

SIDOM
Canton de ROUTOT
27670 LE BOSC ROGER EN ROUMOIS

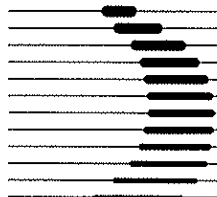
**Faisabilité de l'extension du centre d'enfouissement technique de
MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)
Reconnaissance géologique**

A07525

OCTOBRE 1996

ANNEXE 6

Résultats des slugs tests



ANTEA

les sciences de la Terre au service de votre projet

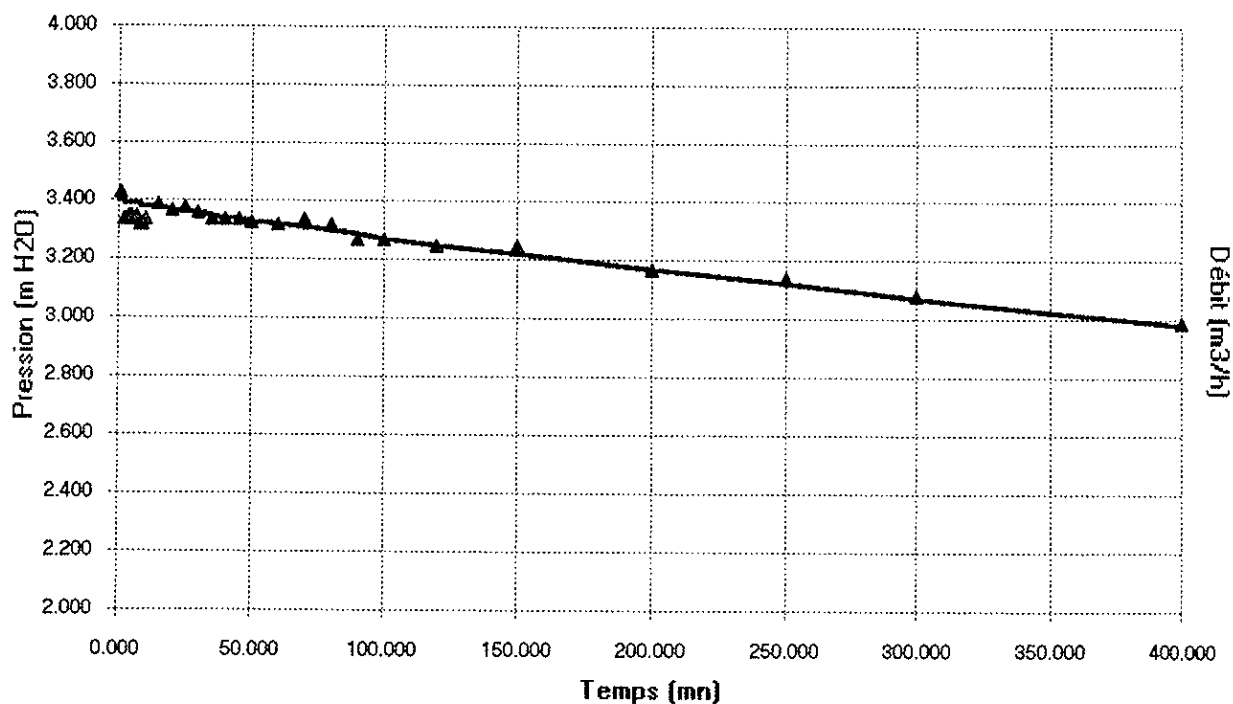
Société d'ingénierie et de conseil du groupe BRGM



LOGICIEL IMPULSE 3.2

Référence client:	SIDOM du Roumois
Opérateur:	A. Agullana
Date de l'essai:	30/09/1996
Lieu:	Malleville sur le bec
Nom du forage:	S1
Aquifère testé:	Argiles à silex
Diamètre du forage (mr):	84
Fichier traité:	S1.isa
Nature de l'essai:	Slug test

▲ Charges observées — Charges calculées



RESULTAT DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation **Cooper et al.**
Porosité d'interstice

- Transmissivité	5.00E-08 (m ² /s)
- Coef. d'emménagement	1.00E-05
- Coef. perméabilité de Darcy	1.10E-08 (m/s)

PARAMETRE DE L'ESSAI

Charge initiale

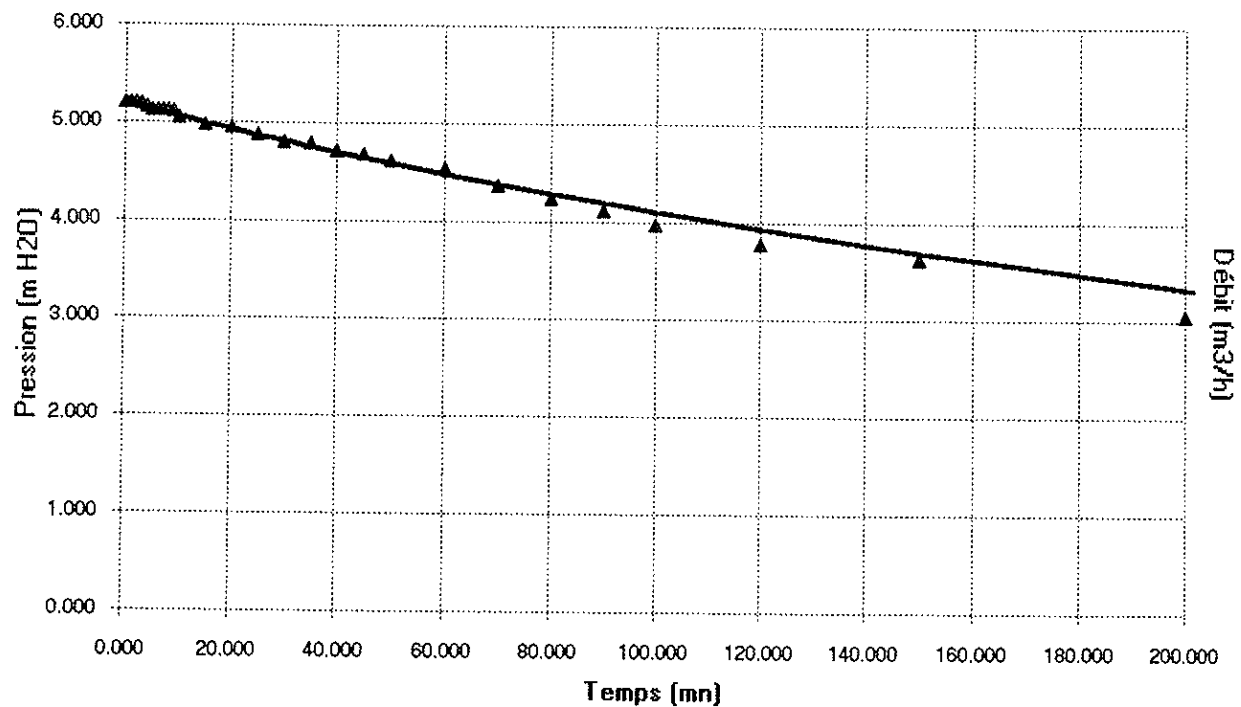
- Charge mesurée dans la formation avant choc	-3.5 (m/sol)
- Charge initiale imposée dans colonne de test	-6.9 (m/sol)
- Choc hydraulique	3.4 (mH ₂ O)



LOGICIEL IMPULSE 3.2

Référence client:	SIDOM du Roumois
Opérateur:	A. Agullana
Date de l'essai:	01/10/1996
Lieu:	Malleville sur le bec
Nom du forage:	S2
Aquifère testé:	Argiles à silex
Diamètre du forage (m):	84
Fichier traité:	S2.isa
Nature de l'essai:	Slug test

▲ Charges observées — Charges calculées



RESULTAT DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation Cooper et al.
Porosité d'interstice

- Transmissivité	3.90E-07 (m2/s)
- Coef. d'emmagasinement	1.00E-05
- Coef. perméabilité de Darcy	1.10E-07 (m/s)

PARAMETRE DE L'ESSAI

Charge initiale

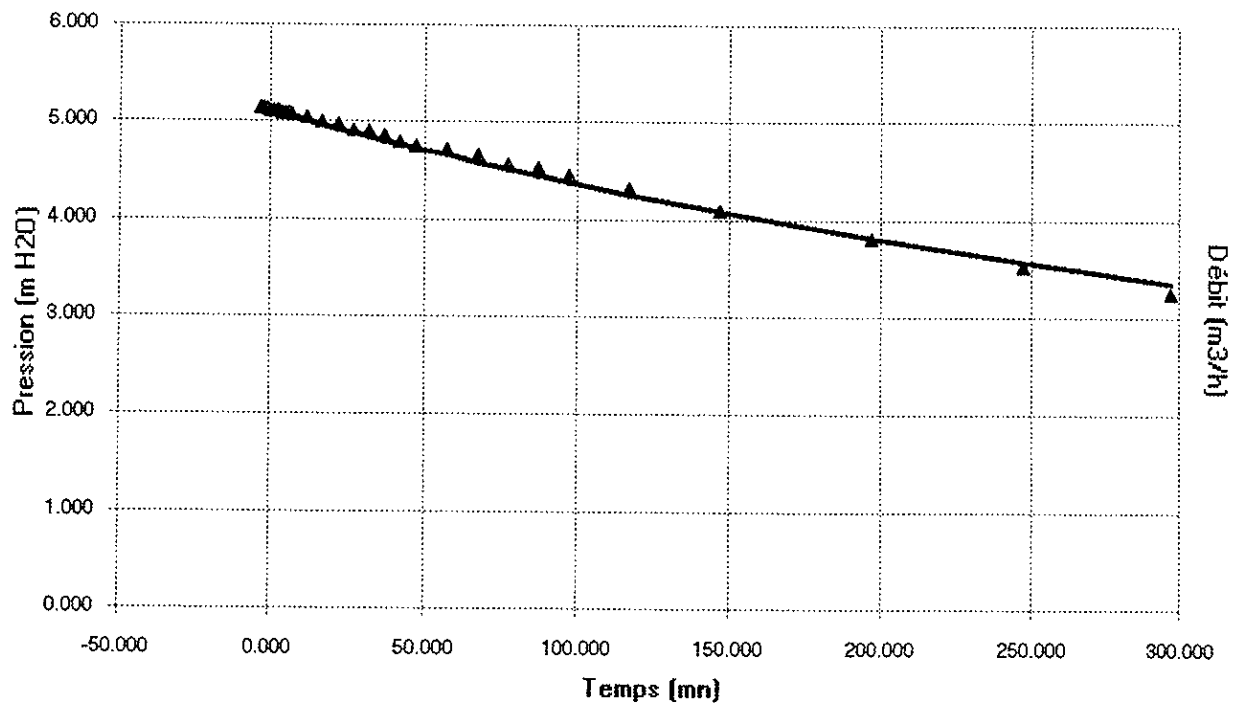
- Charge mesurée dans la formation avant choc	-4.81 (m/sol)
- Charge initiale imposée dans colonne de test	-10.02 (m/sol)
- Choc hydraulique	5.21 (mH2O)



LOGICIEL IMPULSE 3.2

Référence client:	SIDOM du Roumois
Opérateur:	A. Agullana
Date de l'essai:	01/10/1996
Lieu:	Malleville sur le bec
Nom du forage:	S4
Aquifère testé:	Argiles à silex
Diamètre du forage (mr):	84
Fichier traité:	S4.isa
Nature de l'essai:	Slug test

▲ Charges observées — Charges calculées



RESULTAT DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation: **Cooper et al.**
Porosité d'interstice

- Transmissivité	2.00E-07 (m ² /s)
- Coef. d'emmagasinement	1.00E-04
- Coef. perméabilité de Darcy	5.70E-08 (m/s)

PARAMETRE DE L'ESSAI

Charge initiale

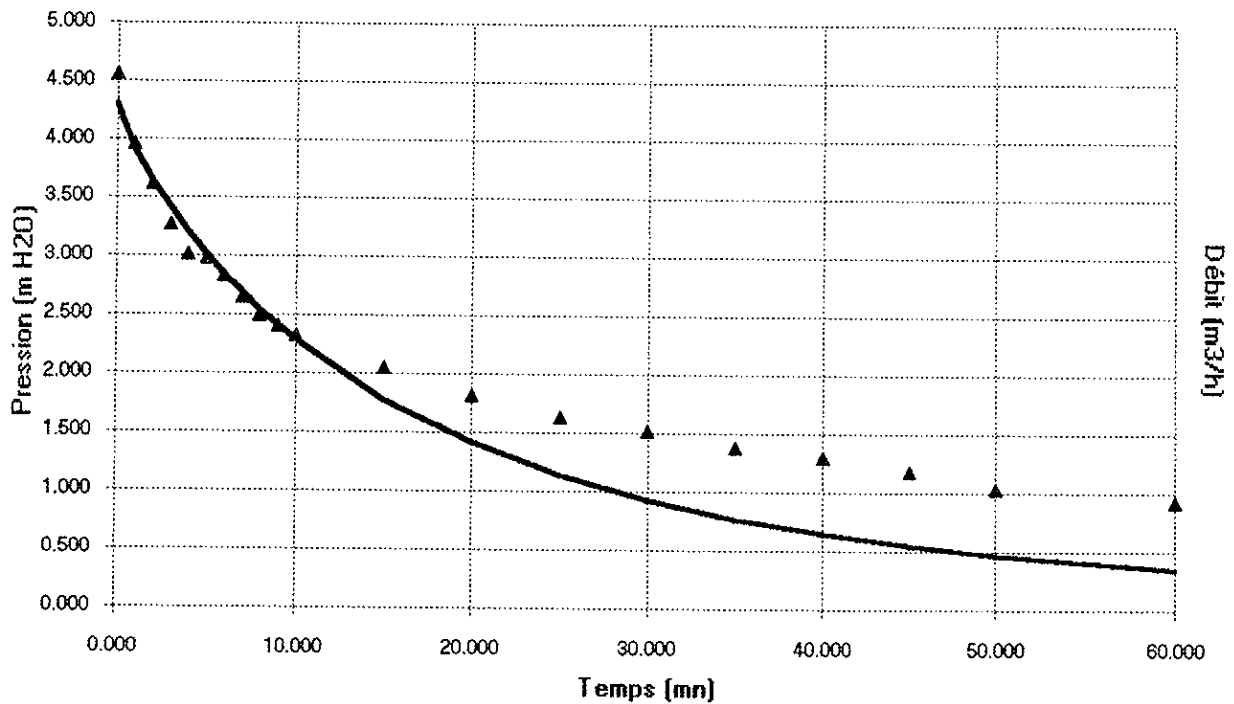
- Charge mesurée dans la formation avant choc	2.78 (m/sol)
- Charge initiale imposée dans colonne de test	-2.36 (m/sol)
- Choc hydraulique	5.14 (mH ₂ O)



LOGICIEL IMPULSE 3.2

Référence client:	SIDOM du Roumois
Opérateur:	A. Agullana
Date de l'essai:	01/10/1996
Lieu:	Malleville sur le bec
Nom du forage:	S5
Aquifère testé:	Argiles à silex
Diamètre du forage (m):	84
Fichier traité:	S5.isa
Nature de l'essai:	Slug test

▲ Charges observées — Charges calculées



RESULTAT DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation: **Cooper et al.**
Porosité d'interstice

- Transmissivité	7.00E-06 (m2/s)
- Coef. d'emmagasinement	1.00E-03
- Coef. perméabilité de Darcy	1.50E-06 (m/s)

PARAMETRE DE L'ESSAI

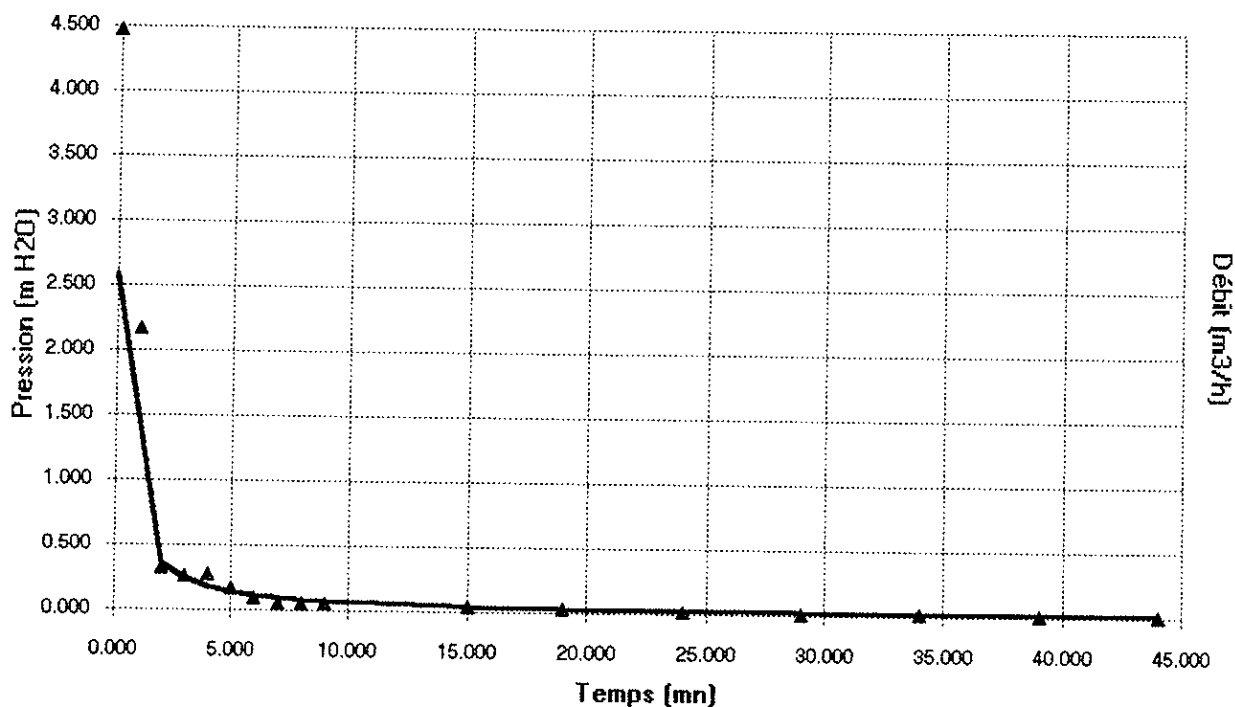
Charge initiale	
- Charge mesurée dans la formation avant choc	-0.54 (m/sol)
- Charge initiale imposée dans colonne de test	-4.84 (m/sol)
- Choc hydraulique	4.3 (mH2O)



LOGICIEL IMPULSE 3.2

Référence client:	SIDOM du Roumois
Opérateur :	A. Agullana
Date de l'essai:	01/10/1996
Lieu :	Malleville sur le bec
Nom du forage:	S6
Aquifère testé	Argiles à silex
Diamètre du forage (m):	84
Fichier traité:	S6.isa
Nature de l'essai:	Slug test

▲ Charges observées — Charges calculées



RESULTAT DE L'AJUSTEMENT

Méthode d'interprétation: **Cooper et al.**
Porosité d'interstice

- Transmissivité	7.00E-05 (m ² /s)
- Coef. d'emmagasinement	1.00E-02
- Coef. perméabilité de Darcy	1.30E-05 (m/s)

PARAMETRE DE L'ESSAI

Charge initiale

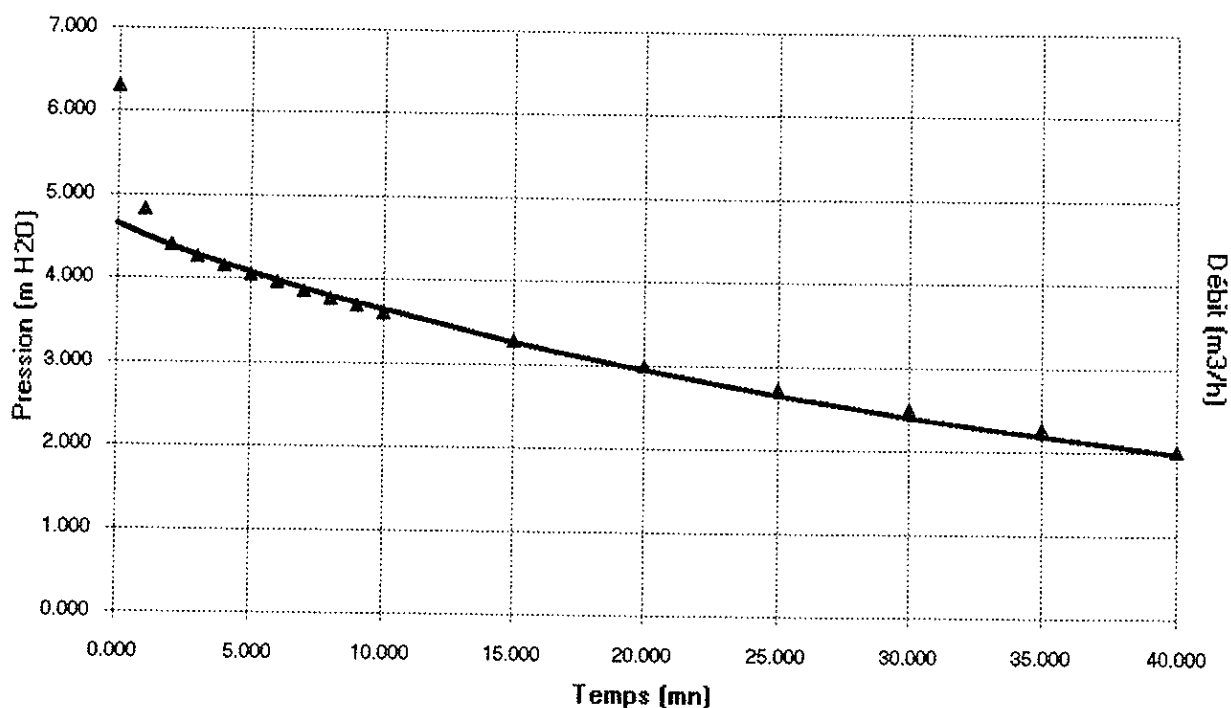
- Charge mesurée dans la formation avant choc	-6.78 (m/sol)
- Charge initiale imposée dans colonne de test	-11.25 (m/sol)
- Choc hydraulique	4.47 (mH ₂ O)



LOGICIEL IMPULSE 3.2

Référence client:	SIDOM du Roumois
Opérateur:	A. Agullana
Date de l'essai:	29/09/1996
Lieu:	Malleville sur le bec
Nom du forage:	S8
Aquifère testé:	Argiles à silex
Diamètre du forage (m):	84
Fichier traité:	S8.isa
Nature de l'essai:	Slug test

▲ Charges observées — Charges calculées



RESULTAT DE L'AJUSTEMENT

PARAMETRE DE L'ESSAI

Méthode d'interprétation **Cooper et al.**

Porosité d'interstice

- Transmissivité	4.00E-06 (m ² /s)
- Coef. d'emmagasinement	1.00E-05
- Coef. perméabilité de Darcy	8.50E-07 (m/s)

Charge initiale

- Charge mesurée dans la formation avant choc	-2.15 (m/sol)
- Charge initiale imposée dans colonne de test	-6.8 (m/sol)
- Choc hydraulique	4.65 (mH ₂ O)

Formation testée

Annexe III : **Carte d'isoconductivité**

ANTEA ROUEN

MALLEVILLE SUR BEC (76)
EXTENSION DE DECHARGE

Etude géophysique

**CARTE D'ISOCONDUCTIVITES
MESURE PROFONDE
(TRANCHE 5 - 15M)**

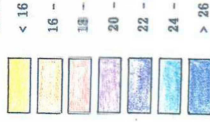
ECHELLE : 1/2 000

BDC 6074-03

LEGENDE

Station électromagnétique (valeur mS/mètre)

Variation des conductivités
en millisiemens/mètres (mS/m)



Zone à faible conductivité (< 18 mS/m)

470

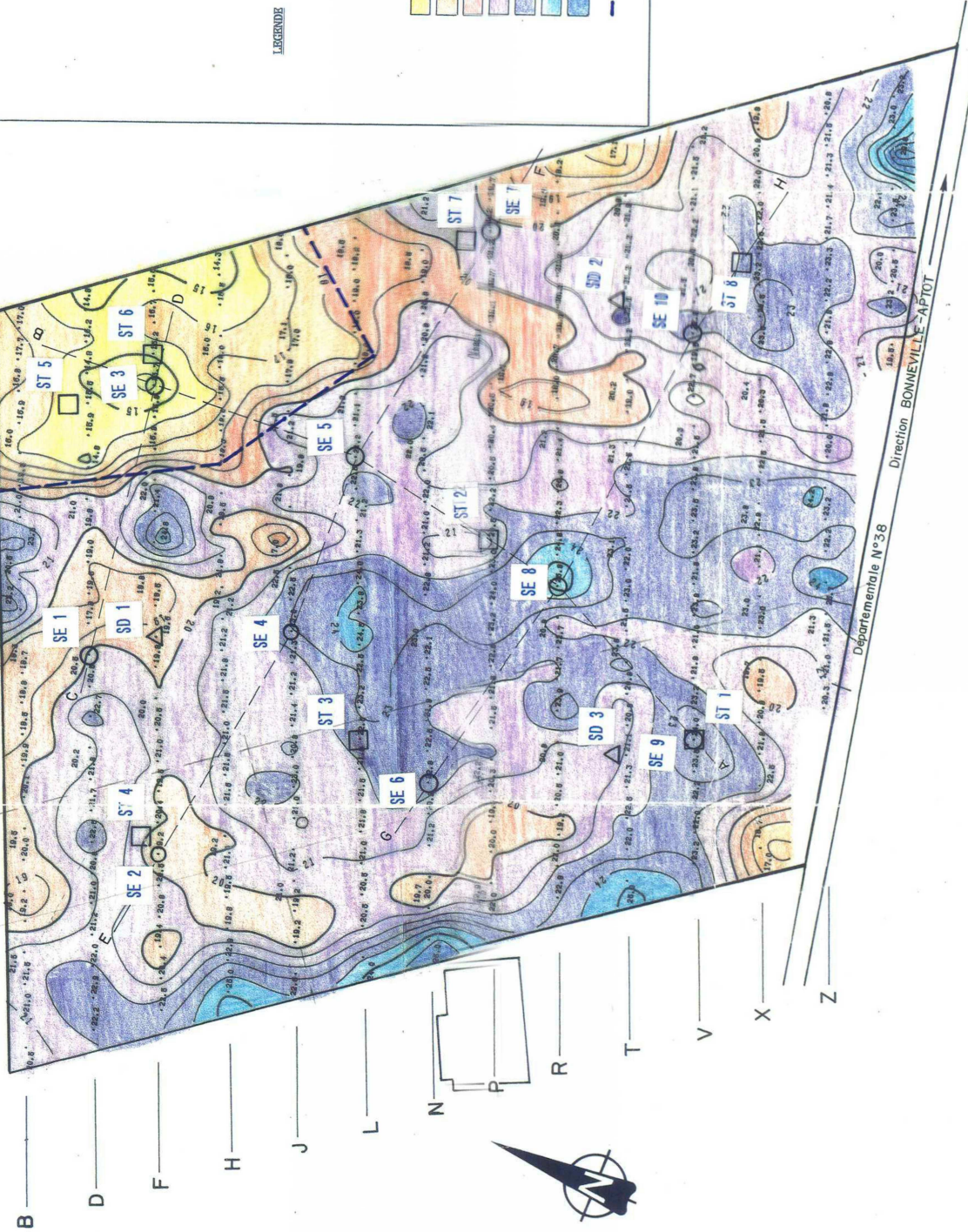
390

290

190

90

10



Direction BONNEVILLE-APTOT
Départementale N°38



B ———
D ———
F ———
H ———
J ———
L ———
N ———
P ———
R ———
T ———
V ———
X ———
Z ———

Annexe IV : **Etudes géophysique**

FUGRO GEOCONSULTING S.A.S

**EXTENSION CET MALLEVILLE SUR LE BEC
(27)**

RECONNAISSANCES GEOPHYSIQUES

Rapport de mesures

Période de mesures:
26-27 Janvier 2016

Rapport Fugro No.: 160056-62-A01

SDOMODE



FUGRO GEOCONSULTING S.A.S

**EXTENSION CET MALLEVILLE SUR LE
BEC (27)**

**RECONNAISSANCES GEOPHYSIQUES par
METHODE ÉLECTROMAGNETIQUE EM34 et
PANNEAUX ELECTRIQUES**

26-27 Janvier 2016

Préparé pour: **SDOMODE**
348, Rue Semaille
27300 Bernay
France



02	Final	ALF	SGR	SGR	15 février 2016
01	Pour commentaires	YBN	SGR	SGR	15 février 2016
Issue	Rapport	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Date

SOMMAIRE

1.	PREAMBULE	1
1.1	Objet de la mission	1
1.2	Assurance qualité	1
2.	CONTEXTE GEOLOGIQUE	2
3.	PRINCIPE DES METHODES	3
3.1	Panneaux électriques	3
3.1.1	Limites de la méthode électrique	3
3.2	Electromagnétique EM-34	3
3.2.1	Limites de la méthode	4
4.	RECONNAISSANCES REALISEES	5
5.	RESULTATS	6
5.1	Documents présentés	6
5.2	Examen des résultats	6
5.2.1	Mesures électromagnétiques	6
5.2.2	Panneaux électriques	6
6.	SYNTHESE DES RESULTATS	8

FIGURES

Figure 1 : Carte géologique de la zone d'étude - source infoterre®	2
--	---

1. PREAMBULE

1.1 Objet de la mission

A la demande et pour le compte de SDOMODE, la société Fugro Geoconsulting S.A.S. a réalisé une campagne de mesures géophysiques par méthode électromagnétique EM34 et panneaux électriques sur un terrain attenant au CET d'une superficie de 3,99 hectares situé au niveau de la commune de Malleville-sur-le-bec (27).

Cette campagne d'étude géophysique intervient dans le cadre de l'extension du CET en place. La reconnaissance a pour but de déterminer la structure géologique et l'homogénéité des terrains qui constitueront l'encaissant du futur CET.

Ce document correspond au compte-rendu de l'intervention réalisée entre le 26 et le 27 Janvier 2016. Les mesures ont été effectuées par Guillaume Buchot et Fabien Herrmann Techniciens géophysiciens.

Notre mission est une prestation d'investigations géotechniques au sens de la norme NF P 94-500 révisée en 2013.

Du fait du caractère indirect des mesures géophysiques, les résultats des traitements effectués ne constituent qu'une analyse possible des caractéristiques du milieu en fonction des données ou paramètres connus au moment de l'étude et suivant les limites des méthodes mises en œuvre.

Les données papier et en version numérique des mesures sont propriété du client ; elles peuvent à ce titre être envoyées sur simple demande.

1.2 Assurance qualité



FUGRO est membre de l'AGAP Qualité, association ayant pour objectif de promouvoir la qualité en géophysique.

Dans cet objectif FUGRO s'engage à avoir respecté les recommandations stipulées dans le CODE DE BONNE PRATIQUE en géophysique en ayant réalisé son investigation selon les recommandations à appliquer.

Pour garantir et assurer la qualité de nos prestations, Fugro est également certifié ISO 9001:2008 et OHSAS 18001:2007.

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Selon la base de données des sols du BRGM, plusieurs forages ont été réalisés au niveau du CET et près de la zone d'étude (voir annexe 1). En corrélation avec la carte géologique de Brionne (voir Figure 1), ces forages présentent la succession suivante

- i. Une couche de limons complexes des plateaux (LP) d'une épaisseur qui varie entre 3.5m et 5m sous la surface. Elle recouvre toutes les parties hautes de la région et repose sur l'argile à silex.
- ii. Une deuxième couche d'argile à silex résiduelle en place, au-dessus de la craie, rarement visible. Cette lithologie est constituée d'une argile collante, rougeâtre, enveloppant des silex entiers et remplissant des poches irrégulières, des fissures, des boyaux s'insinuant dans la masse de la craie (Brionne, Pont-Authou). Sous les limons des plateaux, cette formation argileuse présente une épaisseur comprise entre 12.5m et 15m.
- iii. Une troisième couche de craie blanche d'âge Sénonien (Coniacien) apparaît sous la couche d'argile à silex avec un faciès assez grossier en bancs épais séparés par des cordons de silex noirs ou gris foncé. Cette couche de craie forme le substratum d'un point de vue géophysique.

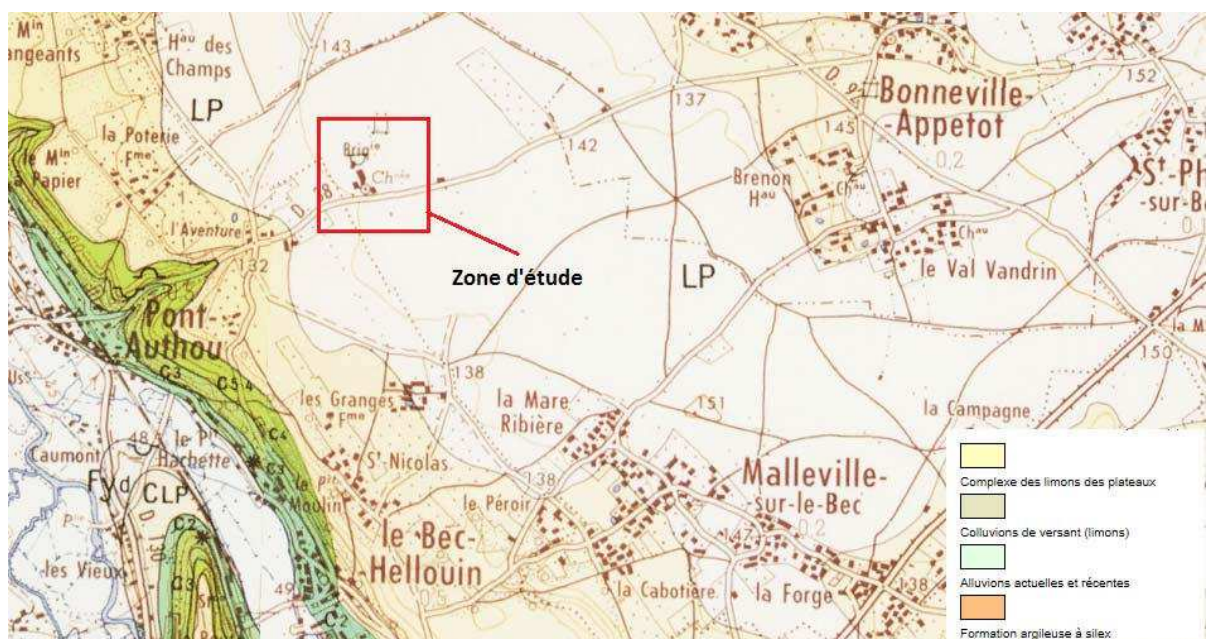


Figure 1 : Carte géologique de la zone d'étude - source infoterre®

3. PRINCIPE DES METHODES

3.1 Panneaux électriques

La méthode électrique consiste à mesurer la résistivité du sous-sol à différentes profondeurs au moyen d'un dispositif d'électrodes plantées à la surface du sol. Typiquement, on utilise un quadripôle comprenant 2 électrodes d'injection de courant (intensité I connue) et 2 électrodes de mesure du potentiel V , induit dans le sol par l'injection de I .

$$\rho_a = K \times \frac{\Delta V}{I}$$

Avec :

- ρ : résistivité apparente,
- K : coefficient géométrique du quadripôle,
- ΔV : différence de potentiel mesurée,
- I : intensité du courant injectée.

Si on fait varier la géométrie du quadripôle, on obtient une série de valeurs ρ_a permettant, grâce à un algorithme d'inversion des données, de déterminer les résistivités vraies du sous-sol en fonction de la profondeur. La profondeur d'investigation est proportionnelle à l'espacement entre les électrodes.

On obtient en final une image électrique du sous-sol sur une profondeur qui dépend du dispositif mis en place et qui représente la répartition de la résistivité dans le plan vertical situé sous le dispositif de mesure.

Les fichiers de données ont été transférés et convertis pour être ensuite traités par inversion avec le logiciel RES2DINV mis au point par M. H. LOKE. Ce logiciel est l'un des plus fréquemment utilisé pour l'inversion de données électriques.

3.1.1 Limites de la méthode électrique

Les résultats des panneaux électriques sont issus d'un calcul mathématique fondé sur un algorithme dont l'objet est de déterminer un modèle de terrain optimisé par rapport aux données. En conséquence les valeurs de résistivités et les profondeurs indiquées doivent être corrélées avec un étalonnage direct (sondages, puits à la pelle,...) afin de déterminer la nature exacte et de vérifier la profondeur des différentes interfaces.

3.2 Electromagnétique EM-34

La méthode électromagnétique consiste à exploiter la réponse du sous-sol sous l'action d'un champ électromagnétique. En pratique, on émet un champ primaire qui sous l'effet d'un corps conducteur produit un champ secondaire, mesuré par une bobine réceptrice. On en déduit la conductivité moyenne du sous-sol, exprimée en milliSiemens (inverse de la résistivité, exprimée en Ohm.m).

Les mesures sont effectuées successivement suivant 2 positions de bobines : bobines horizontales et bobines verticales. Pour le même écartement entre bobines ($D=10m$), la profondeur d'investigation est théoriquement égale à 7.5m lorsque les bobines sont verticales (dipôle magnétique horizontal) et 15m lorsque les bobines sont horizontales (dipôle magnétique vertical).



3.2.1 Limites de la méthode

Les performances de la méthode sont limitées par la présence de lignes et clôtures électriques, de matériaux métalliques en surface (carcasses de véhicules, ferrailles diverses...) et dans le sous-sol. Il est également possible que la conductivité électrique des matériaux en place soit un facteur limitant en cas de forte conductivité.

4. RECONNAISSANCES REALISEES

Les mesures électromagnétiques ont été réalisées par le système EM34 de Geonics, avec une distance entre bobines de 10 m et selon deux orientations des bobines (verticale et horizontale).

Afin d'assurer une couverture totale et exhaustive du terrain, les mesures ont été réalisées en mode continu suivant 8 profils, soit un total de 3590 points avec une orientation verticale des bobines et de 3385 points selon l'orientation horizontale. La position de chaque enregistrement a été levée à l'aide d'un GPS différentiel.

2 panneaux électriques de 128 électrodes ont été réalisés suivant un protocole d'acquisition Wenner-Schlumberger avec un espacement entre électrodes de 5m, soit une longueur totale de 635m pour chaque panneau.

Sachant que le zone d'étude présente une longueur totale de 570m, les mesures ont été alors étendues dans la partie Nord-ouest sur une parcelle avoisinante afin de garantir une couverture maximale depuis la surface et jusqu'à 30m de profondeur (voir plan de positionnement Planche 1).

Les coordonnées géographiques tous les 16 électrodes ont été levées pour chaque profil à l'aide d'un GPS Leica 1200 avec une correction Orphéon assurant une précision centimétrique (voir tableau ci-dessous).

	Lambert 2 étendu		WGS84	
Points	East	North	X	Y
Profil PE1				
PE1.01	2473694.76	482783.819	0.72768176	49.2501669
PE1.16	2473754.81	482739.379	0.72705509	49.2506981
PE1.32	2473818.76	482690.564	0.72636729	49.2512636
PE1.48	2473882.35	482641.831	0.7256807	49.2518258
PE1.64	2473945.57	482593.023	0.72499317	49.2523847
PE1.80	2474009.64	482544.758	0.72431283	49.2529513
PE1.96	2474073.26	482496.527	0.72363308	49.2535138
PE1.112	2474136.78	482447.714	0.72294535	49.2540754
PE1.128	2474200.01	482399.377	0.72226422	49.2546344
Profil PE1				
P2.001	2473705.56	482827.9	0.72828357	49.250272
P2.016	2473766.87	482784.543	0.72767142	49.2508147
P2.032	2473831.28	482737.259	0.7270045	49.2513846
P2.048	2473895.13	482689.355	0.72632922	49.2519493
P2.064	2473958.9	482641.18	0.72565023	49.2525132
P2.80	2474022.15	482592.083	0.72495871	49.2530724
P2.96	2474086.16	482543.257	0.72427068	49.2536383
P2.112	2474150.35	482495.193	0.72359305	49.254206
P2.128	2474214.15	482446.892	0.72291226	49.2547702



5. RESULTATS

5.1 Documents présentés

Les documents fournis sont :

- Un plan d'implantation de l'ensemble des mesures géophysiques (Planche 1),
- Les résultats des panneaux électriques sont présentés sous forme de sections de résistivité électrique (Planche 2),
- Les résultats des mesures électromagnétiques sont présentés sous forme d'une carte d'iso-résistivité (inverse de la conductivité) pour chaque position de bobines (Planche 3),
- Une proposition de sondage afin d'étalonner les mesures géophysiques (Planche 4).

Les résultats des mesures électromagnétiques sont présentés avec des valeurs de résistivité au lieu de conductivité afin de faciliter la lecture et la corrélation avec les profils électriques. Les échelles de couleur des deux méthodes ont été ajustées afin qu'une couleur corresponde à un type de terrain (bleu : terrains conducteurs ; rouge : terrains résistants).

5.2 Examen des résultats

5.2.1 Mesures électromagnétiques

A noter que la présence d'une grille métallique du côté Ouest de la zone d'étude et délimitant l'enceinte du CET existant, a largement perturbée les mesures électromagnétiques dans un rayon d'environ 10m autour de la grille.

5.2.1.1 Position verticale des bobines (dipôle magnétique horizontal) :

Les mesures font apparaître, à la profondeur d'investigation théorique de 7,5m, un terrain plus au moins homogène avec des résistivités qui varient entre 10 et 30 Ohm.m caractérisant un sol conducteur. Des valeurs de résistivité localement plus élevées sont enregistrées sur certaines zones, isolées et de faible étendue. Elles peuvent être liées à des artefacts de mesures ou à la présence d'objets métalliques enfouis.

5.2.1.2 Position horizontale des bobines (dipôle magnétique vertical) :

Les mesures à la profondeur théorique de 15m sont moins homogènes en comparaison avec la position verticale. Globalement, les valeurs sont électriquement plus résistantes avec toutefois la présence encore visible de deux zones :

- Une zone de résistivité moyennement faible comprise entre 30 et 50 Ohm.m dans la partie centrale de la zone.
- Une zone de forte résistivité (entre 70 et 250 Ohm.m) dans la partie Nord-Est et l'extrémité sud-est à la limite de la route.

5.2.2 Panneaux électriques

Les mesures présentent un terrain à 3 couches en terme de résistivité électrique jusqu'à environ 30 m de profondeur. On retrouve plus au moins les mêmes variations latérales sur les deux panneaux électriques.

On note la présence de:

- Une première couche avec des terrains présentant des valeurs de résistivité moyennement faibles comprises entre 40 et 60 Ohm.m depuis la surface et jusqu'à environ 5 m de profondeur. D'après les données géologiques disponibles près de la zone d'étude, cette couche correspondrait à la couche de limons des plateaux.
- Ensuite, une deuxième couche de faible résistivité avec des valeurs inférieures à 30 Ohm.m située entre 5 m et environ 15 m de profondeur. L'épaisseur de cette couche diminue dans la partie Sud-Est près de la route entre les abscisses 450 et 635 m (fin des profils), avec une épaisseur inférieure à 1m dans certaines zones. D'après les données géologiques, elle correspondrait à la couche d'argile à silex.
- La troisième couche de valeurs de forte résistivité comprises entre 80 et 180 Ohm.m se trouve au-dessous de la couche conductrice à environ 15m de profondeur et jusqu'à la limite de détection verticale des panneaux électriques. D'après les données géologiques, cette couche correspondrait à la couche de craie. Au niveau du panneau PE1, on observe une diminution de la résistivité autour de l'abscisse 180. Elle pourrait correspondre à un niveau d'altération plus important au sein de la craie dans cette zone.



6. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Après synthèse, nous constatons une bonne corrélation entre les résultats des panneaux électriques et EM34 ainsi qu'une bonne correspondance entre ces résultats et les données géologiques disponibles près de la zone d'étude en terme de stratigraphie.

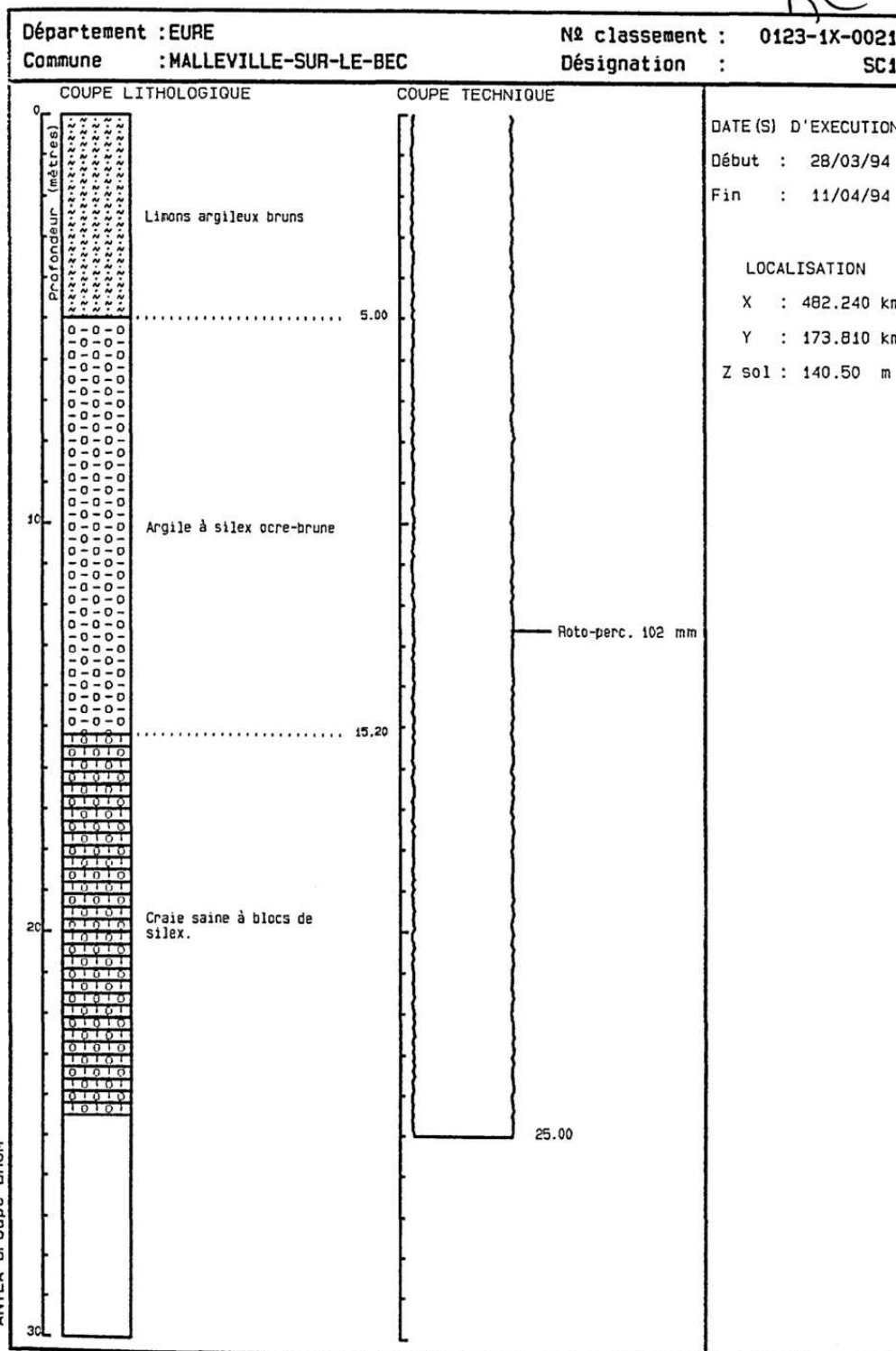
Afin d'étalonner nos résultats, nous préconisons de réaliser des forages dont le positionnement est indiqué sur le schéma d'implantation :

- Forage 1 (F1) : Traverse l'anomalie de faible résistivité de la couche de craie autour de l'abscisse 180m du panneau PE1,
- Forage 2 (F2) : traverse les trois terrains sans anomalie géophysique signalée,
- Forage 3 (F3) : situé au niveau de la diminution de l'épaisseur de la couche d'argiles.



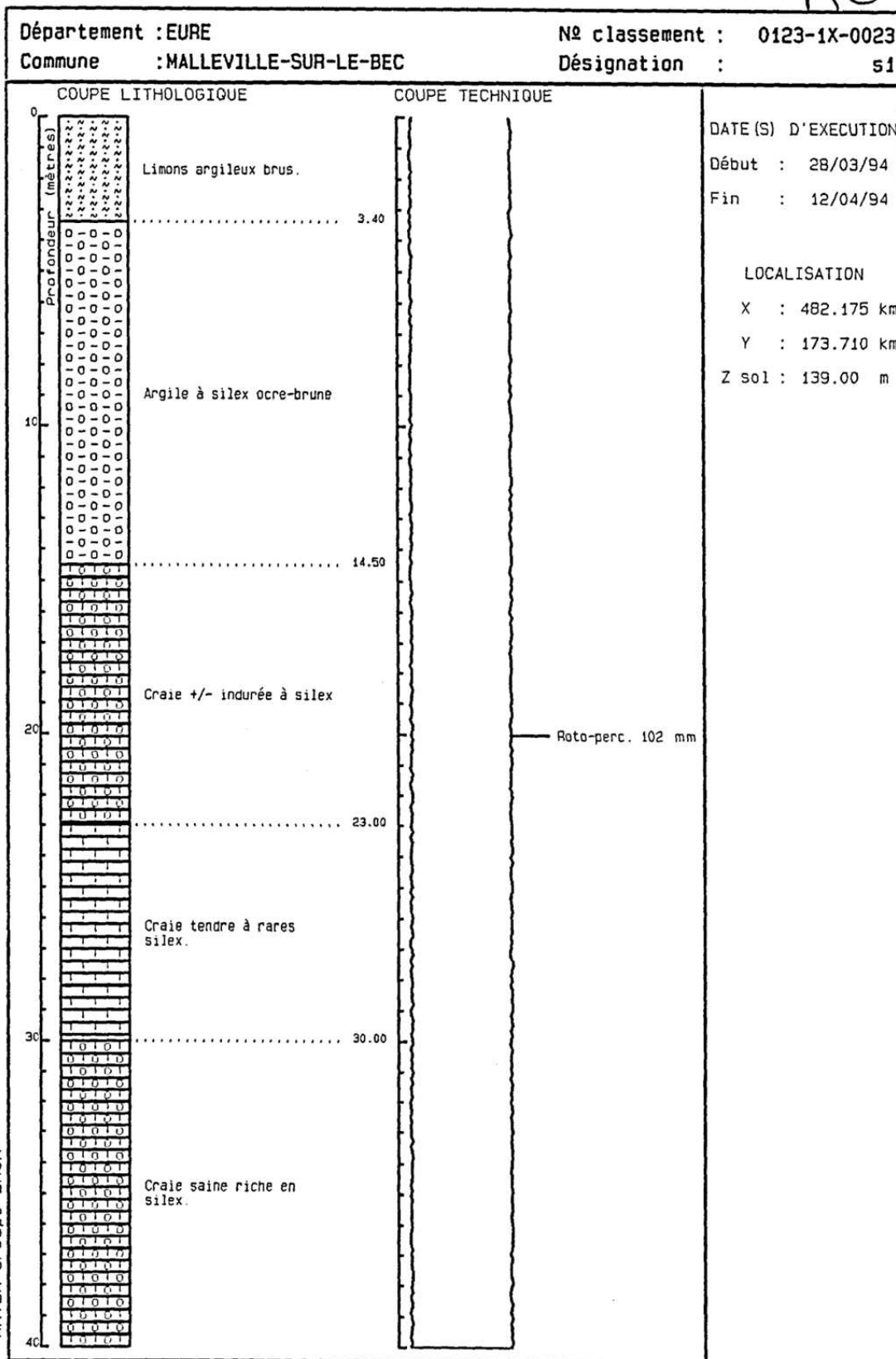
Annexes

A. ANNEXE 1 : LOG DE SONDAGE – SOURCE INFOTERRE



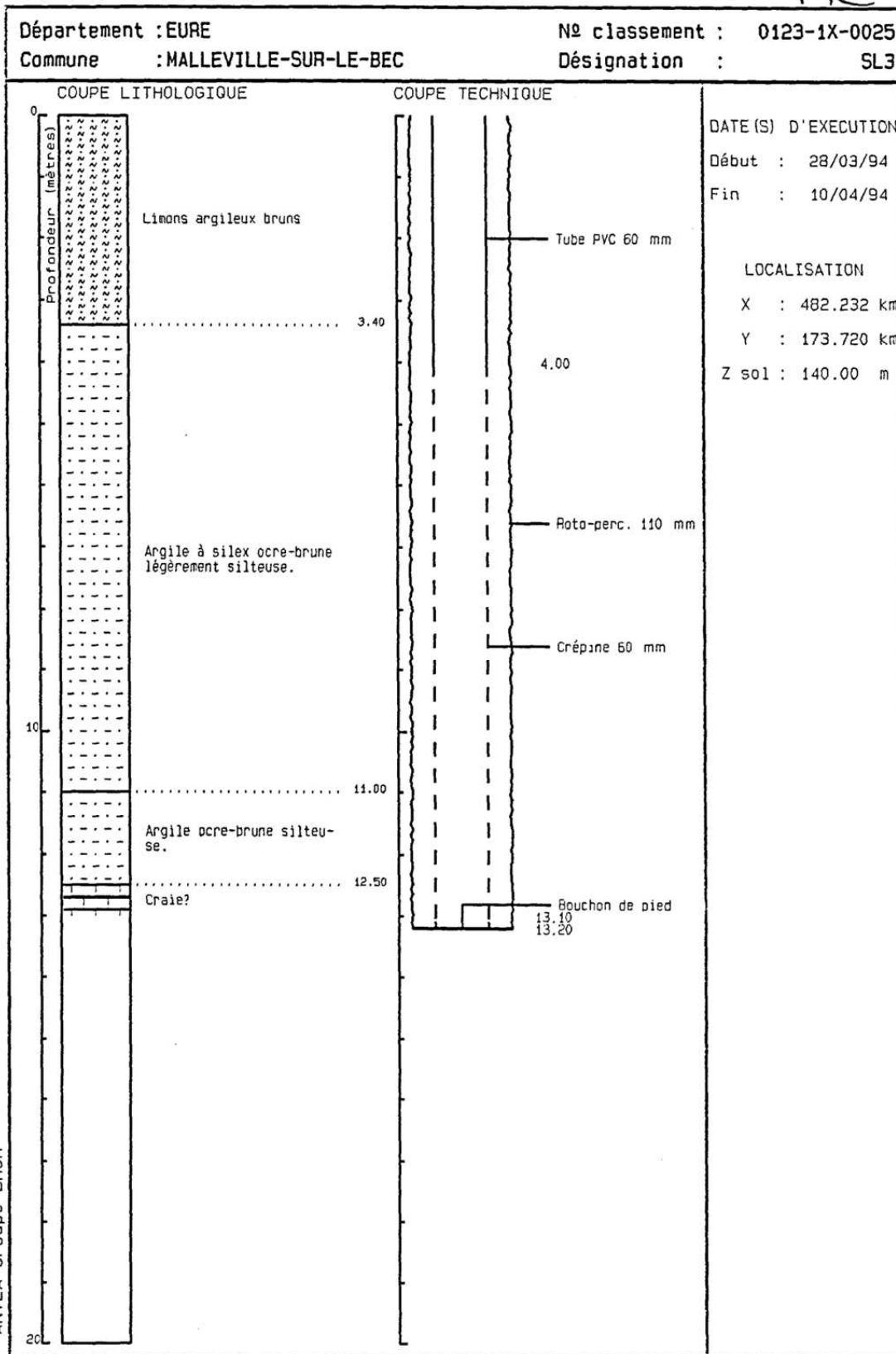


RC





RC







PLANCHES

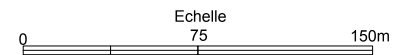


Légende:

-  : Panneau électrique
-  : EM-34

Coordonnées géographiques : WGS 84

Source image satellitaire : Google Earth

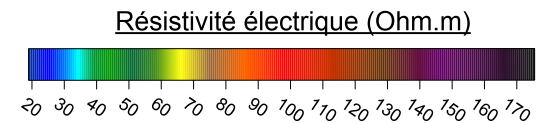
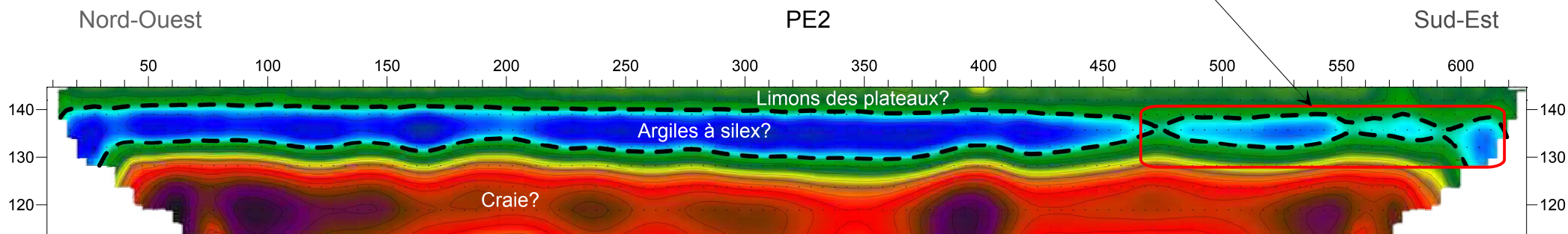
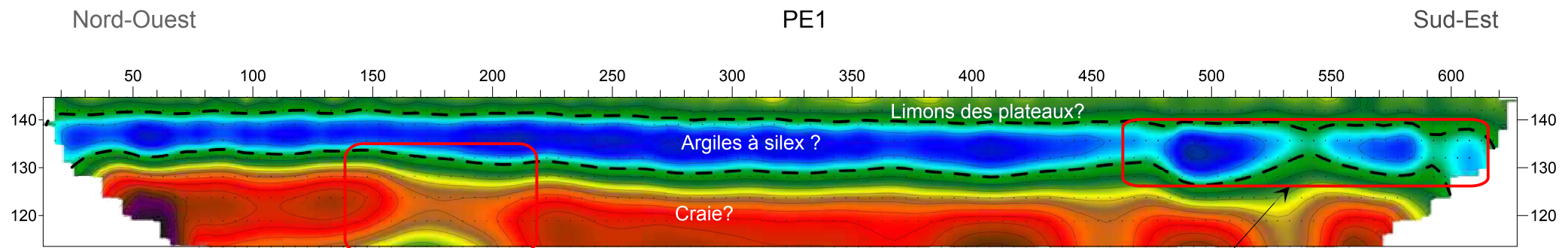


160056-62-A01 _ Investigation Géophysique
Malleville sur le Bec



Plan de positionnement

Planche 1/4



Exagération Verticale : x2



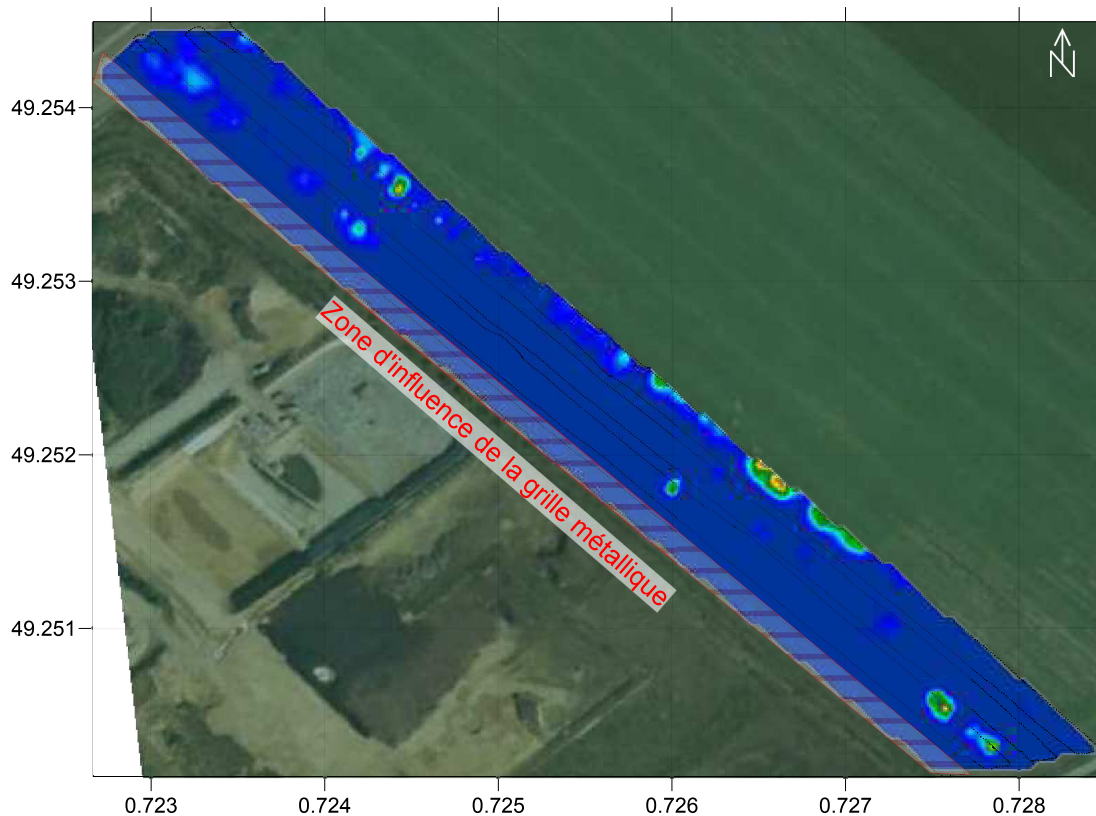
160056-62-A01 _ Investigation Géophysique
Malleville sur le Bec



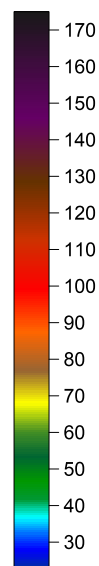
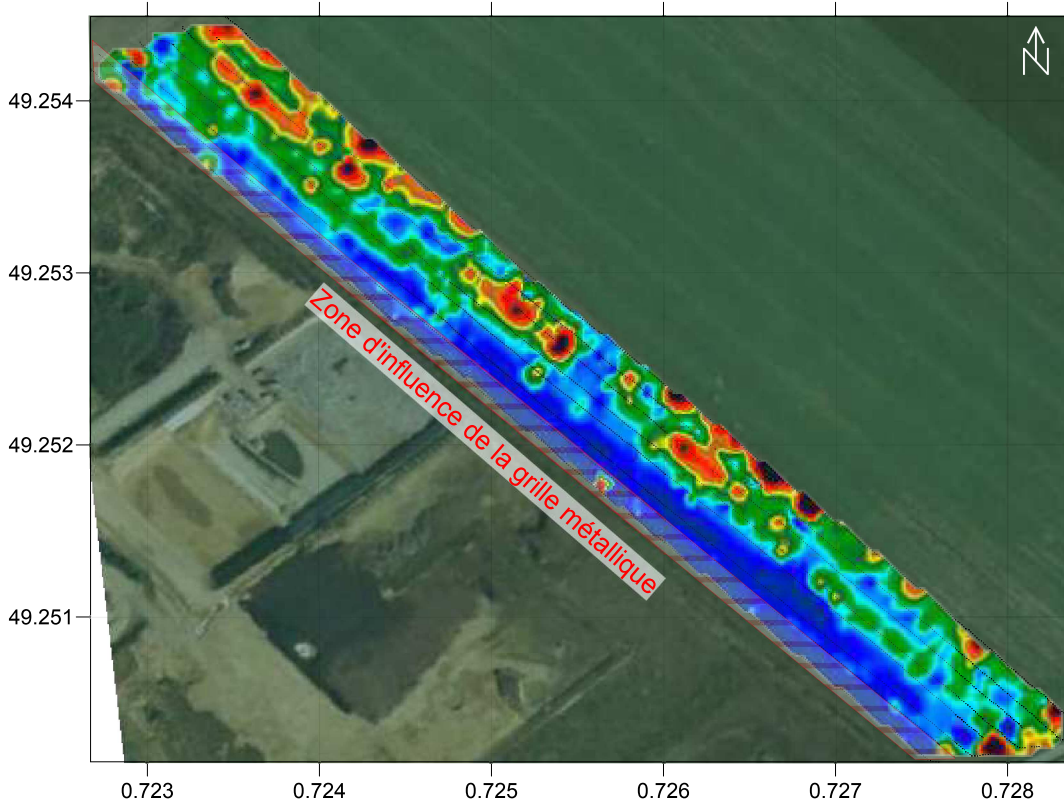
Coupes d'iso-résistivité électrique

Planche 2/4

Bobines Verticales (prof : 0 - 7.5m)



Bobines Horizontales (Prof : 0 - 15m)



Résistivité électrique
(Ohm.m)

Coordonnées géographiques : WGS 84
Source image satellitaire : Google Earth

Echelle
0 25 50 100 m



160056-62-A01 _ Investigation Géophysique
Malleville sur le Bec






Coupes d'iso-résistivité
électrique
EM-34

Planche 3/4

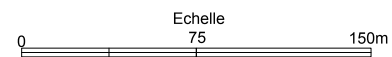


Légende:

-  : Panneau électrique
-  : EM-34
-  : forages

Coordonnées géographiques : WGS 84

Source image satellitaire : Google Earth



160056-62-A01 _ Investigation Géophysique
Malleville sur le Bec



Proposition de forages

Planche 4/4

Annexe V : **Études géotechnique**

Abrotec

SDOMODE

**Extension du I.S.D.N.D.
Route de l'Aventure**

MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)

Rapport n° : RN14 0619-1 indice 2

MISSION D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Géotechnique

Diagnostic

Essais

MISSION D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

(Mission sans ingénierie)

Ce dossier comprend :

- 1 compte rendu
- Annexe 1 : implantation des investigations in situ
- Annexe 2 : coupes des sondages pressiométriques
- Annexe 3 : coupes du sondage semi-destructif
- Annexe 4 : coupes des sondages carottés
- Annexe 5 : résultats des essais de perméabilité in situ
- Annexe 6 : résultats des essais en laboratoire

Agence en charge du dossier : **ABROTEC Normandie** - Tél : 02 78 01 10 80 - Fax : 02 78 01 10 81

Courriel : normandie@abrotec.fr

Indice	Date	Chargé d'affaire / VISA	Contrôle interne / VISA	Observations
1	31/05/2016	Rodolphe BLANQUET	Pierre POULIQUEN	1 ^{ère} émission
2	06/06/2016	Rodolphe BLANQUET 	Pierre POULIQUEN 	Complément d'information annotée sur les PV d'essais triaxiaux concernant la nature des échantillons testés

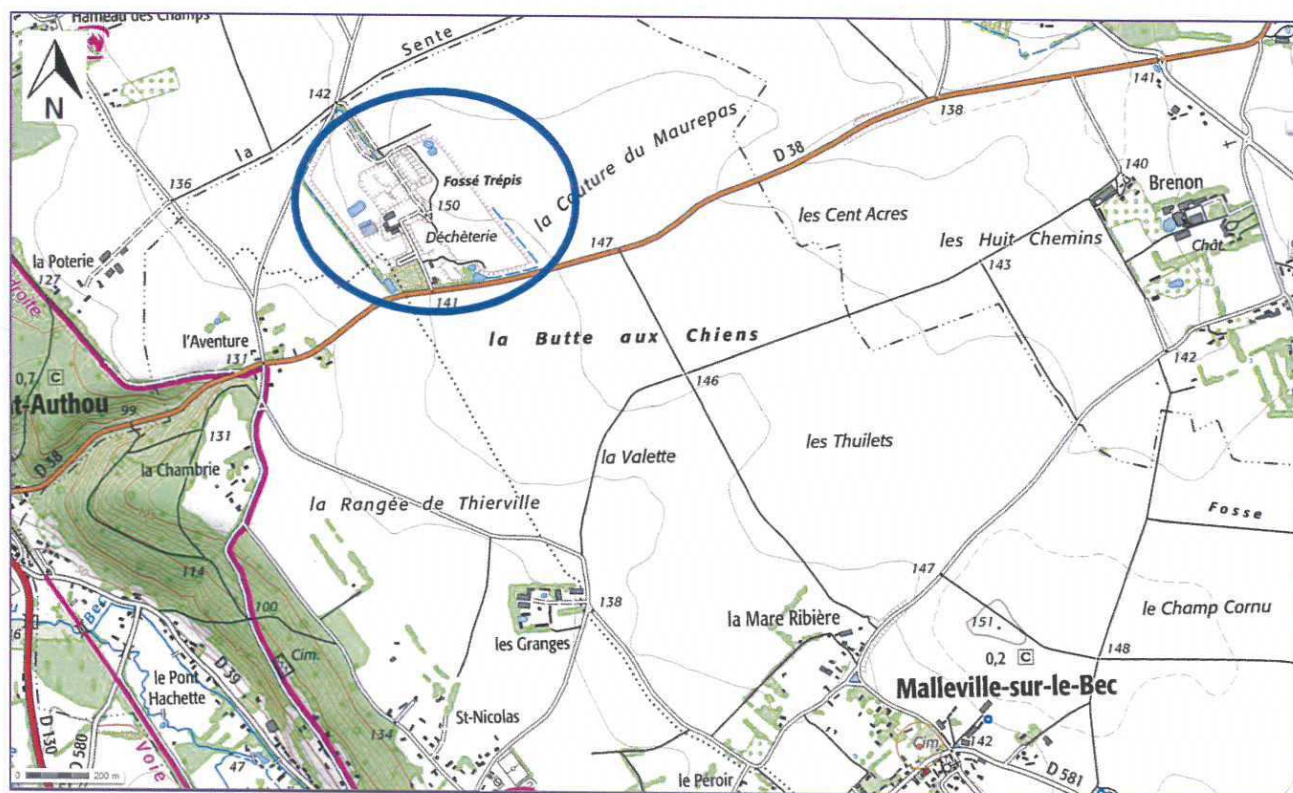
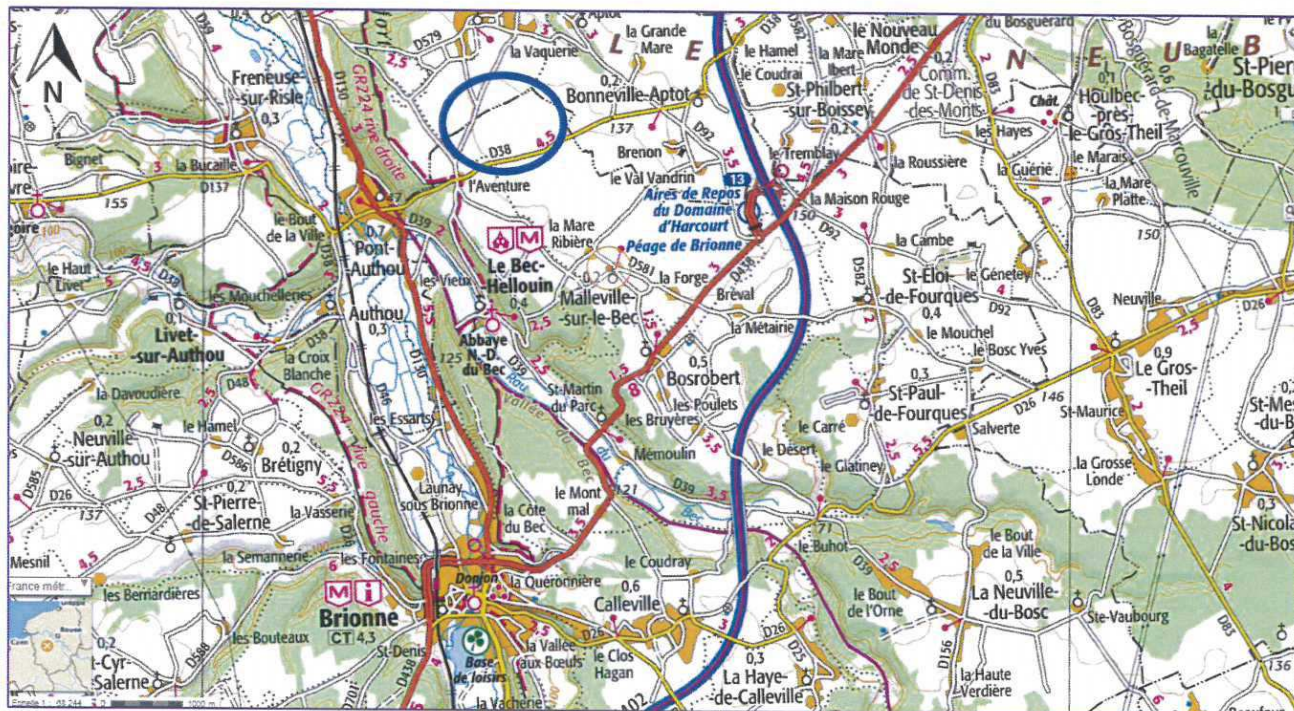
SOMMAIRE

SITUATION DE L'ETUDE	4
PRESENTATION DE L'ETUDE	6
I. Définition de l'opération – Mission.....	6
I.1. Mission.....	6
I.2. Documents communiqués	6
I.3. Intervenants.....	7
II. Descriptions générales du projet, du site et de l'existant.....	7
II.1. Caractéristiques du projet	7
II.2. Existants	7
II.3. Historique du site.....	7
II.4. Contexte géologique.....	8
II.5. Risques naturels.....	8
RECONNAISSANCE DES SOLS.....	11
III. Programme de la reconnaissance	11
III.1. Sondages de reconnaissance	12
III.2. Essais mécaniques in situ	13
III.3. Essais de perméabilité in situ.....	13
III.4. Essais en laboratoire.....	13
RESULTATS DES INVESTIGATIONS	15
IV. géologique du site	15
V. Niveau d'eau	16
VI. Perméabilité DES SOLS	16
VII. Essais en laboratoire	17
VII.1. Identification des sols	17
VII.2. Résultats des essais mécaniques en laboratoire.....	17
ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES.....	19

SITUATION DE L'ETUDE

RD38 (Route de l'Aventure) – MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)

(extrait carte IGN et photographie aérienne - source Géoportail)





PRESENTATION DE L'ETUDE

I. DEFINITION DE L'OPERATION – MISSION

1.1. MISSION

A la demande du BET BETA ENVIRONNEMENT et pour le compte de SDOMODE, ABROTEC a reçu pour mission de réaliser, une étude géotechnique de conception dans le cadre du projet d'extension du I.S.D.N.D., sur un terrain situé aux abords de la route départemental 38 (route de l'Aventure) sur la commune de MALLEVILLE SUR LE BEC (27).

La mission de conception a pour objectifs de définir :

- le contexte géologique et hydrogéologique du site ;
- les hypothèses géotechniques à prendre en compte pour la justification des ouvrages géotechniques du projet, à savoir : pente des talus ;
- les principes généraux de terrassement et d'assise de ces ouvrages ;
- diverses dispositions constructives et précautions liées au contexte géotechnique.

Dans un premier temps et à la demande de la maîtrise d'œuvre, le présent document récapitule et restitue l'intégralité des investigations in situ et les essais en laboratoire réalisés. Il s'agit d'une mission d'investigations géotechniques sans ingénierie selon la norme NF P 94-500 (Version de Novembre 2013). Puis l'étude proprement dite de la stabilité des pentes de talus et la stabilité des talus à créer seront réalisées ultérieurement après réception des données du projet par le Maître d'Œuvre.

A noter que l'ensemble des investigations et essais figurant dans ce document ont été transmis au fur et à mesure au Maître d'Œuvre.

1.2. DOCUMENTS COMMUNIQUES

Les documents afférents à cette étude sont :

- plan du site actuel sous format DWG, avec implantation prévisionnelle des points de sondages à réaliser ;
- rapport de mesures suite à la prospection géophysique par la méthode électromagnétique EM34 et par panneaux électriques, référencé 160056-62-A01 du 15/02/2016 version 2, réalisé par FUGRO GEOCONSULTING S.A.S préalablement aux sondages Abrotec ;
- rapport pour la faisabilité géologique pour l'extension du CET, établi par ANTEA en Octobre 1996 (référéncé A07525) ;
- rapport d'étude de stabilité du casier VI, établi par FONDOUEST, référencé FON/14802 indice A-RC2a du 21/06/11) ;
- rapport d'étude de stabilité du casier VII, établi par FONDOUEST, référencé FON/14802 indice A-RC1 du 02/03/09).

1.3. INTERVENANTS

Au moment de notre étude, les intervenants étaient les suivants :

Maitre d'ouvrage	SDOMODE
Assistant maîtrise d'ouvrage	BET EACM
Maitre d'Oeuvre	BETA ENVIRONNEMENT

II. DESCRIPTIONS GENERALES DU PROJET, DU SITE ET DE L'EXISTANT

II.1. CARACTERISTIQUES DU PROJET

Suivant les documents précédents, le projet consiste en l'extension du centre d'enfouissement technique actuel sur une superficie de 40 000 m² (emprise 70 x 580 m²) localisée au droit d'un champ localisé en limite Est du CET.

Au stade actuel des informations transmises à Abrotec, les caractéristiques des casiers à créer ne sont pas connues (emprises unitaire, profondeur,..).

II.2. EXISTANTS

Au moment de notre intervention (voir quelques photographies ci-après), le terrain étudié était occupé par un champ. Selon la carte IGN du secteur, la parcelle est située vers la cote altimétrique moyenne de +146 NGF.



II.3. HISTORIQUE DU SITE

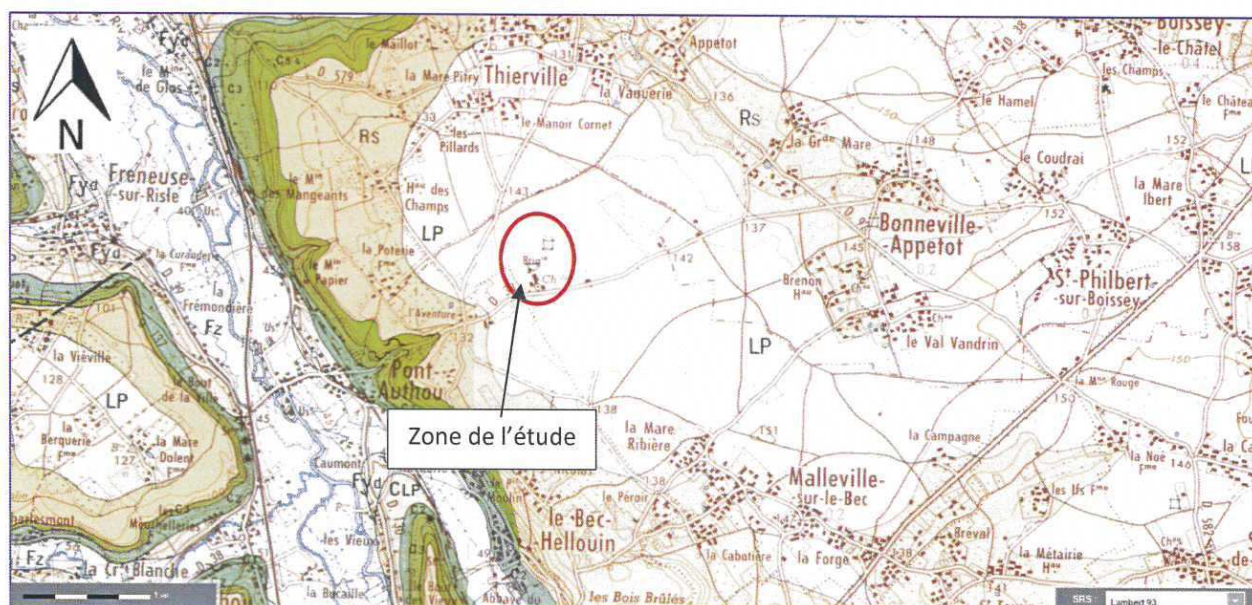
D'après l'étude des photographies aériennes le site a toujours été une parcelle en culture.

II.4. CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique d'ELBEUF éditée par le BRGM, les données disponibles (rapports antérieurs) et notre expérience locale, la géologie attendue était la suivante :

- des formations limono-végétales de couverture ;
- les limons des plateaux, en général peu portants et relativement compressibles ;
- la formation argileuse à silex, en général portante mais pouvant être hétérogène ;
- le substratum crayeux, souvent altéré en tête et pouvant être affecté de cavités d'origine karstique.

Compte tenu de l'environnement du site, ces formations peuvent être surmontées par des remblais anthropiques



Extrait de la carte géologique (Infoterre)

II.5. RISQUES NATURELS

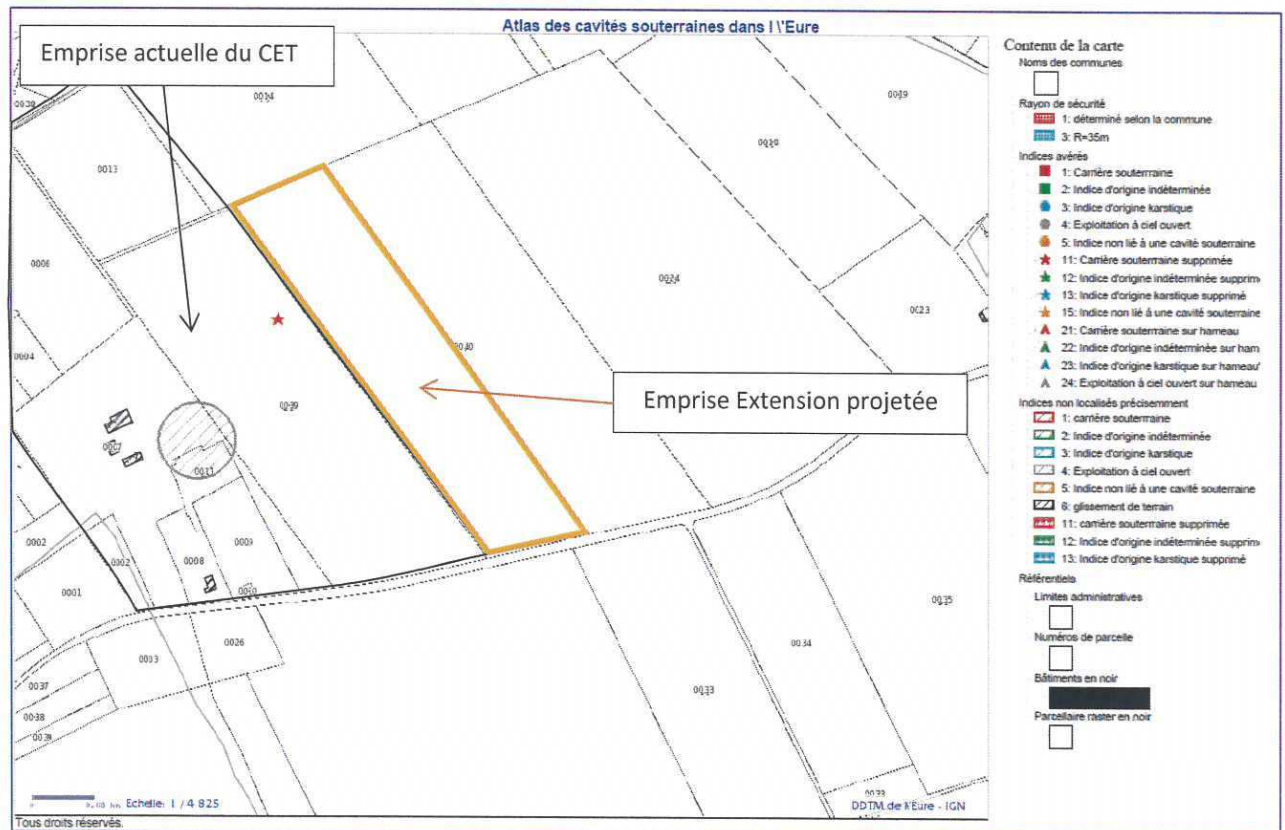
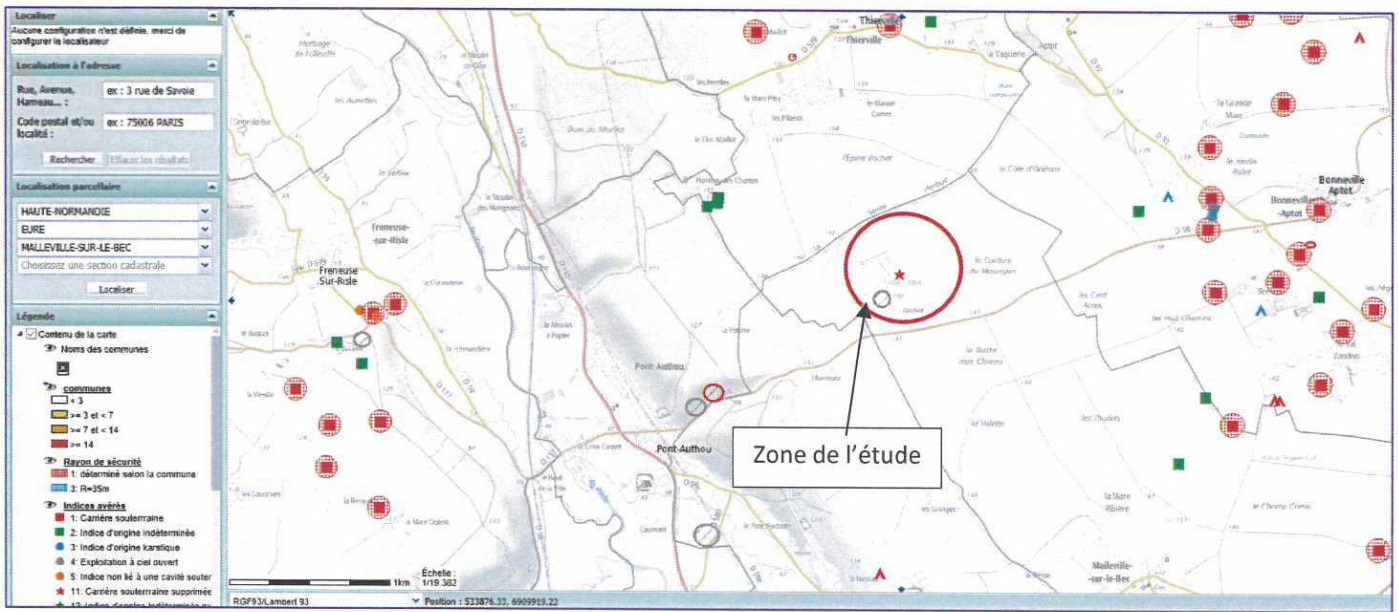
Ce chapitre est basé sur la consultation de sites internet gouvernementaux (site « Carmen » de la DREAL, DDTM, BRGM).

* Vis-à-vis de la prévention du risque sismique et au sens des décrets n° 2010-1254 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, la zone d'implantation du projet se situe en zone 1, soit un aléa très faible pour lequel il n'y a pas de préconisations particulières à retenir pour la conception des ouvrages.

* Vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles, le site se trouve en zone d'aléa faible selon la carte éditée par le B.R.G.M. consultable sur le site www.argiles.fr (date de mise à jour des données le 10/09/2013).

* Aucune cavité souterraine anthropique n'est référencée à proximité immédiate du site. Cependant la carte géologique mentionne la présence d'ancienne(s) carrière(s) à ciel ouvert de type Briqueterie. La présence de remblais de comblement d'ancienne(s) carrière(s) localisée(s) non recensée(s) est donc tout à fait possible.

Le site Cartelie disponible sur le site du gouvernement (cf. extrait ci après) indique la présence de tels indices (carrière à ciel ouvert) mais également un indice de cavité souterraine à proximité de la parcelle retenue pour le projet l'extension. Selon la légende indiquée, l'indice a été supprimé.



* Vis-à-vis du phénomène de remontées des nappes (crues, inondations, débordement, remontée de nappe, ruissellement,...), le site se trouve en zone d'aléa très faible selon la carte consultable sur le site www.inondationsnappes.fr (date de mise à jour des données le 15/12/2011).

Suivant la carte hydrogéologique du secteur (disponible sur le site du SIGES Seine-Maritime), le niveau de la nappe phréatique est située vers la cote altimétrique +65 NGF dans le secteur du projet, soit à environ 75/85 m sous le projet.

RECONNAISSANCE DES SOLS

III. PROGRAMME DE LA RECONNAISSANCE

Le programme d'investigations in situ et en laboratoire a été défini par le Maître d'Oeuvre BETA Environnement.

Les investigations et essais réalisés sont conformes au programme défini.

Le programme réalisé est présenté dans les tableaux qui suivent.

Le schéma d'implantation des investigations est joint en annexe n°1. Les résultats des sondages et essais in situ sont joints en annexes n°2 et n°3.

Le terme profondeur utilisé dans le présent rapport prend comme référence le niveau du sol actuel au droit de chacun des sondages.

Les cotes des têtes des sondages sont celles du terrain naturel au moment de notre intervention en février/mars 2016. Les coordonnées de chaque sondage (X, Y en coordonnées en Lambert I Nord – Z en NGF) sont précisées dans le tableau ci-dessous. Les coordonnées (X, Y) sont issus du plan géomètre transmis et la cote Z est estimée à partir de la carte IGN du secteur disponible sur le site Geoportail (précision obtenue +/- 1 m).

N° de sondage	Lambert I Nord		Altimétrie estimée (NGF)
	X	Y	Z
TA1	482668.83	173779.61	145
FP1	482589.24	173927.37	145
FP2	482780.66	173650.67	145
FP3	482852.28	173581.32	145
SC1	482616.03	173863.54	146
SC2	482725.18	173738.24	146
SC3	482868.51	173537.21	145

III.1. SONDAGES DE RECONNAISSANCE

Les sondages de reconnaissance suivants ont été réalisés :

Type de sondage	N° de sondage	Profondeur atteinte (m/TN actuel)
Sondage semi-destructif à la tarière de Ø150 mm	TA1 ^(r.)	12.0
Sondage semi-destructif à la tarière de Ø63 mm jusqu'au refus puis poursuivi en mode destructif paramétré au tricône Ø66 mm	FP1	25.0
	FP2	25.0
	FP3	25.0
Sondage carotté avec prélèvement intact toute hauteur (sous gaine PVC ou caisse à carotte)	SC1	16.0
	SC2	16.0
	SC3	16.0

(r.) le sondage TA1 a été triplé (TA1-1 / TA-2 / TA1-3) dans le but d'obtenir une quantité de matériaux suffisante pour la réalisation du programme d'essais en laboratoire prévu.

Il est indiqué sur les coupes de forages (semi-)destructifs paramétrés, les éléments suivants :

- coupe détaillée puis approximative des sols (les forages étant partiellement du type destructif, l'interprétation a été faite uniquement d'après l'examen des cuttings et des paramètres de forages) ;
- résultat des essais mécanique in situ ;
- diagraphie des paramètres enregistrés :
 - VIA : vitesse instantanée d'avancement (m/h)
 - PO : pression appliquée sur l'outil de forage (bar)
 - PI : pression d'injection (bar)
 - CR : couple de rotation (bar)

Nota : Les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les pertes de fluide d'injection, incident de forage, etc.

Il est indiqué sur les coupes de sondages carottés, les éléments suivants :

- coupe détaillée des sols ;
- résultat des essais in situ ;
- pourcentage de récupération de l'échantillon prélevé sous gaine.

Les photographies des caisses et des prélèvements de carottes intactes de sols conservées sous gaine PVC ou sous caisse à carotte sont fournies à la suite des coupes de sondages.

III.2. ESSAIS MECANIQUES IN SITU

En complément, les essais in situ suivants ont été réalisés :

Type d'essai mécanique in situ	Sondage	Nombre d'essais	Profondeur (m/TN)
Essai pressiométrique norme NF P 94-110-1	FP1	8	2.0 / 4.0 / 6.0 / 8.0 / 10.0 /
	FP2	8	12.0 / 14.0 / 16.0 (13.5 et
	FP3	8	15.0 m en FP1)

Les résultats **des essais pressiométriques** sont portés sur les coupes de forage, avec pour chaque essai :

- module pressiométrique E_m (MPa)
- pression limite nette p_l^* (MPa)
- pression de fluage nette p_f^* (MPa)
- rapport E_m/p_l^*

III.3. ESSAIS DE PERMEABILITE IN SITU

Les essais de perméabilité in situ suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité in situ	Sondage	Nombre d'essais
Détermination du coefficient de perméabilité d'un terrain par essai à charge variable en forage ouvert (NF X 30-423)	SC1	4 ^(r.)
	SC2	5
	SC3	5

(r.) l'essai prévu initialement vers 12/13.0 m de profondeur n'a pas été réalisé compte tenu du faciès très charpenté en (gros) silex ($\phi > 120\text{mm}$) qui n'a pas permis de préparer la chambre de mesure conformément à la norme demandée.

III.4. ESSAIS EN LABORATOIRE

Les essais en laboratoire suivants ont été réalisés :

Identification des sols	Sondage	Nombre d'essais	Norme
Classification des sols (GTR), comprenant : - Teneur en eau pondérale - Analyse granulométrique par tamisage - Valeur de bleu de méthylène	FP1	4	NF P11-300 NF P94-050 NF P94-056 NF P94-068
	FP3	4	
	TA1	4	
Essai de compactage à l'essai Protor Normal avec mesure de l'indice portant immédiat (I.P.I.)	TA1	4	NF P94-093 NF P94-078

Caractéristiques physiques		Sondage	Nombre d'essais	Norme
Essai triaxial non consolidé non drainé (UU)		SC2 (sur EI)	2	NF P94-074
		TA1 (sur ER)	1	
Essai triaxial consolidé drainé (CD)		SC2 (sur EI)	2	NF X 30-441
		TA1 (sur ER)	1	
Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant	sur matériau non traité bentonite	TA1 (sur ER)	4	NF X 30-441
	Sur matériau traité bentonite 2 et 4%	TA1 (sur ER)	3	

EI : échantillon intact / ER : échantillon recompacté à énergie proctor normal

A noter que pour les essais de perméabilité en laboratoire, les échantillons testés ont été recompactés suivants les prescriptions du Maître d'Œuvre (teneur en eau et dosage en bentonite prédéterminés).

RESULTATS DES INVESTIGATIONS

IV. GEOLOGIQUE DU SITE

L'ensemble des résultats permet de dresser la coupe géotechnique schématique ci-après (sous la couche de terre végétale arable d'épaisseur 20-30 cm environ) :

- ▶ **H1** / des **Limons marron à marron clair**, reconnus jusqu'à 4.5 à 7.5 m de profondeur ; ce faciès est principalement constitué de limons marron en tête (sur les premier mètres) puis de limons silteux marron clair.
- ▶ **H2** / des **Argiles marron**, reconnues jusqu'à 9.0 à 10.5 m de profondeur. Ce faciès est constitué soit de limon argileux ou d'argile limoneuse à sableuse.
- ▶ **H3** / des **Argiles à Silex**, reconnues jusqu'à la profondeur d'arrêt du sondage à la tarière TA1 (12.0 m/TN), des sondages pressiométriques FP1-FP2 (25.0 m/TN) et des sondages carottés SC1-SC2-SC3 (16 m/TN).

A noter que la base de ce faciès a été estimée en raison de la perte du fluide de forage, à 15.0 m/TN au droit du sondage FP3 à partir des diagraphies obtenues et des observations du sondeur lors du forage (trace sur train de tige et outil). Ce faciès présente une proportion sableuse et à silex très importante au droit des sondages carottés SC1 – SC3.

- ▶ **H4** / de la **Craie à silex**, présumée atteinte jusqu'à 25.0 m de profondeur en FP3 (profondeur d'arrêt du sondage).

Remarques :

- l'épaisseur des différents horizons peut varier notablement d'un point à un autre du terrain étudié ;
- l'épaisseur de terre végétale est vraisemblablement plus importante que celle observée au droit des sondages carottés en raison de la mise en légère compressibilité de cette dernière lors du carottage ;
- les Argiles à silex (H3) et la Craie à silex (H4) peuvent contenir des passages indurés ou des silex de gros diamètre que ne peuvent pas toujours être identifier par les sondages réalisés (limités par le diamètre des outils utilisés) ;
- l'objet de notre mission n'est pas de détecter une éventuelle contamination des sols par des matières polluantes ;
- la description des terrains traversés et la position des interfaces comportent des imprécisions inhérentes d'une part à la méthode de forage en destructif et au diamètre des outils de forage à la tarière.

V. NIVEAU D'EAU

Les niveaux d'eau observés uniquement au droit des sondages pressiométriques (FP1-FP2-FP3) sont à relier au niveau résiduel du fluide de forage en fin de sondage.

On rappellera que le niveau de la nappe proprement dite est indiqué vers la cote altimétrique +65 NGF dans le secteur du projet, soit à plus de 75/85 m de profondeur sous le site étudié.

En outre, on ne peut cependant pas exclure la présence de circulations anarchiques notamment dans les formations limoneuses et limono-silteuses superficielles et en périodes pluvieuses.

VI. PERMEABILITE DES SOLS

Les résultats complets des essais de laboratoire sont fournis sous forme de procès-verbaux en annexe n°5.

Les résultats des essais de perméabilité réalisés in situ sont repris dans le tableau suivant :

Essai réalisé	Sondage	Formation testée	Profondeur de l'essai (m/TN)	Perméabilité mesurée (m/s)
Détermination du coefficient de perméabilité d'un terrain par essai à charge variable en forage ouvert (NF X 30-423)	SC1	H1 / « Limon »	3.0 à 4.0	$1.1 \cdot 10^{-05}$
		H2 / « Argile »	8.1 à 9.1	$1.1 \cdot 10^{-07}$
		H3 / « Argile à Silex » ^(r.)	10.5 à 11.5	$1.0 \cdot 10^{-03}$
			14.0 à 15.0	$4.1 \cdot 10^{-03}$
	SC2	H1 / « Limon »	3.5 à 4.5	$1.4 \cdot 10^{-07}$
		H2 / « Argile »	8.5 à 9.5	$4.3 \cdot 10^{-07}$
			11.5 à 12.5	$9.4 \cdot 10^{-08}$
		H3 / « Argile à Silex »	13.5 à 14.5	$6.5 \cdot 10^{-08}$
	15.0 à 16.0		$8.1 \cdot 10^{-08}$	
	SC3	H1 / « Limon »	2.4 à 3.4	$8.7 \cdot 10^{-07}$
			6.0 à 7.0	$4.3 \cdot 10^{-07}$
		H3 / « Argile à Silex » ^(r.)	9.0 à 10.0	$3.0 \cdot 10^{-07}$
12.0 à 13.0	$1.5 \cdot 10^{-05}$			
		14.5 à 15.5	$3.8 \cdot 10^{-03}$	

(r.) : à noter une proportion très importante en gros silex et en fraction sableuse.

VII. ESSAIS EN LABORATOIRE

VII.1. IDENTIFICATION DES SOLS

Les résultats complets des essais de laboratoire sont fournis sous forme de fiches et procès-verbaux en annexe n°6.

Les principaux résultats des essais d'identification sont repris dans le tableau ci-dessous :

Sondage	Formation testée	Echantillon		Résultats					
		Prof. m/TN	Type	W%	%passant à 80µm	%passant à 20 mm	%passant à 50 mm	VBs	Classe GTR
FP1	H1 / « Limon »	0.3 à 1.5	ER	23.5	99.5	100	100	3.79	A2
		1.5 à 4.5	ER	16.5	99.0	100	100	2.44	A1
	H2 / « Argile »	4.5 à 9.5	ER	20.2	97.8	100	100	3.57	A2
	H3 / « Argile à Silex » (r.)	9.5 à 10.5	ER	18.6	74.7	100	100	3.76	A2
FP3	H1 / « Limon »	0.3 à 3.0	ER	22.2	99.4	100	100	2.80	A2
		3.0 à 4.5	ER	19.0	99.1	100	100	3.61	A2
	H2 / « Argile »	4.5 à 7.5	ER	22.5	99.1	100	100	4.00	A2
		7.5 à 9.5	ER	18.8	95.6	100	100	4.11	A2
TA1	H1 / « Limon »	1.5 à 3.0	ER	15.4	98.9	100	100	2.43	A1
		3.0 à 4.5	ER	16.4	98.9	100	100	2.41	A1
	H2 / « Argile »	4.5 à 9.0	ER	21.2	98.5	100	100	4.00	A2
	H3 / « Argile à Silex » (r.)	9.0 à 12.0	ER	19.7	86.4	100	100	2.12	A1

(r.) : la classe GTR est vraisemblablement de type C1 ou C2/Ai en fonction de la proportion réelle des gros éléments (silex). Il est rappelé que la fraction de sols prélevée est limitée par le diamètre de l'outil utilisé.

VII.2. RESULTATS DES ESSAIS MECANIQUES EN LABORATOIRE

Les résultats des essais menés en laboratoire sur des échantillons remaniés et intacts prélevés dans les sondages réalisés sont repris dans les tableaux suivants :

Sondage	Formation testée	Echantillon (E)		Essai triaxiaux			
		Prof. m/TN	Type	C _{uu} (kPa)	φ _{uu} (°)	C' (kPa)	φ' (°)
SC2	H1 / « Limon »	3.0 m	Intact	125 ^(r.)	28	8	30
	H2 / « Argile »	7.0 à 7.2 m	Intact	55	7	20	28
TA1	H2 / « Argile »	Mélange 4.5 à 9.0 m	Remanié	19	4	32	29

(r.) Cette valeur semble très élevée au regard de la nature du matériau testé et il conviendra de la revoir à la baisse.

Essai réalisé	Sondage	Formation testée	Profondeur de l'essai (m/TN)	Traitement bentonite	Echantillon recompacté à énergie proctor normal		Perméabilité mesurée (m/s)
					W % initial	γ_d (t/m ³)	
Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant NF X 30-441	TA1	H1 / « Limon »	Mélange 1.5 à 3.0	Aucun	15.2	1.81	$8.7 \cdot 10^{-09}$
		H1 / « Limon »	Mélange 3.0 à 4.5	Aucun	15.8	1.75	$1.4 \cdot 10^{-09}$
				2%	En cours		
				4%	En cours		
		H2 / « Argile »	Mélange 4.5 à 9.0	Aucun	17.7	1.72	$6.6 \cdot 10^{-10}$
				2%	En cours		
		H3 / « Argile à Silex »	Mélange 9.0 à 12.0	Aucun	19.5	1.71	$6.6 \cdot 10^{-11}$

Remarque : les essais sont réalisés dans des conditions de laboratoire que l'on peut considérer comme bien maîtrisées. Les conditions de chantier peuvent conduire à des résultats différents.

Sondage	Formation testée	Echantillon		Résultats				
		Prof. m/TN	Type	W _{nat} (%)	Classe GTR	W _{OPN} (%)	$\gamma_{d\text{OPN}}$ (t/m ³)	IPI _{OPN}
TA1	H1 / « Limon »	1.5 à 3.0	ER	15.5	A1	13.6	1.86	42
		3.0 à 4.5	ER	15.5	A1	12.5	1.85	36
	H2 / « Argile »	4.5 à 9.0	ER	19.9	A2	13.8	1.86	14
	H3 / « Argile à Silex »	9.0 à 12.0	ER	20.1	A1	16.5	1.75	11

ALEAS GEOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES

1. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager ABROTEC.
2. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance de la construction ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie "*Présentation*" du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à ABROTEC afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
3. De même, des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple : hétérogénéité localisée, venues d'eau, etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
4. Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations tant de la conception que de l'exécution qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
5. Ce rapport vient clôturer la mission d'investigations géotechniques (sans ingénierie) qui nous a été confiée pour cette affaire.

ANNEXES

ANNEXE 1 : IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS IN SITU

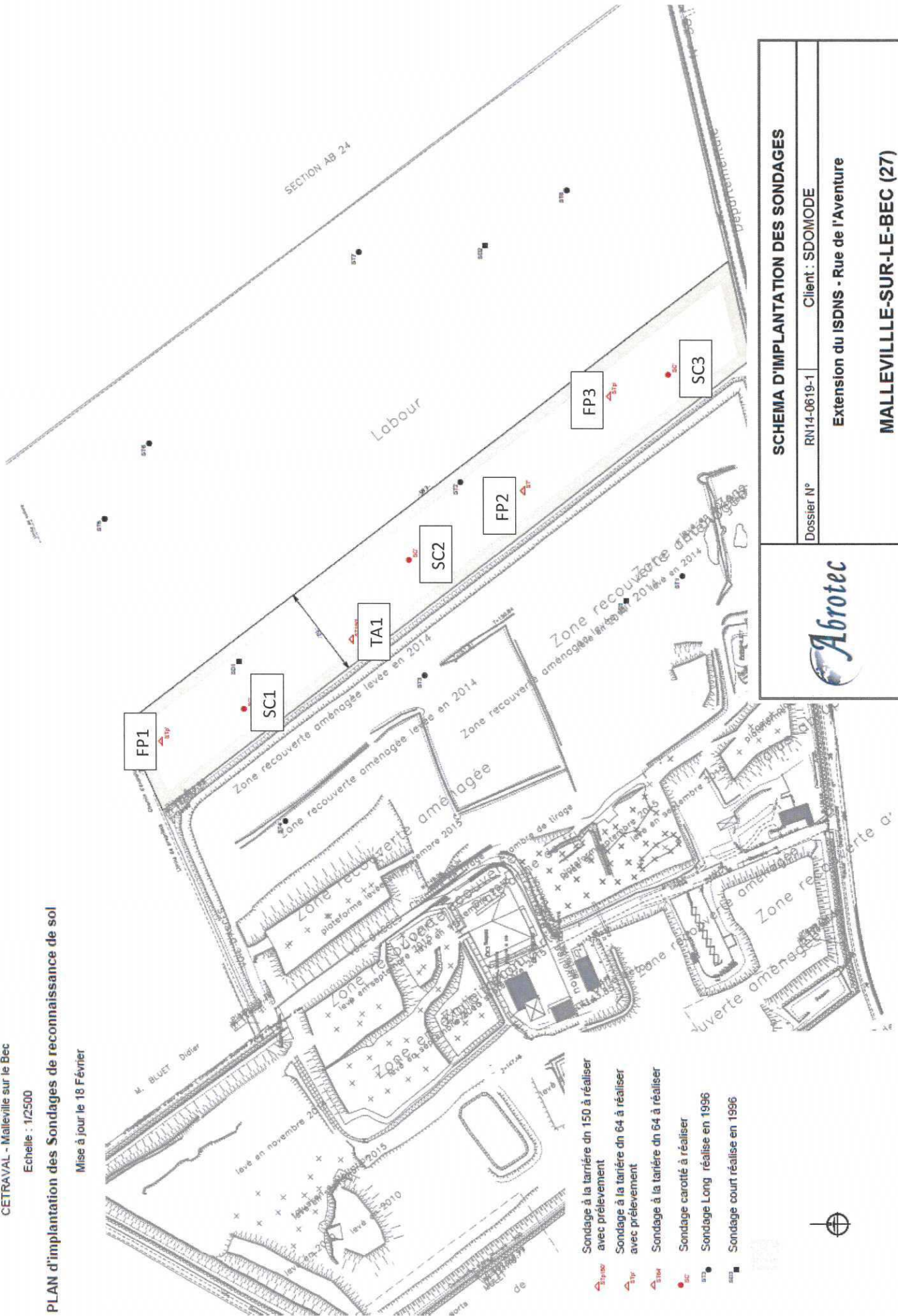
PROJET D'EXTENSION DE L'INSTALLATION DE STOCKAGE

CETRAVAL - Malleville sur le Bec

Echelle : 1/2500

PLAN d'implantation des Sondages de reconnaissance de sol

Mise à jour le 18 Février





SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Dossier N°	RN14-0619-1	Client : SDOMODE
Extension du ISDNS - Rue de l'Aventure		
MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)		

ANNEXE 2 : COUPES DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES

ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

FP1

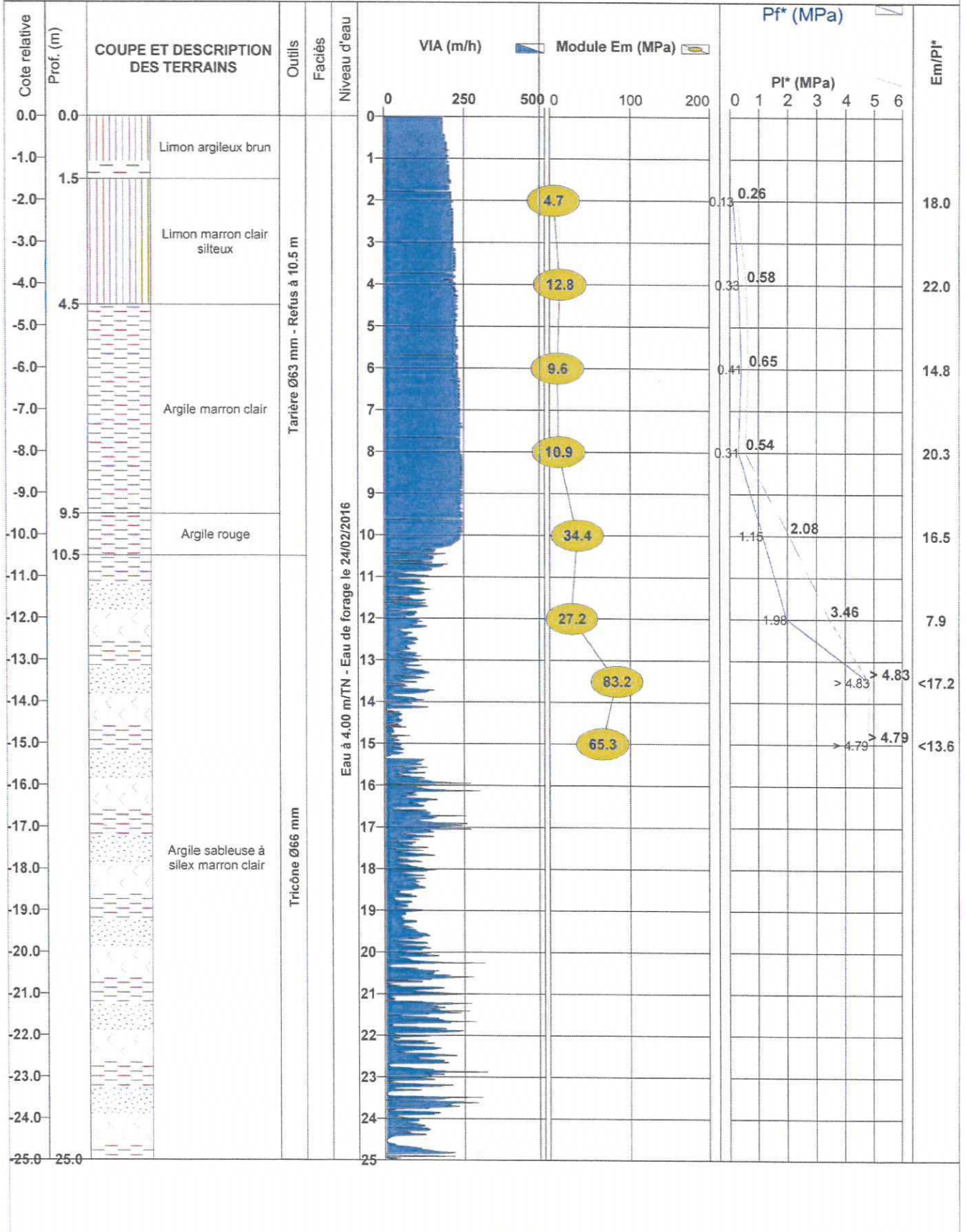
X : Début : 0,00 m
Y : Fin : 25,00 m
Z : Page : 1 / 1

Client : **SDOMODE**

Affaire : **Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

Echelle : 1 / 125

Date : 26/02/2016



ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

FP1

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 25,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

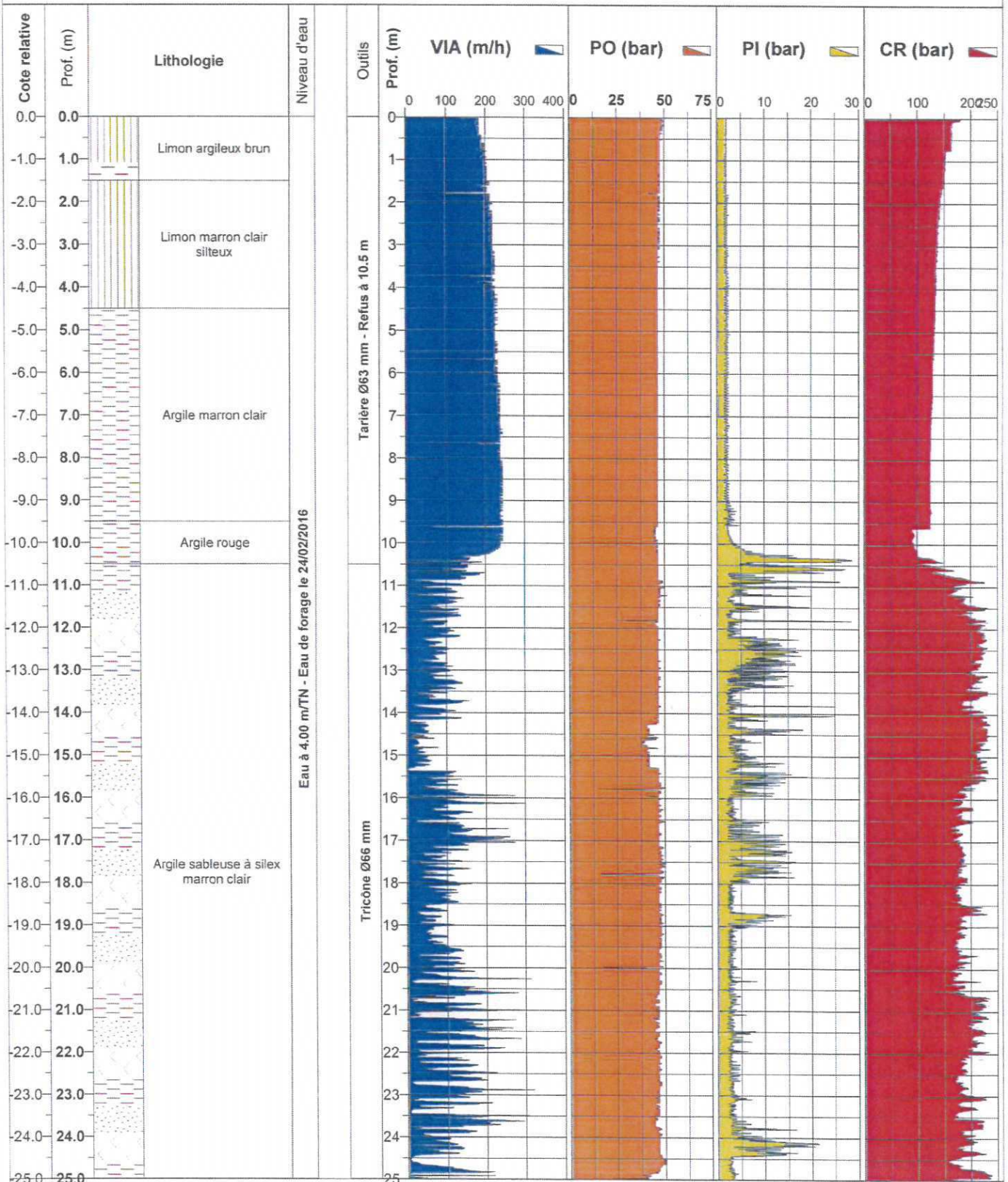
SDOMODE

Affaire :

Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619

Echelle : 1 / 125

Date : 26/02/2016



ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

FP2

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 25,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

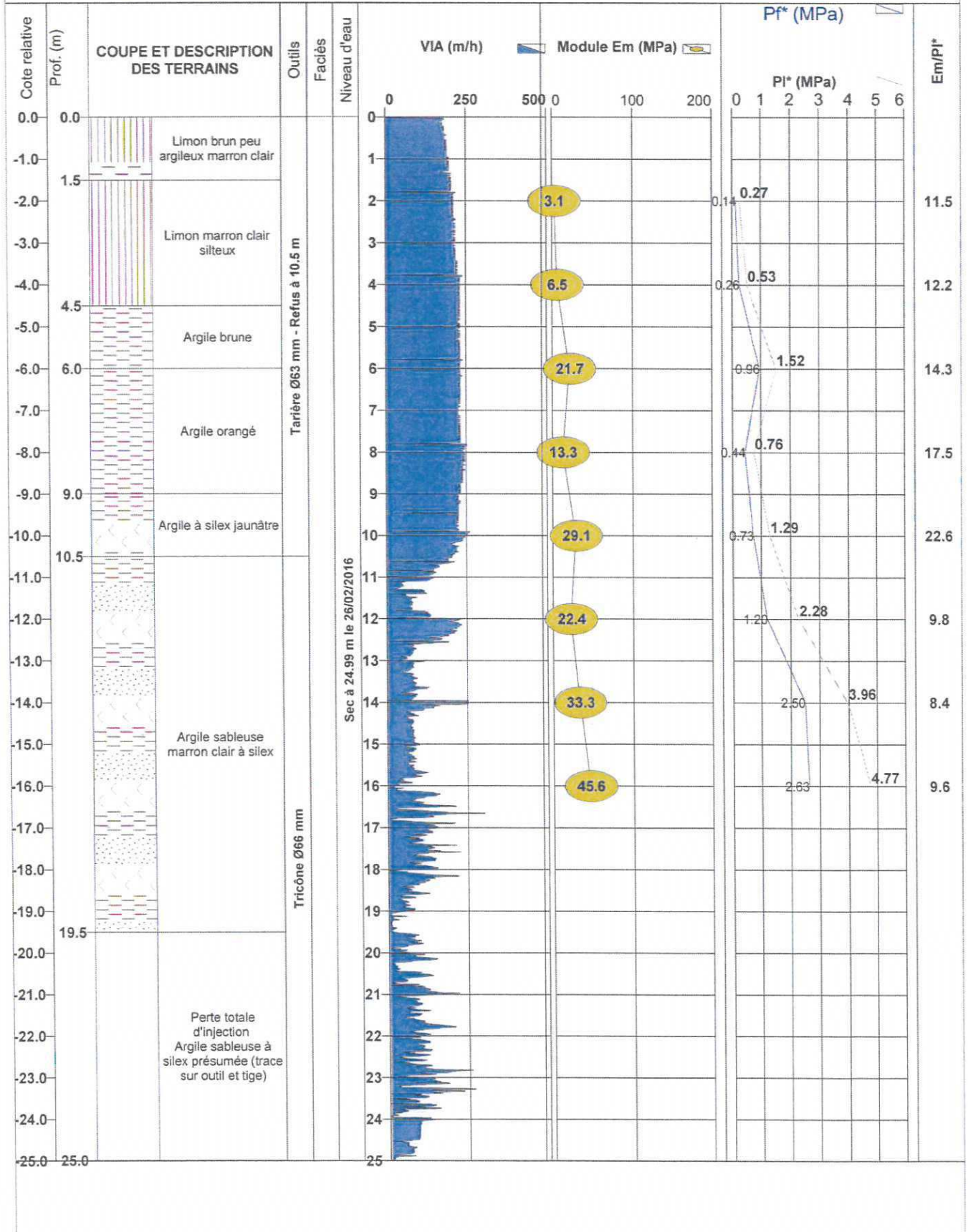
SDOMODE

Affaire :

**Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

Echelle : 1 / 125

Date : 01/03/2016



ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

FP2

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 25,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

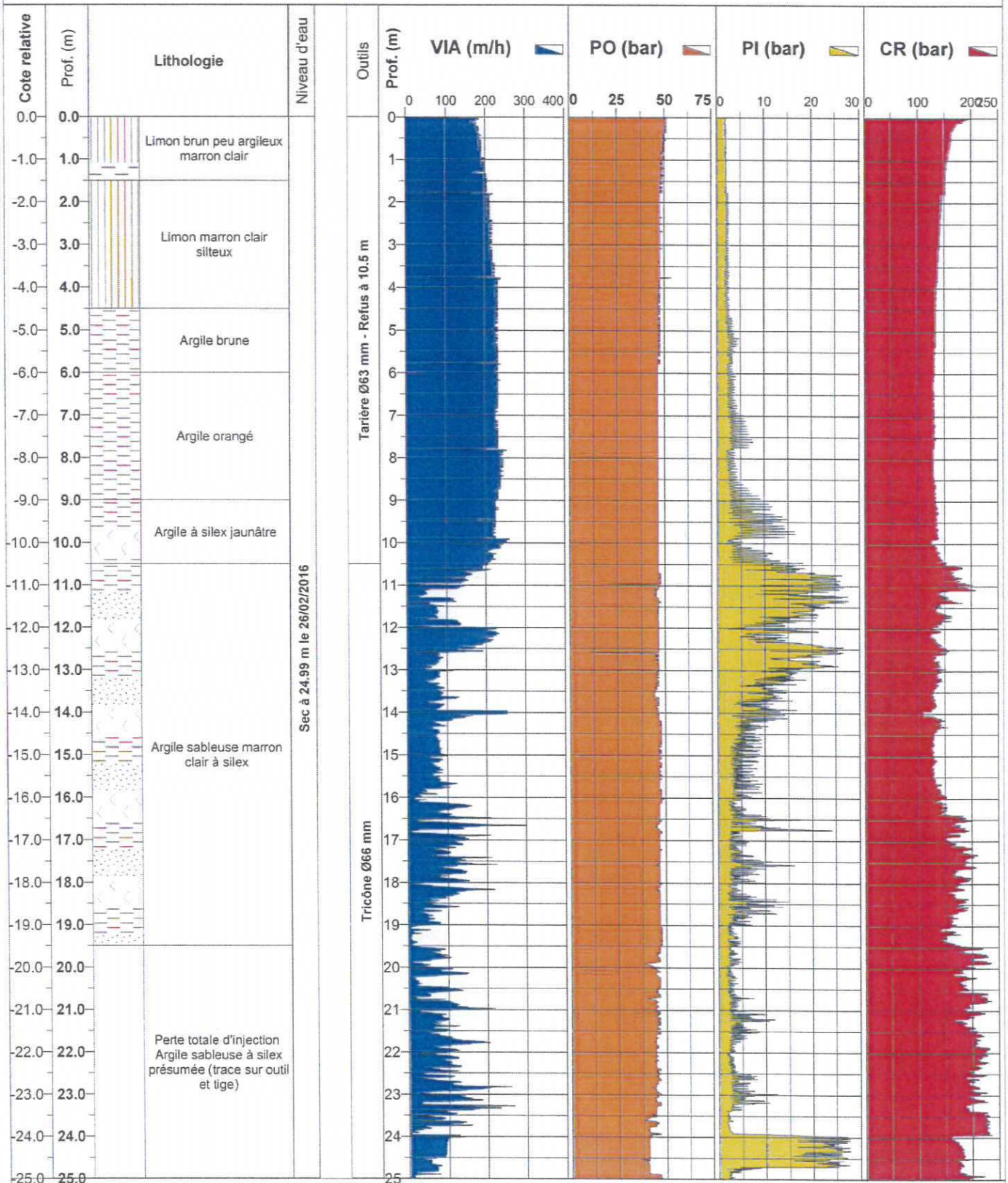
SDOMODE

Affaire :

Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619

Echelle : 1 / 125

Date : 01/03/2016



ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

FP3

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 25,06 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

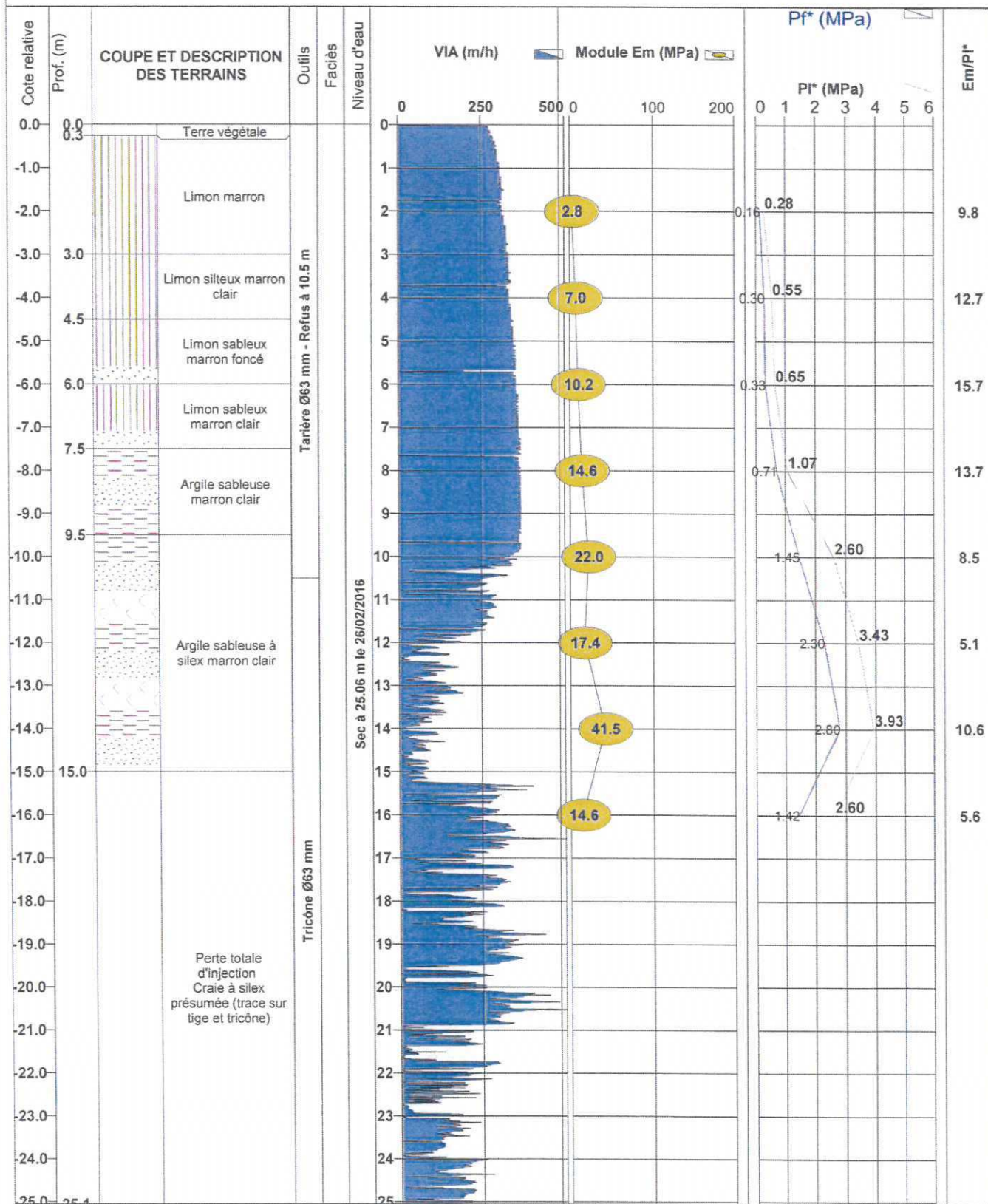
SDOMODE

Affaire :

**Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

Echelle : 1 / 125

Date : 29/02/2016



ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

FP3

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 25,06 m

Z :

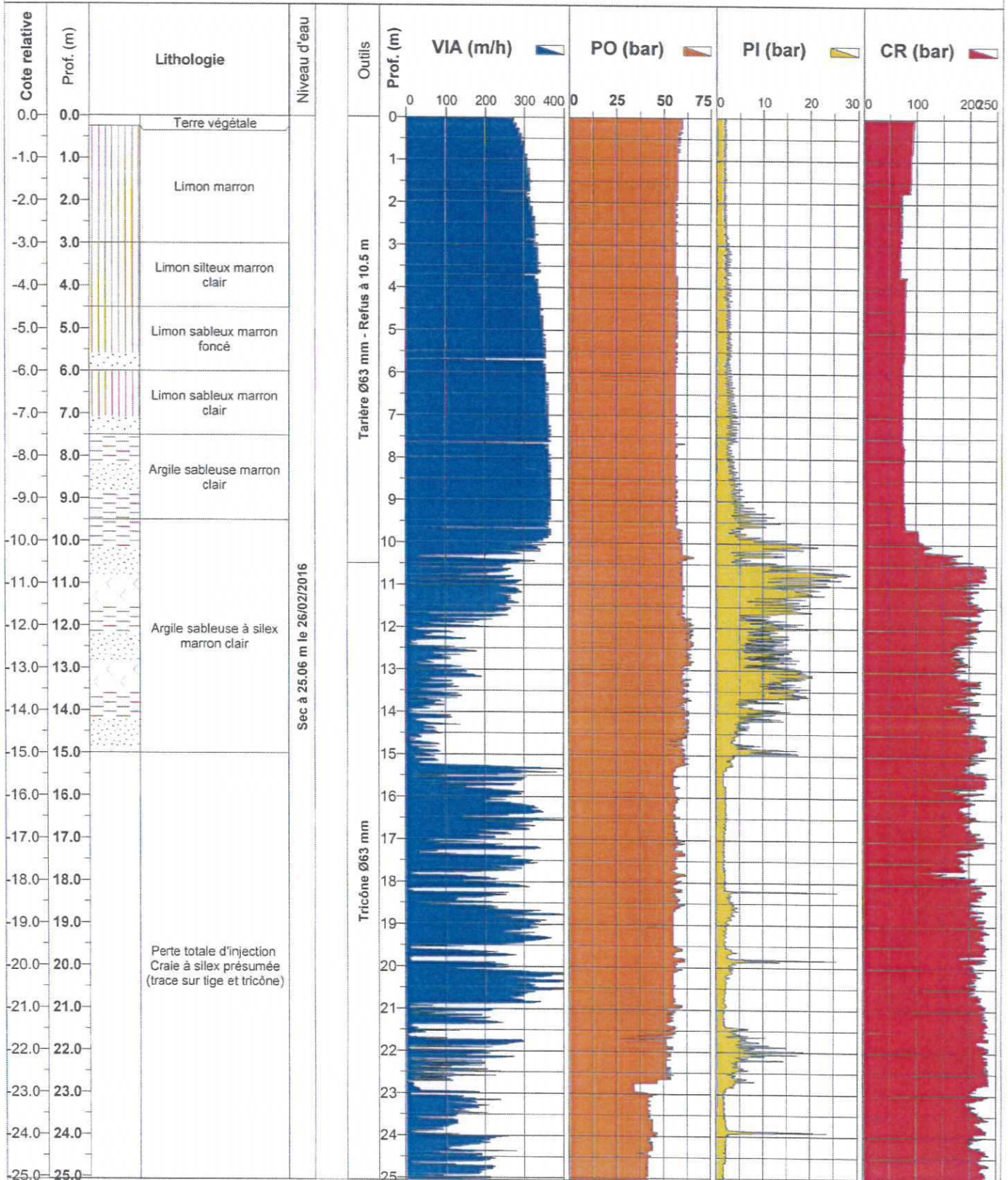
Page : 1 / 1

Client : **SDOMODE**

Affaire : **Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

Echelle : 1 / 125

Date : 29/02/2016



ANNEXE 3 : COUPES DU SONDAGE SEMI-DESTRUCTIF

ABROTEC NORMANDIE5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81**Sondage :****TA1-1**

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 12,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

SDOMODE

Affaire :

**Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

Echelle : 1 / 75

Date : 24/02/2016

Cote NGF	Prof. (m)	COUPE ET DESCRIPTION DES TERRAINS	Outil	Facès	Niveau d'eau	Ech. Labo.	Remarques
0.0	0.0	Limon brune argileux	Tarière Ø150 mm			1	
-1.0	1.0					2	
-2.0	2.0	Limon brun				3	
-3.0	3.0	Limon marron clair				4	
-4.0	4.0	Argile marron				5	
-5.0	5.0					6	
-6.0	6.0	Argile à silex				7	
-7.0	7.0					8	
-8.0	8.0						
-9.0	9.0						
-10.0	10.0						
-11.0	11.0						
-12.0	12.0						

ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

TA1-2

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 12,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

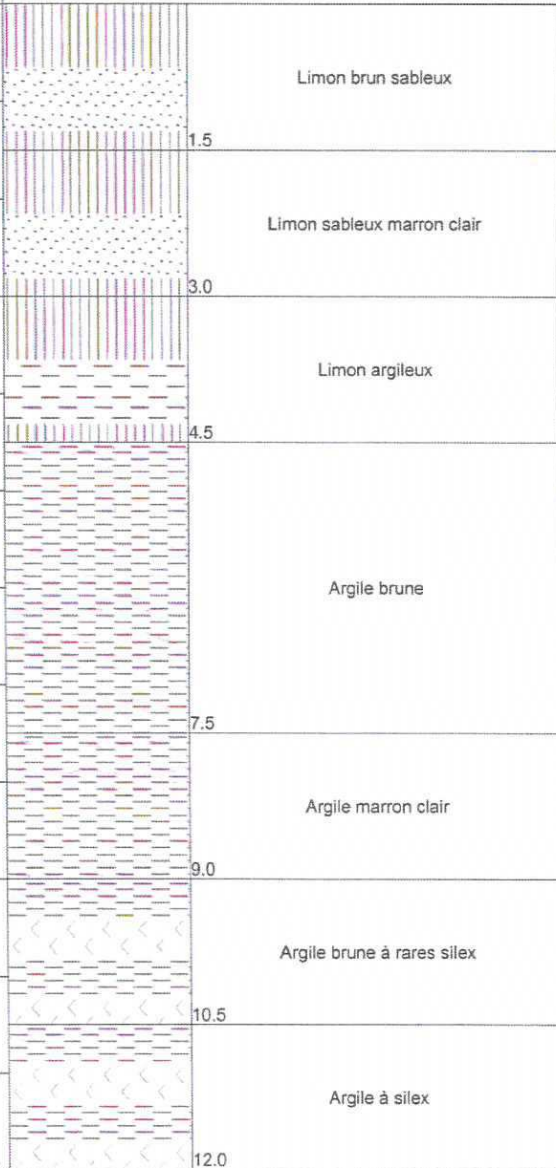
SDOMODE

Affaire :

**Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

Echelle : 1 / 75

Date : 24/02/2016

Cote NGF	Prof. (m)	COUPE ET DESCRIPTION DES TERRAINS	Outil	Facès	Niveau d'eau	Ech. Labo.	Remarques
0.0	0.0		Tarière Ø150 mm			1	
-1.0	1.0					2	
-2.0	2.0					3	
-3.0	3.0					4	
-4.0	4.0					5	
-5.0	5.0					6	
-6.0	6.0					7	
-7.0	7.0					8	
-8.0	8.0						
-9.0	9.0						
-10.0	10.0						
-11.0	11.0						
-12.0	12.0						

ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

TA1-3

X :

Début : 0,00 m

Y :

Fin : 12,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

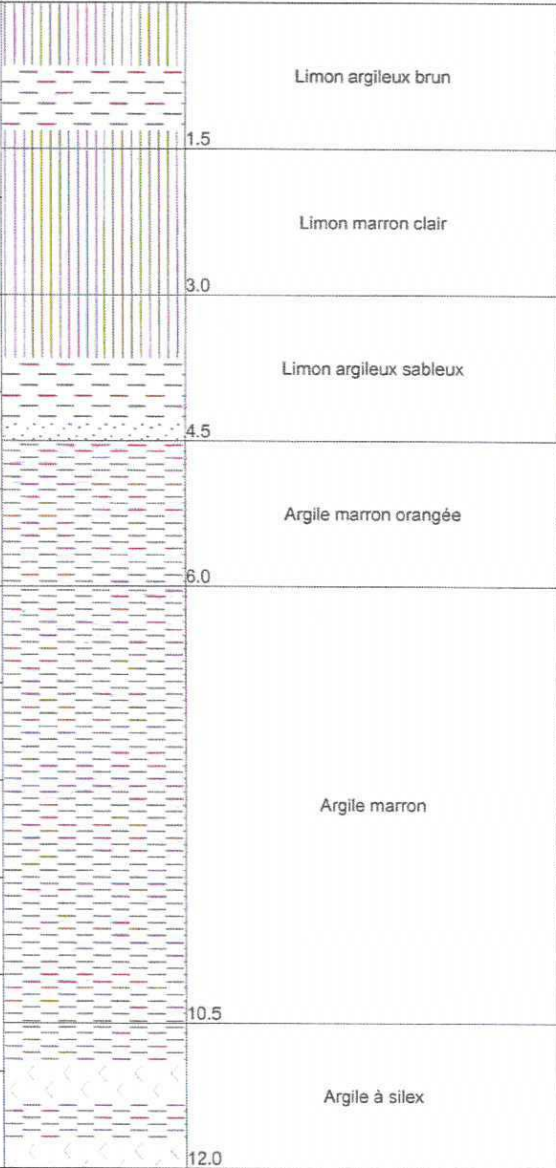
SDOMODE

Affaire :

Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619

Echelle : 1 / 75

Date : 24/02/2016

Cote NGF	Prof. (m)	COUPE ET DESCRIPTION DES TERRAINS	Outil	Faciès	Niveau d'eau	Ech. Labo.	Remarques
0.0	0.0		Tarière Ø150 mm			1	
-1.0	1.0					2	
-2.0	2.0					3	
-3.0	3.0					4	
-4.0	4.0					5	
-5.0	5.0					6	
-6.0	6.0					7	
-7.0	7.0					8	
-8.0	8.0						
-9.0	9.0						
-10.0	10.0						
-11.0	11.0						
-12.0	12.0						

ANNEXE 4 : COUPES DES SONDAGES CAROTTES

ABROTEC NORMANDIE

5, ZA Caux Multipôles - 76190 VALLIQUERVILLE
tel : 02 78 01 10 80 - fax : 02 78 01 10 81

Sondage :

SC1

X : 482616

Début : 0,00 m

Y : 173863

Fin : 16,00 m

Z :

Page : 1 / 1

Client :

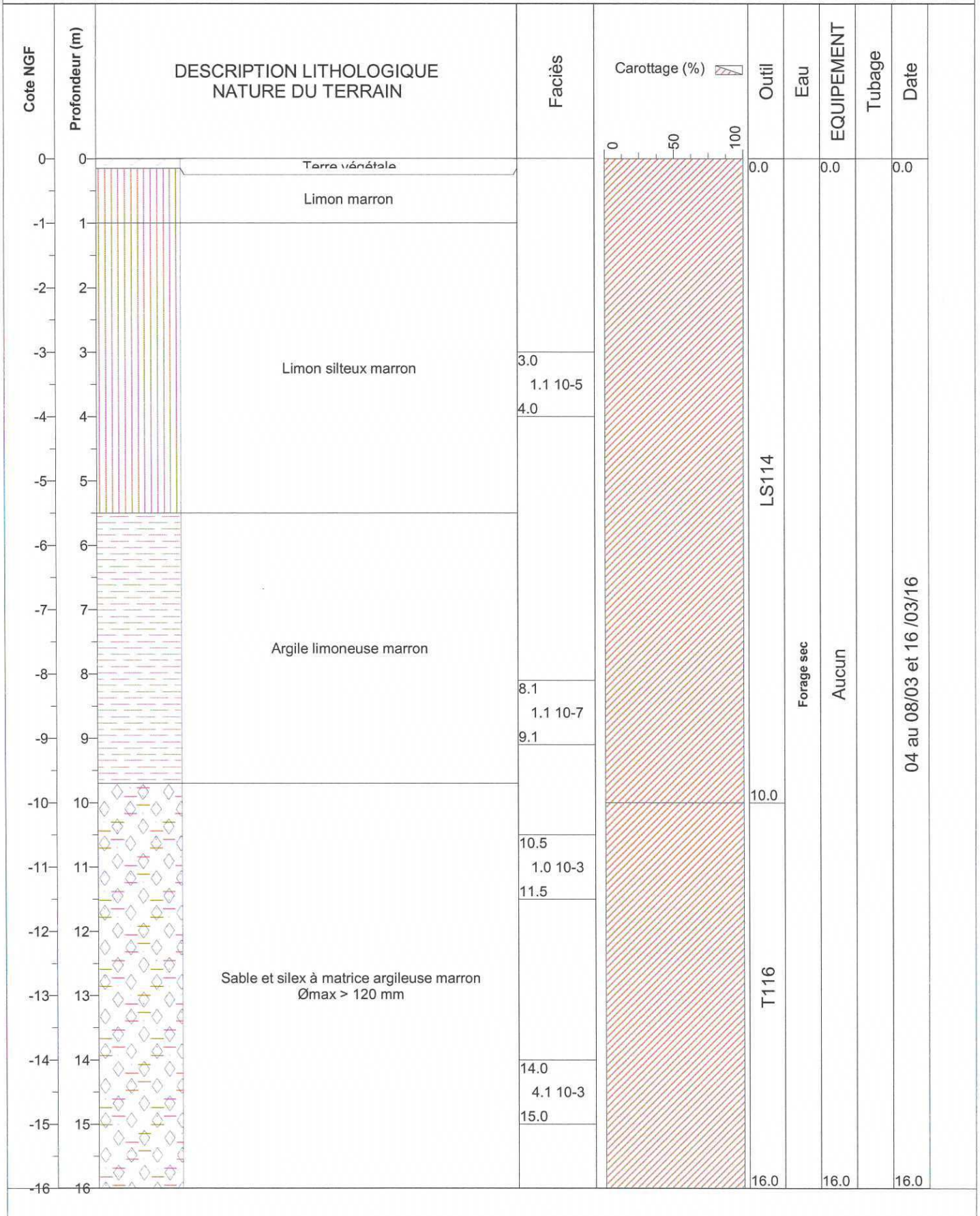
SDOMODE


Affaire :

**Extension du ISDND -
MALLEVILLE SUR LE BEC RN14 0619**

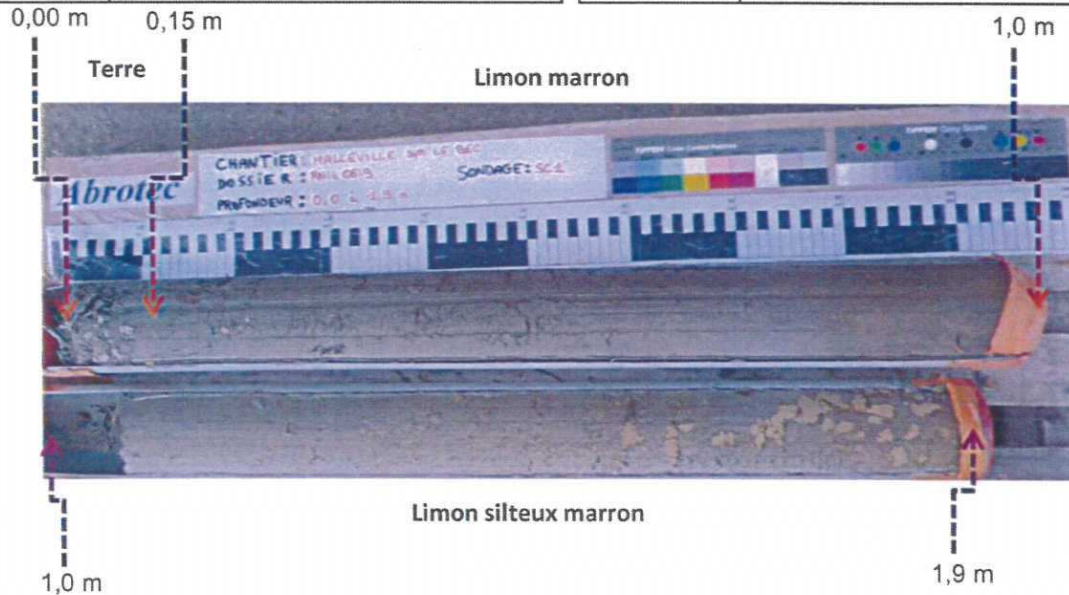
Echelle : 1 / 80

Date : 08/03/2016

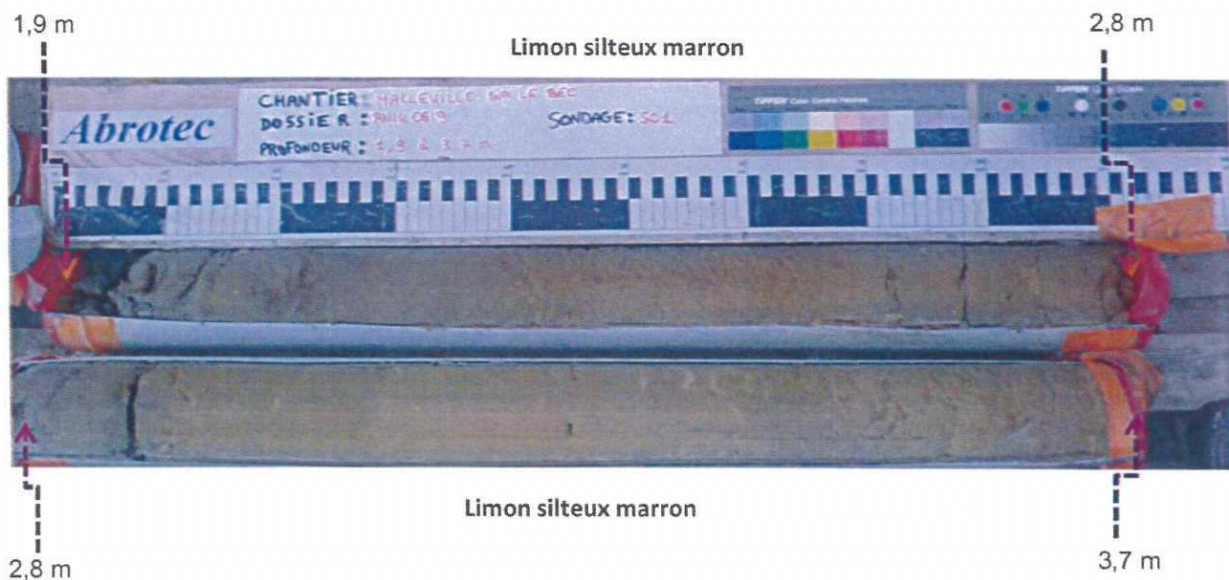


	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne
	<i>DESCRIPTION CAROTTAGE</i>	

N° sondage :	SC1	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	0,0 à 3,7 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




Observations : Récupération 95 %

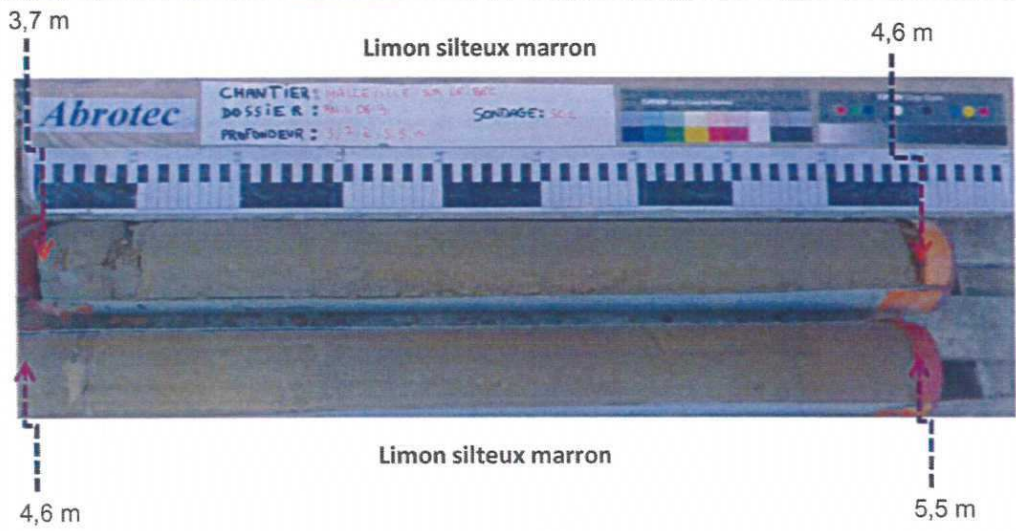


Observations : Récupération 100 %

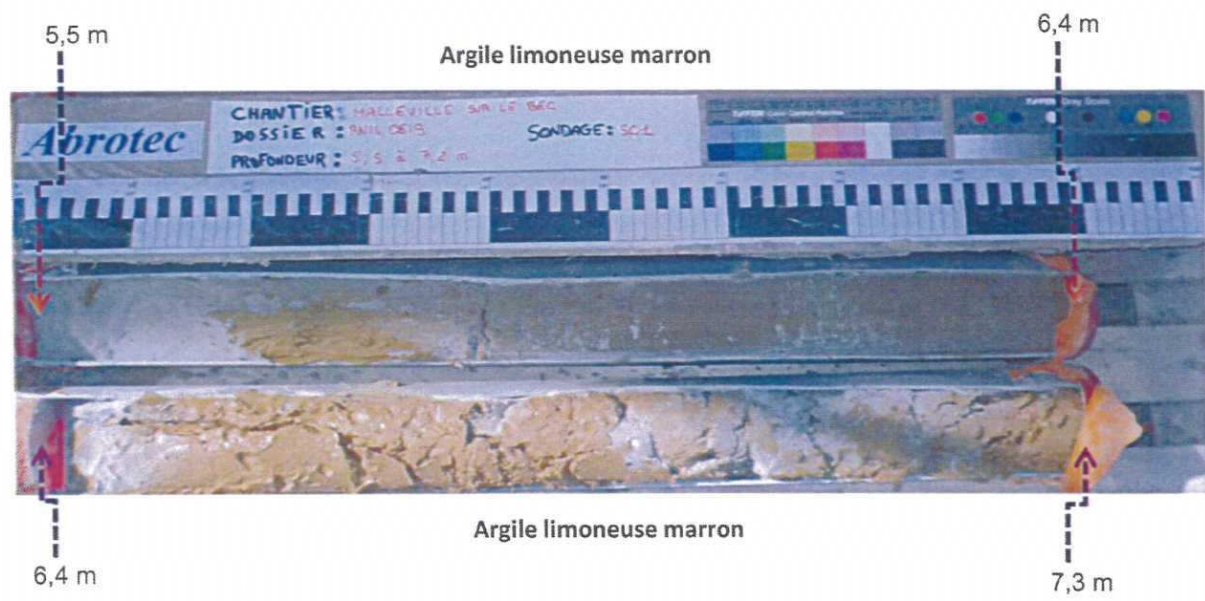
Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne
	DESCRIPTION CAROTTAGE	

N° sondage :	SC1	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	3,7 à 7,3 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)



Observations : Récupération 100 %

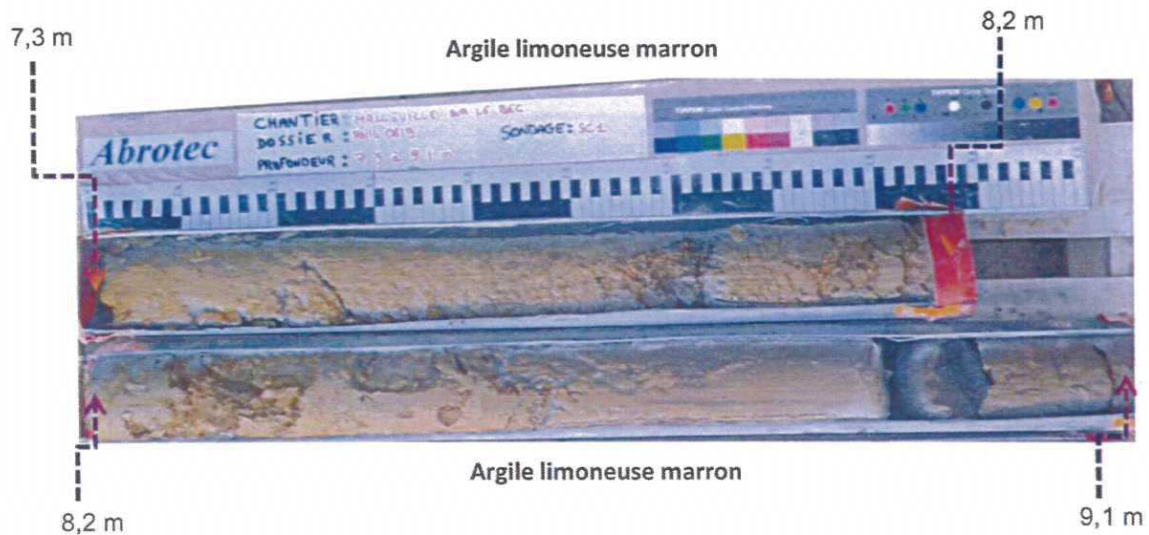


Observations : Récupération 100 %

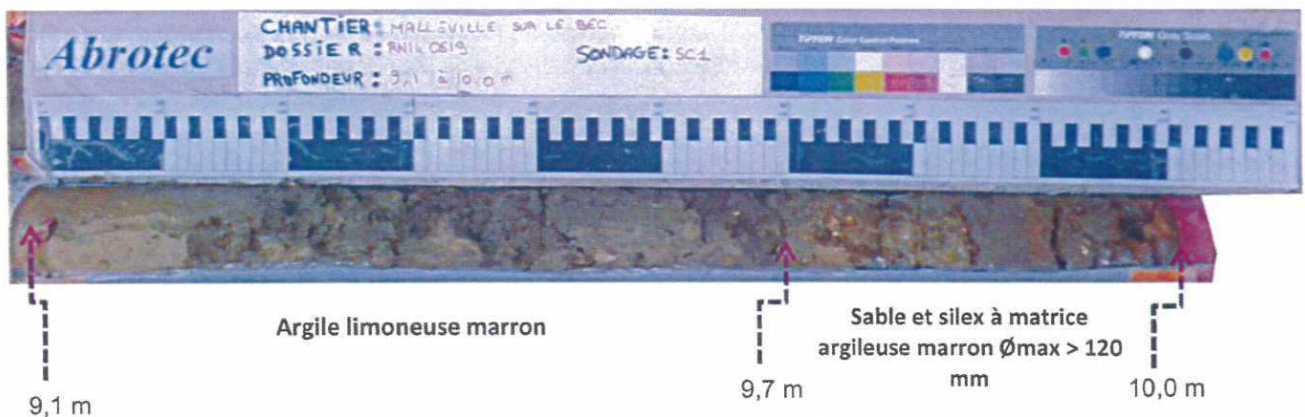
Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne
	DESCRIPTION CAROTTAGE	

N° sondage :	SC1	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	7,30 à 10,00 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)



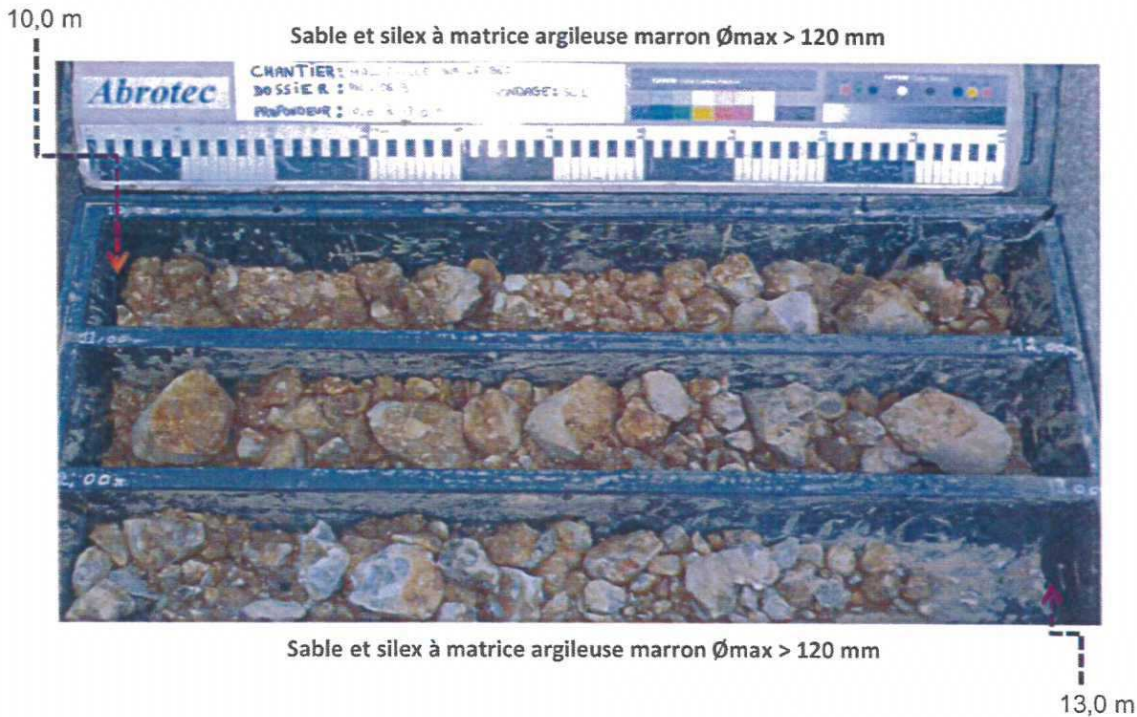
Observations : Récupération 100 %



Observations : Récupération 100 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

N° sondage :	SC1	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	10,00 m à 14,00 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	T116	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




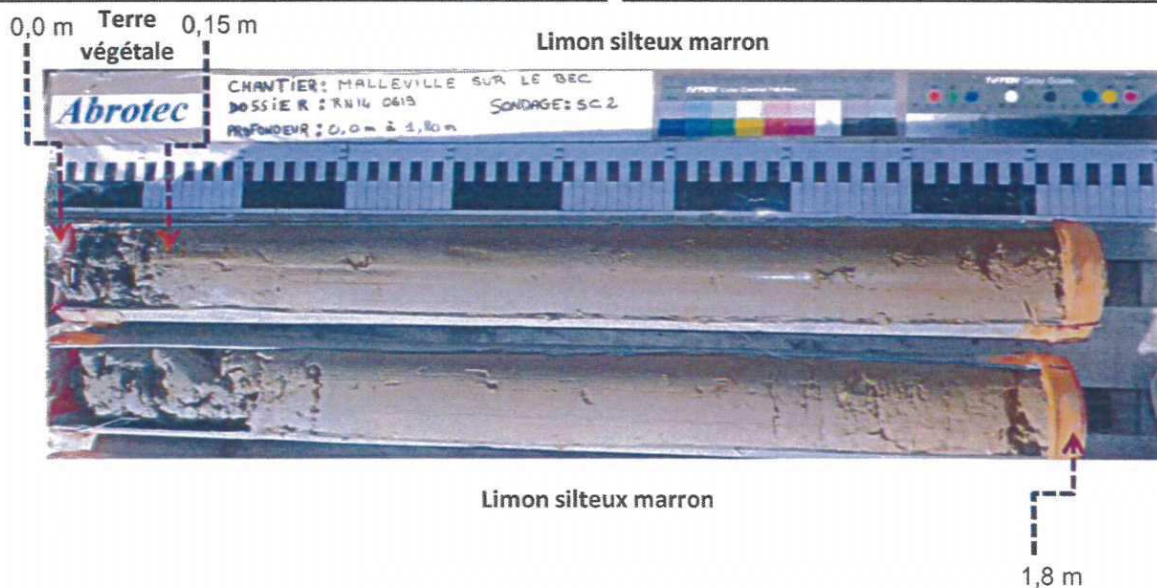
Observations : Récupération 100 %



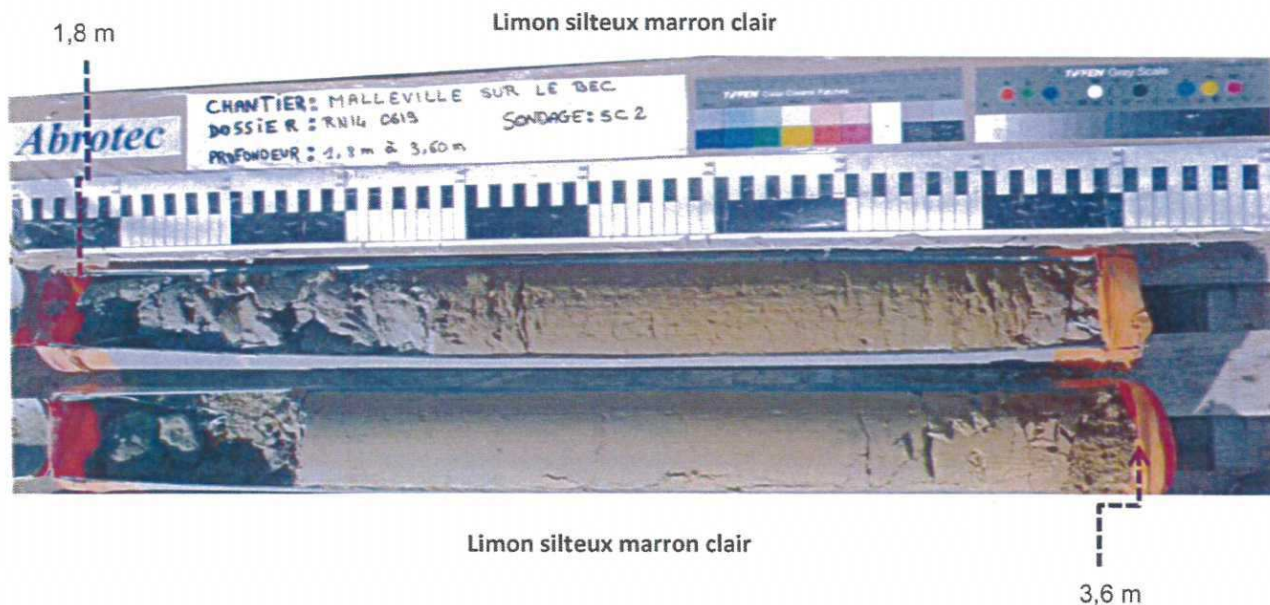
Observations : Récupération 100 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne	
	DESCRIPTION CAROTTAGE		
N° sondage :	SC2	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	0,0 à 3,6 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




Observations : Récupération 100 %

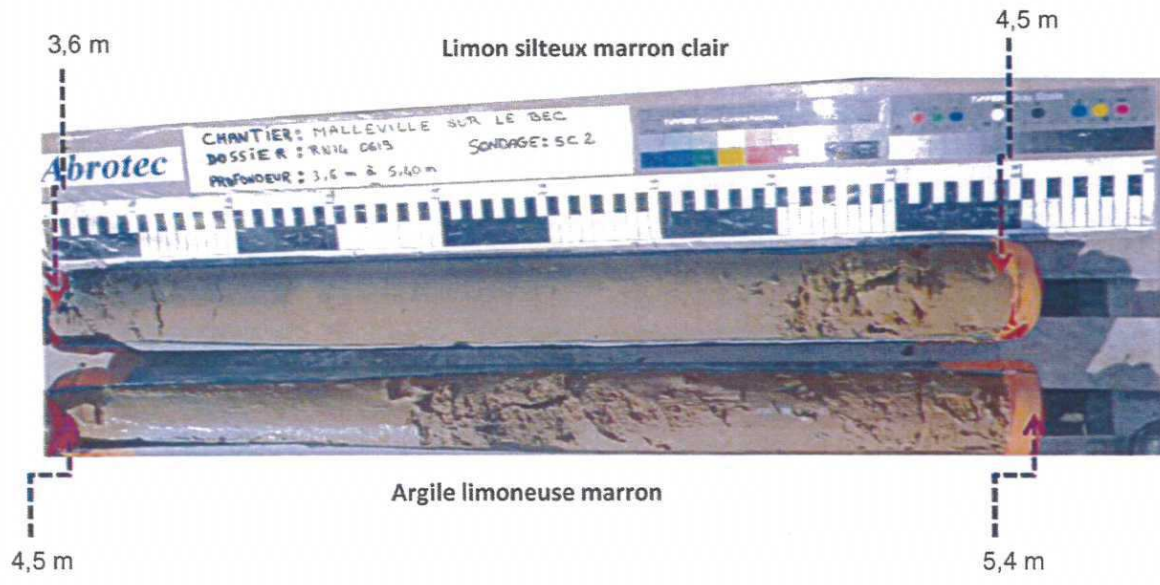


Observations : Récupération 95 %

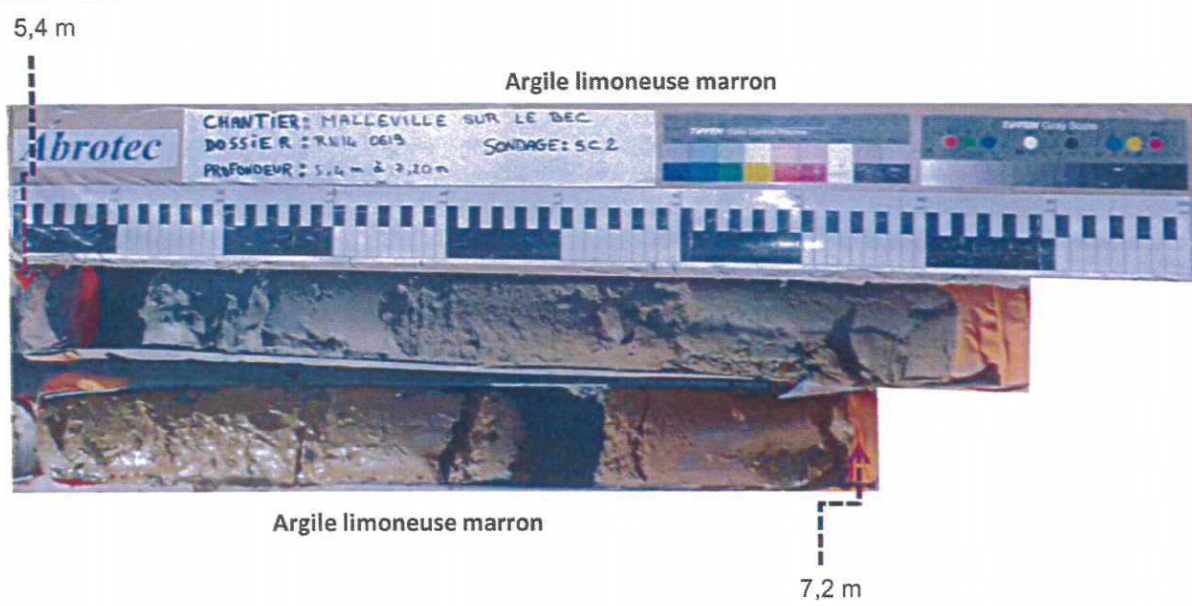
Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne
	<i>DESCRIPTION CAROTTAGE</i>	

N° sondage :	SC2	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	3,6 à 7,2 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




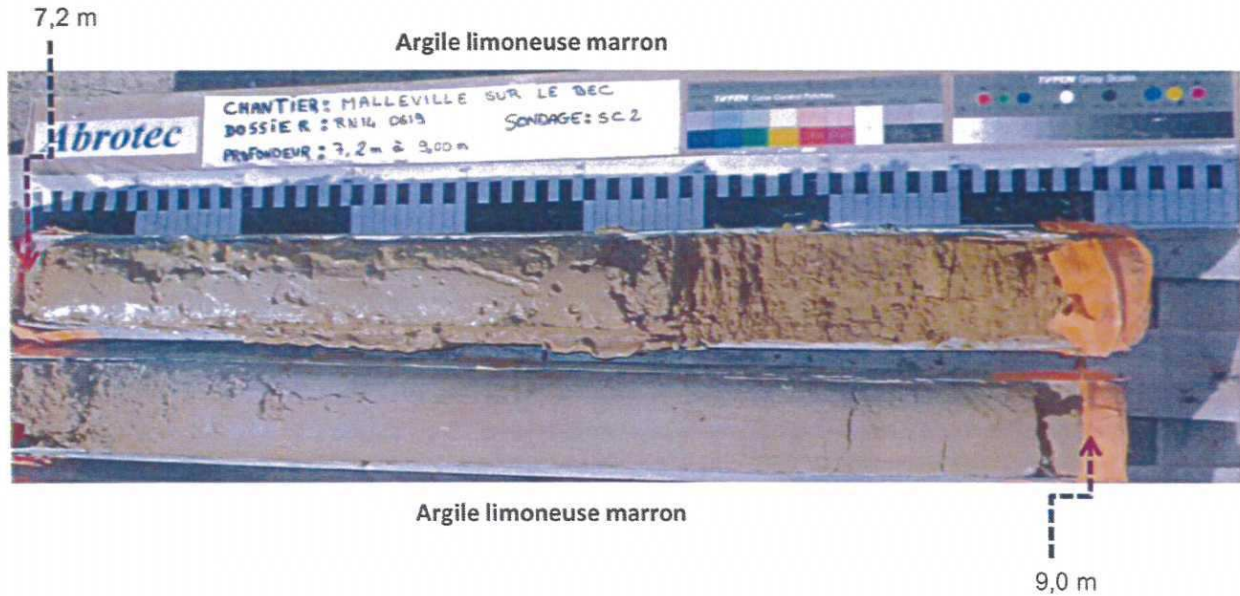
Observations : Récupération 100 %



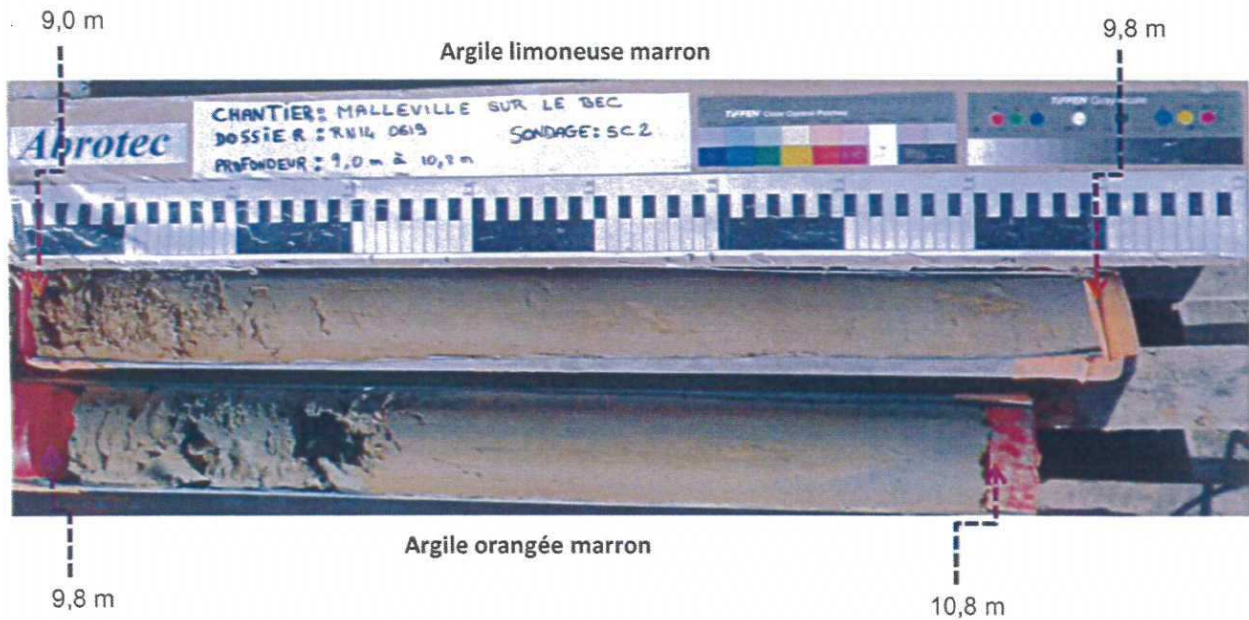
Observations : Récupération 80 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne	
	<i>DESCRIPTION CAROTTAGE</i>		
N° sondage :	SC2	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	7,20 à 10,80 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




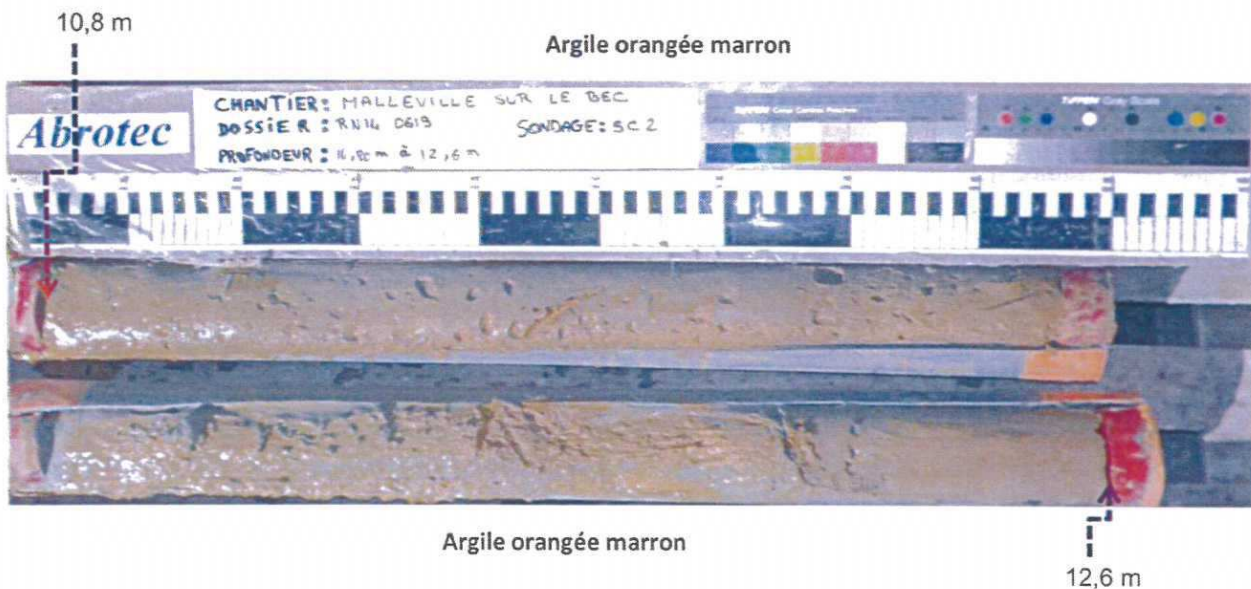
Observations : Récupération 100 %



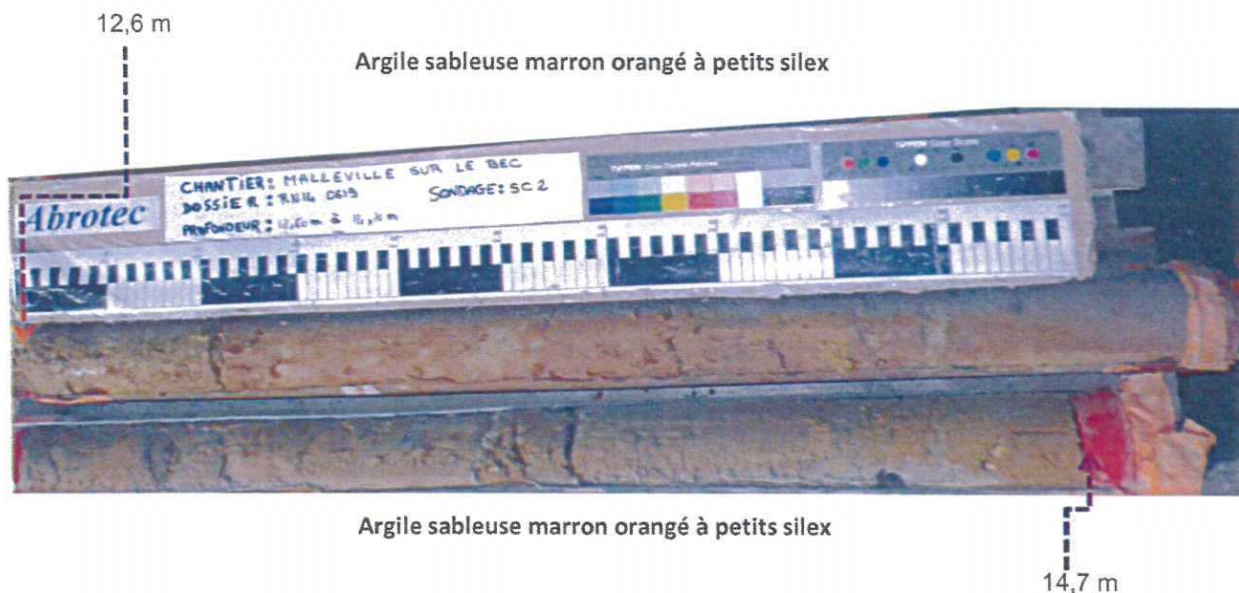
Observations : Récupération 100 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne	
	DESCRIPTION CAROTTAGE		
N° sondage :	SC2	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	10,80 à 14,70 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




Observations : Récupération 100 %



Observations : Récupération 100 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

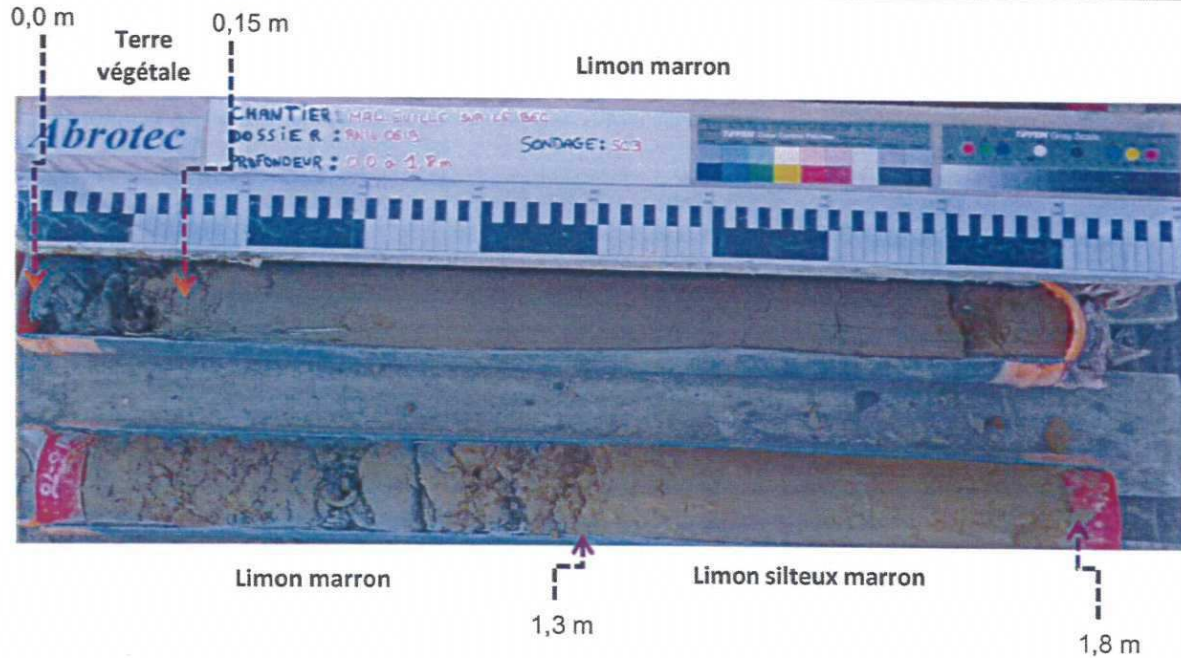
	PROCES VERBAL DE SONDAGE		MO interne
	DESCRIPTION CAROTTAGE		
N° sondage :	SC2	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	14,70 à 16,00 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)



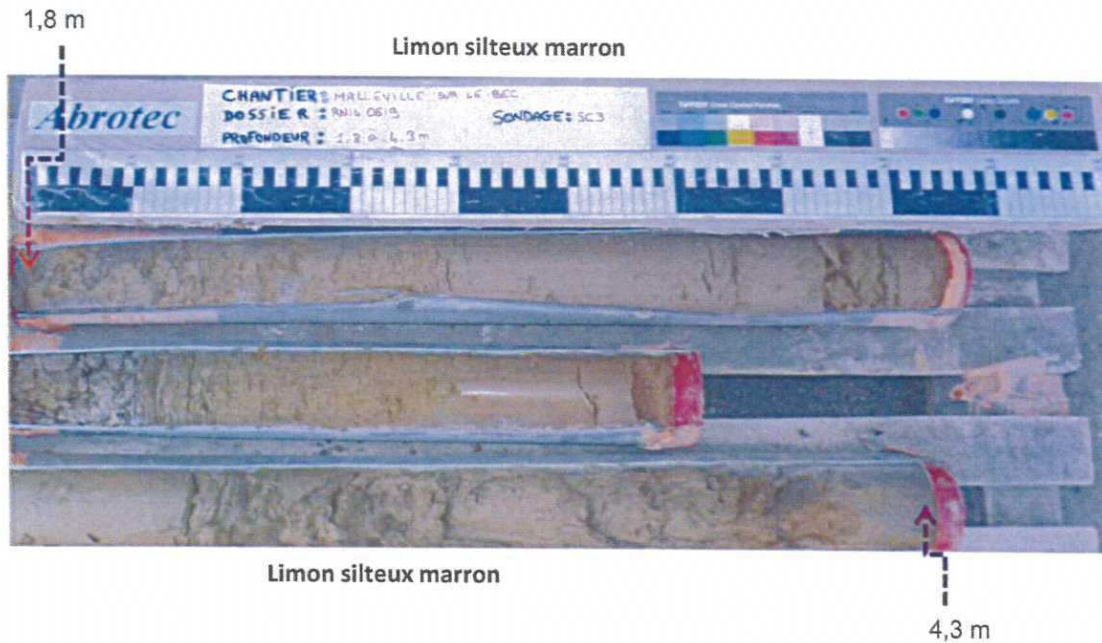
Observations : Récupération 100 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

N° sondage :	SC3	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	0,0 à 4,3 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




Observations : Récupération 100 %

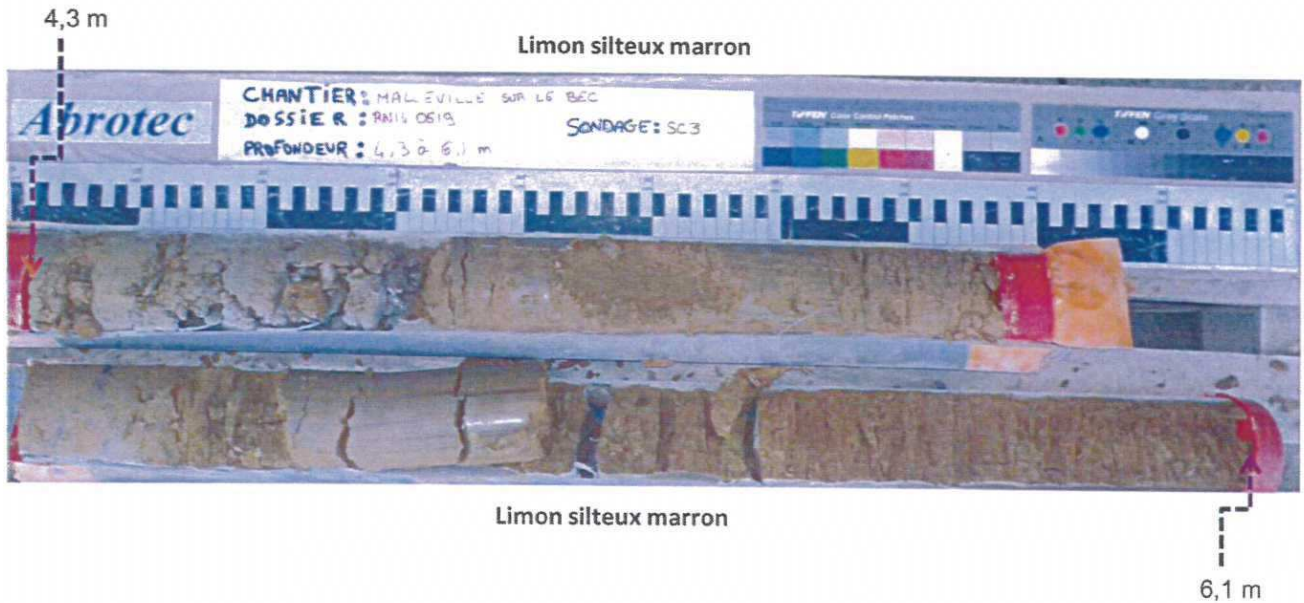


Observations : Récupération 90 %

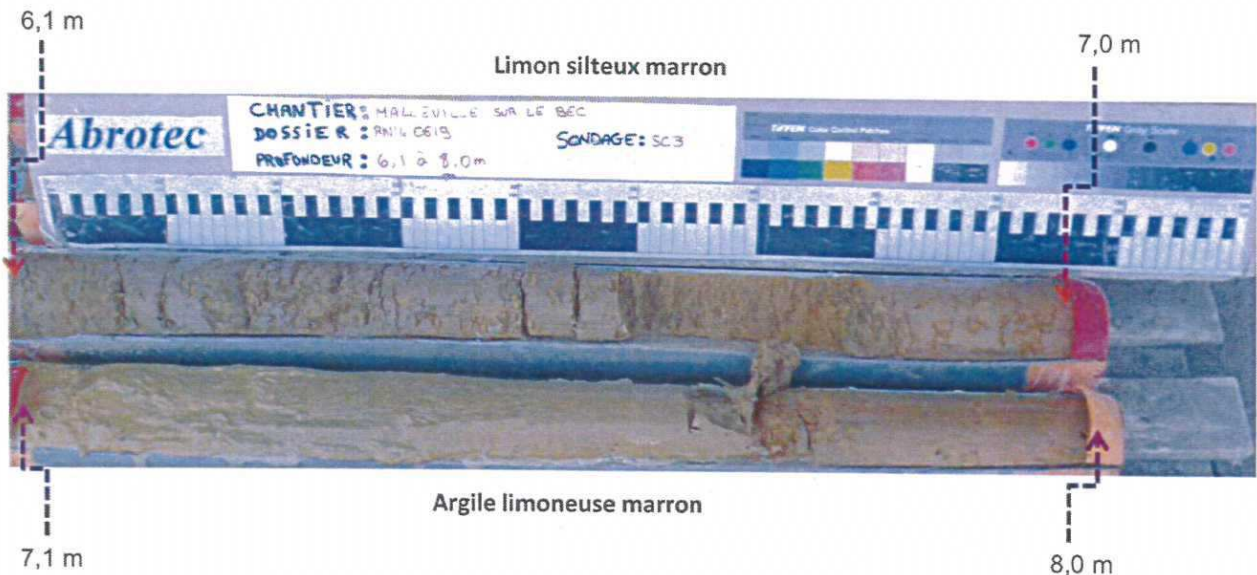
Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE	MO interne
	<i>DESCRIPTION CAROTTAGE</i>	

N° sondage :	SC3	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	4,3 à 8,0 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




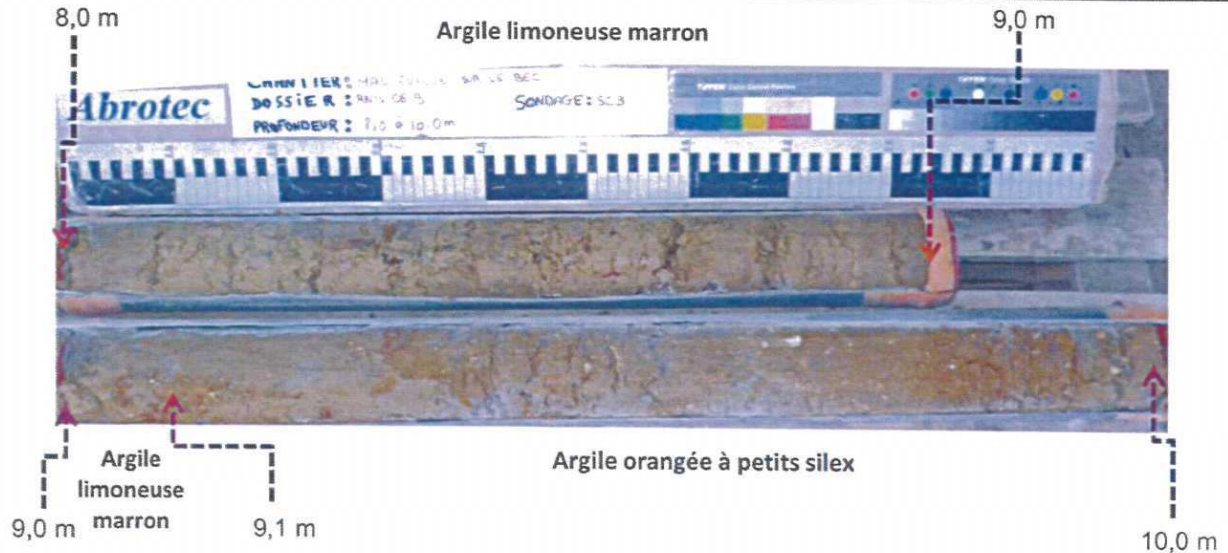
Observations : Récupération 95 %



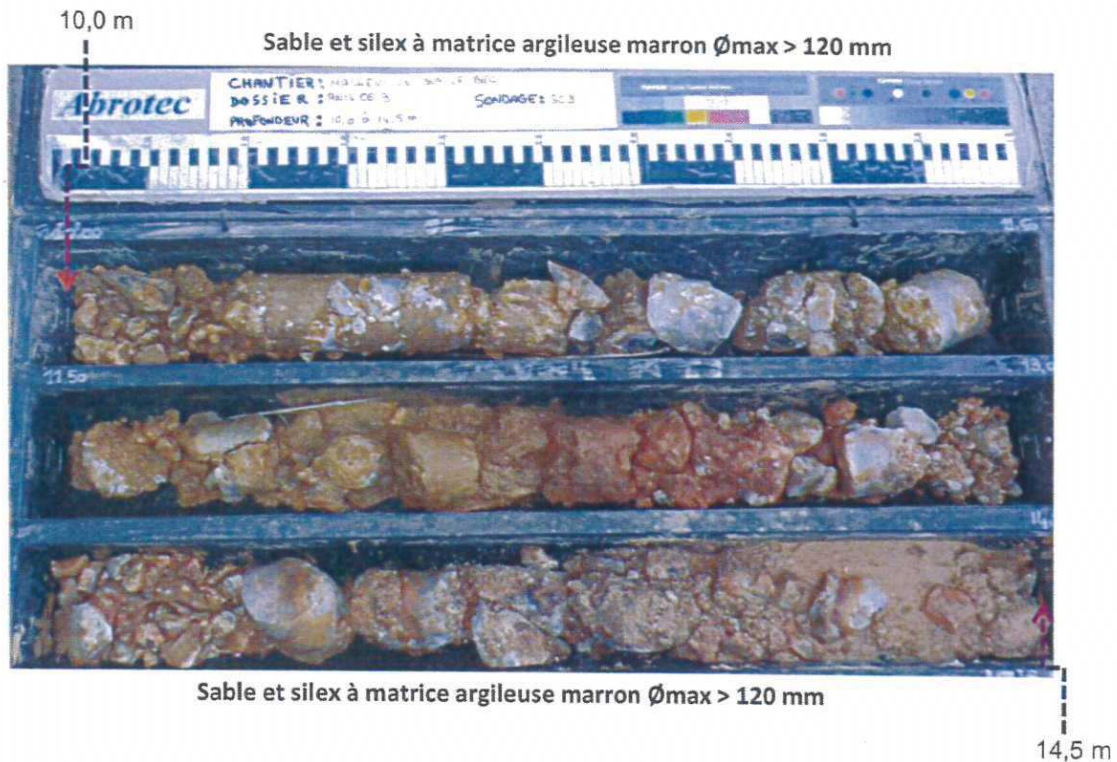
Observations : Récupération 95 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE		MO interne
	DESCRIPTION CAROTTAGE		
N° sondage :	SC3	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	8,00 à 14,50 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	LS114 - T116	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)




Observations : Récupération 95 %



Observations : Récupération 65 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

	PROCES VERBAL DE SONDAGE		MO interne
	DESCRIPTION CAROTTAGE		
N° sondage :	SC3	N° dossier :	RN14 0619
Profondeur :	14,50 m à 16,00 m	Client :	SDOMODE
Mode prélèvement :	T116	Affaire, adresse :	Extension du ISDND
Date prélèvement :	11/03/2016		Route Pont Authou
Date description :	01/04/2016		MALLEVILLE SUR LE BEC (27)



Observations : Récupération 100 %

Valliquerville, le	Le responsable du dossier :	
1 avril 2016	Rodolphe BLANQUET	

ANNEXE 5 : RESULTATS DES ESSAIS DE PERMEABILITE IN SITU

Implantation de l'ouvrage :

Lambert II étendu

X :-

Y :-

Z :-

Site :

Extension ISDN

Malleville s/ le Bec

Référence Dossier :

RN14-0619

Nom du sondage :

SC1

Date de l'essai :

04/03/2016

Forage / sondage

Profondeur : 4.00 m

Diamètre : 100 mm

Cavité

Diamètre tube : 26 mm

Dépassement : 0.40 m

Hb (/TN) : 4.00 m

Hh (/TN) : 3.00 m

Longueur cavité : 1.00 m

Protocole :

- Type Slug Test, Saturation

préalable de 60 minutes

- utilisation mono Packer

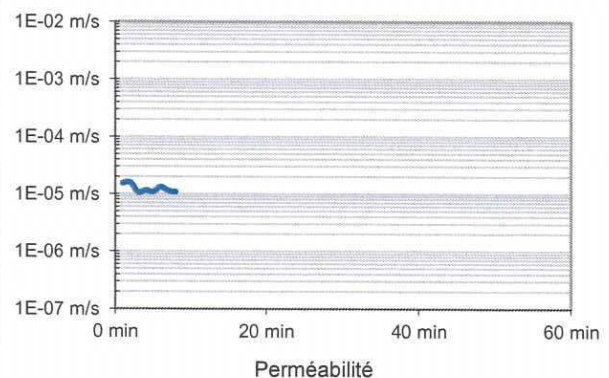
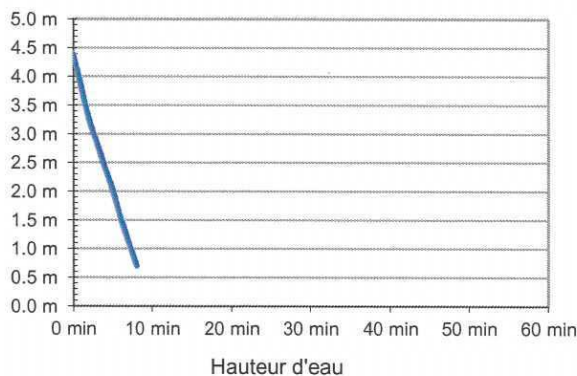
Phase d'injection

Niveau constant

Débit constant

Phase de descente

T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	4.40	N.R.	N.R.	N.R.	0	0.00	-	-	-
1	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	1	0.57	0.570	1.6E-05	57.8
2	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	2	1.15	0.580	1.6E-05	58.8
3	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	3	1.54	0.390	1.1E-05	39.5
4	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	4	1.97	0.430	1.2E-05	43.6
5	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	5	2.37	0.400	1.1E-05	40.6
10	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	6	2.86	0.490	1.4E-05	49.7
20	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	7	3.28	0.420	1.2E-05	42.6
30	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	8	3.68	0.400	1.1E-05	40.6
45	0.00	N.R.	N.R.	N.R.					
60	0.00	N.R.	N.R.	N.R.					



K (m/s)	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin	Sable très fin Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles			

Perméabilité retenue : **40.6 mm/h**

Perméabilité retenue : **1.1E-05 m/s**

Implantation de l'ouvrage :

Lambert II étendu

X :-

Y :-

Z :-

Site :

Extension ISDN

Malleville s/ le Bec

Référence Dossier :

RN14-0619

Nom du sondage :

SC1

Date de l'essai :

07/03/2016

Forage / sondage

Profondeur : 9.10 m

Diamètre : 100 mm

Cavité

Diamètre tube : 26 mm

Dépassement : 0.80 m

Hb (/TN) : 9.10 m

Hh (/TN) : 8.10 m

Longueur cavité : 1.00 m

Protocole :

- Type Slug Test, Saturation préalable de 60 minutes
- utilisation mono Packer

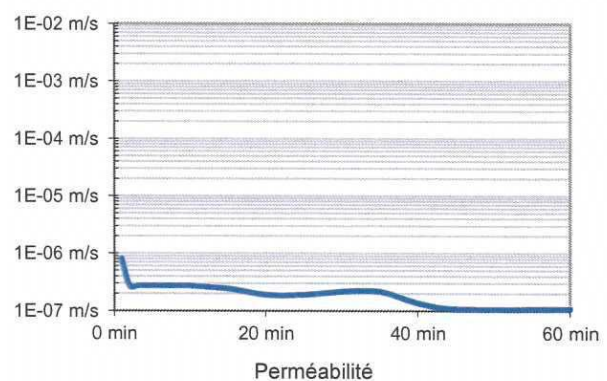
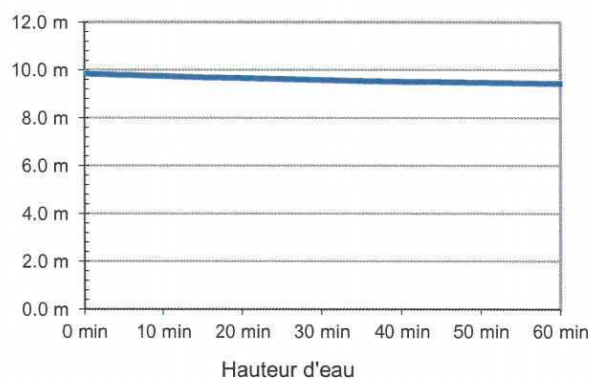
Phase d'injection

Niveau constant

Débit constant

Phase de descente

T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	9.90	N.R.	N.R.	N.R.	0	0.00	-	-	-
1	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	1	0.03	0.030	8.5E-07	3.0
2	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	2	0.04	0.010	2.8E-07	1.0
3	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	3	0.05	0.010	2.8E-07	1.0
4	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	4	0.06	0.010	2.8E-07	1.0
5	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	5	0.07	0.010	2.8E-07	1.0
10	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	6	0.08	0.010	2.8E-07	1.0
20	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	7	0.09	0.010	2.8E-07	1.0
30	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	8	0.10	0.010	2.8E-07	1.0
45	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	9	0.11	0.010	2.8E-07	1.0
60	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	10	0.12	0.010	2.8E-07	1.0
					15	0.17	0.045	2.5E-07	0.9
					20	0.20	0.035	2.0E-07	0.7
					25	0.24	0.035	2.0E-07	0.7
					30	0.28	0.040	2.3E-07	0.8
					35	0.32	0.040	2.3E-07	0.8
					40	0.34	0.025	1.4E-07	0.5
					45	0.36	0.020	1.1E-07	0.4
					60	0.42	0.060	1.1E-07	0.4



K (m/s)	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier	Sable très fin	Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles	

Perméabilité retenue : **0.4 mm/h**

Perméabilité retenue : **1.1E-07 m/s**

Implantation de l'ouvrage :

Lambert II étendu

X :-

Y :-

Z :-

Site :

Extension ISDN

Malleville s/ le Bec

Référence Dossier :

RN14-0619

Nom du sondage :

SC1

Date de l'essai :

08/03/2016

Forage / sondage

Profondeur : 11.50 m

Diamètre : 116 mm

Cavité

Diamètre tube : 26 mm

Dépassement : 0.00 m

Hb (/TN) : 11.50 m

Hh (/TN) : 10.50 m

Longueur cavité : 1.00 m

Protocole :

- Type Slug Test, saturation préalable de 15 min

- Trou nu

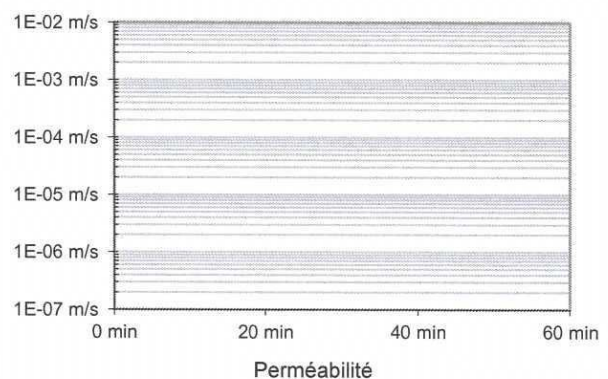
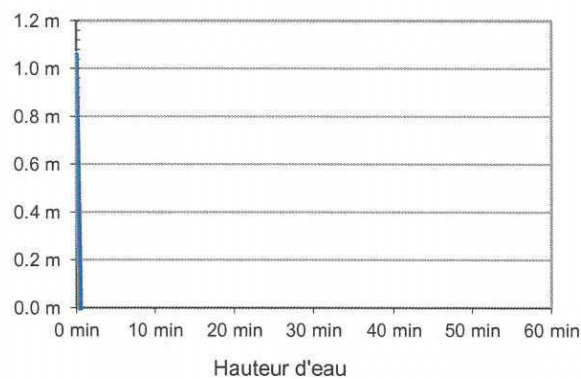
Phase d'injection

Niveau constant

Débit constant

Phase de descente

T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	11.50	N.R.	8.00	2.22	0	10.44	-	-	-
1	10.60	N.R.	8.00	2.22	0.5	11.50	1.060	1.0E-03	3 689
2	10.55	N.R.	8.00	2.22					
3	10.50	N.R.	8.00	2.22					
4	10.52	N.R.	8.00	2.22					
5	10.50	N.R.	8.00	2.22					
6	10.48	N.R.	8.00	2.22					
7	10.50	N.R.	8.00	2.22					
8	10.51	N.R.	8.00	2.22					
9	10.47	N.R.	8.00	2.22					
10	10.50	N.R.	8.00	2.22					
15	10.51	N.R.	8.00	2.22					
20	10.44	N.R.	8.00	2.22					
30	10.40	N.R.	8.00	2.22					
40	10.45	N.R.	8.00	2.22					
50	10.46	N.R.	8.00	2.22					
60	10.44	N.R.	8.00	2.22					



K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin	Sable très fin Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles			

Perméabilité retenue : 3 688.8 mm/h

Perméabilité retenue : 1.0E-03 m/s

Implantation de l'ouvrage :

Lambert I (Nord)
 X : 482725,18
 Y : 173738,24
 Z : -

Site :

Extension ISDN
 Malleville s/ le Bec

Référence Dossier :

RN14-0619

Nom du sondage :

SC2

Date de l'essai :

06/03/2016

Forage / sondage

Profondeur : 4.50 m Diamètre : 100 mm

Cavité

Diamètre tube : 26 mm Dépassement : 1.20 m

Hb (/TN) : 4.50 m

Hh (/TN) : 3.50 m

Longueur cavité : 1.00 m

Protocole :

- Type Slug Test, Saturation
 préalable de 60 minutes
 - Utilisation mono Packer

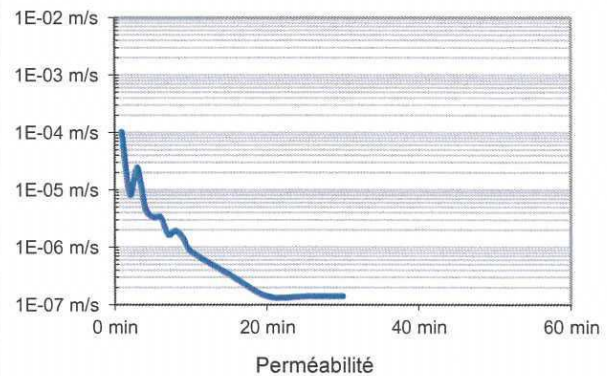
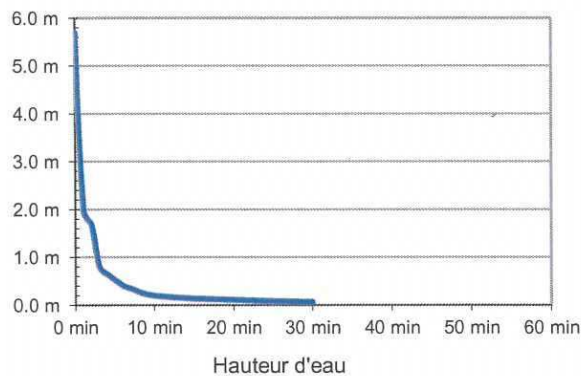
Phase d'injection

Niveau constant

Débit constant

Phase de descente

T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	5.70	N.R.	N.R.	N.R.	0	0.00	-	-	-
1	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	1	3.70	3.700	1.0E-04	375.2
2	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	2	4.00	0.300	8.5E-06	30.4
3	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	3	4.88	0.880	2.5E-05	89.2
4	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	4	5.05	0.170	4.8E-06	17.2
5	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	5	5.17	0.120	3.4E-06	12.2
10	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	6	5.29	0.120	3.4E-06	12.2
20	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	7	5.35	0.060	1.7E-06	6.1
30	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	8	5.42	0.070	2.0E-06	7.1
45	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	9	5.47	0.050	1.4E-06	5.1
60	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	10	5.50	0.030	8.5E-07	3.0
					15	5.56	0.060	3.4E-07	1.2
					20	5.59	0.025	1.4E-07	0.5
					25	5.61	0.025	1.4E-07	0.5
					30	5.64	0.025	1.4E-07	0.5



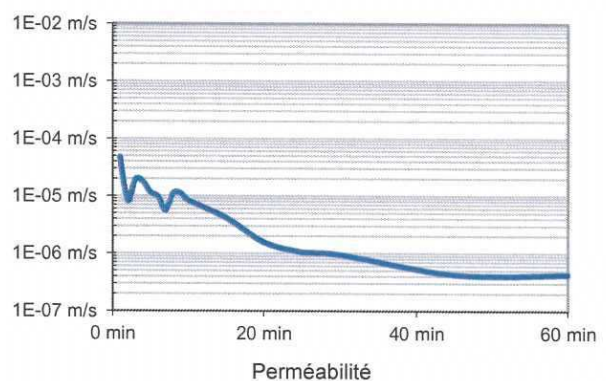
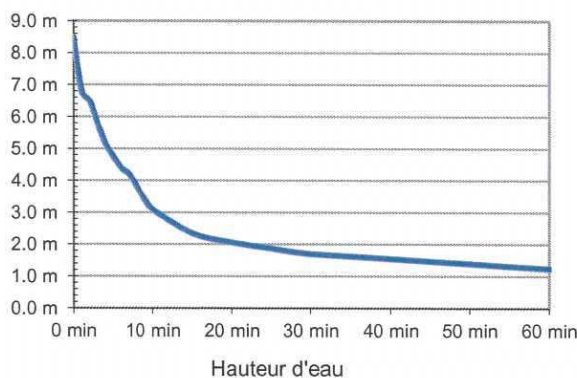
K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier.	Sable très fin	Sable grossier à sable fin	Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles					

Perméabilité retenue : **0.5 mm/h**

Perméabilité retenue : **1.4E-07 m/s**

Implantation de l'ouvrage : Lambert I (Nord) X : 482725,18 Y : 173738,24 Z : -	Site : Extension ISDN Malleville s/ le Bec	Référence Dossier : RN14-0619 Nom du sondage : SC2 Date de l'essai : 09/03/2016
	Forage / sondage Profondeur : 9.50 m Diamètre : 100 mm Cavité Diamètre tube : 26 mm Dépassement : 1.20 m Hb (/TN) : 9.50 m Hh (/TN) : 8.50 m Longueur cavité : 1.00 m	
Protocole : - Type Slug Test, Saturation préalable de 60 minutes - Utilisation mono Packer		

Phase d'injection					Phase de descente				
<input checked="" type="checkbox"/> Niveau constant			<input type="checkbox"/> Débit constant						
T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	10.70	N.R.	N.R.	N.R.	0	2.20	-	-	-
1	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	1	3.90	1.700	4.8E-05	172.4
2	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	2	4.20	0.300	8.5E-06	30.4
3	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	3	4.90	0.700	2.0E-05	71.0
4	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	4	5.54	0.640	1.8E-05	64.9
5	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	5	5.95	0.410	1.2E-05	41.6
10	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	6	6.30	0.350	9.9E-06	35.5
20	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	7	6.50	0.200	5.6E-06	20.3
30	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	8	6.90	0.400	1.1E-05	40.6
45	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	9	7.30	0.400	1.1E-05	40.6
60	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	10	7.60	0.300	8.5E-06	30.4
					15	8.35	0.750	4.2E-06	15.2
					20	8.63	0.280	1.6E-06	5.7
					25	8.82	0.190	1.1E-06	3.9
					30	8.99	0.170	9.6E-07	3.4
					45	9.22	0.230	4.3E-07	1.6
					60	9.45	0.230	4.3E-07	1.6



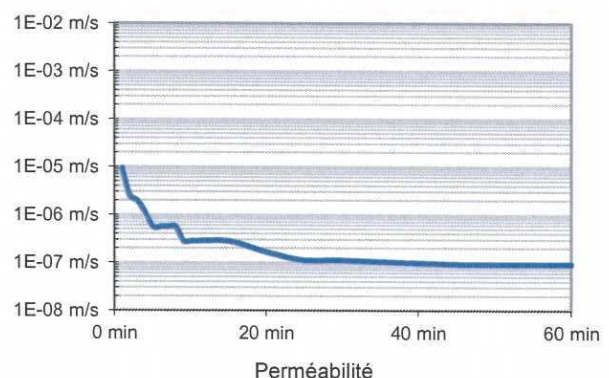
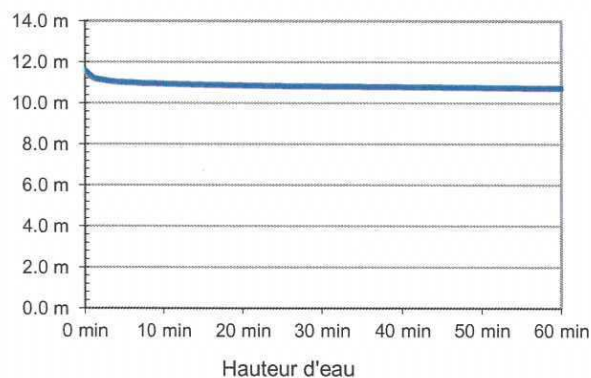
K (m/s)	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin, Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			

Perméabilité retenue : **1.6 mm/h**

Perméabilité retenue : **4.3E-07 m/s**

Implantation de l'ouvrage : Lambert I (Nord) X : 482725,18 Y : 173738,24 Z : -	Site : Extension ISDN Malleville s/ le Bec	Référence Dossier : RN14-0619 Nom du sondage : SC2 Date de l'essai : 10/03/2016
	Forage / sondage Profondeur : 12.50 m Diamètre : 100 mm Cavité Diamètre tube : 26 mm Dépassement : 1.50 m Hb (/TN) : 12.50 m Hh (/TN) : 11.50 m Longueur cavité : 1.00 m	
Protocole : - Type Slug Test, Saturation préalable de 60 minutes - utilisation mono Packer		

Phase d'injection					Phase de descente				
<input checked="" type="checkbox"/> Niveau constant			<input type="checkbox"/> Débit constant						
T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	14.00	N.R.	N.R.	N.R.	0	2.40	-	-	-
1	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	1	2.74	0.340	9.6E-06	34.5
2	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	2	2.83	0.090	2.5E-06	9.1
3	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	3	2.90	0.070	2.0E-06	7.1
4	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	4	2.94	0.040	1.1E-06	4.1
5	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	5	2.96	0.020	5.6E-07	2.0
10	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	6	2.98	0.020	5.6E-07	2.0
20	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	7	3.00	0.020	5.6E-07	2.0
30	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	8	3.02	0.020	5.6E-07	2.0
45	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	9	3.03	0.010	2.8E-07	1.0
60	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	10	3.04	0.010	2.8E-07	1.0
					15	3.09	0.050	2.8E-07	1.0
					20	3.12	0.030	1.7E-07	0.6
					25	3.14	0.020	1.1E-07	0.4
					30	3.16	0.020	1.1E-07	0.4
					45	3.21	0.050	9.4E-08	0.3
					60	3.26	0.050	9.4E-08	0.3



K (m/s)	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier	Sable très fin	Sable grossier à sable fin	Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène				
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles							

Perméabilité retenue : **0.3 mm/h**

Perméabilité retenue : **9.4E-08 m/s**

Implantation de l'ouvrage :

Lambert II étendu

X :-

Y :-

Z :-

Site :

Extension ISDN

Malleville s/ le Bec

Référence Dossier :

RN14-0619

Nom du sondage :

SC2

Date de l'essai :

11/03/2016

Forage / sondage

Profondeur : 16.00 m

Diamètre : 116 mm

Cavité

Diamètre tube : 26 mm

Dépassement : 1.00 m

Hb (/TN) : 16.00 m

Hh (/TN) : 15.00 m

Longeur cavité : 1.00 m

Protocole :

- Type Slug Test, Saturation préalable de 60 minutes

- Utilisation mono Packer

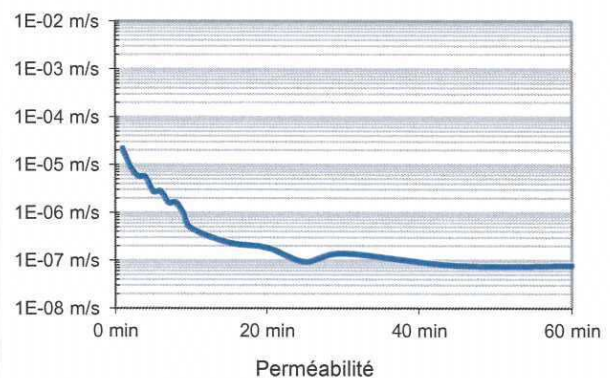
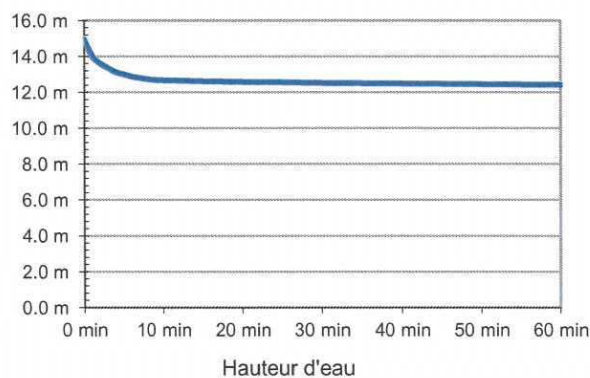
Phase d'injection

Niveau constant

Débit constant

Phase de descente

T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	17.00	N.R.	N.R.	N.R.	0	2.00	-	-	-
1	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	1	2.95	0.950	2.3E-05	83.0
2	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	2	3.35	0.400	9.7E-06	35.0
3	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	3	3.60	0.250	6.1E-06	21.9
4	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	4	3.84	0.240	5.8E-06	21.0
5	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	5	3.96	0.120	2.9E-06	10.5
10	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	6	4.08	0.120	2.9E-06	10.5
20	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	7	4.15	0.070	1.7E-06	6.1
30	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	8	4.22	0.070	1.7E-06	6.1
45	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	9	4.26	0.040	9.7E-07	3.5
60	0.00	N.R.	N.R.	N.R.	10	4.28	0.020	4.9E-07	1.7
					15	4.33	0.050	2.4E-07	0.9
					20	4.37	0.040	1.9E-07	0.7
					25	4.39	0.020	9.7E-08	0.3
					30	4.42	0.030	1.5E-07	0.5
					45	4.47	0.050	8.1E-08	0.3
					60	4.52	0.050	8.1E-08	0.3



K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins	Sable avec gravier	Sable grossier à sable fin	Sable très fin	Limon grossier à limon argileux	Argile limoneuse à argile homogène					
Possibilités d'infiltration	Excellentes	Bonnes	Moyennes à faibles	Faibles à nulles							

Perméabilité retenue : 0.3 mm/h

Perméabilité retenue : 8.1E-08 m/s

Implantation de l'ouvrage :

Lambert I (Nord)
 X : 482868,51
 Y : 173537,21
 Z : -

Site :

Extension ISDN
 Malleville s/ le Bec

Référence Dossier : RN14-0619

Nom du sondage : SC3

Date de l'essai : 16/03/2016

Forage / sondage

Profondeur : 15.50 m Diamètre : 116 mm

Cavité

Diamètre tube : - mm Dépassement : - m

Hb (/TN) : 15.50 m

Hh (/TN) : 14.50 m

Longueur cavité : 1.00 m

Protocole :

- Type Slug Test, Saturation préalable de 30 min
 - Trou nu

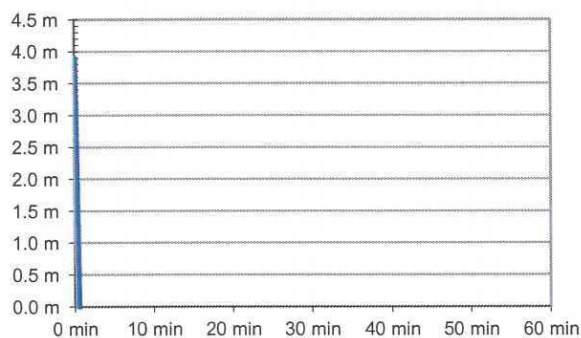
Phase d'injection

Niveau constant

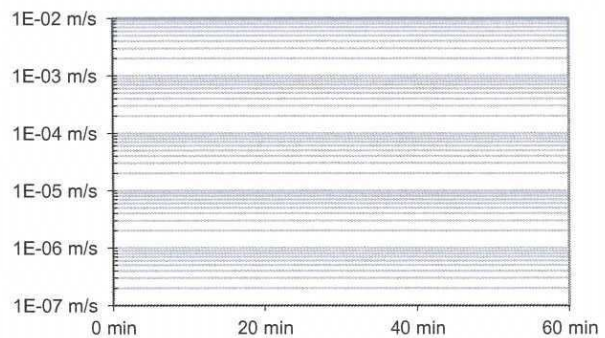
Débit constant

Phase de descente

T (min)	Z (m)	V (L)	Q (m3/h)	Q (L/s)	T (min)	Z (m)	ΔZ (m)	K (m/s)	K (mm/h)
0	15.50	N.R.	6.00	1.67	0	11.60	-	-	-
1	14.10	N.R.	6.00	1.67	0.5	15.50	3.900	3.8E-03	13 572
2	12.80	N.R.	6.00	1.67					
3	12.60	N.R.	6.00	1.67					
4	12.90	N.R.	6.00	1.67					
5	12.50	N.R.	6.00	1.67					
10	12.15	N.R.	6.00	1.67					
15	11.80	N.R.	6.00	1.67					
20	12.05	N.R.	6.00	1.67					
30	11.60	N.R.	6.00	1.67					



Hauteur d'eau



Perméabilité

K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins			Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux		Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes			Bonnes		Moyennes à faibles		Faibles à nulles			

Perméabilité retenue : 13 572.0 mm/h

Perméabilité retenue : 3.8E-03 m/s

ANNEXE 6 : RESULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 1

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 26 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : FP1

Profondeur (m) : 0,3 à 1,5

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : Limon argileux marron

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	99,5%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	23,5%
sur 0/5 mm =	23,5%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **3,79**

Limites d'Atterberg

W L = **NT**
W P = **NT**
I P = **NT**
I C = **NT**

Indice Portant Immédiat

IPI = **NT**
Masse volumique sèche (t/m^3) = **NT**

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 2

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 26 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : FP1

Profondeur (m) : 1,5 à 4,5

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : Limon marron clair

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	99,8%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,7%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	99,0%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	16,5%
sur 0/5 mm =	16,5%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = 2,44

Limites d'Atterberg

W L = NT
W P = NT
I P = NT
I C = NT

Indice Portant Immédiat

IPI = NT
Masse volumique sèche (t/m^3) = NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 1

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 3

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 26 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : FP1

Profondeur (m) : 4,5 à 9,5

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : Argile marron légèrement limoneux

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,8%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	97,8%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	20,2%
sur 0/5 mm =	20,2%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **3,57**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m ³) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80
Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 4

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 26 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : FP1

Profondeur (m) : 9,5 à 10,5

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : Argile rousse à petits cailloutis de silex

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,4%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	74,7%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	18,6%
sur 0/5 mm =	18,6%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **3,76**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m^3) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80
Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 5

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 29 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : FP3

Profondeur (m) : 0,3 à 3,0

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 09-mars-16

Description : Limon marron clair

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	99,4%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	22,2%
sur 0/5 mm =	22,2%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **2,80**

Limites d'Atterberg

W L = **NT**
W P = **NT**
I P = **NT**
I C = **NT**

Indice Portant Immédiat

IPI = **NT**
Masse volumique sèche (t/m^3) = **NT**

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 6

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 29 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : FP3

Profondeur (m) : 3,0 à 4,5

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 09-mars-16

Description : Limon marron clair

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,9%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	99,1%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	19,0%
sur 0/5 mm =	19,0%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **3,61**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m ³) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80
Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 7

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : **MALLEVILLE SUR LE BEC (27)**

Date de prélèvement : 29 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : **FP3**

Profondeur (m) : **4,5** à **7,5**

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : **Limon marron**

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	99,1%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	22,5%
sur 0/5 mm =	22,5%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **4,00**

Limites d'Atterberg

W L = **NT**
W P = **NT**
I P = **NT**
I C = **NT**

Indice Portant Immédiat

IPI = **NT**
Masse volumique sèche (t/m^3) = **NT**

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 8

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : **MALLEVILLE SUR LE BEC (27)**

Date de prélèvement : 29 février 2016

mode : TH Ø63mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : **FP3**

Profondeur (m) : **7,5** à **9,5**

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : **Argile marron limoneuse**

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,8%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	95,6%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	18,8%
sur 0/5 mm =	18,8%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **4,11**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m ³) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80
Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 9

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14 0619

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 24 février 2016

mode : TH Ø150mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : TA1-1

Profondeur (m) : 1,5 à 3,0

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 09-mars-16

Description : Limon brun

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	99,8%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,7%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	98,9%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	15,4%
sur 0/5 mm =	15,4%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **2,43**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m ³) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 1

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 10

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14 0619

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 24 février 2016

mode : TH Ø150mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : TA1-1

Profondeur (m) : 3,0 à 4,5

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 09-mars-16

Description : Limon marron clair

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,8%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	98,9%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	16,4%
sur 0/5 mm =	16,4%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **2,41**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m ³) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 1

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80
Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 11

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 24 février 2016

mode : TH Ø150mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : TA1-1

Profondeur (m) : 4,5 à 9,0

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : Argile marron

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	99,9%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	98,5%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	21,2%
sur 0/5 mm =	21,2%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = 4,00

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m ³) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 2

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° GTR 12

Version A du 11/03/2016

Détermination du classement G.T.R. d'un sol NF P 11-300

Dossier N° : RN14-0619-1

Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27)

Date de prélèvement : 24 février 2016

mode : TH Ø150mm

par : ABROTEC

Sondage ou Profil ou identification : TA1-1

Profondeur (m) : 9,0 à 12,0

Mode de conservation : 1 sac fermé

N° enregistrement ABROTEC :

Date de l'essai : 10-mars-16

Description : Argile marron à cailloutis de silex

Granulométrie

	dm =	0 mm
	%passant à 50 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 20 mm =	100,0%
sur 0/50 mm	%passant à 5 mm =	97,6%
sur 0/50 mm	%passant à 2 mm =	94,2%
sur 0/50 mm	%passant à 0.08 mm =	86,4%

Teneur en eau (%)

(à 105 °C)

sur 0/20 mm =	19,7%
sur 0/5 mm =	19,7%

Valeur au Bleu de méthylène

VBS = **2,12**

Limites d'Atterberg

W L =	NT
W P =	NT
I P =	NT
I C =	NT

Indice Portant Immédiat

IPI =	NT
Masse volumique sèche (t/m^3) =	NT

CLASSIFICATION SELON LA G.T.R.

A 1

Observation :

Nota: NC = Non Connu / NR = Non Réalisable / NT = Non testé
Les analyses sont réalisées sur un échantillon prélevé dans des conditions spécifiques pouvant remanier le matériau ce qui peut rendre ce test non représentatif (des blocs peuvent être présents dans le sol et non dans l'échantillon par exemple).

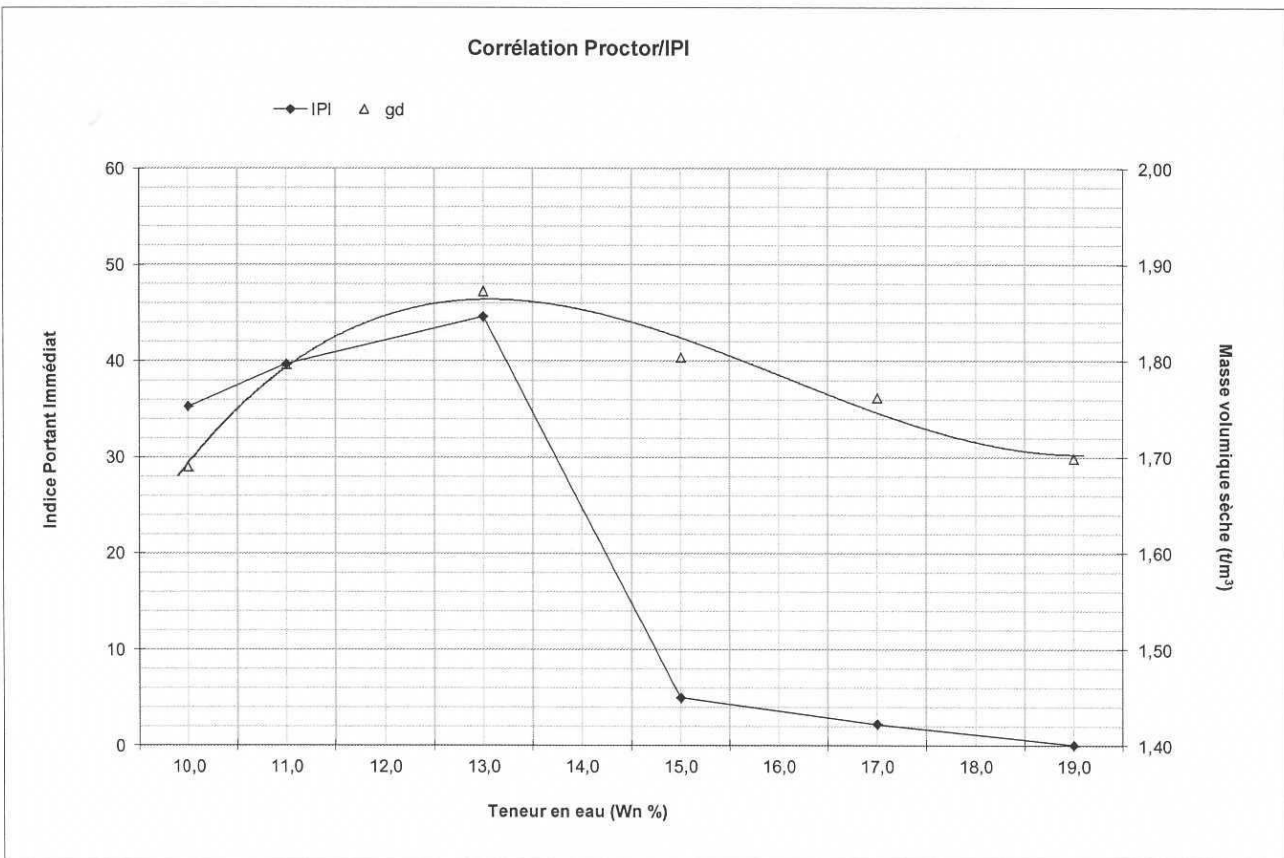
AGENCE Normandie
5 ZA Caux Multipôles
76190 VALLIQUERVILLE
Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr

Dossier N°:	RN14-0619-1	Echantillon n° :	-
Affaire :	MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n° :	TA1
		Profondeur (m) :	de 1,5 à 3,0 m
Client :	SDOMODE	Date de prélèvement :	24/02/2016
		Date d'essai :	18/03/2016

Nature du matériau :	Limon marron brun silteux
----------------------	---------------------------

D _{max} du matériau :	5	mm	Type de moule utilisé : PROCTOR
Refus à 20 mm :	0	%	
Masse volumique des particules solides ρ _s :	2,70	g/cm ³	



RESULTATS DE L'ESSAI					
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W _{opn} :	13,6	%		
Masse volumique sèche	pd _{opn} :	1,86	g/cm ³		

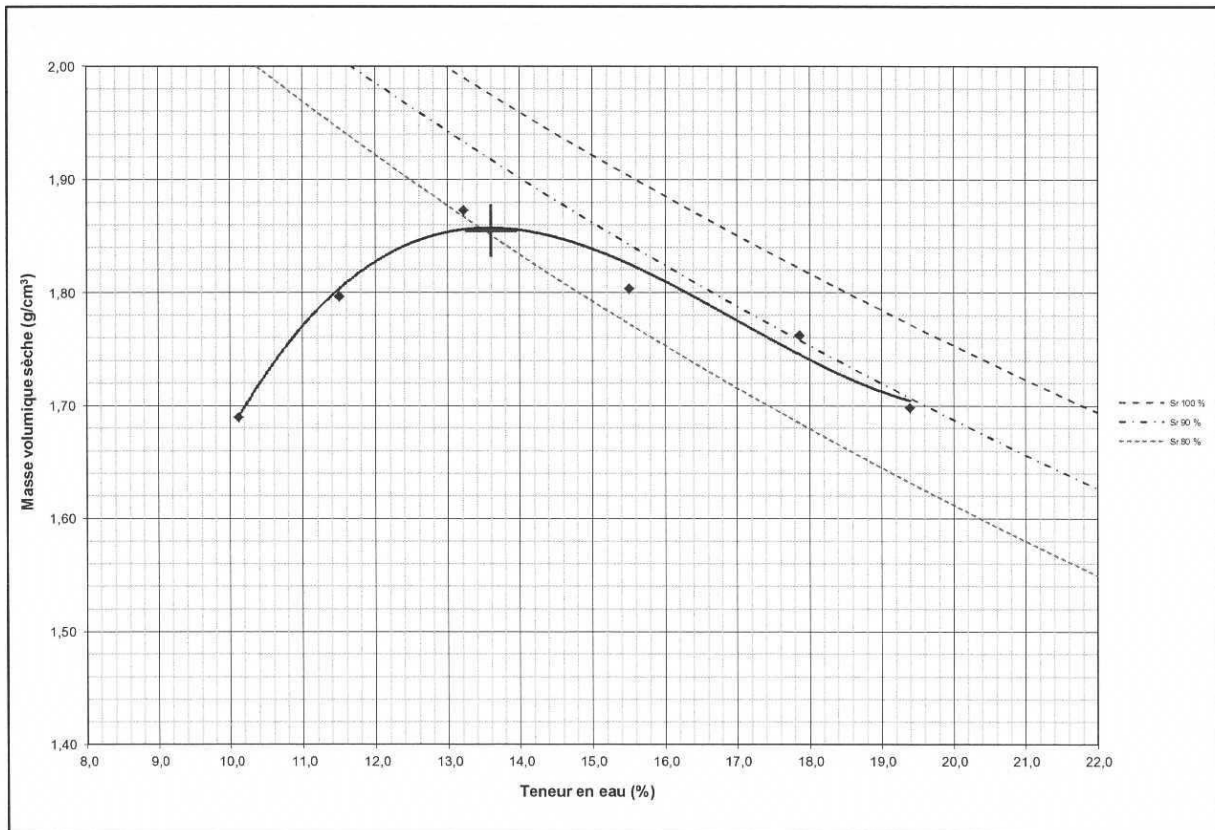
TENEUR en EAU après compactage (%)	10,11	11,50	13,22	15,51	17,86	19,39
MASSE VOLUMIQUE SECHE (t / m ³)	1,69	1,80	1,87	1,80	1,76	1,70
I. P. I.	35,27	39,67	44,63	4,98	2,22	0,03

Teneur en eau naturelle W _n :	15,5	%
<i>NF P 94-050</i>		

Dossier N°: RN14-0619-1	Echantillon n°: -
Affaire: MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n°: TA1
	Profondeur (m): de 1,5 à 3,0 m
Client: SDOMODE	Date de prélèvement: 24/02/2016
	Date d'essai: 18/03/2016

Nature du matériau:	Limon marron brun silteux
---------------------	----------------------------------

D _{max} du matériau: 5 mm	Type de moule utilisé: PROCTOR
Refus à 20 mm: 0,0 %	
Masse volumique des particules solides ρ _S : 2,70 g/cm ³	



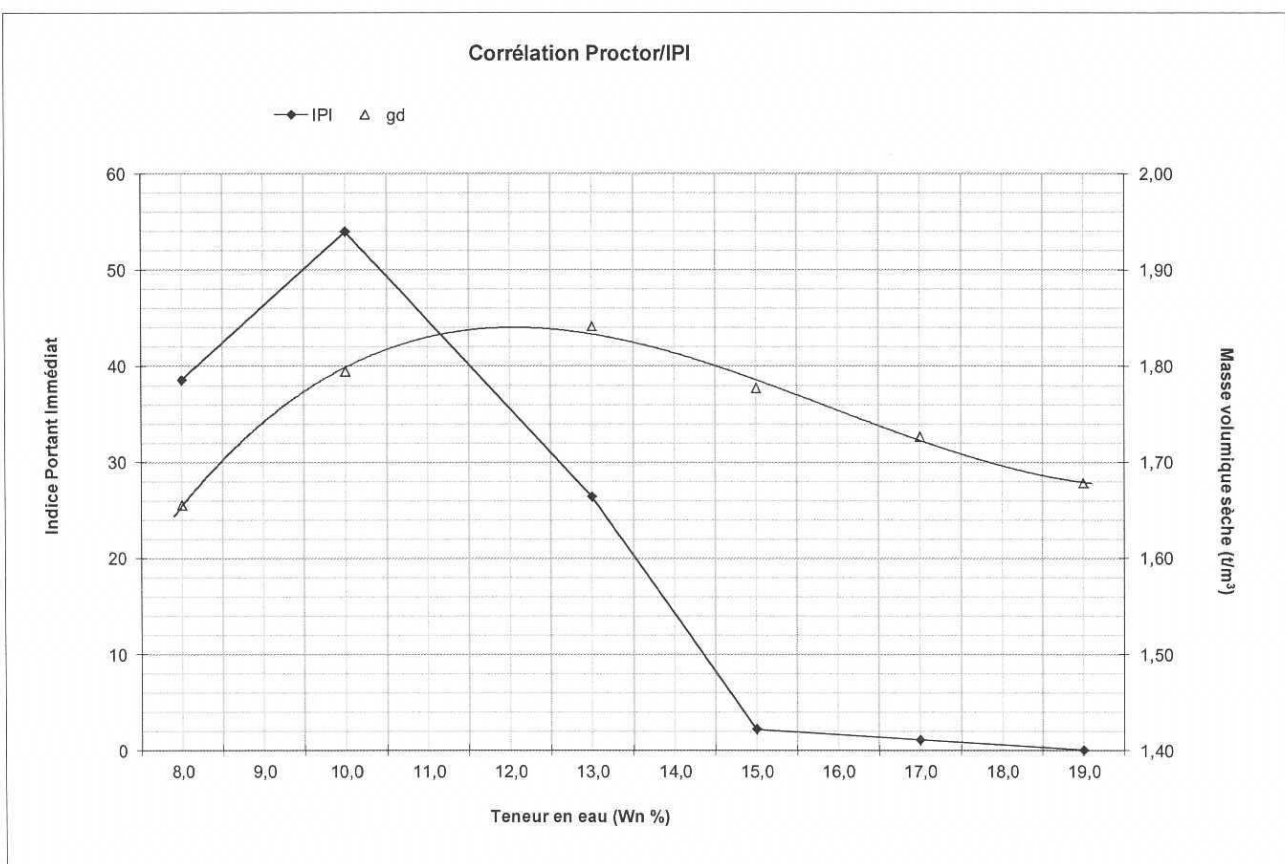
RESULTATS DE L'ESSAI			
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées	valeurs corrigées
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W _{opn} :	13,6 %	
Masse volumique sèche	p _d opn :	1,86 g/cm ³	

Teneur en eau naturelle W _n : 15,5 % <i>NF P 94-050</i>
--

Dossier N°:	RN14-0619-1	Echantillon n° :	-
Affaire :	MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n° :	TA1
		Profondeur (m) :	de 3,0 à 4,5 m
Client :	SDOMODE	Date de prélèvement :	24/02/2016
		Date d'essai :	18/03/2016

Nature du matériau :	Limons marrons silteux
----------------------	------------------------

D _{max} du matériau :	5	mm	Type de moule utilisé : PROCTOR
Refus à 20 mm :	0	%	
Masse volumique des particules solides ρ _S :	2,70	g/cm ³	



RESULTATS DE L'ESSAI					
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W _{opn} :	12,5	%		
Masse volumique sèche	ρ _{d opn} :	1,85	g/cm ³		

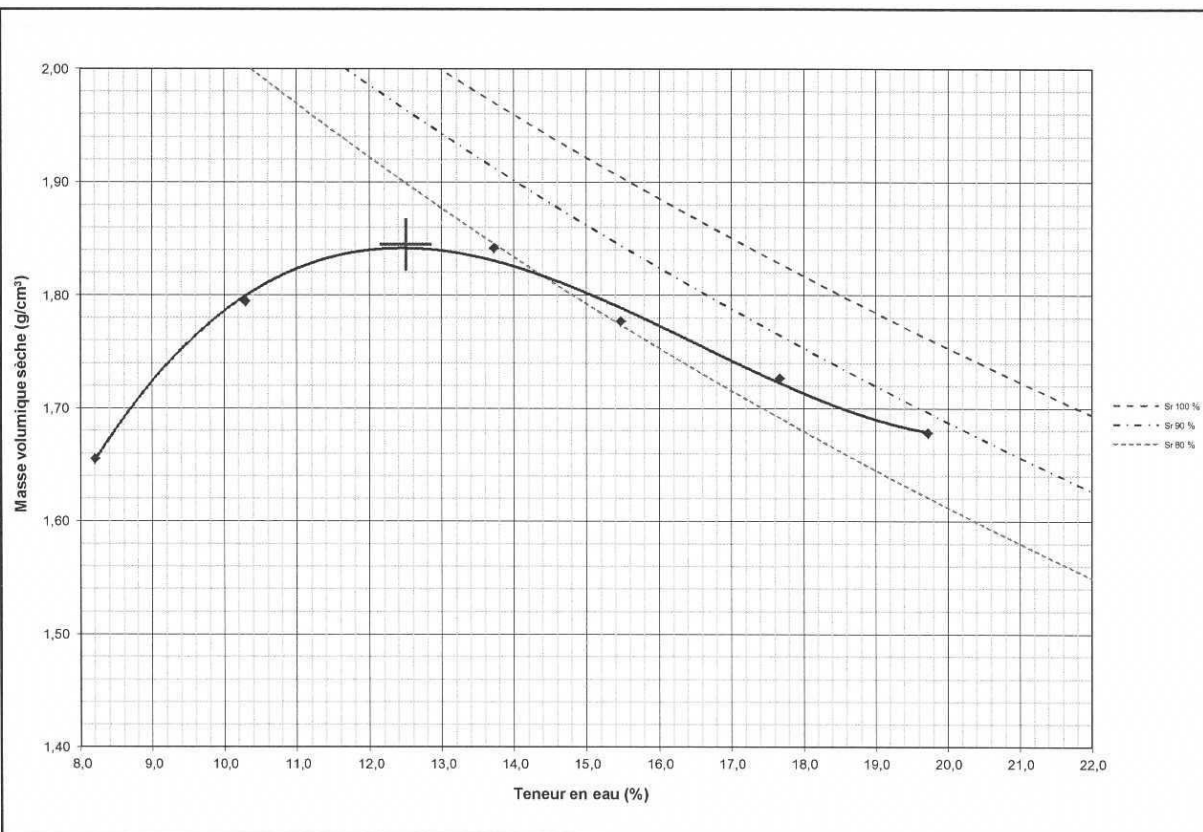
TENEUR en EAU après compactage (%)	8,20	10,29	13,72	15,47	17,67	19,73
MASSE VOLUMIQUE SECHE (t / m ³)	1,66	1,79	1,84	1,78	1,73	1,68
I. P. I.	38,57	53,99	26,45	2,22	1,12	0,03

Teneur en eau naturelle W _n :	15,5	%
<i>NF P 94-050</i>		

Dossier N°: RN14-0619-1	Echantillon n°: -
Affaire: MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n°: TA1
	Profondeur (m): de 3,0 à 4,5 m
Client: SDOMODE	Date de prélèvement: 24/02/2016
	Date d'essai: 18/03/2016

Nature du matériau:	Limon marron silteux
---------------------	-----------------------------

D _{max} du matériau: 5 mm	Type de moule utilisé: PROCTOR
Refus à 20 mm: 0,0 %	
Masse volumique des particules solides ρ _s : 2,70 g/cm ³	



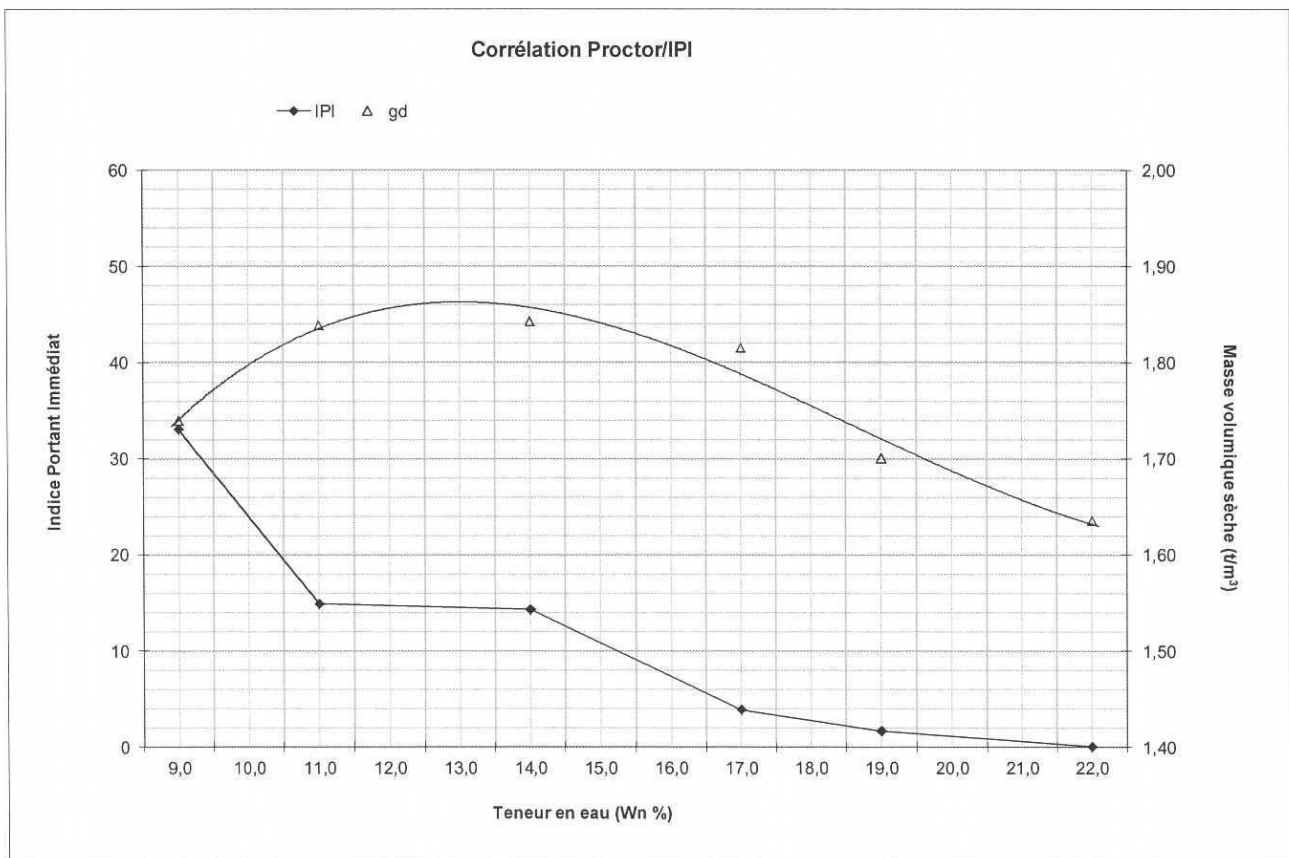
RESULTATS DE L'ESSAI			
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées	valeurs corrigées
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W _{opn} :	12,5 %	
Masse volumique sèche	pd _{opn} :	1,85 g/cm ³	

Teneur en eau naturelle W_n: **15,5** %
NF P 94-050

Dossier N°:	RN14-0619-1	Echantillon n°:	-
Affaire :	MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n°:	TA1
		Profondeur (m):	de 4,5 à 9,0 m
Client :	SDOMODE	Date de prélèvement:	24/02/2016
		Date d'essai:	21/03/2016

Nature du matériau :	Argile limoneuse marron
----------------------	-------------------------

D _{max} du matériau :	5	mm	Type de moule utilisé : PROCTOR
Refus à 20 mm :	0	%	
Masse volumique des particules solides ρ _s :	2,70	g/cm ³	



RESULTATS DE L'ESSAI					
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W _{opn} :	13,8	%		
Masse volumique sèche	pd _{opn} :	1,86	g/cm ³		

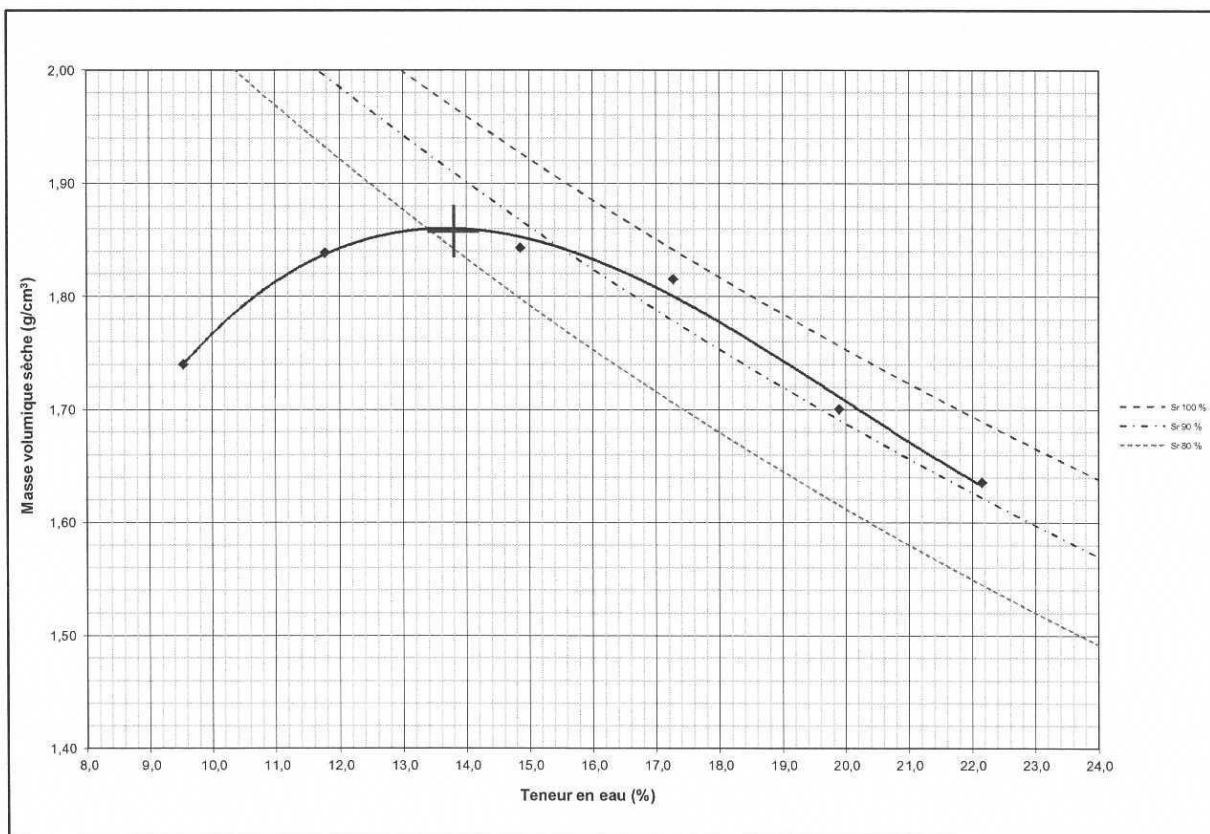
TENEUR en EAU après compactage (%)	9,54	11,77	14,86	17,27	19,89	22,16
MASSE VOLUMIQUE SECHE (t / m ³)	1,74	1,84	1,84	1,82	1,70	1,64
I. P. I.	33,06	14,89	14,34	3,88	1,68	0,03

Teneur en eau naturelle W _n :	19,9	%
<i>NF P 94-050</i>		

Dossier N°:	RN14-0619-1	Echantillon n°:	-
Affaire :	MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n° :	TA1
		Profondeur (m) :	de 4,5 à 9,0 m
Client :	SDOMODE	Date de prélèvement :	24/02/2016
		Date d'essai :	21/03/2016

Nature du matériau :	Argile limoneuse marron
----------------------	--------------------------------

D _{max} du matériau :	5	mm	Type de moule utilisé : PROCTOR
Refus à 20 mm :	0,0	%	
Masse volumique des particules solides ρ _s :	2,70	g/cm ³	



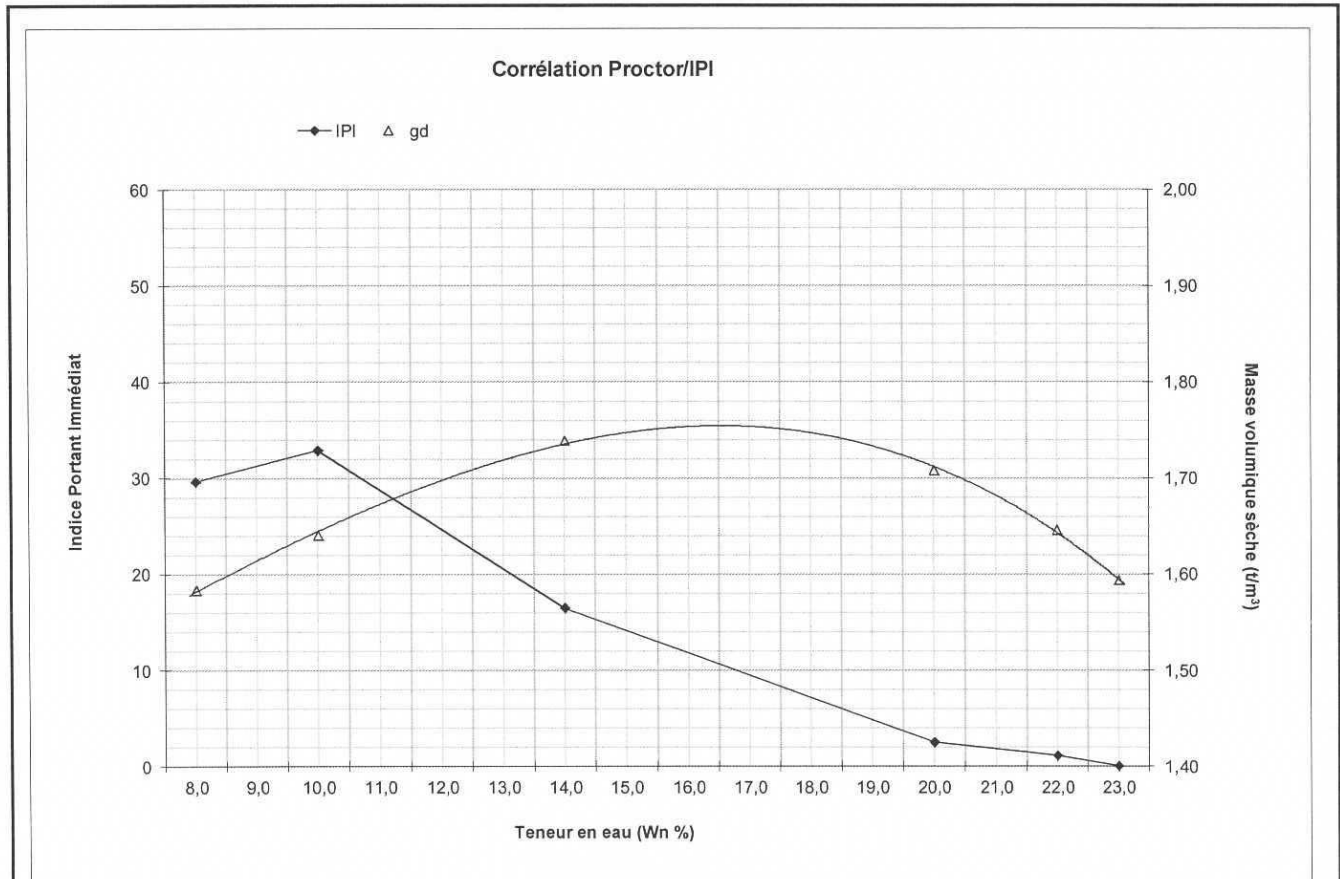
RESULTATS DE L'ESSAI			
<i>A L'OPTIMUM PROCTOR</i>		valeurs non corrigées	valeurs corrigées
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W_{opt} :	13,8 %	
Masse volumique sèche	ρ_{d opt} :	1,86 g/cm ³	

Teneur en eau naturelle W_n : **19,9** %
NF P 94-050

Dossier N°: RN14-0619-1	Echantillon n°: -
Affaire : MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n° : TA1
	Profondeur (m) : de 9,0 à 12,0 m
Client : SDOMODE	Date de prélèvement : 24/02/2016
	Date d'essai : 22/03/2016

Nature du matériau :	Argile limoneuse marron
----------------------	--------------------------------

D _{max} du matériau :	10	mm	Type de moule utilisé : CBR
Refus à 20 mm :	0	%	
Masse volumique des particules solides ρ _s :	2,70	g/cm ³	



RESULTATS DE L'ESSAI					
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées		valeurs corrigées	
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W _{opn} :	16,5	%		
Masse volumique sèche	pd _{opn} :	1,75	g/cm ³		

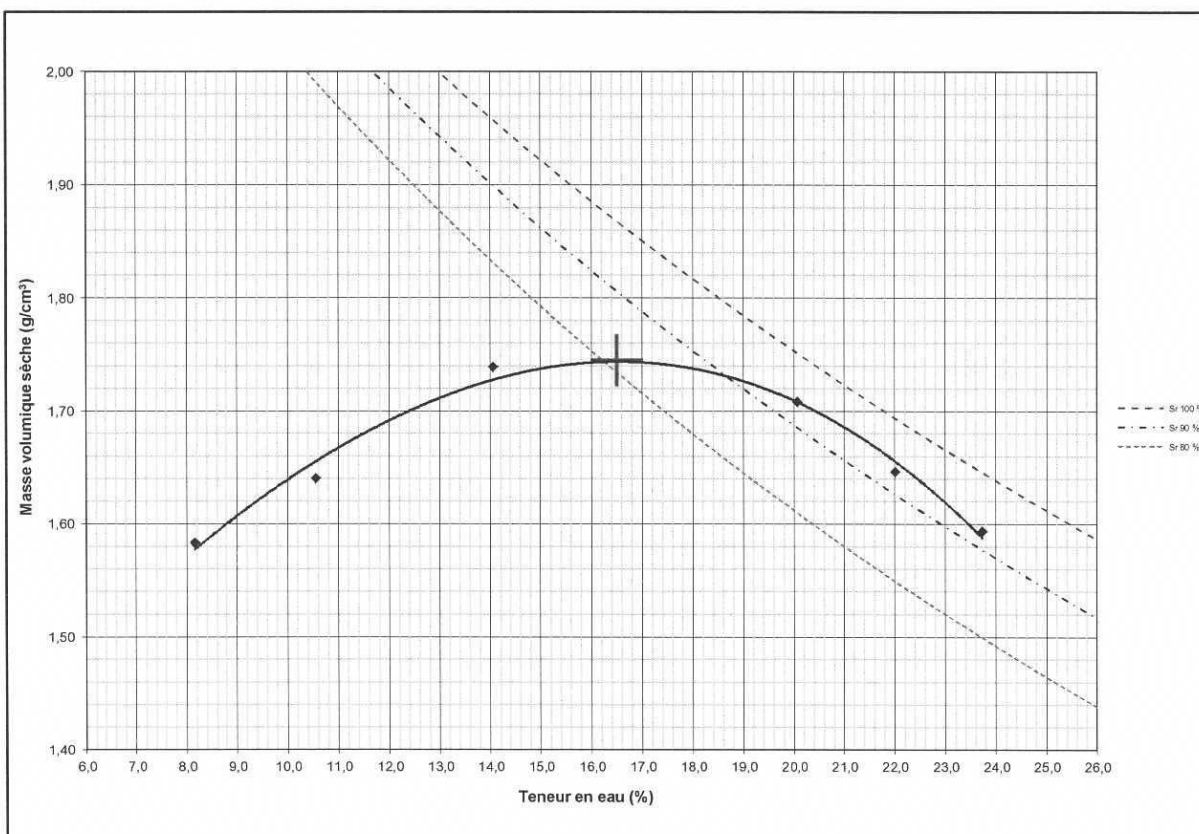
TENEUR en EAU après compactage (%)	8,17	10,56	14,05	20,07	22,01	23,72
MASSE VOLUMIQUE SECHE (t / m ³)	1,58	1,64	1,74	1,71	1,65	1,59
I. P. I.	29,63	32,92	16,47	2,50	1,12	0,03

Teneur en eau naturelle W _n :	20,1	%
<i>NF P 94-050</i>		

Dossier N°:	RN14-0619-1	Echantillon n°:	-
Affaire:	MALLEVILLE SUR LE BEC (27) / Extension du ISND	Sondage n°:	TA1
		Profondeur (m):	de 9,0 à 12,0 m
Client:	SDOMODE	Date de prélèvement:	24/02/2016
		Date d'essai:	22/03/2016

Nature du matériau:	Argile limoneuse marron
---------------------	--------------------------------

D _{max} du matériau:	10	mm	Type de moule utilisé : CBR
Refus à 20 mm:	0,0	%	
Masse volumique des particules solides ρ _s :	2,70	g/cm ³	



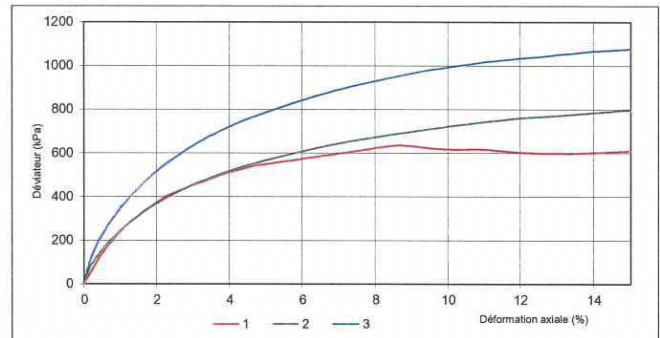
RESULTATS DE L'ESSAI			
A L'OPTIMUM PROCTOR		valeurs non corrigées	valeurs corrigées
Teneur en eau <i>NF P 94-050</i>	W_{opn} :	16,5 %	
Masse volumique sèche	pd_{opn} :	1,75 g/cm ³	

Teneur en eau naturelle W_n : **20,1** %
NF P 94-050

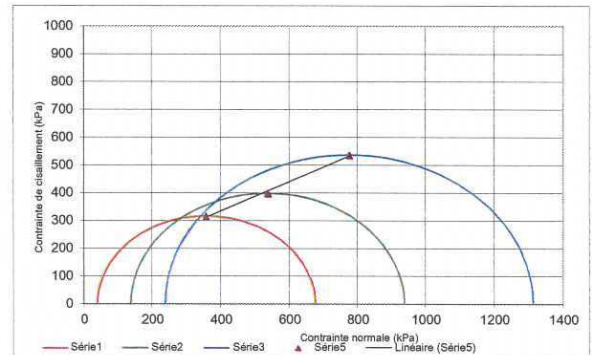
Affaire	MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)	Dossier	RN14 0619-1
Echantillon n°	-	Date de prélèvement	8 mars 2016
Sondage n°	SC2	Mode de prélèvement	Carottage
Profondeur (m)	de 2.70 à 3.60 m	Date d'essai	11 mai 2016
Prélèvement (m)	vers 3.0 m	Vitesse de cisaillement (µm/min)	1000
Nature du matériau	Limon silteux beige à brun		
Observations	Essai réalisé sur échantillon intact		

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	38,00	mm	Masse volumique des particules solides	estimée	2,70	g.cm ⁻³
	H	76,00	mm		mesurée		

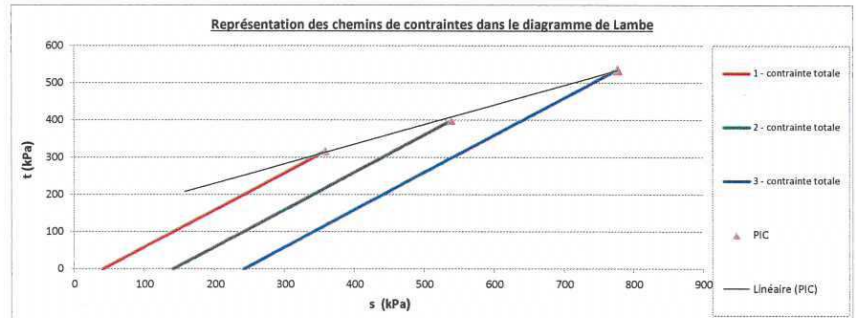
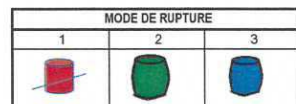
N°	Caractéristiques des éprouvettes de sol				
	V	pd	W	H	Sr _i
	cm ³	gcm ⁻³	%	mm	%
1	86,2	1,54	15,7	76,00	56,6
2	86,2	1,53	15,2	76,00	53,8
3	86,2	1,52	15,2	76,00	52,9



N°	Critère de rupture (s1-s3)max			
	σ ₃	s	t	δlmax
	kPa	kPa	kPa	%
1	40	357,9	317,9	8,68
2	140	539,1	399,1	15,14
3	240	777,1	537,1	15,00



Résultats d'essai	Sol non saturé	Sol saturé
Cohésion C _{uu} (kpa)	125	
Angle de frottement Φ(°)	28	





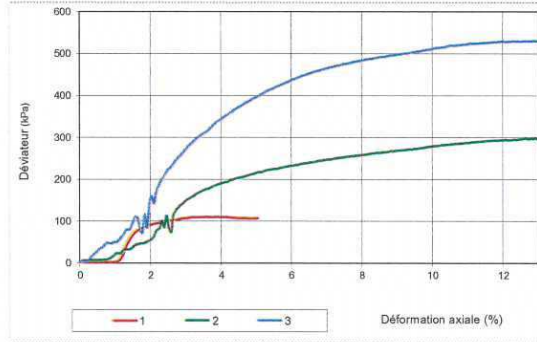
ESSAI TRIAXIAL CD
Essai Consolidé Drainé

Norme
NF P 94-074

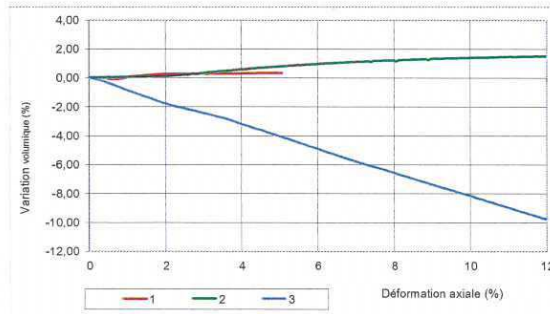
Affaire n°		MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)	
Echantillon n°	2	Dossier	RN14-0619-1
Sondage n°	SC2	Date de prélèvement	8 mars 2016
Profondeur (m)	de 2.70 à 3.60 m	Date d'essai	11 mai 2016
Prélèvement (m)	vers 3.0 m	Vitesse de cisaillement (µm/min)	10
Nature du matériau	Limon silteux beige à brun		
Observations	Essai réalisé sur échantillon intact		

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	38,00	mm	Masse volumique des particules solides	estimée	2,70	gcm ⁻³
	H	76,00	mm		mesurée		

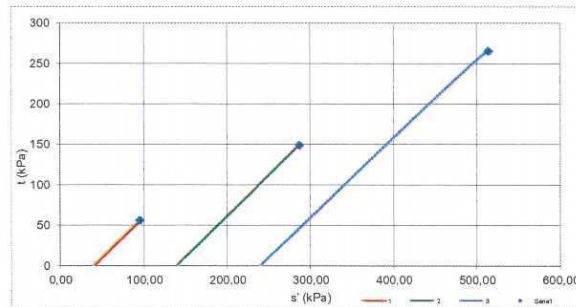
Eprouvette	V	pd _i	W _i	Sr _i
	cm ³	gcm ⁻³	%	%
1	86,2	1,56	14,6	53,5
2	86,2	1,45	13,8	42,8
3	86,2	1,52	14,7	51,1



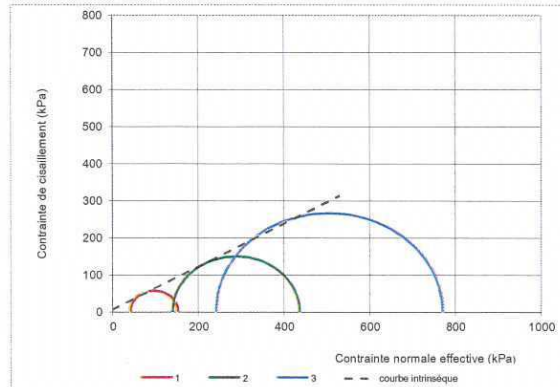
Eprouvette	V _c	pd _c	W _c	H _c
	cm ³	gcm ⁻³	%	mm
1	86,2	1,56	27,3	76,00
2	86,2	1,45	32,1	76,00
3	86,2	1,52	28,8	76,00



Eprouvette	kPa	Vf	pdf	Wf
		cm ³	gcm ⁻³	%
1	40	86,5	1,55	26,1
2	140	84,9	1,47	27,2
3	240	77,0	1,70	24,3

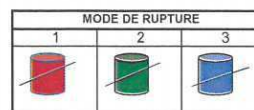


Eprouvette	kPa	s'	t	δlmax
		kPa	kPa	%
1	40	94,908	55,168	3,89
2	140	286,838	148,138	12,96
3	240	513,859	264,739	12,92



T ₁₀₀	min	266
------------------	-----	-----

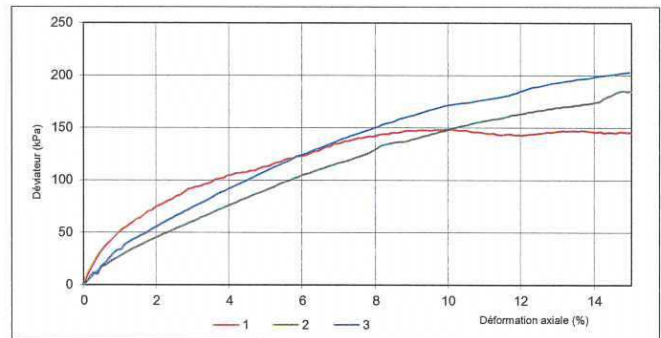
Cohésion	Angle de frottement
C' (kPa)	φ (°)
8	30



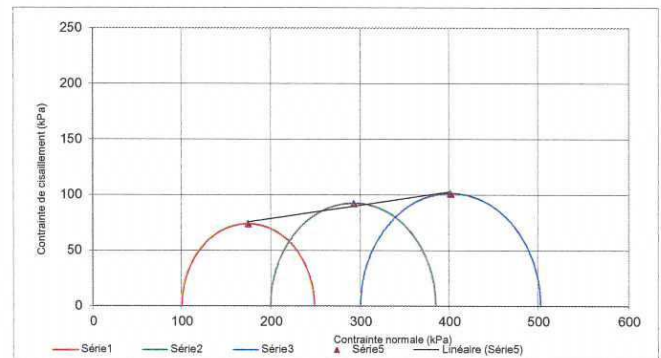
Affaire	MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)	Dossier	RN14 0619-1
Echantillon n°	-	Date de prélèvement	8 mars 2016
Sondage n°	SC2	Mode de prélèvement	Carottage
Profondeur (m)	de 6.3 à 7.2 m	Date d'essai	28 avril 2016
Prélèvement (m)	de 7.0 à 7.2 m	Vitesse de cisaillement (µm/min)	1000
Nature du matériau	Argile silteuse marron clair rosé		
Observations	Essai réalisé sur échantillon intact		

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	38,00	mm	Masse volumique des particules solides	estimée	2,70	g.cm ⁻³
	H	76,00	mm		mesurée		

N°	Caractéristiques des éprouvettes de sol				
	V cm ³	pd gcm ⁻³	W %	H mm	S _{r1} %
1	86,2	1,65	23,6	76,00	100,4
2	86,2	1,60	23,7	76,00	93,8
3	86,2	1,65	24,0	76,00	102,2

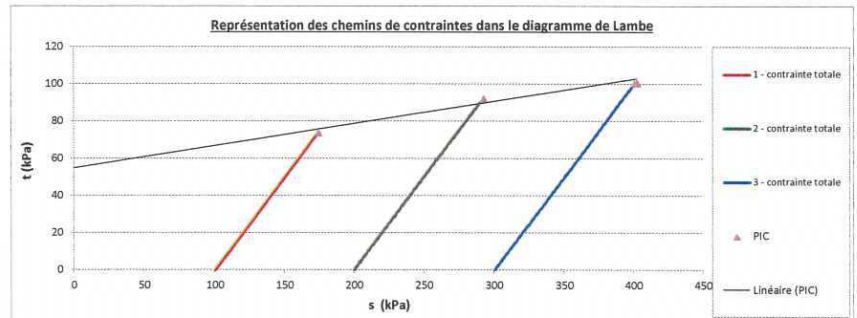


N°	Critère de rupture (s1-s3)max			
	σ ₃ kPa	s kPa	t kPa	δ _{lmax} %
1	100	174,2	74,2	10,07
2	200	292,5	92,5	14,81
3	300	401,4	101,4	14,96



Résultats d'essai	Sol non saturé	Sol saturé
Cohésion C _{uu} (kpa)	55	
Angle de frottement Φ(°)	7	

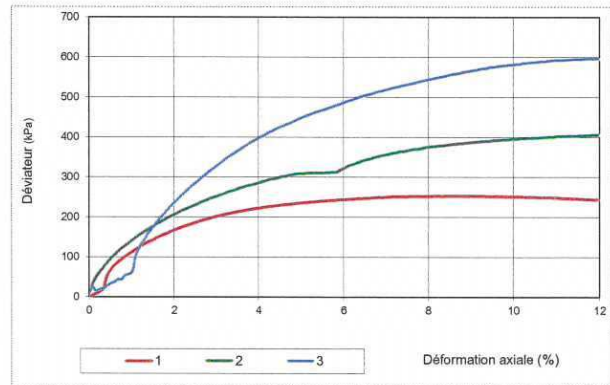
MODE DE RUPTURE		
1	2	3



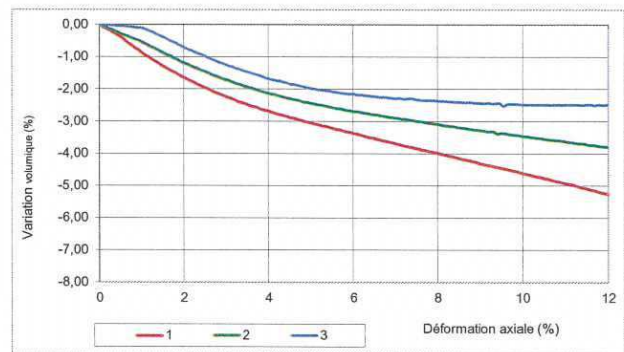
Affaire n°		MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)	
Echantillon n°	2	Dossier	RN14-0619-1
Sondage n°	SC2	Date de prélèvement	8 mars 2016
Profondeur (m)	de 6.3 à 7.2 m	Date d'essai	28 avril 2016
Prélèvement (m)	de 7.0 à 7.2 m	Vitesse de cisaillement (µm/min)	6
Nature du matériau	Argile silteuse marron clair rosé		
Observations	Essai réalisé sur échantillon intact		

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	38,00	mm	Masse volumique des particules solides	estimée	2,70	gcm ⁻³
	H	76,00	mm		mesurée		

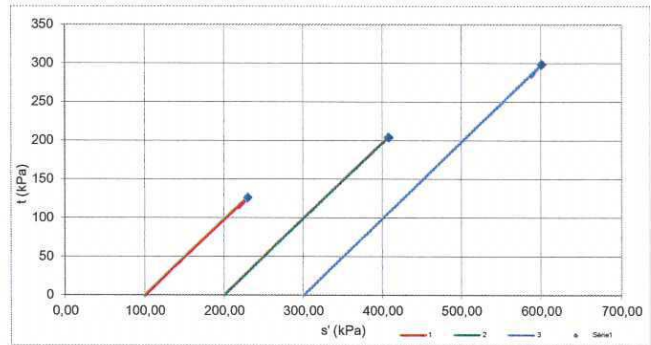
Eprouvette	V	ρ _d	W _i	S _r
	cm ³	gcm ⁻³	%	%
1	86,2	1,68	21,3	94,7
2	86,2	1,65	21,2	90,6
3	86,2	1,66	23,0	99,4



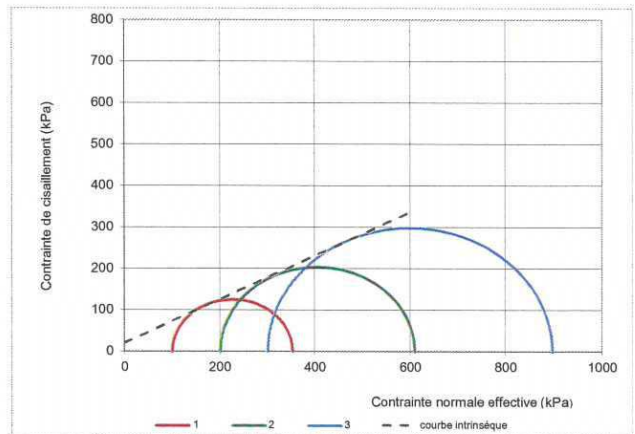
Eprouvette	V _c	ρ _{d,c}	W _c	H _c
	cm ³	gcm ⁻³	%	mm
1	83,1	1,74	20,3	73,28
2	81,3	1,75	20,0	71,69
3	80,9	1,77	19,4	71,31



Eprouvette	kPa	V _f	ρ _{d,f}	W _f
		cm ³	gcm ⁻³	%
1	100	88,6	1,64	22,3
2	200	77,7	1,84	21,6
3	300	78,8	1,82	21,5

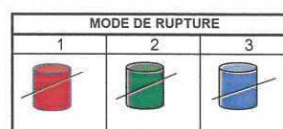


Eprouvette	kPa	s'	t	δ _{lmax}
		kPa	kPa	%
1	100	229,830	126,200	8,56
2	200	407,616	204,326	13,36
3	300	600,916	298,906	13,37



T ₁₀₀	min	15
------------------	-----	----

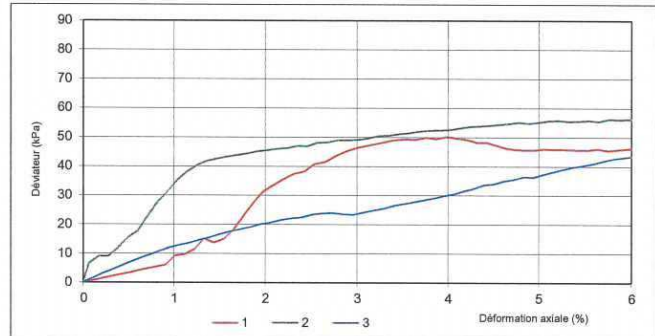
Cohésion	Angle de frottement
C' (kPa)	φ' (°)
20	28



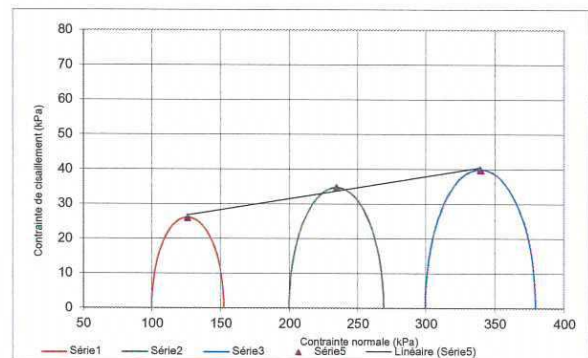
Affaire	MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)	Dossier	RN14-0619-1
Echantillon n°	-	Date de prélèvement	24 février 2016
Sondage n°	TA1	Mode de prélèvement	Tarière Mécanique Ø150mm
Profondeur (m)	de 4.50 à 9.50 m	Date d'essai	16 mai 2019
Prélèvement (m)	mélange 4,5 à 9,0 m	Vitesse de cisaillement (µm/min)	1000
Nature du matériau : Argile limoneuse brun marron			
Observations : Essai réalisé sur échantillon recompressé à l'énergie proctor normal à 17,2% de teneur en eau théorique			

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	38,00	mm	Masse volumique des particules solides	estimée	2,70	g.cm ⁻³
	H	76,00	mm		mesurée		

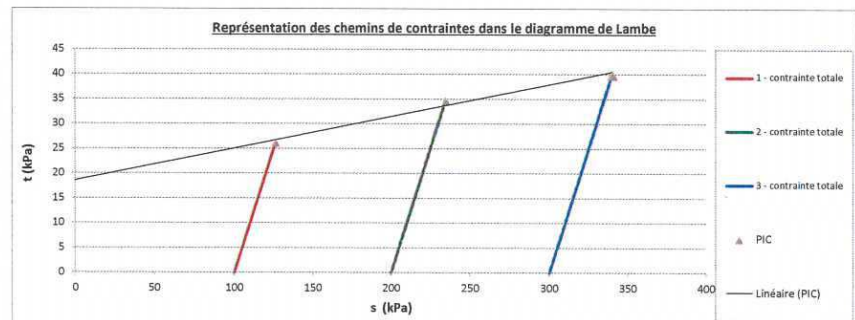
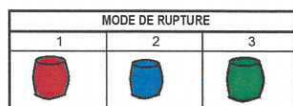
N°	Caractéristiques des éprouvettes de sol				
	V	ρd	W	H	Sr _i
	cm ³	gcm ⁻³	%	mm	%
1	86,2	1,71	17,6	76,00	82,0
2	86,2	1,69	17,4	76,00	78,7
3	86,2	1,70	18,3	76,00	83,4



Paramètre de l'essai	Critère de rupture (s1-s3)max				
	N°	σ ₃	s	t	δlmax
		kPa	kPa	kPa	%
1	100	126,2	26,2	10,36	
2	200	234,7	34,7	15,06	
3	300	340,0	40,0	15,06	



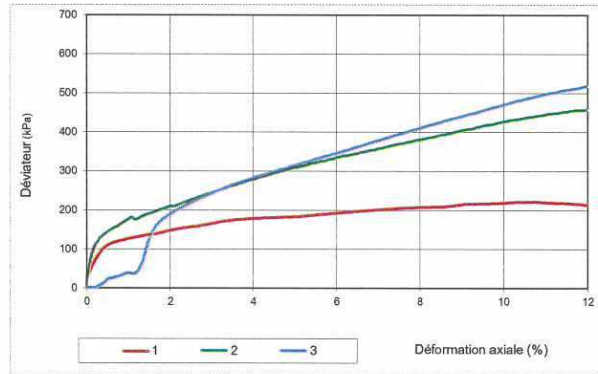
Résultats d'essai	Sol non saturé	Sol saturé
Cohésion C _u (kpa)	19	
Angle de frottement Φ(°)	4	



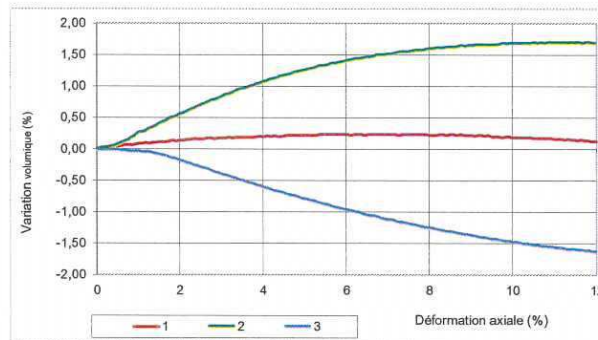
Affaire n°		MALLEVILLE-SUR-LE-BEC (27)	
Echantillon n°	-	Dossier	RN14-0619-1
Sondage n°	TA1	Date de prélèvement	24 février 2016
Profondeur (m)	de 4,50 à 9,00 m	Date d'essai	17 mai 2016
Prélèvement (m)	mélange de 4.50 à 9.00 m	Vitesse de cisaillement (µm/min)	30
Nature du matériau	Argile limoneuse marron		
Observations	Essai réalisé sur échantillon recompressé à l'énergie proctor normal		

Caractéristiques de l'éprouvette	Ø	38,00	mm	Masse volumique des particules solides	estimée	2,70	gcm ⁻³
	H	76,00	mm		mesurée		

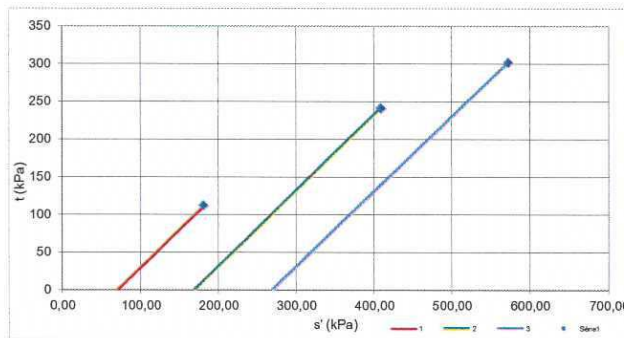
Eprouvette	V	pd _i	W _i	Sr _i
	cm ³	gcm ⁻³	%	%
1	86,2	1,71	19,4	90,0
2	86,2	1,72	18,9	90,2
3	86,2	1,70	18,8	86,4



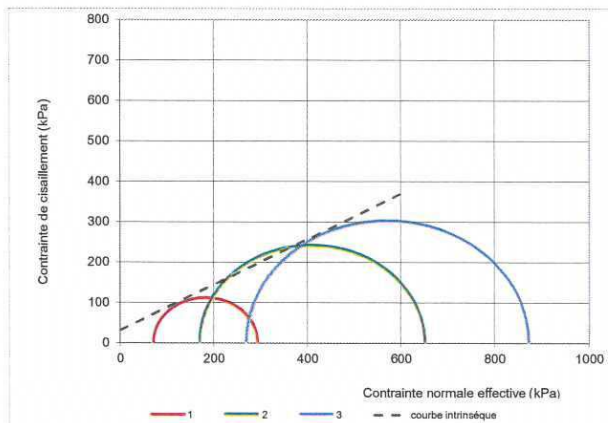
Eprouvette	V _c	pd _c	W _c	H _c
	cm ³	gcm ⁻³	%	mm
1	83,1	1,77	19,4	73,28
2	81,3	1,83	17,7	71,69
3	80,9	1,81	18,1	71,31



Eprouvette	kPa	V _f	pdf	W _f
		cm ³	gcm ⁻³	%
1	70	83,1	1,77	19,1
2	170	80,1	1,86	17,8
3	270	79,4	1,85	16,9

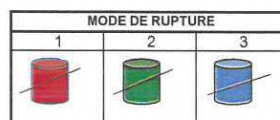


Eprouvette	kPa	s'	t	δlmax
		kPa	kPa	%
1	70	181,193	111,343	10,76
2	170	409,334	240,594	15,72
3	270	572,707	301,247	15,75



T ₁₀₀	min	87
------------------	-----	----

Cohésion	Angle de frottement
C' (kPa)	φ (°)
32	29





PROCES VERBAL D'ESSAI N° 1

Détermination en laboratoire du coefficient de perméabilité à saturation d'un matériaux

Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant NF X 30-441

Affaire : Extension du ISDND - MALLEVILLE SUR LE BEC **Dossier N° :** RN14-0619-1

Date de prélèvement : 24 février 2016 **mode :** Tarière mécanique Ø150mm

Sondage ou Profil ou identification : Sondage TA1

Profondeur (m) : 1,5 / 3,0 m

Date mise en saturation : 15-avr-16

Mode de conservation : Sac étanche

Date début essai : 18-avr-16

Description : Limon silteux marron

Traitement (nature) : Néant

par :

Dosage (en poids sec) :

Procédure utilisée :

Perméamètre à charge constante et débit constant

Echantillon recompacté

Dispositif utilisé :

Hauteur de charge $h = 324$ cm

Hauteur de l'éprouvette $L = 16$ cm

Diamètre de la cellule de mesure = 15,3 cm

Gradient hydraulique $i : 21$

Fluide = Eau du réseau

Température = + 16,0 °C

Paramètres du sol :

Classe GTR : A1

D_m (mm) = 0

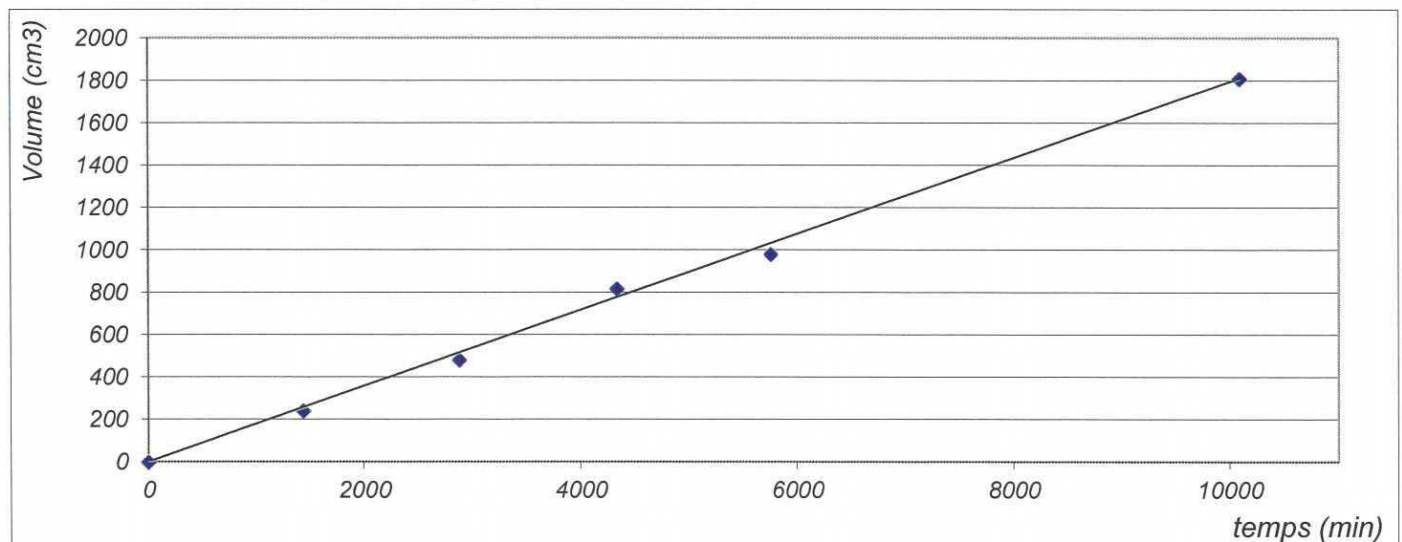
Ecrêtement pour essai = Néant

Mode de compactage = Moulage immédiat à l'énergie Proctor Normal

Teneur en eau avant traitement : initiale = 15,2 % finale = 21,1 %

Teneur en eau après traitement : _____ finale = %

Masse volumique sèche (compacté) = 1,81 t/m³



K (m/s) à +20 °C = 8,7E-09 m/s

Observation :

Nota: NC = Non Connue

Cet essai est réalisé dans des conditions de laboratoire que l'on peut considérer comme bien maîtrisées. Les conditions de chantier peuvent conduire à des résultats différents.

AGENCE Normandie

5 ZA Caux Multipôles

76190 VALLIQUERVILLE

Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr

TA1 1.5-3.0 m PermProctor

Affaire : Extension du ISDND - MALLEVILLE SUR LE BEC **Dossier N° :** RN14-0619-1**Date de prélèvement :** 24 février 2016 **mode :** Tarière mécanique Ø150mm**Sondage ou Profil ou identification :** Sondage TA1**Profondeur (m) :** 3,0 / 4,5 m**Date mise en saturation :** 15-avr-16**Mode de conservation :** Sac étanche**Date début essai :** 18-avr-16**Description :** Limon silteux marron**Traitement (nature) :** Néant**par :****Dosage (en poids sec) :**Procédure utilisée :

Perméamètre à charge constante et débit constant

Echantillon recompacté

Dispositif utilisé :Hauteur de charge $h = 324$ cmHauteur de l'éprouvette $L = 16$ cm

Diamètre de la cellule de mesure = 15,3 cm

Gradient hydraulique $i : 21$

Fluide = Eau du réseau

Température = + 16,0 °C

Paramètres du sol :

Classe GTR : A1

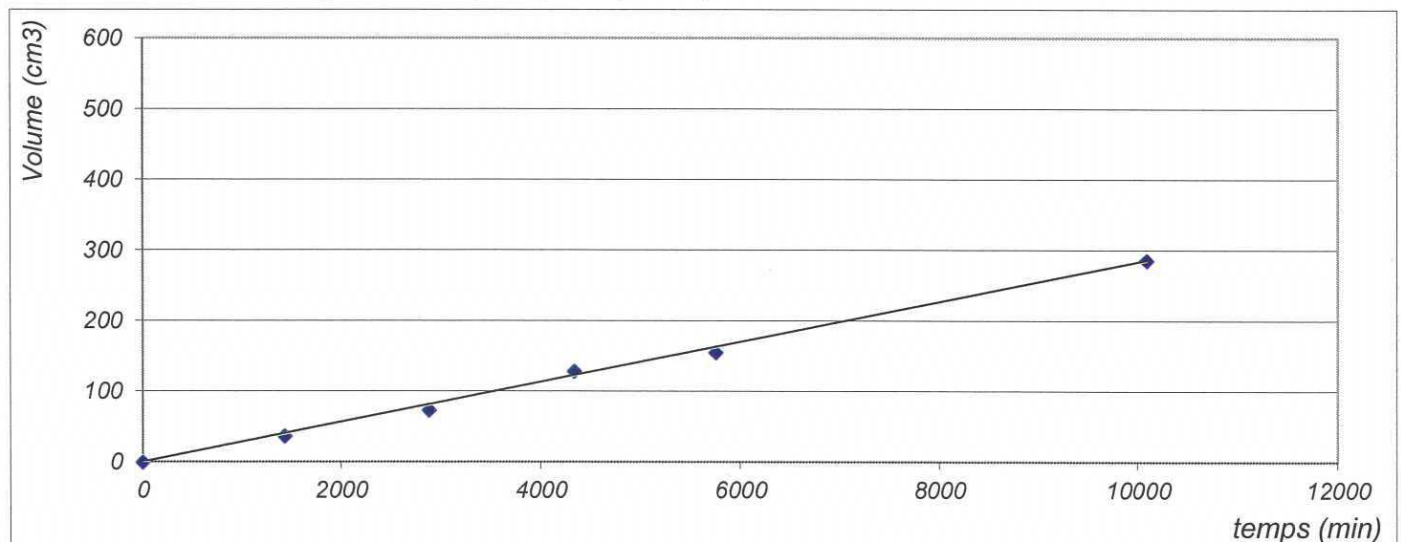
Dm (mm) = 0

Ecrêtement pour essai = Néant

Mode de compactage = Moulage immédiat à l'énergie Proctor Normal

Teneur en eau avant traitement : initiale = 15,8 % finale = 21,2 %

Teneur en eau après traitement : _____ finale = %

Masse volumique sèche (compacté) = 1,75 t/m³**K (m/s) à +20 °C = 1,4E-09 m/s****Observation :**

Nota: NC = Non Connu

Cet essai est réalisé dans des conditions de laboratoire que l'on peut considérer comme bien maîtrisées. Les conditions de chantier peuvent conduire à des résultats différents.

AGENCE Normandie

5 ZA Caux Multipôles

76190 VALLIQUERVILLE

Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr



PROCES VERBAL D'ESSAI N° 3

Détermination en laboratoire du coefficient de perméabilité à saturation d'un matériaux

Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant NF X 30-441

Affaire : Extension du ISDND - MALLEVILLE SUR LE BEC Dossier N° : RN14-0619-1

Date de prélèvement : 24 février 2016 mode : Tarière mécanique Ø150mm

Sondage ou Profil ou identification : Sondage TA1

Profondeur (m) : 4,5 / 9,0 m

Date mise en saturation : 26-avr-16

Mode de conservation : Sac étanche

Date début essai : 04-mai-16

Description : Argile limoneux marron

Traitement (nature) : Néant

par :

Dosage (en poids sec) :

Procédure utilisée :

Perméamètre à charge constante et débit constant

Echantillon recompressé

Dispositif utilisé :

Hauteur de charge $h = 324$ cm

Hauteur de l'éprouvette $L = 16$ cm

Diamètre de la cellule de mesure = 15,3 cm

Gradient hydraulique $i : 21$

Fluide = Eau du réseau

Température = + 16,0 °C

Paramètres du sol :

Classe GTR : A1

Dm (mm) = 0

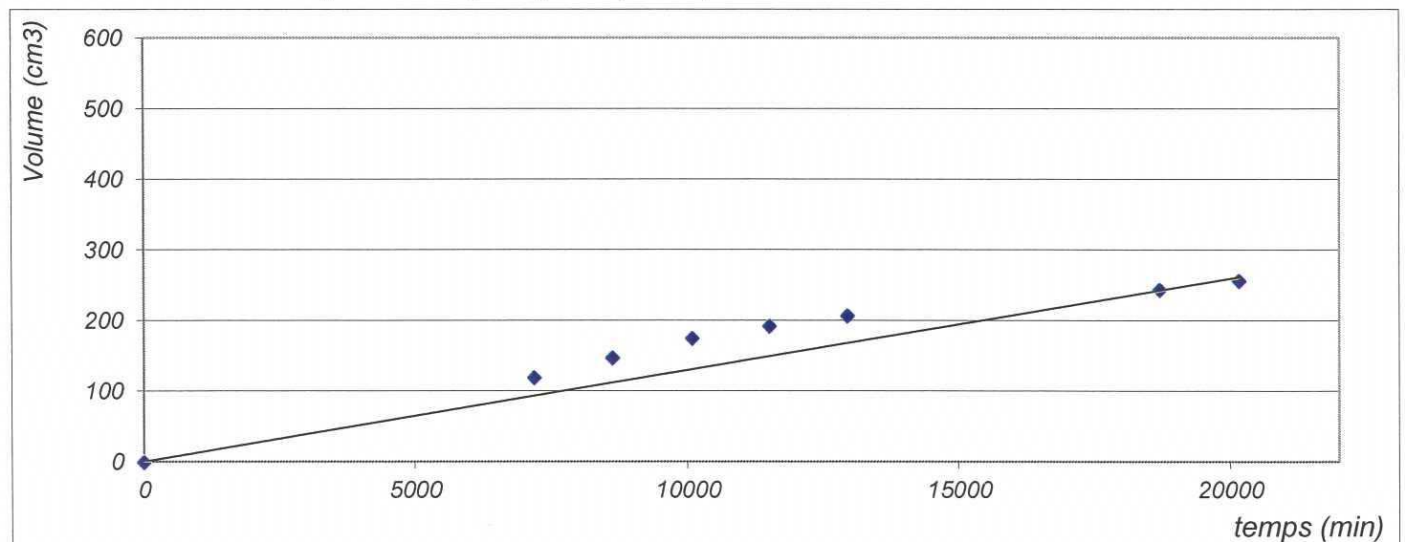
Ecrêtement pour essai = Néant

Mode de compactage = Moulage immédiat à l'énergie Proctor Normal

Teneur en eau avant traitement : initiale = 17,7 % finale = 18,9 %

Teneur en eau après traitement : _____ finale = %

Masse volumique sèche (compacté) = 1,72 t/m³



K (m/s) à +20 °C = 6,6E-10 m/s

Observation :

Nota: NC = Non Connue

Cet essai est réalisé dans des conditions de laboratoire que l'on peut considérer comme bien maîtrisées. Les conditions de chantier peuvent conduire à des résultats différents.

AGENCE Normandie

5 ZA Caux Multipôles

76190 VALLIQUERVILLE

Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr

TA1 4.5-9.0 m PermProctor



PROCES VERBAL D'ESSAI N° 4

Détermination en laboratoire du coefficient de perméabilité à saturation d'un matériaux

Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant NF X 30-441

Affaire : Extension du ISDND - MALLEVILLE SUR LE BEC **Dossier N° :** RN14-0619-1

Date de prélèvement : 24 février 2016 **mode :** Tarière mécanique Ø150mm

Sondage ou Profil ou identification : Sondage TA1

Profondeur (m) : 9,0 / 12,0 m

Date mise en saturation : 26-avr-16

Mode de conservation : Sac étanche

Date début essai : 10-mai-16

Description : Argile marron à cailloutis de silex

Traitement (nature) : Néant

par :

Dosage (en poids sec) :

Procédure utilisée :

Perméamètre à charge constante et débit constant

Echantillon recompacté

Dispositif utilisé :

Hauteur de charge $h = 324$ cm

Hauteur de l'éprouvette $L = 16$ cm

Diamètre de la cellule de mesure = 15,3 cm

Gradient hydraulique $i : 21$

Fluide = Eau du réseau Température = + 16,0 °C

Paramètres du sol :

Classe GTR : (C1-C2)/A2

D_m (mm) = 0

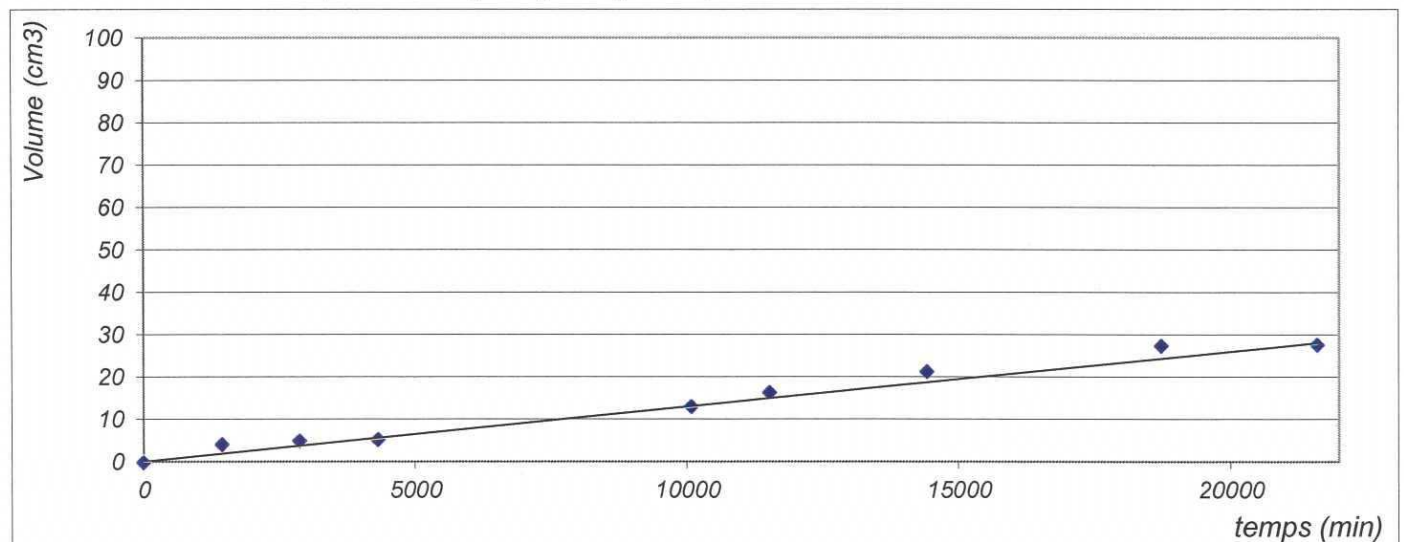
Ecrêtement pour essai = Néant

Mode de compactage = Moulage immédiat à l'énergie Proctor Normal

Teneur en eau avant traitement : initiale = 19,5 % finale = 22,4 %

Teneur en eau après traitement : _____ finale = %

Masse volumique sèche (compacté) = 1,71 t/m³



K (m/s) à +20 °C = 6,6E-11 m/s

Observation :

Nota: NC = Non Connu

Cet essai est réalisé dans des conditions de laboratoire que l'on peut considérer comme bien maîtrisées. Les conditions de chantier peuvent conduire à des résultats différents.

AGENCE Normandie

5 ZA Caux Multipôles

76190 VALLIQUERVILLE

Tél : 02 78 01 10 80

Mail : normandie@abrotec.fr

TA1 9.0-12.0 m PermProctor

Annexe VI : **Note d'équivalence pour la barrière de sécurité passive**



**Syndicat de destruction des ordures ménagères de
l'Ouest du département de l'Eure (SDOMODE)**

CETRAVAL DE MALLEVILLE-SUR-LE-BEC

DOSSIER DE DEMANDE D'EXTENSION D'AUTORISATION D'EXPLOITER

*Note d'équivalence pour la barrière de
sécurité passive*

Projet N° Ea2864

Dossier déposé par le

SDOMODE

A l'attention de

M. le Préfet de l'Eure

juillet 2016



Dossier réalisé par la société EACM

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
1.1	Contexte réglementaire	3
1.2	Objectifs de l'étude d'équivalence	4
2	CONTEXTES HYDROLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE	5
2.1	Contexte hydrologique	5
2.2	Contexte hydrogéologique	6
2.3	Contexte géologique	11
2.4	Conclusion sur la vulnérabilité des cibles potentielles et la perméabilité sur la zone d'étude par rapport à la réglementation	21
3	SCHEMA CONCEPTUEL	22
4	PROJET DE DISPOSITIF DE BARRIERE PASSIVE	24
4.1	Fond de casier	24
4.2	Flancs du casier	25
5	GISEMENT DE MATERIAUX DISPONIBLES	27
6	PRESCRIPTIONS DE MISE EN OEUVRE	28
6.1	Mise en œuvre du traitement des argiles	28
6.2	Mise en œuvre du GSB sur les flancs	28
7	PROGRAMME DE CONTROLE EXTERIEUR	31
8	EVALUATION DES EFFETS A LONG TERME	32
8.1	Rappel sur le rôle de la barrière passive	32
8.2	Evaluation qualitative à long terme de la barrière passive reconstituée	32

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte réglementaire

Le principal texte réglementaire encadrant les prescriptions techniques concernant la barrière passive d'une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux est l'Arrêté Ministériel du 15 février 2016 relatif aux Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) et plus particulièrement l'article 8 :

« La protection du sol, des eaux souterraines et de surface est assurée par une barrière géologique dite « barrière de sécurité passive » constituée du terrain naturel en l'état répondant aux critères suivants :

- le fond d'un casier présente, de haut en bas, une couche de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre d'épaisseur et une couche de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-6} m/s sur au moins 5 mètres d'épaisseur ;
- les flancs d'un casier présentent une perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre d'épaisseur. »

La géométrie des flancs est déterminée de façon à assurer un coefficient de stabilité suffisant et à ne pas altérer l'efficacité de la barrière passive. L'étude de stabilité est jointe au dossier de demande d'autorisation d'exploiter.

Lorsque la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle est complétée et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente. L'épaisseur de la barrière ainsi reconstituée ne doit pas être inférieure à 1 mètre pour le fond de forme et à 0,5 mètre pour les flancs jusqu'à une hauteur de 2 mètres par rapport au fond.

L'ensemble des éléments relatifs à l'équivalence de la barrière de sécurité passive est décrit dans la demande d'autorisation d'exploiter. »

Prescriptions techniques réglementaires

Arrêté ministériel du 15/02/2016		
	Terrain naturel en l'état	Protection équivalente
Niveau supérieur	1 mètre $k \leq 1.10^{-9}$	> à 1 mètre pour le fond de forme > 0,5 mètre pour les flancs
Niveau inférieur	5 mètres $k \leq 1.10^{-6}$	

1.2 Objectifs de l'étude d'équivalence

La barrière de sécurité doit assurer à long terme la prévention de la pollution des sols, des eaux souterraines et de surface par les déchets et les lixiviats et pallier la défaillance éventuelle de la barrière de sécurité active. Elle est constituée du substratum du site (terrain naturel). Dans le cas où le milieu géologique ne satisfait pas naturellement aux règles stipulées par l'arrêté, tel que présenté dans les paragraphes précédents, la réglementation évoque la possibilité de mesures compensatoires en introduisant la notion de «niveau de protection équivalent ».

Ainsi, la présente étude est destinée à montrer que le niveau de protection offert par le complexe d'étanchéité passive proposé par le SDOMODE pour le casier VIII est équivalent, sinon meilleur, à celui prévu par la réglementation.

Cette étude s'appuie sur le « Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, version 2, de février 2009, réalisé par l'ADEME¹, le BRGM², le CEMAGREF³, le CETE-Lyon⁴, l'INERIS⁵ et l'INSA Lyon⁶, pour le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM). Ce guide a pour vocation d'aider les pétitionnaires de projet d'installations de stockage à établir des barrières d'étanchéité passive équivalentes aux demandes réglementaires en termes de protection des eaux souterraines. La définition d'équivalence issue de ce guide est la suivante :

« Deux barrières d'étanchéité passive seront considérées comme « équivalentes » lorsqu'elles assurent un même niveau de protection en termes d'impact potentiel d'une installation de stockage sur une ressource en eau souterraine. »

¹ ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

² BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

³ CEMAGREF : institut de recherche en sciences et technologies de l'environnement

⁴ CETE Lyon : Centre d'études techniques de Lyon

⁵ INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques

⁶ INSA Lyon : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

2 CONTEXTES HYDROLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

Afin de mieux appréhender la cible de l'équivalence de la barrière passive, c'est à dire les eaux souterraines présentes au droit du site, les paragraphes suivants présentent les contextes hydrologique, hydrogéologique et géologique, ainsi que les usages faits des nappes souterraines concernées.

2.1 Contexte hydrologique

2.1.1 Description des eaux de surface

Le cours d'eau le plus proche des limites de l'ISDND est la Risle, qui s'écoule à une distance d'environ 1,5 kilomètre à l'Ouest des limites de l'ISDND. Cette rivière de 144,7 km de long, dont 90 dans le département de l'Eure, qui traverse 54 communes sur 2 départements, prend sa source dans le département de l'Orne et constitue le dernier affluent de la Seine, qu'elle rejoint dans son estuaire.

L'altitude moyenne de la Risle au niveau de Pont-Authou est environ de + 65 m NGF.

Le bassin versant de la Risle représente une surface de 2 200 km².

La Risle reçoit de nombreux affluents, en rive gauche, dont :

- la Charentonne, son principal affluent, qui, elle-même, reçoit la Guiel et le Cosnier :
- la Bave,
- la Croix Blanche,
- la Véronne,
- la Tourville,
- la Corbie,
- le Finard,
- le Sommaire,
- le Sébec.

Le débit annuel moyen de la Risle calculé sur la période 1967-2012 est de 11,70 m³/s.

Le ruisseau du Bec est également localisé à proximité de l'ISDND. Il se jette dans la Risle à environ 1,5 km à l'Ouest des limites de l'ISDND.

2.1.2 Qualité

Les trois stations de mesure de la qualité des eaux les plus proches du site sont localisées au Bec-Hellouin (2 stations) pour le ruisseau du Bec et à Brionne pour la Risle.

L'objectif qualité du cours d'eau est « 1B » et la rivière est classée en première catégorie piscicole entre la Charentonne et l'estuaire de la Seine. Le domaine piscicole est de type salmonicole.

2.1.3 Utilisation des eaux de surface

Par des travaux réalisés à la fin du XVII^e siècle, la Risle avait été rendue navigable, depuis son embouchure, jusqu'à Pont-Audemer. Une inondation dévastatrice en 1711 a engendré dans ce cours d'eau des excavations et atterrissements tels que, depuis cette époque, celui-ci n'est plus utilisé pour la navigation.

2.2 Contexte hydrogéologique

2.2.1 Contexte général

La craie du crétacé supérieur constitue le principal aquifère à l'échelle régionale. Les niveaux argilo-glaucieux de la base du Cénomaniens et les argiles de Gault arrêtent les eaux infiltrées qui s'accumulent au dessus en formant cette nappe de la craie.

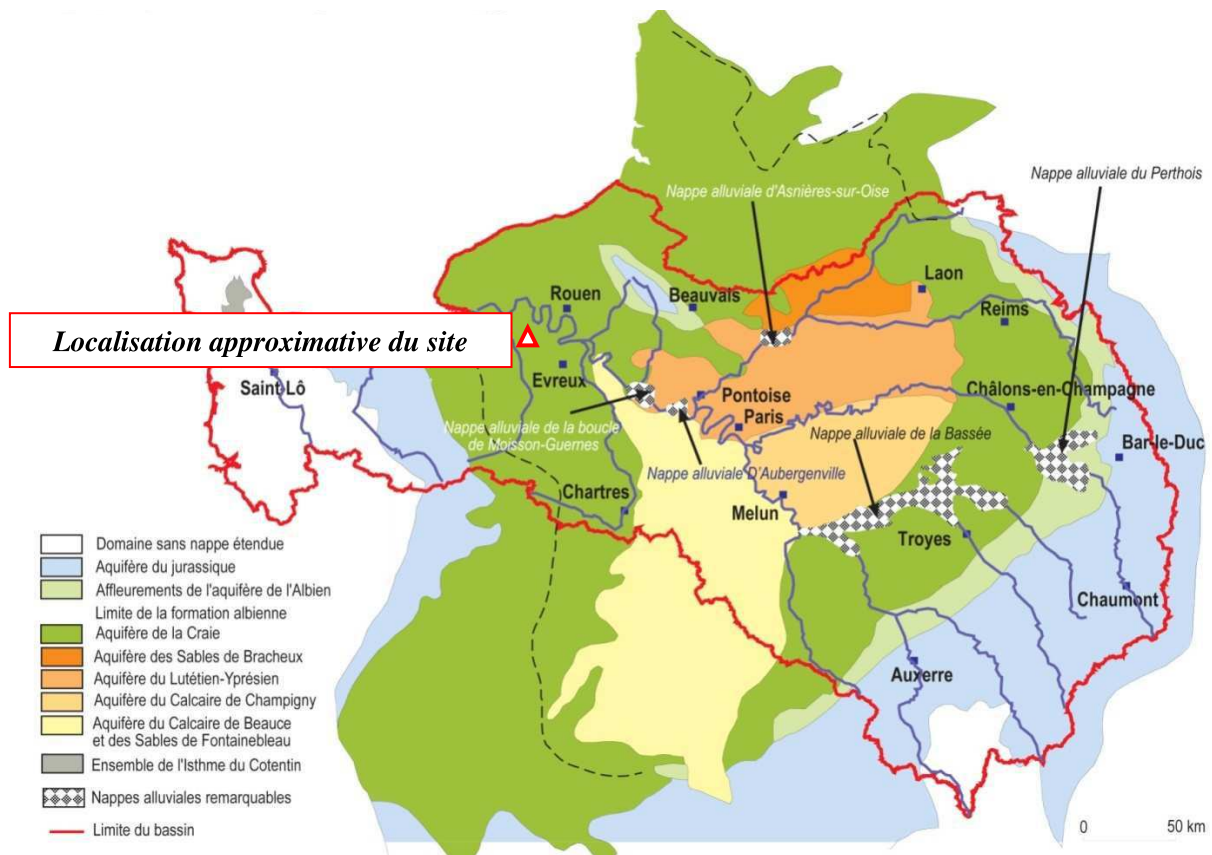
La craie a une double perméabilité : perméabilité interstitielle liée à la porosité de la roche et perméabilité « en grand », liée à la fissuration et à la fracturation. C'est cette perméabilité « en grand » qui donne son caractère à l'écoulement souterrain. La productivité de cet aquifère est très étroitement liée aux conditions géomorphologiques locales : fortes dans les secteurs de vallée (sèche ou humide) où la fissuration se trouve développée par dissolution (pouvant aller jusqu'à la karstification), faible voire négligeable sur les zones de plateau. Les circulations sont ainsi très localisées et plus particulièrement importantes dans les vallées.

Concernant la recharge, deux mécanismes sont à distinguer pour comprendre le mode d'alimentation de l'aquifère et apprécier ainsi sa vulnérabilité :

- Par infiltration à travers les formations de recouvrement, puis par percolation dans la zone non saturée de la craie jusqu'à la nappe. Ce mode d'alimentation est lent, mais produit une recharge de qualité grâce au rôle filtrant des terrains superficiels et décalée dans le temps par rapport aux épisodes pluvieux ;
- Directement par le biais de pertes naturelles telles que les bétoires qui sont les manifestations de phénomènes d'effondrement par dissolution dans la craie. Cette recharge est quasiment instantanée et l'absence de filtration rend l'aquifère particulièrement vulnérable aux pollutions superficielles.

2.2.2 Description des aquifères

La figure ci-dessous présente les principaux aquifères du bassin Seine–Normandie.



La nappe captive de l'Albien se trouve sous les deux tiers du bassin. Sa profondeur augmente des bordures vers le centre où elle est particulièrement bien protégée des pollutions de surface. Bien que peu exploitable à fort débit de façon permanente, une exploitation temporaire de ses réserves géologiques considérables présente un intérêt stratégique certain en cas de pollution majeure des ressources superficielles.

L'écoulement de la nappe au droit du site s'effectue d'Est en Ouest. La surface piézométrique de cette nappe de la craie se rencontre vers 75 mètres de profondeur environ sous le site.

2.2.3 Utilisation de l'eau souterraine

➤ *Captages AEP*

D'après le site de l'Agence Régionale de Santé (ARS) de Haute-Normandie, consulté en juin 2016, le site objet de l'étude ne fait partie d'aucun périmètre de protection de captages AEP.

Le captage AEP le plus proche du site est localisé à Ecaquelon, au lieu-dit « Les Crottes », à environ 6,9 km au Nord-Nord-Ouest du site. Ce captage, référencé 01224X0042 dans la BSS¹, est localisé dans le bassin versant de la Risle et capte l'aquifère libre de la Craie du Lieuvin-Ouche. Il s'agit d'un aquifère fissuré à karstique, où les écoulements sont rapides. Cette ressource en eau est donc vulnérable. Le débit d'exploitation moyen de ce captage est d'environ 1300 m³/h (donnée 2006).

Les périmètres de protection immédiat, rapproché et éloigné de ce captage sont respectivement situés à 6,8 km, 6,3 km et 2,9 km du site.

La carte et la fiche de caractéristiques relatives à ce captage sont présentées en **Annexe 24**.

La localisation des captages AEP présents dans un rayon de 10 km autour du site est indiquée en **Annexe 25**.

➤ *Autres captages*

Commune	N° de BSS	Situation (amont ou aval)	Profondeur (m)	Aquifère capté	Utilisation
Pont-Authou	01224X0014/S1	1,4 km au Sud Ouest (Aval)	19,8	Nappe de la craie	Eau individuelle
Bec-Hellouin	01224X0038/F	1,6 km au Sud Sud Ouest (Aval)	16	Nappe de la craie	Remblayé et non retrouvé
	01231X0016/F	1,8 km au Sud (Latéral)	8	Nappe alluviale (La Risle)	Pompe à chaleur
	01231X0005/P	2 km au Sud (Latéral)	12,8	Nappe alluviale (La Risle)	Eau individuelle
	01231X0004/P	2,1 km au Sud (Latéral)	7	Nappe alluviale (La Risle)	Eau individuelle
Bonneville-Aptot	01231X0011/P	1,95 km au Nord (Latéral)	43	Nappe de la craie	Eau individuelle
Glos-sur-Risle	01224X0037/F	2,3 km au Nord Ouest (Aval latéral)	35	Nappe de la craie	Non renseigné

Aucun captage utilisé pour l'alimentation en eau potable n'est donc situé à moins de 2,5 km du site. Les ouvrages de prélèvements d'eau souterraine les plus proches du site captent la nappe alluviale de la Risle et sont destinés à une utilisation individuelle.

¹ Banque de données du sous-sol

2.2.4 Sources à proximité du site

Deux sources situées à proximité du site sont concernées par un suivi semestriel de la qualité des eaux souterraines, mené par le SDOMODE, en vertu de l'arrêté du 20 novembre 2015. Il s'agit des sources suivantes :

- la source Marnot du Bec-Hellouin (réf. BRGM 123-5-19)
- la source du Moulin à Papier de Pont-Authou (réf. BRGM 123-4-17)

Les résultats font l'objet d'une interprétation par M. Grière, hydrogéologue agréé pour le département de l'Eure. En 2015, il a été décelé des traces de Plomb sur la source Marnot (2,7 µg/l pour une limite de potabilité de 10 µg/l). Sur les trois dernières années, les deux sources ont présenté de mauvais résultats microbiologiques :

- présence d'entérocoques et de coliformes totaux en 2014 et 2015 sur les deux sources ;
- présence d'Escherichia Coli en 2013 sur la source du Moulin à Papier et en 2014 sur les deux sources.

Les résultats de ces campagnes sont synthétisés dans le rapport 2015 de l'hydrogéologue, présenté en **Annexe 20**.

2.2.5 Piézométrie au droit du site

➤ *Etat des lieux*

Il existe actuellement 7 piézomètres au droit du site. Leur plan d'implantation est présenté en **Figure 6**. Une étude a été réalisée par le bureau d'études ANTEA (cf. **Annexe 28**) pour déterminer l'implantation de deux nouveaux piézomètres (Pz8 et Pz9), permettant de compléter le réseau de surveillance du site dans le cadre de son extension.

Des campagnes de prélèvements et d'analyses sont effectuées au sein de ces piézomètres de manière à vérifier la qualité de l'eau de la nappe de la craie. Cette nappe se situe, au droit du site, à une profondeur d'environ 75 à 80 mètres sous le niveau du terrain naturel.

Ces campagnes de suivi sont réalisées :

- depuis 1996 pour Pz1, Pz2 et Pz3 ;
- depuis 2000 pour Pz4 et Pz5 ;
- depuis 2014 pour PZ6 et PZ7.

L'arrêté du 20 novembre 2015 impose un suivi semestriel de la qualité des eaux dans ces piézomètres.

NB : Le piézomètre Pz3 a été comblé à la demande de la DREAL le 17 novembre 2011.

Selon les conclusions de l'hydrogéologue agréé¹, pour les analyses menées en 2015, les résultats sont satisfaisants d'un point de vue physico-chimique :

- des traces de Plomb ont été retrouvées sur les piézomètres (entre 3,5 et 3,8 µg/l, pour une limite de potabilité de 10 µg/l) ;
- des traces de Nickel ont été retrouvées sur les piézomètres (entre 2,6 et 5,1 µg/l, pour une limite de potabilité de 20 µg/l) ;
- la présence de composés organo-halogénés adsorbables (AOX) sur Pz2 et Pz4 avait été mise en évidence en 2014 et a été confirmée en 2015 avec, en plus, le Pz1. Il convient de surveiller ce paramètre ;
- d'un point de vue bactériologique, les résultats en 2015 sont satisfaisant au droit du CET, à l'exception de la présence de Coliformes totaux pour l'ensemble des points suivis.

Le rapport le plus récent de l'hydrologue agréé est présenté en **Annexe 20**. Il reprend, sous forme de tableaux synthétiques, tous les résultats des campagnes antérieures.

➤ *Profondeur de la nappe de la craie au droit du site*

Afin de répondre aux préconisations de l'arrêté préfectoral du 20 novembre 2015, le niveau des eaux souterraines sera mesuré sur l'ensemble des piézomètres nivelés, au moins deux fois par an, en période de hautes eaux et en période de basses eaux. Ce suivi inclura les nouveaux piézomètres. Afin d'effectuer des relevés réguliers, les services du CETRAVAL se sont équipés d'une sonde piézométrique d'une longueur de 100 m permettant ces relevés. Le SDOMODE a mis en place dans les puits des tubes qui accueillent la sonde piézométrique sans risque de blocage (« gouttière »).

Le SDOMODE a mandaté en août 2012 la société ANTEA pour la réalisation d'une esquisse piézométrique. Son interprétation a montré que l'écoulement de la nappe de la craie s'effectuait d'Est en Ouest en période de hautes eaux et en période de basses eaux.

¹ M. Grière : hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département de l'Eure.

➤ *Historique de la hauteur de la nappe de la craie*

Les données récoltées dans le cadre du réseau de piézomètres de l'agence de Seine-Normandie permettent d'apprécier localement la situation hydrogéologique de la nappe de la craie.

Ainsi, un graphique présentant l'historique de la profondeur du toit de la nappe de la craie au cours des quinze dernières années est joint ci-après. L'ouvrage de référence considéré est le même que celui pris en compte par M. Grière, hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département de l'Eure, dans le cadre de ses rapports concernant les résultats d'analyses à l'ISDND de Malleville-sur-le-Bec, et que celui utilisé par le bureau d'études Hydroexpert, lors de la réalisation du double traçage sur l'ISDND de Malleville-sur-le-Bec, pour déterminer les variations de la hauteur de la nappe de la craie depuis 30 ans. Ce piézomètre, dont la référence est 00985X0040/S1, est localisé sur le territoire de la commune de Saint Maclou, à environ 25 km du CETRAVAL.

A la lecture du graphique, il convient d'indiquer que le niveau de la nappe de la craie a peu varié au cours des quinze dernières années. Plus précisément, l'amplitude maximale observée entre le niveau le plus haut (printemps-été 2001) et les niveaux le plus bas (printemps 2005 et hiver 2012) est de 4 mètres environ.



Source : réseau piézométrique du bassin Seine-Normandie

Ainsi, d'après ces données, le niveau de la nappe au droit du site de Malleville-sur-le-Bec devrait toujours être à plus de 70 mètres de profondeur par rapport au terrain naturel.

2.3 Contexte géologique

2.3.1 Géologie régionale

D'après la carte géologique de la région d'Elbeuf⁹ (cf. **Figure 2**), la région de Malleville-sur-le-Bec est essentiellement constituée d'un plateau de craie du crétacé supérieur recouvert d'un épais manteau de formations résiduelles à silex et de limons.

Le projet d'extension du CETRAVAL est localisé plus particulièrement dans la vallée de la Risle, sur le plateau du Neubourg. Il se trouve à une altitude moyenne de +146 m NGF, sur « la Butte aux Chiens », au niveau du lieu-dit « La Couture de Maurepas ».

⁹ Carte géologique au 1/50 000° n°123 – « ELBEUF »

2.3.2 Géologie locale➤ *Présentation générale*

D'après la carte géologique de la région d'Elbeuf (cf. **Figure 2**), le site repose sur le complexe loessique, formation appelée autrefois « Limon des plateaux », formation superficielle continentale meuble, dans laquelle domine la fraction inférieure à 50 µm et dans laquelle les éléments plus grossiers ne prennent qu'une place accessoire ou accidentelle.

➤ *Forages profonds*

Les forages les plus profonds ont été réalisés au droit du site principal lors de la mise en place des piézomètres. Ils présentent les coupes géologiques suivantes :

01231X0026/PZ1 (Alt. 139 m)			01231X0028/PZ3 (Alt. 148 m)			01231X0027/PZ2 (Alt. 139 m)		
De	à	Coupes géologiques	De	à	Coupes géologiques	De	à	Coupes géologiques
0 m	3 m	Limons sablo-argileux marron	0 m	6 m	Limons sableux	0 m	3 m	Limons sableux marron ocre
3 m	12 m	Argile à silex marron à orange	6 m	10 m	Limons sablo-argileux	3 m	9 m	Argile à silex rouge brique
12 m	13 m	Argile à silex et craie	10 m	24.7 m	Argile à silex orangée	9 m	21 m	Argile à silex marron à orange
13 m	17 m	Craie altérée et silex				21 m	23 m	Argile à silex marron
17 m	85 m	Craie saine riche en silex	24.7 m	91 m	Craie blanche à silex	23 m	27 m	Niveaux riches en silex
						27 m	29 m	Argile à silex marron
						29 m	32 m	Argiles marneuses marron avec silex
32 m	34 m	Argiles crayeuses beiges avec silex						
34 m	36 m	Craie marneuse beige à silex						
85 m	90 m	Craie très indurée riche en silex	36 m	90 m	Craie blanche à silex			

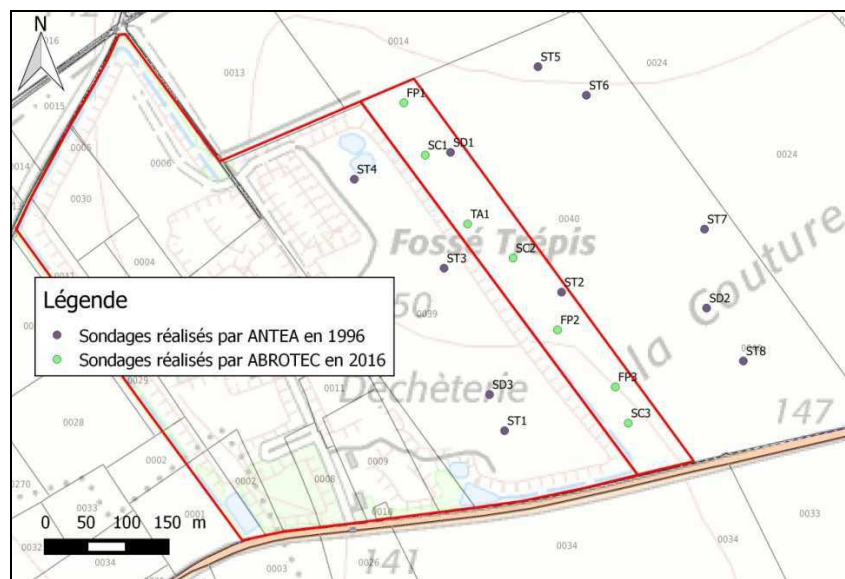
La formation limono-argileuse présente ainsi localement une épaisseur minimale de 13 mètres et pouvant aller jusqu'à plus de 25 mètres. La localisation de ces forages est précisée sur la carte des piézomètres en **Figure 6**.

➤ *Sondages réalisés par ANTEA en 1996*

Lors de la précédente extension du CETRAVAL en 1999, une reconnaissance géophysique et géotechnique avait été réalisée par ANTEA sur un périmètre élargi, contenant les terrains objets de l'extension actuellement en projet.

Cette étude, dont des extraits sont présentés en **Annexe 26**, constitue une première source d'information sur la géologie présente au droit de l'extension projetée. Après superposition des plans, il s'avère que les sondages SD1 et ST2 réalisés en 1996 recoupent la zone d'implantation du futur casier VIII, comme le montre la carte ci-dessous :

Plan d'implantation des forages de reconnaissances réalisés sur l'extension depuis 1996



La carte d'iso-conductivité profonde, réalisée entre 5 et 15 m de profondeur, montrait, dans la bande de terrain contenant SD1 et ST2, des valeurs conductrices traduisant des terrains à dominante argileuse (argiles à silex), avec :

- des valeurs de conductivité comprises entre 18 et 22 mS/m retrouvées dans le tiers Nord de la zone, pouvant correspondre à des argiles plus riches en silex et plus sableuses ;
- des valeurs de conductivité plus élevées (22 à plus de 26 mS/m) dans les deux tiers Sud de la zone, traduisant un caractère plus argileux. Des sondages électriques Schlumberger ont été réalisés pour étalonner les anomalies de conductivité et montrent, pour les sondages SE4 et SE8 situés dans cette zone, un sur-épaississement de l'horizon argileux

Les résultats des études géotechniques avaient donné les résultats suivants :

Sondage	SD1	ST2
Profondeur atteinte	24 m (sondage long)	12 m (sondage court)
<i>Terre végétale</i>	0,0 à 0,6 m	0,0 à 0,8 m
<i>Limons</i>	0,6 à 8,6 m	0,8 à 7,6 m
<i>Argiles à silex</i>	8,6 à 24,0 m	7,6 à 12 m

➤ *Prospection géophysique réalisée par FUGRO en janvier 2016*

Une campagne de mesures géophysiques par méthode électromagnétique EM34 et panneaux électriques a été réalisée les 26 et 27 janvier 2016 par la société FUGRO Geoconsulting SAS. Cette mission est une prestation d'investigations géotechniques au sens de la norme NF P 94-500, révisée en 2013.

La reconnaissance géophysique et son interprétation ont été réalisées par FUGRO avant réalisation des forages, puis une mise à jour du rapport FUGRO a été réalisée après réception du rapport de reconnaissance d'ABROTEC.

Les paragraphes, ci-après, reprennent les principales conclusions de cette étude. Le détail de l'intervention est présenté dans le rapport FUGRO en **Annexe 21**.

❖ Résultats des mesures électromagnétiques EM34

Position verticale des bobines (dipôle magnétique horizontal) :

Les mesures font apparaître, à la profondeur d'investigation théorique de 7,5 m, un terrain plus au moins homogène avec des résistivités qui varient entre 10 et 30 Ohm.m caractérisant un sol conducteur. Des valeurs de résistivité localement plus élevées sont enregistrées sur certaines zones, isolées et de faible étendue. Elles peuvent être liées à des artefacts de mesures ou à la présence d'objets métalliques enfouis.

Position horizontale des bobines (dipôle magnétique vertical) :

Les mesures à la profondeur théorique de 15 m sont moins homogènes en comparaison avec la position verticale. Globalement, les valeurs sont électriquement plus résistantes avec toutefois la présence encore visible de deux zones :

- une zone de résistivité moyennement faible comprise entre 30 et 50 Ohm.m dans la partie centrale de la zone ;
- une zone de forte résistivité (entre 70 et 250 Ohm.m) dans la partie Nord-Est et l'extrémité Sud-Est à la limite de la route.

Les mesures présentent un terrain à 3 couches en terme de résistivité électrique, jusqu'à environ 30 m de profondeur. On retrouve plus au moins les mêmes variations latérales sur les deux panneaux électriques.

❖ Résultats des panneaux électriques

La reconnaissance géophysique par panneaux électriques a mis en évidence les formations géologiques suivantes :

- *Limon des plateaux* : terrains présentant des valeurs de résistivité moyennement faibles comprises entre 40 et 60 Ohm.m depuis la surface et jusqu'à environ 5 m de profondeur ;
- *Argiles à silex* : couche de faible résistivité avec des valeurs inférieures à 30 Ohm.m située entre 5 m et environ 15 m de profondeur. L'épaisseur de cette couche diminue dans la partie Sud-Est près de la route entre les abscisses 450 et 635 m (fin des profils), avec une épaisseur inférieure à 1 m dans certaines zones ;
- *Craie* : couche de valeurs de forte résistivité comprises entre 80 et 180 Ohm.m, se trouvant au-dessous de la couche conductrice à environ 15 m de profondeur et jusqu'à la limite de détection verticale des panneaux électriques. Au niveau du panneau PE1, on observe une diminution de la résistivité autour de l'abscisse 180. Elle pourrait correspondre à un niveau d'altération plus important au sein de la craie dans cette zone.

L'étude conclut à une bonne corrélation entre les résultats des panneaux électriques et EM34 ainsi qu'à une bonne correspondance entre ces résultats et les données géologiques disponibles près de la zone d'étude en termes de stratigraphie.

L'étude a préconisé la réalisation de forages au niveau des particularités suivantes :

- SC1 : au niveau de l'anomalie de faible résistivité de la couche de craie autour de l'abscisse 180m du panneau PE1 ;
- SC2 : au niveau des trois terrains sans anomalie géophysique signalée ;
- SC3 : au niveau de la diminution de l'épaisseur de la couche d'argiles.

➤ *Sondages réalisés par ABROTEC en février et mars 2016*

La campagne de sondage réalisée par ABROTEC en février et mars 2016 a compris la réalisation des sondages suivants :

Type de sondage	N° de sondage	Profondeur atteinte (m/TN actuel)
Sondage semi-destructif à la tarière de Ø150 mm	TA1 ⁽ⁱ⁾	12,0
Sondage semi-destructif à la tarière de Ø63 mm jusqu'au refus, puis poursuivi en mode destructif paramétré au tricône Ø66 mm	FP1	25,0
	FP2	25,0
	FP3	25,0
Sondage carotté avec prélèvement intact tout hauteur (sous gaine PVC ou caisse à carotte)	SC1	16,0
	SC2	16,0
	SC3	16,0

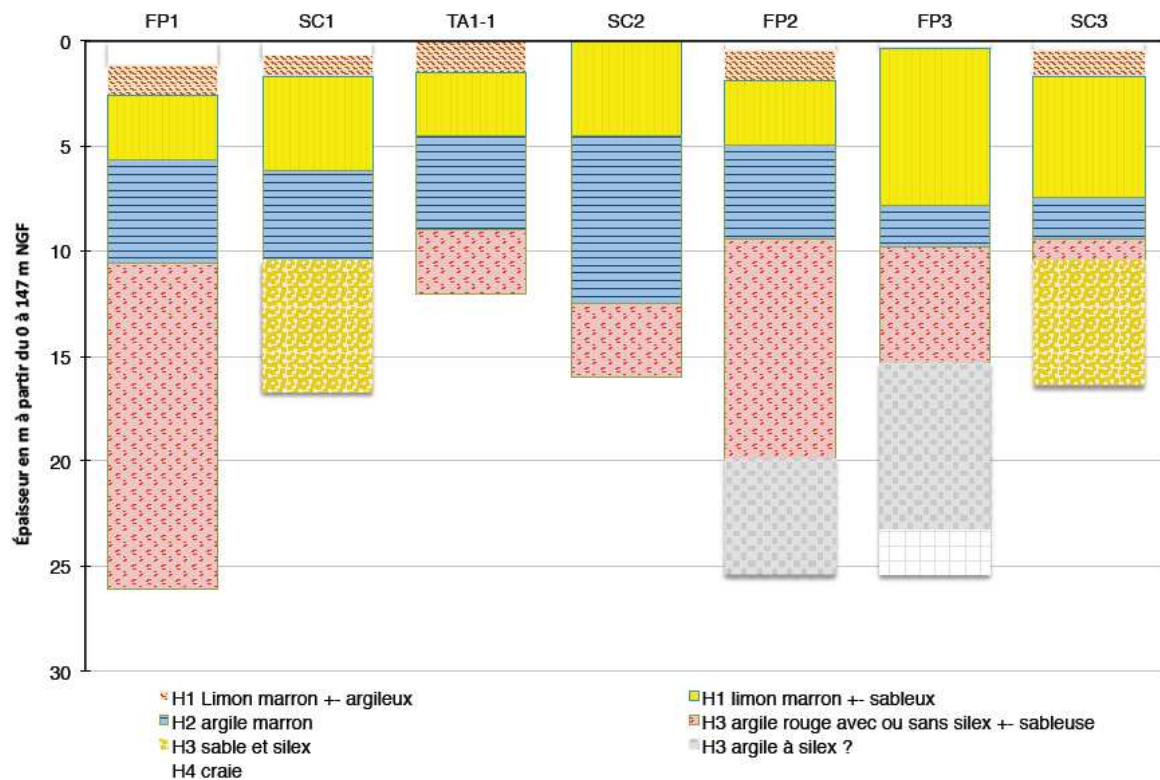
⁽ⁱ⁾ : le sondage TA1 a été triplé (TA 1-1 / TA1-2 / TA1-3) dans le but d'obtenir une quantité de matériaux suffisante

Le nombre de sondages réalisés (7 pour 4 ha environ) est conforme au guide du BRGM relatif aux « Recommandations pour la caractérisation de la perméabilité des barrières d'étanchéité des installations de stockage de déchets » (rapport final, juin 2005) qui précise que « la réalisation d'une station de mesure en forage et par hectare dans les formations naturelles est recommandée ».

Le rapport complet d'ABROTEC est fourni en **Annexe 22**.

Les coupes simplifiées des forages de reconnaissance sont présentées ci-dessous :

Coupes simplifiées du Nord au Sud des forages de reconnaissance réalisés par ABROTEC en 2016



Les essais géotechniques suivants ont été réalisés :

Type d'essai	N° de sondage	Nombre d'essais	Norme	Profondeur (m)
<i>Essais in situ</i>				
Essais pressiométriques	FP1	8	NF P 94-110-1	2 / 4 / 6 / 8 / 10 / 12 / 14 / 16 (13,5 et 15 m en FP1)
	FP2	8		
	FP3	8		
Essais de perméabilité (essais à charge variable en forage ouvert)	SC1	4 ⁽ⁱ⁾	NF X 30-423	-
	SC2	5		
	SC3	5		
<i>Essais au laboratoire</i>				
Classification des sols (GTR) comprenant : <ul style="list-style-type: none"> • Teneur en eau pondérale • Analyse granulométrique par tamisage • Valeur de bleu de méthylène 	FP1	4	NF P11-300 NF P94-050 NF P94-056 NF P94-068	-
	FP3	4		
	TA1	4		
Essai de compactage à l'essai Proctor normal avec mesure de l'indice portant immédiat (IPI)	TA1	4	NF P94-093 NF P94-078	-
Essai triaxial non consolidé non drainé (UU)	SC2 (sur EI)	2	NF P94-074	-
	TA1 (sur ER)	1		
Essai triaxial consolidé drainé (CD)	SC2 (sur EI)	2		-
	TA1 (sur ER)	1		
Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant : <ul style="list-style-type: none"> • sur matériau non traité bentonite • sur matériau traité bentonite 2 et 4 % 	TA1 (sur ER)	4	NF X 30-441	-
	TA1 (sur ER)	3		

⁽¹⁾ : l'essai prévu initialement vers 12/13 m de profondeur n'a pas été réalisé compte-tenu du faciès très charpenté en gros silex ($\emptyset > 120$ mm) qui n'a pas permis de préparer la chambre de mesure conformément à la norme demandée.

⁽²⁾ : EI : échantillon intact

⁽³⁾ : ER : échantillon recompacté à énergie proctor normal

Les résultats des essais de perméabilité sont détaillés dans le paragraphe ci-après.
Les autres résultats sont détaillés dans le rapport complet fourni en **Annexe 22**.

2.3.3 Perméabilité des formations limono-argileuses

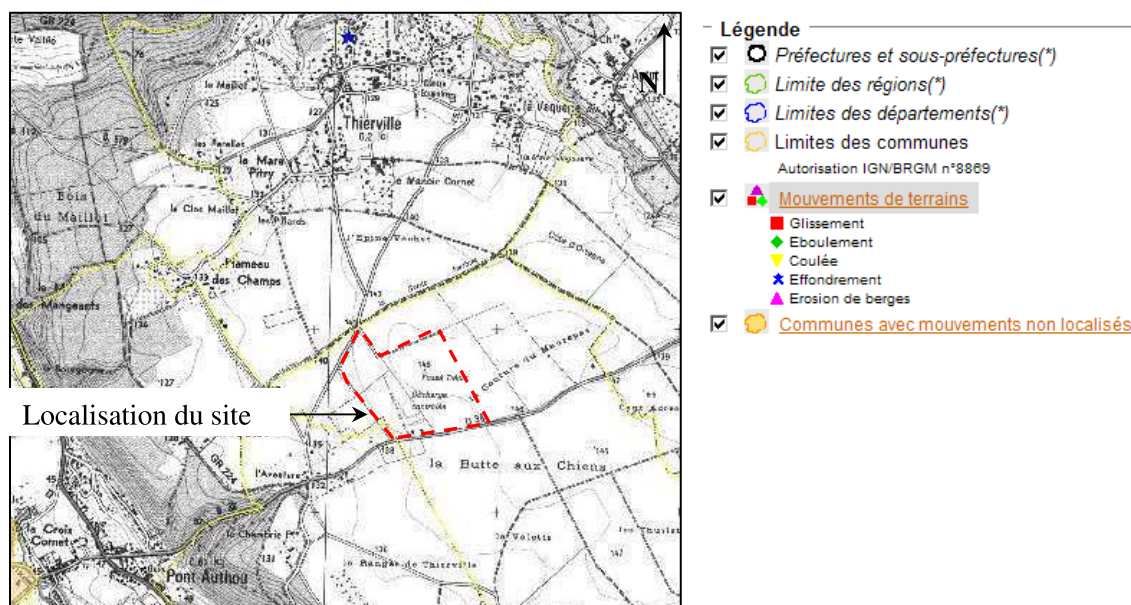
➤ *Risques d'affaissement et de glissement de terrain*

Les bases de données suivantes ont été consultées dans le cadre des problématiques liées à l'existence de cavités souterraines et de potentiels mouvements de terrain :

- Base de données Nationale Mouvements de terrain¹⁰ ;
- Base de données Nationale d'aléa retrait/gonflement des argiles¹¹ ;
- Base de données Nationale des cavités souterraines¹².

❖ Mouvements de terrain

En ce qui concerne les mouvements de terrain, la consultation de la base de données n'indique aucun événement sur le territoire de la commune de Malleville-sur-le-Bec, comme le montre la carte ci-dessous :



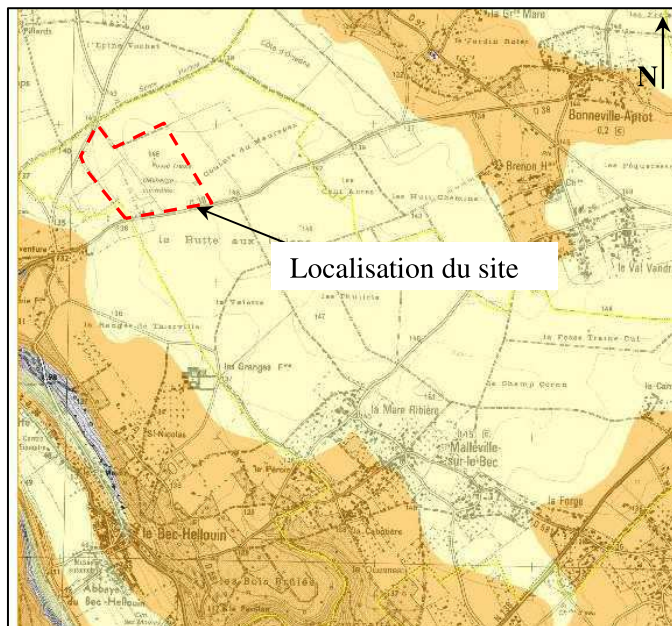
¹⁰ www.bdmvt.net

¹¹ www.argiles.fr

¹² www.bdcavite.net

❖ Retrait/gonflement des argiles

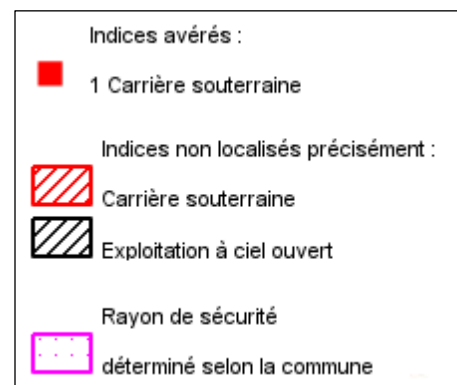
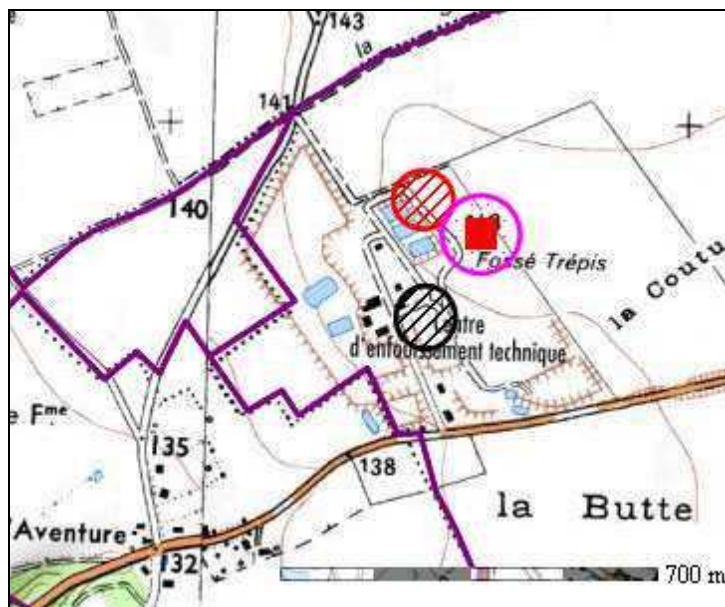
Le site du CETRAVAL est classé en zone d'aléa faible pour la problématique de retrait/gonflement des argiles, comme le montre la carte ci-dessous. L'échelle de classement comporte 4 niveaux (fort, moyen, faible, et a priori nul).



❖ Cavités souterraines

Le risque de présence de cavités souterraines (bétoires, marnières) est un point sur lequel la DREAL a tout particulièrement attiré l'attention du SDOMODE au démarrage des études relatives au projet d'extension de l'ISDND.

On rappelle qu'un puits appelé « Fosse Trépi », d'environ 50 m de profondeur, ainsi que deux galeries horizontales à des profondeurs de 30 et 35 mètres environ, avaient été identifiés lors du premier projet d'extension de l'ISDND de Malleville-sur-le-Bec, en 1999. Les reconnaissances et les travaux réalisés ayant abouti au curage et au comblement de cette cavité, celle-ci n'aura aucune influence ou interférence avec le projet d'extension du CETRAVAL, comme le montre la cartographie ci-dessous :



Un dialogue a été mené fin 2014 avec M. Philippe, chargé d'études pour les cavités souterraines à la DDT de l'Eure. La DDT a déconseillé la technique de recherche de cavités souterraines par micro-gravimétrie proposée par le SDOMODE et recommandé de suivre avec attention le décapage de la surface du futur casier lors des travaux pour détecter les éventuels indices de puits.

Aucune autre cavité souterraine ou carrière n'a été identifiée dans la base de données nationale des cavités souterraines au droit ou à proximité de l'extension du CETRAVAL.

➤ *Sondages réalisés par ANTEA en 1996*

La perméabilité des limons a été évaluée à partir de la méthode du double anneau (« PANDA »). Les mesures ont été effectuées dans des fosses creusées à la pelle mécanique entre 0,6 et 0,8 m de profondeur. Les deux essais réalisés au droit de l'implantation du futur casier VIII sont les essais P3 et P4, mettant respectivement en évidence des perméabilités de limons de $3,35.10^{-6}$ et 1.10^{-6} m/s. Ces valeurs sont caractéristiques de limons argilo-sableux de moyenne à faible perméabilité.

La perméabilité des argiles à silex a été évaluée à l'aide de tests hydrauliques réalisés en régime transitoire appelés « slugs-tests ». Cette méthode consiste à réaliser un choc hydraulique instantané dans une chambre d'essai dont la hauteur correspond à la hauteur de terrain que l'on souhaite tester. Le slug-test réalisé sur le sondage ST2, entre 7 et 11,9 m de profondeur, a mis en évidence une perméabilité de $3,90.10^{-7}$ m/s.

➤ *Sondages réalisés par ABROTEC en février et mars 2016*

❖ Essais de perméabilité in situ

Les résultats des essais perméabilité in situ des terrains sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Essai réalisé	Sondage	Formation testée	Profondeur de l'essai (m/TN)	Perméabilité mesurée (m/s)
Détermination du coefficient de perméabilité d'un terrain par essai à charge variable en forage ouvert (NF X 30-423)	SC1	Limon	3,0 à 4,0	$1,1.10^{-5}$
		Argile	8,1 à 9,1	$1,1.10^{-7}$
		Argile à silex ⁽ⁱ⁾	10,5 à 11,5 14,0 à 15,0	$1,0.10^{-3}$ $4,1.10^{-3}$
	SC2	Limon	3,5 à 4,5	$1,4.10^{-7}$
		Argile	8,5 à 9,5 11,5 à 12,5	$4,3.10^{-7}$ $9,4.10^{-8}$
		Argile à silex	13,5 à 14,5 15,0 à 16,0	$6,5.10^{-8}$ $8,1.10^{-8}$
	SC3	Limon	2,4 à 3,4 6,0 à 7,0	$8,7.10^{-7}$ $4,3.10^{-7}$
		Argile	9,0 à 10,0	$3,0.10^{-7}$
		Argile à silex ⁽ⁱ⁾	12,0 à 13,0 14,5 à 15,5	$1,5.10^{-5}$ $3,8.10^{-3}$

⁽ⁱ⁾ : à noter une proportion très importante en gros silex et en fraction sableuse

❖ Essais de perméabilité au laboratoire

Les résultats des essais de perméabilité réalisés en laboratoire sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Essai réalisé	Sondage	Formation testée	Profondeur de l'essai (m/TN)	Traitement bentonite	Echantillon recompacté à énergie proctor normal		Perméabilité mesurée (m/s)
					W% initial	γ_d (t/m ³)	
Essai de perméabilité au perméamètre à paroi rigide à gradient hydraulique constant	TA1	Limon	mélange 1,0 à 3,0 m	Aucun	15,2	1,81	$8,7 \cdot 10^{-9}$
		Limon	mélange 3,0 à 4,5 m	Aucun	15,8	1,75	$1,4 \cdot 10^{-9}$
				2 %	en cours	en cours	en cours
				4 %	en cours	en cours	en cours
		Argile	mélange 4,5 à 9,0 m	Aucun	17,7	1,72	$6,6 \cdot 10^{-10}$
				2 %	en cours	en cours	en cours
		Argile à silex	mélange 9,0 à 12,0 m	Aucun	19,5	1,71	$6,6 \cdot 10^{-11}$

2.4 Conclusion sur la vulnérabilité des cibles potentielles et la perméabilité sur la zone d'étude par rapport à la réglementation

Le principal récepteur susceptible d'être affecté par les activités objets de ce dossier est la nappe de la craie et les sources situées en aval, récepteurs sensibles à une éventuelle infiltration de lixiviats.

Les terrains naturels situés sous le fond du casier VIII, c'est-à-dire sous la côte + 137 m NGF, n'offrent pas la couche réglementaire d'1 mètre à 10^{-9} m/s, ni la couche de 5 m d'épaisseur à 10^{-6} m/s.

Malgré d'excellentes valeurs de perméabilité naturelle mises en évidence au centre du site (sondage SC2), il n'en est pas de même au Nord et au Sud.

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures permettant de :

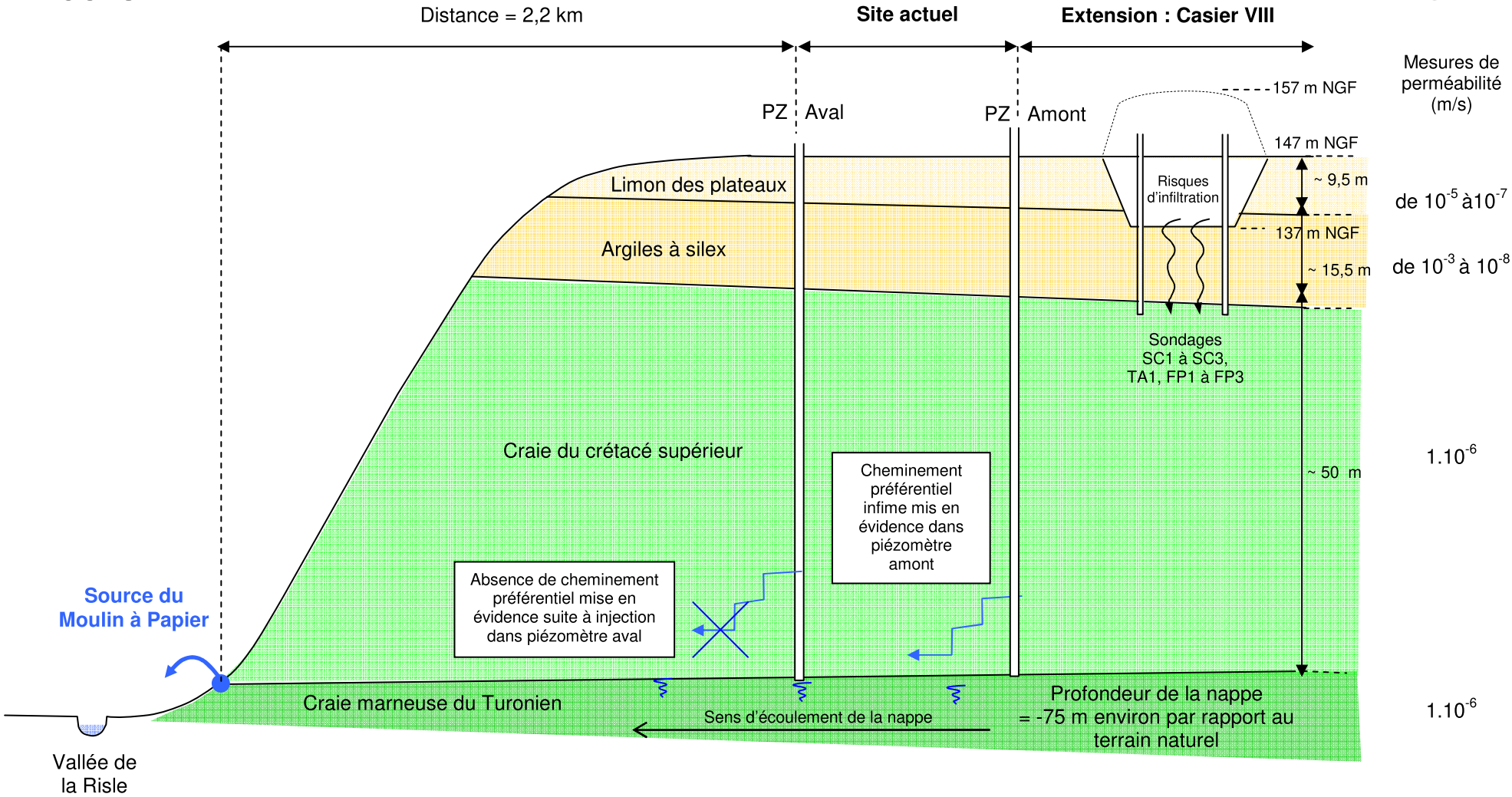
- garantir une protection équivalente à la couche d'1 mètre à 10^{-9} m/s ;
- garantir une protection équivalente à la couche de 5 mètres à 10^{-6} m/s.

3 SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel suivant a été élaboré à partir des indications :

- de la carte géologique de la région d'Elbeuf ;
- du double traçage des eaux souterraines réalisé par la société Hydroexpert au droit du CET de Malleville-sur-le-Bec (Rapport Réf. RPP05H013a de Mars 2005) ;
- des forages profonds réalisés au droit du site principal lors de la mise en place des piézomètres ;
- des sondages réalisés par ANTEA en 1996 ;
- des sondages réalisés par ABROTEC en 2016.

Ce schéma est une synthèse graphique de la situation géologique et hydrogéologique, qui permet notamment de mieux comprendre les directions d'écoulement et d'apprécier la vulnérabilité des éventuelles cibles identifiées.



4 PROJET DE DISPOSITIF DE BARRIERE PASSIVE

La figure en page suivante présente une coupe schématique de l'ISDND où figurent :

- les coupes géologiques des sondages ;
- la barrière passive « réglementaire » : 1 mètre à 10^{-9} m/s et 5 mètres à 10^{-6} m/s pour le fond et d'1 mètre à 10^{-9} m/s sur les flancs ;
- le projet de dispositif de barrière passive équivalente.

4.1 Fond de casier

La barrière passive reconstituée comporterait de haut en bas :

- une couche de 1 mètre d'argile décaissée sur site, traitée préalablement par ajout de bentonite (ou équivalent), pour atteindre une perméabilité de 1.10^{-9} m/s ;
- une couche de 1 mètre d'argile décaissée sur site, traitée préalablement par ajout de bentonite (ou équivalent), pour atteindre une perméabilité de 1.10^{-7} m/s. A noter que les argiles décaissées atteignent d'ores et déjà une perméabilité de l'ordre de 10^{-7} m/s ;
- la couche sous-jacente en place, qui présente d'importantes variations de perméabilités : de l'ordre de 10^{-8} m/s pour les argiles à silex à 10^{-3} pour les sables et silex (sondages SC1 et SC3).

La couche de 1 m à 10^{-7} m/s est destinée à « compenser » l'hétérogénéité de la couche d'argile à silex ainsi que l'incertitude sur la perméabilité de cette couche. Il convient de souligner que la perméabilité localement plus faible des sables à silex, immédiatement sous la base du casier en SC1 et SC3, est compensée par la très forte épaisseur de la zone non saturée, qui restera d'environ 65 m, même en période de hautes eaux.

NB : Le fond de chaque sous-casier du casier VIII (sous-casiers VIII-a à VIII-e) sera en légère pente (entre 1 et 3%) afin de faciliter la collecte et l'évacuation des lixiviats vers les puits de pompage des lixiviats.

4.2 Flancs du casier

Du fait d'une pente comprise entre 5H/3V à 1H/1V, la reconstitution d'une couche de matériaux traités d'un mètre d'épaisseur à 10^{-9} m/s n'est pas envisageable sur toute la hauteur des flancs.

Conformément aux prescriptions de l'arrêté du 15 février 2016, une barrière physique sera reconstituée sur les flancs du casier de stockage, sur une épaisseur de 0,5 m, jusqu'à une hauteur de 2 mètres par rapport au fond.

Pour parer à l'absence de la couche de matériaux à 10^{-9} m/s sur l'ensemble des flancs, un géosynthétique bentonitique (GSB) sera utilisé sur toute la surface des flancs du casier. Cependant, de fortes sollicitations mécaniques peuvent s'exercer sur les géomatériaux des flancs. Pour compenser ces sollicitations et les risques d'altération de la barrière passive, plusieurs mesures seront prises. Ainsi :

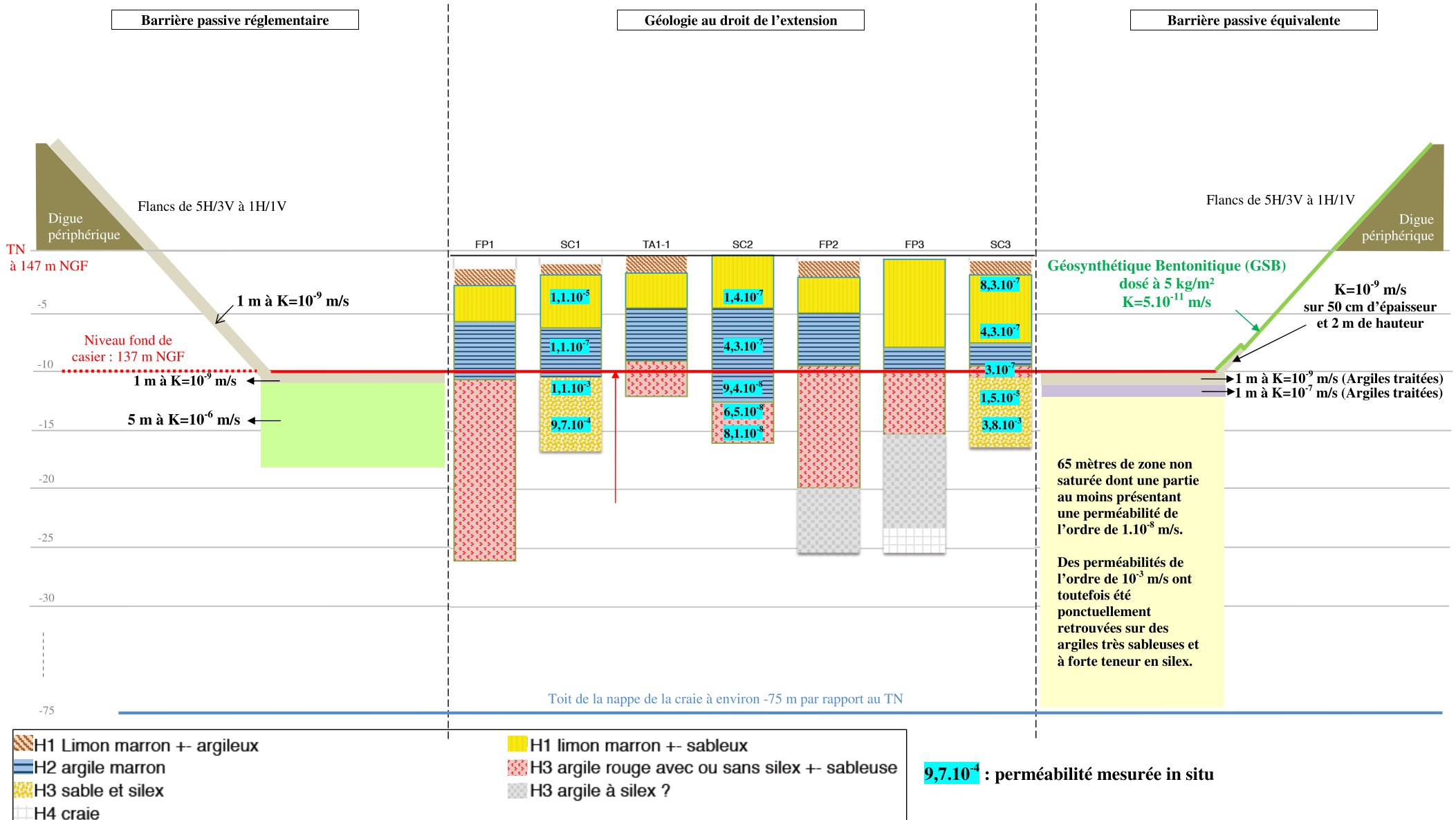
- les flancs de talus seront aménagés avec des redans pour diminuer la sollicitation en traction de la GSB ;
- conformément au guide « Recommandations pour l'évaluation de l'« équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets – Version 2, Février 2009 », la largeur des lès de recouvrement sera au minimum de 40 cm, afin de diminuer le risque de séparation de ces derniers ;
- un dispositif de drainage des lixiviats (ex : de type « DRAINTUBE ») sera mis en place au-dessus du GSB et de la géomembrane de la barrière active pour permettre l'amélioration du drainage sur les flancs. Ceci empêchera la formation de nappes perchées, limitera la sollicitation du GSB et assurera la bonne étanchéité de la barrière passive.

La barrière reconstituée sur les flancs comportera donc de bas en haut :

- les terrains naturels en place, constitués de formations de limons et d'argiles marron qui présentent des perméabilités de l'ordre de 10^{-7} m/s ;
- une couche de 0,5 m d'argiles du site traitées préalablement à une perméabilité de 1.10^{-9} m/s, sur une hauteur de 2 m par rapport au fond, réalisée par ajout de bentonite dans les argiles et limons décaissés sur site ;
- un géosynthétique bentonitique (GSB) dosé à 5 kg/m^2 sur toute la hauteur du flanc, présentant une perméabilité d'environ 5.10^{-11} m/s ;
- une géomembrane PEHD d'une épaisseur de 2 mm ;
- un géotextile de protection supérieur ;
- le dispositif de drainage des lixiviats.

Les trois derniers éléments constituent la barrière active.

Schéma de comparaison entre la barrière passive réglementaire, la situation naturelle et la barrière passive reconstituée



5 GISEMENT DE MATERIAUX DISPONIBLES

5.1.1 Localisation du gisement

Les argiles utilisées comme matériaux d'apport dans le cadre de la reconstitution de la barrière passive réglementaire seront prélevées au fur et à mesure de l'excavation des casiers.

L'excavation des matériaux aura lieu jusqu'à la cote + 137 m NGF, soit 10 m en dessous du terrain naturel. Le secteur de prélèvement de ces matériaux correspond à la surface du futur casier VIII, soit 2,43 ha environ au niveau du TN.

Comme le montrent les figures situées en pages précédentes, les matériaux voués à être décaissés sur ces 10 mètres sont les suivants :

- une couche de terre végétale, sur une épaisseur variant de 0 à 2 m, représentant un volume de 11 850 m³ ;
- des limons, sur une épaisseur variant de 3 à 8 m environ, représentant un volume de 106 150 m³ ;
- des argiles marron, sur une épaisseur variant de 2 à 6 m environ, représentant un volume de 87 000 m³ ;
- des argiles à silex, sur une épaisseur variant entre 0 et 1 m environ, représentant un volume de 29 000 m³.

Ces estimations de volumes ont été réalisées par la société BETA Environnement.

5.1.2 Volume du gisement d'argiles et compatibilité avec les besoins

Le gisement d'argiles présent sur la zone d'emprise projet a été estimé par la société BETA Environnement à 87 000 m³.

La superficie de fond de casier est de 13 000 m². Le volume de matériaux du site nécessaire à la constitution des 2 mètres de barrière passive reconstituée en fond de casier (respectivement 1 m à 10⁻⁹ m/s et 1 m à 10⁻⁷ m/s) est donc de 26 000 m³.

Le périmètre du fond de casier étant d'environ 500 m, le volume de matériaux du site nécessaire à la constitution du mètre de barrière passive reconstituée sur 2 m en flancs de casier et 50 cm d'épaisseur serait de 500 m³.

Le volume nécessaire étant de 26 500 m³, le gisement disponible est donc largement suffisant.

Cette disponibilité en matériaux permettra de sélectionner les matériaux présentant les meilleures caractéristiques naturelles de perméabilité (argiles les moins sableuses). Dans tous les cas, la perméabilité des couches mises en place sera vérifiée et contrôlée lors de la mise en œuvre.

6 PRESCRIPTIONS DE MISE EN OEUVRE

6.1 Mise en œuvre du traitement des argiles

Le principe retenu est l'apport d'argiles traitées par ajout de bentonite (ou équivalent) avec un objectif de perméabilité de :

- 1.10^{-7} m/s une fois les matériaux mis en œuvre, sur 1 mètre ;
- 1.10^{-9} m/s une fois les matériaux mis en œuvre, sur 1 mètre (situé au-dessus de la couche précédente).

Pour chaque alvéole de fond de casier, un volume de 5 600 à 5 800 m³ d'argiles traitées devra être produit. Des études précises de dimensionnement seront réalisées pour établir le cahier des charges lors des consultations des entreprises qui réaliseront les travaux, et concerneront :

- le dosage du liant ;
- le compactage ;
- l'épandage ;
- le malaxage.

Préalablement à la mise en œuvre, une planche d'essais sera réalisée dans les conditions du chantier.

La mise en œuvre de la planche d'essai sera conforme aux recommandations du GTR 92¹³.

Sur chacune des couches réalisées, des mesures de la masse volumique sèche et de teneurs en eau seront réalisées à différentes profondeurs de la couche au gamma densimètre. Sur la dernière couche mise en œuvre sur la planche d'essais, des essais de perméabilité seront réalisés par la méthode de double anneau. La perméabilité devra être strictement inférieure à 10^{-9} m/s.

A l'issue de la planche d'essai, une procédure détaillée sera établie précisant notamment :

- les éventuelles préparations du matériau, mise à la teneur en eau de référence, pré-broyage, homogénéisation... ;
- l'épaisseur des couches matériaux ;
- la teneur en eau de mise en œuvre et la masse volumique sèche à obtenir.

6.2 Mise en œuvre du GSB sur les flancs

Les paragraphes qui suivent ont été en grande partie inspirés du fascicule n°12 « Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par Géosynthétiques Bentonitiques » du Comité Français des Géosynthétiques (CFG).

Le GSB est un matériau composite. La bentonite est encapsulée de manière sûre et régulière dans un géotextile réservoir, pris en sandwich entre 2 géotextiles enveloppes. Ce complexe sera joint à l'aide de coutures très résistantes permettant un confinement optimal et une très bonne stabilisation de la bentonite sur les pentes.

Le complexe sera mis en œuvre conformément aux prescriptions du fournisseur.

L'utilisation de matériaux géosynthétiques, tels que les GSB, nécessite, du fait de leur faible épaisseur, des précautions d'usage pour leur installation et leur utilisation dans une barrière passive d'ISDND.

¹³ Guide des terrassements routiers – Réalisation des remblais et couches de forme, LCPC, SETRA, 1992

L'utilisation de GSB doit se faire selon les normes constructeur afin d'obtenir un degré d'«équivalence» au moins aussi bon que dans le cas d'une barrière passive réglementaire.

6.2.1 Caractéristiques du GSB

➤ *Définition de la bentonite*

Le terme « bentonite » désigne une famille d'argile dont le constituant principal est la montmorillonite. La substitution de certains atomes dans l'argile par des cations divalents (Ca^{2+} , Mg^{2+}) modifie les propriétés physico-chimiques de celle-ci et, notamment, ses propriétés de gonflement.

➤ *Recommandations sur les géosynthétiques bentonitiques*

Une des principales causes d'augmentation de la perméabilité des GSB est l'échange d'ions entre la bentonite et les fluides avec lesquels elle se trouve en contact. Notamment, l'échange d'ions divalents des fluides contre le sodium de la bentonite va augmenter la perméabilité du GSB. Pour atténuer ces effets négatifs, et notamment le risque de substitution des ions sodium par des ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} :

- le GSB mis en œuvre sera recouvert de la géomembrane PEHD 2 mm de la barrière active, ce qui entraînera l'hydratation de la bentonite avec un fluide pauvre en cations divalents, à savoir la vapeur d'eau du sol ;
- le GSB sera rapidement sans contrainte puisque la barrière active, constituée du PEHD et du massif drainant, sera mise en place immédiatement après la pose du complexe et dans tous les cas avant hydratation de celui-ci, à l'avancement.

➤ *Caractéristiques du complexe mis en œuvre*

Le type de GSB sera choisi par le maître d'ouvrage, sur recommandation du maître d'œuvre, en fonction de ses caractéristiques et des critères de choix conformément au fascicule 12 du Comité Français des Géosynthétiques (CFG) : « Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéité par géosynthétiques bentonitiques ».

6.2.2 Mise en place du GSB

La conception d'un dispositif d'étanchéité par géosynthétiques bentonitiques est une opération itérative, qui comprend les étapes successives suivantes :

- identification des paramètres à prendre en compte ;
- identification de l'emploi du GSB ;
- identification des caractéristiques associées aux fonctions des GSB ;
- examen des caractéristiques spécifiques.

Avant l'installation du GSB, l'entreprise s'assurera de l'état de surface de la couche support. En pratique, le terrassement des parois et la mise en place d'un géotextile garantiront un état de surface compatible avec l'installation du GSB.

La mise en place des lés bentonitiques sera réalisée conformément aux prescriptions du fascicule 12 du CFG (Comité Français des Géosynthétiques). Il y est notamment précisé :

- les paramètres à prendre en compte (géométrie du talus, des crêtes des talus et du fond de forme, les conditions climatiques, les sous-pressions...) ;
- les critères de choix des GSB et les essais lors de la conception ;
- la description des précautions de mise en œuvre des GSB (conditionnement, stockage, plans de pose et de recollement, ancrage).

Par ailleurs, l'expérience montre que lorsqu'un GSB est mal placé sous une géomembrane exposée à l'air libre et à l'ensoleillement, comme c'est le cas pour les flancs durant une période parfois significative, une séparation des lés peut être observée, laissant des portions de flancs sans barrière passive.

C'est la raison pour laquelle, la largeur de recouvrement des lés sera conforme aux recommandations du groupe de travail GSB du MEEDDM, soit 0,4 m a minima. Le risque de détérioration du GSB est donc extrêmement limité, voire nul. L'ensemble du complexe sera mis en œuvre conformément aux prescriptions du fournisseur.

6.2.3 Vérification de la qualité du GSB

La bentonite utilisée devra répondre à plusieurs critères d'afin de s'assurer de sa bonne qualité et de l'étanchéité qu'elle confère.

Plusieurs indicateurs permettant de contrôler les GSB sodiques utilisés en étanchéité de fond de l'alvéole d'ISDND (LIXAR2, 2008), et les valeurs limites ou recherchées associées, sont données dans le guide d'« équivalence » version 2, février 2009, parmi lesquels :

- une masse surfacique de 5 kg/m² selon la norme NF EN 14196 ;
- un indice de gonflement libre supérieur ou égal à 24 cm³/2g selon la norme XP P 84-703 ;
- une capacité d'échange cationique supérieure ou égale à 70 méq/100g selon la norme NF X 31.130 ;
- une proportion de CaCO₃ inférieure à 5 % pondéral.

6.2.4 Prescriptions de mise en œuvre du GSB

La mise en place des GSB comprend dans l'ordre les opérations suivantes :

➤ *Conditionnement, approvisionnement et stockage*

Le GSB devra être commercialisé en rouleaux protégés par un emballage étanche. Chaque rouleau portera un étiquetage précis permettant son identification et un contrôle de suivi de la qualité lors de la fabrication.

Le GSB ne devra pas être endommagé durant le stockage ou le transport, certaines précautions seront prises par le SDOMODE et l'entreprise de travaux, notamment avec la mise en place d'une zone de stockage plane et drainée débarrassée de tout élément pouvant endommager les rouleaux. En cas de stockage prolongé, une protection complémentaire sera apportée contre les agressions climatiques (pluie, UV).

Les opérations de manutention se feront à l'aide d'engins mécanisés adaptés et elles seront limitées à leur strict minimum pour éviter, en particulier, la détérioration de la couche support.

➤ *Déroulage et positionnement*

La pose, réalisée selon les instructions du fabricant, sera interrompue en cas de pluie, neige, dans la boue et par vent violent. Toute partie non recouverte en fin de journée devra être protégée des eaux de pluie éventuelles par un film type polyane ou similaire évitant une hydratation sans confinement.

Toutes les précautions données dans le fascicule 12 du CFG, devront être suivies.

➤ *Mise en recouvrement des lès*

Un recouvrement des lès est nécessaire pour assurer la continuité de l'étanchéité du GSB, il doit être réalisé avec le plus grand soin. Un plan de pose et de récolement devra être établi par le maître d'œuvre ou l'entrepreneur.

Les largeurs de recouvrement ne seront pas inférieures à 0,4 m et on évitera la superposition de plus de 3 éléments.

➤ *Ancrage*

La couche de fond de un mètre à 10^{-9} m/s sera complétée en sa périphérie par des merlons constitués du même matériau compacté, de manière à assurer un fond en forme de « bassine ». La hauteur de ces merlons devra être supérieure à 2 m au-dessus du fond de forme (cf. arrêté du 15 février 2016).

Un point particulièrement important à prendre en compte est la transmission de sollicitation mécanique vers la composante d'étanchéité. Pour limiter cette sollicitation vers la couche d'étanchéité, un système d'ancrage des GSB « en U » au niveau des merlons du talus sera proposé afin de limiter cette sollicitation.

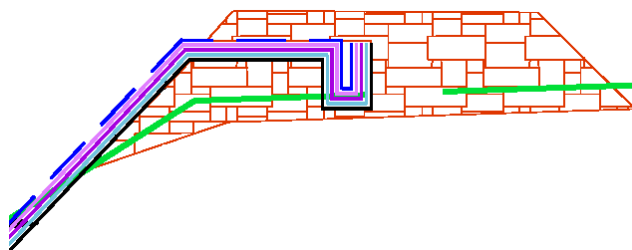


Schéma d'un ancrage « en U » dans un merlon périmétrique

7 PROGRAMME DE CONTROLE EXTERIEUR

La mise en place de la barrière passive équivalente (en particulier la mise en place du GSB et des couches d'argile traitées) fera l'objet d'une politique d'assurance qualité. Toutes les entreprises missionnées devront, à cet effet, être pourvues de manuels d'Assurance Qualité et suivre une Procédure d'Assurance Qualité pour chaque tâche identifiée. Ainsi, les terrassements, les remaniements, les mises en œuvre des matériaux devront faire l'objet de procédure et répondre à un cahier des charges précis en matière de stabilité géotechnique et de perméabilité

Un contrôle qualité des matériaux, de leur mise en œuvre (planche d'essai) sera réalisé par des entreprises spécialisées. Des études précises de dimensionnement seront faites pour établir le cahier des charges lors des consultations des entreprises qui réaliseront les travaux.

8 EVALUATION DES EFFETS A LONG TERME

8.1 Rappel sur le rôle de la barrière passive

Comme rappelé dans le « Guide de recommandation à l'usage des tiers experts pour l'évaluation de «l'équivalence » en étanchéité passive des centres de stockages », la barrière de sécurité active permet la collecte, en vue de leur traitement, des flux de lixiviats durant la période pendant laquelle ces flux sont les plus importants et les lixiviats les plus chargés.

Mais les niveaux drainants peuvent se colmater avec le temps ; les membranes peuvent vieillir, se dégrader et laisser apparaître des fissures ou des ruptures de natures diverses.

La barrière passive peut alors être sollicitée, mais à un moment où la plus grosse partie de la charge polluante des lixiviats aura été traitée.

8.2 Evaluation qualitative à long terme de la barrière passive reconstituée

La barrière passive prescrite par la réglementation comprend :

- une couche d'un mètre d'épaisseur à 1.10^{-9} m/s ;
- une couche de 5 m d'épaisseur à 1.10^{-6} m/s destinée à constituer une « zone tampon » au dessus de la nappe.

Le projet de barrière passive reconstituée prévoit la mise en place, de haut en bas :

- une couche de 1 mètre d'argile décaissée sur site, traitée préalablement par ajout de bentonite (ou équivalent), pour atteindre une perméabilité de 1.10^{-9} m/s ;
- une couche de 1 mètre d'argile décaissée sur site, traitée préalablement par ajout de bentonite (ou équivalent), pour atteindre une perméabilité de 1.10^{-7} m/s. A noter que les argiles décaissées atteignent d'ores et déjà une perméabilité de l'ordre de 10^{-7} m/s.

NB : Le fond de chaque sous-casier du casier VIII (sous-casiers VIII-a à VIII-e) sera en légère pente (entre 1 et 3%) afin de faciliter la collecte et l'évacuation des lixiviats vers les puits de pompage des lixiviats.

La couche d'un mètre d'argile traitée, de perméabilité 1.10^{-9} m/s, reconstituera la couche réglementaire d'un mètre à 10^{-9} m/s.

En ce qui concerne les 5 mètres d'épaisseur à 1.10^{-6} m/s, le contexte naturel au droit du futur casier ne peut être considéré comme tout à fait équivalent. La couche sous-jacente en place composée d'argiles à silex ou de sables à silex, possède une épaisseur très variable, allant de 5 m au minimum en FP3 à plus de 15 m en FP1. Cette couche présente d'importantes variations de perméabilités : de l'ordre de 10^{-8} m/s pour les argiles à silex à 10^{-3} m/s pour les argiles comportant ponctuellement une proportion très importante en gros silex et en fraction sableuse.

Cette couche surmonte une formation crayeuse, pouvant présenter une perméabilité de fissures. Les essais de traçage ont montré des communications locales avec les sources les plus proches et l'existence de relation hydraulique entre certaines zones du site et ces sources. Toutefois, l'importance de l'épaisseur de la zone non saturée (plus de 65 m), dont une partie est constituée par des argiles à silex de perméabilité de l'ordre de 1.10^{-8} m/s, permet de nuancer ce risque.

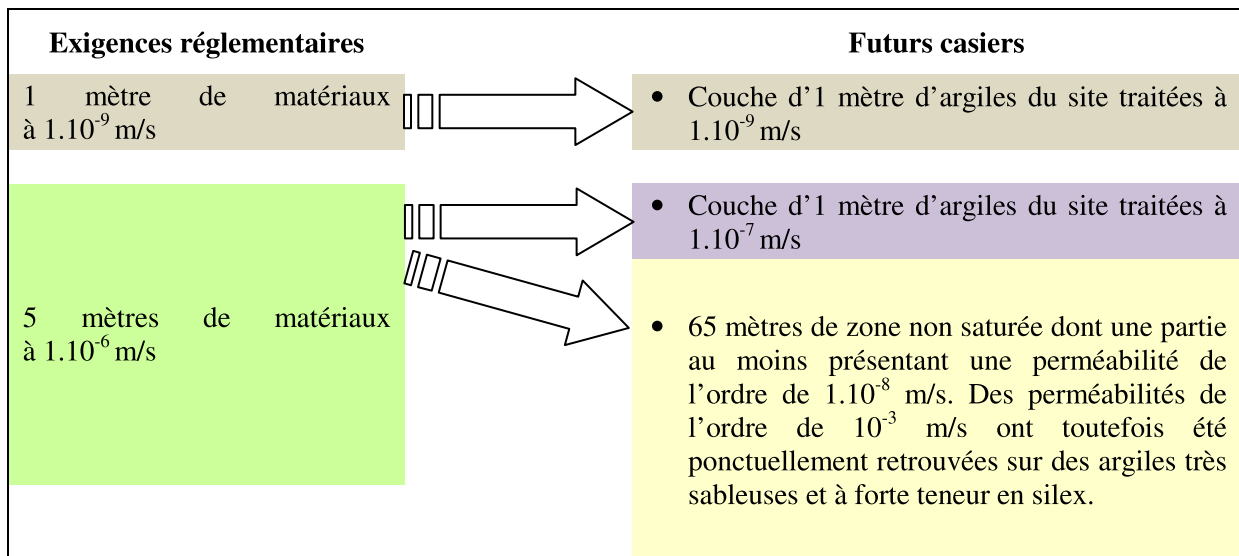
Le SDOMODE propose de renforcer l'épaisseur de la zone non saturée, qui assure une protection mécanique de la ressource en eau, par la mise en place d'une couche d'un mètre d'argile traitée, de perméabilité 1.10^{-7} m/s qui confortera la protection hydraulique de cette ressource.

Par rapport à un GSB, cette solution apparaît comme un gage de sécurité, dans la mesure où elle réduit les risques liés à des défauts des matériaux et donc la probabilité d'écoulement préférentiel au travers de la barrière.

Ainsi le dispositif de barrière passive reconstitué offrira-t-il à la fois des garanties quant à la perméabilité du système et quant à son épaisseur.

Le schéma présenté, ci-après, synthétise le dispositif proposé :

Evaluation semi-quantitative de l' « équivalence » de la barrière passive proposée



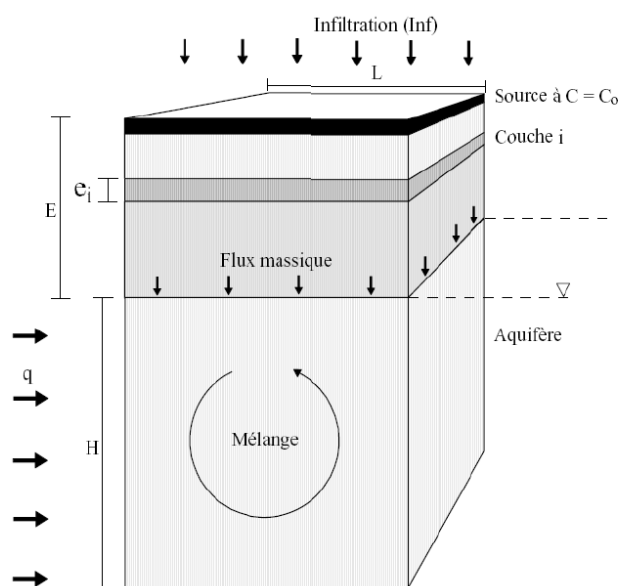
8.2.1 Présentation du modèle conceptuel

Les paragraphes suivants sont extraits en grande partie du guide « Recommandations pour l'évaluation de l' "équivalence " en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets » (Version 2, Février 2009) et présentent l'application qui peut en être faite sur le site.

Le modèle conceptuel fourni en figure ci-dessous est nécessaire pour les besoins des calculs. Il représente un aquifère surmonté par une succession de couches, présentant des propriétés différentes (épaisseur, perméabilité, lithologie...) sur laquelle repose une couche « source » qui représente la future couche de déchets.

Cet ensemble sera cité dans la suite du paragraphe sous le terme « multicouche ».

Modèle conceptuel pour un système multicouche



Source : Guide équivalence, version 2 – Février 2009

Plusieurs hypothèses sont prises afin de rendre compte de l' "équivalence" de la barrière passive. Notamment, il sera considéré dans ce modèle conceptuel que les lixiviats issus de la couche "source" et en contact avec la couche supérieure, ont une concentration constante et infinie dans le temps. Cette hypothèse d'une source constante et infinie maximise le transfert de solutés vers l'aquifère, ce qui constitue une hypothèse défavorable.

En pratique, un drainage assure en effet la récupération des lixiviats. La barrière passive ne sera sollicitée qu'en cas de colmatage de celui-ci, ce qui peut intervenir en fin d'exploitation lorsque les lixiviats ont une charge polluante moindre (diminution de la charge polluante dans le temps).

L'équation présentée ci-dessous permet de calculer la concentration en régime permanent dans l'aquifère sous-jacent, définie par :

$$c^* = \frac{C_o}{1 + \frac{q H}{Inf L} \left(1 - \exp \left[- Inf \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i D_i} \right] \right)}$$

c^* = concentration dans l'aquifère en régime permanent,
 C_o = concentration source,
 Inf = infiltration verticale à travers le multicouche,
 L = longueur du site dans le sens d'écoulement des eaux souterraines,
 q = vitesse de Darcy dans l'aquifère ($q = -K * \text{gradient}$),
 H = hauteur de la « couche de mélange » dans l'aquifère,
 n = nombre de couches composant le multicouche,
 e_i = épaisseur de la couche i ,
 E = épaisseur de la multicouche
 θ_i = teneur en eau volumique de la couche i ,
 D_i = coefficient de dispersion de la couche i .

Le coefficient de dispersion dans la couche i est donné par :

$$D_i = \alpha_i \frac{Inf}{\theta_i} + D_o \tau_i$$

Avec :

τ_i = tortuosité de la couche i ,

α_i = dispersivité de la couche¹⁴

D_o = coefficient de diffusion du polluant dans l'eau (ion chlorure : $1,7.10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ à 18°C).

¹⁴ En l'absence de donnée, la dispersivité peut être prise en première approximation comme égale au dixième de l'épaisseur de la couche considérée (Source : Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, version 2, février 2009)

8.2.2 Calcul de l'équivalence en fond de casier

➤ Rappel des scénarii

Les calculs sont effectués pour 2 scénarios illustrés ci-dessous :

- **Scénario « réglementaire »** : un multicouche « réglementaire » avec de haut en bas :
 - une couche d'un mètre d'argile présentant une perméabilité maximale de 1.10^{-9} m/s ;
 - une couche de 5 mètres de matériaux argileux présentant une perméabilité de 1.10^{-6} m/s.

Le tableau suivant présente les caractéristiques retenues pour ce scénario¹⁵ :

Caractéristiques des couches – Scénario « réglementaire »

Matériau	Épaisseur e (m)	Teneur en eau saturée θ_s (%)	Teneur en eau résiduelle θ_r (%)	Conductivité hydraulique à saturation K_s (m/s)	Paramètre expérimental n	Tortuosité de la couche i Γ_i	Dispersivité de la couche i α_i
Argile	1	38	6,8	1.10^{-9}	<i>1,09</i>	<i>0,3</i>	<i>0,1</i>
Matériaux argileux	5	46	3,4	1.10^{-6}	<i>1,37</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>

- **Scénario « équivalent »** : le multicouche proposé par le SDOMODE avec de haut en bas :
 - une couche d'1 mètre d'argile traitée et de perméabilité 1.10^{-9} m/s ;
 - une couche d'1 mètre d'argile traitée et de perméabilité 1.10^{-7} m/s ;
 - une couche de 65 m d'argiles à silex, avec fraction sableuse de perméabilité 10^{-3} m/s (cas le plus défavorable).

Caractéristiques des couches – Scénario « équivalent »

Matériau	Épaisseur e (m)	Teneur en eau saturée θ_s (%)	Teneur en eau résiduelle θ_r (%)	Conductivité hydraulique à saturation K_s (m/s)	Paramètre expérimental n	Tortuosité de la couche i Γ_i	Dispersivité de la couche i α_i
Argile traitée 1.10^{-9}	1	38	6,8	1.10^{-9}	<i>1,09</i>	<i>0,3</i>	<i>0,1</i>
Argile traitée 1.10^{-7}	1	38*	6,8*	1.10^{-7}	<i>1,09*</i>	<i>0,3*</i>	<i>0,1*</i>
Matériaux naturels	65	n.c.	n.c.	1.10^{-3}	n.c.	n.c.	n.c.

*Hypothèse de travail : mêmes caractéristiques de l'argile à 1.10^{-9} m/s, à l'exception de la conductivité hydraulique à saturation

¹⁵ Les valeurs en italique sont issues du « Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets », version 2, de février 2009. Les autres paramètres proviennent des hypothèses de travail et dans la mesure du possible, des mesures de terrain.

➤ *Démonstrations réalisées*

Les démonstrations réalisées dans la suite de cette étude sont les suivantes :

Démonstration n°1 : La première couche de la barrière passive équivalente est strictement identique à la première couche de la barrière passive réglementaire. Cette première couche se compose, dans les deux cas, d'un mètre d'argiles de perméabilité 1.10^{-9} m/s. Prises isolément, ces couches ont donc des performances équivalentes. Toutefois, une démonstration par le calcul, en fonction des caractéristiques de leur couche sous-jacente, a montré que la barrière équivalente est plus performante que la barrière réglementaire.

Démonstration n°2 : La comparaison directe des deux couches sous-jacentes (5 m à une perméabilité de 10^{-6} m/s pour la couche « réglementaire » et 1 m à une perméabilité de 1.10^{-7} m/s pour la couche équivalente) a montré que la concentration potentielle en polluants serait plus importante dans l'aquifère avec la barrière « réglementaire » qu'avec la barrière « équivalente ». La barrière passive proposée par le SDOMODE est donc plus performante.

8.2.3 Démonstration n°1

➤ *Aspects hydrauliques*

Il convient dans un premier temps de modéliser l'infiltration au travers du multicouche et d'obtenir les teneurs en eau qui en découlent dans les couches sous-jacentes.

On considère que la charge hydraulique qui s'exerce sur le multicouche est la valeur réglementaire de 30 cm, hauteur maximale de lixiviats autorisés dans le fond des alvéoles. L'infiltration à travers le multicouche (produit du gradient hydraulique exercé sur cette couche et de sa perméabilité) sera contrôlée par la couche la moins perméable, soit dans les deux cas, la couche d'un mètre d'argile à 1.10^{-9} m/s.

Les teneurs en eau des couches sous-jacentes vont dépendre de leurs propriétés physiques, notamment de la relation entre leur conductivité hydraulique et leur teneur en eau.

L'équation de Van Genuchten (1980) est classiquement utilisée pour représenter cette relation :

$$K(\theta) = K_s \theta_D^{0.5} \left(1 - \left(1 - \theta_D^{\left(\frac{n}{n-1} \right)^{\frac{n-1}{n}}} \right)^2 \right) \quad \text{avec : } \theta_D = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

Avec :

$K(\theta)$ est la conductivité hydraulique à la teneur en eau θ ,

K_s est la conductivité hydraulique à saturation,

θ_s est la teneur en eau saturée,

θ_r est la teneur en eau résiduelle,

n est un paramètre expérimental.

En reportant la valeur de l'infiltration calculée, la teneur en eau de la couche sous-jacente pourra être déterminée à partir de la courbe obtenue.

➤ *Calculs des teneurs en eau volumique des couches non saturés du multicouche*

• **Scénario « réglementaire »**

La charge hydraulique qui s'exerce sur le multicouche est considérée égale à 30 cm, soit l'épaisseur maximale de lixiviats présente en fond de casier avant déclenchement des pompes. L'infiltration verticale à travers le multicouche est déterminée à partir du gradient hydraulique sur la couche à 10^{-9} m/s de 1 m d'épaisseur.

Le gradient hydraulique i qui s'exerce sur cette couche est donc :

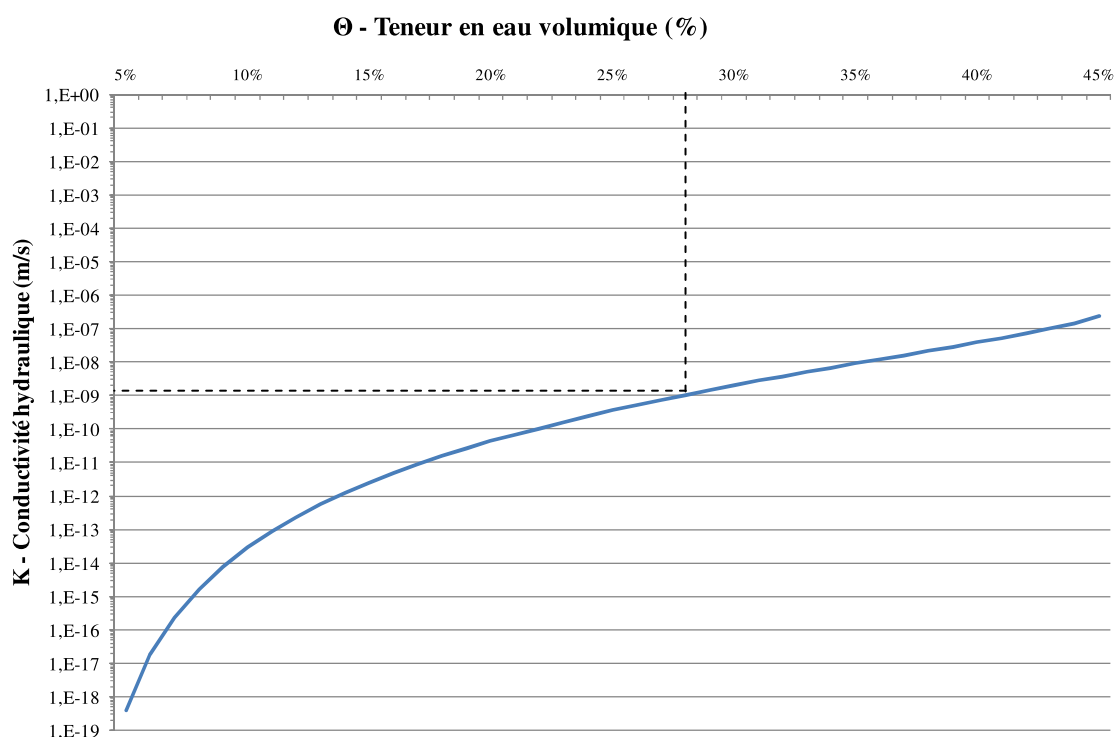
$$i = (1 \text{ m} + 0,3 \text{ m}) / 1 \text{ m} = 1,3$$

L'infiltration verticale est donc :

$$Inf = 1,3 * 1.10^{-9} = 1,3.10^{-9} \text{ m/s}$$

La valeur de l'infiltration Inf étant inférieure à la perméabilité à saturation de la couche sous-jacente (matériaux argileux) égale à 1.10^{-6} m/s, cette dernière n'est pas saturée.

L'équation de Van Genuchten permet de déterminer la teneur en eau volumique de la couche sous-jacente de matériaux argileux à 10^{-6} m/s, à partir des caractéristiques de cette couche présentées au paragraphe 9.2.2. :



La teneur en eau volumique, déterminée à partir de la courbe, de la couche sous-jacente de matériaux argileux à 1.10^{-6} m/s, correspondant à une infiltration de $1,3.10^{-9}$ m/s pour un gradient hydraulique unitaire (écoulement gravitaire) est d'environ : **28,6%**

- **Scénario « équivalent »**

- Couche d'argile traitée à une perméabilité de 1.10^{-9} m/s

La charge hydraulique qui s'exerce sur le multicouche est considérée égale à 30 cm, soit l'épaisseur maximale de lixiviats présente en fond de casier avant déclenchement des pompes. C'est la couche d'argile traitée à 1.10^{-9} m/s de 1 m d'épaisseur qui commande l'infiltration verticale à travers le multicouche.

Le gradient hydraulique i qui s'exerce sur cette couche est donc :

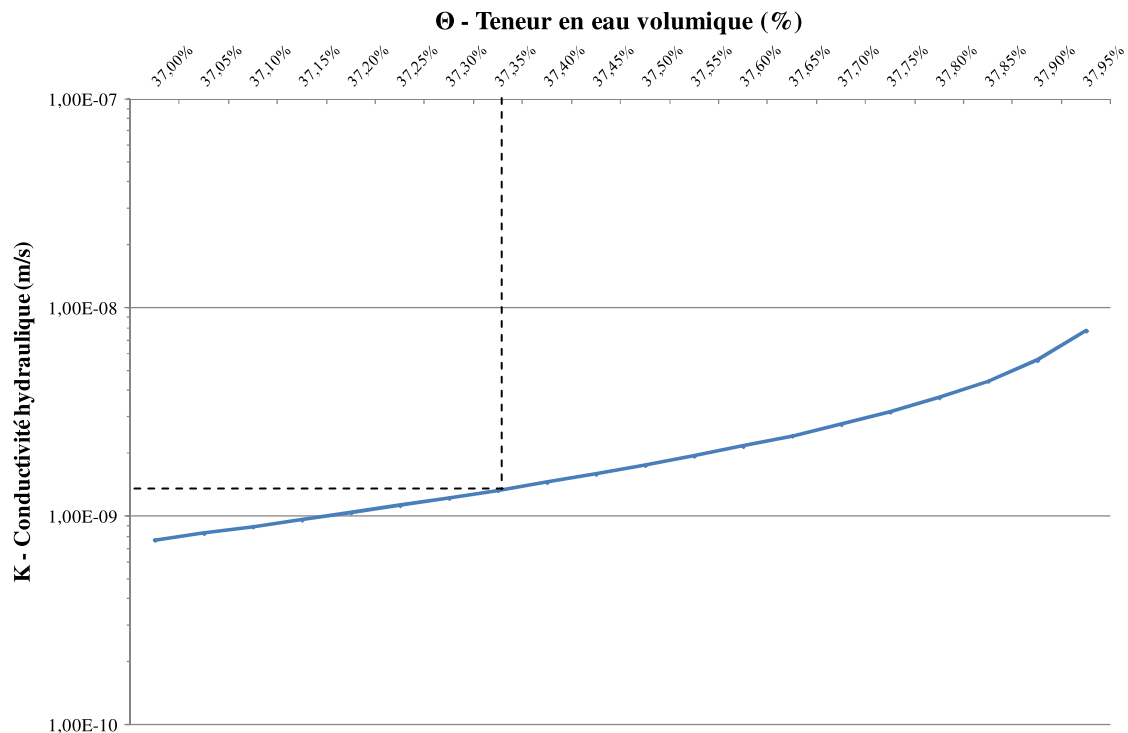
$$i = (1 \text{ m} + 0,3 \text{ m}) / 1 \text{ m} = 1,3$$

L'infiltration verticale est donc :

$$Inf = 1,3 * 1.10^{-9} = 1,3.10^{-9} \text{ m/s}$$

La valeur de l'infiltration Inf étant inférieure à la perméabilité à saturation de la couche sous-jacente d'argiles traitées à 1.10^{-7} m/s, cette dernière ne sera pas saturée.

L'équation de Van Genuchten permet de déterminer la teneur en eau volumique de la couche sous-jacente de matériaux argileux à 10^{-7} m/s, à partir des caractéristiques de cette couche présentées au paragraphe 9.2.2. :



La teneur en eau volumique de la couche de sables sous-jacente à $K=1.10^{-7}$ m/s, correspondant à une infiltration de $1,3.10^{-9}$ m/s pour un gradient hydraulique unitaire (écoulement gravitaire), déterminée à partir de la courbe, est d'environ : **37,33 %**.

Dans le cas du scénario « réglementaire », le matériau sous-jacent plus perméable a une teneur en eau plus faible (28,6 %) et par conséquent, le temps de transfert, pour une infiltration donnée, est plus bref dans cette couche, ce qui laisse moins de temps pour la dégradation. L'infiltration étant la même dans les deux cas, puisqu'elle est contrôlée par la couche de plus faible perméabilité de 1 m à $K = 1.10^{-9}$ m/s qui est présente dans chacun des scénarios, la concentration dans l'aquifère est donc plus élevée dans le cas du scénario « réglementaire ».

Le multicouche proposé par le SDOMODE est donc au moins équivalent en termes de protection de la nappe.

8.2.4 Démonstration n°2

➤ *Comparaison de l'infiltration à travers la couche sous-jacente*

Le multicouche « équivalent » et le multicouche « réglementaire » possèdent tous deux une première couche de 1 m d'épaisseur de perméabilité 1.10^{-9} m/s. L'infiltration dans le multicouche étant contrôlée par la couche de plus faible perméabilité, l'infiltration est équivalente dans les deux cas.

Afin de comparer plus finement les deux solutions, il a été fait le choix de réitérer le calcul de l'infiltration uniquement sur la couche sous-jacente, soit :

- la couche de 5 m de matériaux peu perméables de perméabilité 1.10^{-6} m/s, dans le cas de la barrière passive « réglementaire » ;
- la couche de 1 m de matériaux peu perméables de perméabilité 1.10^{-7} , dans le cas de la barrière passive « équivalente » proposée par le SDOMODE.

On se place dans le cas théorique où ces couches sous-jacentes seraient elles-mêmes sollicitées par les 30 cm de lixiviats.

- **Scénario « réglementaire »**

La charge hydraulique qui s'exerce sur la couche étudiée est considérée égale à 30 cm, soit l'épaisseur maximale de lixiviats présente en fond de casier avant déclenchement des pompes. L'infiltration verticale à travers la couche étudiée est déterminée à partir du gradient hydraulique sur la couche à 10^{-6} m/s.

Le gradient hydraulique i qui s'exerce sur cette couche est donc :

$$i = (5 + 0,3) / 5 = 1,06$$

L'infiltration verticale est donc :

$$Inf = 1,06 * 1.10^{-6} = 1,06.10^{-6} \text{ m/s}$$

- **Scénario « équivalent »**

La charge hydraulique qui s'exerce sur la couche étudiée est considérée égale à 30 cm, soit l'épaisseur maximale de lixiviats présente en fond de casier avant déclenchement des pompes. L'infiltration verticale à travers la couche étudiée est déterminée à partir du gradient hydraulique sur la couche à 10^{-7} m/s.

Le gradient hydraulique i qui s'exerce sur cette couche est donc :

$$i = (1 + 0,3) / 5 = 1,3$$

L'infiltration verticale est donc :

$$Inf = 1,3 * 1.10^{-7} = 1,3.10^{-7} \text{ m/s}$$

➤ *Calculs des rapports C*/C₀ pour les deux scénarios :*

Il est possible d'évaluer aisément le rapport « concentration source des lixiviats/concentration dans l'aquifère », noté ici C*/C₀, dans le cas où le multicouche surplombe directement un aquifère dont les paramètres sont connus. Ce calcul nécessite de poser certaines hypothèses, notamment celle que les lixiviats constituent une source constante et infinie au cours du temps, ce qui revient à majorer le risque, puisque en réalité la concentration et le volume des lixiviats décroissent au fil du temps.

Le calcul du rapport C*/C₀ nécessite de connaître plusieurs paramètres intrinsèques à l'aquifère situé sous le multicouche, ainsi que du centre de stockage, avec :

- la hauteur de la couche de mélange de l'aquifère notée H ;
- la perméabilité de l'aquifère notée K ;
- le gradient hydraulique de l'aquifère noté i ;
- la longueur du stockage dans le sens d'écoulement de l'aquifère notée L.

Les valeurs de ces paramètres ne sont pas connues. Cependant, dans la mesure où l'on compare deux multicouches et leur impact dans une même configuration de stockage et sur un même aquifère, les paramètres présentés ci-dessus restent constants.

L'équation permettant de donner le rapport C*/C₀ peut donc être simplifiée, en considérant que (q * H) / L = Constante (Cst).

Ainsi :

$$c^* = \frac{C_0}{1 + \frac{q H}{Inf L} \left(1 - \exp \left[-Inf \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i D_i} \right] \right)} = \frac{C_0}{1 + \frac{Cst}{Inf} \left(1 - \exp \left[-Inf \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i D_i} \right] \right)}$$

Le résultat obtenu sera fonction du paramètre Cst, pouvant être calculé dès lors que les paramètres cités précédemment seront connus :

$$C_0 = c_{eq}^* \left(1 + \frac{Cst}{Inf_{eq}} \left(1 - \exp \left[-Inf_{eq} \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i * D_i} \right] \right) \right) = c_r^* \left(1 + \frac{Cst}{Inf_r} \left(1 - \exp \left[-Inf_r \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i * D_i} \right] \right) \right)$$

D'où :

$$\frac{c_r^*}{c_{eq}^*} = \frac{1 + \frac{Cst}{Inf_{eq}} \left(1 - \exp \left[-Inf_{eq} \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i * D_i} \right] \right)}{1 + \frac{Cst}{Inf_r} \left(1 - \exp \left[-Inf_r \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\theta_i * D_i} \right] \right)}$$

De plus, il a été démontré (cf. p.50 du guide Équivalence, version 2) que dès lors que la nappe est éloignée d'au moins quelques dizaines de cm de la base de la couche peu perméable, la concentration dans l'aquifère est contrôlé par l'infiltration et non la diffusion, car le gradient de concentration sera faible. Ainsi l'équation citée précédemment devient, en négligeant les phénomènes de diffusion :

$$c^* = \frac{C_0}{1 + \frac{qH}{Inf L}}$$

Ainsi, en intégrant

$$\frac{qH}{L} = Cst$$

On obtient, l'équation suivante :

$$c_r^* = \frac{C_0}{1 + \frac{Cst}{Inf_r}} \quad \text{et} \quad c_{eq}^* = \frac{C_0}{1 + \frac{Cst}{Inf_{eq}}}$$

$$\frac{c_r^*}{c_{eq}^*} = \frac{1 + \frac{Cst}{Inf_{eq}}}{1 + \frac{Cst}{Inf_r}}$$

$$\text{D'où : } \frac{c_r^*}{c_{eq}^*} = \frac{1 + \frac{Cst}{1,3 \cdot 10^{-7}}}{1 + \frac{Cst}{1,06 \cdot 10^{-6}}}$$

$$\text{Comme } 1 + \frac{Cst}{1,3 \cdot 10^{-7}} > 1 + \frac{Cst}{1,06 \cdot 10^{-6}}$$

$$\text{On a donc : } c_r^* > c_{eq}^*$$

L'équation de la page précédente permet d'obtenir le résultat suivant :

$$C^* \text{ réglementaire} > C^* \text{ équivalent}$$

La concentration théorique en polluant dans la nappe en régime permanent dans le cas d'une barrière passive « réglementaire » est supérieure à celle dans le cas de la barrière passive proposée par le SDOMODE.

Le multicouche proposé par le SDOMODE est donc au moins équivalent au multicouche « réglementaire » en termes de protection de l'aquifère.

8.2.5 Calcul de l'équivalence en flanc de casier

Comme expliqué dans le guide d' « équivalence », l'utilité du calcul d'équivalence sur les flancs est sujette à caution. En effet, la problématique des flancs est autrement plus complexe que celle des fonds car la composante « stabilité mécanique » y est prépondérante.

Dans ces conditions, la solution équivalente sur les flancs peut être argumentée de manière qualitative.

On invoquera donc :

- la stabilité mécanique, meilleure dans le cas d'un GSB ancré en U que dans le cas du dépôt d'une couche de 1 m d'argiles sur une pente allant de 5H/3V à 1H/1V ;
- l'amélioration du drainage sur les flancs par la mise en place d'un dispositif drainant ou équivalent (ex : DRAINTUBE) permettant de réduire les risques de mise en charge par des nappes perchées ;
- un pompage efficace des lixiviats en fond de casier permettant de respecter la hauteur maximale en fond de casier de 30 cm et, a fortiori, d'éviter que le niveau de lixiviats ne se situe au-dessus de 2 mètres par rapport au fond de forme, c'est-à-dire le niveau de remontée de l'argile compactée de la barrière passive.

Concernant le cas particulier de sites où les déchets remontent sur une digue périphérique, ce qui est le cas du casier VIII du CETRAVAL, il convient de rappeler que dès lors que du déchet repose sur un support minéral, celui-ci est considéré comme un fond ou un flanc et à ce titre doit comporter une barrière active et une barrière passive. Cet aménagement est prévu et visualisable sur le schéma de la page 10.

Annexe VII : **Captage AEP**



POLLUTIONS ACCIDENTELLES DES CAPTAGES D'EAU POTABLE DU DEPARTEMENT 27 (EURE)

Fiche créée le: 26/06/2006 Fiche modifiée le: 26/06/2006
Validation terrain: Qualité de la fiche (%): 52

Localisation du site de captage

Commune:	ECAQUELON
Adresse / Lieu dit:	LES CROTTES
Accès:	
Environnement Immédiat:	

Identification

Identifiant Pollac:	FP027-065	Points de captage:	01224X0042
Masse d'eau captée:	CRAIE DU LIEUVIN-OUCHÉ - BV DE LA RISLE		
Contexte morphologique:	FOND DE VALLEE SECHE	Bassin versant hydrologique:	RISLE
Périmètre de protection:	TERMINEE	Date D.U.P	02/03/1992
Carte IGN:	1812 - EST	Carte Géologique:	BRIONNE

Desserte

Unité de gestion:	SERPN (ROUMOIS / PLATEAU NEUBOURG)
Exploitant:	SERPN (ROUMOIS / PLATEAU NEUBOURG)
Mode de gestion:	REGIE COMMUNALE OU SYNDICALE
Communes desservies:	Barneville-sur-seine, Berville-en-roumois, Boisse-le-chatel, Bosc-benard-commin, Bosc-benard-crescy, Bosc-renoult-en-roumois, Bosgouet, Bosguerard-de-marcouville, Bosnormand, Bouquetot, Bourg-achard, Bourgheroulde-infreville, Brestot, Cesseville
Population desservie (hab):	32 913
Unité de traitement:	TRAITEMENT PHYSIQUE SIMPLE ET DESINFECTION

Synthèse des risques liés au site de captage

RISQUE	Rapproché	Eloigné
Elevé		
Moyen		
Faible		

Alimentation de secours

Plan de secours:	NON-DEFINI
Commentaires:	Capacités des réservoirs : aucune information recueillie Interconnexions : aucune information recueillie Usine de traitement : non

Vulnérabilité

Formations superficielles:	TERRES VEGETALES (entre 0 et 2,5m) ARGILES A SILEX (entre 2,5 et 5m) MARNO-CALCAIRES (entre 2,5 et 5m)
Etat de l'aquifère:	Craie fissurée à karstique
Configuration:	LIBRE
Relation nappe-eaux de surface:	Alimentation de la nappe par le ruisseau en amont.
Zone inondable:	NON
Epaisseur de la zone non saturée:	entre 5 et 10m
Date de la mesure:	06/11/1980
Zones vulnérables:	Vulnérabilité importante de la ressource au droit des vallées sèches car elles correspondent souvent à des zones fracturées ou karstiques où les écoulements sont rapides. La couverture superficielle, de faible épaisseur, y privilégie de plus les infiltrations. Ceci est confirmé par la présence de plusieurs bétouilles dont celle du Pavier avec laquelle une relation karstique a été mise en évidence (temps de transit inférieur à 3 jours).

Sources potentielles de pollution

Identification	Type d'activité	Commune	Localisation
----------------	-----------------	---------	--------------

Identification des points de captage

Indice BSS	Code SISEAU	Type d'ouvrage	Date de réalisation	X (m Lille)	Y (m Lille)	Z(m NGF)	Parcelle cadastrale
01224X0042	027000043	FORAGE	01/11/1980	480 210	2 478 295	55	A 126

Productivité des points de captage

Indice BSS	Débit d'exploitation moyen (m3/jour)	Nombre de pompes	Débit des pompes (m³/h)	Débit autorisé (m³/h)	Débit autorisé (m³/j)
01224X0042	1268	2	125 + 100	250	

Caractéristiques hydrodynamiques locales

Indice BSS	prof. (m)	Diam. mini (mm)	Date d'essai	Débit d'essai (m³/h)	Niveau statique (m/sol)	Niveau dynamique (m/sol)	Transmissivité (m²/s)	Emmagasinement
01224X0042	25	1000	17/11/1980	300	7.8	10.77	0.032	0.003

Vitesse de circulation des eaux

Au sein de l'aquifère crayeux :

- de 1 à 10 mètres par an sous les plateaux et à grande profondeur (craie compacte) ;
- de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres par an au droit des vallées sèches et humides (craie fissurée) ;
- de quelques mètres à 1 km par heure au sein de la craie intensément fissurée à karstique.

Traçages

Point d'injection	Exutoire	Distance (m)	Temps (h)	Vitesse (m/h)
BETOIRE	01224X0042/F	8115	?	?
BETOIRE	01224X0042/F	10759	833,4	12

Qualité des eaux captées

Indice BSS	Chloration crépine	Turbidité	Nitrates min (mg/l)	Nitrates max (mg/l)	Nitrates moy (mg/l)	Nombre d'analyses Nitrates	Pesticides: Molécules > Norme	Nombre analyses Pesticides
01224X0042	NON	OUI	17.8	22.6	20.2	2		0

Qualité des eaux distribuées

L'eau distribuée en 2008 est restée conforme aux valeurs limites réglementaires fixées pour les paramètres bactériologiques et physico-chimiques analysés.

Cadre légal et réglementaire

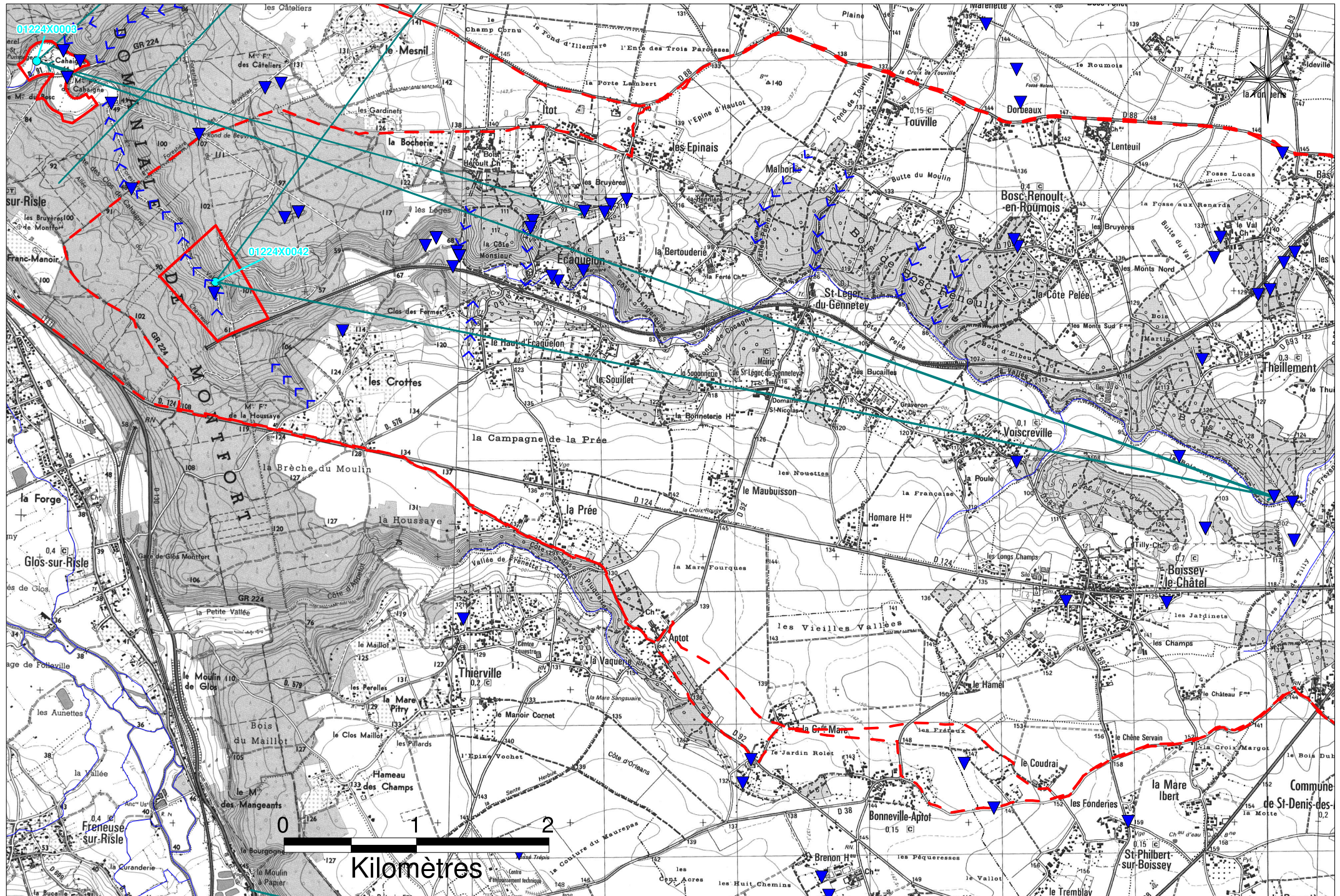
SAGE Risle-Charentonne
SDAGE du bassin Seine Normandie
Zone vulnérable Nitrates

Bibliographie

Date	Auteur	Titre
Octobre 1988	Ph. de la Quèrière	Définition des périmètres de protection du forage 122 4X 42 à Ecaquelon
Juin 1991	Ph. de la Quèrière	Définition des périmètres de protection du forage 122 4X 42 à Ecaquelon. Additif au rapport 88GA21
Juillet 1992	J.B. Mansas	Etude de productivité du Forage d'Ecaquelon

Liens Internet

Site	Description
http://basias.brgm.fr	Inventaire d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service (en activité ou non)
http://basol.environnement.gouv.fr	Base de données sur les sites et sols pollués appelant une action des pouvoirs publics
http://www.adès.eaufrance.fr	Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (données quantitatives et qualitatives)
http://www.ademe.fr	Guides des déchets en Haute-Normandie (centres de stockage et prestataires)



**Annexe VIII : Mise à jour de l'esquisse piézométrique de 2016
par Antea Group**