

Projet SAULT - Forage de reconnaissance d'Espezel (11)

Dossier de l'Ouvrage Exécuté

Rapport final

BRGM/RP-66699-FR

Avril 2017

Avril 2017



Projet SAULT - Forage de reconnaissance d'Espezel (11) Dossier de l'Ouvrage Exécuté

Rapport final

BRGM/RP-66699-FR
avril 2017

Ouvrage réalisé dans le cadre du
projet BRGM PSP13DAT01

P. Vigouroux

Vérificateur :

Nom : Yvan Caballero
Responsable de programme
Date : 3 mai 2017

Signature :

Approbateur :

Nom : Ariane Blum
Directrice régionale Occitanie
Date : 17 mai 2017

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots-clés : forage - reconnaissance - géologie – diagraphies - karst – Espezel

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

Vigouroux P. (2017) – Projet SAULT – Forage de reconnaissance d'Espezel (11) – Dossier de l'Ouvrage Exécuté - Rapport final. BRGM/RP-66699-FR, 40 p., 6 ill., 2 ann..

Synthèse

Le présent Dossier d'Ouvrage Exécuté (DOE) concerne le forage de reconnaissance géologique réalisé à Espezel, département de l'Aude (11), dans le cadre du projet de recherche « *Evaluation des ressources en eaux souterraines du Plateau de SAULT* » mené par le BRGM en collaboration avec les Agences de l'Eau Adour-Garonne et Rhône-Méditerranée-Corse, la Région Occitanie ainsi que les Conseils départementaux de l'Ariège et de l'Aude.

Le forage ESPEZEL a été enregistré par la Banque des données du Sous-Sol (BSS) du BRGM sous la référence BSS002PZYL.

Le forage ESPEZEL, exécuté entre novembre 2016 et février 2017 par la société MASSE au Marteau Fond de Trou (MFT), à l'air dans les calcaires jurassiques, a atteint 423 m de profondeur. L'ouvrage a été rebouché après la phase de foration suivie par la réalisation de diagraphies.

Sommaire

1. Contexte général de l'opération	7
1.1. AVANT PROPOS.....	7
1.2. CONDITIONS D'IMPLANTATION DE L'OUVRAGE.....	8
2. Travaux réalisés	9
2.1. PLANNING DES OPERATIONS	9
2.2. COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE / SYNTHESE.....	10
2.3. AMENAGEMENTS DE FIN DE TRAVAUX	11
3. Conclusion.....	13

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte de situation du forage ESPEZEL (11).....	7
Illustration 2 : Position du forage ESPEZEL à l'intersection des lignes sismiques	8
Illustration 3 : Vue du chantier depuis la plateforme du forage ESPEZEL (Janvier 2017)	9
Illustration 4 : Tableau des caractéristiques générales du forage ESPEZEL	10
Illustration 5 : Coupe géologique simplifiée du forage ESPEZEL	10
Illustration 6 : Coupe technique du forage ESPEZEL (forage rebouché)	11

Liste des annexes

Annexe 1 Autorisation de réalisation du forage ESPEZEL	15
Annexe 2 Extraits du rapport diagraphies (Société Idées-Eaux)	17

1. Contexte général de l'opération

1.1. AVANT PROPOS

Le forage ESPEZEL a été réalisé dans le cadre du projet de recherche « *Evaluation des ressources en eaux souterraines du Plateau de SAULT* » du BRGM (projet PSP13DAT01).

L'ouvrage a fait l'objet d'un dossier de demande d'autorisation pour sa réalisation au titre de la Loi sur l'Eau. Les travaux ont été autorisés par courrier de la DDTM de l'Aude en date du 26 octobre 2016 (Cf. annexe 1).

L'ouvrage « Forage ESPEZEL » est un forage de reconnaissance géologique, il a été réalisé à l'intersection de deux lignes sismiques, pour disposer d'une coupe géologique précise qui permette de mieux caler les hypothèses liées au modèle géologique local, élaboré dans le cadre du projet de recherche.

Le forage se situe sur la commune d'Espezel (11) à environ 1 km au nord du village. La carte de l'illustration 1 ci-après permet de visualiser la position relative de l'implantation retenue (point jaune sur l'illustration 1), à l'intersection des routes départementales D613 et D120.

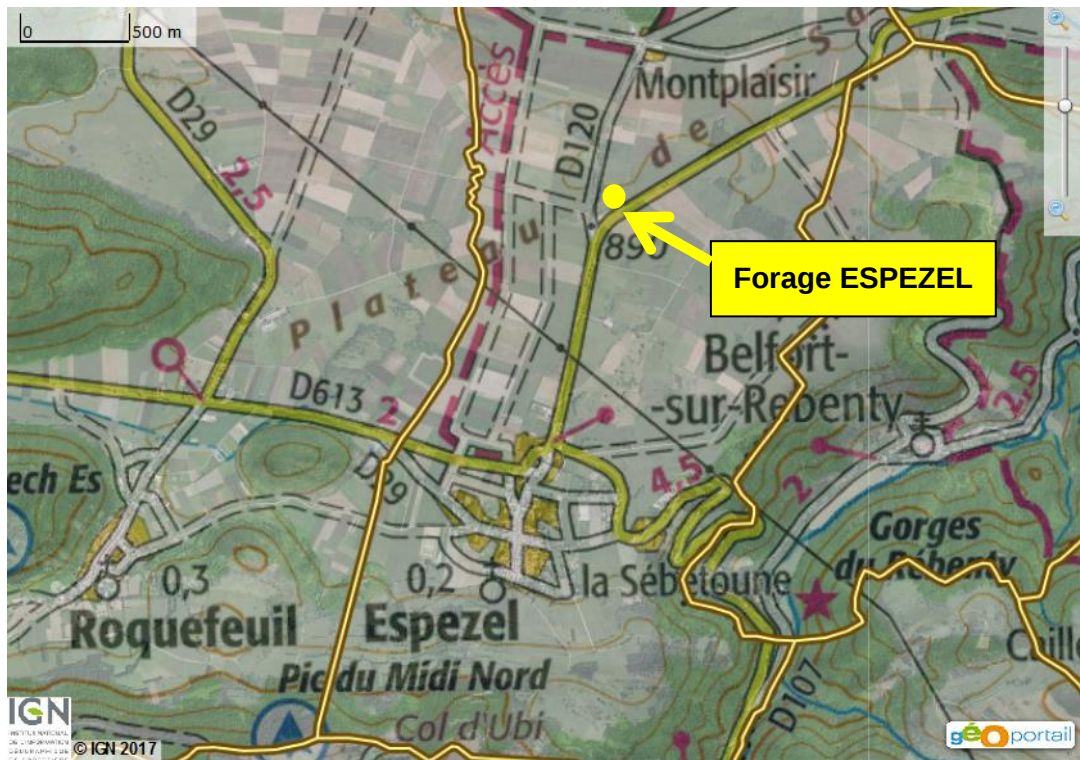


Illustration 1 : Carte de situation du forage ESPEZEL (11)

Département : Aude	-	Commune : Espezel
Coordonnées Lambert II et :		
X =	574 551 m	
Y =	1 759 195 m	
Z =	890 m NGF	

1.2. CONDITIONS D'IMPLANTATION DE L'OUVRAGE

Le forage ESPEZEL se situe sur le plateau calcaire du pays de Sault qui s'étend sur les départements de l'Ariège et de l'Aude. Le forage ESPEZEL est situé à l'intersection des profils sismiques réalisés sur le plateau, dans le cadre du projet SAULT (Cf. illustration 2). Les données acquises ont pour objet de caler les profils réalisés puis de consolider le modèle géologique du secteur.

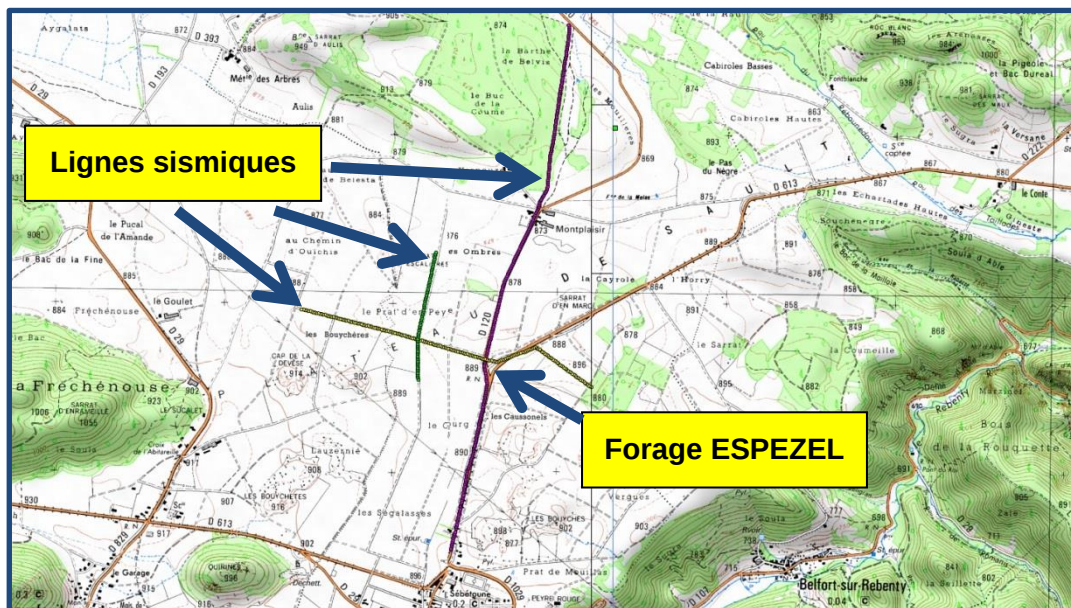


Illustration 2 : Position du forage ESPEZEL à l'intersection des lignes sismiques

Sur la base des données acquises (coordonnées, coupe technique et géologique), le forage ESPEZEL a été enregistré par la Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM sous le numéro :

BSS002PZYL

2. Travaux réalisés

2.1. PLANNING DES OPERATIONS

Le forage ESPEZEL a été réalisé par la société « *FORAGE MASSE* » (adresse : 17380 Chantemerle S/LA-SOIE (17)). Les travaux ont été exécutés du 24/11/2016 au 22/02/2017 (Cf. photos du chantier sur l'illustration 2).



Illustration 3 : Vue du chantier depuis la plateforme du forage ESPEZEL (Janvier 2017)

Le chantier s'est déroulé selon les étapes principales suivantes :

- 21 novembre 2016 : Amenée matériel et mise en place de l'atelier de forage ;
- 24 novembre au 29 novembre : Réalisation de l'avant trou avec tubage ;
- 30 novembre au 07 décembre : Foration MFT 222 mm de 13 m à 145 m ;
- 07 décembre au 15 décembre : Tubage provisoire 168 mm de 0 à 145 m ;
- 19 décembre au 23 décembre : Foration MFT 152 mm de 145 m à 163 m ;
- 24 décembre au 09 janvier 2017 : Arrêt chantier fin d'année ;
- 10 janvier au 8 février : Foration MFT 152 mm de 163 m à 423 m, des conditions climatiques très délicates (neige) ont engendré de nombreux arrêts chantier ;
- 13 février : Diagraphies (Société Idées-Eaux) ;
- 14 février au 15 février 2017 : Rebouchage du forage, repli du chantier, fin des travaux.

Au cours de la foration quelques rares passages fracturés ont induit des venues d'eau très faibles, sans possibilité de réaliser des essais ou prélèvements.

Le rapport relatif aux diagraphies réalisées (Gamma-ray et OTPV) est présenté en annexe 2.

2.2. COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE / SYNTHESE

Les caractéristiques générales du forage ESPEZEL sont résumées sur le tableau de l'illustration 4 ci-après.

Dénomination		Forage ESPEZEL
N°BSS		BSS002PZYL
Coordonnées (Lambert 93)	X	574 551 m
	Y	1 759 195 m
Altitude		890 m
Profondeur totale forée		423 m
Profondeur équipée		Ouvrage rebouché
Type de foration		MFT à l'air en 254 mm de ø à 6 m et 165 mm de 6 à 103 m
Venues d'eau productivité		Pas de test de pompage Très faibles venues d'eau en foration
Situation fin de travaux		Rebouchage remblai puis ciment + terre en tête

Illustration 4 : Tableau des caractéristiques générales du forage ESPEZEL

La coupe géologique simplifiée est présentée par le tableau de l'illustration 5 ci-après.

Forage Espezel			
Cote (m)	Epaisseur (m)	Formation	Age
0	2	Argiles à blocs allochtones	Plio-Quaternaire
2			
2	7	Cavité karstique	
9			
9	6	Calcaire gris/beige recristallisé à mouchetures noires	Barrémien inf
15			
15	40	Calcaire beige et calcaire gris sombre à oxydes de fer	Néocomien
55			
55	24	Calcaire noir plus ou moins argileux à pyrite	Transition Néocomien- Jurassique
79			
79	315	Alternance de calcaire argileux noir, calcaire dolomitique, dolomie, calcaire gris recristallisé	Jurassique supérieur
394			
394	29	Calcaire gris/marron à noir recristallisé avec petits niveaux de dolomie	Lias
423			

Illustration 5 : Coupe géologique simplifiée du forage ESPEZEL

La coupe technique du forage ESPEZEL est présentée par l'illustration 6 de la page suivante.

2.3. AMENAGEMENTS DE FIN DE TRAVAUX

En fin de chantier, le forage ESPEZEL a été rebouché par les remblais du forage (cuttings) jusqu'à 13 m de profondeur puis, en tête, par un bouchon de ciment de 13 m à 10 m puis un remplissage de terre végétale de 10 m au sol.

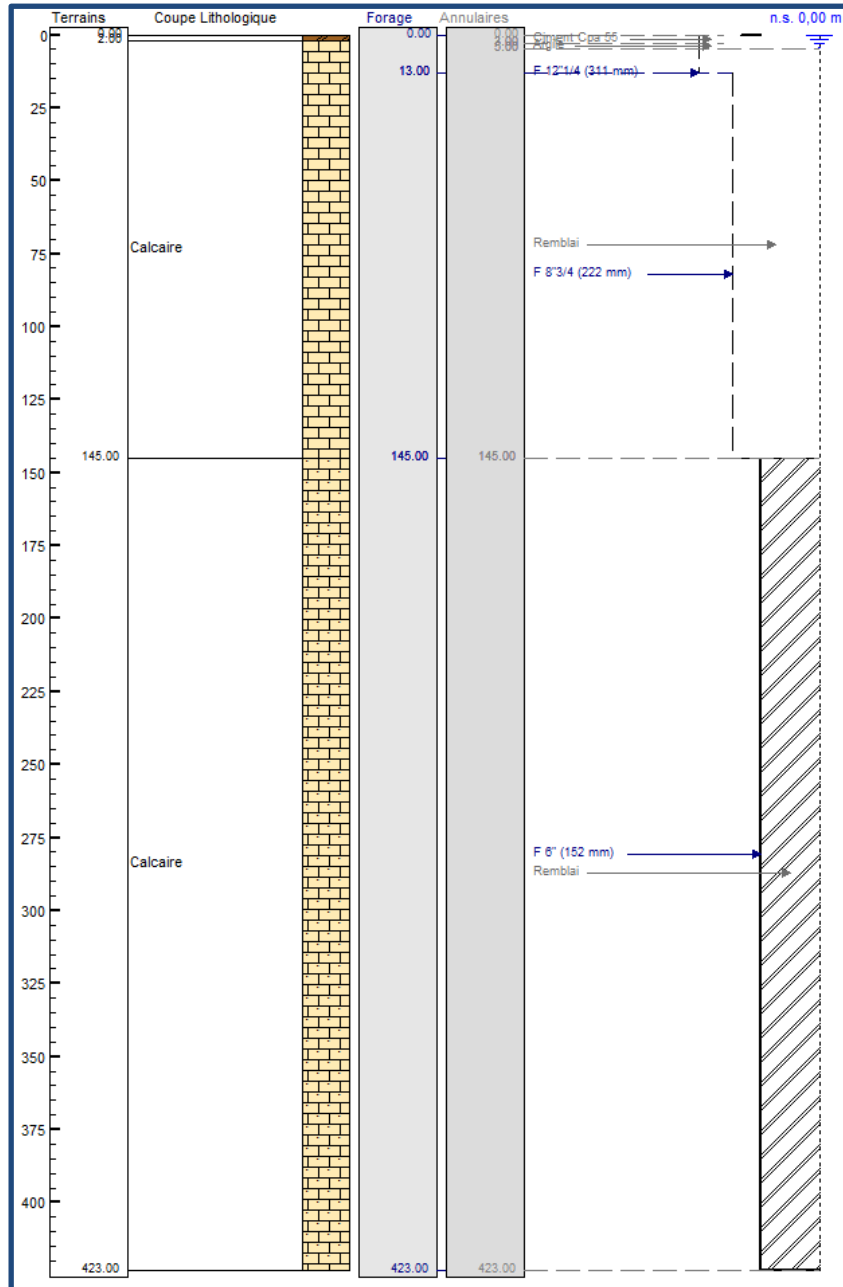


Illustration 6 : Coupe technique du forage ESPEZEL (forage rebouché)

3. Conclusion

Le forage ESPEZEL situé sur la commune d'Espezel dans le département de l'Aude (11) est un ouvrage de reconnaissance géologique réalisé dans le cadre du projet de recherche « *Evaluation des ressources en eaux souterraines du Plateau de SAULT* (projet PSP13DAT01).

Enregistré dans la Banque des données du Sous-Sol (BSS) du BRGM sous la référence BSS002PZYL, le forage ESPEZEL a été foré au Marteau Fond de Trou (MFT) à l'air dans les calcaires jurassiques, il a atteint 423 m de profondeur et a été rebouché après foration.

Annexe 1

Autorisation de réalisation du forage ESPEZEL



PRÉFET DE L'AUDE

Direction Départementale
des Territoires et de la Mer
de l'Aude

BRGM - Service géologique régional Midi-Pyrénées
Bâtiment Aruba
3 rue Marie Curie
B.P 49
31527 RAMONVILLE-SAINT-AGNE

Service de l'Eau et des
Milieux Aquatiques

Dossier suivi par :
Patricia GREBAUVAL

Mél : patricia.grebauval@aude.gouv.fr

Tél. : 04 68 10 31 07

Objet : dossier de déclaration instruit au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de
l'environnement :
Réalisation de forages de reconnaissance sur la commune d'ESPEZEL
Accord sur dossier de déclaration

Réf. :11-2016-00139

CARCASSONNE, le 26 Octobre 2016

Monsieur le Directeur,

Dans le cadre de l'instruction de votre dossier de déclaration au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6
du code de l'environnement concernant l'opération :

Réalisation de forages de reconnaissance sur la commune d' ESPEZEL

pour lequel un récépissé vous a été délivré en date du 12 Octobre 2016, j'ai l'honneur de vous
informer que je ne compte pas faire opposition à votre déclaration. Dès lors, **vous pouvez**
entreprendre cette opération à compter de la réception de ce courrier.

**Le présent courrier ne vous dispense en aucun cas de faire les déclarations ou d'obtenir les
autorisations requises par d'autres réglementations**

Copies du récépissé et de ce courrier sont également adressées à la mairie de la (ou des)
commune(s) :

- ESPEZEL

pour affichage pendant une durée minimale d'un mois pour information. Ces deux documents seront
mis à la disposition du public sur le site internet de la préfecture de l' AUDE durant une période d'au
moins six mois.

Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Aude
Service de l'Eau et des Milieux Aquatiques
105 boulevard Barbès CS 40001 11838 CARCASSONNE

1

Cette décision sera susceptible de recours contentieux devant le tribunal administratif territorialement compétent, conformément à l'article R. 514-3-1 du code de l'environnement, à compter de la date de sa publication ou de son affichage en mairie, par le déclarant dans un délai de deux mois et par les tiers dans un délai d'un an. Toutefois, si la mise en service de l'installation n'est pas intervenue six mois après la publication ou l'affichage en mairie, ce délai de recours continue à courir jusqu'à l'expiration d'une période de six mois après cette mise en service.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes salutations distinguées.

Pour le préfet et par délégation
Madame le Chef de service
Ingénieur Divisionnaire de l'Agriculture et de
l'Environnement



Muriel FILLIT

Les informations recueillies font l'objet d'un traitement informatique destiné à l'instruction de votre dossier par les agents chargés de la police de l'eau en application du code de l'environnement. Conformément à la loi « informatique et liberté » du 6 janvier 1978, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification des informations qui vous concernent. Si vous désirez exercer ce droit et obtenir une communication des informations vous concernant, veuillez adresser un courrier au guichet unique de police de l'eau où vous avez déposé votre dossier.

Annexe 2

Extraits du rapport diagraphies (Société Idées-Eaux)



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

AGENCE DE LA DRÔME : Quartier les Drets I 26300 BOURG-DE-PEAGE (France)
Tél : +33(0) 4 75 47 17 17 | Fax : +33(0) 4 75 47 07 07
www.ideeseaux.com | Email : contact@ideeseaux.com

FORAGES MASSE

Commune d'Espezel (11)

Mesures géologiques et structurales sur un forage de reconnaissance



DIAGRAPHIES DIFFERÉES

Gamma naturel et imagerie de paroi orientée (OPTV)

Rapport de mesures
Rapport Réf. / SC-160820-DIA
Mars 2017



SOMMAIRE

1. PREAMBULE – CONTEXTE.....	3
1.1. PROBLEMATIQUE ET MODALITES DES MESURES	3
1.2. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE.....	3
1.3. DONNEES TECHNIQUES	6
1.4. DONNEES GEOLOGIQUES	6
2. MESURE DU GAMMA NATUREL.....	10
2.1. OBJECTIFS	10
2.2. PRINCIPE DE LA MESURE / MOYENS MIS EN ŒUVRE.....	10
2.3. RESULTATS OBTENUS : CORRELATION AVEC LA COUPE GEOLOGIQUE	11
3. INCLINAISON ET AZIMUT	13
4. IMAGERIE DE PAROI.....	15
4.1. REFERENCES DES MESURES.....	15
4.2. CONDITIONS DE REALISATION DES MESURES	15
4.3. LIMITES DES MESURES.....	15
4.4. RESULTATS DES MESURES.....	15
5. CONCLUSIONS	18

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique du site d'Espezel sur carte routière (VIA MICHELIN)	4
Figure 2 : Localisation des sondages sur une carte IGN au 1/25 000 ^{ème}	5
Figure 3 : Extrait de la carte géologique de LAVELANET au 1/50 000 ^e (BRGM).....	7
Figure 4 : Coupe géologique Nord-Sud du Pays de Sault (d'après Souquet et al., 1980).	8
Figure 5 : Log lithologique foreur non validé – BRGM.....	9
Figure 6 : corrélation avec les valeurs de gamma-naturel et le log lithologique.....	11
Figure 7 : Résultats de la diagraphie gamma naturel.....	12
Figure 8 : Mesure de l'inclinaison et de l'azimut du forage d'Espezel.....	14
Figure 9 : Vue de détail de la fracture majeure observée entre 188,04 m et 188,34 m.....	16
Figure 10 : Vue de détail de la fracture majeure observée entre 281,35 m et 271,55 m.....	17
Figure 11 : Représentation des structures sur canevas de Wulf	18

LISTES DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche technique sonde OPTV.....	20
Annexe 2 : Tableau de l'ensemble des structures observées.....	21
Annexe 3 : Images interprétées.....	24

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

2



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

1. PREAMBULE – CONTEXTE

1.1. Problématique et modalités des mesures

Dans le cadre d'un projet de reconnaissance géologique et hydrogéologique ayant pour objectif d'acquérir de nouvelles connaissances concernant le fonctionnement, la structure et la localisation des réserves en eaux souterraines des systèmes karstiques présents au niveau du plateau de Sault, le BRGM a fait réaliser un forage de reconnaissance. Ce forage a été réalisé par la société FORAGES MASSE fin 2016 - début 2017.

La société FORAGES MASSE, a sous-traité à l'entreprise IDEES-EAUX une prestation d'imagerie de paroi par diagraphie OPTV et de diagraphie gamma naturel sur ce forage de reconnaissance. L'objectif de cette intervention est de repérer et de caractériser les différentes structures et discontinuités rencontrées dans le but de compléter le log géologique obtenu en cours de forage.

Les mesures ont été réalisées les 13 et 14 février 2017, en présence des foreurs, représentant la société FORAGES MASSE, et de M. CHANCEL, société IDEES-EAUX, qui a réalisé les diagraphies et le présent rapport.

1.2. Localisation géographique

Du point de vue géographique, le forage de reconnaissance est situé sur la commune d'Espezel (11), à environ 30 km au Sud-Est de Limoux (Figure 1).

Le forage de reconnaissance est localisé sur l'extrait topographique présenté en Figure 2. Il est situé à environ 1500 m au Nord du village, au croisement de la RD 120 avec la RD 613.

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

3



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

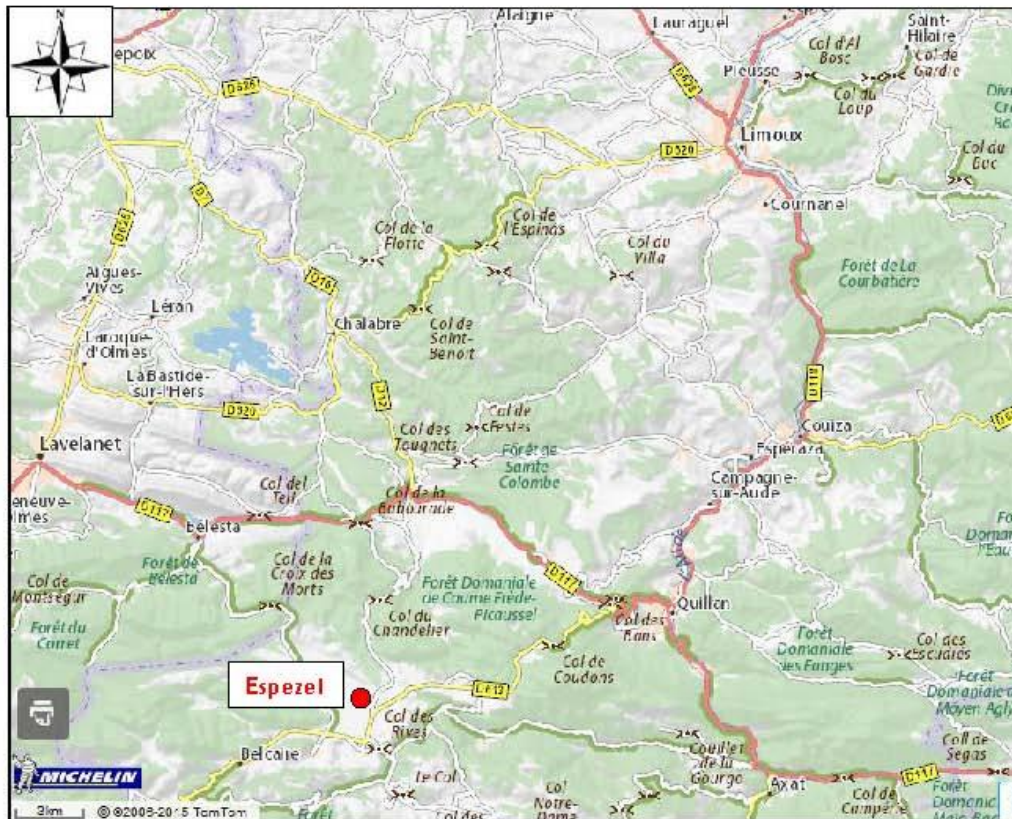


Figure 1 : Localisation géographique du site d'Espezel sur carte routière (VIA MICHELIN)

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

21



1.3. Données techniques

D'un point de vue technique, le forage de reconnaissance a été réalisé de la manière suivante :

- Forage au marteau de 0 à 145m et pose d'un tubage provisoire en acier Ø160/168 mm,
- Forage au marteau en Ø152 mm de 145 à 423 m,

1.4. Données géologiques

Le Pays de Sault occupe toute la partie sud-ouest du département de l'Aude et déborde largement sur l'Ariège. Sa superficie totale est de 340 km² ce qui en fait un des plus grands karsts des Pyrénées françaises.

Le plateau de Sault, constitué presque exclusivement de matériel carbonaté représenté par des calcaires et marno-calcaires du Crétacé Inférieur (entité 144A1A et 144A1B), appartient à la zone nord pyrénéenne.

Celle-ci est limitée au nord par le chevauchement frontal nord pyrénéen qui sépare le Pays de Sault de la zone sous-pyrénéenne à matériel néo-crétacé et tertiaire. Au sud, la zone nord pyrénéenne est bordée par la faille nord pyrénéenne, qui sépare le Pays de Sault des massifs paléozoïques constituant la zone axiale des Pyrénées (formations primaires et cristallines).

L'orogénèse pyrénéenne a affecté les formations du plateau de Sault engendrant de nombreuses déformations responsables de la structuration en écaillés à fort pendage, pouvant être subverticales.

L'ensemble est marqué par la présence de nombreuses failles d'orientation Est-Ouest.

Le secteur d'étude n'est pas couvert par une carte géologique au 1/50 000^e. La carte géologique de LAVELANET se termine à environ 1 km au Nord du forage. Nous avons tout de même localisé le point de forage pour le situer sur la carte.



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

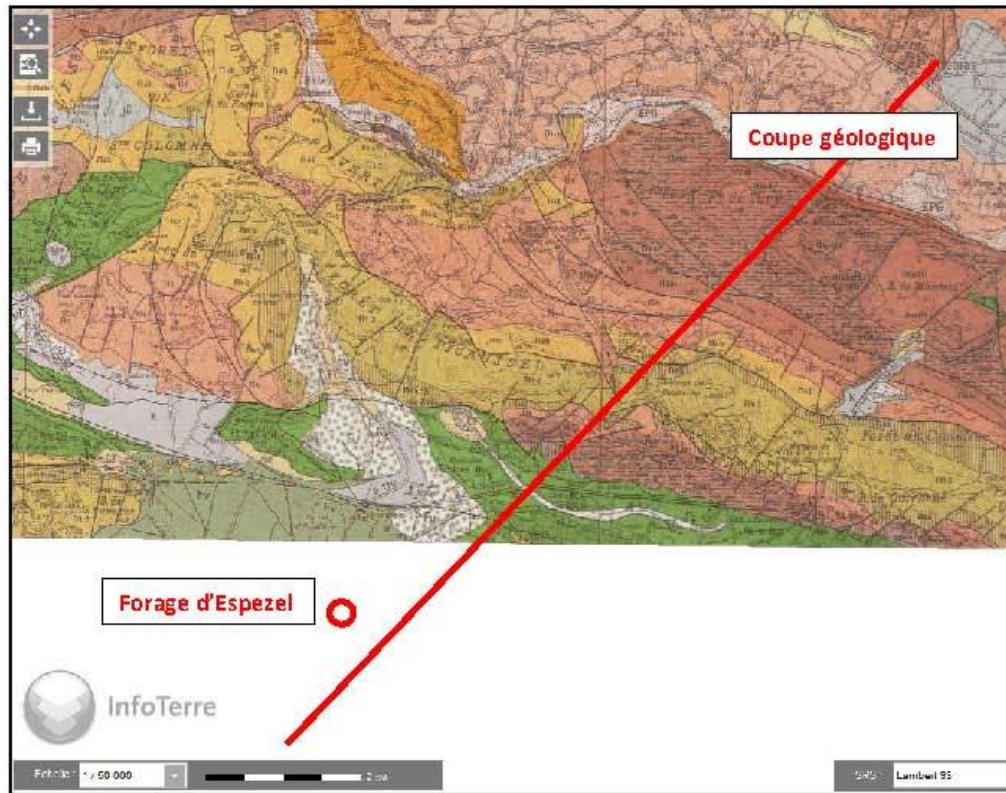


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de LAVELANET au 1/50 000^e (BRGM)

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

7

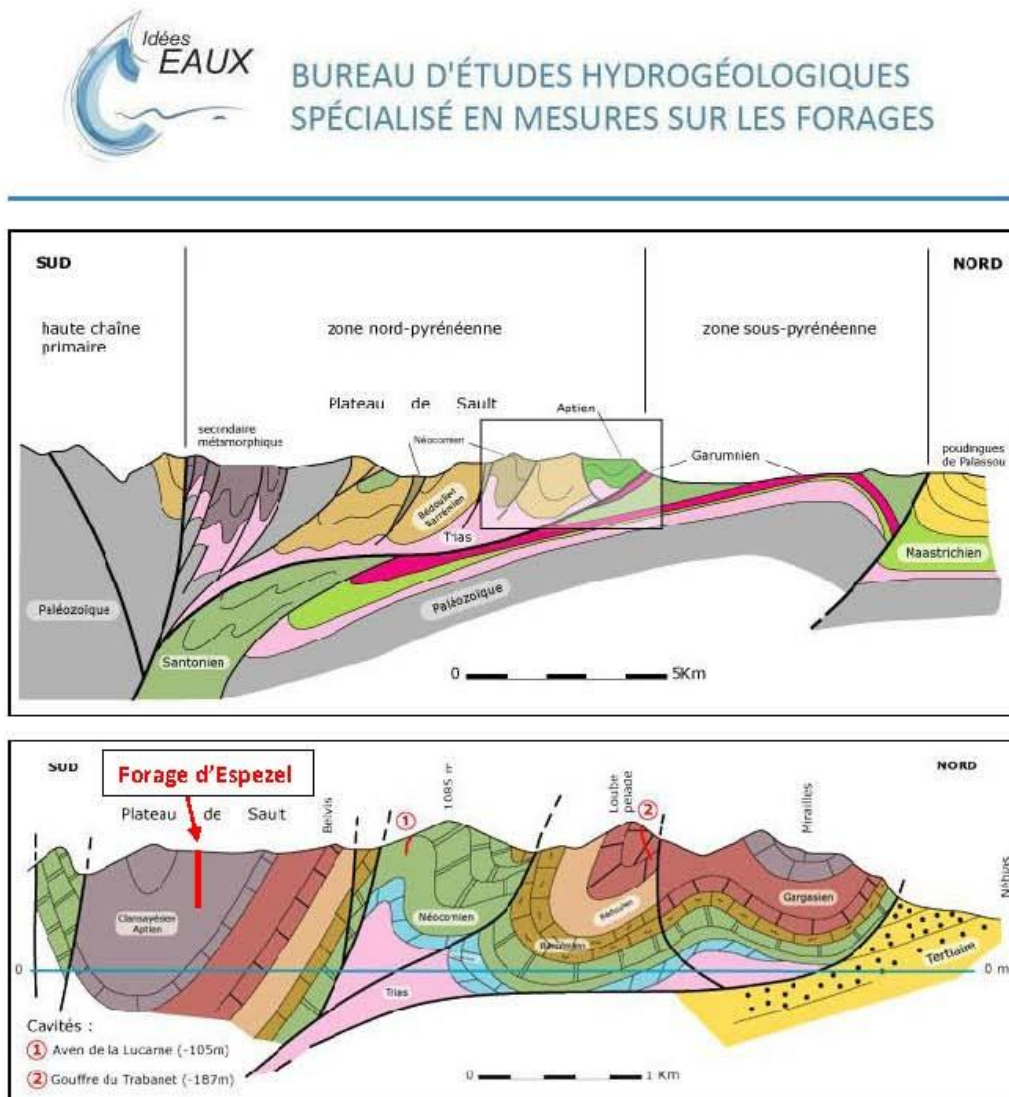


Figure 4: Coupe géologique Nord-Sud du Pays de Sault (d'après Souquet et al., 1980).

Le log géologique provisoire du forage de reconnaissance nous a été communiqué par le BRGM. Il est le suivant :

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



**BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES**

Profondeur (m)	Description géologique	Étage géologique
0-2	Argiles plastiques à blocs	Recouvrement quaternaire
2-9	Cavité (perte totale)	Barrémien inférieur
9-15	Calcaire gris-beige recristallisé	
15-55	Calcaire beige recristallisé et calcaire gris foncé avec oxydes de fer	Néocomien
55-79	Calcaire noir + ou – argileux avec pyrite	
79-158	Calcaire argileux noir + ou – dolomitique	Jurassique supérieur
158-170	Alternance de calcaire noir et gris clair	
170-190	Calcaire gris recristallisé	
190-210	Niveaux dolomitiques	
210-319	Calcaire gris foncé recristallisé à traces de rouille et petits minéraux noirs brillants alternat avec des calcaires gris clair finement recristallisés, des calcaires non dolomitiques et des calcaires gris recristallisés à pyrite.	
319-350	Calcaires gris noirs recristallisés avec petits niveaux de dolomie	
350-394	Alternance de dolomie noire et calcaires gris-noir recristallisé	
394-423	Calcaire gris/marron à noir cristallisé – Petit niveau de dolomie	Lias

Figure 5 : Log lithologique foreur non validé - BRGM

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



2. MESURE DU GAMMA NATUREL

2.1. Objectifs

Dans ce projet de recherche, l'objectif de cette diagraphie géologique par mesure du signal Gamma naturel des roches traversées par le forage, est d'identifier les différentes limites lithologiques et ainsi de pouvoir recalculer et affiner la coupe géologique relevée.

2.2. Principe de la mesure / moyens mis en œuvre

La mesure Gamma Ray est un enregistrement de la radioactivité Gamma naturelle des formations. Classiquement, cette mesure sert à identifier les zones argileuses des zones qui le sont moins. Elle permet donc de recalculer la coupe géologique relevée sur la base des cuttings de forage.

Le principe de la mesure Gamma Ray est donc basé sur le fait de l'existence d'éléments radioactifs dans les roches. Les seuls éléments radioactifs ayant une concentration notable dans les matériaux naturels sont le potassium, l'uranium et le thorium. On enregistre une radioactivité importante dans les :

- ✚ formations argileuses ; certains minéraux argileux renferment du potassium ;
- ✚ sels de potassium ;
- ✚ formations riches en matière organique qui peuvent concentrer l'uranium ;
- ✚ formations détritiques contenant des feldspaths potassiques ou enrichies en minéraux lourds ;
- ✚ roches d'origine mantellique (volcaniques ou plutoniques) enrichies en minéraux lourds.

La mesure s'effectue à l'aide d'une sonde combinée GFTC. La sonde (fiche technique disponible en Annexe 1) est équipée d'un cristal à scintillation NaI (Iodure de sodium) relié à un photomultiplicateur qui capte et amplifie le rayonnement Gamma naturel de certains minéraux radioactifs et renvoie sous forme de pulses l'information en surface vers le système d'acquisition. Les valeurs obtenues sont données en coups par seconde (CPS).

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

10



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

2.3. Résultats obtenus : corrélation avec la coupe géologique

Les résultats sont présentés sur la Figure 7. Nous avons placé une limite arbitraire à 20 cps de manière à identifier les formations pauvres en argiles des formations plus riches. La mesure a été réalisée jusqu'à 374 m, la sonde sur posant sur des argiles beiges.

On notera que le tubage en acier présent entre 0 et 145 m atténue le signal gamma.

Les résultats sont les suivants :

Profondeur (m)	Valeurs du gamma naturel (cps)	Corrélation log géologique
0-10	50	Recouvrement quaternaire et zone de cavité probablement remplie d'argile
10-18	20 à 30	Calcaire gris-beige probablement peu argileux
18-67	30	Calcaire beige recristallisé un peu plus argileux
67-74	15 à 25	Niveau peu argileux au sein des calcaires noirs ?
74-140	30 à 40	Calcaire argileux noir
140-155	50 à 75	Calcaire noir très argileux
155-165	30	Zone de transition avec passage d'un calcaire noir argileux à un calcaire gris peu argileux
165-186	10 à 20	Calcaire gris peu argileux
186-195	30 à 50	Niveaux dolomitiques probablement plus riches en minéraux radioactifs
195-370	10	Calcaires gris très peu argileux

Figure 6 : corrélation avec les valeurs de gamma-naturel et le log lithologique

On retiendra 2 grands ensembles mis en évidence par la mesure du gamma naturel :

- ✚ Un ensemble supérieur (0-155 m) montrant des valeurs globalement élevées en lien avec des calcaires et formations à dominante argileuses attribuées au Barrémien et au Néocomien.
- ✚ Un ensemble inférieur composé de calcaires gris et niveaux dolomitiques peu argileux datant du jurassique supérieur.

La transition entre ces deux grands ensembles est assez nette et se situe vers 155 m sur le log du gamma naturel.

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

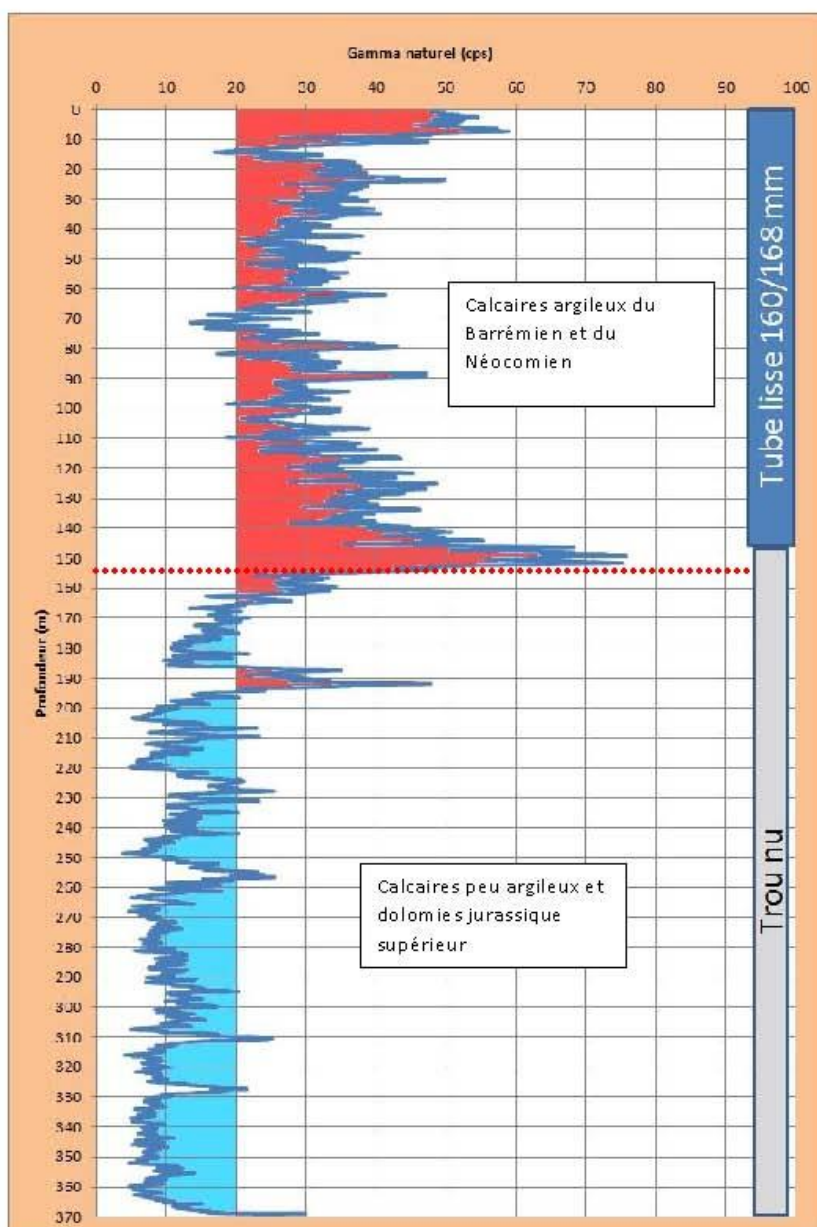


Figure 7 : Résultats de la diagraphie gamma naturel

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

3. INCLINAISON ET AZIMUT

Nous avons profité de la sonde OPTV pour mesurer l'inclinaison et l'azimut du forage. Les résultats sont portés sur la Figure 8.

La diagraphie montre que l'inclinaison du forage est irrégulière et présente un flambage :

- Le forage est proche de la verticalité entre 0 et 60 m,
- L'inclinaison augmente entre 60 et 146 m (sortie du tubage de soutènement) pour atteindre une valeur de 6°.
- L'inclinaison reste ensuite relativement stable entre 146 et 270 m où elle est proche de 7°, puis diminue un peu entre 270 et 370 m avec une valeur voisine de 6°.

L'azimut du forage montre une direction Sud-Ouest de la sortie du tubage de soutènement (zone perturbée par le magnétisme du de l'acier), et le fond du forage.

En conclusion, le forage présente une inclinaison assez marquée vers le Sud-Ouest à partir de 60 m de profondeur.

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

13



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

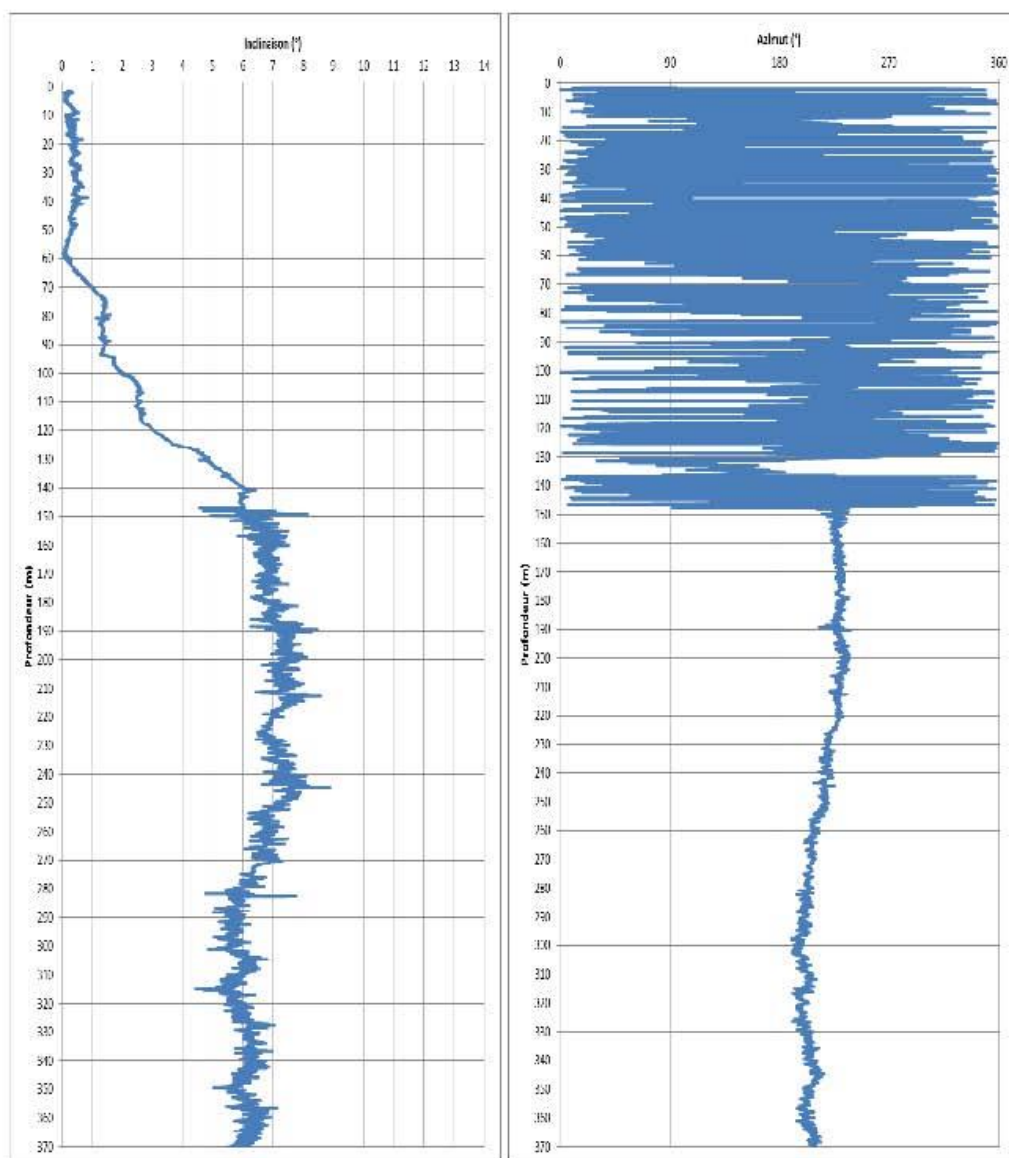


Figure 8 : Mesure de l'inclinaison et de l'azimut du forage d'Espezel

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

4. IMAGERIE DE PAROI

4.1. *Références des mesures*

La référence de l'ensemble des mesures est le sommet du tubage en 160/168 mm situé à environ + 1m/TN. Le top fond est atteint à 374,78 m, la sonde se posant dans des argiles rousses.

4.2. *Conditions de réalisation des mesures*

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une sonde « OPTV », à la descente et à la remontée et à vitesse constante. En l'occurrence, les vitesses étaient de l'ordre de 1,5 à 2m/min. La sonde était parfaitement centrée dans la partie non équipée du sondage à l'aide de deux centreurs en matériaux amagnétiques réglés sur un diamètre de 150 mm.

4.3. *Limites des mesures*

En fonction de la présence d'eau plus ou moins turbide et de la réflexion naturelle des roches en fonction de leur couleur, les paramètres d'intensité lumineuse et d'exposition ont été modifiés de manière à obtenir l'image la plus nette possible.

Aussi, la présence de dépôts sur le niveau d'eau peut, dans certains cas, en se collant sur la fenêtre de mesure, laisser des traces verticales sous forme de lignes.

Lors de la première descente, nous nous sommes rendu compte que la visibilité était très médiocre dès la traversée du niveau statique. En remontant la sonde, nous nous sommes aperçus que celle-ci était complètement engluée d'un dépôt huileux blanchâtre. Après discussion avec les foreurs, il s'est avéré que cette huile provenait du graissage du marteau, le surplus s'étant retrouvé en émulsion surnageant à la surface de l'eau. Il nous a donc fallu plusieurs manœuvres pour évacuer le produit et ainsi obtenir une image correcte.

4.4. *Résultats des mesures*

NB : sont nommées « structure » l'ensemble des plans recoupant le forage, qu'ils s'agissent de fissures, de joints stratigraphiques...

NB : est défini comme azimut d'une structure, l'orientation géographique de la ligne de plus grande pente de la structure.

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)

Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017

15



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

Les données graphiques sont présentées en Annexe 3 sur une figure regroupant :

- l'image brute de la diagraphie, sur laquelle a été tracée la projection des structures rencontrées,
- un log représentant ces structures sous forme de « tadpole ».

Les structures observées sur chaque sondage sont présentées :

- dans un tableau indiquant la profondeur, l'azimut et le pendage des structures,
- sur un stéréogramme de Wulff, hémisphère inférieur,
- sur un diagramme polaire « en rose » indiquant l'azimut du pendage des structures.

L'imagerie met en évidence un calcaire majoritairement sombre, globalement massif et parcouru par de nombreuses petites fissures remplies de calcite. Les fractures ouvertes sont très rares. Nous retiendrons les deux discontinuités principales suivantes :

- 188,2 m (ouverture 30 cm),
- 281,4 m (ouverture 20 cm).



Figure 9 : Vue de détail de la fracture majeure observée entre 188,04 m et 188,34 m

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

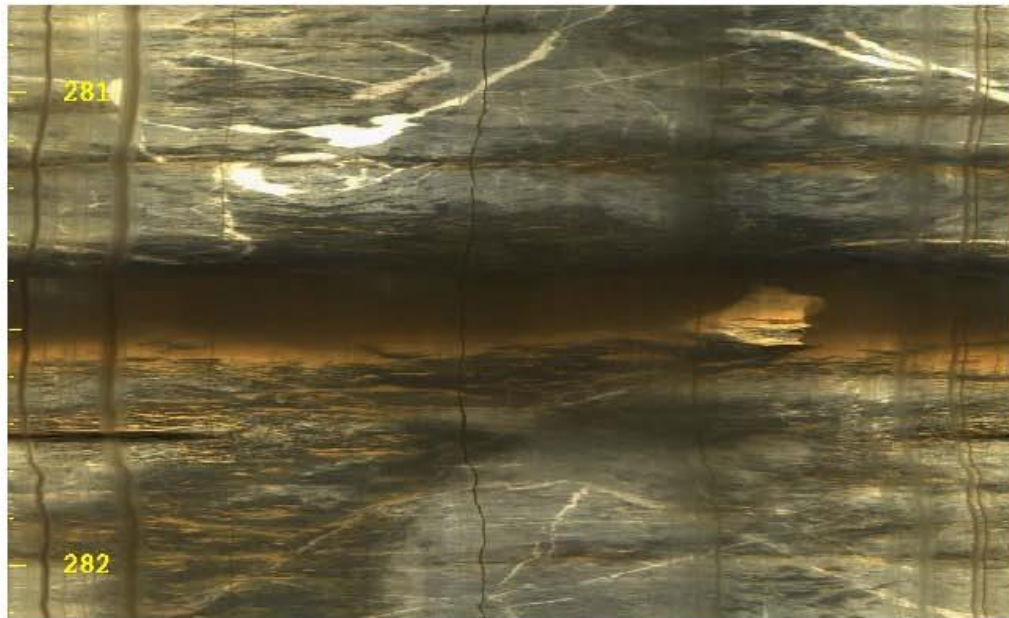


Figure 10: Vue de détail de la fracture majeure observée entre 281,35 m et 271,55 m

Dans le détail, l'ensemble des structures observées sont présentées sur un diagramme de Wulf (Figure 11) et récapitulées sur un tableau en annexe 2.

Les structures mises en évidence peuvent être classées en 3 familles :

- un ensemble très majoritaire (cercle bleu) avec des pendages moyens (25 - 65°) et un azimut des pendages d'orientation comprise entre SSO et SSE pouvant correspondre à une même famille de fissures calcifiées,
- un ensemble secondaire (cercle violet) avec des pendages moyens à forts (60 - 80°) et un azimut des pendages d'orientation Nord à Nord-Est pouvant correspondre à une autre famille de fissures,
- un autre ensemble secondaire (cercle vert) avec des pendages forts (60 - 85°) et un azimut des pendages d'orientation Ouest à ONO pouvant correspondre à une 3^{ème} famille de fissures,
- enfin, toute une série de points répartis de manière aléatoire pouvant mettre en évidence des structures isolées.

Les ouvertures de ces discontinuités sont très faibles (quelques millimètres tout au plus).

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf. / SC-160820-DIA - Mars 2017

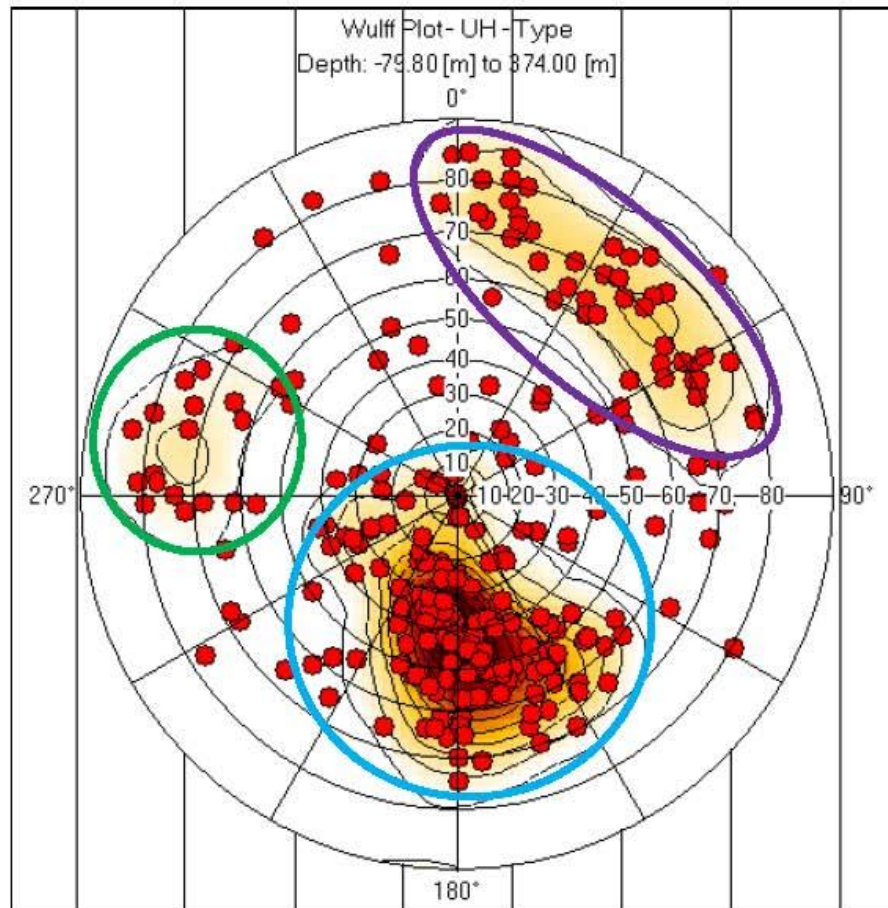


Figure 11 : Représentation des structures sur canevas de Wulff

5. CONCLUSIONS

D'un point de vue lithologique, le gamma naturel a pu identifier deux grands ensembles géologiques en raison de leur teneur en argile :

- ✚ Un ensemble supérieur (0-155 m) montrant des valeurs globalement élevées en lien avec des calcaires et formations à dominante argileuses attribuées au Barrémien et au Néocomien.

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

-
- ✚ Un ensemble inférieur composé de calcaires gris et niveaux dolomitiques peu argileux datant du jurassique supérieur.

Sur l'imagerie de paroi optique, nous avons pu observer seulement l'ensemble inférieur composé de calcaires sombres, finement recristallisés et globalement massif.

D'un point de vue structural, les structures observées sont nombreuses mais peu ou pas ouvertes (ouvertures millimétriques) sauf pour deux structures (situées à 188,2 et 281,4 m) présentant des ouvertures respectives de 30 et 20 cm

La majorité des plans identifiés sur le log mettent en évidence des fissures remplies de calcite. 60% d'entre elles présentent une orientation allant de SSE à SSO avec des pendages globalement moyens.

On note également deux autres groupes de points minoritaires :

- Pendages forts et azimuth des pendages Nord à Nord-Est (43 points – 17%)
- Pendages forts et azimuth des pendages Ouest à ONO (20 points – 8%)

A Bourg-de-Péage, le 30 mai 2017

Rédacteur :

Simon CHANCEL
Gérant Hydrogéologue

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf. / SC-160820-DIA – Mars 2017

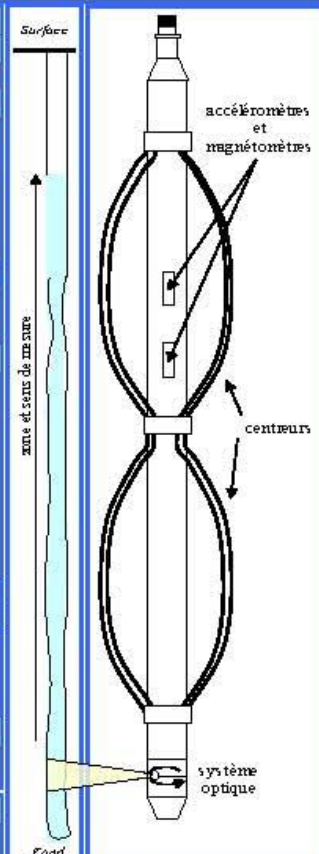
19



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

Annexe 1 : Fiche technique sonde OPTV

 FICHE TECHNIQUE OPTV (Optical Televiewer)	
GENERALITES :	
Grandeur mesurée : Déviation, image de paroi.	
Principe de la mesure : La sonde OPTV utilise la rotation d'un capteur optique en pied de sonde pour obtenir une somme de pixels de haute définition de la paroi du forage orientée à 360° et en continu du forage. Les données optiques sont traitées en temps réel et fournissent une image orientée et en déroulé de la surface interne du forage.	
Résultat : Image optique orientée à 360° de la paroi du forage.	
Intérêt : *Obtenir des données d'inclinaison et d'azimut du trou de forage *Réaliser une image de la paroi pour réaliser une simple observation des terrains (lithologie, pendage, fracturation, remplissage, schistosité, cavités...) *Utiliser l'orientation en 3D de l'image obtenue pour orienter les observations : direction de cavités, coordonnées géographiques des plans rencontrés pour traitement statistique et interprétation géomécanique et structurale	
CONTRAINTES D'UTILISATION :	
Forage : remplissage : • en eau claire • en boue • sec tubage : • PVC • acier (influence sur les magnétomètres) • trou nu forage : • cavité • destructif	
Limites physiques : ^ Profondeur maxi : 1500 m ^ Diamètre utile : 75 - 380 mm ^ Température maxi : 60°C ^ Pression maxi : 150 bars	
CARACTERISTIQUES DE LA SONDE :	
Longueur : 1800 mm Diamètre : 52 mm Poids : 5 kgs Système optique / 3 accéléromètres et 3 magnétomètres	
ENREGISTREMENT - MESURES :	
Sonde : • centrée • excentrée Mesure : • descente • remontée Vit. d'enregistrement : 2 m/min Système optique : résolution circulaire (360 à 1440 pixels/360°) résolution verticale (0,1 à 3 mm : fct diamètre ouvrage et vitesse mesure) Inclinaison : précision : 0,5° ; Azimut : précision : 1°	
CALIBRATION :	
Etalonnage : usine Contrôle : ^ Inclinaison/azimut : 3 points avec différentes inclinaison/azimut référence	



FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

Annexe 2 : Tableau de l'ensemble des structures observées

Profondeur (m)	Azimut / N (°)	Pendage (°)	Profondeur (m)	Azimut / N (°)	Pendage (°)
148.44	74.84	78.60	260.45	34.55	23.75
151.01	39.14	78.56	261.34	40.65	38.66
152.14	4.54	80.08	263.12	141.10	65.56
152.48	57.30	65.56	263.48	15.97	72.33
152.93	10.38	77.08	263.92	167.23	52.00
153.94	237.41	77.08	264.80	172.16	41.35
154.55	197.41	65.94	266.27	333.87	82.20
155.00	12.76	74.48	268.65	170.42	37.95
158.38	64.00	77.89	269.05	14.23	16.70
161.56	46.05	75.62	269.32	165.48	37.95
163.02	49.88	84.43	270.39	174.48	43.83
163.66	193.45	52.85	270.79	212.81	20.81
164.11	156.58	63.89	271.00	156.48	34.22
165.45	127.95	56.66	271.26	163.74	40.70
165.88	99.11	56.66	271.50	169.84	46.12
166.38	181.95	48.24	276.25	82.45	69.95
166.65	143.57	48.24	276.91	247.65	27.47
167.34	153.98	48.24	277.76	150.68	54.46
167.60	168.72	37.23	278.22	137.32	54.46
168.38	239.42	67.38	278.70	155.90	54.46
168.69	203.20	21.80	280.06	54.29	18.78
169.09	236.39	49.72	281.15	166.06	6.84
169.44	44.89	73.43	281.37	355.94	6.84
169.74	277.59	35.75	281.98	13.06	72.65
170.04	242.67	68.04	282.27	219.48	16.70
171.62	60.51	64.95	282.54	28.45	64.32
172.26	33.61	63.66	282.82	161.71	51.56
173.25	193.01	20.81	282.92	17.42	34.22
174.97	114.94	26.57	283.47	166.94	50.66
176.96	178.27	61.21	284.19	170.13	50.66
177.86	142.27	22.78	286.37	12.19	69.68
178.21	187.16	24.70	286.61	243.00	32.62
179.76	42.51	37.23	287.06	145.74	43.23
180.05	191.27	52.43	287.86	266.52	71.79
180.49	256.73	39.35	290.12	344.32	67.38
180.71	191.27	43.23	292.36	164.32	54.07
180.89	186.18	55.59	297.19	9.87	80.75
181.31	84.36	51.12	298.27	315.87	64.54
182.43	198.55	51.12	298.82	10.45	56.31
182.96	220.36	61.48	301.29	256.65	64.54
183.12	224.36	66.13	301.80	267.97	61.21
183.60	212.00	64.95	303.49	247.06	22.78
184.48	217.45	57.00	303.95	273.77	22.78
184.72	205.45	37.95	306.02	152.42	58.93
184.81	69.45	25.64	306.48	323.13	80.98
185.51	304.36	70.97	307.41	288.87	72.85
188.13	61.82	71.33	307.96	149.52	51.12
188.95	92.15	70.97	308.62	338.52	51.12

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf. / SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

189.30	59.64	69.81	309.60	36.29	76.16
190.09	66.90	51.56	311.91	36.58	71.57
190.28	64.21	69.81	312.52	27.00	69.81
190.80	40.57	68.96	313.41	173.61	57.00
192.63	36.00	61.21	313.77	165.19	52.43
195.07	0.00	0.00	314.86	173.90	49.72
195.09	38.03	62.73	315.82	283.65	72.54
195.68	33.97	70.47	317.92	170.42	28.37
197.60	54.29	68.81	318.75	329.81	45.00
197.74	45.00	70.47	319.93	60.39	46.67
198.95	162.58	65.75	321.26	188.13	54.46
201.07	92.03	65.75	321.68	211.35	54.46
201.50	83.32	65.75	322.18	161.13	63.43
202.05	158.23	59.53	323.73	268.26	79.39
203.27	45.00	22.78	324.48	273.86	77.74
203.85	210.77	22.78	324.95	272.22	80.54
204.38	119.03	80.28	325.57	268.27	67.88
205.11	182.32	65.56	326.28	281.42	82.77
205.58	184.35	61.99	327.13	19.73	66.50
205.84	181.45	37.23	328.10	198.58	45.57
206.08	161.13	69.68	329.37	4.60	74.05
206.64	178.84	63.43	329.99	32.55	76.03
207.16	178.84	63.43	330.55	345.53	44.42
207.62	6.39	72.54	332.12	292.93	76.29
208.17	192.48	52.43	332.28	172.93	49.72
208.60	350.71	32.62	332.61	175.89	45.00
209.22	187.55	64.11	332.65	296.22	74.05
209.55	185.52	64.11	334.43	289.32	62.24
210.20	26.71	60.40	335.38	272.55	77.14
210.40	67.94	69.25	336.07	269.92	73.79
211.81	175.35	41.35	338.90	256.44	41.35
213.08	96.10	41.35	339.11	248.22	27.47
214.29	60.97	74.14	340.03	249.53	34.99
214.74	64.74	70.85	341.36	174.58	0.00
218.85	138.77	54.85	342.10	211.40	32.62
219.13	297.29	11.31	343.44	301.48	57.67
219.43	170.13	45.57	344.32	292.60	65.16
219.57	156.77	40.70	344.66	263.01	15.64
219.71	159.10	34.22	345.50	174.58	71.10
220.38	144.00	46.12	346.14	179.51	74.56
220.83	181.45	42.61	347.39	179.51	69.95
221.28	184.06	38.66	349.12	247.23	40.03
221.74	187.55	38.66	350.07	246.25	33.42
222.11	285.68	23.75	352.19	356.71	75.83
223.71	180.58	23.75	353.92	187.07	23.75
224.12	200.32	31.80	354.25	190.36	22.78
224.66	189.29	31.80	354.60	154.19	22.78
225.71	232.55	37.95	355.14	190.68	25.64
227.56	302.52	1.15	358.11	171.62	48.24
227.92	195.97	1.15	358.98	176.22	51.12
228.14	2.32	84.55	359.31	165.04	51.12

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

229.04	184.35	41.99	359.43	180.49	25.64
229.21	180.00	41.35	359.55	167.34	57.00
229.59	204.68	22.78	360.45	178.19	57.00
229.96	195.97	34.99	360.76	183.12	52.43
230.34	206.13	37.23	361.11	285.37	79.55
230.45	193.35	37.23	361.49	152.22	54.85
231.08	190.16	37.23	364.08	146.96	61.99
231.87	13.06	80.25	364.69	303.12	28.37
232.19	75.77	78.69	365.66	266.96	55.95
233.16	175.35	41.35	368.14	110.72	34.99
233.42	180.58	41.35	368.52	177.96	65.36
234.13	299.03	53.27	369.06	130.42	60.40
234.52	281.32	30.11	369.67	346.08	81.20
235.37	118.16	65.36	369.98	147.74	53.27
236.40	118.74	22.78	370.47	152.49	69.54
236.89	305.71	6.84	370.78	135.51	58.93
237.22	192.77	32.62	370.95	148.08	63.20
237.67	184.65	32.62	371.75	99.85	68.96
239.45	179.71	6.84	373.19	61.81	52.85
240.28	182.32	43.23	373.48	56.38	57.99
240.60	182.90	34.99	373.83	187.47	31.80
240.92	185.81	34.99			
242.26	193.65	34.99			
243.34	151.55	12.41			
245.03	142.26	24.70			
245.47	194.81	31.80			
245.90	225.87	31.80			
247.20	136.16	47.73			
248.99	204.39	41.35			
250.50	305.13	55.59			
252.60	9.29	84.54			
255.54	194.23	38.66			
256.12	297.87	6.84			
257.19	113.23	35.75			
258.31	359.13	84.17			

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)
Rapport Réf./ SC-160820-DIA - Mars 2017



BUREAU D'ÉTUDES HYDROGÉOLOGIQUES
SPÉCIALISÉ EN MESURES SUR LES FORAGES

Annexe 3 : Images interprétées

FORAGES MASSE

Diagraphie gamma-naturel et imagerie de paroi optique sur forage de reconnaissance – ESPEZEL (11)

Rapport Réf. / SC-160820-DIA - Mars 2017

24

Les images interprétées (images de paroi) sont à consulter auprès du projet SAULT.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 - 45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction Territoriale Languedoc-Roussillon
1039 rue de Pinville
34000 Montpellier – France
Tél. : 04 67 15 79 90 - www.brgm.fr