

**CINERGY : rapport géologique
de fin de sondage**

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-59528-FR
février 2011

BRGM/RP-59528-FR
février 2011



Géosciences pour une Terre durable



CINERGY : rapport géologique de fin de sondage

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-59528-FR

février 2011

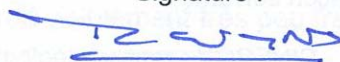
H. Bauer, B. Mougin, C. Dezayes

Vérificateur :

Nom : R. Wyns

Date : 24. 2. 2011

Signature :

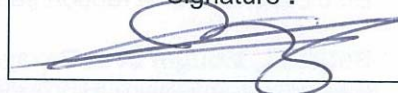


Approbateur :

Nom : D. Bonijoly

Date : 25/02/2011

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots-clés : CINERGY, Forage, Carottage, Bretagne, Rennes, Chartres-de-Bretagne, Tertiaire, Géothermie, Hydrogéologie, Graben.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Bauer H., Mougin B. et Dezayes C. (2011) - CINERGY : rapport géologique de fin de sondage. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-59528-FR, 137 p., fig., tabl., 8 ann., 1 CD.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le projet « Connaissance de la géologie profonde du bassin tertiaire de Rennes, à visée Géothermique et hydrogéologique » (CINERGY) résulte de la rencontre d'interrogations scientifiques et techniques quant à l'existence de ressources naturelles dans le bassin de Rennes. Si la géologie superficielle du bassin était connue depuis plus d'un siècle, celle du sous-sol profond, au-delà de 140 m, restait largement inconnue. Pourtant, la géophysique des années 50 (gravimétrie) avait mis en évidence une profondeur du bassin de l'ordre de 500 m, faisant de ce petit bassin le plus important de sa catégorie en Bretagne. La question scientifique de la nature et l'âge des terrains sédimentaires remplissant ce bassin a rejoint des préoccupations liées à la ressource en eau et géothermale.

Après avoir rappelé les enjeux du projet et l'état des connaissances, l'organisation du chantier et son suivi scientifique sont détaillés : organisation matérielle et humaine, timing, suivi géologique, diagraphique et hydrogéologique. La couverture médiatique a été assurée, notamment autour des temps forts du forage.

Les premiers résultats présentés dans ce rapport concernent avant tout la géologie, puisque le log lithologique, les diagraphies et la biostratigraphie (préliminaire) sont les premiers éléments d'information obtenus pendant et juste après le forage. La géologie du bassin est très particulière, puisque pratiquement purement argileuse, en dessous de l'unité carbonatée oligo-miocène supérieure. La richesse en matière organique de ces argiles est également un point tout à fait remarquable et ne manquera pas de susciter l'intérêt scientifique dans les valorisations à venir. Les premiers éléments biostratigraphiques indiquent que la série est tertiaire, avec à sa base une unité sablo-argileuse datée du Lutétien supérieur-Bartonien (40 Ma). Les diagraphies montrent des variations en accord avec le découpage lithostratigraphique, bien que certains intervalles soient à préciser. Le sonic « Full Wave » permet de recalibrer la sismique réalisée en 2000, montrant que les unités sismiques prédéfinies correspondent au découpage lithologique proposé pour le forage.

Les tests hydrogéologiques sont également abordés dans ce rapport, mais ils feront l'objet d'un travail d'interprétation qui sera présenté dans un prochain rapport intermédiaire. La très faible productivité du forage n'était pas attendue (<100 L/h). Elle est liée à l'absence de recoupement d'un aquifère dans la couverture sédimentaire, à la technique de forage (le carottage à la boue masque les arrivées d'eau les plus faibles ; le tubage, nécessaire pour maintenir les terrains bouillants, occulte de fait ces niveaux potentiellement plus aquifères), et à l'hétérogénéité de la géologie, puisque le socle est en cet endroit visiblement très peu fracturé.

Cette opération n'exclut cependant pas que le socle puisse être aquifère ailleurs dans le bassin. On peut également noter que le forage a permis d'affiner la connaissance des aquifères captés pour l'AEP et d'en appréhender d'autres possibles.

En conclusion, le chantier de forage s'est déroulé de façon exemplaire tant sur la gestion des imprévus que sur le suivi scientifique. Le succès scientifique et médiatique est clair, bien que modéré par la révision à la baisse des objectifs hydrogéologique et géothermique, qui seront néanmoins poursuivis en 2011. Cet ouvrage de 675,05 m constitue à ce jour le forage le plus profond jamais réalisé en Bretagne. Sa valorisation et sa préservation sont donc primordiales à plus d'un titre.

Sommaire

1. Contexte général.....	11
1.1. CADRE DE L'ÉTUDE.....	11
1.2. ÉTAT DES CONNAISSANCES – BUT DE L'ÉTUDE.....	11
1.2.1. État des connaissances géophysiques, géologiques et hydrogéologiques.....	11
1.2.2. But de de l'étude	17
2. Avant-projet et organisation du chantier.....	19
2.1. AVANT-PROJET	19
2.1.1. Définition du contenu technique du projet.....	19
2.1.2. Site d'implantation du forage	19
2.1.3. Choix des entreprises.....	21
2.2. ORGANISATION DU CHANTIER.....	22
2.2.1. Chronogramme des opérations	22
2.2.2. Organisation du travail et du chantier	24
2.2.3. Suivi géologique (H. Bauer <i>et al.</i>) (Annexes 1 à 5)	27
2.2.4. Suivi des diagraphies (J.-Y. Hervé & C. Dezayes, BRGM)	33
2.2.5. Suivi des tests hydrogéologiques (B. Mougin & F. Joublin, BRGM)	35
2.2.6. Temps forts	36
2.2.7. Communication	37
3. Premiers résultats.....	41
3.1. LOG LITHOLOGIQUE SYNTHÉTIQUE DU FORAGE	41
3.1.1. Vue d'ensemble	41
3.1.2. Les formations superficielles et carbonatées oligo-miocènes	41
3.1.3. Les formations argileuses.....	44
3.1.4. La formation basale argilo-sableuse et le contact avec le socle	46
3.1.5. Le socle.....	49
3.1.6. Premiers éléments de datation (biostratigraphie) (ANNEXE 6).....	52
3.2. DIAGRAPHIES DE FORAGE (ANNEXE 7)	56
3.2.1. Grands ensembles	56
3.2.2. Recalage de la sismique	60
3.3. TESTS HYDROGÉOLOGIQUES (ANNEXE 8).....	62

3.3.1. Air-lift	62
3.3.2. Pompages d'essai	62
3.3.3. Analyses des eaux	63
3.3.4. Hydrogéologie du forage	63
4. Conclusions et Perspectives	67
4.1. CONCLUSIONS	67
4.2. PERSPECTIVES	67
5. Bibliographie	69

Liste des figures

Figure 1 :	Situation géographique et géologique du bassin de Rennes (limites en tiretés) ; zone d'étude en bleu. Fond géologique : cartes géologiques au 1/50 000 ^e de Rennes et de Janzé.	10
Figure 2 :	Carte gravimétrique et géologie de la Bretagne.	12
Figure 3 :	Coupes des sondages de Chartres-de-Bretagne (à gauche) et de Saffré (à droite).	13
Figure 4 :	Coupe longitudinale du bassin de Rennes interprétée d'après les travaux de Dubreuil (1988) (in Trautmann et al., 1994).	14
Figure 5 :	Profil sismique (migré) W-E acquis en 2000 lors du projet ARMOR2.	15
Figure 6 :	Profil sismique W-E interprété (zoomé), d'après Wyns et al. (2002).	15
Figure 7 :	Implantation du forage en regard des critères scientifiques.	20
Figure 8 :	Situation du forage en regard des périmètres de protection des captages de La Pavais et du Fenicat (SIE030).	21
Figure 9 :	Chronogramme prévisionnel vs réalisé.	23
Figure 10 :	Plan des installations du chantier.	25
Figure 11 :	Aménagements des installations BRGM.	26
Figure 12 :	Vues panoramiques sur le chantier.	26
Figure 13 :	Gauche : tamisage d'un cutting sur la pile de tamis. Droite : les refus de tamis sont conditionnés dans des boîtes plastiques, leur contenu étudié à la loupe binoculaire.	28
Figure 14 :	Haut, gauche : la carotte sort du carottier. Haut, droite : la carotte est placée dans le banc à carottes par COFOR. Bas : le banc et la carotte sont amenés à la tente du BRGM.	29
Figure 15 :	Gauche : description de la carotte. Droite : orientation de la carotte.	30
Figure 16 :	Exemple de photo de caisse.	30
Figure 17 :	Le banc « DMT », à scanner les carottes, est relié à un logiciel permettant le traitement d'image, avec au final la reconnaissance et l'orientation de structures géologiques (failles, fractures, stratifications...). Les carottes du socle ont dû être renforcées pour passer sur le banc.	32
Figure 18 :	Conditionnement des échantillons.	32
Figure 19 :	Résumé de la chaîne de traitement (« workflow ») des carottes.	33
Figure 20 :	Les diagraphies sont opérées de jour et de nuit par Semm Logging.	35
Figure 21 :	Le pompage d'essai opéré par Hydro Assistance Ingénierie a été largement couvert par les médias.	36
Figure 22 :	Cérémonie de lancement le 12 juillet 2010 sur le site de forage.	37
Figure 23 :	Couverture médiatique (France 3, TV Rennes et WebCome) lors du pompage d'essai le 12 octobre.	39
Figure 24 :	Visite de la délégation du service Géologie du BRGM le 27 août.	39

Figure 25 : Log lithologique synthétique du forage CDB1 et premiers éléments biostratigraphiques.....	42
Figure 26 : Marnes à <i>N. crassatina</i>	43
Figure 27 : Faciès laminé beige des argiles des Sapropèles inférieurs.....	44
Figure 28 : Faciès massif grisâtre des argiles des Sapropèles inférieurs, riche en pyrite.	45
Figure 29 : Calcrète phréatique marqué par une porosité très forte et un contact érosif au sommet.....	45
Figure 30 : Dépôts ligniteux au marquant le passage aux Argiles à Mohria.....	46
Figure 31 : Sables meubles à rides de courant.....	47
Figure 32 : Conglomérat de base et contact avec le socle argilisé à près de 405 m.	47
Figure 33 : Log lithologique détaillé autour du contact avec le socle.....	48
Figure 34 : Partie supérieure préservée du profil d'altération du socle.....	49
Figure 35 : Les isaltérites beige passent rapidement à une couleur plus naturelle.	50
Figure 36 : Horizon fissuré du socle : la roche est bien plus dure, mais zébrée de fissures, pour la plupart remplies de dépôts siliceux.	50
Figure 37 : Variabilité des faciès du Briovérien dans le forage.	51
Figure 38 : Quelques exemple de fractures.	52
Figure 39 : Échelle stratigraphique internationale et correspondance avec noms locaux.	53
Figure 40 : Principales données diagaphiques obtenues sur le forage CDB1.	59
Figure 41 : Évolution verticale des vitesses des ondes P (Vp) dans le forage CDB1.	60
Figure 42 : Position des interfaces en regard du profil sismique originel.....	61

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des outils et paramètres de mesure prévues au contrat.	34
Tableau 2 : Intervalles de mesure manquants.	35
Tableau 3 : Correspondance temps-profondeur des différences interfaces lithologiques repères. La vitesse Vp est moyenne sur l'intervalle considéré.	60
Tableau 4 : Tableau de suivi de l'opération d'air-lift.....	65
Tableau 5 : Tableau des analyses effectuées pour la Police de l'eau.	66

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableau des taux de récupération des carottes	73
Annexe 2 : Tableau des génératrices	85
Annexe 3 : Tableau de suivi DMT	95
Annexe 4 : Tableau des caisses	101
Annexe 5 : Tableau des échantillons	109
Annexe 6 : Rapport d'étude biostratigraphique – ERADATA	131
Annexe 7 : Rapport d'opération de diagraphies – Semm Logging	133
Annexe 8 : Rapport d'opération de pompage – Hydro Assistance Ingénierie	135

Le CD joint au rapport contient les annexes (rapport et données) ainsi que le présent rapport. Tous ces documents sont en version PDF.



Figure 1 : Situation géographique et géologique du bassin de Rennes (limites en tiretés) ; zone d'étude en bleu.
Fond géologique : cartes géologiques au 1/50 000^e de Rennes et de Janzé.

1. Contexte général

1.1. CADRE DE L'ETUDE

Le bassin de Rennes est un micro-bassin sédimentaire formé au Tertiaire lors d'une grande phase d'extension généralisée à l'échelle du territoire. Comme beaucoup d'autres du même acabit en Bretagne, il a accumulé des sédiments durant cette période. Cependant, des mesures géophysiques ont mis en évidence depuis les années 50 un remplissage particulièrement épais, de l'ordre de 500 m. Le sondage le plus profond au moment du démarrage du projet n'atteignait pas le socle (140 m de profondeur). Une grande inconnue résidait donc dans la nature et l'âge des terrains sous-jacents, d'autant plus que des travaux plus récents avaient posé comme hypothèse la possible préservation de terrains antérieurs (Crétacé, voire Jurassique ; cf. chapitre suivant).

Le bassin est géographiquement localisé au sud-ouest de Rennes et couvre une partie de la métropole (Figure 1). Le centre géologique du bassin recouvre les communes de Bruz et de Chartres-de-Bretagne. Les sédiments du proche sous-sol sont composés de sables graveleux et de calcaires fracturés, ce qui en fait un excellent aquifère exploité pour l'alimentation en eau potable (AEP) depuis les années 1970.

1.2. ÉTAT DES CONNAISSANCES – BUT DE L'ÉTUDE

1.2.1. État des connaissances géophysiques, géologiques et hydrogéologiques

Le bassin de Rennes (ou « bassin de Chartres », « bassin de Rennes-Chartres » ou « Bassin rennais ») est étudié depuis le XIX^e siècle pour sa géologie, et même depuis beaucoup plus longtemps si l'on considère sa faille bordière occidentale, objet d'une intense exploitation minière (argent) depuis le XVIII^e siècle (e.g. Laffoley, 1993).

Des premiers travaux de Delage (1879), Lebesconte (1879) et surtout Vasseur (1881) l'individualité du bassin tertiaire de Rennes ressort par rapport aux terrains encaissants, briovériens et paléozoïques. Mais c'est Durand (1960) qui va approfondir ces connaissances et rendre compte de façon plus exacte de la nature de ces bassins d'effondrement. La stratigraphie du bassin est alors bien synthétisée, et ce malgré la pauvreté des données de subsurface, les forages d'alors ne dépassaient pas 50 m. L'apport parallèle de la géophysique n'est guère intégré dans les études géologiques alors qu'elle documente relativement bien la géométrie de l'enveloppe du bassin et fournit de nouvelles interprétations sur la nature du sous-sol. Ainsi, le lever gravimétrique de la Bretagne fait apparaître de fortes anomalies légères très localisées et orientées NW-SE, la plus importante d'entre elles, d'une amplitude de 8.5 mgal, correspondant au bassin de Rennes (Bollo *et al.*, 1958 ; Jaeger, 1959, 1967 ; Jaeger & Corpel 1967 ; Figure 2) ; les auteurs estiment alors à 500 m l'épaisseur du bassin.

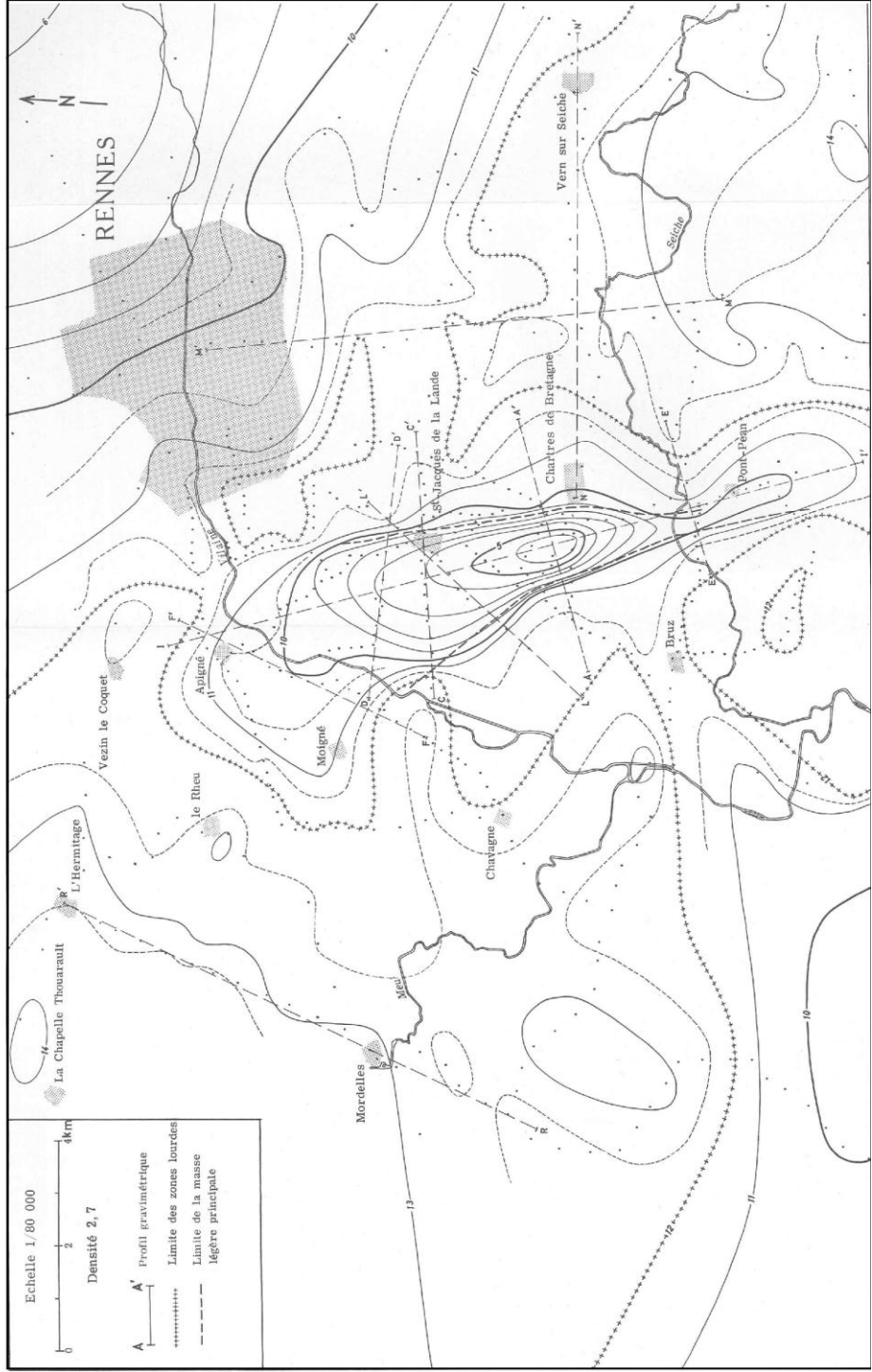
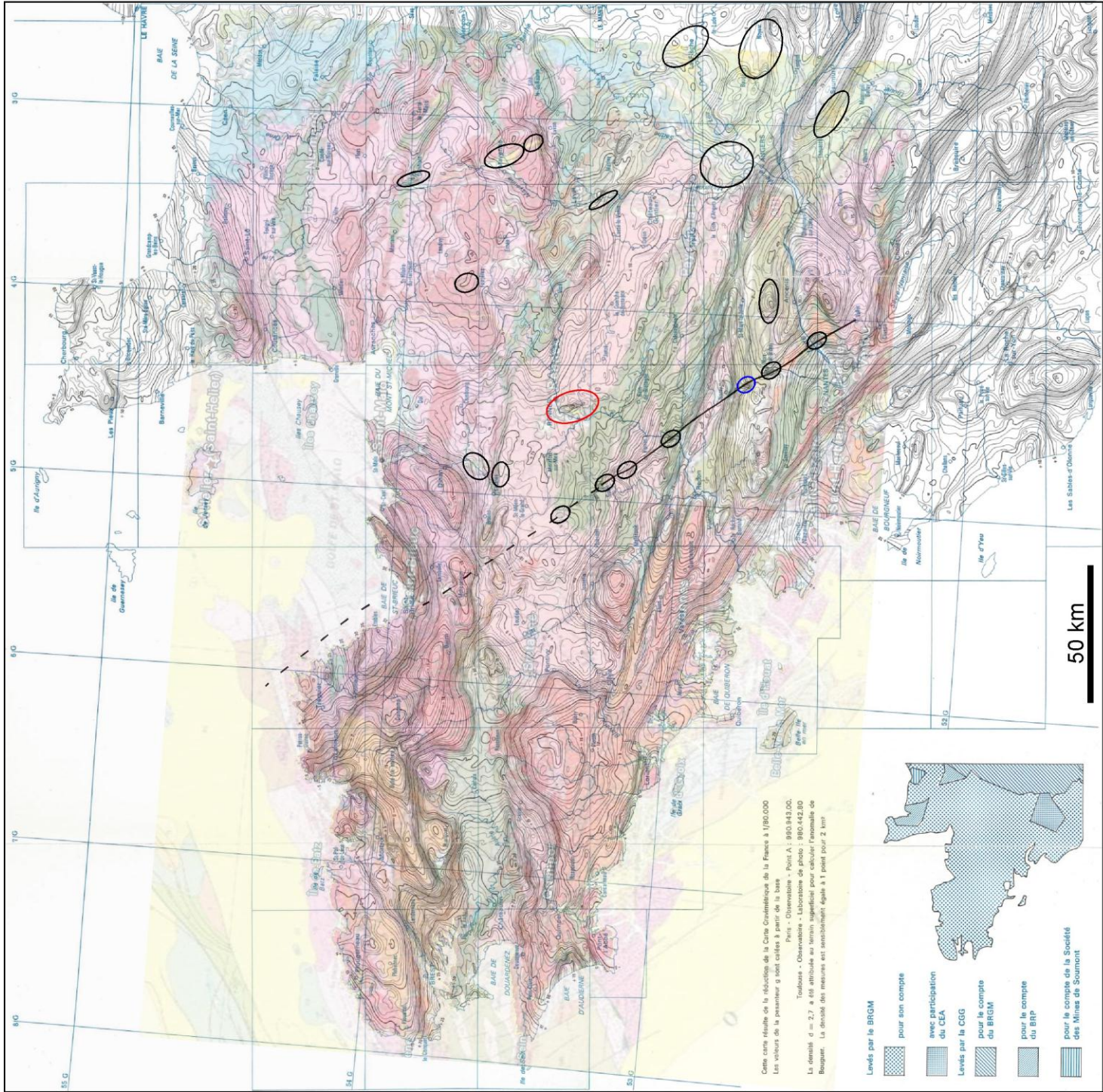


Figure 2 : Carte gravimétrique et géologie de la Bretagne.

Les alignements des anomalies légères ponctuelles correspondent aux différents micro-bassins tertiaires dont quelques-uns sont représentés schématiquement (en rouge, celui de Rennes, en bleu celui de Saffré). Une quarantaine de ces bassins ont été répertoriés dans l'ouest de la Bretagne (Wyns, 1991). En bas : zoom sur l'anomalie du bassin de Rennes, d'une amplitude de 8,5 mgal.

Des sondages électriques sont venus compléter ces données, et permis la reconnaissance d'une unité très conductrice en deçà des terrains déjà connus, interprétée alors comme un aquifère salin (Cluseau, 1958).

Les années 70 et 80 voient l'acquisition de nouvelles données géologiques et la réinterprétation des données géophysiques, les deux mondes ne se côtoyant pas. En effet, les géologues ne se posent jamais la question de la nature des terrains sous-jacents à ceux traversés en forage car ils ne prennent pas en compte les estimations d'épaisseur des géophysiciens ; ces derniers s'appuient logiquement sur les travaux existants pour interpréter la nature des terrains non observés.

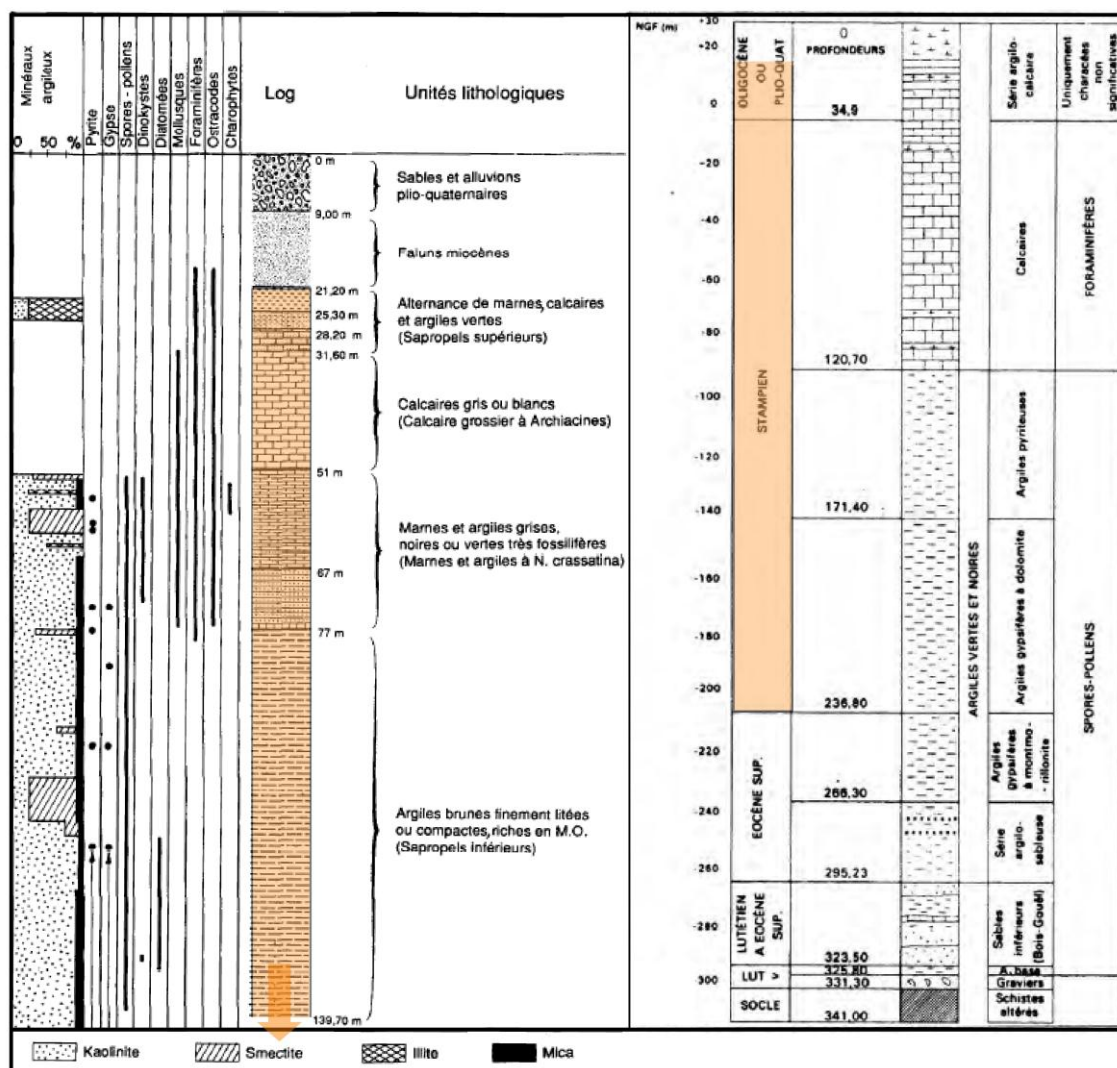


Figure 3 : Coupes des sondages de Chartres-de-Bretagne (à gauche) et de Saffré (à droite). L'échelle verticale est différente d'une coupe à l'autre. L'intervalle oligocène de Saffré est complet et représente 260 m. L'Oligocène du sondage de Chartres-de-Bretagne est incomplet, seuls 120 m ont été forés.

Ainsi, les thèses successives de Durand (1960), Esteoule-Choux (1967), Ollivier-Pierre (1980) ou Borne (1980, 1989) amènent de nombreuses et nouvelles données et

interprétations sur le Tertiaire armoricain et notamment celui du bassin de Rennes, mais la géométrie et la profondeur du bassin données par la géophysique ne sont pas discutées. En 1970, le sondage SA (ou S1) du BRGM atteint une profondeur de près de 140 m au centre du bassin (Figure 3) ; c'était jusqu'à l'été 2010 le forage le plus profond du bassin de Rennes. Les derniers terrains atteints appartiennent à la Formation des Sapropèles inférieurs (Oligocène) (Ollivier-Pierre *et al.*, 1993), mais des dépôts éocènes (Argiles à *Mohria*) subaffleurements ont été rapportés ailleurs dans le bassin (Durand, 1960 ; Ollivier-Pierre *et al.*, 1993).

Dans le bassin jumeau de Saffré 70 km plus au sud, un sondage carotté a entièrement traversé le bassin jusqu'au socle formé de schistes altérés (Borne, 1978 ; Borne (coord.), 1989 ; Borne *et al.*, 1991 ; Trautmann *et al.*, 1994 ; Figure 3). Il est atteint à 331 m de profondeur, après avoir traversé des terrains superficiels plio-quaternaires, puis des dépôts argilo-calcaires oligocènes indifférenciés (lacustre), l'Oligocène marin calcaire est traversé sur une épaisseur de 85 m, puis laisse place à des dépôts lagunaires à évaporites sur plus de 115 m. Bien que déposés dans un paléoenvironnement similaire, les sédiments sous-jacents sont éocènes ; la teneur en sable augmente progressivement vers la base jusqu'à un conglomérat de base érosif sur le socle altéré. La base est datée du Lutétien supérieur (~43 Ma).

Du côté de la géophysique, Jaeger (1959) réfute toute possibilité de terrains anté-tertiaire malgré les 450 m qui séparent les Sapropèles inférieurs oligocènes connus alors et le fond du bassin. Dubreuil (1988), réinterprétant les données de Cluseau (1958), intègre cependant le concept d'altérites et comble ainsi le « vide » situé entre le forage de 1970 à 140 m et le fond du bassin (Figure 4).

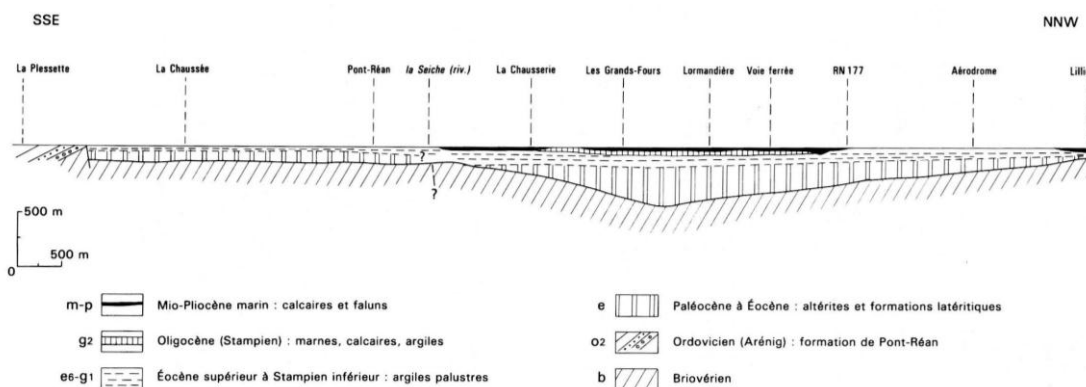


Figure 4 : Coupe longitudinale du bassin de Rennes interprétée d'après les travaux de Dubreuil (1988) (in Trautmann et al., 1994).

En dessous des formations tertiaires connues sont figurées les altérites de socle sur une épaisseur de près de 300 m.

Cependant, des indices de couverture plus ancienne se font jour. Des faunes cénomaniennes ont été rapportées dans les sables supposés pliocènes aux Ballots ainsi qu'en sondage dans le quartier St Nicolas au sud de Laval (feuille Cossé-le-Vivien, Vernhet *et al.*, 2011) et à La Roë (feuille La Guerche-de-Bretagne, Trautmann & Carn, 1997) ; s'il s'agit probablement de remaniements dans ce dernier cas, les premiers sont des faunes en place (Brabant, 1965). Des argiles noires cénomaniennes ont été observées dans le bassin tertiaire de Mayenne (Fauconnier, 2004 ; Vernhet *et*

al., 2011b). Enfin, une approche par la reconstitution des paléosurfaces topographiques du Massif armoricain en relation avec les altérites amène R. Wyns (1991) à montrer que la Bretagne était sous le niveau de la mer au Crétacé supérieur.

C'est ainsi que ce faisceau de données regroupant l'exceptionnelle épaisseur de dépôts piégés dans le bassin de Rennes, l'existence, à quelques dizaines de km à l'ouest, de dépôts sableux cénomaniens et un modèle paléotopographique du Massif armoricain submergé au Crétacé amène naturellement l'hypothèse d'une ancienne couverture mésozoïque préservée dans le bassin de Rennes.

Une première étape sera franchie en 2000 lorsque le BRGM, profitant du grand profil ARMOR2 (imagerie sismique du Massif armoricain) lancé dans le cadre du programme GeoFrance 3D, fait déplacer un des camions vibreurs sur le site du bassin de Rennes pour l'imager (Figure 5).

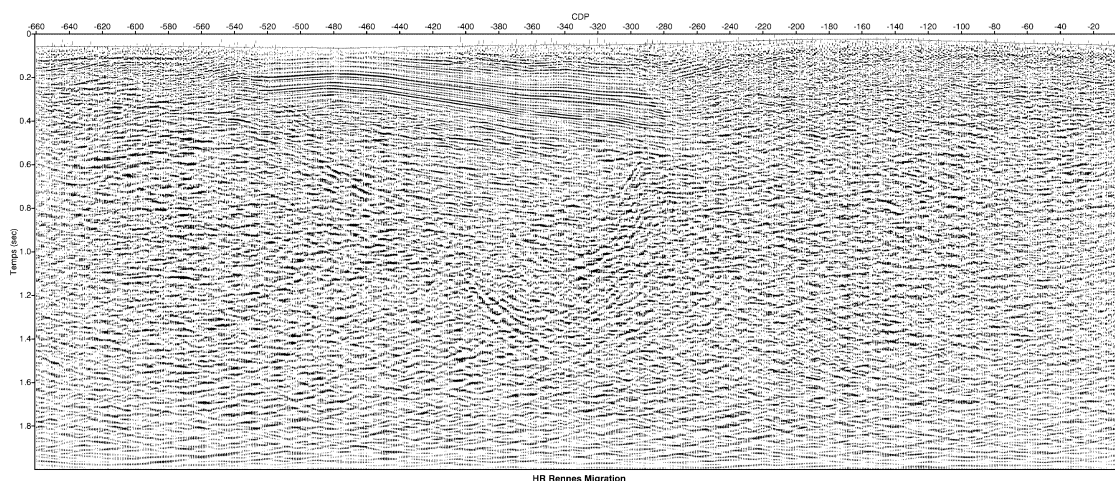


Figure 5 : Profil sismique (migré) W-E acquis en 2000 lors du projet ARMOR2.
Le bassin de Rennes est parfaitement reconnaissable par rapport à l'encaissant Briovérien, bien que le tracé des failles soit difficile à pointer.

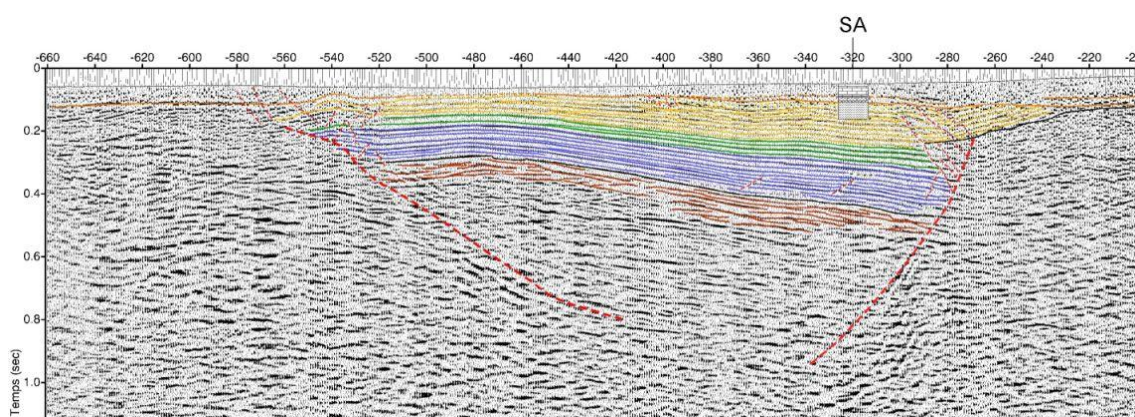


Figure 6 : Profil sismique W-E interprété (zoomé), d'après Wyns et al. (2002).
Bien que le tracé des failles bordières soit hypothétique, 4 unités sismiques sont mises en évidence, interprétées de bas en haut comme le socle (briovérien ou paléozoïque, en brun), le Jurassique inférieur et moyen (bleu), le Crétacé supérieur (vert) et le Tertiaire (jaune). L'encaissant est le Briovérien.

Ce profil et l'interprétation alors proposée sont présentés en congrès (Wyns et al., 2002). Les auteurs émettent alors l'hypothèse d'un remplissage triphasé du bassin, comprenant, en discordance sur le socle, une unité « Jurassique », une unité « Crétacé » et une unité « Tertiaire » (Figure 6).

Le profil sismique HR, transversal (E-W) au graben, montre un bassin dissymétrique, d'une profondeur de 0.8 à 1 s (temps double). L'absence de calage sismique rend l'équivalence en mètres très incertaine. Les dépôts stratifiés et parallèles du bassin tranchent nettement avec le socle encaissant déformé générant un bruit sismique.

L'interprétation en termes d'âge des unités sismiques était alors guidée par les différentes hypothèses de travail évoquées plus haut. Bien entendu, d'autres interprétations sont possibles, comme celles d'un remplissage entièrement tertiaire, ou celle d'un remplissage à dominante tertiaire avec une semelle crétacée préservée.

En dehors des incertitudes sur l'âge de ces unités, la profondeur des interfaces et notamment du contact avec le socle restait également un problème majeur, n'ayant que le forage de 1970 pour se caler. Sur la base de l'expérience des géophysiciens sismiciens du BRGM et sur des valeurs théoriques issues de la littérature, une large fourchette, entre 390 et 640 m avait été évaluée pour la profondeur du contact avec le socle.

Cette problématique scientifique a également des implications essentielles en termes de géothermie et de ressources en eau. En effet, quelle que soit l'hypothèse scientifique qui sera finalement validée, l'épaisseur sédimentaire préservée dans ce bassin recouvre potentiellement des ressources en eau et, à partir d'une certaine profondeur, de l'énergie géothermique. La singularité géologique de ce bassin a déjà prouvé son importance pour la ressource en eau, si l'on se réfère à la nappe superficielle contenue dans les calcaires oligo-miocènes de la première cinquantaine de mètres du sous-sol, exploitée notamment par l'usine PSA dont l'implantation a notamment été guidée par ce formidable atout du développement économique local. Ainsi, selon les hypothèses géologiques retenues, des roches susceptibles d'être aquifères pourraient être rencontrées dans la couverture sédimentaire ; le socle, connu en Bretagne pour être très fracturé et donc potentiellement aquifère, pourrait être un candidat pour la géothermie puisque situé entre 400 et 600 m de profondeur, l'eau qu'il contiendrait aurait une température exploitable dans le cadre de la géothermie très basse énergie. À ce titre, une note de Talbo (1981) envisageait déjà la possibilité d'exploitation géothermique des eaux d'exhaure des mines de Pont-Péan ; bien qu'en contexte géologique très particulier (zone de la faille bordière occidentale du bassin), un pompage de ces eaux au rythme de 250 m³/h était envisagé. La température des eaux, homogénéisée sur toute la colonne, était estimée à moins de 20 °C. Dans le cas de ce projet, si la quantité d'eau n'est *a priori* pas prévisible, la température, en se basant sur un gradient thermique moyen de 30 °C/km, devrait atteindre la trentaine de degrés vers 600 m (les eaux superficielles sont autour de 15 °C).

Selon toute vraisemblance, un profil sismique seul ne pouvait donc répondre à toutes ces problématiques. C'est de cette constatation qu'est née l'idée d'un projet de forage carotté. Ce projet avait le double intérêt de réunir les intérêts scientifiques sur la

géologie profonde de ce bassin et les intérêts appliqués sur les aspects de la ressource en eau et de l'énergie géothermique du bassin.

1.2.2. But de l'étude

Le but de l'étude est multiple, pour répondre aux différents enjeux associés à ce projet de forage profond : des enjeux géologiques, hydrogéologiques, géothermiques, géochimiques et même géomicrobiologiques. Ces études sont menées par le BRGM, en étroite collaboration avec l'université de Rennes 1. Le nom du projet, CINERGY, rassemble ces objectifs sous un même acronyme (**C**onnaissance de la géologie **I**nfondue du bassin **E**stuaire de **R**ennes, à visée **G**éothermique et **h**ydrogéologique). Ce projet a été réalisé grâce au concours financier des partenaires suivants : Commune de Chartres-de-Bretagne, Région Bretagne, Conseil Général 35, Rennes Métropole, Institut d'Aménagement de la Vilaine, Syndicat Mixte de Gestion des eaux 35, Syndicat Mixte de Production du Bassin Rennais, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, l'Etat et le BRGM.

Les paragraphes suivants rappellent les objectifs inscrits dans le cahier des charges technique du projet.

• Étude géologique

L'étude géologique est la base pour les autres études thématiques. Le but est de caractériser les roches qui seront traversées de par leur nature et leur âge. Le but premier sera de comprendre le remplissage sédimentaire du bassin, d'en connaître son historique, replacer ces données dans un contexte plus large (Massif armoricain et bassins limitrophes). Pour ce faire, les premières étapes s'effectuent à l'avancement du forage : description lithologique des carottes, scannage, échantillonnage, biostratigraphie basse résolution. Par la suite, la biostratigraphie est complétée, les échantillons analysés pour leur composition minéralogique, géochimique... Le but final est de proposer un modèle géologique relativement simple, compte tenu des données disponibles.

• Étude hydrogéologique

Une fois l'étude géologique réalisée, les aquifères seront caractérisés par leur contenant (roche réservoir) et leur contenu (fluides). La caractérisation des réservoirs intégrera les données issues des diagraphies, les données des pompages d'essai et les mesures perméabilité/porosité sur carotte. La caractérisation des fluides relèvera des analyses physico-chimiques in situ et en laboratoire, ainsi que des résultats des pompages d'essai (pression de fluide *in situ*...). Les eaux seront également datées pour estimer le temps de recharge de la nappe. Si les données recueillies le permettent, un modèle hydrogéologique simple, qui s'inspirera de ceux existants pour le Bassin parisien, sera proposé.

• Étude géothermique

Menée en parallèle de la précédente, elle utilisera également les caractéristiques des roches rencontrées pour en déterminer leur potentiel aquifère. Outre les mesures diagraphiques, les données issues de l'analyse des eaux..., des mesures de conductivité thermiques seront effectuées sur les carottes afin d'estimer de façon plus réaliste les propriétés thermiques des roches rencontrées dans le forage. Un premier modèle géothermique du bassin sera esquissé d'après le modèle géologique et ces propriétés thermiques. Il permettra d'avoir une estimation du potentiel géothermique du secteur et d'apporter les premiers éléments pour le dimensionnement d'une éventuelle future exploitation. En parallèle, un projet est en cours de montage au département GTH du BRGM, visant à fournir à l'État des valeurs de propriétés thermomécaniques pour des roches type (calcaires, argiles, grès, granite...). La géologie particulière du bassin (cf. chapitres suivants), avec une épaisseur argileuse remarquable, en fait un site pilote de premier choix pour cette étude.

• Étude géochimique

Effectuée en partenariat avec Géosciences Rennes (Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, Université de Rennes 1), l'étude géochimique du bassin s'attachera à comprendre l'historique de la circulation des fluides dans le bassin. Cela implique la caractérisation de la fracturation du bassin et de son socle, l'étude des fluides et paléofluides. L'analyse des inclusions fluides, des traces de fission, les analyses géochimiques en trace, isotopiques sont quelques-uns des outils qui seront utilisés pour déterminer l'origine des fluides ayant circulé dans le bassin et leur histoire en relation avec celle du bassin déduite de l'étude géologique.

• Étude de la biomasse

Depuis maintenant quelques années, l'étude de la biomasse profonde est un sujet de recherche de pointe, sur les frontières du monde vivant. La subsistance de micro-organismes vivants (bactéries) en profondeur au sein même des roches a aussi des impacts sur les roches et leurs propriétés (porosité...) elles-mêmes. Le forage constitue ainsi une opportunité unique d'accéder à la biomasse profonde encore largement inexplorée. Dans ce cadre, le service EPI (Environnement et Procédés Innovants) du BRGM propose de réaliser une caractérisation de la biosphère potentiellement présente dans les couches géologiques traversées par le forage. Les carottes remontées permettront de rechercher la présence de vie microbienne, notamment dans le domaine de l'autotrophie, et d'identifier la diversité de sa fonctionnalité dans les formations géologiques traversées. Des protocoles et des équipements spécifiques seront développés et utilisés pour caractériser les bactéries et leurs métabolismes dans des conditions proches de celles rencontrées in situ dans le sous-sol. Il est probable de découvrir de nouvelles populations (nouveaux genres ou espèces) de micro-organismes mésophiles, thermophiles et/ou des micro-organismes barotolérant-barophiles d'intérêt écologique pour la biosphère profonde, sachant que certains d'entre eux pourraient potentiellement avoir des applications multiples notamment dans le domaine du stockage géologique, du traitement/monitoring in situ des aquifères profonds et des réservoirs pétroliers.

2. Avant-projet et organisation du chantier

2.1. AVANT-PROJET

2.1.1. Définition du contenu technique du projet

Le double objectif connaissance/application devait nécessairement se refléter dans le choix des opérations et des études subséquentes. C'est ainsi que l'idée d'un simple forage carotté a évolué pour voir venir s'y greffer des diagraphies complètes et des pompages d'essai.

Techniquement, le projet comporte deux phases principales : la phase de forage proprement dit, assorti des opérations connexes de diagraphies et de pompages d'essai ; une phase d'études, visant à valoriser les résultats obtenus et le matériel recueilli sans les angles de la géologie, de la géochimie, de l'hydrogéologie et de la géothermie. Une étude de la biomasse profonde, projet interne au BRGM, est venue s'ajouter au projet initial.

La phase de forage faisant l'objet de ce rapport s'est déroulée durant l'été 2010 sur une durée de 4 mois, du 21 juin au 20 octobre. Un autre rapport BRGM, sur le suivi technique du forage et l'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage, est à consulter en parallèle de celui-ci (Hervé & Palvadeau, 2011).

2.1.2. Site d'implantation du forage

L'implantation du forage (Figure 7, Figure 8) devait répondre à 4 critères majeurs :

- Critère scientifique : aussi proche que possible du centre de l'anomalie gravimétrique (zone la plus profonde du bassin) et du profil sismique (pour un recalage futur à l'aide des diagraphies). La proximité du forage de 1970 étant un plus.
- Critère foncier : la commune de Chartres-de-Bretagne devait être propriétaire du terrain. Elle a ainsi loué une parcelle de champ en friche pour 18 ans et acquis une zone de ce champ couvrant un rayon de 15 m autour du forage.
- Critère logistique : le site doit être facile d'accès, notamment pour les poids lourds et les fournitures en eau et électricité.
- Critère environnemental : plusieurs aquifères superficiels sont exploités pour l'AEP dans la région (sables pliocènes, calcaires et faluns oligo-miocènes). Il s'agit donc de prévenir tout risque lié à une pollution de cette nappe.

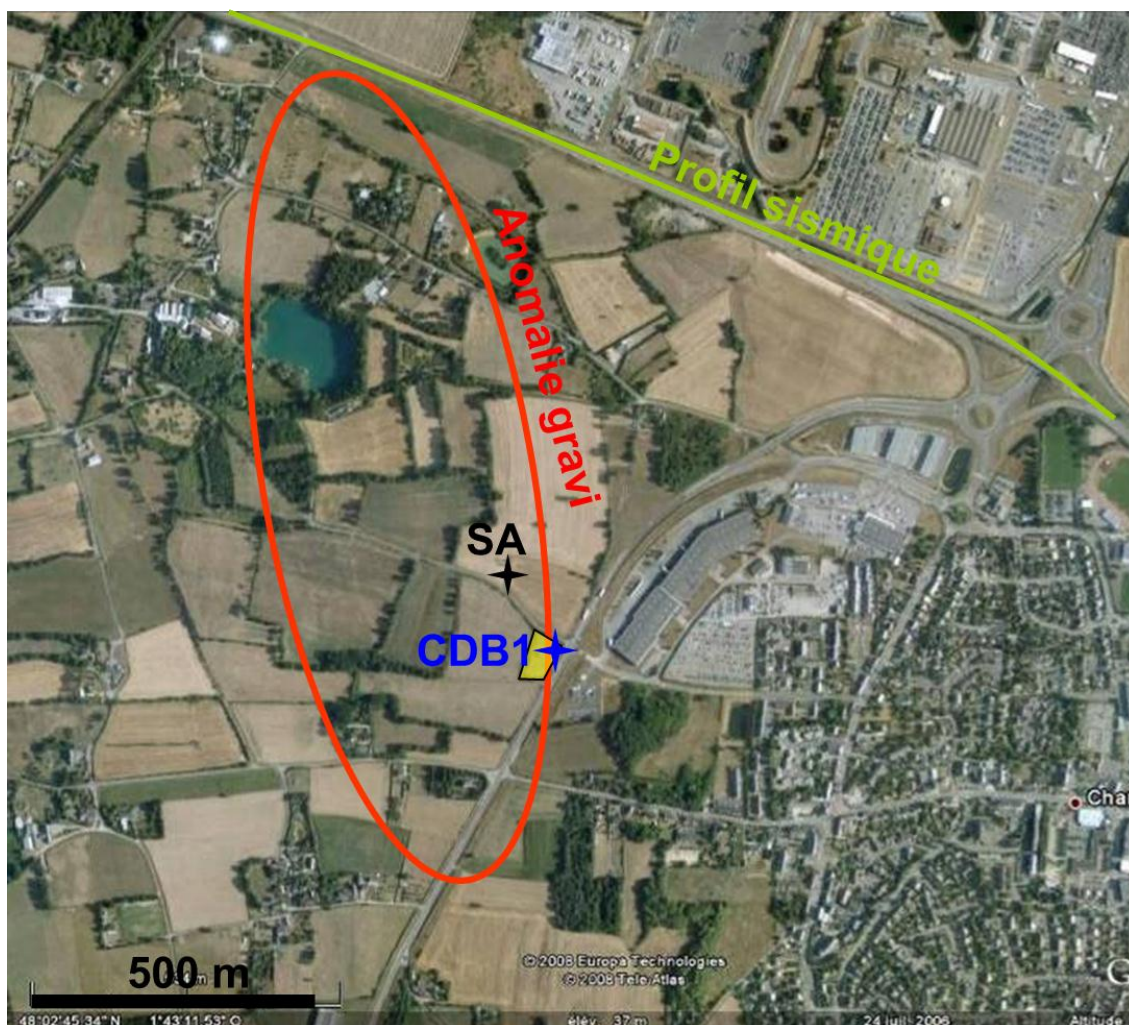


Figure 7 : Implantation du forage en regard des critères scientifiques.

Il est localisé à 200 m du forage de 1970, quasiment au centre de l'anomalie l'isovaleur la plus importante mesurée est tracée ici en rouge et à moins de 1 km au sud du profil sismique.

Les trois premiers critères ont rapidement été validés. L'implantation choisie étant néanmoins à la limite entre les périmètres de protection éloigné et rapproché du captage AEP de La Pavais de 50 m de profondeur, la Police de l'Eau (DDTM35) a exigé un surcroît de garanties de la part de la commune et de l'entreprise de forage pour prévenir tout risque de pollution des nappes exploitées. Cela inclut notamment la mise en place d'un bassin de stockage temporaire des eaux pompées avant rejet dans le milieu (volume de 600 m³).

Au titre du Code minier, le forage a fait l'objet d'une déclaration à la DREAL et auprès de la DDTM35 au titre de la Loi sur l'Eau. Il est en retour répertorié dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS), sous l'indice **03531X0208**. Le nom choisi pour le forage est CDB1, pour « Chartres-De-Bretagne 1 », selon la nomenclature pétrolière.

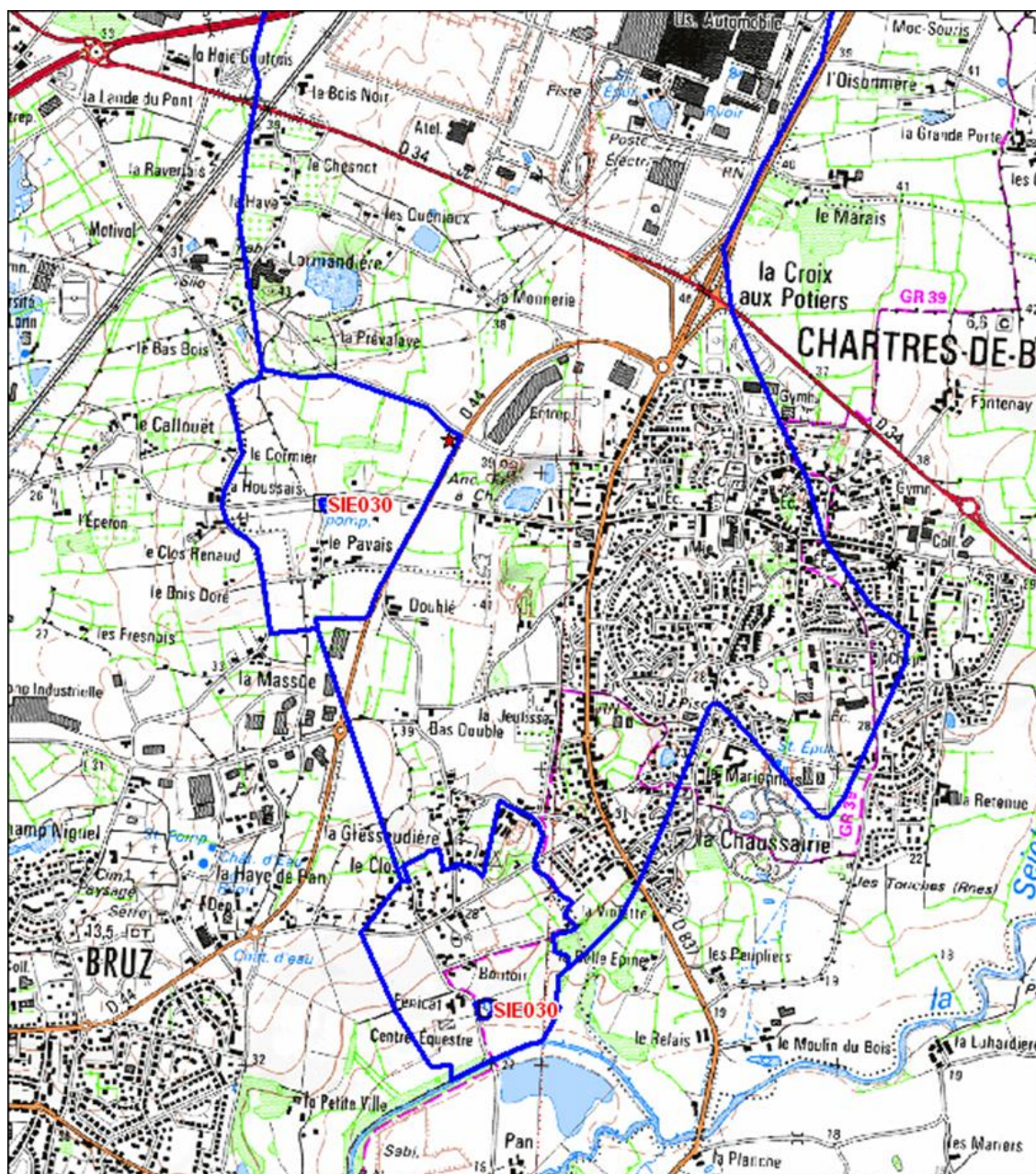


Figure 8 : Situation du forage en regard des périmètres de protection des captages de La Pavais et du Fenicat (SIE030).

L'implantation se trouve à la limite entre les périmètres de protection éloigné et rapproché.

2.1.3. Choix des entreprises

En sa qualité d'assistant à Maîtrise d'Ouvrage (Maître d'Ouvrage : Chartres-de-Bretagne), le BRGM a contribué techniquement au montage de l'appel d'offre et au choix de l'entreprise de forage. Il a d'autre part procédé, cette fois en qualité de Maître

d'Ouvrage, aux consultations et choix des entreprises de diagraphies et de pompage d'essai.

L'entreprise de forage choisie est COFOR, réputée (inter)nationalement pour la haute compétence technique et le savoir-faire en carottage minier. L'appel d'offre s'est déroulé en deux temps, la première phase à l'issue de laquelle deux entreprises ont été ciblées, puis une seconde consultation plus précise a permis de choisir COFOR.

Pour les diagraphies, une consultation directe de 5 entreprises a été effectuée en juin 2010. Seules deux d'entre elles avaient une réponse conforme au cahier des charges. Semm Logging a été choisie pour les garanties offertes en termes de délai et de technicité.

Pour les pompages d'essai, après une consultation directe de 7 entreprises, seules 2 offres ont été reçues et étaient recevables. Hydro Assistance Ingénierie, sur des critères de prix et de conformité technique, a été retenue.

2.2. ORGANISATION DU CHANTIER

2.2.1. Chronogramme des opérations

Sur la base du cahier des charges prévoyant une plage de 3 mois pour le forage, COFOR a proposé un chronogramme prévisionnel incluant les différentes phases du forage (Figure 9). Celui-ci démarrant début juillet, la préparation de la plate-forme occupait les deux semaines précédentes. Le forage devait s'achever tout début octobre, il terminera avec près de 3 semaines de décalage, notamment en raison de complications en fin d'opération de carottage (coincement de l'outil à 675 m, instrumentation pendant 2 semaine ½). Les conditions de carottage étaient en effet devenues techniquement très complexes (carottage en trou nu sur près de 300 m). La société COFOR a su remettre le trou en état en un temps minimum et minimiser le retard pris, permettant les dernières diagraphies et le pompage d'essai.

Les opérations se sont déroulées comme suit :

- Travaux de préparation (préparation de la plateforme, arrivée et mise en place de la machine, installation, préparation du matériel dans l'attente de l'autorisation de démarrage des travaux). Début des travaux de forage le 09 juillet.
- Phase 12"1/4 (0-66 m) : cette phase est réalisée en destructif (forage rotary), en diamètre 12"1/4. L'objectif est de poser un tubage technique dans le but de protéger les formations aquifères superficielles utilisées localement pour l'alimentation en eau potable.
- Première phase de diagraphie (30-31 juillet) de 0 à 386 m.
- Tubage acier 9"5/8 à 65,30 m, cimentation du tubage.
- Phase 8"1/2, carottage PQ (66-386 m) : cette phase est réalisée en carottage continu au câble en diamètre PQ. Elle a débuté le 16 juillet.

- Tubage acier 7" à 385,8 m, cimentation du tubage.
- Phase 6"1/4, carottage PQ (386- 600 m). Cette phase a été réalisée en carottage continu au câble en diamètre PQ. Elle a débuté le 06 août.
- Seconde phase de diagraphies (3 et 4 septembre, 386-416 m). Forage stoppé momentanément à 600 m en attente de décision sur la suite des opérations, une seconde phase de diagraphie est déclenchée ; des éboulements dans le trou ne permettent pas le passage des sondes au-delà de 416 m.
- Reprise Phase 6"1/4, carottage PQ (600- 675,85 m). Cette phase a été réalisée en carottage continu au câble en diamètre PQ. Arrêt du carottage le 14 septembre.
- Instrumentation du 14 septembre au 21 septembre, abandon en fond de forage d'une tige et du carottier.
- Tubage acier 5" à 437,9 m, cimentation du tubage
- Troisième phase de diagraphies entre 416 et 669.8 m (4-5 octobre).
- Tests du réservoir Briovérien : mise en production du puits par air-lift puis test par pompage d'essai (8-9 & 12-15 octobre). Diagraphies de production impossibles. Pompage d'essai avec pompe 3" puis 2" placées à 100 m de profondeur.

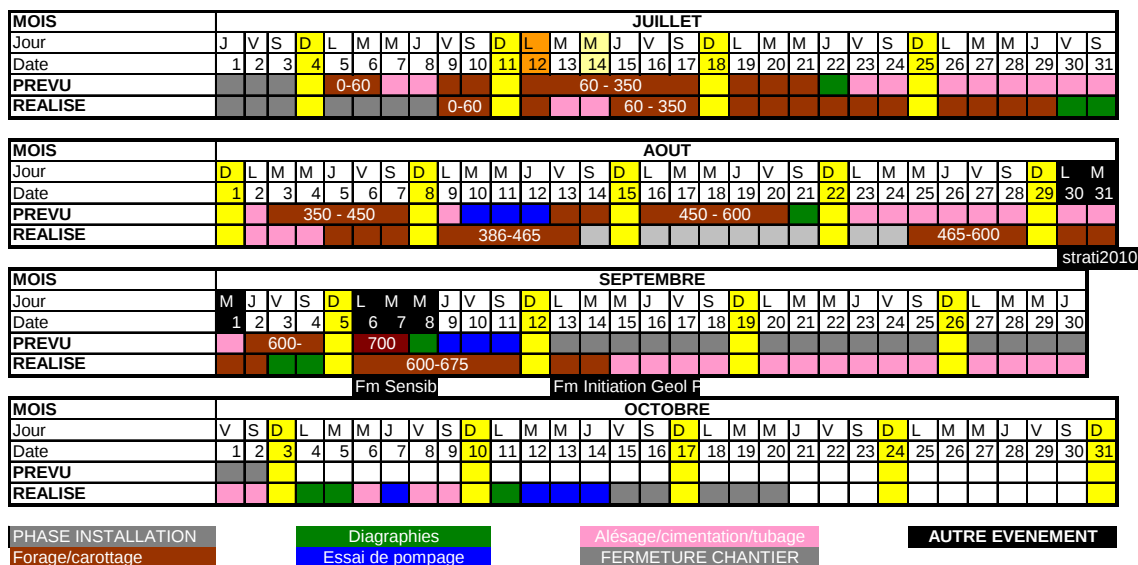


Figure 9 : Chronogramme prévisionnel vs réalisé.

Le glissement du calendrier est effectif dès le démarrage ; l'ordre des opérations et leur nombre varient entre les deux versions, mettant en avant le caractère imprédictif de ce type de chantier où l'imprévu est une donnée majeure et la réactivité des équipes une qualité indispensable au bon déroulement de l'opération.

2.2.2. Organisation du travail et du chantier

Organisation du travail

Les équipes de COFOR fonctionnaient en trois-huit (5h-13h ; 13h-21h ; 21h-5h), par groupes de 4, comprenant 2 foreurs, 1 chef de poste et 1 chef de chantier. Le chantier fonctionnait ainsi 24/24h, 6/7j. Le chantier fermait le samedi à 23h (horaires samedi 5h-11h ; 11h-17h ; 17h-23h) et rouvrait le lundi matin à 5h ; le site était gardienné pendant l'intervalle.

Les équipes du BRGM fonctionnaient en « deux-huit » (6h-14h ; 14h-22h), par groupes de 4 personnes en moyenne, comprenant un géologue, un géochimiste, un stagiaire et soit un technicien soit un stagiaire supplémentaire. Le suivi géotechnique du forage était assuré à distance par un ingénieur forage du BRGM, un technicien forage du BRGM Bretagne passait également régulièrement.

Organisation du chantier et tâches

L'organisation du chantier répond aux contraintes et exigences matérielles de COFOR et du BRGM (Figure 10, Figure 11, Figure 12). En ce qui concerne le BRGM, les installations comprenaient un lieu de vie, un bungalow de travail abritant notamment le scanner à carottes et une large tente où la plupart des tâches sur les carottes étaient effectuées (Figure 11).

Le BRGM a assuré 4 types d'intervention : le suivi géotechnique, le suivi géologique, le suivi des diagraphies et celui des tests hydrogéologiques.

- Le **suivi géotechnique** a consisté à suivre à distance depuis le BRGM Orléans et le BRGM Bretagne le déroulement technique des opérations de forage et venir en appui à la décision auprès du Maître d'Ouvrage (convention d'assistance à MOA). Ce suivi a fait l'objet d'un rapport de fin de sondage particulier (Hervé & Palvadeau, 2011) et était géré par Eric Palvadeau (BRGM Bretagne).
- Le **suivi géologique** (au sens large) comprenait deux facettes, en regard des deux types de forage qui se sont succédé : étude des cuttings lors de la phase de forage en rotary puis étude des carottes pendant la phase de forage carotté. Ces suivis sont précisés ci-dessous.
- Le **suivi des diagraphies** impliquait un agent spécialisé du BRGM pour suivre en direct les opérations de diagraphies effectuées par le prestataire et prendre, le cas échéant, les décisions qui s'imposaient.
- Le **suivi des tests hydrogéologiques** (air-lift et pompages d'essai) a été assuré par un hydrogéologue du BRGM Bretagne assisté d'un technicien du BRGM Nord-Pas-de-Calais. Ils ont veillé à la correcte réalisation des différentes tâches et pris les décisions adéquates.

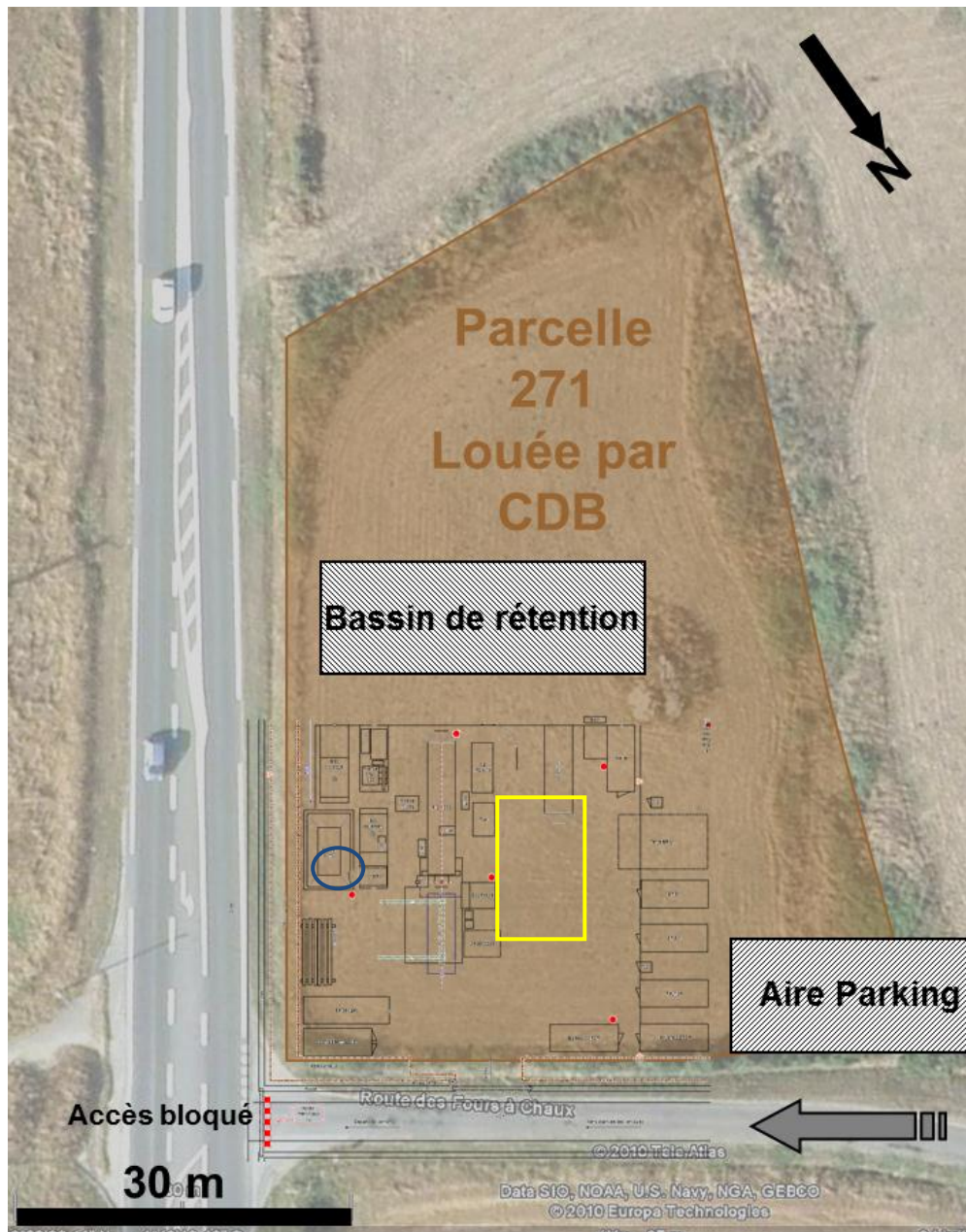


Figure 10 : Plan des installations du chantier.
Cercle bleu = tête de forage ; encadré jaune = installation BRGM (Figure 11).

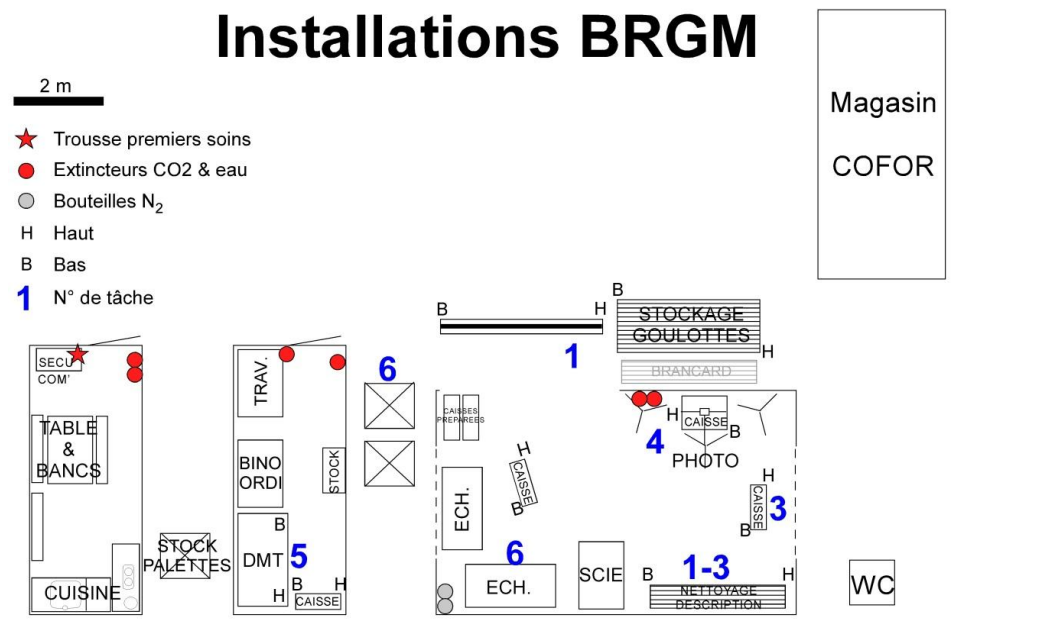


Figure 11 : Aménagements des installations BRGM.

Les trois lieux comprennent le lieu de vie (gauche), le module de travail et scan (milieu) et la tente de traitement des carottes (droite). Les numéros renvoient aux tâches/postes définis dans le texte.



Figure 12 : Vues panoramiques sur le chantier.

Haut : depuis l'entrée principale, la sondeuse à gauche, les installations COFOR à droite, et les installations BRGM au centre au fond. Bas : vue à 180° depuis la tente BRGM.

2.2.3. Suivi géologique (H. Bauer et al.¹) (Annexes 1 à 5)

Le suivi géologique a couvert deux aspects : le traitement des « cuttings », fragments de roche remontés avec la boue de forage et récupérés sur un tamis, et celui des carottes, à partir de 66 m.

Ces tâches ont été regroupées sous le terme de suivi « géologique », même si nombre d'observations, mesures et échantillons seront dévolus aux aspects hydrogéologiques et géothermiques des études à venir.

L'ensemble du suivi géologique a fait l'objet de relevés systématiques (taux de récupération, suivi DMT, photos des caisses, échantillonnage...) dont les données brutes sont présentées en annexe (1 à 5).

Suivi du forage rotary (destructif) : traitement des cuttings

Etant donné la restriction d'accès au niveau des bacs à boue, la récupération des cuttings est dévolue aux sondeurs de COFOR. Le pas d'échantillonnage a été défini à 1 tous les 3 m. Les cuttings ont été recueillis dans de grands sacs zippés, 1/3 du contenu a été ensuite tamisé pour étude à la loupe binoculaire. Trois tamis ont été utilisés : un tamis large à mailles de 2 mm, un tamis à 500 µm et un tamis fin à 63 µm.

Les refus de tamis ont été conditionnés dans des boîtes plastiques étiquetées, et leur contenu étudié à la loupe binoculaire (Figure 13). La description a servi de base à l'élaboration du log lithologique des 66 premiers mètres. Ce sont ainsi 22 cuttings qui ont été tamisés en 3 fractions granulométriques.

Cette phase de forage rotary avait pour but d'isoler rapidement l'aquifère de surface du reste de l'ouvrage. La profondeur du mur de l'aquifère avait été estimée à ~50 m de profondeur d'après les sondages existants. Par mesure de sécurité, le cahier des charges du forage avait poussé jusqu'à 60 m la phase rotary. Cependant, les échantillons prélevés à 54 m (intervalle 51-54 m) et 57 m (intervalle 54-57 m) indiquaient clairement qu'il s'agissait toujours de la formation calcaire aquifère. COFOR ayant prévu 10 % de tubage supplémentaire, la décision de poursuivre jusqu'à 66 m a été prise, sans pour autant être certains d'avoir alors traversé le calcaire. L'échantillon suivant prélevé à 60 m (57-60 m) montre une grande hétérogénéité, correspondant probablement à un éboulement de l'ensemble des formations sus-jacentes ; ce sont les deux échantillons suivants (60-63 m et 63-66 m) qui indiqueront sans doute possible que la formation calcaire a été traversée entièrement. Le mur de l'aquifère, s'il ne peut être chiffré exactement, est probablement à une profondeur de 57 m.

¹ Ardito L., Bechu E., Blanchard S., Chapuis F., Claussmann B., Flehoc C., Guerrot C., Jacquin M., Lenoir F., Mougin B., Petelet E., Poulmarc'h E., Prian J.P., Rigollet C., Roger J., Saint-Marc P., Schroetter J.M., Serrano O., Wyns R.



Figure 13 : Gauche : tamisage d'un cutting sur la pile de tamis. Droite : les refus de tamis sont conditionnés dans des boîtes plastiques, leur contenu étudié à la loupe binoculaire.

Suivi du forage carotté : traitement des carottes

À partir de 66 m, le forage a repris en mode carotté : les carottes remontées faisaient jusqu'à 3,15 m, longueur maximale du carottier. À l'issue des opérations de forage, pas moins de 289 carottes ont été recueillies, pour une longueur carottée totale de 609 m. Ces carottes ont été placées dans 228 caisses, actuellement stockées, le temps du projet, dans les locaux techniques du BRGM à Orléans.

Une fois la carotte sortie du carottier et placée sur un banc à carottes par les équipes de COFOR, elle est amenée au niveau de la tente BRGM où nos équipes la prennent en charge (Figure 14). Sans entrer dans les détails, nous avons distingué 6 tâches majeures dans la chaîne de traitement des carottes.

• Tâche 1 : Mesure du taux de récupération, nettoyage

Dès la réception ou après transfert sous la tente du BRGM, la carotte est remesurée par nos soins et le taux de récupération calculé. Cette première mesure est essentielle car elle est contradictoire avec celle fournie par le foreur, et l'entreprise de forage est évaluée entre autres sur le taux moyen de récupération des carottes. La carotte est ensuite débarrassée de la boue de forage qui la recouvre pour être correctement décrite.

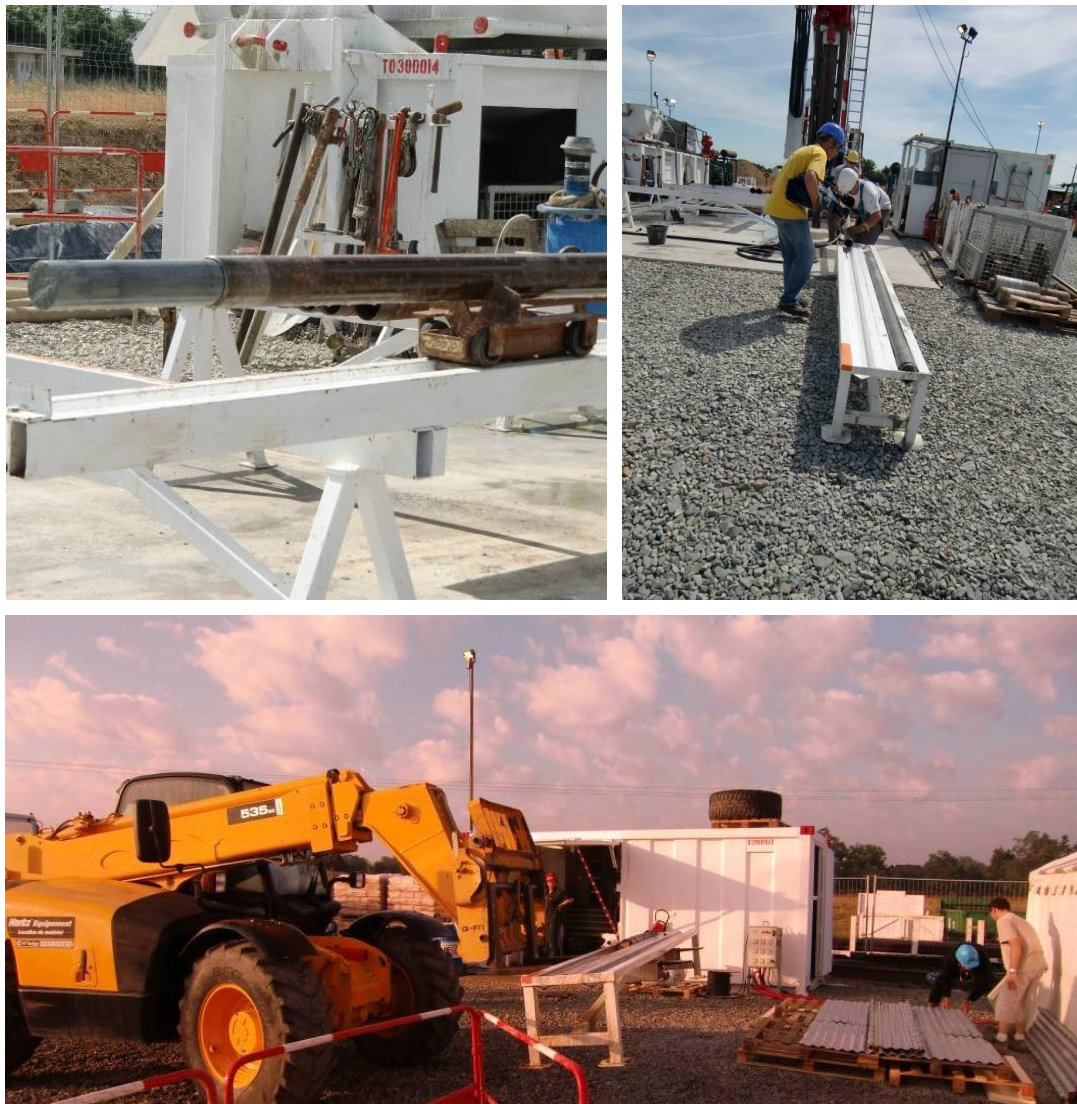


Figure 14 : Haut, gauche : la carotte sort du carottier. Haut, droite : la carotte est placée dans le banc à carottes par COFOR. Bas : le banc et la carotte sont amenés à la tente du BRGM.

• Tâche 2 : Description, orientation, repérage échantillonnage

Une fois nettoyée, la carotte est minutieusement décrite au 1/20^e (1cm sur la feuille représente 20 cm de carotte ; résolution de la description = 2 cm). La présence de failles ou de fractures, de structures particulières est également consignée. Des photos de détails sont prises, les zones à échantillonner sont repérées. Enfin, la carotte est « orientée » : deux génératrices sont tracées avec des flèches, permettant de repérer le haut du bas de la carotte.



Figure 15 : Gauche : description de la carotte. Droite : orientation de la carotte.



Figure 16 : Exemple de photo de caisse.

Le bandeau supérieur permet d'identifier rapidement la profondeur, le numéro de carotte et de caisse. Un nuancier de couleur et de dégradé de gris garantit la pérennité de l'image. L'échelle centimétrique permet le repérage et une comparaison fidèle avec le relevé géologique.

• Tâche 3 : Mise en caisse

Jusque-là, la carotte était d'un seul tenant. Sa mise en caisse est nécessaire pour des manœuvres ultérieures. Les caisses en bois peuvent accueillir 3 tronçons d'1 m, séparés par des plaquettes d'isorel. Les espaces vides sont comblés avec des cales qui minimiseront ainsi le ballottage lors du transport. Une fois la caisse remplie, son archivage numérique peut commencer.

• Tâche 4 : Photo de la caisse

La caisse est prise en photo avec un bandeau informatif (Figure 16). Deux clichés sont pris, carotte sèche et humidifiée. C'est le premier archivage numérique des carottes, en dehors des clichés de détails pris lors de la description. Ces photos de très haute résolution et assorties d'un nuancier de couleur garantissent la pérennité de l'image, la couleur et l'aspect des carottes s'altérant avec le temps.

Cela étant, il s'agit d'une image partielle de la carotte, vue sur seulement 180°. Une « péri-photo » ou scan à 360° est nécessaire pour compléter cette vue et ouvrir la voie vers la quantification des structures observées.

• Tâche 5 : Scan des carottes

Pour compléter l'enregistrement photographique des carottes, les tronçons mis en caisse sont scannés sur un banc photo spécifique (Figure 17). Une caméra enregistre une péri-photo (photo/scan à 360°) de la carotte, l'image est traitée par un logiciel qui l'oriente et permet le pointage des structures (fractures, failles, stratifications...). Couplée à l'imagerie de paroi (voir suivi diagraphies), elle permet de remonter à l'orientation *in situ* des structures. Il s'agit donc d'une étape primordiale, malheureusement très dépendante de l'état des carottes. En effet, si les carottes argileuses sédimentaires passent relativement bien, celles du socle, beaucoup plus fracturées, ne sont pour la plupart pas passées sur le banc (Figure 17).

• Tâche 6 : Échantillonnage et stockage

À l'issue du scan, toutes les données d'observation et d'image ont pu être enregistrées. La carotte peut donc être échantillonnée sans perte d'information. L'échantillonnage des zones préalablement repérées passe par la découpe d'un tronçon d'une dizaine de cm de long, lui-même recoupé dans le sens de la longueur. Une moitié est conservée en tant qu'archive, l'autre moitié est de nouveau séparée en deux échantillons. Ceux-ci sont conditionnés en sachets plastiques sous atmosphère azotée afin de prévenir toute oxydation (Figure 18).

Un autre type d'échantillonnage particulier a été entrepris, pour l'étude de la biomasse profonde (géomicrobiologie). Ces échantillons (une dizaine sur l'ensemble du forage) sont conditionnés beaucoup plus sévèrement (Figure 18) pour prévenir toute pollution bactérienne.



Figure 17 : Le banc « DMT », à scanner les carottes, est relié à un logiciel permettant le traitement d'image, avec au final la reconnaissance et l'orientation de structures géologiques (failles, fractures, stratifications...).

Les carottes du socle ont dû être renforcées pour passer sur le banc.



Figure 18 : Conditionnement des échantillons.

A gauche : échantillonnage classique, dans des sachets plastiques sous azote. A droite, triple conditionnement stérilisé pour les études de géomicrobiologie, en sacs aluminisés et sous azote.

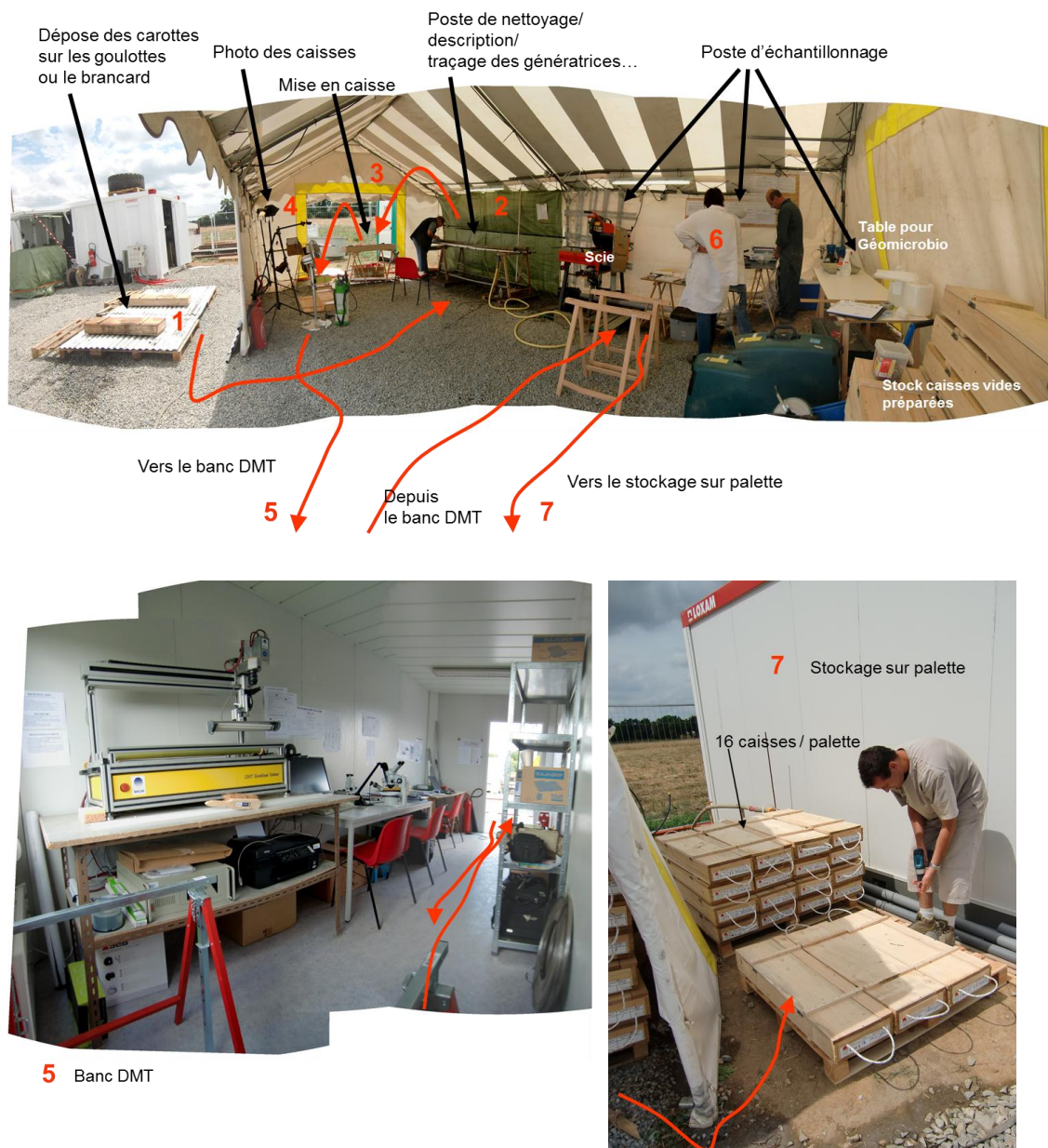


Figure 19 : Résumé de la chaîne de traitement (« workflow ») des carottes.

Après échantillonnage, la caisse est vissée et stockée temporairement sur palette à l'extérieur, avant d'être rapidement prise en charge par les services techniques de la mairie qui ont mis à disposition une halle de stockage où toutes les palettes ont été disposées le temps du chantier. À l'issue des travaux, l'ensemble du matériel géologique (16 palettes, soit environ 9 tonnes) a été rapatrié sur Orléans par transporteur. À l'heure actuelle, les palettes contenant 15 caisses chacune sont disposées sur des racks de rangement dans une halle technique du BRGM. Ce

stockage est à moyen terme (le temps du projet), le stockage à long terme n'ayant pas encore été défini.

L'enchaînement de ces tâches (Figure 19), à 3 ou 4 personnes, peut prendre jusqu'à 2 h par carotte de 3 m, un rythme en adéquation avec celui de l'arrivée des carottes à la surface par COFOR (une toutes les 1 h 30 au début, une toutes les 3-4 h à la fin).

2.2.4. Suivi des diagraphies (J.-Y. Hervé & C. Dezayes, BRGM)

Trois opérations de diagraphies de forage ont eu lieu durant ce chantier. L'opérateur, Semm Logging, a procédé aux différentes mesures demandées dans le cahier des charges (Tableau 1 ; Figure 20). Cependant, la nature des terrains et les conditions de forage ont rendu impossibles certaines mesures sur tout ou partie du forage (Tableau 2). Une 4^e intervention pour les diagraphies de production n'a pu être menée à bien le trou étant obstrué à la sortie du tubage à 438 m.

Sonde	Outils	Paramètres
Sonde multiparamètre TDNI	- Inclinomètre	- Inclinaison forage
	- Gamma-ray	- Radioactivité naturelle
	- Résistivimètres	- Résistivité proche & lointaine
	- Porosité-neutron	- Porosité
	- Densité γ - γ	- Densité
	- Diamètreur	- Diamètre du trou
	- Sonde thermométrique	- Température de la boue
	- Conductivimètre	- Conductivité de la boue
	- Source Am/Be	- Potentiel photoélectrique
Sonde d'imagerie acoustique BHTV	- BHTV (BoreHole TeleViewer)	- Imagerie de paroi acoustique
	- Gamma-ray	- Radioactivité naturelle
Sonde de gamma-ray spectral	- Gamma-ray	- Radioactivité naturelle décomposée selon U / Th / K
Sonde de diamètre BDV4ACG	- Diamètreur 4 bras	- Diamètre du trou
	- Gamma-ray	- Radioactivité naturelle
Sonde ELOG	- Résistivimètres	- Résistivité proche & lointaine
	- Gamma-ray	- Radioactivité naturelle
Sonde FWS	- Sonic Full Wave	- Vitesse des ondes P & S
	- CBL	- Contrôle de la cimentation
	- Gamma-ray	- Radioactivité naturelle

Tableau 1 : Liste des outils et paramètres de mesure prévues au contrat.

Chacune des sondes passée dans le forage comprend une mesure du GR (gamma-ray), afin de pouvoir corrélérer finement les enregistrements à posteriori.

Les raisons invoquées pour ces intervalles de mesure manquants sont les suivantes :

- tubage métallique empêchant la mesure ;
- tenue du trou, formations instables ;
- diamètre irrégulier du trou (cavage), perturbant les mesures ;
- trou obstrué empêchant le passage des sondes.



Figure 20 : Les diagraphies sont opérées de jour et de nuit par Semm Logging.

Sonde	Outils	Intervalles de mesure manquants
Sonde multiparamètre TDNI	- Inclinomètre	375-384
	- Gamma-ray	-
	- Porosité-neutron	0-66 (tubage) ; 378-385 (tubage) ; 408-438 (tubage)
	- Densité $\gamma\text{-}\gamma$	0-66 (tubage) ; 381-387 (tubage) ; 411-438 (tubage)
	- Diamètreur	412-417
	- Sonde thermométrique	-
	- Conductivimètre	0-11 ; 415-417
	- Source Am/Be	0-66 (tubage) ; 381-385 (tubage) ; 411-438 (tubage)
Sonde d'imagerie acoustique BHTV	- BHTV (BoreHole TeleViewer)	0-388 ; 408-464
Sonde GR spectral	- Gamma-ray	0-386 ; 416-429
Sonde de diamètre	- Diamètreur 4 bras	-
Sonde ELOG	- Résistivimètres	0-67 (tubage) ; 382-388 (tubage) ; 412-438 (tubage)
	- Sonic Full Wave	0-48 (tubage) ; 371-383 (tubage) ; 412-437 (tubage)
Sonde FWS	- CBL	-

Tableau 2 : Intervalles de mesure manquants.

La plupart des outils ont enregistré sous les 66 mètres du premier tubage.
La profondeur atteinte par les outils varie entre 653 et 663 m.

Les principales pertes d'information concernent l'imagerie de paroi et le GR Spectral impossibles sur l'ensemble de la couverture sédimentaire (400 premiers mètres) ; la plupart des autres pertes sont mineures ou prévues. Malgré cela, la qualité et diversité des données fournissent une solide base pour les études futures.

2.2.5. Suivi des tests hydrogéologiques (B. Mougin & F. Joublin, BRGM)

L'absence d'aquifère exploitable dans la couverture sédimentaire sous ceux déjà exploités pour l'AEP nous a contraints à abandonner la première série d'essais et à nous focaliser sur le second objectif, le socle fracturé. Les tests hydrogéologiques comprenaient deux phases, un nettoyage du trou à l'air-lift (soufflage), et un pompage d'essai (Figure 21). La première opération permettait d'avoir une idée concernant la productivité du forage. La seconde ayant pour but de quantifier ces paramètres (perte de charge du forage, perméabilité et coefficient d'emmagasinement).



Figure 21 : Le pompage d'essai opéré par Hydro Assistance Ingénierie a été largement couvert par les médias.

À l'issue du forage, des diagraphies de forage et du dernier tubage positionné à 438 m, la boue utilisée pour le carottage a été évacuée en injectant de l'eau de ville (eau claire du réseau AEP). Cette opération de soufflage par air-lift a été entreprise par la société COFOR. Elle a été suivie par l'opération de pompage d'essai proprement dite par la société Hydro Assistance Ingénierie. Celle-ci devait s'accompagner de diagraphies de production (micro-moulinet, préleveur isobare), mais l'obstruction du trou à la sortie du tubage (le diamètreur indique un cavage important en cet endroit) a empêché le passage des sondes.

La faible productivité du forage a entraîné un changement de stratégie pour les pompages d'essai : après un soufflage à 14 et 20 bars mettant en évidence une productivité inférieure à 1 m³/h, un premier essai a été entrepris avec une pompe 3". Le débit pompé étant trop important, une pompe 2" à régulateur de débit a été installée dans un deuxième temps. À l'avenir, il est envisagé de réintervenir sur le forage avec une micro-pompe à débit variable, pouvant descendre à 0,2-0,3 m³/h.

2.2.6. Temps forts

Les 4 mois de ce chantier ont été émaillés de temps forts :

- Lancement du forage : 9 juillet. Après plus de 2 semaines d'installation, les premiers tours de la foreuse sont lancés.
- Cérémonie de lancement : 12 juillet. Devant une quarantaine de personnes, le Préfet de région, le président du BRGM et le maire de Chartres-de-Bretagne lancent officiellement le chantier de forage.



Figure 22 : Cérémonie de lancement le 12 juillet 2010 sur le site de forage.

- Première carotte : 17 juillet. Après une semaine de forage rotary et un premier tubage à 66 m, le forage reprend en carotté, les premières carottes sont remonté au jour.
- Dépassement de 140 m : 20 juillet. Il ne faut pas longtemps avant que la cote la plus profonde atteinte jusqu'alors (139 m) soit dépassée. À partir de cet instant, les foreurs et les géologues avancent en « *subterra incognita* ».
- Atteinte du socle : 11 août. Après avoir traversé une grande épaisseur d'argiles (cf. chapitre suivant), des sables argileux puis un conglomérat signent la base de la couverture sédimentaire. Le socle, très altéré, est atteint à 405 m.

- Dernière carotte : 14 septembre. Après des prémices de problèmes techniques, le forage coince à 675.85 m. La dernière carotte de 0,80 m restera à jamais au fond du forage, le carottier est perdu. CDB1 est le forage carotté le plus profond de Bretagne.
- Pompage d'essai : 12 octobre. Après remise en état du trou, un pompage d'essai est lancé. Malgré la très faible production d'eau, celle-ci est échantillonnée pour analyse.

2.2.7. Communication

Ce chantier de forage est assez exceptionnel en France et *a fortiori* en région Bretagne. Il a donc mobilisé beaucoup de personnes, fait parler de lui au travers de la presse régionale, des médias télévisuels locaux et régionaux et fait venir de nombreux visiteurs (Figure 23, Figure 24).

Presse et Médias télévisuels

Les différentes étapes du forage ont été régulièrement relayées par Ouest France ; Le télégramme a couvert le lancement de l'opération, tandis que le journal de la ville de Chartres-de-Bretagne avait déjà depuis quelques mois informé les habitants de l'opération.

TV Rennes et France 3 Bretagne ont couvert différents événements : cérémonie de lancement, fin du forage, pompage d'essai. En tout, 4 reportages télévisés et 3 articles majeurs dans la presse ont relaté les avancées du forage.

Promotion interne

À chantier exceptionnel, mesure exceptionnelle : le service Communication du BRGM a engagé une société spécialisée pour valoriser le forage sous la forme d'un film court (5-6 minutes) à diffuser en salon et sur le web. À cet effet, la société rennaise WebCome a effectué 5 reportages couvrant les aspects les plus typiques du chantier : la cérémonie de lancement, le carottage, les diagraphies, le pompage d'essai et une visite du service Géologie. Des interviews complémentaires ont été enregistrées début décembre sur Orléans. Le film devrait être finalisé courant février.

Visites de chantier

De nombreuses personnes, du simple voisinage au directeur du site PSA, sont venues visiter le chantier. Des visites de groupes ont également été organisées : deux délégations du BRGM, le département Géothermie et le service Géologie, deux collèges de Chartres-de-Bretagne, les universités de Rennes 1 et de Bretagne Sud, le personnel de la mairie, le maire de Bruz...



Figure 23 : Couverture médiatique (France 3, TV Rennes et WebCome) lors du pompage d'essai le 12 octobre.



Figure 24 : Visite de la délégation du service Géologie du BRGM le 27 août.

Communication scientifique

En plein chantier, fin août et début septembre, s'est tenu à Paris le 4^e congrès français de stratigraphie STRATI2010. Le projet Cinergy, l'avancée du forage et les tout premiers résultats ont été présentés à la communauté scientifique. À l'issue du congrès, un projet de note brève était proposé par le président de l'AGBP (Association des Géologues du Bassin de Paris). Cette note a été rédigée depuis et l'article vient de paraître dans le numéro de décembre (Bauer *et al.*, 2010).

3. Premiers résultats

3.1. LOG LITHOLOGIQUE SYNTHÉTIQUE DU FORAGE

Premier résultat du forage, la coupe lithologique, présentée ici sous une forme synthétique (Figure 25), est une donnée de premier ordre puisqu'elle renseigne directement sur la nature du remplissage sédimentaire du bassin et de son socle. Rappelons qu'en dessous de 140 m, les géologues n'avaient aucune connaissance de l'empilement des sédiments remplissant le bassin, ni son épaisseur. Les hypothèses très différentes à l'origine du projet (cf. premier chapitre) en témoignent.

3.1.1. Vue d'ensemble

La première information que délivre le forage est la profondeur du bassin sédimentaire de Rennes-Chartres. Au droit du forage, elle est de 405 m, contre 500 m estimés par la géophysique. Cette différence est largement imputable aux méthodes d'inversion géophysiques, mais possiblement aussi au fait que le sondage n'est pas exactement au droit de la zone la plus profonde du bassin. Cela étant, cette dernière ne saurait sans doute excéder 450 m. La profondeur de 405 m est à mettre en comparaison avec celle du bassin de Saffré, seul bassin de même envergure dont nous connaissions avant le chantier le remplissage et l'épaisseur. Cette dernière est de 75 m moindre qu'à Chartres-de-Bretagne, ce qui confirme si besoin était la place de ce dernier en tant que bassin sédimentaire le plus profond de Bretagne.

Après l'épaisseur de la pile sédimentaire, c'est sa nature très largement argileuse qui retient l'attention. En effet, l'ensemble sédimentaire peut être décomposé en trois unités principales : une première unité carbonatées occupant les 70 premiers mètres, une épaisse unité argileuse sur les 300 m suivants et une fine unité sablo-argileuse et conglomératique à la base, sur les 30 derniers mètres.

Le socle enfin, dont la partie supérieure est largement altérée, a livré rapidement sa nature : le Briovérien de Bretagne centrale, qui encadre le bassin en surface.

3.1.2. Les formations superficielles et carbonatées oligo-miocènes

La première unité regroupe les formations superficielles et l'ensemble carbonaté oligo-miocène siège de l'aquifère exploité pour l'AEP dans le secteur. Les travaux de préparation de la plateforme ont nécessité l'excavation du premier 1,20 m, dont la nature est similaire aux 4 mètres suivants : des sables ocres à quartz filoniens connus en Bretagne sous la dénomination de « sables rouges » et dont l'âge est réputé Redonien (Pliocène).

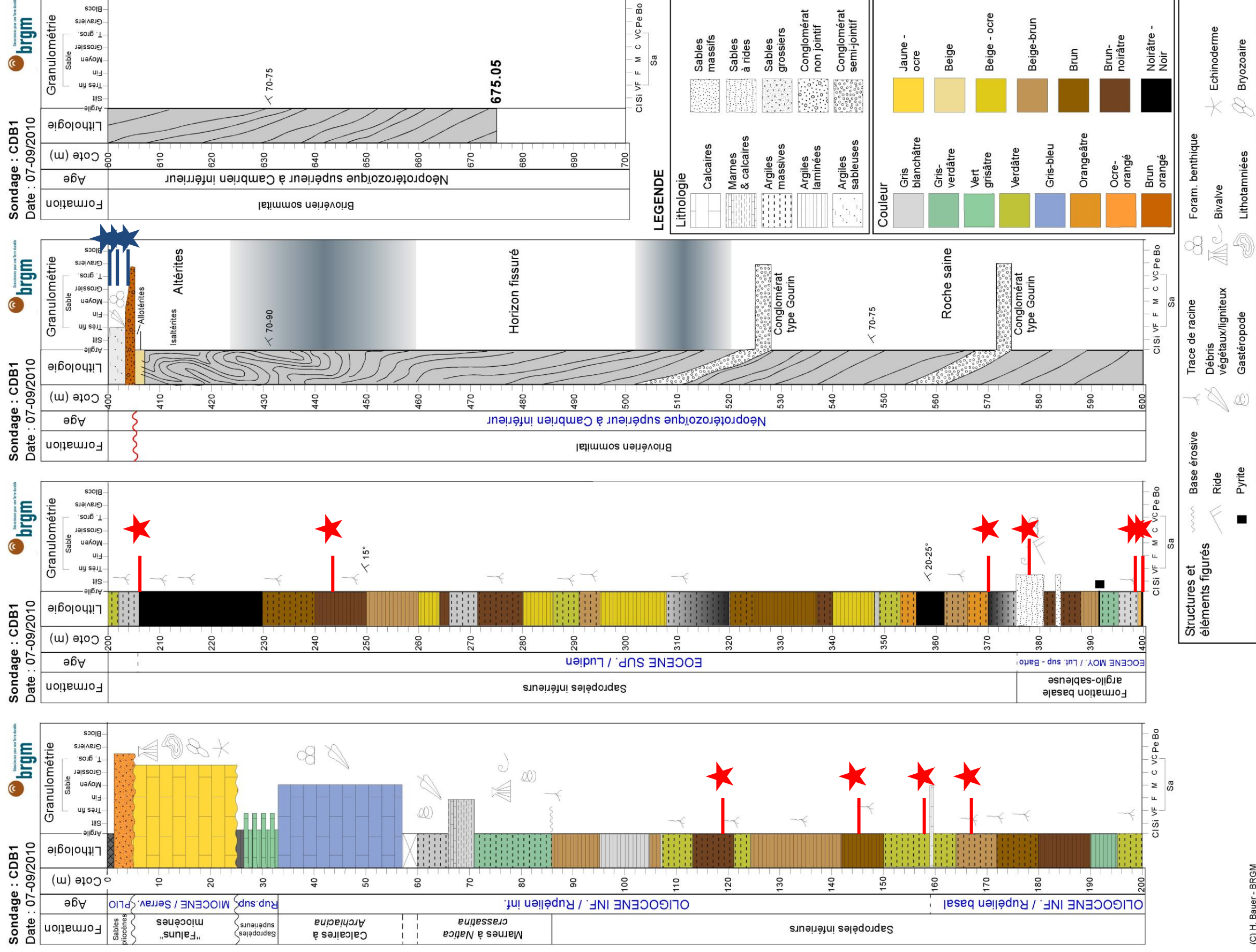


Figure 25 : Log lithologique synthétique du forage CDB1 et premiers éléments biostratigraphiques. Les étoiles rouges correspondent aux échantillons palynologiques déterminants et les bleues aux lavages déterminants.

À partir de 5 m, nous rencontrons les Calcaires à Lithothamniées et faluns, réputés miocènes (Serravallien). Il s'agit de calcaires bioclastiques ocre à lithothamniées, lamellibranches, rares foraminifères benthiques et bryozoaires. Le faciès falunien n'a pas été rencontré dans le forage. Vers 25 m, un troisième faciès fait son apparition, il s'agit de calcaires marneux et gréseux gris verdâtres non fossilifère, appelés « Spropèles supérieurs » dans la littérature ; il passe rapidement à un autre faciès calcaire vers 33 m, une biocalcarénite grossière gris-bleu à *Peneroplis* (archiacines) et autres microfaune benthique (miliolles, gastéropodes, lamellibranches, échinodermes, bryozoaires...) : le « Calcaire à *Archiacina* » des auteurs. Cette formation oligocène (Stampien inférieur) est traversée jusqu'à atteindre la suivante à partir de 57-60 m, les « Marnes à *Natica crassatina* ».



Figure 26 : Marnes à *N. crassatina*.

Ce spécimen exceptionnellement bien préservé témoigne d'un environnement marin de type vasière.

Transition vers les argiles inférieures, ces marnes sont carottées à partir de 66 m de profondeur. Ce sont les seules roches réellement fossilifères carottées, révélant parfois de belles surprises (Figure 26). Il s'agit d'argiles massives, marnes et niveaux coquilliers de teinte gris sombre, verdâtres. Le contenu en macrofossiles inclut le gastéropode marin *N. crassatina*, d'autres gastéropodes, des bivalves.

3.1.3. Les formations argileuses

À 86 m apparaissent des argiles sombres dépourvues de faune, alternant entre faciès laminés et massifs à traces de racines. Ce sont les « Sapropèles inférieurs » décrits par les auteurs, caractérisés par leur forte teneur en matière organique (MO) et en pyrite. Les faciès laminés sont beiges, brunâtres à noirâtres, émaillés de quelques figures sédimentaires (bases érosives, échappement de fluides, microfailles... ; Figure 27), tandis que les faciès massifs sont verdâtres, brunâtres ou noirâtres et montrent des indices de pédogénèse associés à une forte teneur en pyrite (Figure 28).

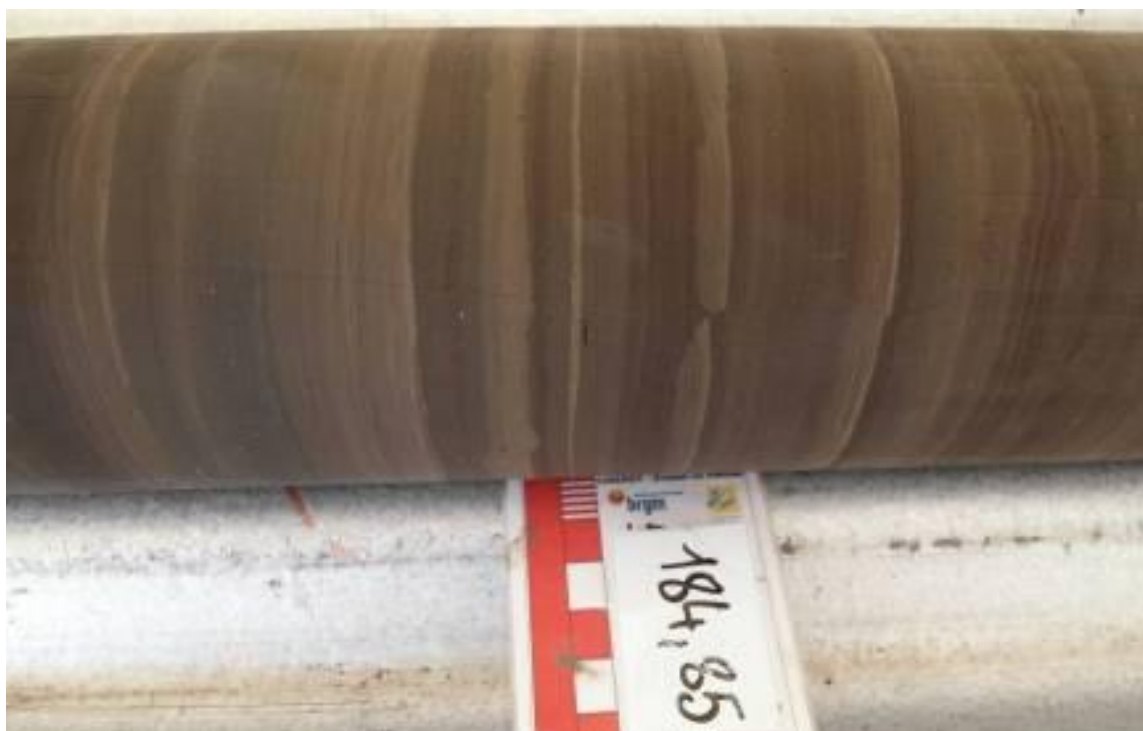


Figure 27 : Faciès laminé beige des argiles des Sapropèles inférieurs.

Ces argiles sont totalement dépourvues de carbonates (réaction à l'HCl nulle), et pourtant, vers 160 m, un banc calcaire particulier est traversé (Figure 29). Son faciès totalement recristallisé, sa forte porosité à l'aspect karstifié font penser à un calcrète phréatique, carbonate formé par précipitation chimique à l'interface entre le sol émergé et la nappe phréatique en milieu humide de type palustre ; toutefois, la forme des cristallisations pourrait être d'origine biologique. La présence de ce banc carbonaté au sein des argiles était jusque-là totalement insoupçonnée et fait donc l'objet d'une étude spécifique en cours.

À la suite des Sapropèles inférieurs se développent les « Argiles à Mohria », formation la plus ancienne alors reconnue dans le bassin subaffleurant par endroit. D'un âge éocène controversé, elles sont reconnues pour leur très forte teneur en MO. Dans le forage, à 206 m sont atteints des dépôts noirs très charbonneux à odeur caractéristique d'hydrocarbures. Ces véritables lignites (Figure 30) accumulés sur une

épaisseur de 25 m, marquent le passage supposé dans cette formation. Les argiles sous-jacentes le confirment par leur très forte teneur en MO et en pyrite.



Figure 28 : Faciès massif grisâtre des argiles des Sapropèles inférieurs, riche en pyrite.

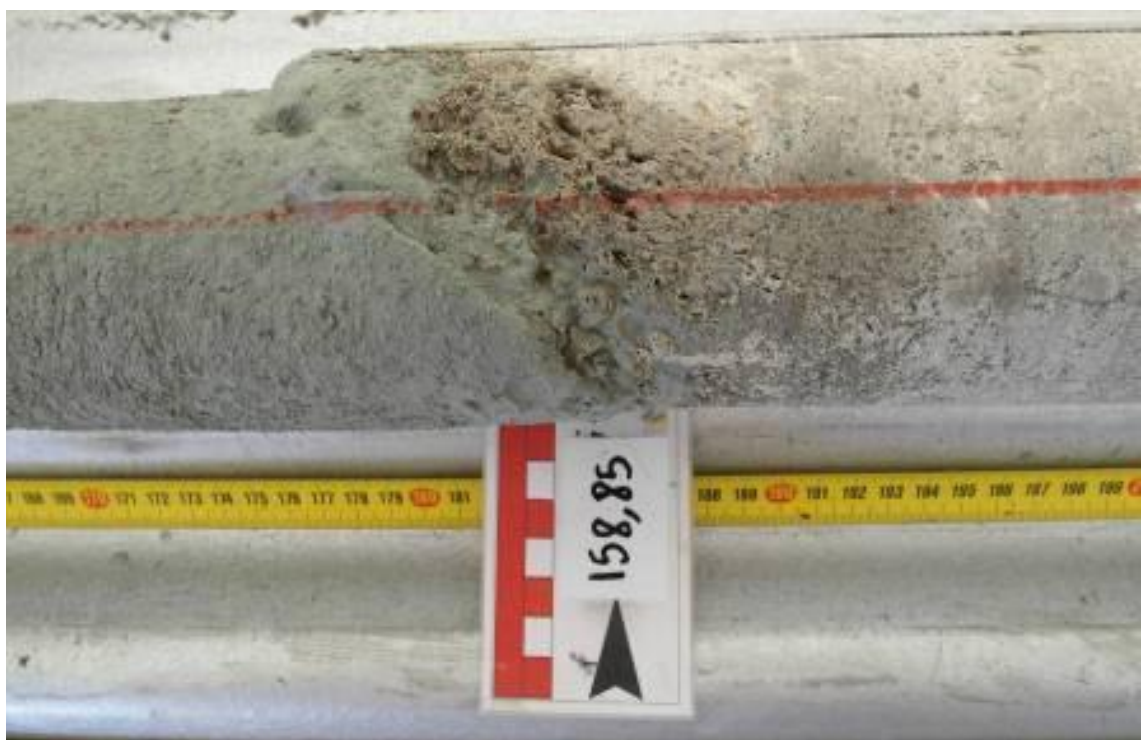


Figure 29 : Calcrète phréatique marqué par une porosité très forte et un contact érosif au sommet.



Figure 30 : Dépôts ligniteux au marquant le passage aux Argiles à Mohria.

3.1.4. La formation basale argilo-sableuse et le contact avec le socle

À 375 m, les argiles font place à des sables meubles, fossilifères (bivalves, gastéropodes) puis azoïques sur 5 m (Figure 31). Les argiles reprennent jusqu'à 400 m environ, où le sable revient progressivement. Le dernier 1,50 m avant le contact, un conglomérat de base érosif est observé, à éléments très évolués (quartz) et matrice argilo-sableuse (Figure 32). L'ensemble reste à dominante argileuse (

Figure 33), et l'on est étonné d'observer une si fine semelle grossière à la base d'une telle série, notamment en comparaison avec le bassin de Saffré où les dépôts sableux et conglomératiques occupent une trentaine de mètres.



Figure 31 : Sables meubles à rides de courant.



Figure 32 : Conglomérat de base et contact avec le socle argilisé à près de 405 m.

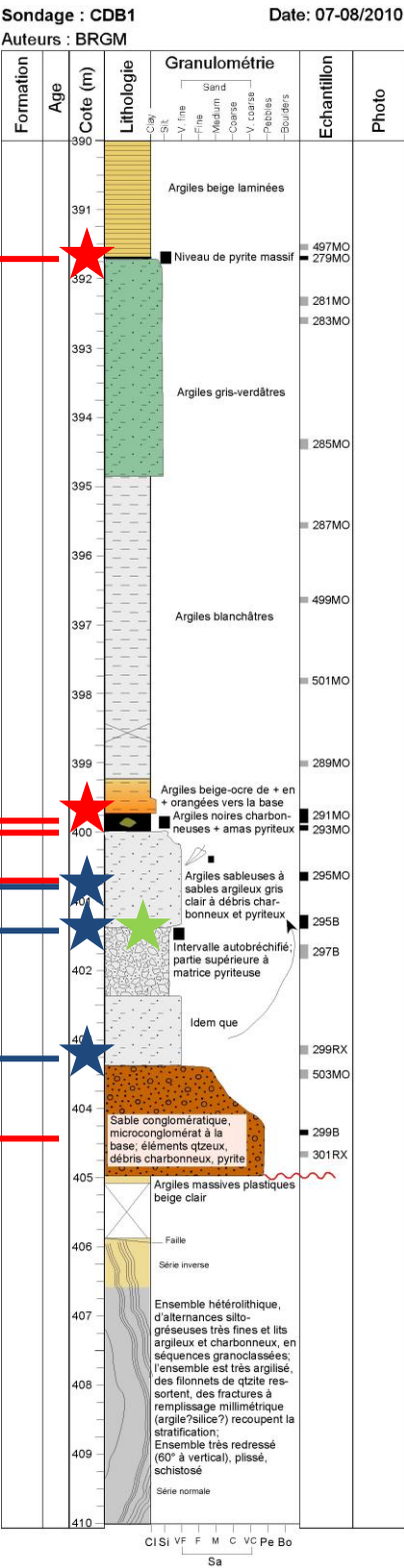


Figure 33 : Log lithologique détaillé autour du contact avec le socle.
Etoile verte : remaniements crétacé. Sans étoile : échantillon azoïque ou aphytique.

3.1.5. Le socle

Le contact avec le socle est net et érosif : la partie supérieure du socle est en effet très altérée (profil d'altération classique du socle = altérites) ; une forte odeur de H_2S se dégage de cette argile beige massive et plastique.

Cette surface érosive a visiblement entamé le paléoprofil d'altération en décapant sa partie supérieure, les allotérites. Seuls en subsistent quelques décimètres, avant de rapidement reconnaître les structures du socle (Figure 34). Cette partie préservée du profil, encore beige sur 1 m puis retrouvant la couleur grise d'origine, est toujours très argilisée, ce sont les isaltérites (Figure 35). Allo- et isal-térites forment les altérites du socle. La base de cette unité est impossible à pointer exactement : la transition vers la roche non argilisée et fracturée (« horizon fissuré » du profil d'altération) est progressive sur plusieurs dizaine de mètres, entre 420 et 460 m environ, la roche devenant « dure » vers 430 m. L'horizon fissuré est quant à lui caractérisé par une roche relativement saine et dure mais émaillée de fissures le plus souvent remplies par de la silice, des carbonates, de la pyrite... (Figure 36). Des parties argilisées subsistent, marquant des zones de failles/fractures. La transition vers la roche saine est encore une fois progressive, et se place aux alentours de 520 m de profondeur. Cette transition s'observe particulièrement bien sur les diagraphies (notamment la densité). Le profil préservé fait ainsi 100 à 120 m d'épaisseur, les 150-170 m suivants étant de la roche saine. Le socle a été carotté entièrement sur 270 m.

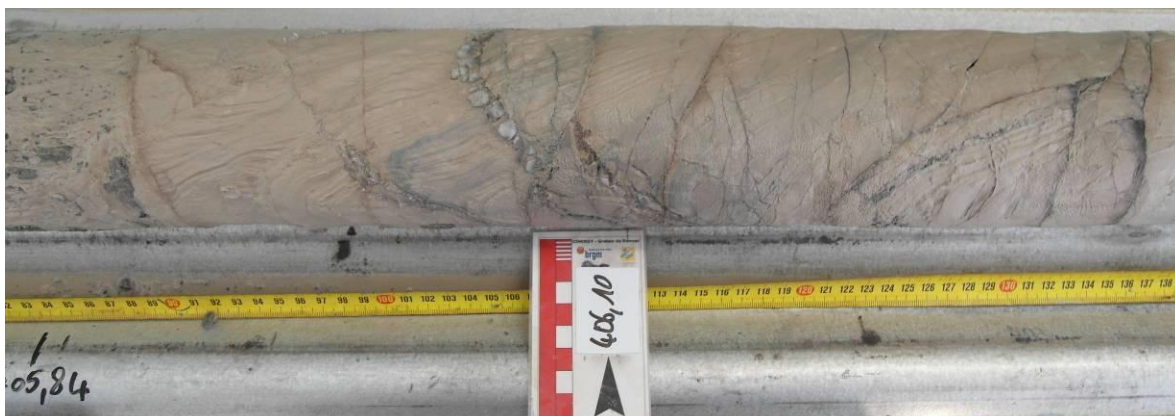


Figure 34 : Partie supérieure préservée du profil d'altération du socle.

Les isaltérites se caractérisent par un matériel totalement argilisé où les structures d'origine sont toutefois reconnaissables. Un filon de quartz plus résistant ressort de l'ensemble.



Figure 35 : Les isaltérites beige passent rapidement à une couleur plus naturelle.
Cette coloration est sans doute à mettre en relation avec des circulation de fluides (gaz et eau)
à l'interface avec la couverture conglomératique sus-jacente.

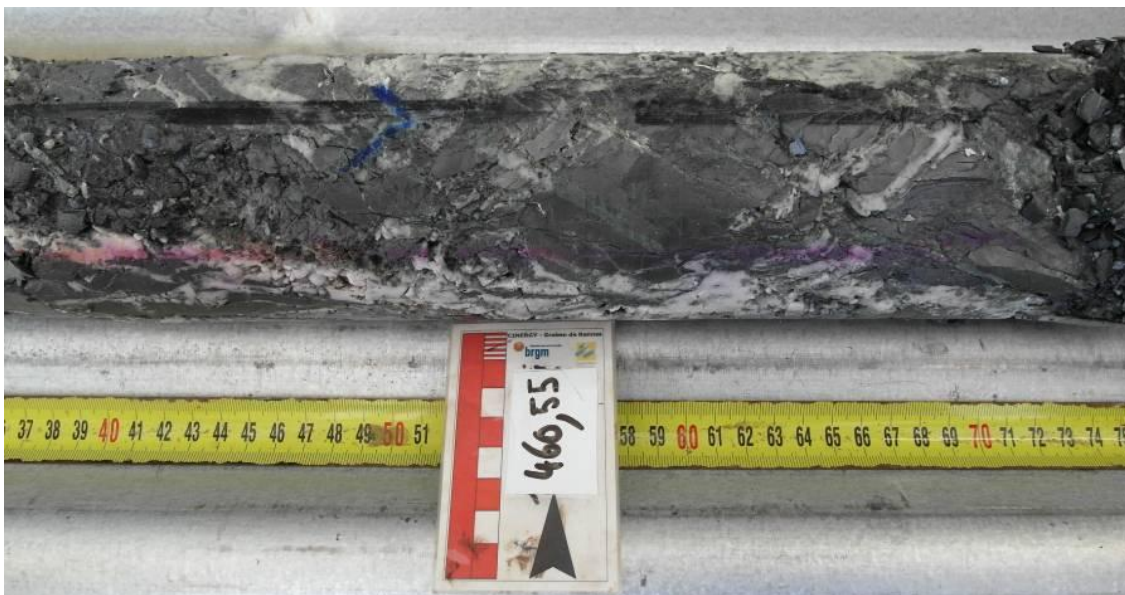


Figure 36 : Horizon fissuré du socle : la roche est bien plus dure,
mais zébrée de fissures, pour la plupart remplies de dépôts siliceux.

D'un point de vue lithostratigraphique, le socle s'apparente à l'unité sommitale du Briovérien (« bS » sur les cartes géologiques), caractérisée par des alternances fines

de siltites et d'argilites avec des passages plus gréseux (Figure 37). Les figures sédimentaires sont abondantes : rides, bases érosives, séquences granoclassées, échappement de fluides, figures de charges... L'ensemble est typique de turbidites distales et marque un environnement distal en contexte prodeltaïque. Deux unités beaucoup plus grossières, apparentées aux « Conglomérats de Gourin », s'intercalent à 502-511 m et 557-564 m (Figure 37). Il s'agit de poudingues à éléments jointifs ou semi-jointifs, arrondis à subanguleux, polygéniques : quartz laiteux et chloriteux, éléments de phtanites, feldspaths (plagioclases car pic négatif du GR)... On peut les interpréter comme des crachées plus énergétiques de type debris-flow (pas de structure ni de figure sédimentaire) distaux (galets pour la plupart très roulés).



Figure 37 : Variabilité des faciès du Briovérien dans le forage.

Haut gauche : Argilites sombres et lits silteux. Haut droite : faciès gréseux à rides.
Bas gauche : micro-conglomérat. Bas droite : poudingue à dragées de quartz et phtanites.

Le pendage est très redressé (60-90°). La schistosité S1 est confondue avec le plan de stratification S0 ; l'alternance de séquences granoclassées normales et inverses ainsi que la position des bases érosives indique des changements réguliers de flanc de pli (normal ou inverse), mettant en évidence des plis isoclinaux dont les charnières sont rarement visibles. Les fractures sont polyphasées, avec des remplissages variés (Figure 38) : quartzeux le plus souvent, dolomitique, rarement pyriteux ou calcitique. Un autre type de remplissage blanchâtre très fréquent et sous la forme de filonnets enchevêtrés, pourrait être kaolinique. Quelques plans de failles ont également été observés, ainsi que quelques gouges de failles. La plupart des fractures sont remplies.

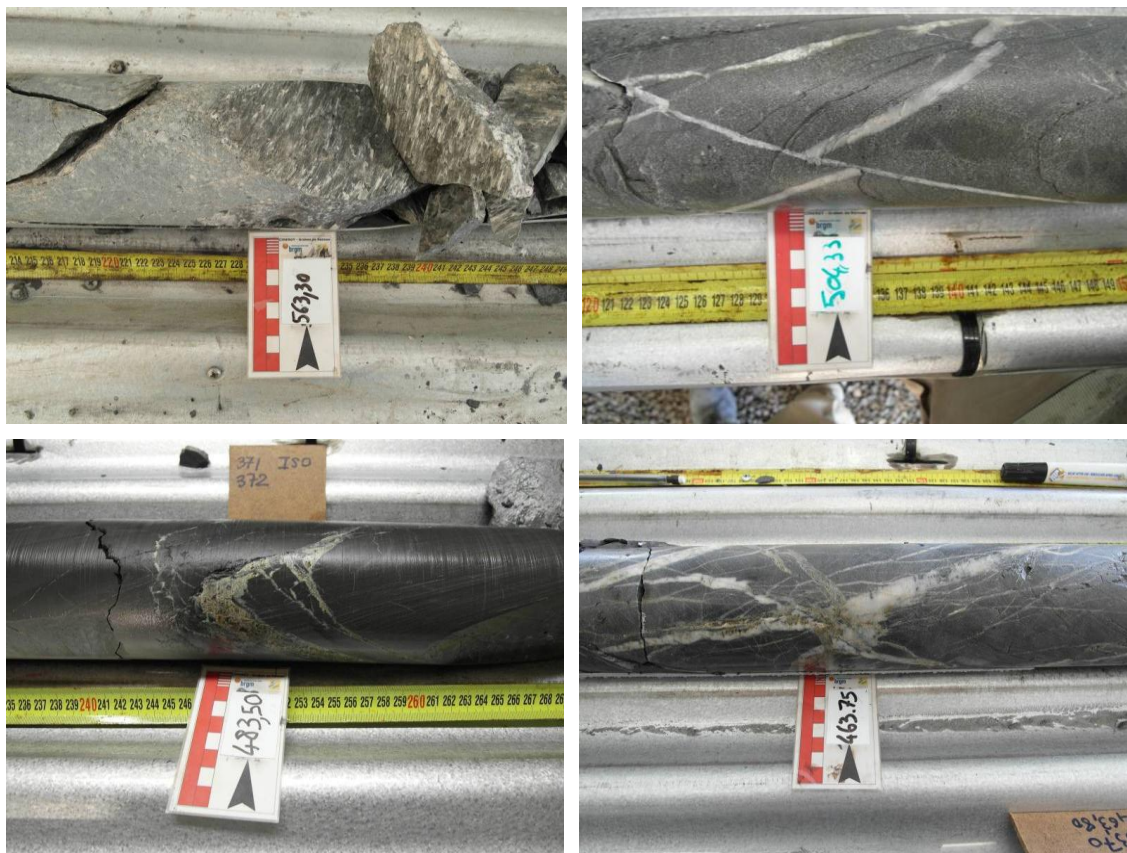


Figure 38 : Quelques exemple de fractures.

Haut gauche : plan de faille au sein de grès grossiers. Haut droite : Deux générations de fractures à remplissage quartzeux. Bas gauche : fracturation et remplissage polyphasé complexe (quartz-dolomite-pyrite). Bas droite : les fractures peuvent avoir des géométries complexes et des remplissages polyphasés avec ici quartz, chlorite et calcite.

3.1.6. Premiers éléments de datation (biostratigraphie) (ANNEXE 6)

Dès la première phase de carottage achevée un premier lot d'échantillons était envoyé à la société ERADATA pour expertise et datation par biostratigraphie (micropaléontologie et palynologie). 3 lots ont ainsi été envoyés au cours de l'été, pour un total de 46 échantillons (53 préparations). Étant donné le matériel géologique dépourvu de microfossile pour sa plus grande partie, la plupart des échantillons ont été préparés pour étude palynologique (spores, pollens et kystes de dinoflagellés en cas de dépôts marins). Ces préparations sont longues et les déterminations également, les premiers résultats ne nous sont parvenus que fin octobre/début novembre.

Sur ces 53 préparations, 23 ont déjà été étudiée, et 13 d'entre elles ont été déterminantes pour dater les sédiments (Figure 25, Figure 31) : 10 échantillons palynologiques et 3 lavages ayant fourni des foraminifères benthiques. En effet, tous les échantillons étudiés à ce jour sur résidus de lavage sont des dépôts lacustres ou continentaux s.l., sans biophase significative, très pauvres, sauf quelques niveaux avec foraminifères benthiques au-dessus de la série briovérienne. Il en est de même pour les observations palynologiques, où malgré une forte teneur en MO, la pyrite a

épigénisé les cuticules de pollens rendant leur détermination sinon impossible du moins très difficile.

Ce qui suit reprend les intervalles stratigraphiques du plus récent au plus ancien. La Figure 39 rappelle l'échelle stratigraphique en vigueur.

	ERE	PER.	PER.	Etage	Sous-étage / étages locaux
0	Q.	PER.	PER.		
			Pl.	Gélasien	
			Plio.	Plaisancien	
				Zancéen	
				Messinien	Redonien
10			Sup.	Tortonien	
			Moy.	Serravallien	
			Inf.	Langhien	
20				Burdigalien	
				Aquitanién	
30			Sup.	Chattien	
			Inf.	Rupélien	Stampien
					Sannoisien
40			Sup.	Priabonien	Ludien
					Mannésien
					Auversien
					Biarritzien
					Wemmélien
50			Moy.	Lutétien	Lédien
					Bruxellien
			Inf.	Yprésien	Cuisien
60			Pal.	Thanétien	Illelien
					Spamacien

Figure 39 : Échelle stratigraphique internationale et correspondance avec noms locaux.

En rouge les termes rencontrés dans le texte. Q. = Quaternaire ; PER. = Période ;
Pal. = Paléocène ; Plio. = Pliocène ; Pl. = Pléistocène.

Palynologie

Une vingtaine d'échantillons ont été soumis à l'analyse palynologique, répartis entre les cotes forage 119,62 et 404,32.

Les trois premiers échantillons : 404,30- 404,32 ; 400,58- 400,64 et 399,92-399,96 sont totalement dépourvus de palynomorphes. La matière organique résiduelle est composée de rares particules carbonisées.

Le premier échantillon avec pollen est situé à 399,71-399,85. Il comporte deux formes de pinacées et d'oléacée dont la dernière est connue dès le **Lutétien supérieur**. Entre les cotes 391,66- 391,68 et 377,69-377,79, les échantillons sont plus riches en grains de pollen. Plusieurs marqueurs reconnus dans les bassins bretons ou le bassin de Paris, tels : *Dicolpopollenites luteticus*, *Aglaoreidia cyclops*, *Pompeckjoidaepollenites subhercynicus*, *Psilatricolporites cognitus*, *Tricolporopollenites clavatus* ou *Diporites* sp., permettent d'attribuer cet intervalle au **Lutétien supérieur-Bartonien**.

La série des Argiles à *Mohria* superposée est essentiellement composée de matière organique très pyritisée avec un matériel pollinique très abimé. La microflore a perdu une grande partie des éléments chauds précédents et les grains en place évoquent des flores comparables à celles qui sont connues dans la **Ludien** du bassin de Paris ou l'**Eocène supérieur** des bassins bretons. Les conifères sont encore sous-représentés. Il s'agit de l'intervalle allant de 370,89-370,96 à 244,24-244,34.

Le **passage au Rupélien** semble se faire au niveau de l'échantillon 101 (205,95-205,99). En effet, dès cette cote, les conifères montent en puissance (phénomène observé à la limite Eocène-Oligocène) et nous avons encore quelques grains connus dans le Ludien, tel *Psilatricolporites cognitus*. Cependant, il faudra préciser la limite exacte car les deux échantillons analysés sont séparés par 40 m dont 25 m de lignites (Figure 25).

La série supérieure allant de l'échantillon 96 (196,24-196,34) à 51 (119,62-119,68) peut être subdivisée en **Rupélien basal** (196,24-196,34 à 167,82-167,88) et **Rupélien inférieur** (157,90-157,95 à 119,62-119,68) avec l'apparition du marqueur du Rupélien inférieur : *Boehlensipollis hohli* au niveau de l'échantillon 70 (145,49 à 145,57). Ce marqueur apparaît en effet légèrement au-dessus de la limite Eocène-Oligocène, dans le Calcaire de Sannois du Bassin de Paris, c'est-à-dire au-dessus des premières couches du Rupélien (Argiles vertes et Caillasse d'Orgemont) et à 44 mètres de la base du Rupélien dans le sondage de Saffré en Bretagne.

D'après la bibliographie (Trautmann *et al.*, 1994), le Rupélien inférieur s'étend jusqu'aux Marnes à *N. crassatina* et aux Calcaires à Archiacines, le Rupélien supérieur serait uniquement représenté par les « Sapropèles supérieurs ».

En résumé, ces premières analyses palynologiques ont permis de distinguer de nets changements de végétations en relation avec l'évolution climatique globale (refroidissement oligocène). Par comparaison avec le bassin de Paris, des âges précis ont pu être donnés. Il reste que pour le moment, l'échantillonnage lâche ne donne que des limites floues qu'un échantillonnage complémentaire à venir permettra de préciser.

Micropaléontologie (série argilo-sableuse basale)

Etant donnée la série très pauvre en microfossiles, seuls quelques niveaux de la série basale ont fourni des éléments de datations corroborant l'étude palynologique préliminaire.

La base littorale ou lagunaire du Lutétien supérieur-Bartonien

Vers la base du forage, au-dessus de la série briovérienne, entre les cotes 403 et 401 m, les échantillons notés 299 RX, 295 B et 295 MO renferment des foraminifères benthiques à test agglutiné très caractéristiques de l'intervalle Lutétien supérieur à Bartonien. Habituellement, ces formes sont associées à des formes à test calcaires, ici toutes absentes pour des raisons diagénétiques. Ces mêmes foraminifères abondent dans les milieux littoraux de l'Éocène moyen du Cotentin, trouvés à terre ou en mer, au large des côtes françaises actuelles.

Le sommet de la formation basale argilo-sableuse recoupe le Bartonien, clairement identifié entre 387 et 376 m, par une flore et une microfaune caractéristiques. Riche en foraminifères diversifiés mais mal conservés, le niveau 265B (376,50 - 380,05 m) s'est clairement déposé au cours du Bartonien, mais la microfaune littorale mal conservée pourrait appartenir à une thanatocénose déplacée ou bien serait en place et correspondrait alors à un vestige d'association appauvrie par une diagenèse sélective.

Présence de remaniements du Crétacé supérieur

Dans un échantillon n° 295B (cote 401,22-401,38 m), ces foraminifères considérés comme autochtones ou sub-autochtones, mais provenant bien d'un milieu marin éocène très peu profond, sont juxtaposés à quelques débris d'individus benthiques très altérés, à patine d'usure différente, remaniés à partir d'un sédiment du Crétacé supérieur indifférencié.

Aucun foraminifère crétacé en place, cénomanien ou autre n'a été trouvé dans les échantillons disponibles. Ces vestiges de tests robustes proviennent forcément d'une série marine crétacée érodée, mais ils ont pu être transportés sur une grande distance. Notons cependant que le Crétacé supérieur est présent et bien représenté en Manche, dans le Bassin de Paris et en Vendée, finalement à seulement quelques dizaines de kilomètres du forage.

En conclusion, ces **niveaux de base** sont attribués à des faciès très côtiers du **Lutétien supérieur-Bartonien**, voire en milieu de transition (lagune), un épisode transgressif rapide avant un retour à une série globalement continentale.

Le Briovérien

Rappelons que la datation du « Briovérien » de Bretagne centrale reste un problème épineux, en l'absence de toute microfaune ou microflore dans les sédiments jusque-là étudiés. Des datations sur zircon dans des conglomérats permettent d'encadrer le sommet de la formation et d'affirmer qu'au moins une partie s'est déposée pendant le Cambrien, mais il reste à préciser cet âge.

Les divers sédiments attribués au Briovérien ont fait l'objet de préparations palynologiques, mais leur étude n'a à ce jour rien apporté : aucune biophase n'est reconnue, ni aucune MO susceptible de fournir un âge ou un milieu de dépôt. Ces échantillons provenant de la partie altérée (408-420 m) du socle, un espoir réside encore dans des échantillons plus « frais » dont la préparation est en cours.

En conclusion, l'hypothèse d'une couverture mésozoïque (Crétacé, voire Jurassique) est remise en question par ces premiers résultats qui datent clairement **la série sédimentaire** déposée dans ce bassin du Tertiaire, du **Lutétien supérieur-Bartonien** (40 Ma) pour les plus anciens. Le Briovérien n'a pas encore pu être daté à ce jour.

3.2. DIAGRAPHIES DE FORAGE (ANNEXE 7)

Les diagraphies sont calées les unes par rapport aux autres grâce au Gamma-Ray (GR, radioactivité naturelle) mesuré sur chaque sonde ; des mesures du diamètre du trou et de son inclinaison permettent en outre de juger de la qualité ou pertinence des autres mesures.

3.2.1. Grands ensembles

Les différents paramètres / outils diagraphiques répondent aux variations lithologiques mises en évidence au chapitre précédent. Les grandes unités lithologiques sont ainsi reconnaissables (Figure 40). Certains paramètres (conductivité et T°C) portent sur la boue de forage en circulation permanente : ils ne reflètent donc pas une valeur ponctuelle mais un mélange homogénéisé sur toute la colonne.

Unité carbonatée oligo-miocène

Peu couverte par les outils diagraphiques car tubée très tôt et donc isolée par l'acier, elle est néanmoins logiquement marquée par une très faible radioactivité naturelle (GR<50 API).

Unité marneuse (Marnes à *N. crassatina*) et argileuse (Sapropèles inférieurs & Argiles à *Mohria*)

Il est intéressant d'observer que les trois formations marno-argileuses se distinguent difficilement sur les diagraphies : les Marnes à *N. crassatina* sont marquée par un GR très légèrement inférieur à la moyenne des argiles qui suivent, mais les autres mesures n'indiquent rien de particulier. La coupure à 205 m, avec l'apparition spectaculaire, en carotte, des lignites, est cependant tout juste perceptible dans le GR. En effet, les Sapropèles inférieurs sont marqués par un GR relativement constant bien que fluctuant autour de 75 API, alors que les Argiles à *Mohria* voient leur GR moyen augmenter progressivement vers 100 API. Les autres signaux ne montrent pas de changement d'une formation à l'autre.

Si l'on regarde l'évolution des signaux sur l'ensemble de ces trois formations, l'apparition de faciès argilo-marneux à 70 m est marquée par une nette augmentation du GR (50-100 API). L'ensemble marneux puis argileux est caractérisé par des valeurs de résistivité très faibles (autour de 5 ohm.m) et une porosité apparente très constante autour de 20%, qui traduit plutôt une saturation en eau des argiles. Le signal est très bruité, en partie à cause d'une qualité d'enregistrement moyenne en rapport avec un fort cavage. L'intervalle est également marqué par des valeurs de potentiel photoélectrique (Pef) et des vitesses des ondes P (Vp) également très constantes. Toutefois, on remarque que les Vp évoluent en profondeur vers des vitesses plus rapides. La lithologie globale n'évoluant que peu, il s'agit clairement d'un effet de compaction des terrains avec le poids des dépôts sus-jacents.

L'homogénéité des signaux change cependant brusquement vers 270 m de profondeur. Un pic de résistivité associé à une chute de la porosité et un pic de la

densité correspond à des argiles massives blanches. Bien que la lithologie ne semble pas varier drastiquement, ce passage annonce un changement de rythme dans les signaux voire de tendance : le Pef amorce une chute progressive et la résistivité y répond de façon opposée ; le GR et les Vp montrent des fluctuations de plus grande amplitude. La première description lithologique ne fait pas état de variations lithologiques expliquant ce phénomène, qui peut-être dû à la granulométrie (argiles vs silts), à la présence de pyrite (?), carbonates, la teneur en MO...

Enfin, un point notable est le pic de GR concomitant avec le calcaire observé vers 160 m. L'enrichissement des calcaires en uranium est un phénomène connu, qui implique certaines conditions physico-chimiques. L'analyse chimique des éléments en trace de ce calcaire, qui pour le moment pose problème aux divers spécialistes qui l'ont observé, révélait une teneur anormale en U, ses conditions de formations pourraient en être précisées. Ce pic en GR est par ailleurs associé à un pic de résistivité, une chute de la porosité apparente, un pic de la densité et surtout un pic important de la Vp. Cette chute de porosité, qui peut paraître étonnante par rapport à la description macroscopique (voir p. 47), reflète en réalité le contenu en eau de la roche, paradoxalement moins important dans le calcaire que dans les argiles.

Formation argilo-sableuse basale

Bien que l'enregistrement des paramètres soit parfois parcellaire sur cet intervalle 375-405 m, les signaux sont clairement différents : le GR accuse une chute, la résistivité augmente sensiblement (de 5 à 15 ohm.m) et le Pef également. Le manque de données est dû au terrain (sables non consolidés) et au relais à 386 m : la première série de mesures s'est arrêtée vers 380 m, la suivante à redémarré vers 386 m.

Socle briovérien

La signature du socle est clairement distincte de la couverture sédimentaire, et illustre de façon spectaculaire le profil d'altération. En effet, la plupart des signaux enregistrent une évolution depuis le contact à 405 m jusque vers 520 m, à la suite de quoi ils se stabilisent, ponctués seulement par les deux intervalles conglomératiques à 502-511 m et 557-564 m.

Le profil d'altération est marqué par un GR croissant vers le bas, une résistivité qui, bien que supérieure à celle des terrains tertiaires, reste faible (~60 ohm.m), une porosité décroissante (de 15 à moins de 10% en porosité virtuelle), une densité légèrement croissante et des Vp croissantes également. Vers 520 m, le GR, la densité et la porosité semblent atteindre un équilibre, juste après la fluctuation due au conglomérat. La résistivité marque quant à elle un saut d'échelle passant de 50 à 400 ohm.m ; le sonic montre que les Vp se stabilisent seulement après le conglomérat, vers 520 m. Le socle sain est caractérisé par une grande stabilité des valeurs, ~130 API pour le GR, 5 pu en porosité, 2 600 kg/m³ en densité et 5 000 m/s pour les Vp. Seule la résistivité montre des fluctuations qu'il reste à comprendre. Les conglomérats sont marqués par de brusques chutes du GR à des valeurs de 50 API, de la porosité quasiment nulle (les conglomérats sont totalement cimentés) et de petites chutes du Pef (0,5 unité), le sonic ne semble guère touché.

À noter, la limite entre les altérites et l'horizon fissuré n'est malheureusement guère couverte par les diagraphies, en dehors du GR ; ce dernier est relativement constant jusqu'à 450-460 m où il augmente. Entre les observations visuelles et cette information, la limite entre les deux horizons est comprise dans l'intervalle 420-460 m.

Température et Conductivité

Paramètres à part puisque mesurés sur la boue, ils montrent une évolution quasi-linéaire. La conductivité est très bruitée et relativement constante sur les 290 premiers mètres (moyenne autour de 450 $\mu\text{S/cm}$). Une légère augmentation du signal (480 $\mu\text{S/cm}$) s'opère jusqu'au contact avec le socle où les valeurs redescendent au niveau initial, pour rapidement augmenter jusqu'à 470 m à une valeur autour de 500 $\mu\text{S/cm}$, qui continue très légèrement d'augmenter jusqu'au fond pour atteindre 520 $\mu\text{S/cm}$.

Le profil de température est simple et purement linéaire, hormis les mesures aux jonctions des tubages. Partant de 19,3 °C en surface, la température atteinte à 675 m est de 27,3 °C. Une étude des trois captages AEP du secteur montre que les températures de surface oscillent entre 10,6 et 16,5 °C dans les aquifères tertiaires, avec un gradient moyen de 1,24 °C/100 m (gradient faible). D'autres exemples dans le socle breton (forages RAPSODI par exemple, Carn-Dheilly & Thomas, 2008) indiquent des températures variant entre 10 et 15,5 °C pour des gradients de moins de 1 °C/100 m. Le gradient calculé pour CDB1 est de 1,27 °C/100 m, en parfait accord avec les exemples existants. Cela étant, on ne peut exclure l'hypothèse d'une homogénéisation de la colonne d'eau, entraînant un lissage des valeurs extrêmes et donc du gradient. Partant d'une température de 16,5 °C en surface (maximum observé), la température du fond à l'équilibre devrait être de 30,1 °C, portant le gradient à 2,16 °C/100 m.

Le BRGM prévoit au premier semestre 2011 une mesure de température supplémentaire sur la partie de l'ouvrage encore accessible pour affiner la valeur du gradient.

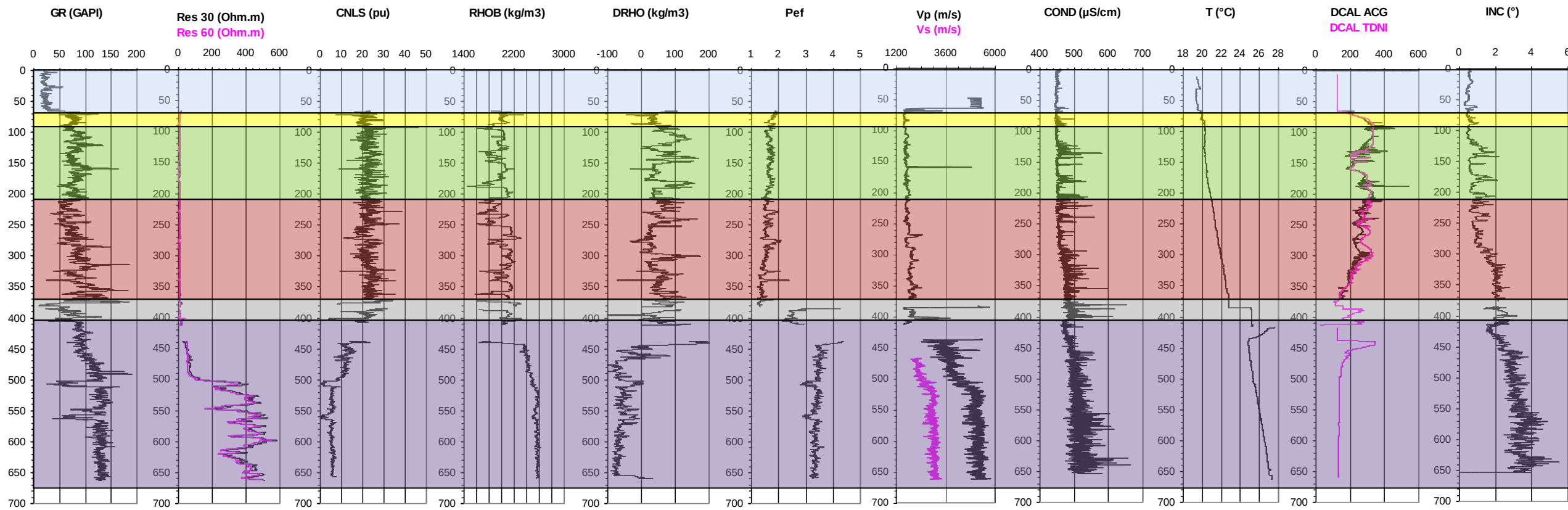


Figure 40 : Principales données diagraphiques obtenues sur le forage CDB1.
Voir Tableau 2 pour les intervalles de données manquantes ; le reste des données du sonic (Vt) sont en cours de traitement. Les unités colorées correspondent aux unités lithologiques suivantes : bleu clair = série carbonatée oligo-miocène ; jaune = Marnes à *N. crassatina* ; vert = Sapropèles inférieurs ; rouge = Argiles à *Mohria* ; gris = unité argilo-sableuse basale ; violet = socle brévérien.

GR (Gamma-Ray) API.	unités API (American Petroleum Institute) ; cette unité artificielle est définie sur la base de standards. Les argiles ont une valeur typique autour de 100
Res 30 & Res 60 (résistivité proche et lointaine)	unité en Ohm.m
CNLS (porosité-neutron, Compensated Neutron Logs)	unités pu (porosity unit = % porosité virtuelle) ; attention, la valeur de porosité virtuelle peut correspondre à des argiles saturées en eau.
RHOB (densité réelle, ρ_b)	unité = kg/m ³
Pef (Potentiel Photoélectrique)	DRHOB (Delta RHOB), mesure de la qualité du signal RHOB (entre -100 et 100, RHOB interprétable).
Vp (Sonic Full Wave, Vitesse des ondes P)	unité = barn/électron.
COND (Conductivité de la boue)	unité = m/s.
T°C (Température de la boue)	unité = µS/cm (micro-siemens).
DCAL ACG & DCAL TDNI (Caliper = diamètreur)	unité = °C.
INC (Inclinaison du forage)	unité = mm ; le caliper ACG est à 1 bras, le TDNI, à 4 bras, est plus précis.
	unité = degré

3.2.2. Recalage de la sismique

Le Sonic « Full Wave » permet de déterminer la vitesse des ondes P (Vp) dans les roches rencontrées (Figure 41). Connaissant la vitesse de ces ondes, on peut remonter au profil sismique, dont on ne connaît que les temps doubles en échelle verticale. On peut ainsi construire un pont entre les deux informations (Tableau 3) et recalcr la sismique en profondeur plutôt qu'en temps (Figure 42).

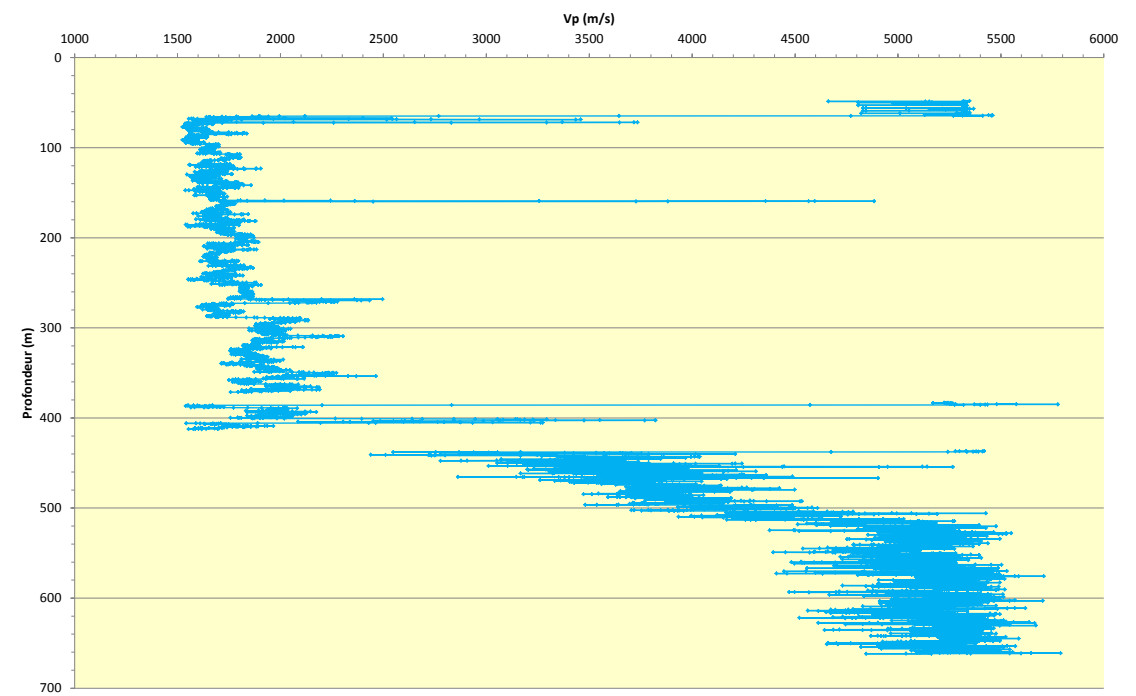


Figure 41 : Évolution verticale des vitesses des ondes P (Vp) dans le forage CDB1.

Intervalle m	Epaisseur m	Vp m/s	TD sec.	TD (sec.)	Horizon repère Nom
0-66	66	5000	0,026		
66-72	6	2800	0,004	0,031	Base Calcaires
72-159	87	1700	0,102		
159-160	1	4800	0,000	0,133	Calcaire isolé
160-268	108	1750	0,123	0,185	Top Argiles MO 205 m
268-272	4	2400	0,003	0,260	???
272-289	17	1700	0,020		
289-375	97	2000	0,097	0,377	Top Fm sablo-argileuse
375-382	7	1700	0,008		
382-400	18	2000	0,018		
400-405	5	3000	0,003		
				0,407	Contact Socle

Tableau 3 : Correspondance temps-profondeur des différences interfaces lithologiques repères. La vitesse Vp est moyenne sur l'intervalle considéré.

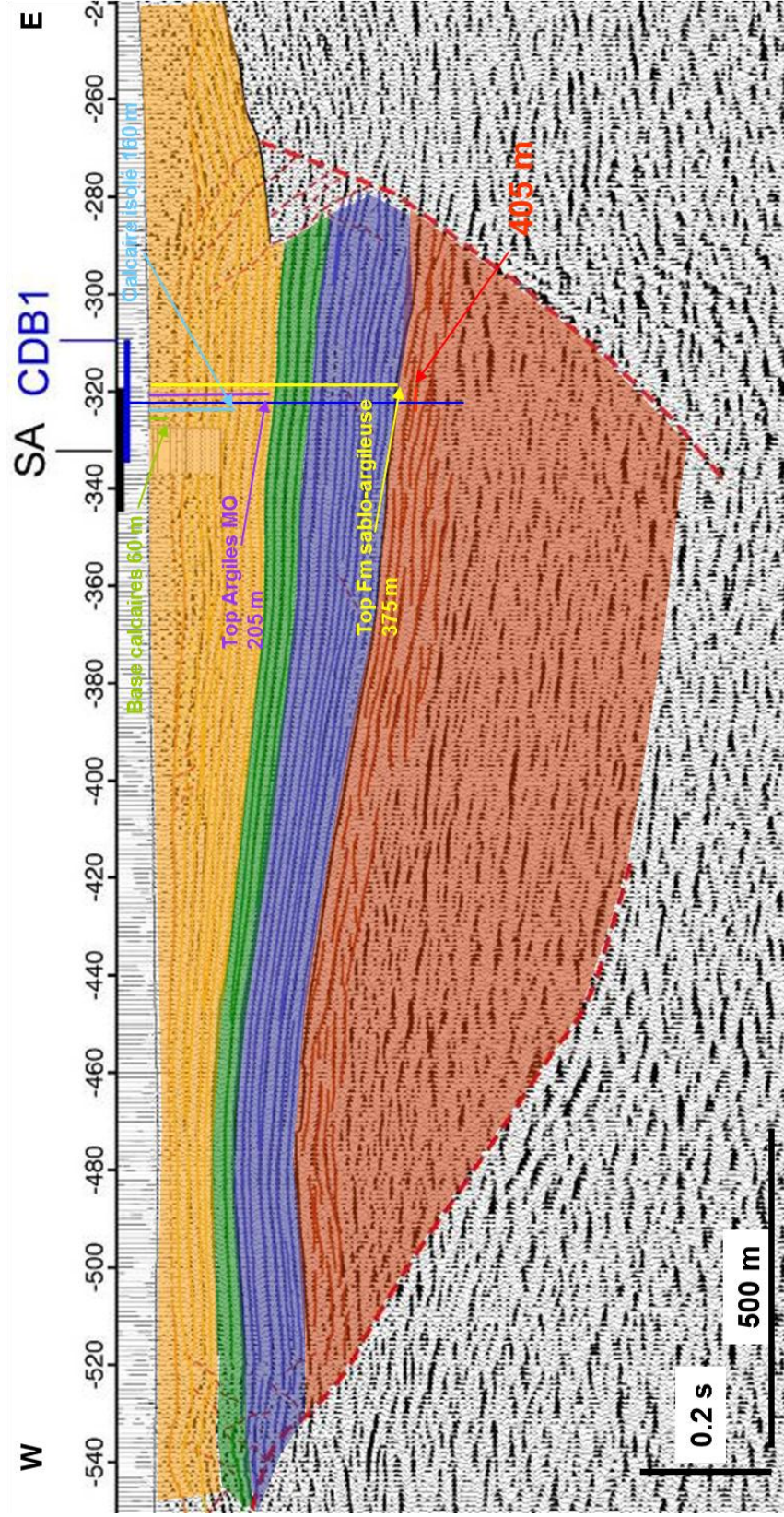


Figure 42 : Position des interfaces en regard du profil sismique original.

Le nouveau calage permet de mettre en regard les unités sismiques prédéfinies avec le découpage lithostratigraphique du forage. On remarque ainsi que le calcaire à 160 m correspond au sommet d'une légère zone d'ombre : bien que très fin, le contraste de vitesse très élevé de ce réflecteur aurait pu suffire à occulter les réflecteurs directement sous-jacents. Le sommet des argiles riches en MO correspond bien avec la base de l'unité jaune, tandis que la base des argiles à *Mohria* (top de la formation basale argilo-sableuse) est concordante avec la base de l'unité bleue/violette. Ce recalage et ses incertitudes seront à préciser ultérieurement mais rassurent sur la représentativité de ce profil sismique par rapport à la géométrie du bassin. D'autre part, il convient de garder à l'esprit l'éloignement du forage par rapport au tracé de la ligne sismique (1 km au sud), qui peut expliquer d'éventuelles difficultés de calage absolu.

3.3. TESTS HYDROGÉOLOGIQUES (ANNEXE 8)

3.3.1. Air-lift

Les 8 et 9 octobre, après tubage et cimentation, le puits CDB1 a été soufflé à l'air-lift par COFOR. La société a utilisé un embout d'air-lift vissé à l'extrémité de son train de tiges (tiges 3" ½ avec en pied une tige de 1 m avec des trous de 8 mm) et un compresseur thermique (débit de 30 m³/h et pression de 25 bars). Les premières observations issues de ce soufflage indiquent la présence d'eau mais une production très faible du socle, inférieure à 1 m³/h (Tableau 4). Durant l'opération, plus de 3 m³ d'eau sont évacuées, de couleur rouille et avec de nombreux débris de socle. À l'issue du dernier soufflage, la profondeur du niveau de la nappe a été mesurée à pas de temps régulier durant 2 h. La remontée, de 34 m seulement, confirme la faible productivité de l'ouvrage. Malgré la perspective d'une très faible production, le pompage d'essai est maintenu, mais avec un débit minimal.

3.3.2. Pompages d'essai

L'opérateur Hydro Assistance Ingénierie est venu sur site du 11 au 15 octobre. Deux phases de pompage d'essai ont été effectuées : une première phase les 12-13 octobre avec une pompe 3" placée à 102,4 m de profondeur. Après seulement 15 minutes de pompage (2,2 m³/h environ) la pompe est dénoyée. 600 L sont évacués dans cette première journée. Le lendemain, un nouvel essai est effectué avec la même pompe ; 700 L sont évacués en 12 minutes (débit pompé 4 m³/h) avant dénoyage de la pompe.

La seconde phase débute le 14 octobre, avec la mise en place d'une pompe 2" à régulateur de débit (entre 0,1 et 0,9 m³/h) à 102,4 m de profondeur. Le nouvel essai dure 6h, en pompant à très faible débit (15-500 L/h) ; le pompage est arrêté 10 m au-dessus de la pompe ; 600 L ont été évacués dans la journée. Côté piézométrie, le niveau de la nappe remonte à une vitesse de 14 m/h après 3 h de temps.

Suite à la très faible productivité du forage observée lors de l'air-lift, le BRGM a été amené à modifier le programme prévu initialement (pompage avec une pompe 4" ; 8 h de paliers, 40 h de pompage et 24 h de remontée). L'opérateur a donc été sollicité pour

réaliser un pompage d'essai le plus long possible en utilisant le matériel dont il disposait et cela en respectant la durée de 3 j d'interruption du chantier de forage.

Les tests hydrogéologiques feront l'objet d'un travail d'interprétation qui sera présenté dans un prochain rapport intermédiaire.

3.3.3. Analyses des eaux

Pour des raisons environnementales (présence du captage AEP de La Pavais), la Police de l'Eau a exigé du BRGM qu'il analyse l'eau pompée avant tout rejet en milieu naturel. Trois échantillons ont été analysés : deux correspondent au pompage longue durée, en début et en fin, et un troisième prélevé au milieu du bassin de rétention. Les résultats sont présentés dans le Tableau 5.

Au vu des résultats des analyses, la Police de l'Eau a autorisé le BRGM à rejeter dans le milieu naturel l'eau pompée et stockée dans le bassin de rétention. Le facteur limitant la vitesse des rejets est le taux de matières en suspension (MES), qui reflète directement la qualité de l'eau du trou, encore largement empreinte de boue de forage et d'argiles. Les faibles volumes pompés et le mélange avec des eaux de pluie dans le bassin de stockage temporaire font que le rejet a pu être effectué en quelques jours au débit maximal de 5 m³/h.

L'autre point que l'on peut relever d'après ces résultats est la différence de teneur en certains éléments entre le début et la fin du pompage de 6h. Les augmentations notables du Mn et surtout du Zn sont possiblement des marqueurs de l'eau primaire contenue dans le socle.

D'autres prélèvements sont attendus en 2011 dans le cadre d'un projet de micro-pompage longue durée. Les analyses feront l'objet d'un travail d'interprétation qui sera présenté dans un prochain rapport intermédiaire.

3.3.4. Hydrogéologie du forage

La très faible productivité (< 100 L/h) du forage n'était pas attendue. Elle est liée :

- à l'absence de recoupement d'un aquifère Secondaire se tenant au carottage (du type calcaires du Dogger) ;
- à la technique de foration (carottage à la boue masquant les très faibles arrivées d'eau, tubage et cimentation jusqu'à 438 m de profondeur destinés à faire tenir les terrains bouillants : sables entre 375 et 380 m de profondeur, isaltérites entre 405 et 420 m, socle fracturé entre 420 et 480 m) ;
- à l'hétérogénéité de la géologie : un socle sous-jacent très peu fracturé en cet endroit du bassin.

Cette opération n'exclut cependant pas que le socle puisse être aquifère ailleurs dans le bassin.

Compte tenu des terrains rencontrés, si un ouvrage destiné à un usage AEP devait voir le jour à proximité immédiat du forage réalisé, il pourrait capter les aquifères suivants :

- sables Pliocène, faluns Miocène et calcaires Oligocène entre 0 et 60 m de profondeur ;
- sables Éocène Moyen entre 375 et 381 m ;
- isaltérites et socle fracturé entre 405 et 520 m.

Cet ouvrage serait tubé et crépiné au niveau de ces aquifères, tubé plein ailleurs et cimenté en surface de 0 à 10 m de profondeur conformément aux arrêtés Préfectoraux. Au regard des captages AEP voisins, un débit exploitable supérieur à 100 m³/h serait envisageable.

Remarquons cependant que ce type d'ouvrage ne saurait être entrepris avant de s'assurer de la qualité des eaux des aquifères captifs susnommés.

Profondeur de soufflage (m/rep)	Paramètres de soufflage	Temps de soufflage	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	Turbidité	Piezométrie (m/rep)	Remarques
Etat initial le 08/10						8h25 : 2.40 m	compteur à 248.937 m3
Soufflage n°1 à 54 m, le 8/10 à 10h	14 bars (minimum du compresseur de 24 bars), pas de rotation	5 minutes	faible mais impossible à estimer	non mesurée		50.5 après 10' de remontée 48.9 après 40' de remontée 47.1 après 1h25' de remontée	L'eau jaillit pendant 20" puis crachin Rejet de l'eau dans la câle située en haut du forage (buse 1 m de diamètre et 0.8 m de hauteur)
Soufflage n°2 à 102 m, le 8/10 à 11h55	14 bars	60 minutes	faible mais impossible à estimer	11h55 Cond=459 T=16.9°C 12h05 Cond=512 T=16.3°C 12h15 Cond=515 T=16.0°C 12h20 Cond=522 T=16.3°C 12h25 Cond=526 T=16.4°C 12h45 Cond=532 T=16.6°C	Eau de couleur rouille, qqs grains de sable et dépôts noirs de schistes Briovérien	> 100 après 5' de remontée	L'eau jaillit pendant 20" puis crachin La câle sous le forage n'est pas remplie complètement
Soufflage n°3 à 192 m, le 8/10 à 14h15	20 bars	15 minutes	faible mais impossible à estimer	non mesurée	eau couleur rouille	> 100 après 2h de remontée	L'eau jaillit pendant 4' puis crachin
Soufflage n°4 à 192 m, le 8/10 à 16h30	20 bars	15 minutes	environ 200 L d'eau soit Q=0.8 m3/h	non mesurée	eau couleur rouille puis un peu plus claire	env. 160 avant soufflage > 100 après 2h de remontée	L'eau jaillit pendant 1' puis crachin
Soufflage n°5 à 192 m, le 8/10 à 18h45	20 bars	15 minutes	environ 280 L d'eau soit Q=1.12 m3/h	non mesurée	eau couleur rouille	> 100 après 2h de remontée	L'eau jaillit pendant 7' puis crachin
Etat initial le 09/10						8h15 : 69 m (soit 123m de remontée piézo en 13h)	
Soufflage n°6 à 192 m, le 9/10 à 8h15	20 bars	15 minutes	2 câles remplies d'eau, environ 960 L d'eau soit Q=3.84 m3/h	non mesurée	eau couleur rouille puis un peu plus claire	152.25 après 2h de remontée (environ 40m de remontée)	L'eau jaillit pendant 2' puis crachin Compteur 252.143 m3
Soufflage n°7 à 192 m, le 9/10 à 10h45	20 bars	15 minutes	environ 360 L d'eau soit Q=1.44 m3/h	10h46 Cond=480 T=15.9°C 10h59 Cond=458 T=17.5°C	Eau de couleur rouille, qqs grains de sable et dépôts noirs de schistes Briovérien	190.4 après 4' de remontée 157.55 après 2h de remontée (environ 34m de remontée)	L'eau jaillit pendant 3' puis crachin BM mesure régulièrement la remontée piézo (ttes les 1', pdt 1h puis ttes les 5' la 2nde h) Compteur 252.362 m3 (soit donc 3.425 m3 soufflés)

Tableau 4 : Tableau de suivi de l'opération d'air-lift.

	As (Arsenic)	B (Bore)	Ba (Baryum)	CNT (Cyanures totaux)	COT (Carbone organique total)	Cd (Cadmium)	Cl (Chlorures)	Co (Cobalt)	
	0,05 <i>µg/l</i>	0,5 <i>µg/l</i>	0,05 <i>µg/l</i>	0,01 mg/l	0,5 mg/l	0,01 <i>µg/l</i>	0,5 mg/l	0,05 <i>µg/l</i>	
REF ANALYSE	Unité								
10-1-139-A	CINERGY 12/10/2010 (11h40)	5,29	123	< LQ	26,2	0,38	98,4	1,5	
10-1-139-B	CINERGY PE 14/10/10 (17h20)	0,84	75,6	< LQ	9,3	0,05	144,5	0,26	
10-1-150-A	CINERGY CDB1 14/10/10 (15h40)	0,19	25,86	/	/	0,03	78,9	0,54	
	Cr (Chrome)	Cu (Cuivre)	Fe (Fer)	Hg (Mercure)	MES (Matières en suspension)	Mn (Manganèse)	NO3 (Nitrates exprimés en NO3)	Ni (Nickel)	
	0,1 <i>µg/l</i>	0,1 <i>µg/l</i>	0,02 mg/l	0,015 <i>µg/l</i>	2 mg/l	0,1 <i>µg/l</i>	0,5 mg/l	0,1 <i>µg/l</i>	
REF ANALYSE	Unité								
10-1-139-A	CINERGY 12/10/2010 (11h40)	17,9	115	< LQ	3296	43,62	1,2	10,29	
10-1-139-B	CINERGY PE 14/10/10 (17h20)	0,67	5,69	< LQ	1650	5,16	3,1	4,15	
10-1-150-A	CINERGY CDB1 14/10/10 (15h40)	< LQ	0,47	/	/	181	7,7	5,07	
	PTOT (Phosphore Total expr en P)	Pb (Plomb)	Se (Sélénium)	Zn (Zinc)	DCO	DBO5	Azote total Kjeldahl	AOX	Indice Hydrocarbures totaux
	0,05 mg/l	0,05 <i>µg/l</i>	0,1 <i>µg/l</i>	0,5 <i>µg/l</i>	30 mg/l	3 mg/l	0,5 mg/l	0,02 mg/l	0,1 mg/l
REF ANALYSE	Unité								
10-1-139-A	CINERGY 12/10/2010 (11h40)	< LQ	8,44	156	457	7	14,9	0,02	0,1
10-1-139-B	CINERGY PE 14/10/10 (17h20)	0,09	0,29	4,78	122	130	2,7	< LQ	0,3
10-1-150-A	CINERGY CDB1 14/10/10 (15h40)	/	< LQ	1360	/	/	/	/	/

Rappel des prélèvements :
12/10 11h40
14/10 17h20
14/10 15h40

En début de pompage : après 15 minutes de pompage (600 L ont été évacués durant la matinée)
Eau prélevée au milieu du bassin étanche (boue de foration, eau de pluie et eau du forage après 6h30 cumulés de pompage)
En fin des essais de pompage : après 3j de pompages (après 6h30 cumulés de pompage, et 2 m3 évacués)

Tableau 5 : *Tableau des analyses effectuées pour la Police de l'eau.*

Surlignées en bleu, des valeurs en augmentation en fin de pompage, indiquant possiblement leur origine souterraine et en rouge les valeurs significativement en baisse.

4. Conclusions et Perspectives

4.1. CONCLUSIONS

Le BRGM a organisé et procédé au suivi géologique et géotechnique du forage CDB1 prévu dans le cadre du projet CINERGY. Le chantier de forage s'est déroulé durant l'été 2010, de juillet à la mi-octobre. Les objectifs globaux (atteinte du socle, reconnaissance des aquifères potentiels et leur caractérisation par pompage d'essai et diagraphies) du forage ont été atteints, mais la réalité géologique, que l'on ne maîtrise pas entièrement et encore moins dans le cadre d'un projet d'exploration en bassin sédimentaire inconnu comme ce fut le cas ici, module la réussite de ces objectifs :

- Succès géologique : l'objectif majeur, de carotter la pile sédimentaire remplissant le bassin, ainsi qu'au moins les 100 premiers mètres du socle, est totalement atteint. Le taux de récupération des carottes est excellent (95 % en moyenne). L'organisation du traitement des carottes sur le chantier peut être considérée comme exemplaire. Un protocole d'échantillonnage spécifique a permis de garantir la pérennité des échantillons le temps du projet.
- Insuccès du captage d'aquifères productifs : l'absence d'aquifère de couverture, la technique de foration et l'hétérogénéité géologique du socle n'ont permis de capter que les eaux souterraines d'un socle très peu fracturé. Le forage a cependant permis d'affiner la connaissance des aquifères déjà captés pour l'AEP et d'en appréhender d'autres possibles.
- Succès géothermique : malgré la faible quantité d'eau, qui peut être considéré comme accessoire dans le cadre d'une valorisation géothermique (voir ci-dessous « perspectives »), la cote finale atteinte, 675 m sur les 700 visés, a permis d'atteindre une température de l'ordre de 30 °C, suffisante pour une valorisation en très basse énergie (chauffage collectif...) ; les données recueillies par diagraphie ou scan des carottes vont par ailleurs permettre de mieux appréhender la fracturation.
- Succès géochimique, géomicrobiologique : une moisson d'échantillons (plus de 500 prélevés sur chantier) dont une dizaine pour la géomicrobiologie, feront l'objet d'analyses poussées en laboratoire. Leur conditionnement garantit une préservation de leurs propriétés le temps du projet.
- Succès médiatique : avec plusieurs articles dans la presse locale et régionale, plusieurs reportages sur les télévisions locale et régionale également, le projet de forage CINERGY a largement fait parler de lui.

4.2. PERSPECTIVES

Les perspectives pour 2011 sont en premier lieu la valorisation géologique, avec un stage de Master 2 sur l'étude détaillée du remplissage tertiaire du bassin, un modèle géologique 3D simple du bassin, qui servira d'armature à un modèle géothermique préliminaire. La valorisation hydrogéologique ne sera pas en reste avec un pompage

d'essai de longue durée en partenariat avec l'université de Rennes 1, l'objectif étant la caractérisation des eaux du socle, leur qualité et leur âge. Une demande de financement régional pour une thèse sur la fracturation est en cours de montage. Ces travaux viendraient renforcer les valorisations applicatives du projet, la fracturation des roches étant le principal siège des aquifères bretons. Enfin, pour le moment à l'état de projet, une valorisation géothermique plus poussée du forage (sondes « sèches »), actuellement à l'étude par le département Géothermie du BRGM.

5. Bibliographie

Andreieff P. & Lefort J.-P. (1972) - Contribution à l'étude stratigraphique des terrains secondaires et tertiaires affleurant en Manche occidentale. *In* : Colloque sur la géologie de la Manche. *Mém. BRGM*, 79, p. 49-56.

Bauer H., Wyns, R., Leclercq M., Palvadeau E. & Guillocheau F. (2010) - CINERGY : un forage profond dans le bassin de Rennes. *Bull. inf. Géol. Bass. Paris*, 47, n° 4, p. 3-6.

Bollo R. et al. (1958) - Sur quelques anomalies gravimétriques en Bretagne. *C.R.A.S.*, 246 n° 4, p. 624-626.

Borne V. (1978) - Étude d'un sondage profond dans le bassin tertiaire de Saffré (Loire-Atlantique). Sédimentologie, biostratigraphie, paléoécologie. Mémoire de DEA, Université de Nantes, 47 p.

Borne V. (1986) - Le Paléogène du bassin de Challans-Noirmoutier (France). Thèse de 3^e cycle, Univ. Nantes, 271 p.

Borne V. (coord.) (1989) - Le Tertiaire du Massif Armoricaire. *Géol. de la France*, n°1-2, 311 p.

Borne V. et al. (1991) - L'évolution des paléoenvironnements au Paléogène dans l'Ouest de la France. Le bassin de Saffré-Nord-sur-Erdre (Loire-Atlantique, France). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 162, n° 4, p. 739-751.

Brabant P. (1965) - Contribution à l'étude sédimentologique des formations sableuses aux environs de Ballots et La Guerche. D.E.S. Sc. nat., univ. Rennes.

Carn-Dheilly A. & Thomas E. (2008) - RAPSODI, Recherche d'Aquifères Profonds dans le SOcle du Département d'Ille-et-Vilaine. Rapport final BRGM/RP-56749-FR, 166 p.

Cluseau R. (1958) - Étude par sondages électriques, résistivité et magnétisme des anomalies gravimétriques légères en Bretagne. Travaux du BRGM, A1311 (11).

Delage M. (1879) - Étude du calcaire de Lormandière. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e série t. VII, p. 426-445.

Durand S. (1960) - Le Tertiaire de Bretagne. Étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. Thèse d'Etat, *Mém. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, 12, 389 p.

Durand S., Estéoule-Choux J., Ollivier-Pierre M.F., Rey R. (1973) - Découverte d'Oligocène reposant sur du Cénomane dans un quartier sud de la ville de Laval (Mayenne). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 276, n° 5.

Estéoule-Choux J. (1967) - Contribution à l'étude des argiles du Massif Armoricaïn. Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires. 1^{re} thèse, Univ. Rennes, 319 p.

Fauconnier D. (2004) - Étude palynologique de 8 échantillons en provenance de la feuille à 1/50.000 de Mayenne. Rapp. interne BRGM n° EPI/ENV/2004 n° 535.

Hervé J.-Y & Palvadeau E. (2011) - CINERGY, forage CDB1, rapport d'exécution. Rapport BRGM/RP-59523-FR.

Jaeger J.-L. & Corpel J. (1967) - Étude de l'anomalie gravimétrique légère en relation avec le bassin tertiaire de Rennes. *In* : Contribution de la carte gravimétrique à la géologie du Massif Armoricaïn. *Mém. BRGM* n° 52, p. 103-128.

Jaeger J.-L. (1959) - Étude de l'anomalie gravimétrique légère située au Sud-Ouest de Rennes (Ille-et-Vilaine). Rapport BRGM, inédit.

Jaeger J.-L. (1967) - Un alignement d'anomalies légères coïncidant avec les bassins tertiaires en Bretagne. *In* : Contribution de la carte gravimétrique à la géologie du Massif Armoricaïn. *Mém. BRGM* n° 52, p. 91-102.

Lebesconte P. (1879) - Note stratigraphique sur bassin tertiaire des environs de Rennes (I. & V.). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3^e série t. VII, p. 451-464.

Ollivier-Pierre M.-F. (1980) - Étude palynologique (spores et pollens) de gisements paléogènes du Massif Armoricaïn. Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, 25, 239 p.

Ollivier-Pierre M.-F., Maupin C., Esteoule-Choux J. & Sittler C. (1993) - Transgression et paléoenvironnement à l'Oligocène en Bretagne (France). Sédimentologie, micropaléontologie, palynologie et palynofaciès du Rupélien du Bassin de Rennes. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 103, p. 223-250.

Talbo H. (1981) - Note sur les possibilités d'utilisation à des fins énergétiques (pompe à chaleur eau-eau) de l'exhaure de l'ancienne mine de Pont-Péan. Note interne, BRGM, 3 p.

Vasseur G. (1881) - Terrains tertiaires de la France occidentale. Masson, Paris, 432 p.

Wyns R. (1991) - Évolution tectonique du bâti armoricaïn oriental au Cénozoïque d'après l'analyse des paléosurfaces continentales et des formations géologiques associées. *Géologie de la France*, 3, p. 11-42.

Wyns R., Bitri A. & Guillocheau F. (2002) - Le fond du graben de Rennes préserve-t-il un témoin de l'ancienne couverture mésozoïque du Massif Armoricaïn détruite au Tertiaire ? *Résumé des Réunions des Sciences de la Terre*, Nantes 2002.

Wyns R., Quesnel F., Simon-Coinçon R., Guillocheau F. & Lacquement F. (2003) - Major weathering in France related to lithospheric deformation. *Géologie de la France*, 1, p. 79-87.

Cartes géologique et notices afférentes :

Trautmann F. (1994) - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille de Janzé (353). Orléans : BRGM. Notice explicative par Trautmann F., Becq-Giraudon J.-F. & Carn A. (1994), 74 p.

Trautmann F. & Paris F. (2000) - Carte géologique de la France (1/50 000), feuille de Rennes (317). Orléans : BRGM. Notice explicative par Trautmann F., Paris F. & Carn A. (2000), 85 p.

Annexe 1

Tableau des taux de récupération des carottes

En parallèle de COFOR, les équipes du BRGM procédaient à une mesure contradictoire du taux de récupération des carottes, indicateur crucial de la qualité du travail demandé au maître d'œuvre. La différence de mesure est généralement peu significative, et le taux global de récupération supérieur à 95 %.

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM-COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
1	66,00	67,00	1,00	1,00	100%	1,00	100%	0,00	
2	67,00	67,95	0,95	0,95	100%	0,95	100%	0,00	Première carotte en trois fois (3 carottes = 100 %)
3	67,95	69,05	1,10	1,10	100%	1,10	100%	0,00	
4	69,05	72,05	3,00	3,00	100%	2,94	98%	-0,06	Calée sur la cote finale 72,05 - cote revue à 72,00 m géol
5	72,05	75,05	3,00	3,00	100%	3,10	103%	0,10	Cote fin géol = 75,10 m
6	75,05	79,50	4,45	4,30	97%	4,30	97%	0,00	
7	79,50	82,65	3,15	3,15	100%	3,10	98%	-0,05	
8	82,65	85,80	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
9	85,80	88,95	3,15	2,40	76%	2,40	76%	0,00	Surforée, trou alésé artificiellement
10	88,95	89,15	0,20	0,20	100%	0,25	125%	0,05	
11	89,15	92,30	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
12	92,30	92,55	0,25	0,25	100%	0,18	72%	-0,07	Fin 92,48
13	92,55	95,55	3,00	3,00	100%	3,07	102%	0,07	On rattrape le précédent
14	95,55	98,65	3,10	3,10	100%	3,16	102%	0,06	
15	98,65	101,85	3,20	3,20	100%	3,20	100%	0,00	
16	101,85	105,00	3,15	3,15	100%	3,24	103%	0,09	Plus 9 cm
17	105,00	105,25	0,25	0,25	100%	0,18	72%	-0,07	Moins 7 cm – Différence de 16 à 17 = + 2cm
18	105,25	108,25	3,00	3,00	100%	3,01	100%	0,01	
19	108,25	111,25	3,00	3,00	100%	3,20	107%	0,20	
20	111,25	114,25	3,00	3,00	100%	2,96	99%	-0,04	
21	114,25	117,25	3,00	3,00	100%	3,23	108%	0,23	
22	117,25	120,25	3,00	3,00	100%	3,00	100%	0,00	
23	120,25	123,00	2,75	2,75	100%	2,75	100%	0,00	
24	123,00	125,50	2,50	2,50	100%	2,55	102%	0,05	+ 5 cm par rapport au sondeur
25	125,50	126,25	0,75	0,75	100%	0,75	100%	0,00	idem
26	126,25	128,50	2,25	2,25	100%	2,35	104%	0,10	+ 10 cm / au sondeur soit + 15 cm en tout cote 128,65
27	128,50	131,70	3,20	3,20	100%	3,13	98%	-0,07	Cote 131,78
28	131,70	134,50	2,80	2,80	100%	2,80	100%	0,00	
29	134,50	137,70	3,20	3,20	100%	3,19	100%	-0,01	Cassée : longueur mesurée différente de cote sondeur qui sera prise pour réf

Rapport de fin de sondage

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM- COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
30	137,70	140,85	3,15	3,15	100%	3,19	101%	0,04	Idem ; Record du forage le plus profond dans le bassin de Rennes
31	140,85	144,05	3,20	3,20	100%	3,13	98%	-0,07	
32	144,05	146,95	2,90	2,90	100%	2,97	102%	0,07	
33	146,95	150,15	3,20	3,20	100%	3,15	98%	-0,05	
34	150,15	151,90	1,75	1,75	100%	1,73	99%	-0,02	
35	151,90	154,20	2,30	2,30	100%	2,40	104%	0,10	
36	154,20	157,35	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
37	157,35	160,50	3,15	3,15	100%	3,20	102%	0,05	
38	160,50	163,65	3,15	3,15	100%	3,19	101%	0,04	
39	163,65	164,50	0,85	0,85	100%	0,79	93%	-0,06	Bouchon argileux de 6cm en pied de passe
40	164,50	165,15	0,65	0,65	100%	0,67	103%	0,02	
41	165,15	167,60	2,45	2,45	100%	2,45	100%	0,00	Très abimée bouillasse
42	167,60	169,30	1,70	1,70	100%	1,70	100%	0,00	Très abimée, très démantelée
43	169,30	172,45	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
44	172,45	175,60	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
45	175,60	177,95	2,35	2,35	100%	2,33	99%	-0,02	
46	177,95	180,25	2,30	2,30	100%	2,40	104%	0,10	Côte fin de passe 180,35 et non 180,25
47	180,25	181,55	1,30	1,30	100%	1,00	77%	-0,30	Manque 20 cm en pied
48	181,55	184,55	3,00	3,00	100%	3,20	107%	0,20	Tête de carotte à 181,35 ; on rattrape la partie manquante de la précédente
49	184,55	185,55	1,00	1,00	100%	0,95	95%	-0,05	
50	185,55	188,65	3,10	3,10	100%	3,18	103%	0,08	
51	188,65	191,80	3,15	3,15	100%	3,18	101%	0,03	
52	191,80	194,95	3,15	3,15	100%	3,17	101%	0,02	
53	194,95	198,10	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
54	198,10	199,50	1,40	1,40	100%	1,40	100%	0,00	
55	199,50	202,65	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
56	202,65	205,80	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
57	205,80	208,95	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
58	208,95	212,10	3,15	3,15	100%	3,20	102%	0,05	
59	212,10	213,60	1,50	1,50	100%	1,45	97%	-0,05	
60	213,60	216,25	2,65	2,65	100%	2,67	101%	0,02	
61	216,25	219,25	3,00	3,00	100%	3,09	103%	0,09	
62	219,25	222,00	2,75	2,75	100%	2,59	94%	-0,16	Bouchon de 60 cm en tête de carotte - carotte cassée en torsade

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM- COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
63	222,00	225,10	3,10	3,10	100%	2,85	92%	-0,25	Bouchon de 35 cm en tête = détruit brèche
64	225,10	227,95	2,85	2,85	100%	2,25	79%	-0,60	90 cm de brèche noire = bouchon en tête ; 1.01 m non récup sur 9.70 soit 90% récup
65	227,95	231,10	3,15	3,15	100%	3,20	102%	0,05	
66	231,10	234,25	3,15	3,15	100%	3,20	102%	0,05	
67	234,25	237,25	3,00	3,00	100%	3,02	101%	0,02	
68	237,25	240,25	3,00	3,00	100%	2,96	99%	-0,04	
69	240,25	243,25	3,00	3,00	100%	3,03	101%	0,03	
70	243,25	246,25	3,00	3,00	100%	3,13	104%	0,13	
71	246,25	249,25	3,00	3,00	100%	3,00	100%	0,00	
72	249,25	252,10	2,85	2,85	100%	2,86	100%	0,01	
73	252,10	253,75	1,65	1,65	100%	1,62	98%	-0,03	
74	253,75	256,90	3,15	3,15	100%	3,18	101%	0,03	
75	256,90	260,05	3,15	3,15	100%	3,16	100%	0,01	
76	260,05	263,20	3,15	3,15	100%	3,18	101%	0,03	
77	263,20	266,35	3,15	3,15	100%	3,20	102%	0,05	
78	266,35	267,90	1,55	1,55	100%	1,54	99%	-0,01	
79	267,90	270,25	2,35	2,35	100%	2,46	105%	0,11	
80	270,25	273,25	3,00	3,00	100%	3,04	101%	0,04	
81	273,25	274,85	1,60	1,60	100%	1,60	100%	0,00	
82	274,85	278,00	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0,00	
83	278,00	279,75	1,75	1,75	100%	1,80	103%	0,05	
84	279,75	280,15	0,40	0,40	100%	0,37	93%	-0,03	
85	280,15	281,00	0,85	0,85	100%	0,85	100%	0,00	
86	281,00	281,85	0,85	0,85	100%	0,85	100%	0,00	
87	281,85	282,35	0,50	0,50	100%	0,50	100%	0,00	
88	282,35	285,25	2,90	2,90	100%	2,93	101%	0,03	
89	285,25	285,70	0,45	0,45	100%	0,45	100%	0,00	
90	285,70	288,25	2,55	2,55	100%	2,68	105%	0,13	
91	288,25	291,25	3,00	3,00	100%	3,05	102%	0,05	
92	291,25	294,25	3,00	3,00	100%	3,01	100%	0,01	
93	294,25	297,25	3,00	3,00	100%	3,00	100%	0,00	
94	297,25	300,25	3,00	2,45	82%	2,40	80%	-0,05	55 cm de perte
95	300,25	303,25	3,00	3,00	100%	2,93	98%	-0,07	

Rapport de fin de sondage

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM-COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
96	303,25	306,25	3,00	3,00	100%	3,02	101%	0,02	
97	306,25	309,25	3,00	3,00	100%	2,95	98%	-0,05	
98	309,25	311,40	2,15	1,75	81%	1,73	80%	-0,02	40 cm de perte
99	311,40	314,00	2,60	2,60	100%	2,65	102%	0,05	
100	314,00	317,15	3,15	3,15	100%	2,06	65%	-1,09	Attention, carotte tronçonnée, pb de récup (4 tentative pour la récupérer), argile reforée 71% de récup sur les 3 passes, manquent 90 cm
101	317,15	317,35	0,20	0,20	100%	0,22	110%	0,02	
102	317,35	317,85	0,50	0,50	100%	0,47	94%	-0,03	
103	317,85	318,75	0,90	0,90	100%	0,95	106%	0,05	Carotte cuite !! ==> Inexploitable, à ne pas comptabiliser
104	318,75	321,25	2,50	2,50	100%	2,35	94%	-0,15	
105	321,25	322,40	1,15	1,15	100%	1,20	104%	0,05	
106	322,40	322,80	0,40	0,40	100%	0,15	37%	-0,25	Carotte broyée
107	322,80	323,30	0,50	0,50	100%	0,50	100%	0,00	
108	323,30	326,45	3,15	3,15	100%	3,06	97%	-0,09	
109	326,45	329,60	3,15	3,15	100%	3,16	100%	0,01	
110	329,60	332,75	3,15	3,15	100%	3,06	97%	-0,09	
111	332,75	333,25	0,50	0,50	100%	0,50	100%	0	
112	333,25	335,90	2,65	2,15	81%	2,12	80%	-0,03	Manquent 0.50 cm en pied
113	335,90	338,40	2,50	2,50	100%	2,57	103%	0,07	
114	338,40	341,55	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0	
115	341,55	344,70	3,15	1,60	51%	1,08	34%	-0,52	Manque moitié de la carotte et 50 cm sont en bouillie (réalésage)
116	344,70	347,85	3,15	3,15	100%	3,12	99%	-0,03	
117	347,85	349,70	1,85	1,85	100%	1,75	95%	-0,1	
118	349,70	350,85	1,15	0,00	0%	0,00	0%	0	Taquet "C 1.15 ; R 0.00" : perte totale ; carotte mangée en récupérant
119	350,85	354,00	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0	
120	354,00	357,15	3,15	3,15	100%	3,12	99%	-0,03	
121	357,15	360,20	3,05	3,05	100%	3,02	99%	-0,03	
122	360,20	362,90	2,70	2,40	89%	2,25	83%	-0,15	Perte 30 cm (45 cm mesure BRGM)
123	362,90	363,75	0,85	0,85	100%	0,87	102%	0,02	
124	363,75	364,65	0,90	0,90	100%	0,91	101%	0,01	
125	364,65	367,75	3,10	3,10	100%	2,71	87%	-0,39	Les derniers décimètres sont broyés / surforés
126	367,75	369,25	1,50	1,50	100%	1,50	100%	0	
127	369,25	372,05	2,80	2,80	100%	2,80	100%	0	
128	372,05	375,20	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0	

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM- COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
129	375,20	378,15	2,95	2,95	100%	2,81	95%	-0,14	
130	378,15	381,25	3,10	1,20	39%	1,15	37%	-0,05	Passage sableux entre 378,15 et 380,05 : pas de récup
131	381,25	384,25	3,00	3,00	100%	3,00	100%	0	
132	384,25	386,00	1,75	1,75	100%	1,75	100%	0	Dernière carotte première phase de carottage
133	386,00	387,25	1,25	1,15	92%	1,11	89%	-0,04	
134	387,25	390,25	3,00	3,00	100%	3,07	102%	0,07	
135	390,25	393,25	3,00	2,60	87%	2,62	87%	0,02	Mauvais état de la carotte au centre (390.65-391.30)
136	393,25	395,25	2,00	1,94	97%	1,89	95%	-0,05	
137	395,25	397,85	2,60	2,60	100%	2,60	100%	0	
138	397,85	398,85	1,00	0,55	55%	0,50	50%	-0,05	Carotte en très mauvais état = mélange boue & terrains
139	398,85	402,00	3,15	3,15	100%	?	?	?	Carotte totalement morcelée, éclatée : longueur non mesurable
140	402,00	405,10	3,10	3,10	100%	3,10	100%	0	
141	405,10	406,80	1,70	1,25	74%	0,95	56%	-0,3	Mesure à 1.35, mais 0.40 bouchon en tête => mesure ramenée à 0.95m
142	406,80	408,70	1,90	1,90	100%	1,90	100%	0	
143	408,70	409,60	0,90	0,90	100%	0,90	100%	0	
144	409,60	411,55	1,95	1,95	100%	1,95	100%	0	
145	411,55	413,60	2,05	2,05	100%	2,05	100%	0	
146	413,60	415,75	2,15	2,15	100%	2,15	100%	0	
147	415,75	416,50	0,75	0,75	100%	0,75	100%	0	
148	416,50	418,75	2,25	2,25	100%	2,25	100%	0	
149	418,75	420,85	2,10	2,10	100%	2,10	100%	0	
150	420,85	422,40	1,55	1,55	100%	1,55	100%	0	
151	422,40	424,25	1,85	1,85	100%	?	?	?	Carotte totalement morcelée, éclatée : longueur non mesurable
152	424,25	425,80	1,55	1,55	100%	?	?	?	Carotte totalement morcelée, éclatée : longueur non mesurable
153	425,80	427,20	1,40	1,40	100%	1,35	96%	-0,05	Carotte morcelée, éclatée
154	427,20	429,15	1,95	1,95	100%	1,95	100%	0	Carotte morcelée, éclatée
155	429,15	430,75	1,60	1,55	97%	1,55	97%	0	Carotte morcelée, éclatée
156	430,75	432,35	1,60	1,60	100%	1,60	100%	0	
157	432,35	433,25	0,90	0,90	100%	0,90	100%	0	
158	433,25	435,00	1,75	1,75	100%	1,75	100%	0	
159	435,00	436,00	1,00	1,00	100%	1,00	100%	0	
160	436,00	436,85	0,85	0,85	100%	0,85	100%	0	
161	436,85	438,35	1,50	1,50	100%	1,50	100%	0	

Rapport de fin de sondage

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM-COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
162	438,35	439,70	1,35	1,35	100%	1,35	100%	0	
163	439,70	440,90	1,20	1,20	100%	1,20	100%	0	
164	440,90	442,30	1,40	1,40	100%	1,40	100%	0	Carotte totalement morcelée, éclatée
165	442,30	443,90	1,60	1,60	100%	1,60	100%	0	
166	443,90	447,05	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0	
167	447,05	448,80	1,75	1,75	100%	1,50	86%	-0,25	Surévaluation des morceaux en pied
168	448,80	451,95	3,15	3,15	100%	3,15	100%	0	
169	451,95	454,65	2,70	2,70	100%	2,70	100%	0	
170	454,65	457,05	2,40	2,40	100%	2,40	100%	0	
171	457,05	460,20	3,15	3,15	100%	3,39	108%	0,24	Rattrape sans doute le trop plein des passes précédentes
172	460,20	462,90	2,70	2,70	100%	2,70	100%	0	
173	462,90	464,45	1,55	1,50	97%	1,60	103%	0,1	
174	464,45	465,10	0,65	0,65	100%	0,65	100%	0	
175	466,00	467,30	1,30	1,10	85%	0,90	69%	-0,2	Pas de carotte de 465.10 à 466.00 20 cm de bouchon => reprise à 466,40
176	467,30	468,05	0,75	0,00	0%	0,00	0%	0	PAS DE RECUP DE CAROTTE
177	468,05	468,25	0,20	0,20	100%	0,15	75%	-0,05	
178	468,25	469,20	0,95	0,95	100%	1,00	105%	0,05	
179	469,20	471,25	2,05	2,05	100%	2,05	100%	0	
180	471,25	473,05	1,80	1,60	89%	1,70	94%	0,1	
181	473,05	475,55	2,50	2,50	100%	2,50	100%	0	
182	475,55	478,65	3,10	3,10	100%	3,13	101%	0,03	
183	478,65	480,25	1,60	1,60	100%	1,60	100%	0	
184	480,25	481,90	1,65	1,65	100%	1,65	100%	0	
185	481,90	483,85	1,95	1,95	100%	1,95	100%	0	
186	483,85	485,85	2,00	2,00	100%	2,10	105%	0,1	
187	485,85	487,90	2,05	2,05	100%	2,25	110%	0,2	
188	487,90	490,65	2,75	2,75	100%	2,75	100%	0	
189	490,65	493,70	3,05	3,05	100%	3,05	100%	0	
190	493,70	496,80	3,10	3,10	100%	3,10	100%	0	
191	496,80	499,90	3,10	3,10	100%	3,10	100%	0	
192	499,90	503,00	3,10	3,10	100%	3,10	100%	0	
193	503,00	506,03	3,03	2,95	97%	3,03	100%	0,08	Taquet fourni indiqué "505.95", modifié en 506.03
194	506,03	509,05	3,02	3,10	103%	3,00	99%	-0,1	

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM- COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
195	509,05	512,20	3,15	3,15	100%	3,10	98%	-0,05	
196	512,20	515,25	3,05	3,05	100%	3,05	100%	0	
197	515,25	516,85	1,60	1,60	100%	1,60	100%	0	
198	516,85	518,70	1,85	1,85	100%	1,85	100%	0	
199	518,70	520,00	1,30	1,30	100%	1,30	100%	0	
200	520,00	520,65	0,65	0,65	100%	0,65	100%	0	
201	520,65	522,25	1,60	1,60	100%	1,70	106%	0,1	
202	522,25	523,35	1,10	1,10	100%	1,20	109%	0,1	
203	523,35	524,70	1,35	1,35	100%	1,45	107%	0,1	
204	524,70	527,15	2,45	2,45	100%	2,80	114%	0,35	
205	527,15	528,40	1,25	1,25	100%	1,30	104%	0,05	
206	528,40	530,75	2,35	2,35	100%	2,60	111%	0,25	
207	530,75	532,90	2,15	2,15	100%	2,30	107%	0,15	
208	532,90	534,25	1,35	1,35	100%	1,40	104%	0,05	
209	534,25	536,25	2,00	2,00	100%	2,10	105%	0,1	
210	536,25	539,30	3,05	3,05	100%	3,10	102%	0,05	
211	539,30	542,25	2,95	2,95	100%	3,00	102%	0,05	
212	542,25	544,45	2,20	2,20	100%	2,30	105%	0,1	
213	544,45	547,50	3,05	3,05	100%	3,10	102%	0,05	
214	547,50	550,60	3,10	3,10	100%	3,10	100%	0	
215	550,60	553,65	3,05	3,05	100%	3,05	100%	0	
216	553,65	556,75	3,10	3,10	100%	3,15	102%	0,05	
217	556,75	559,25	2,50	2,50	100%	2,50	100%	0	
218	559,25	561,00	1,75	1,75	100%	1,80	103%	0,05	
219	561,00	563,75	2,75	2,75	100%	2,80	102%	0,05	
220	563,75	565,30	1,55	1,55	100%	1,75	113%	0,2	
221	565,30	567,50	2,20	2,20	100%	2,40	109%	0,2	
222	567,50	569,00	1,50	1,50	100%	1,50	100%	0	
223	569,00	570,40	1,40	1,40	100%	1,50	107%	0,1	
224	570,40	572,20	1,80	1,80	100%	1,80	100%	0	Carotte cassée
225	572,20	573,45	1,25	1,25	100%	1,25	100%	0	Carotte cassée
226	573,45	574,90	1,45	1,45	100%	1,45	100%	0	Carotte cassée
227	574,90	576,60	1,70	1,70	100%	1,70	100%	0	Carotte cassée

Rapport de fin de sondage

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM-COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
228	576,60	578,05	1,45	1,45	100%	1,45	100%	0	Carotte cassée
229	578,05	580,05	2,00	2,00	100%	2,00	100%	0	Carotte cassée
230	580,05	581,20	1,15	1,15	100%	1,10	96%	-0,05	Carotte cassée
231	581,20	582,40	1,20	1,20	100%	?	?	?	Carotte cassée
232	582,40	584,40	2,00	2,00	100%	?	?	?	Carotte cassée
233	584,40	587,00	2,60	2,60	100%	?	?	?	Carotte cassée
234	587,00	588,85	1,85	1,85	100%	1,85	100%	0	Carotte cassée
235	588,85	591,00	2,15	2,15	100%	2,15	100%	0	
236	591,00	592,80	1,80	1,80	100%	1,90	106%	0,1	
237	592,80	594,00	1,20	1,20	100%	1,10	92%	-0,1	
238	594,00	595,60	1,60	1,60	100%	?	?	?	Carotte cassée
239	595,60	597,05	1,45	1,45	100%	1,30	90%	-0,15	Carotte cassée
240	597,05	598,60	1,55	1,55	100%	?	?	?	Carotte cassée
241	598,60	600,25	1,65	1,65	100%	1,65	100%	0	Carotte cassée
242	600,25	600,45	0,20	0,20	100%	0,35	175%	0,15	Carotte cassée
243	600,45	601,45	1,00	1,00	100%	1,10	110%	0,1	Carotte cassée
244	601,45	602,90	1,45	1,45	100%	1,50	103%	0,05	Carotte cassée
245	602,90	604,05	1,15	1,15	100%	1,25	109%	0,1	Carotte cassée
246	604,05	605,75	1,70	1,70	100%	1,70	100%	0	Carotte cassée
247	605,75	606,80	1,05	1,05	100%	1,15	110%	0,1	Carotte cassée, totalement explosée par endroit
248	606,80	608,35	1,55	1,55	100%	1,64	106%	0,09	Carotte cassée
249	608,35	609,90	1,55	1,55	100%	1,55	100%	0	Carotte cassée
250	609,90	611,15	1,25	1,25	100%	1,45	116%	0,2	Carotte cassée
251	611,15	613,65	2,50	2,50	100%	2,50	100%	0	Carotte cassée
252	613,65	615,10	1,45	1,45	100%	1,45	100%	0	Carotte cassée
253	615,10	616,85	1,75	1,75	100%	1,70	97%	-0,05	Carotte cassée
254	616,85	618,20	1,35	1,35	100%	1,50	111%	0,15	Carotte cassée
255	618,20	621,00	2,80	2,80	100%	2,75	98%	-0,05	Carotte cassée
256	621,00	623,45	2,45	2,45	100%	2,55	104%	0,1	Carotte cassée
257	623,45	625,85	2,40	2,40	100%	2,62	109%	0,22	Carotte cassée
258	625,85	627,15	1,30	1,30	100%	1,40	108%	0,1	Carotte complètement explosée
259	627,15	629,85	2,70	2,70	100%	2,80	104%	0,1	Carotte très fracturée
260	629,85	631,50	1,65	1,65	100%	1,65	100%	0	Carotte cassée

Numéro passe	Cote Tête (m)	Cote Pied (m)	Carotté (m)	Estimations Sondeurs		Estimations BRGM - carotte		BRGM-COFOR m	Commentaires
				Long. (m)	Tx Récup (%)	Long. (m)	Tx Récup (%)		
261	631,50	632,60	1,10	1,10	100%	1,05	95%	-0,05	Carotte cassée et explosée par endroits
262	632,60	634,45	1,85	1,85	100%	1,75	95%	-0,1	Carotte cassée
263	634,45	635,50	1,05	1,05	100%	1,05	100%	0	Carotte cassée
264	635,50	636,65	1,15	1,15	100%	1,05	91%	-0,1	Carotte cassée
265	636,65	637,45	0,80	0,80	100%	0,80	100%	0	Carotte cassée
266	637,45	638,60	1,15	1,15	100%	1,15	100%	0	Carotte cassée
267	638,60	640,40	1,80	1,80	100%	1,90	106%	0,1	Carotte cassée
268	640,40	642,60	2,20	2,20	100%	2,30	105%	0,1	Carotte cassée
269	642,60	644,80	2,20	2,20	100%	2,20	100%	0	Carotte cassée
270	644,80	645,95	1,15	1,15	100%	1,20	104%	0,05	Carotte cassée
271	645,95	647,45	1,50	1,50	100%	1,40	93%	-0,1	
272	647,45	648,80	1,35	1,35	100%	1,50	111%	0,15	Carotte cassée
273	648,80	650,75	1,95	1,95	100%	1,93	99%	-0,02	
274	650,75	652,00	1,25	1,25	100%	?	?	?	
275	652,00	654,40	2,40	2,40	100%	2,35	98%	-0,05	
276	654,40	655,65	1,25	1,25	100%	?	?	?	Carotte cassée
277	655,65	657,40	1,75	1,75	100%	?	?	?	Carotte complètement explosée
278	657,40	658,50	1,10	1,10	100%	1,10	100%	0	Carotte cassée
279	658,50	660,00	1,50	1,50	100%	1,50	100%	0	
280	660,00	661,35	1,35	1,30	96%	1,30	96%	0	
281	661,35	662,90	1,55	1,55	100%	1,70	110%	0,15	Carotte cassée, peut être récup des 5 cm de la précédente
282	662,90	664,55	1,65	1,65	100%	1,65	100%	0	
283	664,55	665,95	1,40	1,40	100%	1,30	93%	-0,1	
284	665,95	668,10	2,15	2,15	100%	2,15	100%	0	
285	668,10	669,75	1,65	1,65	100%	1,65	100%	0	Carotte explosée
286	669,75	671,35	1,60	1,60	100%	1,60	100%	0	
287	671,35	672,70	1,35	1,35	100%	1,35	100%	0	
288	672,70	674,00	1,30	1,30	100%	1,30	100%	0	Carotte explosée
289	674,00	675,05	1,05	1,05	100%	1,05	100%	0	Carotte cassée
290	675,05	675,85	0,80	0,00	0%	0,00	0%	0	Dernier morceau resté au fond (15/09/10)

Annexe 2

Tableau des génératrices

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
1	66,81	69,05	2,24	-	Pas de génératrice sur la première carotte - sur le 81 premier cm de la carotte 2
2	69,05	76,00	6,95	-	
3	77,15	79,50	2,35	-	Zone argileuse plastique = pas de génératrice entre 76,00 et 77,15
4	79,50	82,65	3,15	-	
5	82,65	85,00	2,35	-	
6	85,00	85,80	0,80	-	
7	85,80	87,65	1,85	-	
8	87,65	89,15	1,50	-	Génératrice difficile à tracer
9	89,15	92,00	2,85	-	
10	92,00	92,48	0,48	-	
11	92,48	95,55	3,07	-	
12	95,55	95,80	0,25	-	
13	95,89	96,15	0,26	-	
14	96,15	98,60	2,45	-	
15	98,60	98,71	0,11	-	ATTENTION 98,71 : Correspond à la fin de la passe 14 (98,65) remesurée à + 6 cm
16	99,31	101,75	2,44	-	de 98,71 à 99,31 pas de génératrice
17	101,75	102,05	0,30	-	
18	102,05	103,97	1,92	-	
19	103,97	104,56	0,59	-	
20	104,56	105,25	0,69	-	Génératrice fictive : bouts surforés pseudo-raboué - passe au DMT
21	106,52	108,25	1,73	-	Pas de génératrice entre 105,25 et 106,52 : début en tronçon
22	108,75	111,25	2,50	-	Pas de génératrice entre 108,25 et 108,75 : tournée / écrasée
23	111,25	114,25	3,00	-	
24	114,74	117,25	2,51	-	Pas de génératrice entre 114,25 et 114,74
25	117,30	120,00	2,70	-	Pas de génératrice entre 117,25 et 117,30
26	120,11	122,05	1,94	-	Pas de génératrice entre 122,95 et 123,00
27	123,00	124,91	1,91	-	" 124,91 et 125,55
28	125,55	128,50	2,95	-	" 128,50 et 128,65
29	128,65	131,40	2,75	-	" 131,40 et 131,52
30	131,52	133,55	2,03	-	" 133,55 et 134,60
31	139,19	144,85	5,66	-	
32	141,80	143,34	1,54	-	
33	144,48	146,95	2,47	-	

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
34	146,95	148,05	1,10	-	
35	148,05	149,17	1,12	-	
36	149,17	150,15	0,98	-	
37	150,15	151,90	1,75	-	
38	151,90	154,20	2,30	-	
39	154,67	157,35	2,68	-	" 154.20 et 154.67
40	157,35	160,50	3,15	-	
41	160,50	161,38	0,88	-	
42	161,38	164,50	3,12	-	
43	164,50	166,45	1,95	-	" 166.45 et 167.00
44	167,00	167,60	0,60	-	
45	167,60	168,40	0,80	-	Fausse génératrice : pente orientation
46	168,40	169,14	0,74	-	
47	169,30	172,40	3,10	-	PAS DE GENERATRICE ENTRE 169.14 et 169.30
48	172,40	174,85	2,45	-	Génératrice fictive
49	174,85	179,72	4,87	-	
50	179,72	180,35	0,63	-	
51	180,35	181,35	1,00	-	
52	182,20	184,30	2,10	-	PAS DE GENERATRICE DE 181.35 et 182.20 : pas de DMT sur cette génératrice
53	184,55	185,07	0,52	-	" 184.30 et 184.55
54	185,68	188,65	2,97	-	" 185.07 et 185.68
55	188,65	191,20	2,55	-	
56	191,80	194,95	3,15	-	
57	194,95	198,10	3,15	-	
58	198,10	199,50	1,40	-	
59	199,50	202,63	3,13	-	
60	202,65	205,78	3,13	-	" 202.63 et 202.65 ET DE 205.78 et 205.80
61	206,00	208,26	2,26	-	" 205.80 et 206.00 NIVEAU DE CHARBON EFFRITE
62	208,27	208,93	0,66	-	PAS DE GENERATRICE DE 208.93 A 208.95
63	208,95	213,56	4,61	-	PAS DE GENERATRICE DE 213.56 A 213.60
64	213,60	216,25	2,65	-	
65	216,43	219,20	2,77	-	PAS DE GENERATRICE DE 216.25 A 216.43
66	219,20	221,87	2,67	-	

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
67	222,00	224,65	2,65	-	PAS DE GENERATRICE DE 221.87 A 222.00 ET DE 224.65 ET 225.10
68	225,10	227,20	2,10	-	PAS DE GENERATRICE DE 227.20 A 227.95
69	227,95	229,60	1,65	-	
70	231,10	234,15	3,05	-	PAS DE GENERATRICE DE 229.60 A 231.10
71	234,25	237,25	3,00	-	PAS DE GENERATRICE DE 234.15 A 234.25
72	237,25	238,19	0,94	-	
73	246,25	249,18	2,93	-	PAS DE GENERATRICE DE 238.19 A 246.25
74	249,25	252,10	2,85	-	PAS DE GENERATRICE DE 249.18 A 249.25
75	252,10	253,26	1,16	-	
76	253,75	256,65	2,90	-	PAS DE GENERATRICE DE 253.26 A 253.75
77	266,82	267,90	1,08	-	PAS DE GENERATRICE DE 253.75 A 266.82
78	267,90	270,25	2,35	-	
79	270,25	273,25	3,00	-	PAS DE GENERATRICE DE 270.00 A 273.25 DEBRIS CHARBONNEUX
80	273,25	274,85	1,60	-	PAS DE GENERATRICE DE 274.85 A 275.05
81	275,05	275,68	0,63	-	PAS DE GENERATRICE DE 275.68 A 275.80
82	275,80	277,73	1,93	-	
83	277,73	278,00	0,27	-	
84	278,00	278,94	0,94	-	PAS DE GENERATRICE DE 278.94 A 280.15
85	280,15	281,00	0,85	-	PAS DE GENERATRICE 281.00 A 282.35
86	282,35	285,19	2,84	-	PAS DE GENERATRICE DE 285.19 A 285.70
87	285,70	288,25	2,55	-	
88	288,25	291,25	3,00	-	
89	291,30	294,25	2,95	-	PAS DE GENERATRICE DE 291.25 A 291.30
90	294,25	297,13	2,88	-	
91	297,25	298,48	1,23	-	PAS DE GENERATRICE DE 297.13 A 297.25
92	300,25	303,25	3,00	-	PAS DE GENERATRICE DE 298.48 A 300.25
93	303,25	306,25	3,00	-	
94	307,18	309,13	1,95	-	PAS DE GENERATRICE DE 306.25 A 307.18
95	309,25	310,89	1,64	-	PAS DE GENERATRICE DE 309.13 A 309.25
96	311,40	314,00	2,60	-	PAS DE GENERATRICE DE 310.89 A 311.4
00	314,00	315,60	1,60	-	PAS DE GENERATRICE : LA COTE 315.60 EST APPROXIMATIVE CAR PERTE DE 1.05m AU SEIN DE LA PASSE
97	319,02	321,21	2,19	-	PAS DE GENERATRICE DE 321.21 A 321.25
98	321,25	322,45	1,20	-	PAS DE GENERATRICE DE 322.45 A 322.78

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
99	322,78	323,73	0,95	-	
100	323,80	324,27	0,47	-	PAS DE GENERATRICE DE 323.73 A 323.8
101	324,27	326,45	2,18	-	
102	326,45	329,60	3,15	-	
103	329,60	330,59	0,99	-	
104	333,56	335,40	1,84	-	PAS DE GENERATRICE DE 330.59 A 333.56
105	335,90	338,00	2,10	-	PAS DE GENERATRICE DE 335.40 A 335.90
106	339,28	341,50	2,22	-	PAS DE GENERATRICE DE 338.00 A 339.28
107	341,55	342,20	0,65	-	PAS DE GENERATRICE DE 341.50 A 341.55
108	344,70	345,20	0,50	-	PAS DE GENERATRICE DE 342.20 A 344.70
109	345,27	346,59	1,32	-	PAS DE GENERATRICE DE 345.20 A 345.27
110	346,71	347,04	0,33	-	PAS DE GENERATRICE DE 346.59 A 346.71
111	350,85	352,16	1,31	-	PAS DE GENERATRICE DE 347.04 A 350.85
112	352,19	353,95	1,76	-	
113	354,00	357,08	3,08	-	PAS DE GENERATRICE DE 353.95 A 354.00
114	357,15	359,86	2,71	-	PAS DE GENERATRICE DE 357.08 A 357.15
115	360,20	360,69	0,49	-	PAS DE GENERATRICE DE 359.86 A 360.20
116	360,69	361,28	0,59	-	
117	361,60	362,70	1,10	-	PAS DE GENERATRICE DE 361.28 A 361.60
118	363,92	364,65	0,73	-	
119	364,65	366,37	1,72	-	
120	366,37	366,69	0,32	-	
121	367,85	368,70	0,85	-	PAS DE GENERATRICE DE 366.69 A 366.85
122	368,70	369,25	0,55	-	
123	369,36	372,05	2,69	-	PAS DE GENERATRICE DE 369.25 A 369.36
124	372,05	375,14	3,09	-	
125	375,20	376,51	1,31	-	PAS DE GENERATRICE DE 375.14 A 375.20
126	376,87	378,10	1,23	-	PAS DE GENERATRICE DE 376.51 A 376.87
127	381,25	384,25	3,00	-	PAS DE GENERATRICE DE 378.10 A 381.25
128	384,25	386,00	1,75	-	
129	386,17	387,17	1,00	-	
130	387,35	390,25	2,90	-	
131	390,31	390,65	0,34	-	

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
132	391,68	392,05	0,37	-	
133	392,19	393,25	1,06	-	
134	393,25	395,05	1,80	-	
135	398,85	399,70	0,85	-	
136	400,07	400,84	0,77	-	
137	402,00	405,00	3,00	-	
138	405,84	406,62	0,78	-	
139	406,80	408,58	1,78	-	
140	408,70	409,50	0,80	-	
141	409,60	411,05	1,45	-	
142	411,05	411,52	0,47	-	
143	412,50	413,60	1,10	-	
144	413,60	415,53	1,93	-	
145	415,75	416,50	0,75	-	
146	416,74	418,02	1,28	-	
147	418,75	419,95	1,20	-	
148	427,20	428,00	0,80	-	
149	429,15	429,55	0,40	-	
150	433,25	434,82	1,57	-	
151	444,68	446,00	1,32	-	
152	449,56	450,55	0,99	-	
153	450,80	451,20	0,40	-	
154	451,25	452,08	0,83	-	
155	460,20	462,65	2,45	-	"Fausse" génératrice entre 452.08 et 460.20
156	463,36	464,33	0,97	-	
157	464,45	465,10	0,65	-	
158	466,40	467,14	0,74	-	
159	468,25	468,75	0,50	-	
160	469,50	471,15	1,65	-	
161	471,25	472,83	1,58	-	
162	473,05	475,08	2,03	-	
163	475,55	478,26	2,71	-	
164	480,25	481,48	1,23	-	

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
165	481,50	483,74	2,24	-	
166	483,85	485,05	1,20	-	
167	485,85	487,27	1,42	-	
168	487,90	490,10	2,20	-	487.90 est la cote sondeur, la notre étant 488.05
169	490,65	493,54	2,89	-	
170	493,70	495,02	1,32	-	
171	495,32	496,70	1,38	-	zone fragmentée de 495.80 à 496.11
172	496,80	499,52	2,72	-	
173	499,90	500,90	1,00	-	
174	500,90	502,75	1,85	-	
175	503,00	506,05	3,05	-	les deux génératrices se suivent. Il y a décalage de 3 mm marquée par une encoche rouge au début de la 176
176	506,05	508,95	2,90	5,95	
177	509,05	511,40	2,35	-	
178	511,40	511,80	0,40	2,75	
179	518,70	519,90	1,20	-	
180	522,35	523,20	0,85	-	
181	530,75	532,20	1,45	-	
182	535,50	536,04	0,54	-	
183	536,80	538,20	1,40	-	
184	544,45	546,64	2,19	-	
185	547,80	548,38	0,58	-	
186	548,38	549,75	1,37	1,95	
187	550,50	550,96	0,46	-	
188	550,96	552,10	1,14	1,60	
189	552,51	552,91	0,40	-	
190	552,91	553,32	0,41	0,81	
191	553,65	554,25	0,60	-	
192	554,25	555,39	1,14	-	AVERIFIER !!!???
193	555,39	555,79	0,40	-	
194	555,79	556,24	0,45	-	
195	556,50	556,75	0,25	-	
196	556,75	558,03	1,28	-	
197	558,03	558,47	0,44	-	

Numéro génératrice	Cote début génératrice (m)	Cote fin génératrice (m)	Longueur génératrice (m)	Longueur cumulée* (m)	Commentaires
198	558,47	558,64	0,17	-	
199	558,64	558,64	0,00	-	
200	558,70	558,83	0,13	-	
201	558,83	558,92	0,09	-	
202	559,25	560,12	0,87	-	
203	561,00	563,00	2,00	-	
204	563,80	564,60	0,80	-	
205	564,78	565,22	0,44	-	
206	568,20	568,83	0,63	-	
207	569,00	569,86	0,86	-	
208	570,40	570,90	0,50	-	
209	587,30	588,40	1,10	-	
210	591,00	592,23	1,23	-	
211	592,80	593,79	0,99	-	
212	597,70	598,60	0,90	-	
213	600,45	600,90	0,45	-	
214	607,45	607,85	0,40	-	
215	612,12	612,65	0,53	-	
216	618,20	620,20	2,00	-	
217	641,75	642,65	0,90	-	
218	644,94	645,55	0,61	-	
219	645,95	646,92	0,97	-	
220	648,80	650,34	1,54	-	
221	653,10	654,10	1,00	-	
222	658,53	658,93	0,40	-	
223	659,10	659,50	0,40	-	
224	660,18	661,30	1,12	-	
225	661,80	662,58	0,78	-	
226	662,90	664,50	1,60	-	
227	664,55	665,63	1,08	-	
228	665,95	668,05	2,10	-	

Annexe 3

Tableau de suivi DMT

Date	Caisse	Pas de DMT	Autre remarque
17/07/2010	2	69.05-69.10	
	5		délitage de la carotte
	6	80.63-81.47	
19/07/2010	8	85.00-88.20	
	9	88.20-89.15 90.75-91.10	
	10	93.36-93.90	
	12	98.60-99.31	
	13	99.31-102.05	La totalité de la caisse n'est pas passée
	14	102.05-102.73 104.56-104.85	
	15	104.85-106.52	pas de génératrice 105.25-106.52, mais passé qd mm
	16	107.45-108.75	
	18	114.25-114.75	
20/07/2010	19	117.25-117.86	
	20	117.86-119.18 120.00-120.11	
	21	122.95-123.00	
	22	124.91-125.55 125.55-125.68	
	23	126.40-128.60	
	24	131.40-131.52	
	25	133.55-134.35	
	26	134.35-137.15	La totalité de la caisse n'est pas passée
	27	137.15-139.79	La totalité de la caisse n'est pas passée
	28	139.79-142.43	La totalité de la caisse n'est pas passée
	29	142.43-145.24	La totalité de la caisse n'est pas passée
	30	146.21-147.21 147.52-148.05	
	31	149.17-150.15	Run 31c-37 : photo claire mais impossible à refaire
	32	150.90-151.95 152.73-153.65	
	33	154.20-154.67	
21/07/2010	34		Run 34c-40 : photo prise avec espace de 5-10 cm (fragments non analysables)
	35	159.10-159.40	
	37	166.06-167.60	
	38	167.60-169.30	
	39	172.40-172.84	
	40	174.85-175.39	
	42	180.35-181.03	
	43	181.03-183.50	La totalité de la caisse n'est pas passée
	44	183.50-184.55 185.06-185.68	
	45	186.50-186.80 187.46-187.70	
22/07/2010	50	202.63-202.65	
	51	205.78-205.80	
	52	205.80-206.00 207.60-208.26	
	53	208.93-208.95	
	54	213.56-213.60	
	55	216.25-216.43	
	56	218.40-218.64	
	57	220.92-221.30 222.00-222.13	
	58	224.65-225.10	
	59	227.05-227.20	
23/07/2010	60	229.60-231.10	
	61	231.10-231.52	
	62	234.15-234.25	
	63	238.19-238.97	
	64	238.97-241.75	La totalité de la caisse n'est pas passée
	65	241.75-244.34	La totalité de la caisse n'est pas passée
	66	244.34-246.25	
	67	249.18-249.25	
	69	253.26-253.75	
	70	256.65-259.90	
	71		OK mais sans génératrice
	72		OK mais sans génératrice
	73	262.97-263.20 264.13-264.25	Pas de génératrice sur les passages DMT

Date	Caisse	Pas de DMT	Autre remarque
	74		Pas de génératrice sur les passages DMT de 265.64 à 266.82
	75	270.15-270.25	
	77	274.85-275.05	
24/07/2010	78	276.40-276.76	Pas de génératrice de 278.94 à 279.07 mais passage DMT
	79		Pas de génératrice de 279.07 à 280.15 ni 281.00-281.73 mais passage DMT
	80		Pas de génératrice de 281.73 à 282.35 mais passage DMT
	81	285.19-285.25 286.08-286.20	Pas de génératrice de 285.25 à 285.70 mais passage DMT
	85	297.13-297.25	
26/07/2010	86	298.42-300.25	
	88	306.25-307.05	
	89	307.05-307.18 309.13-309.25	
	90	310.89-311.40	
27/07/2010	91	313.95-314.08	
	92	315.60-319.02	La totalité de la caisse n'est pas passée
28/07/2010	93	321.21-321.25	
	94	322.45-322.78 323.73-323.80	
	97	330.59-332.14	
	98	333.43-333.57 335.40-335.90	car pas de récup
29/07/2010	99	338.01-338.07 338.40-338.72	car prélèvement ech ISO /MO
	100	338.72-339.28 341.50-341.55	
	101	342.20-344.70 345.20-345.27	pas de récup de 342.34 à 344.43
	102	346.36-349.14	La totalité de la caisse n'est pas passée
	103	349.14-350.85 352.16-352.19	
	104	353.95-354.00	
	106	359.63-360.20 361.28-361.78	
	107	362.71-363.19 363.75-364.05	
	109	366.69-367.85 369.25-369.36	
30/07/2010	111	375.14-375.20	
	112	376.56-380.05	pas de récup de 378.15 à 380.05
	113	380.05-381.47 382.48-382.89	
09/08/2010	115	385.68-386.17 387.17-387.35	
	116	390.20-390.25	
10/08/2010	117	390.65-391.66 392.00-392.25	
	118	395.25-396.67	
	119	396.67- 396.87397.85- 398.85399.71- 399.91	
12/08/2010	120	399.91-400.07 400.84-401.40 401.58-402.00	Pas de génératrice de 401.40 à 401.58
	121	405.03-405.10	
	122	405.10-405.84 406.62-406.80	
	123	408.55-408.70	
	124	411.45-412.40 413.49-413.60	
	125	413.78-415.67	
	126	418.15-418.75	
	127	419.06-421.81	La totalité de la caisse n'est pas passée
	128	421.81-424.25	La totalité de la caisse n'est pas passée
13/08/2010	129	424.25-427.20	La totalité de la caisse n'est pas passée
	130	427.20-427.34 428.00-430.29	
	131	430.29-432.90	La totalité de la caisse n'est pas passée
	132	432.90-433.25 433.72-435.38	
	133	435.90-438.26	La totalité de la caisse n'est pas passée
	134	438.26-440.90	La totalité de la caisse n'est pas passée
	135	440.90-443.40	La totalité de la caisse n'est pas passée
26/08/2010	136	443.40-446.18	
	137	446.18-449.10	

Date	Caisse	Pas de DMT	Autre remarque
	138	449.10-449.56 450.55-450.80 451.20-451.25	
	139	452.08-452.13 452.40-452.45 452.68-452.82 453.32-453.88 454.33-454.65	
	140	454.65-457.47	
	141	457.47-460.00	
	142	460.00-462.65	
	143	462.65-463.36 464.33-464.45	
	144	465.40-468.25 468.75-469.57	
27/08/2010	145	469.57-469.97 470.50-471.39 471.55-471.67	
	146	472.24-473.08 474.07-474.46	
	147	474.87-475.59	
	148	477.49-477.61 478.08-480.25	
28/08/2010	149	481.48-481.90	Fin de génératrice
	150	483.74-485.70	
	151	485.70-485.85 487.27-487.90	
	152		La totalité de la caisse n'est pas passée
	153	490.50-490.76 491.65-491.71 491.98-492.30	
	154	493.50- 493.70 494.60-495.32	
	155	494.82-496.80	
30/08/2010	156	499.52-500.40	
	157	500.40-503.00	La totalité de la caisse n'est pas passée
	158	504.82-505.28	
	159	505.72-505.95 506.86-507.00	
	160	508.95-509.05	
	161	511.35-511.40 511.90-513.30	
	162	513.30-516.12	La totalité de la caisse n'est pas passée
	163	516.12-518.7	La totalité de la caisse n'est pas passée
31/08/2010	164	519.90-520.65 520.65-520.75	
	165	521.14-523.70	La totalité de la caisse n'est pas passée
01/09/2010	166	523.70-525.90	La totalité de la caisse n'est pas passée
	167	525.90-528.25	La totalité de la caisse n'est pas passée
	168	528.25-530.75	La totalité de la caisse n'est pas passée
	169	532.20-533.30	
	170	533.30-535.50 536.04-536.01	
	171	536.01-536.80 538.20-538.50	
	172	538.50-541.02	La totalité de la caisse n'est pas passée
	173	541.02-543.20	La totalité de la caisse n'est pas passée
02/09/2010	174	543.20-544.45	
	175	546.75-547.80	
	176	549.69-550.47	
	177	550.47-550.60 552.10-552.91	
	178	553.32-553.65	
	179	556.24-556.50	
	180	560.12-561.00	
	181	561.00-561.10 563.00-563.75	
03/09/2010	182	564.60-564.78 565.22-566.10	
	183	566.10-568.20 568.83-569.00	
	184	569.86-570.40 570.90-571.60	
	185	571.60-573.91	La totalité de la caisse n'est pas passée
	186	573.91-575.99	La totalité de la caisse n'est pas passée
	187	575.99-578.52	La totalité de la caisse n'est pas passée

Date	Caisse	Pas de DMT	Autre remarque
	188	578,52-580,86	La totalité de la caisse n'est pas passée
	189	580,86-583,10	La totalité de la caisse n'est pas passée
	190	583,10-585,20	La totalité de la caisse n'est pas passée
04/09/2010	191	585,20-587,36	La totalité de la caisse n'est pas passée
	192	588,23-589,95	
	193	589,95-591,00	
	194	592,22-592,80 593,42-594,45	
	195	594,45-597,05	La totalité de la caisse n'est pas passée
	196	597,05-597,70 598,33-599,30	
06/09/2010	197	599,30-601,40	La totalité de la caisse n'est pas passée
07/09/2010	198	601,40-603,63	La totalité de la caisse n'est pas passée
	199	603,63-605,75	La totalité de la caisse n'est pas passée
	200	605,75-607,45 607,85-608,15	
	201	608,15-610,55	La totalité de la caisse n'est pas passée
	202	610,55-611,12 612,65-612,73	
	203	612,73-615,43	La totalité de la caisse n'est pas passée
08/09/2010	204	615,43-618,20	La totalité de la caisse n'est pas passée
	205	619,20-621,00	
	206	621,00-623,45	La totalité de la caisse n'est pas passée
	207	623,45-625,85	La totalité de la caisse n'est pas passée
	208	625,85-628,00	La totalité de la caisse n'est pas passée
	209	628,00-630,32	La totalité de la caisse n'est pas passée
09/09/2010	210	630,32-633,00	La totalité de la caisse n'est pas passée
	211	633,00-635,25	La totalité de la caisse n'est pas passée
	212	635,25-637,45	La totalité de la caisse n'est pas passée
	213	637,45-639,80	La totalité de la caisse n'est pas passée
	214	639,80-641,75	
	215	642,10-644,60	La totalité de la caisse n'est pas passée
	216	644,60-646,92	La totalité de la caisse n'est pas passée
10/09/2010	217	646,92-648,80	
	218	650,13-651,65	
	219	651,65-654,40	La totalité de la caisse n'est pas passée
	220	654,40-655,95	La totalité de la caisse n'est pas passée
11/09/2010	221	655,95-658,01	La totalité de la caisse n'est pas passée
	222	658,01-658,50 658,93-659,10	
	223	661,30-661,80 662,58-662,90	
13/09/2010	224	663,36-665,95	La totalité de la caisse n'est pas passée
	225	665,95-666,45 667,73-667,82 668,05-668,10	
	226	668,10-670,70	La totalité de la caisse n'est pas passée
14/09/2010	227	670,70-673,18	La totalité de la caisse n'est pas passée
	228	673,18-675,05	La totalité de la caisse n'est pas passée

Annexe 4

Tableau des caisses

Numéro caisse	Cote début (m)	Cote fin (m)	Longueur en caisse (m)	Photo sec	Photo mouillée	Commentaires
1	66,00	68,69	2,69	X	X	
2	68,69	71,48	2,79	X	X	
3	71,48	74,05	2,57	X	X	
4	74,05	76,98	2,93	X	X	
5	76,98	79,75	2,77	X	X	
6	79,75	82,30	2,55	X	X	
7	82,30	85,00	2,70	X	X	1 avec et 1 sans tronçons marqués
8	85,00	88,20	3,20	X	X	1 zone non récupérée de 87.65 à 88.20
9	88,20	91,10	2,90	X	X	
10	91,10	93,90	2,80	X	X	
11	93,90	96,80	2,90	X	X	
12	96,80	99,31	2,51	X	X	
13	99,31	102,05	2,74	X		
14	102,05	104,85	2,80	X	X	
15	104,85	107,45	2,60	X	X	
16	107,45	110,12	2,67	X	X	
17	110,12	112,75	2,63	X		
18	112,75	115,48	2,73	X	X	Attention, photo de caisse incomplète puis photo caisse complète sans échant GMB
19	115,48	117,86	2,38	X	X	
20	117,86	120,64	2,78	X	X	
21	120,64	123,35	2,71	X	X	
22	123,35	126,09	2,74	X	X	
23	126,09	128,81	2,72	X	X	
24	128,81	131,52	2,71	X	X	
25	131,52	134,35	2,83	X	X	pas de génératrice pour passe sondeur 25
26	134,35	137,15	2,80	X	X	
27	137,15	139,79	2,64	X	X	
28	139,79	142,43	2,64	X		
29	142,43	145,24	2,81	X		
30	145,24	148,05	2,81	X		
31	148,05	150,90	2,85	X		
32	150,90	153,65	2,75	X	X	
33	153,65	156,40	2,75	X	X	
34	156,40	159,10	2,70	X	X	
35	159,10	161,86	2,76	X	X	Attention, photo de caisse après échantillonnage rapide pour GMB
36	161,86	164,66	2,80	X	X	
37	164,66	167,60	2,94	X	X	
38	167,60	170,17	2,57	X	X	
39	170,17	172,84	2,67	X	X	
40	172,84	175,82	2,98	X	X	
41	175,82	178,40	2,58	X	X	
42	178,40	181,03	2,63	X	X	
43	181,03	183,50	2,47	X	X	
44	183,50	186,50	3,00	X	X	
45	186,50	189,32	2,82	X	X	
46	189,32	192,10	2,78	X	X	
47	192,10	194,76	2,66	X	X	
48	194,76	197,50	2,74	X	X	
49	197,50	200,30	2,80	X	X	

Rapport de fin de sondage

Numéro caisse	Cote début (m)	Cote fin (m)	Longueur en caisse (m)	Photo sec	Photo mouillée	Commentaires
50	200,30	202,96	2,66	X		
51	202,96	205,80	2,84	X		
52	205,80	208,62	2,82	X		
53	208,62	211,23	2,61	X	X	
54	211,23	214,05	2,82	X	X	
55	214,05	216,72	2,67	X		
56	216,72	219,30	2,58	X	X	
57	219,30	222,13	2,83	X	X	
58	222,13	225,10	2,97	X	X	
59	225,10	228,46	3,36	X	X	
60	228,46	231,10	2,64	X	X	
61	231,10	233,67	2,57	X	X	
62	233,67	236,23	2,56	X	X	
63	236,23	238,97	2,74	X	X	
64	238,97	241,75	2,78	X	X	
65	241,75	244,34	2,59	X	X	
66	244,34	246,89	2,55	X	X	
67	246,89	249,57	2,68	X	X	
68	249,57	252,10	2,53	X	X	
69	252,10	254,82	2,72	X	X	
70	254,82	257,58	2,76	X	X	
71	257,58	260,28	2,70	X	X	
72	260,28	262,97	2,69	X	X	
73	262,97	265,64	2,67	X	X	
74	265,64	268,26	2,62	X	X	
75	268,26	270,77	2,51	X	X	
76	270,77	273,52	2,75	X	X	
77	273,52	276,40	2,88	X	X	
78	276,40	279,07	2,67	X	X	
79	279,07	281,73	2,66	X	X	
80	281,73	284,61	2,88	X	X	
81	284,61	287,25	2,64	X	X	
82	287,25	289,80	2,55	X	X	
83	289,80	292,36	2,56	X	X	
84	292,36	295,18	2,82	X	X	
85	295,18	297,96	2,78	X	X	
86	297,96	301,38	3,42	X	X	
87	301,38	304,21	2,83	X	X	
88	304,21	307,05	2,84	X	X	
89	307,05	309,82	2,77	X	X	
90	309,82	312,97	3,15	X	X	
91	312,97	315,60	2,63	X	X	
92	315,60	319,02	3,42	X	X	
93	319,02	321,87	2,85	X	X	
94	321,87	324,73	2,86	X	X	
95	324,73	327,27	2,54	X	X	
96	327,27	329,97	2,70	X	X	
97	329,97	332,75	2,78	X	X	
98	332,75	335,90	3,15	X	X	

Numéro caisse	Cote début (m)	Cote fin (m)	Longueur en caisse (m)	Photo sec	Photo mouillée	Commentaires
99	335,90	338,72	2,82	X	X	
100	338,72	341,55	2,83	X	X	
101	341,55	346,36	4,81	X	X	2.09 m non récupérés sur carotte 115
102	346,36	349,14	2,78	X	X	
103	349,14	353,09	3,95	X	X	
104	353,09	355,94	2,85	X	X	
105	355,94	358,70	2,76	X	X	Photo indiquée "357.90" à retoucher / corriger / OK FAIT
106	358,70	361,78	3,08	X	X	
107	361,78	364,19	2,41	X	X	
108	364,19	366,69	2,50	X	X	Photo à retoucher, il manque la carotte 127 /OK FAIT
109	366,69	369,93	3,24	X	X	
110	369,93	372,61	2,68	X	X	
111	372,61	375,37	2,76	X	X	
112	375,37	380,05	4,68	X	X	
113	380,05	382,89	2,84	X	X	
114	382,89	385,68	2,79	X	X	
115	385,68	388,34	2,66	X	X	
116	388,34	390,65	2,31	X	X	
117	390,65	393,68	3,03	X	X	
118	393,68	396,67	2,99	X	X	
119	396,67	399,91	3,24	X	X	ATTENTION ! Photos de détails à retoucher + 0.45 sur chaque
120	399,91	402,56	2,65	X	X	
121	402,56	405,10	2,54	X	X	
122	405,10	408,43	3,33	X	X	
123	408,43	411,08	2,65	X	X	
124	411,08	413,60	2,52	X	X	
125	413,60	416,50	2,90	X	X	
126	416,50	419,06	2,56	X	X	
127	419,06	421,81	2,75	X	X	A retoucher "321.81"
128	421,81	424,25	2,44	X	X	
129	424,25	427,20	2,95	X	X	
130	427,20	430,29	3,09	X	X	
131	430,29	432,90	2,61	X	X	
132	432,90	435,90	3,00	X	X	
133	435,90	438,26	2,36	X	X	
134	438,26	440,90	2,64	X	X	
135	440,90	443,40	2,50	X	X	
136	443,40	446,18	2,78	X	X	
137	446,18	449,10	2,92	X	X	
138	449,10	451,95	2,85	X	X	
139	451,95	454,65	2,70	X	X	
140	454,65	457,47	2,82	X	X	
141	457,47	460,00	2,53	X	X	Attention: photos de détails de la carotte 460.20 : photo cotée à 460.00==>457,25. Puis décaler les autres photos en ajoutant +42 à la cote indiquée
142	460,00	462,65	2,65	X	X	
143	462,65	465,10	2,45	X	X	
144	466,40	469,57	3,17	X	X	A RETOUCHER CAR "465.10"
145	469,57	472,24	2,67	X	X	
146	472,24	474,87	2,63	X	X	

Rapport de fin de sondage

Numéro caisse	Cote début (m)	Cote fin (m)	Longueur en caisse (m)	Photo sec	Photo mouillée	Commentaires
147	474,87	477,49	2,62	X	X	
148	477,49	480,25	2,76	X	X	
149	480,25	482,83	2,58	X	X	
150	482,83	485,70	2,87	X	X	
151	485,70	487,90	2,20	X	X	
152	487,90	490,50	2,60	X	X	
153	490,50	492,92	2,42	X	X	
154	492,92	495,32	2,40	X	X	
155	495,32	497,61	2,29	X	X	
156	497,61	500,40	2,79	X	X	
157	500,40	503,00	2,60	X	X	
158	503,00	505,72	2,72	X	X	
159	505,72	508,50	2,78	X	X	
160	508,50	511,05	2,55	X	X	
161	511,05	513,30	2,25	X	X	
162	513,30	516,12	2,82	X	X	
163	516,12	518,70	2,58	X	X	
164	518,70	521,14	2,44	X	X	
165	521,14	523,70	2,56	X	X	
166	523,70	525,90	2,20	X	X	
167	525,90	528,25	2,35	X	X	
168	528,25	530,75	2,50	X	X	
169	530,75	533,30	2,55	X	X	
170	533,30	536,01	2,71	X	X	
171	536,01	538,50	2,49	X	X	
172	538,50	541,02	2,52	X	X	
173	541,02	543,20	2,18	X	X	
174	543,20	545,49	2,29	X	X	
175	545,49	547,80	2,31	X	X	
176	547,80	550,47	2,67	X	X	
177	550,47	552,91	2,44	X	X	
178	552,91	555,79	2,88	X	X	
179	555,79	558,64	2,85	X	X	
180	558,64	561,00	2,36	X	X	
181	561,00	563,75	2,75	X	X	
182	563,75	566,10	2,35	X	X	
183	566,10	569,00	2,90	X	X	
184	569,00	571,60	2,60	X	X	
185	571,60	573,91	2,31	X	X	
186	573,91	575,99	2,08	X	X	
187	575,99	578,52	2,53	X	X	
188	578,52	580,86	2,34	X	X	
189	580,86	583,10	2,24	X	X	
190	583,10	585,20	2,10	X	X	
191	585,20	587,36	2,16	X	X	
192	587,36	589,95	2,59	X	X	
193	589,95	592,22	2,27	X	X	
194	592,22	594,45	2,23	X	X	
195	594,45	597,05	2,60	X	X	

Numéro caisse	Cote début (m)	Cote fin (m)	Longueur en caisse (m)	Photo sec	Photo mouillée	Commentaires
196	597,05	599,30	2,25	X	X	
197	599,30	601,40	2,10	X	X	
198	601,40	603,63	2,23	X	X	
199	603,63	605,75	2,12	X	X	
200	605,75	608,15	2,40	X	X	
201	608,15	610,55	2,40	X	X	
202	610,55	612,73	2,18	X	X	
203	612,73	615,43	2,70	X	X	
204	615,43	618,20	2,77	X	X	
205	618,20	621,00	2,80	X	X	
206	621,00	623,45	2,45	X	X	
207	623,45	625,85	2,40	X	X	
208	625,85	628,00	2,15	X	X	
209	628,00	630,32	2,32	X	X	
210	630,32	633,00	2,68	X	X	
211	633,00	635,25	2,25	X	X	
212	635,25	637,45	2,20	X	X	
213	637,45	639,80	2,35	X	X	
214	639,80	642,10	2,30	X	X	
215	642,10	644,60	2,50	X	X	
216	644,60	646,92	2,32	X	X	
217	646,92	649,26	2,34	X	X	
218	649,26	651,65	2,39	X	X	
219	651,65	654,40	2,75	X	X	
220	654,40	655,95	1,55	X	X	
221	655,95	658,01	2,06	X	X	
222	658,01	660,93	2,92	X	X	A retoucher il manque "280" sur bandeau
223	660,93	663,36	2,43	X	X	
224	663,36	665,95	2,59	X	X	
225	665,95	668,10	2,15	X	X	
226	668,10	670,70	2,60	X	X	
227	670,70	673,18	2,48	X	X	
228	673,18	675,05	1,87	X	X	

Annexe 5

Tableau des échantillons

Ce tableau n'indique que les échantillons prélevés au cours de l'opération de forage, et non ceux prélevés postérieurement pendant les études.

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
1,20-3	S	CDB1-001_2mm								Lavage	
		CDB1-001_500μ								Lavage	
		CDB1-001_63μ								Lavage	
3-6	S	CDB1-002_2mm								Lavage	
		CDB1-002_500μ								Lavage	
		CDB1-002_63μ								Lavage	
6-9	C	CDB1-003_2mm								Lavage	
		CDB1-003_500μ								Lavage	
		CDB1-003_63μ								Lavage	
9-12	C	CDB1-004_2mm								Lavage	
		CDB1-004_500μ								Lavage	
		CDB1-004_63μ								Lavage	
12-15	C	CDB1-005_2mm								Lavage	
		CDB1-005_500μ								Lavage	
		CDB1-005_63μ								Lavage	
15-18	C	CDB1-006_2mm								Lavage	
		CDB1-006_500μ								Lavage	
		CDB1-006_63μ								Lavage	
18-21	C	CDB1-007_2mm								Lavage	
		CDB1-007_500μ								Lavage	
		CDB1-007_63μ								Lavage	
21-24	C	CDB1-008_2mm								Lavage	
		CDB1-008_500μ								Lavage	
		CDB1-008_63μ								Lavage	
24-27	C	CDB1-009_2mm								Lavage	
		CDB1-009_500μ								Lavage	
		CDB1-009_63μ								Lavage	
27-30	MC	CDB1-010_2mm								Lavage	
		CDB1-010_500μ								Lavage	
		CDB1-010_63μ								Lavage	
30-33	MC	CDB1-011_2mm								Lavage	

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
		CDB1-011_500μ								Lavage	
		CDB1-011_63μ								Lavage	
33-36	C	CDB1-012_2mm								Lavage	
		CDB1-012_500μ								Lavage	
		CDB1-012_63μ								Lavage	
36-39	C	CDB1-013_2mm								Lavage	
		CDB1-013_500μ								Lavage	
		CDB1-013_63μ								Lavage	
39-42	C	CDB1-014_2mm								Lavage	
		CDB1-014_500μ								Lavage	
		CDB1-014_63μ								Lavage	
42-45	C	CDB1-015_2mm				X				Lavage	Montée en résine pour bio
		CDB1-015_500μ				X				Lavage	
		CDB1-015_63μ								Lavage	
45-48	C	CDB1-016_2mm								Lavage	
		CDB1-016_500μ								Lavage	
		CDB1-016_63μ								Lavage	
48-51	C	CDB1-017_2mm								Lavage	
		CDB1-017_500μ								Lavage	
		CDB1-017_63μ								Lavage	
51-54	C	CDB1-018_2mm								Lavage	
		CDB1-018_500μ								Lavage	
		CDB1-018_63μ								Lavage	
54-57	C	CDB1-019_2mm								Lavage	
		CDB1-019_500μ								Lavage	
		CDB1-019_63μ								Lavage	
57-60	??	CDB1-020_2mm								Lavage	
		CDB1-020_500μ								Lavage	
		CDB1-020_63μ								Lavage	
60-63	A	CDB1-021_2mm								Lavage	
		CDB1-021_500μ								Lavage	
		CDB1-021_63μ								Lavage	
63-66	A	CDB1-022_2mm								Lavage	
		CDB1-022_500μ								Lavage	

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
		CDB1-022_63μ								Lavage	
68.30-68.45	C	CDB1-023			X						calcaire argileux gris à nombreux foraminifères benthiques fins, très bioturbé et pyritisé, lit calcaireux à 68.37m
70.85-70.95	A	CDB1-024					X	X			argiles, faciès noir confiné, traces lignites
70.85-70.95	A	CDB1-025			X						
72.80-72.90	M	CDB1-026			X						argile verte, fragments de mollusques
76.00-76.05	A	CDB1-027			X						Argile noire, petits nodules sparitiques et pyritiques, contacts sup. et inf. progressif
76.00-76.05	A	CDB1-028					X	X			
78.50-78.55	A	CDB1-029					X	X			argile noire "charbonneuse" bioturbée
78.50-78.55	A	CDB1-030			X						
84.50-84.80	A	CDB1-031							X		argile silteuse grise à gris-vert
84.80-84.90	A	CDB1-032			X						argile silteuse grise à gris-vert
85.00-85.10	C	CDB1-033	X								
79.95-80.05	A	CDB1-034			X						Argile noire à nombreux gastéropodes
79.95-80.05	A	CDB1-035					X	X			
83.25-83.30	A	CDB1-036			X						argile noire à petits gastéropodes entiers et lentilles calcaire
83.25-83.30	A	CDB1-037					X	X			
86.75-86.80	A	CDB1-038			X						argile gris sombre à noir, finement laminée à débris ligneux et pyrite microcristalline
86.75-86.80	A	CDB1-039						X			
91.20-91.28	A	CDB1-040			X						argile brun-gris finement laminée, perturbée, microfaillée parfois
91.20-91.28	A	CDB1-041						X			
97.13-97.23	A	CDB1-042			X						argile beige-gris clair à très clair
97.23-97.53	A	CDB1-043							X		argile beige-gris clair à très clair, rares fragments de lignite
106.43-106.52	A	CDB1-044			X						argile brun-noir laminée, très riche en MO
106.43-106.52	A	CDB1-045					X	X			
107.35-107.45	A	CDB1-046			X						argile verte à débris ligneux, pyritisé
111.80-111.90	A	CDB1-047			X						argile verte grumeleuse, traces de débris ligneux
116.76-117.05	A	CDB1-048							X		argile noirâtre grumeleuse
116.66-116.76	A	CDB1-049			X						argile noirâtre grumeleuse
119.62-119.68	A	CDB1-050			X						argile gris-brun sombre avec amas pyriteux
119.62-119.68	A	CDB1-051						X			
122.72-122.80	A	CDB1-052			X						argile verte massive à grandes traces de racines
122.72-122.80	A	CDB1-053		X				X			
125.40-125.44	A	CDB1-054			X						argile verte à lamines, niveau riche en MO

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
125.40-125.44	A	CDB1-055						X			
127.30-127.32	A	CDB1-056		X							
131.40-131.52	A	CDB1-057			X						argile brune à traces de racines interrompues par niveau bréchifié
133.62-133.70	A	CDB1-058			X						faciès à cupules
133.62-133.70	A	CDB1-059						X			
134.91-134.95	A	CDB1-060			X						argile sombre alternance de lamines noirâtres (petits morceaux)
134.91-134.95	A	CDB1-061						X			
135.36-135.44	A	CDB1-062			X						argile, alternance de lamines beiges et noirâtres (petits morceaux)
135.36-135.44	A	CDB1-063						X			
136.80-136.85	A	CDB1-064			X						argile, alternance de lamines beiges et noirâtres, nombreuses microfailles (petits morceaux)
136.80-136.85	A	CDB1-065						X			
141.18-141.28	A	CDB1-066			X						faciès laminé beige, parfois massif, quelques lamines noirâtres
143.34-143.36	A	CDB1-067			X						faciès laminé assez sombre avec de rares lamines noirâtres
143.34-143.36	A	CDB1-068						X			
145.49-145.57	A	CDB1-069			X						argile brun-sombre à noirâtre, finement laminée, à restes de plantes
145.49-145.57	A	CDB1-070						X			
148.11-148.22	A	CDB1-071			X						argile, faciès brun-gris laminé
155.62-155.68	A	CDB1-072				X					
151.68-151.73	A, M	CDB1-073		X							ECHANTILLON NODULES ET FRACTION ARGILEUSE
159.10-159.40	C	CDB1-074							X		calcarénite grossière indurée de couleur gris-beige
159.00-159.10	C	CDB1-075			X						calcarénite grossière indurée de couleur gris-beige
159.00-159.10	C	CDB1-076	X								
157.90-157.95	A	CDB1-077					X				
166.45-166.55	A	CDB1-078			X						argile grumeleuse gris-brun sombre à verdâtre, débris ligneux et rares passées brun-noirâtre
166.45-166.55	A	CDB1-079		X				X			
167.82-167.88	A	CDB1-080			X						argile grumeleuse brune à radicelles
167.82-167.88	A	CDB1-081						X			
170.23-170.33	A	CDB1-082			X						argile verte à racines pyritisées, amas pyriteux, et pyrite disséminée
175.28-175.31	A	CDB1-083			X						argile brune à verte, laminée avec racines
175.28-175.31	A	CDB1-084						X			
177.36-177.47	A	CDB1-085			X						argile brun foncé à marmorisation brun-clair
180.30-180.35	A	CDB1-086			X						argile brune, lamines brun sombre, microfailles
180.30-180.35	A	CDB1-087						X			
183.45-183.50	A	CDB1-088			X						argile brune laminée avec quelques petites failles normales à la base

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
183.45-183.50	A	CDB1-089						X			
184.40-184.45	A	CDB1-090			X						argile noire homogène
184.40-184.45	A	CDB1-091						X			
187.50-187.58	A	CDB1-092			X						argile noire homogène
192.98-193.10	A	CDB1-093			X						argile gris-vert à beige avec fréquents petits lits de MO pyriteuse et quelques cristaux isolés de pyrite
192.98-193.10	A	CDB1-094				X					
196.24-196.34	A	CDB1-095			X						argile grumeleuse verte, nombreuse pyrite disséminée, débris ligneux, traces de racines
196.24-196.34	A	CDB1-096				X					
203.74-203.83	A	CDB1-097			X						argile grise à rares débris ligneux
205.78-205.80	A	CDB1-098			X						argile grise de plus en plus sombre, faciès noir
205.78-205.80	A	CDB1-099						X			
205.95-205.99	A	CDB1-100			X						argile grise de plus en plus sombre, faciès noir
205.95-205.99	A	CDB1-101						X			
208.29-208.30	A	CDB1-102			X						argile noire très riche en pyrite, + huile
208.29-208.30	A	CDB1-103						X			
207.63-207.70	A	CDB1-104			X						argile noire, huile, pas de pyrite visible
207.63-207.70	A	CDB1-105						X			
208.93-208.95	A	CDB1-106			X						argile noire, odeur d'huile
208.93-208.95	A	CDB1-107						X			
209.96-210.03	A	CDB1-108			X						argile noire, pyrite, odeur d'huile
209.96-210.03	A	CDB1-109						X			
212.00-212.10	A	CDB1-110			X						argile noire, zone très pyriteuse
212.00-212.10	A	CDB1-111						X			
213.56-213.60	A	CDB1-112			X						argile noire, peu de pyrite visible
213.56-213.60	A	CDB1-113						X			
216.25-216.26	A	CDB1-114						X			
216.32-216.41	A	CDB1-115			X						argile noire laminée, microfailles
216.32-216.41	A	CDB1-116						X			
212.00-213.00	Fluide	CDB1-117								X	1 SAC EAU + BOUE + HUILE ET 1 SAC CUILLERE BOUE + HUILE
217.91-218.00	A	CDB1-118			X						argile noire laminée, microfailles
217.91-218.00	A	CDB1-119						X			
219.25-219.30	A	CDB1-120			X						argile noire laminée, odeur d'huile, microfailles par endroit, plutôt homogène
219.25-219.30	A	CDB1-121						X			
221.90-221.97	A	CDB1-122			X						argile noire laminée, odeur d'huile, microfailles par endroit

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
221.90-221.97	A	CDB1-123						X			plutôt homogène
223.46-223.52	A	CDB1-124			X						argile noire laminée à bandeaux brun-noirs à noirs,
223.46-223.52	A	CDB1-125						X			argile plastique homogène
227.13-227.20	A	CDB1-126						X			argile très noire, très riche en MO, aspect charbonneux à traces de racines à remplissage microbréchiq
227.13-227.20	A	CDB1-127			X						
229.61-229.71	A	CDB1-128			X						argile noire, charbonneuse et friable, traces de racines
229.61-229.71	A	CDB1-129						X			
228.46-228.76	A	CDB1-130							X		argile noire, lamination frustre, nombreuses traces de racines, beaucoup de pyrite
232.04-232.10	A	CDB1-131						X			
233.95-234.05	A	CDB1-132			X						argile beige à brune, laminée, à fréquentes traces de racines fortement pyritisées
239.81-239.89	A	CDB1-133			X						argile beige à brune laminée avec quelques lamines noires
239.81-239.89	A	CDB1-134						X			
244.24-244.34	A	CDB1-135			X						argile noirâtre laminée
244.24-244.34	A	CDB1-136						X			
246.68-246.78	A	CDB1-137			X						argile noire laminée avec traces de racines et pyrite
246.68-246.78	A	CDB1-138						X			
247.69-247.79	A	CDB1-139			X						argile noire finement laminée à rares passées brunâtres
247.69-247.79	A	CDB1-140						X			
250.37-250.47	A	CDB1-141			X						argile brun foncé laminée, petits clastes carbonatés, débris ligneux
250.37-250.47	A	CDB1-142						X			
257.26-257.33	A	CDB1-143			X						argile beige clair avec bandeaux plus bruns, lamines frustres
257.26-257.33	A	CDB1-144						X			
260.66-260.71	A	CDB1-145			X						argile encore plus claire, finement laminée avec quelques lits de nodules gris foncés dolomitiques ??
260.66-260.71	A	CDB1-146						X			
264.22-264.28	A	CDB1-147			X						argile finement laminée beige, marron et noir, nombreuses microfailles
264.22-264.28	A	CDB1-148						X			
265.84-265.90	A	CDB1-149			X						argile plastique beige
265.84-265.90	A	CDB1-150						X			
269.60-269.70	A	CDB1-151			X						argile très fine
269.60-269.70	A	CDB1-152		X							
273.10-273.20	A	CDB1-153			X						fragments charbonneux effrités, argile noire pyriteuse
273.10-273.20	A	CDB1-154						X			
274.85-275.04	A	CDB1-155						X			argile noire massive
274.85-275.04	A	CDB1-156			X						

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
275.67-275.78	A	CDB1-157			X						argile noire
275.67-275.78	A	CDB1-158						X			
277.67-277.73	A	CDB1-159			X						argile brune
277.67-277.73	A	CDB1-160						X			
279.76-279.89	A	CDB1-161			X						argile noire à brune, laminée
279.76-279.89	A	CDB1-162						X			
284.29-284.40	A	CDB1-163			X						argile noire non laminée à pyrite, puis gris-vert à pyrite
284.29-284.40	A	CDB1-164						X			
287.14-287.25	A	CDB1-165			X						argile vert émeraude
287.14-287.25	A	CDB1-166		X							
288.80-288.89	A	CDB1-167			X						argile rosée sableuse avec quartz détritique très arrondi
288.80-288.89	A	CDB1-168						X			
292.36-292.66	A	CDB1-169							X		argile beige hétérogène, texture tachetée
292.66-292.76	A	CDB1-170			X						argile beige hétérogène, texture tachetée
292.66-292.76	A	CDB1-171						X			
297.04-297.14	A	CDB1-172			X						argile beige clair laminée, lamines pyriteuses
297.04-297.14	A	CDB1-173						X			
300.68-300.78	A	CDB1-174			X						argile beige clair laminée à pyrite
300.68-300.78	A	CDB1-175						X			
302.81-302.91	A	CDB1-176			X						argile beige clair laminée à pyrite
302.81-302.91	A	CDB1-177						X			
307.14-307.18	A	CDB1-178			X						argile laminée beige-marron
307.14-307.18	A	CDB1-179						X			
308.75-308.85	A	CDB1-180			X						argile grise massive à beige, aspect marbré, nodule dolomitique pluricentimétrique à auréole externe d'aspect dendritique (manganésifère ??)
308.75-308.85	A	CDB1-181	X								
309.13-309.25	A	CDB1-182			X						argile compacte claire beige-jaunâtre, petits nodules pyriteux
309.13-309.25	A	CDB1-183						X			
312.60-312.70	A	CDB1-184			X						pyrite framboïdale
312.60-312.70	A	CDB1-185						X			
313.80-313.90	A	CDB1-186			X						argile laminée noire, riche en MO, à odeur d'hydrocarbure
313.80-313.90	A	CDB1-187						X			
313.95-314.00	A	CDB1-188			X						argile litée brune, moins riche en MO
313.95-314.00	A	CDB1-189						X			
315.04-315.12	A	CDB1-190			X						argile brun foncé à brun-vert foncé, traces de racines

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
315.04-315.12	A	CDB1-191						X			
319.38-319.44	A	CDB1-192			X						argile brun-foncé à noirâtre finement litée, de plus en plus noir vers le bas, riche en MO
319.38-319.44	A	CDB1-193						X			
320.36-320.43	A	CDB1-194			X						argile noire riche en MO
320.36-320.43	A	CDB1-195						X			
321.21-321.25	A	CDB1-196			X						argile brun foncé, moins riche en MO, traces de racines et de terriers (petits morceaux)
321.21-321.25	A	CDB1-197						X			
321.25-321.30	A	CDB1-198			X						argile noire
321.25-321.30	A	CDB1-199						X			
321.64-321.69	A	CDB1-200			X						argile noire à petits terriers
321.64-321.69	A	CDB1-201						X			
322.39-322.45	A	CDB1-202			X						argile brun-beige à brun-sombre massive
322.39-322.45	A	CDB1-203						X			
323.20-323.30	A	CDB1-204			X						argile brun-foncé à noire
323.20-323.30	A	CDB1-205						X			
324.28-324.42	A	CDB1-206			X						argile noire bioturbée, charbonneuse et pyriteuse
324.28-324.42	A	CDB1-207						X			
325.26-325.33	A	CDB1-208			X						lames très fines parfois très claires, beaucoup de microfailles
325.26-325.33	A	CDB1-209						X			
327.60-327.68	A	CDB1-210			X						lames brun-foncé
327.60-327.68	A	CDB1-211						X			
333.48-333.51	A	CDB1-212			X						argile noire massive et compacte, riche en MO
333.48-333.51	A	CDB1-213						X			
338.01-338.07	A	CDB1-214			X						argile noire, très riche en pyrite, traces de racines, aspect bitumineux
338.01-338.07	A	CDB1-215	X					X			
338.54-338.70	A	CDB1-216			X						charbonneux, friable, intraclastes de charbon et argile grise en fines lentilles
338.54-338.70	A	CDB1-217						X			
341.40-341.50	A	CDB1-218			X						argile très laminée
341.40-341.50	A	CDB1-219						X			
345.22-345.27	A	CDB1-220			X						argile beige-clair à brun, traces de pyrite
345.22-345.27	A	CDB1-221						X			
349.41-349.53	A	CDB1-222			X						argile verte avec MO (activité racinaire ou bioturbation ?)
349.41-349.53	A	CDB1-223		X							
353.55-353.63	A	CDB1-224			X						argile brun-orange, petits clastes argileux et débris végétaux

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
353.55-353.63	A	CDB1-225		X							
353.78-353.86	A	CDB1-226			X						argile lenticulaire, fins débris ligneux
353.78-353.86	A	CDB1-227		X							
355.18-355.28	A	CDB1-228			X						argile grise très claire, bioturbée, MO, pyrite
355.18-355.28	A	CDB1-229		X							
357.08-357.15	A	CDB1-230			X						argile noire
357.08-357.15	A	CDB1-231						X			
358.20-358.32	A	CDB1-232			X						argile noire charbonneuse laminée avec grains de pyrite, fracturation et remplissage en pyrite-marcassite
358.20-358.32	A	CDB1-233						X			
358.98-359.10	A	CDB1-234			X						argile noire, fracturation à remplissage pyrite-marcassite
358.98-359.10	A	CDB1-235	X					X			
359.31-359.41	A	CDB1-236			X						argile noire, fracturation à remplissage pyrite-marcassite
359.31-359.41	A	CDB1-237						X			
359.21-359.31	A	CDB1-238			X						argile noire, fracturation à remplissage pyrite-marcassite
359.21-359.31	A	CDB1-239						X			
360.61-360.69	A	CDB1-240			X						argile noire à brun foncé finement litée
360.61-360.69	A	CDB1-241						X			
364.38-364.48	A	CDB1-242			X						argile brun-clair à traces de racines localement pyritisées
364.38-364.48	A	CDB1-243						X			
368.58-368.68	A	CDB1-244			X						argile ocre-jaune avec intraclastes bruns et nodules pyriteux
368.58-368.68	A	CDB1-245		X							
368.86-368.93	A	CDB1-246			X						argile brun à brun-ocre marmorisée avec lamine grossière enrichie en MO
368.86-368.93	A	CDB1-247		X				X			
370.89-370.96	A	CDB1-248			X						argile noire à amas pyriteux (terriers)
370.89-370.96	A	CDB1-249						X			
371.71-371.79	A	CDB1-250			X						argile noire, pas de pyrite
371.71-371.79	A	CDB1-251						X			
372.26-372.35	A	CDB1-252			X						argile noire, pyrite
372.26-372.35	A	CDB1-253						X			
372.87-373.03	A	CDB1-254			X						argile brun-ocre
372.87-373.03	A	CDB1-255	X								
373.90-373.98	A	CDB1-256			X						argile grise à gris-clair à microfailles, débris ligneux pyritisés et bioturbation
373.90-373.98	A	CDB1-257		X							
374.92-375.02	A	CDB1-258			X						argile beige-orange très bioturbée

Rapport de fin de sondage

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
374.92-375.02	A	CDB1-259		X							
375.38-375.44	AS	CDB1-260			X						argile brun-foncé à noire, argile sableuse
375.38-375.44	AS	CDB1-261		X				X			
376.18-376.26	S	CDB1-262			X						argile sableuse blanche
376.18-376.26	S	CDB1-263		X							
377.69-377.79	S	CDB1-264			X						lamines riches en MO
377.69-377.79	S	CDB1-265						X			
376.50-380.05	S	CDB1-265B_2mm				X				X	1 Sac cutting correspondant à l'intervalle sableux non récupéré
		CDB1-265B_500µ				X				X	
		CDB1-265B_63µ				X				X	
380.05-380.25	S	CDB1-265C_2mm								X	Sables récupérés mais en vrac (non consolidés)
		CDB1-265C_500µ								X	
		CDB1-265C_100µ								X	
		CDB1-265C_63µ								X	
380.25-380.30	S	CDB1-265D_2mm								X	Sables légèrement consolidés en strati oblique
		CDB1-265D_500µ								X	
		CDB1-265D_100µ								X	
		CDB1-265D_63µ								X	
381.39-381.46	A	CDB1-266			X						argile brune à clastes organiques
381.39-381.46	A	CDB1-267						X			
383.77-383.84	A	CDB1-268			X						argile brun-noirâtre, très pyriteuse à intraclastes argileux plus brun
383.77-383.84	A	CDB1-269						X			
385.95-386.00	A	CDB1-270			X						argile noire pyriteuse
385.95-386.00	A	CDB1-271						X			
386.99-387.07	A	CDB1-272			X						faciès laminé, fracturé, pyriteux
386.99-387.07	A	CDB1-273						X			
388.96-389.00	A	CDB1-274			X						argile laminée avec pyrite
388.96-389.00	A	CDB1-275						X			
389.22-389.28	A	CDB1-276			X						argile noire laminée

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
389.22-389.28	A	CDB1-277						X			
391.66-391.68	PYR	CDB1-278			X						niveau pyriteux massif, lité (cristallisation radiale)
391.66-391.68	PYR	CDB1-279						X			
392.27-392.37	A	CDB1-280			X						argile massive granuleuse
392.27-392.37	A	CDB1-281		X				X			
392.58-392.64	A	CDB1-282			X						nodule pyriteux dans argile massive granuleuse
392.58-392.64	A	CDB1-283		X				X			
394.34-394.44	A	CDB1-284			X						présence de grandes plages de pyrite
394.34-394.44	A	CDB1-285		X				X			
395.52-395.57	A	CDB1-286			X						argile blanchâtre beige massive, fracture avec remplissage de Mn
395.52-395.57	A	CDB1-287		X				X			
398.99-399.04	A	CDB1-288			X						Cote corrigée du décalage de 0.45, argiles blanchâtres
398.99-399.04	A	CDB1-289		X				X			
399.71-399.85	A	CDB1-290			X						Cote corrigée du décalage de 0.45, argiles noires charbonneuses
399.71-399.85	A	CDB1-291						X			
399.92-399.96	A	CDB1-292			X						Cote corrigée du décalage de 0.45, argile laminée brun-orange avec nodules pyriteux (transition avec les argiles plus sableuses)
399.92-399.96	A	CDB1-293						X			
400.58-400.64	S	CDB1-294			X						Cote corrigée du décalage de 0.45, sables fins, lits argileux à fins débris charbonneux, amas pyriteux
400.58-400.64	S	CDB1-295		X				X			
401.22-401.38	S	CDB1-295B_500µm				X				X	Cote OK Sables argileux récupérés en vrac
		CDB1-295B_100µm				X				X	
		CDB1-295B_63µm				X				X	
401.40-401.58	AS	CDB1-296			X						Conglomérat à éléments de quartz, bréchification in-situ, ciment pyriteux??
401.40-401.58	AS	CDB1-297	X								
401.60-401.80	AS	CDB1-297B_500µm								X	Argiles sableuses autobréchifiées récupérées en vrac
		CDB1-297B_100µm								X	
		CDB1-297B_63µm								X	
403.09-403.19	S	CDB1-298			X						sables argileux à débris charbonneux et pyrite, imprégnation d'oxyde de manganèse
403.09-403.19	S	CDB1-299		X				X			

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
404.30-404.32	A	CDB1-299B					X				
404.62-404.68	CG	CDB1-300			X						conglomérat polygénique à matrice argilo-sableuse, passée plus argileuse, quartz, débris de charbon, pyrite
404.62-404.68	CG	CDB1-301		X							
405.03-405.18	A	CDB1-302			X						argile beige-clair au contact, très forte odeur H ₂ S
405.03-405.18	A	CDB1-303		X							
406.20-406.30	A	CDB1-304			X						argile laminée beige-clair, nombreux filonnets quartzeux
406.20-406.30	A	CDB1-305		X				X			
407.42-407.49	A	CDB1-306			X						argile laminée gris à beige, lamines obliques, beaucoup de petites fractures, quelques pyrites, quelques lamines très sombres (MO??)
407.42-407.49	A	CDB1-307		X				X			
408.36-408.42	A	CDB1-308			X						argile sous la brèche emplie de quartz et pyrite
408.36-408.42	A	CDB1-309		X				X			
410.74-410.87	A	CDB1-310			X						argile laminée avec lits de quartz puis changement d'orientation
410.74-410.87	A	CDB1-311				X					
411.03-411.08	A	CDB1-312			X						argile laminée, alternance de plis
411.03-411.08	A	CDB1-313		X				X			
413.29-413.40	A	CDB1-314			X						argile laminée plastique, pendage subvertical
413.29-413.40	A	CDB1-315				X					
415.00-415.06	A	CDB1-316			X						argile plastique à l'aspect soyeux
415.00-415.06	A	CDB1-317						X			
414.70-415.00	A	CDB1-318							X		argile plastique à l'aspect soyeux
418.20-418.30	AS	CDB1-319			X						alternances silt et argile noire
418.20-418.30	AS	CDB1-320						X			
422.10-422.20	A	CDB1-321			X						alternances argile noirâtre (~1cm) et argile gris-foncé (~2 à 6cm), à 422.00m lit de quartz laiteux
422.10-422.20	A	CDB1-322						X			
425.30-425.40	A	CDB1-323			X						schistes, minéralisation de pyrite dans fractures recoupant la schistosité à ~90°
425.30-425.40	A	CDB1-324	X								
426.54-426.62	AG	CDB1-325			X						alternance de lits silteux clairs et argileux sombres, fractures à remplissage d'argiles blanches
426.54-426.62	AG	CDB1-326				X					

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
427.44-427.53	AG	CDB1-327			X						alternance de niveaux argileux schistosés noirs avec des niveaux clairs, silteux, microfaillés
427.44-427.53	AG	CDB1-328				X					
433.64-433.72	AG	CDB1-329			X						argile silteuse grise (litage moins visible)
433.64-433.72	AG	CDB1-330		X							
436.39-436.45	AG	CDB1-331			X						schistes silteux micacés, fracturation avec pyrite
436.39-436.45	AG	CDB1-332		X							
438.83-438.89	A	CDB1-333			X						argile noirâtre, banc un peu plus sombre, lamines frustes
438.83-438.89	A	CDB1-334		X							
441.10-441.15	AG	CDB1-335			X						argile noire à passées silteuses fines, fines fractures à remplissage blanc-crème (dolomite)
441.10-441.15	AG	CDB1-336		X							
444.30-444.37	AG	CDB1-337			X						contact grès et argiles noires, fractures avec remplissage blanc (dolomite)
444.30-444.37	AG	CDB1-338		X				X			
445.74-445.78	AG	CDB1-339			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), dépôt silteux fracturé avec remplissage dolomitique
445.74-445.78	AG	CDB1-340		X				X			
447.23-447.28	AG	CDB1-341			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), contact surface érosive visible, zone argileuse noirâtre laminée et zone silteuse grisâtre
447.23-447.28	AG	CDB1-342		X							
449.97-450.02	G	CDB1-343			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), ensemble silto-sableux gris clair à fracturation
449.97-450.02	G	CDB1-344	X								
454.28-454.33	G	CDB1-345			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), ensemble silto-sableux
454.28-454.33	G	CDB1-346	X								
455.24-455.32	AG	CDB1-347			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), ensemble silto-sableux, niveau de fracture avec pyrite
455.24-455.32	AG	CDB1-348		X							
458.65-458.70	AG	CDB1-349			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), zone de faciès argilo-silteux, veine de quartz dans fracture
458.65-458.70	AG	CDB1-350		X							
461.27-461.31	AG	CDB1-351			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), lamine silto-argileuse avec veine de quartz chloriteuse
461.27-461.31	AG	CDB1-352		X							
463.70-463.80	G	CDB1-353			X						Conditionnement différé (Pb soudeuse), lamines silto-argileuses avec fractures à quartz, calcite (forte réaction HCl) et de chlorite (?)
463.70-463.80	G	CDB1-354	X								

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
465.10-466.40	A	-								X	Cote incertaine / sans doute remanié suite à reprise forage
468.90-468.97	AG	CDB1-355			X						schiste gris, niveau à fracture à remplissage de calcite
468.90-468.97	AG	CDB1-356	X								
468.48-468.57	A	CDB1-357			X						schiste, séquence avec banc plus sombre
468.48-468.57	A	CDB1-358				X					
471.72-471.77	A	CDB1-359			X						présence banc blanchâtre dans argile
471.72-471.77	A	CDB1-360		X							
472.56-472.62	AG	CDB1-361			X						banc fracturé, remplissage de pyrite et minéraux blancs (pas de réaction HCl)
472.56-472.62	AG	CDB1-362						X			
475.23-475.29	A	CDB1-363			X						argile à lamines sombres, rares zones pyriteuses
475.23-475.29	A	CDB1-364						X			
478.10-478.15	Q	CDB1-365			X						niveau à fracture ouverte, remplissage de quartz en pyramide et pyrite en microcristaux bien formés
478.10-478.15	Q	CDB1-366		X							
480.45-480.50	A	CDB1-367			X						alternance de lamines silteuses et niveau plus sombre (+ argileux)
480.45-480.50	A	CDB1-368						X			
481.08-481.13	G	CDB1-369			X						remplissage avec pyrite dans lentilles silteuses
481.08-481.13	G	CDB1-370	X								
483.47-483.54	G	CDB1-371			X						fracture avec remplissage de quartz? et carbonates dans la partie centrale
483.47-483.54	G	CDB1-372	X								
487.31-487.40		CDB1-373			X						
487.31-487.40		CDB1-374						X			
488.95-489.00		CDB1-375			X						argile grise laminée, plaquages blanchâtres sur plans de fracture
488.95-489.00		CDB1-376		X							
490.26-490.33		CDB1-377			X						contact, deux faciès de couleur différente
490.26-490.33		CDB1-378	X								
490.76-490.81		CDB1-379			X						fracture nappée de pyrite
490.76-490.81		CDB1-380	X								
492.37-492.44		CDB1-381			X						fracture avec remplissage carbonaté ?

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
492.37-492.44		CDB1-382	X								
493.70-493.80		CDB1-383			X						banc gréseux, sables fins gris foncé, base érosive à fracture ouvertes à quartz et calcite?
493.70-493.80		CDB1-384	X					X			
496.05-496.11		CDB1-385			X						série argileuse sombre (gris foncé) à lamines silteuses
496.05-496.11		CDB1-386	X								
497.90-497.92		CDB1-387			X						
497.90-497.92		CDB1-388	X								
498.88-498.90		CDB1-389			X						
498.88-498.90		CDB1-390	X								
501.15-501.20		CDB1-391			X						
501.15-501.20		CDB1-392						X			
501.56-501.60		CDB1-393			X						
501.56-501.60		CDB1-394	X								
502.36-502.40		CDB1-395			X						
502.36-502.40		CDB1-396	X								
502.60-502.65		CDB1-397			X						
502.60-502.65		CDB1-398	X								
503.17-503.22		CDB1-399			X						
503.17-503.22		CDB1-400	X								
505.66-505.72		CDB1-401			X						filon de quartz, représentatif de différents filons sur la carotte
506.44-506.50		CDB1-402			X						pyrite dans plan de faille
506.44-506.50		CDB1-403	X								
506.82-506.86		CDB1-404			X						pyrite dans plan de faille
508.76-508.82		CDB1-405			X						contact avec argiles
508.76-508.82		CDB1-406	X								
509.00-509.05		CDB1-407						X			
511.61-511.66		CDB1-408			X						filon de quartz - chlorite dans schistes argilo-silteux
511.61-511.66		CDB1-409	X								

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
513.90-514.00		CDB1-410			X						
513.90-514.00		CDB1-411						X			
519.48-519.52		CDB1-412			X						argile
519.48-519.52		CDB1-413						X			
519.52-519.82		CDB1-414							X		argile
523.13-523.19		CDB1-415			X						argile avec filon de quartz, présence de pyrite
523.13-523.19		CDB1-416						X			
524.85-524.90		CDB1-417			X						banc de 2cm d'argilite très noire
524.85-524.90		CDB1-418						X			
531.21-531.27		CDB1-419			X						argile, fracture avec pyrite
531.21-531.27		CDB1-420		X							
534.99-535.04		CDB1-421			X						argile massive, fracture avec pyrite + quartz
534.99-535.04		CDB1-422						X			
536.75-535.80		CDB1-423			X						argile sombre avec pyrite disséminée + pyrite sur plans de fractures
536.75-535.80		CDB1-424	X								
540.08-540.13		CDB1-425			X						argile massive avec pyrite disséminée
540.08-540.13		CDB1-426	X								
544.99-545.04		CDB1-427			X						fractures remplissage quartz et pyrite
544.99-545.04		CDB1-428	X								
550.23-550.29		CDB1-429			X						contact argiles finement laminées et bancs plus gréseux
550.23-550.29		CDB1-430	X								
551.44-551.50		CDB1-431			X						contact argiles finement laminées et bancs plus gréseux
551.44-551.50		CDB1-432	X								
556.60-556.65		CDB1-433			X						zone de contact silt - argile
556.60-556.65		CDB1-434	X								
556.97-557.03		CDB1-435			X						
556.97-557.03		CDB1-436		X							
558.04-558.10		CDB1-437			X						

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
558.04-558.10		CDB1-438	X	X							
558.74-558.78		CDB1-439			X						
558.74-558.78		CDB1-440	X								
560.90-560.94		CDB1-441			X						contact argile et conglomérat
560.90-560.94		CDB1-442	X								
564.16-564.21		CDB1-443			X						granoclassement et contact
564.16-564.21		CDB1-444	X								
568.86-568.91		CDB1-445		X							zone bréchique avec remplissage d'argile blanche (kaolinite?)
568.86-568.91		CDB1-446	X								
569.60-569.65		CDB1-447			X						zone bréchifiée
569.60-569.65		CDB1-448		X							
579.55-579.60		CDB1-449			X						argiles / schistes ardoisiers
579.55-579.60		CDB1-450						X			
583.72-583.97		CDB1-451							X		
583.82-583.90		CDB1-452			X						Echantillon GMB09 + éch. ISO & MO en parallèle (morceau en "sifflet")
583.82-583.90		CDB1-453	X								
588.42-588.49		CDB1-454			X						argile foncée laminée
588.42-588.49		CDB1-455						X			
592.05-592.12		CDB1-456			X						contact faillé dans argile laminée et déformée, fracture à quartz, chlorite, pyrite
592.05-592.12		CDB1-457		X							
595.06-595.13		CDB1-458			X						niveau argileux-silteux, fortement cassé
595.06-595.13		CDB1-459						X			
598.00-598.06		CDB1-460			X						argile silteuse laminée
598.00-598.06		CDB1-461						X			
598.63-598.70		CDB1-462			X						contact lits argileux et passées gréseuses
598.63-598.70		CDB1-463	X								
602.06-602.16		CDB1-464	X								alternance argilo-silteuse
602.06-602.16		CDB1-465			X						

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
602.90-602.95		CDB1-466			X						alternance argilo-silteuse, brèche à ciment quartzeux
604.80-604.82		CDB1-467			X						pyrite, alternance argilo-silteuse
603.65-603.70		CDB1-468	X								alternance silto-argileuse
606.63-606.69		CDB1-469			X						fractures remplies de quartz
609.90-609.95		CDB1-470	X								alternance argilo-silteuse
612.08-612.12		CDB1-471			X						alternance argilo-silteuse, veine de quartz
616.50-616.57		CDB1-472	X								bandeau silteux à pyrite
620.95-621.00		CDB1-473			X						zone fracturée, pyrite?, roche plus argileuse et noire (MO?)
621.75-621.79		CDB1-474	X								niveaux plus gréseux, lamines, granoclassement
624.05-624.10		CDB1-475			X						Injection grés-silteuse ? Diagenétique ?
625.85-625.90		CDB1-476			X						microfracturation et remplissage
627.35-627.40		CDB1-477			X						fracturation
629.60-629.70		CDB1-478			X						filon de quartz blanc
631.45-631.50		CDB1-479			X						filon de quartz
631.45-631.50		CDB1-480			X						
633.05-633.10		CDB1-481		X							remplissage de fissure argilique blanc
633.40-633.45		CDB1-482			X						remplissage de fissure argilique blanc
637.00-637.05		CDB1-483	X								bandeau à petites rides de courant écrêtées
638.40-638.42		CDB1-484	X								bandeaux de silts à rides de courant (surface de réactivation)
639.40-639.45		CDB1-485						X			argilites noirâtres
644.30-644.60		CDB1-486							X		argilites noirâtres
644.60-644.70		CDB1-487			X						argilites noirâtres
644.60-644.70		CDB1-488						X			
647.05-647.10		CDB1-489						X			
648.70-648.80		CDB1-490			X						argilites noirâtres
648.70-648.80		CDB1-491						X			
650.90-650.95		CDB1-492			X						argilites noirâtres
650.90-650.95		CDB1-493						X			

Cotes (m)	Litho	N° échantillon	LM	RX	ISO	BIO	PALYNO	MO	GMB	Autre	Commentaires
654.00-654.05		CDB1-494			X						argilites noirâtres
654.00-654.05		CDB1-495						X			
391.50-391.56		CDB1-496			X						Retour sur base couverture, argiles brun-noir laminées
391.50-391.56		CDB1-497						X			
396.62-396.67		CDB1-498			X						Retour sur base couverture, argile blanchâtre beige massive, niveau marmorisé
396.62-396.67		CDB1-499						X			
397.80-397.85		CDB1-500			X						Retour sur base couverture, argile blanchâtre
397.80-397.85		CDB1-501						X			
403.41-403.58		CDB1-502			X						Retour sur base couverture, grès fin à moyen à rares lithoclastes altérés
403.41-403.58		CDB1-503						X			
656.30-656.35		CDB1-504			X						argilite noirâtre fracturée
656.30-656.35		CDB1-505						X			
659.90-660.00		CDB1-506			X						argilite noirâtre fracturée
659.90-660.00		CDB1-507						X			
662.80-662.90		CDB1-508			X						argilite noirâtre fracturée, plaquage blanc
662.80-662.90		CDB1-509						X			
664,74-664,79		CDB1-510			X						argilite noire avec bancs silteux fréquents et pyrite oxydée
664,74-664,79		CDB1-511						X			
665,90-665,95		CDB1-512			X						argilite à lamines silteuses, zone plus schisteuse
665,90-665,95		CDB1-513						X			
672.20-672,25		CDB1-514						X			

Annexe 6

Rapport d'étude biostratigraphique – ERADATA

Le rapport d'étude est joint sur CD sous format PDF.

Annexe 7

Rapport d'opération de diagraphies – Semm Logging

Le rapport d'opération de Semm Logging est joint sur CD sous format PDF.

Annexe 8

Rapport d'opération de pompage – Hydro Assistance Ingénierie

Le rapport d'opération de Hydro Assistance Ingénierie est joint sur CD sous format PDF.



**Centre scientifique et technique
Service géologie**

3, avenue Claude Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34