Document 88** => Demande des Cahiers des charges et Spécifications Techniques pour les tests : Recommandé 1A 072 628 0421 6 réceptionné le 05/12/12 au CLIS de Bure; Recommandé 1A 080 392 9263 2 réceptionné le 03/01/13 au CLIS de Bure demandant deux publications de l'Andra et réclamant de nouveau Cahiers des charges et Spécifications Techniques; mail du CLIS du 17/01/13 avec les Spécifications Techniques; Recommandé 1A 079 696 8811 9 réceptionné le 23/01/13 par Mme la Préfète demandant de mettre en demeure Andra et CLIS de respecter la mission d'information que la loi leur a confiée; mail du CLIS du 01/02/13 18h05 avec les Cahiers des charges.
- **Document 89** => Drouot, L. 2010, "CLIS de Bure - Programme de reconnaissance ANDRA 2007-08 - Résultats du forage prolongé au Trias et interprétations ANDRA - Analyse et évaluation : note de synthèse", Toillies Châtenay-Malabry, 12/01/10, 4p.
- **Document 90** => "CC" : ANDRA - Egis Géotechnique 2008, "Maitrise d'œuvre du programme de reconnaissance de la zone de transposition 2007-2008 (Campagne RZT) : Forages carotés, Cahier des Charges d'Exécution (CCE-FZT2)", D.SP.OSCA.07.0007, 27 mars, 240 p.
- **Document 91** => CLIS, Plénière du 16 octobre 2008, 61p. et 18 diapositives powerpoint Andra en annexes.
- **Document 92** => Landrein, P. - Vigneron, G. - Delay, J. - Lebon, P. - Pagel, M. 2010, "Potentiel géothermique du secteur Meuse/Haute-Marne de l'Andra (Est du Bassin de Paris)", Réunion des Sciences de la Terre, Bordeaux, 25-29 octobre, Résumés, -381-. Avertissement : ceci est la version numérique que l'Andra a envoyé au CLIS de Bure. Le titre et les auteurs ont été caviardés. On peut cependant les lire en les surlignant (deviennent alors visibles).
- **Document 93** => Le journal de l'Andra, Édition Meuse/Haute-Marne, "automne 2012", n°12, 15p., tirage 180 000 exemplaires.

- **Document 94** => Le journal de l'Andra, Édition Meuse/Haute-Marne, "printemps 2010", n°2, 15p., tirage 70 000 exemplaires.
- **Document 95** => SRCAE, Schéma Régional Climat Air Énergie de Lorraine 2012, Préfet de Région Lorraine, Région Lorraine, 164p.
- **Document 96** => Bourguine, B. - Denis, L. - Filhine-Tresarrieu, T. - Monnot, P. - Nguyen-Thé, D. - Robelin, C. 2007, "Atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains", BRGM/RP-54987-FR, juin, DRIRE Lorraine, ADEME, Conseil Régional de Lorraine, EDF, BRGM, 83p. [disponible sur le net]
- **Document 97** => Linard, Y. - Vinsot, A. - Vincent, B. - Delay, J. - Wechner, S. - De la Vaissière, R. - Scholz, E. - Garry, B. - Lundy, M. - Cruchaudel, M. - Dewonck, S. - Vigneron, G. 2011, "Water flow in the Oxfordien and Dogger limestone around the Meuse/Haute-Marne Underground Research Laboratory", Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, vol. 36, iss. 17-18: 1450-68.
- **Document 98** => Boissier, F. 2010, BRGM, chair of the geothermal geothermy panel, interview at the 1th Annual conference of the RHC-Platform (Renewable heating and Cooling), European Technology Platform, 23-24 February, Bilbao, Spain, video, en anglais, portée par www.solarthermalworld.org : copie.
- **Document 99** => Lemale, J. - Gourmez, D. 2008, "Guide technique : pompe à chaleur sur aquifère - Conception et mise en œuvre - cas de la Lorraine", Guide coédité par l'Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine (AREL), le BRGM, EDF, et la Délégation régionale Lorraine de l'ADEME, février, 72p.
- **Document 100** => Marre, A. et al, GEGENAA 2009, "Caractérisation du karst dans les calcaires oxfordiens en bordure sud du secteur Meuse/Haute-Marne", Andra C.RP.0GRU.09.0001, 17 octobre, 166p.
- **Document 101** => cotes du forage EST207 in Andra For. Recon. Form, vol. 1, tab. 5-4 p. 186 (extrait), avec texte explicatif.
- **Document 102** => Hibsich, C. - Lathuilière, B. - Le Roux, J. 2001, "Site Meuse/Haute Marne - Cartographie géologique et structurale de l'environnement régional du site", rapport ANDRA D RP 0G2R 00-003, titulaire : Université de Nancy I (sédimentologie structurale) G2R.
- **Document 103** => ANDRA 2010, "Référentiel du site Meuse/Haute-Marne, Rapport C.RP.ADS.A09.0007, date d'origine 05/03/2009, édit. février 2010; "Présentation générale" (chap. 1 à 5): 91p.; tome 1 "histoire géologique et état actuel" (chap. 6 à 16): 582p.; tome 2 "Caractérisation comportementale du milieu géologique sous perturbation" (chap. 17 à 25): 347p. ; tome 3 "L'évolution naturelle du site Meuse/Haute-marne" (chap. 26 à 34): 298p. : extrait.
- **Document 104** => de Marsily, G. 1981, "Hydrogéologie quantitative", Masson édit., 214p.

- **Document 105** => Andra 2001, "Référentiel géologique du site Meuse/Haute-Marne", t.4, Le Callovo-oxfordien, 45p. + figs et tabs. On a rajouté les cotes du forage EST103 de Andra FRF tab. 5-4 p. 186.
- **Document 106** => Géoservices 1995, "Rapport final : tests hydrogéologiques sur le site de forage d'exploration MSE 101 de la Meuse", 159p, août, rapport Andra B RP 1GSV 95 - 024/A.
- **Document 107** => Baker Hughes 2005, "Laboratoire de recherche souterraine Meuse Haute Marne - Re-interpretation of hydraulic packer tests - Borehole MSE101 - MSE101 Test 5 - MSE101 Test 6 - MSE101 Test 7 - MSE101 Test 8 - MSE101 Test 9", Rapport Andra D.RP.0BAK.04.021/A, 7 avril, 136p.
- **Document 108** => "Dossier 2005 Argile" II et III (le document en lui-même a déjà été présenté comme Document 43) : nouveaux extraits
- **Document 109** => "Dossier 2005 Argile" I (le document en lui-même a déjà été présenté comme Document 43) : extraits
- **Document 110** => CNE, novembre 2011, "Rapport d'évaluation n°5", annexes scientifiques et techniques, extrait.
- **Document 111** => ANDRA 2001a, "Référentiel géologique du site Meuse/Haute-Marne", janvier, t.4 : "Le Callovo-Oxfordien", 154p., extraits
- **Document 112** => CLIS, Assemblée Générale extraordinaire du 04 février 2013.
- **Document 113** => extrait de "Wellsite geology" Baker & Hughes INTEQ 1996; => extrait de "Operational Aspects of oil and gas well testing" Stuart McAleese, 2000.
- **Document 114** => Andra, JP. Baillet/S. Bohaud, Centre de Meuse/Haute-Marne, Direction, 12 mai 2011, Lettre à Mr Jean-Louis Canova, Président du CLIS de Bure en réponse à son courrier du 17 mars 2011 accompagnée d'un Cd-rome avec les fichiers demandés.
- **Document 115** => ANDRA 2010, "Expérimentation MHS - Synthèse annuelle 2009 des mesures hydrogéologiques de surface - Centre Meuse Haute-Marne", 4 mai, tome 2 "Historique techniques": 433p.
- **Document 116** => Eurafrep 1989, "Rapport de fin de sondage, Chevillon 1 (CVN. 1) (Permis de Wassy)", 20 p. + Log fondamental au 1/500 ème, fiches de carottes; extrait.
- **Document 117** => Bourquin, S. - Peron, S. - Durand, M. 2006, "Lower Triassic sequence stratigraphy of the western part of the Germanic Bassin (west of Black Forest): Fluvial system evolution through time and space", Sedimentary Geology 186: 187-211.
- **Document 118** => Rebeix, R. - Le Gal La Salle, C - Michelot, J.L. - Verdoux, P. - Noret, A. - Monvoisin, G. - Gianesinni, S. - Lancelot, J. - Simler, R. 2011, "Tracing the origin of water and solute transfers in deep groundwater from Oxfordian, Dogger and Trias formations in the east of the Paris Basin - France", Physics and Chemistry of the Earth, n°36: 1496-1510.

- **Document 119** => Barsotti, V. 2011, "Recherche et caractérisation de microorganismes dans des compartiments géologiques profonds", thèse Bordeaux-1, Novembre, 298p., extraits
- **Document 120** => Fourré, E. - Jean-Baptiste, P. - Dapoigny, A. - Lavielle, B. - Smith, T. - Thomas, B. - Vinsot, A. (CEA, CNAB, Andra) 2011, "Dissolved helium distribution in the Oxfordian and Dogger deep aquifers of the Meuse/Haute-Marne area", *Physics and Chemistry of the Earth*, 36: 1511-20.
- **Document 121** => Marty, B. - Dewonck, S. - France-Lanord, C. 2003, "Geochemical evidence for efficient aquifer isolation over geological timeframes", *Nature*, vol. 425, 4th September: 55-58.
- **Document 122** => Dezayes, C. - Thinon, L. - Courrioux, G. - Haffen, S. - Bouchot, V. 2010, "Towards a better knowledge of the clastic Lower Triassic reservoirs in the Upper Rhine Graben (France)", *Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 25-29 April*, 7p.