

ANNEXE 4



**PROJET DE POURSUITE
D'EXPLOITATION DE L'ISDND
COMMUNE DE GUELTAS (56)**

**ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE
ET HYDROGEOLOGIQUE
SELON LA NORME FD X30-438**

2023/06/E168/V1

Septembre 2023

SOMMAIRE

1	PRESENTATION DE L'ETUDE	1
1.1	PREAMBULE	1
1.1.1	<i>Présentation du projet</i>	1
1.1.2	<i>Situation</i>	1
1.2	CADRE REGLEMENTAIRE	4
1.3	OBJECTIF DE L'ETUDE ET PROBLEMATIQUES IDENTIFIEES	5
1.3.1	<i>Objectif de l'étude de qualification</i>	5
1.3.2	<i>Données géologiques d'ordre général : Le Massif Armoricaïn</i>	5
1.3.3	<i>Problématiques identifiées</i>	6
1.4	MOYENS D'ETUDE	7
1.4.1	<i>Contexte géologique et structural</i>	7
1.4.2	<i>Contexte hydrogéologique et usage des eaux</i>	7
1.4.3	<i>Contexte hydrologique</i>	8
1.4.4	<i>Etudes de projet</i>	8
2	ETUDE D'APTITUDE	9
2.1	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	10
2.1.1	<i>Cadre hydrologique régional</i>	10
2.1.2	<i>Le Bassin Versant de l'Evel – Belle Chère et géologie associée</i>	12
2.1.3	<i>SDAGE et SAGE</i>	13
2.1.4	<i>Espaces naturels sensibles</i>	14
2.2	RISQUES NATURELS	15
2.2.1	<i>Risque sismique</i>	15
2.2.2	<i>Aléas retrait-Gonflement des argiles</i>	16
2.2.3	<i>Glissements de terrain</i>	16
2.2.4	<i>Risque d'effondrement</i>	16
2.2.5	<i>Risque d'inondation</i>	16
2.2.6	<i>Synthèse sur les risques naturels</i>	17
2.3	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL	18
2.3.1	<i>Données géologiques d'ordre général</i>	18
2.3.2	<i>Contexte structural</i>	19
2.3.3	<i>Contexte géologique local</i>	22
2.3.4	<i>Lithostratigraphie locale</i>	25
2.3.5	<i>Synthèse sur l'aptitude géologique régionale</i>	26
2.4	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	27
2.4.1	<i>Données d'ordre général</i>	27
2.4.2	<i>Masse d'eau référencée</i>	28
2.4.3	<i>Captages AEP et autres usages des eaux souterraines</i>	29
2.4.4	<i>Synthèse sur l'aptitude hydrogéologique</i>	30
2.5	JUSTIFICATION DU CHOIX REGIONAL ET LOCAL DU SITE	31
2.5.1	<i>Contraintes régionales et locales prises en compte</i>	31
2.5.2	<i>Critères positifs d'aptitude régionale et locale</i>	32
2.5.3	<i>Conclusion sur l'aptitude régionale</i>	32

3	ETUDE DE QUALIFICATION	33
3.1	DONNEES HISTORIQUES EXISTANTES	33
3.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE	35
3.2.1	<i>Géophysique préliminaire</i>	35
3.2.2	<i>Nouveaux sondages réalisés en 2022</i>	46
3.2.3	<i>Données lithologiques</i>	48
3.2.4	<i>Illustrations : cartes et coupes géologiques du site</i>	53
3.2.5	<i>Perméabilité de la barrière passive</i>	58
3.2.6	<i>Conclusion géologique</i>	63
3.3	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	64
3.3.1	<i>Rappel des conclusions de l'étude d'aptitude et objectif de l'étude hydrogéologique locale</i>	64
3.3.2	<i>Données générales</i>	64
3.3.3	<i>Ouvrages référencés dans l'aire d'étude hydrogéologique</i>	65
3.3.4	<i>Investigations menées pour la présente étude</i>	67
3.3.5	<i>Premier niveau sous le site : Niveau de saturation des altérites du Briovérien</i>	67
3.3.6	<i>Caractéristiques hydrodynamiques des altérites</i>	72
3.3.7	<i>Qualité des eaux de saturation</i>	73
3.3.8	<i>Conclusion hydrogéologique (schéma hydrogéologique local)</i>	75
3.4	CONTEXTE HYDROLOGIQUE LOCAL	76
3.4.1	<i>Bassins versants à l'échelle locale</i>	76
3.4.2	<i>Hydrologie du site et point de rejet naturel</i>	78
4	PRECONISATIONS TECHNIQUES	80
4.1	QUALITE ET USAGE DES MATERIAUX	82
4.1.1	<i>Données historiques</i>	82
4.1.2	<i>Données nouvelles (2022)</i>	83
4.2	STRUCTURE DE LA BARRIERE PASSIVE DU SITE	85
4.2.1	<i>Rappel</i>	85
4.2.2	<i>Recommandations préalables</i>	87
4.2.3	<i>Etude d'équivalence de la barrière passive de la zone ISDND</i>	88
4.2.4	<i>Structure recommandée pour l'ISDND</i>	90
4.2.5	<i>Cas du bassin de lixiviats</i>	92
4.3	PRECONISATION DU DISPOSITIF DE DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES	93
4.3.1	<i>Principe de gestion</i>	93
4.3.2	<i>Altitudes mini et maxi préconisées de la tranchée drainante</i>	94
4.3.3	<i>Débits et volumes mis en jeu</i>	96
4.4	MESURES DE PROTECTION DE LA QUALITE DES EAUX	97
4.4.1	<i>Réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines pour la zone d'extension</i>	97
4.4.2	<i>Mode et point de rejet envisageables</i>	97
4.5	ETUDE DE STABILITE	98
4.5.1	<i>Stabilité au décaissement</i>	98
4.5.2	<i>Stabilité de la digue périmétrique</i>	100
4.5.3	<i>Stabilité du projet retenu en configuration site réaménagé</i>	100
5	CONCLUSION	102
5.1	ETUDE D'APTITUDE	102
5.2	ETUDE DE QUALIFICATION	104
5.2.1	<i>Qualification géologique du site</i>	104
5.2.2	<i>Qualification hydrogéologique du site</i>	105
5.3	PRECONISATIONS TECHNIQUES	106

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE (EXTRAIT IGN 1/200 000).....	2
FIGURE 2. LOCALISATION TOPOGRAPHIQUE.....	3
FIGURE 3. DOMAINES GEOLOGIQUES DU MASSIF ARMORICAIN.....	6
FIGURE 4. CARTE DES BASSINS VERSANTS DE BRETAGNE.....	10
FIGURE 5. BASSIN VERSANT DU BLAVET (SOURCE : SAGE DU BLAVET).....	11
FIGURE 6. CARTE GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE DU BASSIN VERSANT DE L'ÉVEL.....	12
FIGURE 7. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL AUX ALENTOURS DU SITE.....	15
FIGURE 8. CARTE PRESENTANT LES RISQUES D'INONDATION.....	17
FIGURE 9. CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL (BRGM).....	18
FIGURE 10. COUPE GEOLOGIQUE GENERALE EST-OUEST DU MASSIF ARMORICAIN.....	19
FIGURE 11. PLATES-FORMES D'ÉROSION A L'ÉCHELLE LOCALE (GUMIAUX, 2003).....	21
FIGURE 12. CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL.....	23
FIGURE 13. SCHEMA CONCEPTUEL DES AQUIFERES DE SOCLE (R.WYNS, 1998 ET 2004).....	24
FIGURE 14. LOG GEOLOGIQUE DE REFERENCE A L'ÉCHELLE LOCALE (03145X0007/F).....	24
FIGURE 15. ÉTENDUE DE LA MASSE D'EAU SOUTERRAINE N°195AC01 (SOURCE : BDLISA).....	28
FIGURE 16. LOCALISATION DES INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES REALISEES EN 2022.....	36
FIGURE 17. INTERPRETATION DES PANNEAUX ELECTRIQUES.....	39
FIGURE 18. EXEMPLES DE PANNEAUX ELECTRIQUES.....	40
FIGURE 19. CARTE ELECTROMAGNETIQUE A L'EM 31 (0-6 M).....	42
FIGURE 20. CARTE ELECTROMAGNETIQUE A L'EM 34 (0-15 M).....	44
FIGURE 21. CARTE ELECTROMAGNETIQUE A L'EM 34 (0-30 M).....	45
FIGURE 22. LOCALISATION DES NOUVEAUX SONDAGES.....	47
FIGURE 23. LOG GEOLOGIQUE SCHEMATIQUE DU SITE (2022, ZONE EXTENSION).....	52
FIGURE 24. CARTE DU TOIT DU SOCLE (HORIZON ROCHEUX).....	54
FIGURE 25. ÉPAISSEUR DES MATERIAUX DE COUVERTURE (EN METRES).....	55
FIGURE 26. COUPE GEOLOGIQUE DU SITE NORD-SUD.....	56
FIGURE 27. COUPE GEOLOGIQUE DU SITE OUEST-EST.....	57
FIGURE 28. CARTE DES POINTS D'EAU REFERENCES DANS L'AIRE D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE.....	66
FIGURE 29. ESQUISSE PIEZOMETRIQUE DU SITE.....	69
FIGURE 30. ESQUISSE PIEZOMETRIQUE DE LA ZONE D'EXTENSION.....	70
FIGURE 31. ÉPAISSEUR DE TERRAINS DESSATURES.....	71
FIGURE 32. BASSINS VERSANTS HYDROLOGIQUES.....	77
FIGURE 33. HYDROLOGIE DU SITE.....	79
FIGURE 34. ÉTENDUE DU PROJET RETENU PAR SUEZ (ZONE STOCKAGE).....	81
FIGURE 35. PRINCIPES D'AMENAGEMENT DE LA BARRIERE PASSIVE (AFNOR BP X 30-438).....	87
FIGURE 36. COUPE SCHEMATIQUE DE PRINCIPE DE LA TRANCHEE DRAINANTE.....	93
FIGURE 37. ALTITUDES DU FIL D'EAU DE LA TRANCHEE DRAINANTE ET FOND DE FORME ASSOCIE.....	95
FIGURE 38. PROFIL DE STABILITE AU DECAISSEMENT (TECHNOSOL).....	99
FIGURE 39. PROFIL DE STABILITE DE LA DIGUE PERIMETRIQUE MAXIMUM (TECHNOSOL).....	100
FIGURE 40. STABILITE VERS L'EXTERIEUR DU SITE REAMENAGE POUR LE PROJET RETENU PAR SUEZ.....	101

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. CLASSEMENT DE LA MASSE D'EAU SOUTERRAINE N°195AC01 (SOURCE : BDLISA).....	29
TABLEAU 2. DONNEES HYDRODYNAMIQUES DES AQUIFERES DE BRETAGNE (NOTICE 0314N)	29
TABLEAU 3. SONDAGES GEOLOGIQUES HISTORIQUES.....	34
TABLEAU 4. NOUVEAUX SONDAGES.....	46
TABLEAU 5. DONNEES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES.....	51
TABLEAU 6. ESSAIS DE PERMEABILITE ANTERIEURS (1993).....	60
TABLEAU 7. ESSAIS DE PERMEABILITE ANTERIEURS (CAMPAGNE BURGEAP DE 2006).	61
TABLEAU 8. ESSAIS DE PERMEABILITE 2022 (GEOTEC).	62
TABLEAU 9. VALEURS DE PERMEABILITES RETENUES.	62
TABLEAU 10. POINTS D'EAU REFERENCES.	65
TABLEAU 11. DONNEES TECHNIQUES DES NOUVEAUX PIEZOMETRES.	67
TABLEAU 12. RELEVES PIEZOMETRIQUES.	68
TABLEAU 13. CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES AU DROIT DES 5 NOUVEAUX PIEZOMETRES (ACG).	72
TABLEAU 14. QUALITE MOYENNE DES EAUX DE LA NAPPE.	74
TABLEAU 15. RECAPITULATIF DES VALEURS DES ESSAIS EN LABORATOIRE (FAIRTEC, 2006).	83
TABLEAU 16. RECAPITULATIF DES VALEURS DES ESSAIS EN LABORATOIRE (GEOTEC, 2022).	84
TABLEAU 17. CALCULS D'EQUIVALENCE DE LA BARRIERE PASSIVE EN FOND DE L'ISDND.	90
TABLEAU 18. CALCULS D'EQUIVALENCE DE LA BARRIERE PASSIVE DU BASSIN DE LIXIVIAT.....	92

LISTE DES PLANCHES PHOTOS

PLANCHE PHOTO 1. FACIES LITHOLOGIQUES RENCONTRES EN SONDAGES.	50
PLANCHE PHOTO 2. SATURATION DES TERRAINS.....	72

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1. Données bibliographiques sur le contexte environnemental**
- Annexe 2. Données bibliographiques sur les risques naturels**
- Annexe 3. Données AEP**
Périmètres de protection des captages AEP (ARS)
- Annexe 4. Prospection géophysique**
ACG Environnement, décembre 2022
- Annexe 5. Données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques historiques**
SOPENA (1992) ; F.D. Conseil (1994) BURGEAP (2006), BRGM (BSS), Fairtec (2006)
- Annexe 6. Données géologiques et géotechniques nouvelles réalisées pour la présente étude**
Géotec, (2022)
- Annexe 7. Levés géologiques réalisés par ACG Environnement**
Fouilles à la pelle et sondage carotté
- Annexe 8. Qualité des eaux 2022 souterraines et caractéristiques hydrodynamiques**
ACG Environnement 2022 ; CID Environnement 2022
- Annexe 9. Calculs d'équivalence de la barrière passive**
ACG Environnement 2022
- Annexe 10. Etude de stabilité**
Technosol 2023

1

Présentation de l'étude

1.1 Préambule

1.1.1 Présentation du projet

La société SUEZ RV OUEST exploite un Ecopôle sur la commune de Gueltas (56) qui comprend, notamment, une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND).

SUEZ RV OUEST envisage la poursuite de l'ISDND nommée « GUELTAS 2 » sur des parcelles limitrophes localisées au Sud-Ouest du site actuelle.

S'agissant d'une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise à autorisation, ce projet fait l'objet d'un DDAE comprenant une étude d'impact parmi laquelle on retrouve un volet géologique et hydrogéologique. Ce volet technique est plus spécifiquement détaillé dans l'étude de qualification géologique, hydrogéologique, objet du présent dossier réalisé par ACG ENVIRONNEMENT.

L'étude de qualification géologique et hydrogéologique suit les recommandations du « *Guide de bonnes pratiques pour les caractérisations géologiques, hydrogéologiques et géotechniques* » de l'AFNOR (FD X30-438) de juillet 2017.

La zone d'études couvre une surface totale d'environ 55 ha au sein de laquelle la future zone de stockage sera implantée (de l'ordre de 20 ha).

1.1.2 Situation

Le projet de poursuite d'activité est localisé sur la commune de Gueltas dans le département du Morbihan (56) à une douzaine de kilomètres à l'Est de Pontivy et à environ 11 km au Sud-Ouest de Loudéac (voir figure 1 en page suivante).

La zone pressentie est située à près de 2 kilomètres au Sud-Est de Gueltas en limite du territoire communal (voir figure 2, en page 3).

Depuis Pontivy, on y accède en empruntant la RD768 et puis la RD 125. La zone d'étude se trouve au sud de la forêt de Branguily, et au nord, nord-ouest, du parc éolien Gueltas Noyal-Pontivy.

La zone de poursuite d'activité pressentie viendrait en continuité occidentale de l'installation actuelle sur une superficie de l'ordre de 20 ha.

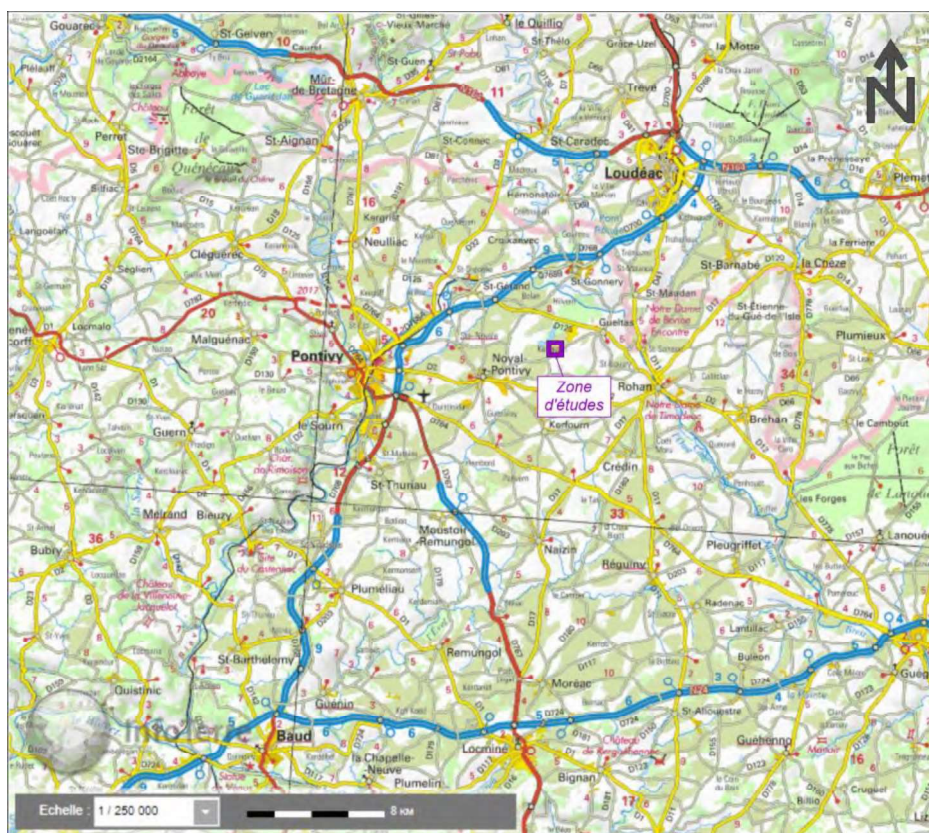


Figure 1. Localisation géographique (extrait IGN 1/200 000).

Le site s'inscrit au cœur du Massif armoricain, ancienne chaîne de montagne datant du Primaire dont les formations ont été déformées puis altérées au cours des temps géologiques. Le relief montagneux initial a été intensément érodé et pénéplané. Ainsi, la topographie de la région est caractérisée par un paysage de collines et de vallées douces.

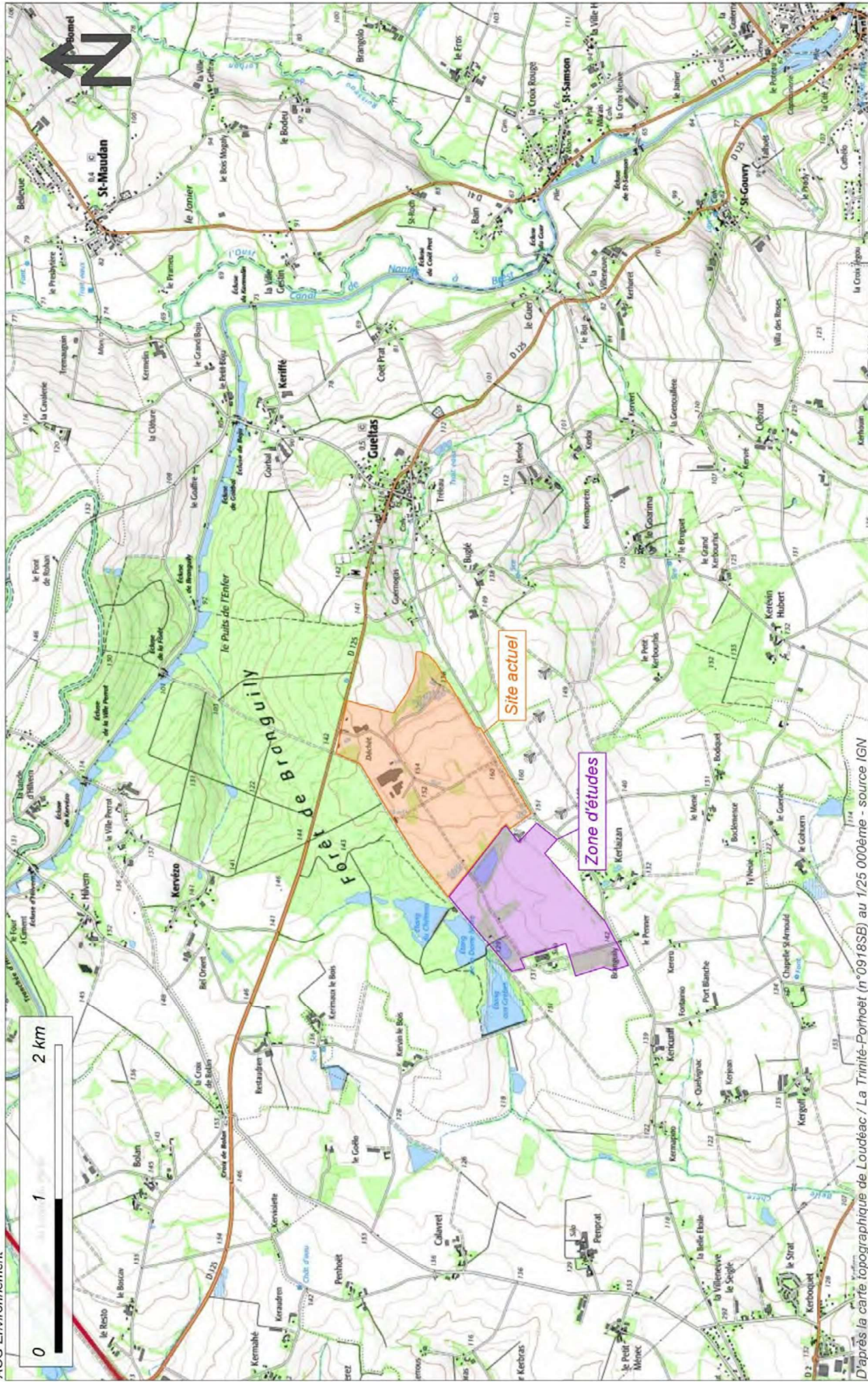
Plus précisément, le site est localisé en domaine collinaire dédié à l'agriculture. Le projet est situé à proximité de la crête topographique locale (160 m NGF). En aval, la vallée (TN < 125 m NGF) se caractérise par la présence de nombreux étangs anthropiques.

Les coordonnées topographiques au centre du site, rapportées au système géodésique français (Lambert 93, NGF) sont :

$$X = 266\ 250$$

$$Y = 6\ 792\ 100$$

$$Z = 140\ \text{m NGF}$$



D'après la carte topographique de Loudéac / La Trinité-Porhoët (n°0918SB) au 1/25 000ème - source IGN



Projet de poursuite d'exploitation de l'ISDND de Gueltas (56)

ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Figure 2. Localisation topographique

1.2 Cadre réglementaire

Une ISDND est soumise à l'arrêté ministériel du 15 février 2016 (remplaçant l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié). Ce texte réglementaire définit notamment les valeurs des coefficients de perméabilité et les épaisseurs minimales des formations géologiques recevant les installations de stockage, critères sur lesquels reposent les fondements de la notion de barrière de sécurité passive. Cet arrêté précise que : « *L'installation est implantée sur des terrains au contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique favorable. Le sous-sol de la zone à exploiter constitue une barrière de sécurité passive qui ne doit pas être sollicitée pendant l'exploitation et permet d'assurer à long terme la prévention de la pollution des sols, des eaux souterraines et de surface par les déchets et les lixiviats.* »

La structure de la barrière passive est différente selon les activités projetées.

L'article 8 de cet arrêté stipule que : « *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 »*

Le second alinéa stipule que : « *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.* »

Dans le cas où le milieu géologique ne satisfait pas naturellement aux règles stipulées par l'arrêté, la réglementation offre la possibilité de mesures compensatoires en introduisant la notion de « *niveau de protection équivalent* ». Selon le guide de recommandations pour l'évaluation de « *l'équivalence* » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, version 2 du MEEDDAT de février 2009 : « *Deux barrières d'étanchéité passives 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* ».

En ce qui concerne le contexte hydrologique, la réglementation précise que : « *les risques d'inondation sur le site doivent être pris en compte* » et imposent une gestion des eaux de ruissellement extérieures (événement pluvieux de fréquence décennale *a minima*), intérieures au site, et si nécessaire, des eaux souterraines « *permettant une décantation et un contrôle de leur qualité* », avant rejet dans le milieu naturel.

Enfin, la conception et le dimensionnement de l'installation de stockage doivent intégrer les spécificités géotechniques du site : « *les risques d'inondation, d'affaissement, de glissements de terrain ou d'avalanches sur le site doivent être pris en compte* » et que « *la hauteur de déchets dans un casier doit être déterminée de façon à ne pas dépasser la limite de stabilité des digues.* »

1.3 Objectif de l'étude et problématiques identifiées

1.3.1 Objectif de l'étude de qualification

L'objectif de l'étude de qualification est de dimensionner le projet de stockage en fonction des contraintes induites par le contexte géologique et hydrogéologique local et en respect des exigences réglementaires.

Pour ce faire, il est nécessaire de réaliser une étude itérative allant du général au particulier en réponse aux recommandations « normatives » (Guide des Bonnes pratiques, norme FD X 30-438) qui régissent les règles de l'art en termes de moyens d'études (phasage et justification des moyens techniques à mettre en œuvre).

Les arguments apportés et la façon de les amener sont capitaux pour la conformité de l'étude. Le document final est autant un rapport technique qu'un outil de communication et de vulgarisation. Il est réalisé conformément à l'annexe III de l'A.M. du 18/12/1992 pour son principe d'études établies par étapes successives. Il justifiera :

- **Phase 1 dite « d'aptitude »** (échelle régionale et locale) qui justifie du positionnement du site dans son contexte géologique et hydrogéologique ;
- **Phase 2 dite « étude de qualification »** : c'est à ce stade que sont analysées toutes les données locales existantes et que sont réalisées, au besoin, les investigations lourdes de terrain (sondage carotté, piézomètres, essais de perméabilité ...);
- **Phase 3 dite étude « de faisabilité de projet »**. Elle concerne les préconisations de dimensionnement du projet (altitude et structure de la BP, stabilité, gestion des eaux, usage des matériaux, etc...).

A chacune des phases d'études, c'est l'analyse des données existantes qui permet de justifier du programme de reconnaissances nécessaire et suffisant pour la phase suivante et ce, en fonction de la sensibilité locale.

Chacune des parties de l'étude fait l'objet de conclusions intermédiaires et de résumés faisant ressortir les données pertinentes et importantes. L'étude a une conclusion générale qui reprend les grandes lignes de l'étude.

1.3.2 Données géologiques d'ordre général : Le Massif Armoricaïn

Ce préambule a pour objet de présenter les grands traits du contexte géologique et hydrogéologique régional afin d'appréhender les problématiques induites à l'échelle du projet.

La [figure 3](#) en page suivante représente l'esquisse géologique schématique du Massif Armoricaïn. Elle permet de replacer le secteur d'études dans son contexte général.

Le Massif Armoricaïn est usuellement divisé en 9 secteurs (cf. les différentes couleurs de la carte) selon la nature des roches qui les composent et les structures tectoniques qui les limitent (grands cisaillements (failles) en traits noirs dans la figure). Il existe, 3 grands cisaillements (Le cisaillement Nord Armoricaïn CNA, le cisaillement Sud Armoricaïn CSA qui se divise en 2 au sud-Bretagne).

Les formations s'étendent grossièrement selon la structuration régionale c'est à dire selon un axe NW/SE souligné par les cisaillements.

Ainsi, le site s'inscrit au cœur du **Domaine Varisque de Bretagne centrale** (Zone en orange au centre de la figure). Le domaine est constitué par d'anciennes roches sédimentaires déformées et peu ou pas métamorphisées (= **schistes**) **datant du Briovérien**. Il est limité au nord et au sud respectivement par le CNA et par le CSA.

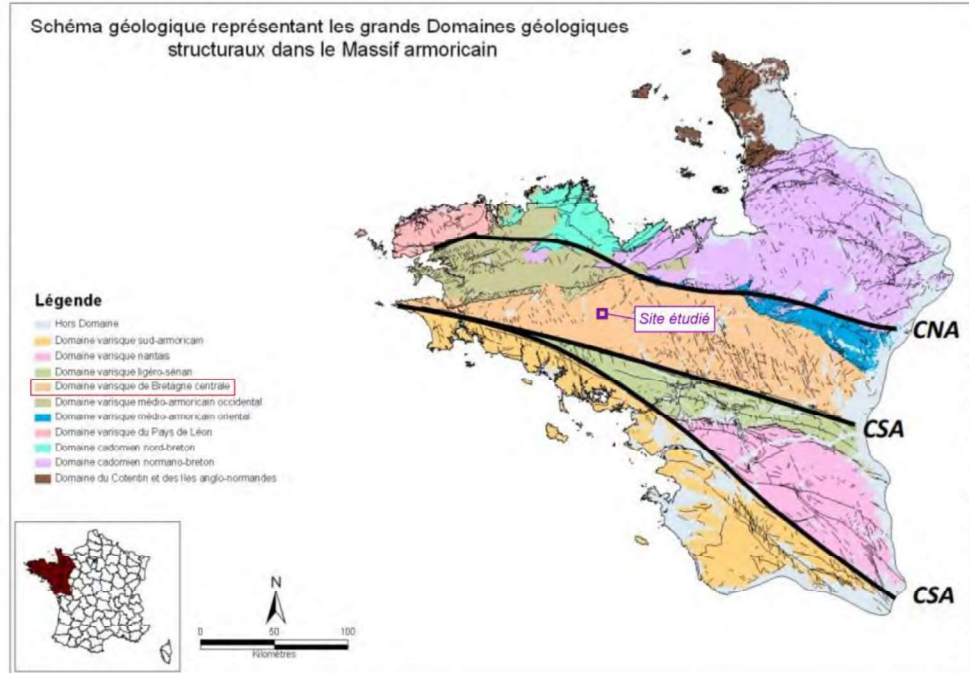


Figure 3. Domaines géologiques du Massif Armoricain.

D'un point de vue géologique, les schistes du Briovérien (formations d'origine détritico sédimentaire peu métamorphisées et très anciennes) ont subi une altération naturelle au cours des temps géologiques. On retrouve, ainsi, aujourd'hui à l'affleurement, une épaisse couche d'altération intrinsèquement de nature sablo-argileuse en rapport avec le substratum (roche saine non altérée) que l'on retrouve uniquement à forte profondeur. L'altération naturelle a eu pour effet induit de « masquer » la morphologie tectonique (failles).

D'un point de vue hydrogéologique, ces « altérites » (horizons d'altérations) sont par nature très peu perméables (car argilisées) donc intrinsèquement saturées en eau dès lors qu'il n'existe pas de « drain » permettant de désaturer les formations (pente topographique forte et/ou faille...ou drainage agricole...).

1.3.3 Problématiques identifiées

Compte tenu du contexte général présenté dans le paragraphe ci-avant, il existe 2 grandes problématiques qui contraignent le projet de poursuite d'activité de l'ISDND :

- **Problématique 1 dite géologique et structurale** : La barrière de sécurité passive (notion de base du domaine qui représente les couches d'imperméabilité et d'atténuation réglementaires en fond d'une ISDND) doit présenter une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s sur 1 m (couche imperméable) et inférieure à 1.10^{-6} m/s sur 5 m (couche d'atténuation, cf. § 1.3 Cadre réglementaire, page 4).

Les formations locales anciennes qui ont été fortement déformées et altérées présentent vraisemblablement ces gammes de perméabilité (couche d'atténuation à $K < 10^{-6}$ m/s). Cependant, il conviendra :

- De s'assurer de l'homogénéité et de la continuité de la couche d'atténuation ;
 - De reconstituer vraisemblablement le mètre supérieur de la barrière passive (couche imperméable) afin de satisfaire à la réglementation.
- **Problématique 2 hydrogéologique** : Les formations altérées, bien que très peu perméables, sont naturellement saturées en eau à faible profondeur du fait de l'absence de pente topographique suffisante pour drainer les eaux. Ces « eaux souterraines » peu circulantes ne sont pas représentatives d'une nappe au sens hydrogéologique du terme (écoulements lents et presque imperceptibles). Néanmoins, le niveau d'eau contraint l'altitude du fond de forme et nécessite, la plupart du temps, un détournement et un drainage des eaux.

Ces deux problématiques sont bien connues car déjà étudiées sur le site actuel.

1.4 Moyens d'étude

Pour chacun des contextes caractérisant le site, les moyens d'études sont exposés ci-après.

1.4.1 Contexte géologique et structural

- Analyse de la succession des couches géologiques, du contexte tectonique et structural régional, par la synthèse bibliographique de toutes les données disponibles et notamment celles de la banque de données du sous-sol (BSS) validées par le BRGM et les données historiques du site ;
- Visite de site et reconnaissance des terrains alentours pour comprendre la géologie locale (affleurements, vallées sèches, indices de fracturation...);
- Géophysique préliminaire (panneaux électriques, campagnes d'électromagnétisme EM31 et EM34) afin d'appréhender l'homogénéité des formations géologiques et la structurale locale dans un contexte de sédiments remaniés ;
- Réalisation d'un sondage carotté de référence au point haut du site afin de définir précisément la nature et l'épaisseur des formations notamment celles qui constitueront la barrière passive naturelle en place ;
- Fouilles à la pelle mécanique pour affiner le maillage de reconnaissance sur site et prélever les matériaux pour classification au laboratoire ;
- Réalisation de sondages en mode destructif pour essais de perméabilité in situ afin de quantifier le degré de perméabilité des horizons à même de former la barrière passive naturelle en place.

1.4.2 Contexte hydrogéologique et usage des eaux

- Synthèse des données bibliographiques pertinentes (ADES, atlas hydrogéologique, cartes hydrogéologiques, rapports des hydrogéologues agréés, reprises des données d'exploitation en cours) ;

- Etude des usages de l'eau à partir des données issues de l'ARS ;
- Réalisation de 5 piézomètres complémentaires ;
- Mesures périodiques du niveau statique (sonde manuelle) ;
- Identification de venues d'eau potentielles en fouille à la pelle hydraulique ;
- Dépouillage d'essais de pompages pour le calcul de la transmissivité et de la perméabilité dans les différents piézomètres du site, et pour affiner le schéma hydrogéologique local ;
- Conception du modèle hydrogéologique du site avec notamment la définition du sens d'écoulement des eaux souterraines et les plus hautes eaux envisageables.

1.4.3 Contexte hydrologique

- Synthèse des éléments bibliographiques, définition des sous-bassins hydrographiques et étude des talwegs et des fossés aux environs du site ;
- Vulnérabilité des eaux de surface.

1.4.4 Etudes de projet

- Définition de l'altitude et de la structure de la barrière passive reconstituée ;
- Etude de stabilité ;
- Principe de détournement des venues d'eaux ;
- Définition du point et du mode de rejet des eaux ;
- Préconisation du contrôle piézométrique réglementaire.

2

ETUDE D'APTITUDE

Conformément au fascicule AFNOR FD X 30-438 « *Guide de bonnes pratiques pour les caractérisations géologiques, hydrogéologiques et géotechniques* », l'étude d'aptitude, principalement à l'échelle régionale, a pour but d'expliquer la démarche de caractérisation de site, de le replacer dans son environnement afin de justifier de la localisation du site en précisant les points positifs et contraignants. Cette étude doit en particulier mettre en évidence l'aspect non dangereux du projet sur la ressource AEP potentiellement présente.

La définition des contextes régionaux est issue de la synthèse bibliographique des données régionales et locales.

Cette analyse fait apparaître deux catégories de critères :

- Les critères positifs permettant de confirmer l'aptitude du site à accueillir une ISDND ;
- Les critères contraignants pour lesquels des mesures compensatoires doivent être proposées.

2.1 Contexte environnemental

L'état initial environnemental local est décrit succinctement afin de fixer les grandes contraintes à prendre en compte, au préalable à tout projet, pouvant modifier le paysage, le milieu végétal, les eaux de surface... Les éléments repris ci-après sont abordés afin de replacer le site dans son contexte et d'aider à mieux appréhender les contextes géologique et hydrogéologique.

Se référer à l'annexe 1 pour l'illustration du contexte environnemental.

2.1.1 Cadre hydrologique régional

Les grands bassins versants hydrographiques de la Bretagne sont présentés dans la figure 4 ci-dessous (carte issue BD Carthage).

Le site est localisé dans le grand bassin versant hydrographique du Blavet, fleuve côtier français qui coule dans les départements des Côtes-d'Armor et du Morbihan et se jette dans l'océan Atlantique près de Lorient.

Le secteur d'études est, à l'échelle régionale, en tête du bassin versant du Blavet et à proximité de celui de L'Oust plus à l'Est (affluent de la Vilaine).

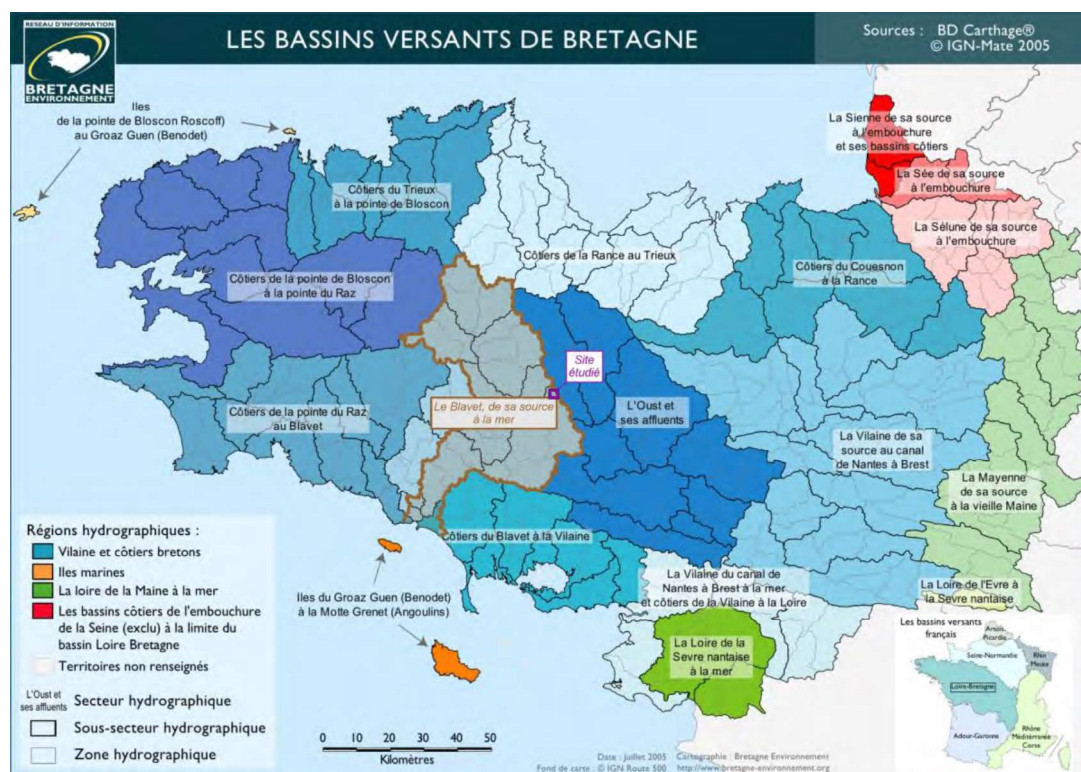


Figure 4. Carte des bassins versants de Bretagne.

La zone d'études est plus précisément implantée dans le sous-bassin versant de l'Evel, affluent en rive gauche du Blavet comme illustré dans la figure 5 ci-dessous via le ruisseau de la Belle Chère (affluent de l'Evel).

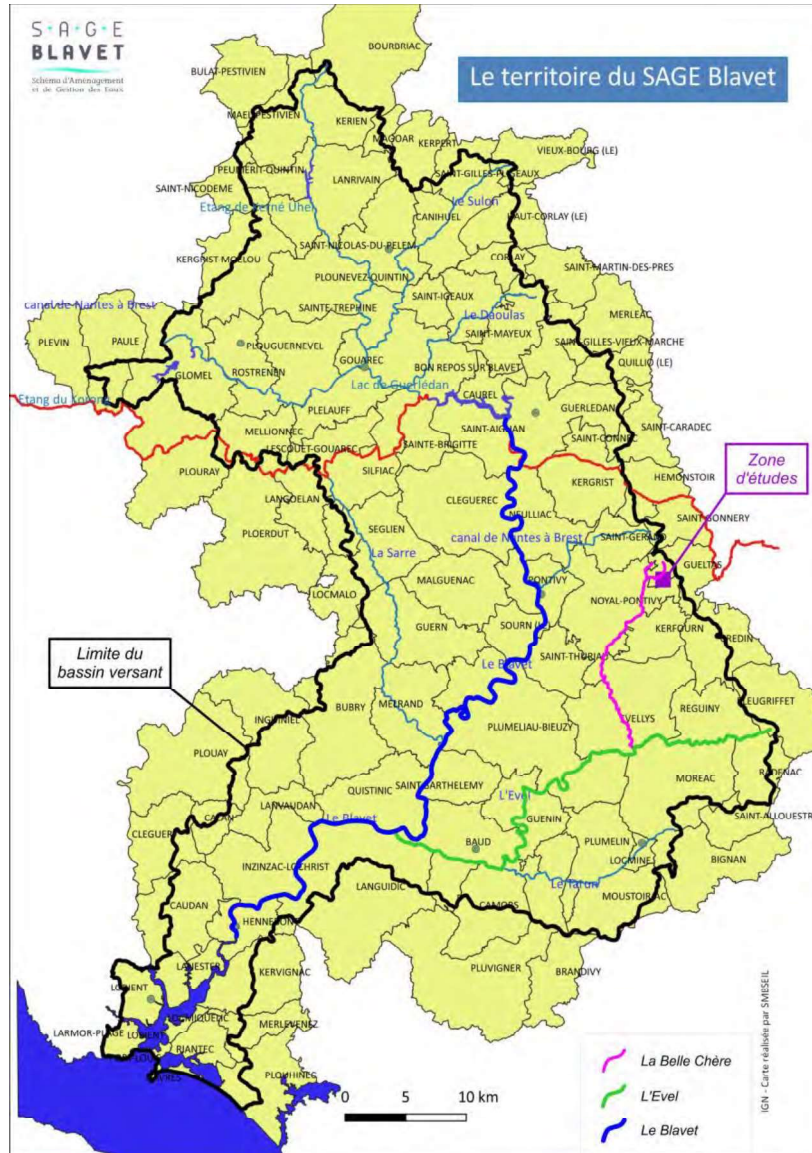


Figure 5. Bassin versant du Blavet (source : SAGE du Blavet).

2.1.2 Le Bassin Versant de l'Evel – Belle Chère et géologie associée

Le zone d'étude est localisée dans le bassin versant de l'Evel, affluent en rive gauche du Blavet (voir figure 5 en page précédente) et plus spécifiquement dans le sous-bassin versant de la Belle Cher, affluent principal de l'Evel.

L'Evel (longueur de 56 km) prend sa source près de Radenac au nord du pour se jeter dans le Blavet à Baud (au sud).

Son bassin versant est situé principalement dans le Domaine Varisque de Bretagne Centrale, composé ici des schistes du Briovérien comme illustré dans la figure 6 ci-dessous représentant schématiquement les principales formations géologiques à l'affleurement dans son bassin versant.

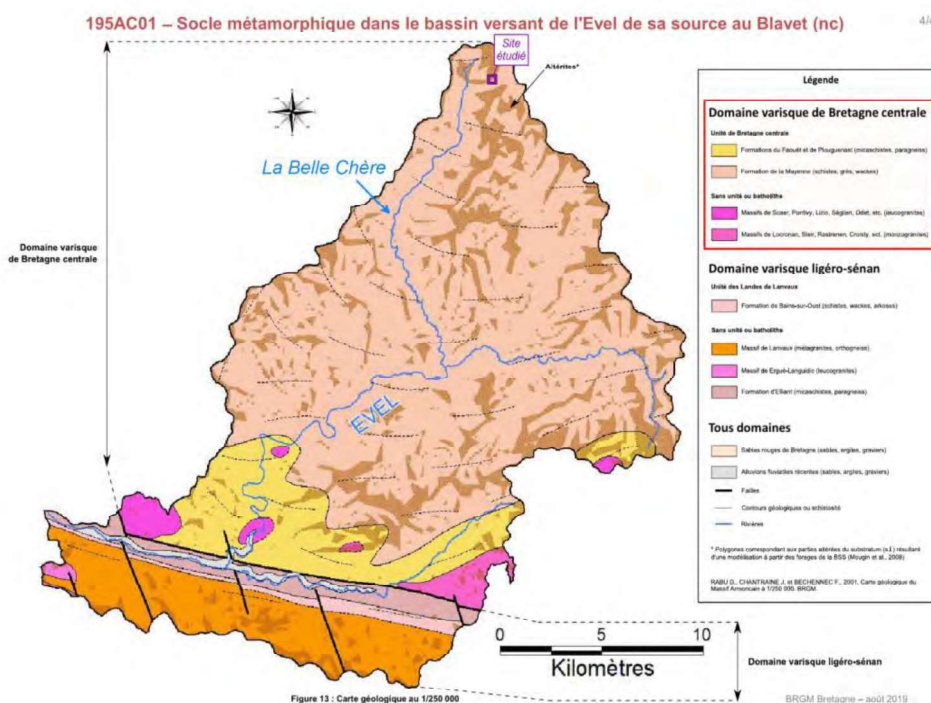


Figure 6. Carte géologique schématique du bassin versant de l'Evel.

Ces formations schisteuses sont les mêmes que celles que l'on retrouve plus à l'Est en Mayenne et où elles ont été décrites (extension des formations du NW vers le SW) raison pour laquelle elles sont nommées au droit du site « Schistes de la Mayenne ».

La figure mentionne également la présence des altérites en couverture (en marron sur la figure).

Le projet est localisé en tête du bassin versant de la Belle Cher non loin des crêtes topographiques limitant le bassin versant (ligne de partage des eaux).

2.1.3 SDAGE et SAGE

2.1.3.1 SDAGE Loire Bretagne

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un document de planification institué par la loi sur l'eau de 1992. Son contenu est défini par les articles L212-1 et 2 du code de l'environnement.

Le SDAGE est élaboré pour un grand bassin hydrographique (Loire-Bretagne, Seine-Normandie, Rhône-Méditerranée-Corse, Artois-Picardie, Adour-Garonne, Rhin-Meuse...). Il fixe les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau. Le site est inclus dans le SDAGE Loire-Bretagne.

Le SDAGE définit notamment les objectifs de qualité à atteindre pour les différents types d'eau (consommation humaine, pisciculture, agriculture...) pour les eaux superficielles et souterraines, le but étant la préservation de la ressource.

Le SDAGE planifie la gestion des ressources de l'eau dans le but de stopper toute dégradation de la qualité des eaux et de reconquérir un bon état de toutes les eaux. Il vise une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau qui permette de satisfaire ou concilier les exigences :

- De la vie biologique des milieux aquatiques.
- Du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations.
- Des activités humaines, économiques et de loisirs.

Pour répondre aux questions importantes pour l'eau identifiées en 2018, le projet de SDAGE Loire Bretagne 2022-2027 comporte 14 chapitres organisés sous forme d'orientations et, pour tendre vers ces objectifs, des dispositions précises à portée juridique :

1. Repenser les aménagements de cours d'eau ;
2. Réduire les pollutions par les nitrates ;
3. Réduire la pollution organique et bactériologique ;
4. Maîtriser la pollution par les pesticides ;
5. Maîtriser les pollutions dues aux micropolluants ;
6. Protéger la santé en protégeant la ressource en eau ;
7. Maîtriser les prélèvements d'eau ;
8. Préserver les zones humides ;
9. Préserver la biodiversité aquatique ;
10. Préserver le littoral ;
11. Préserver les têtes de bassin versant ;
12. Faciliter la gouvernance locale ;
13. Mettre en place des outils réglementaires et financiers ;
14. Informer, sensibiliser, favoriser les échanges.

Le SDAGE fixe pour chaque cours d'eau, plan d'eau, nappe souterraine ou secteur du littoral un niveau d'ambition pour l'état des eaux et un délai. Il fixe également des objectifs de quantité pour les nappes et les cours d'eau les plus sollicités.

L'objectif d'état global pour le Blavet est le maintien de son bon état pour l'horizon 2027.

2.1.3.2 SAGE

Le site est inclus dans le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Blavet, déclinaison locale du SDAGE et en limite du SAGE de la Vilaine (plus à l'Est).

Le SAGE du Blavet se construit autour de 4 enjeux définis pour une bonne gestion de l'eau et des milieux aquatiques :

1. *"Co-construction d'un développement durable pour une gestion équilibrée de la ressource en eau" au travers de 3 thèmes : eau et urbanisme, eau et agriculture et eau et développement économique ;*
2. *"Restauration de la qualité de l'eau" par la réduction des pollutions liées à l'azote, au phosphore, aux pesticides et à la bactériologie ;*
3. *"Protection et restauration des milieux aquatiques" visant la protection, la gestion et la restauration des zones humides ainsi que des cours d'eau en bon état ;*
4. *"Gestion quantitative optimale de la ressource" au travers de la protection contre les inondations, de la gestion de l'étiage et du partage de la ressource.*

Une ISDND est une ICPE soumise à autorisation dont les aménagements interdisent toute pollution sous le site (barrières de sécurité passive et actives et pompage des lixiviats). De même, le rejet des eaux à l'aval sont réglementés avec des exigences rigoureuses en termes de qualité (définis dans l'AM afférant). Les aménagements (zone de stockage et activités connexes comme les bassins) seront nécessairement implantés en dehors des zones humides. Ainsi, le projet répondra aux enjeux du SAGE.

2.1.4 Espaces naturels sensibles

Le site, en domaine collinaire, n'est pas situé sur une zone environnementale sensible. Notamment, dans un rayon de 10 km autour du site, il n'y a pas :

- De zones NATURA 2000 ;
- De Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) ;
- De Zone de Protection Spéciale (ZPS) ;
- De Réserves Naturelles Nationales (RNN), ni Réserves Naturelles Régionales (RNR) ;
- D'Appellation d'origine contrôlée ;
- D'Arrêté de Protection de Biotope (APB).

La zone Natura 2000 la plus proche est située à près de 16 km l'ouest et concerne la Rivière Scorff, la Forêt de Pont Calleck et la Rivière Sarre (FR5300026), donc sans relation possible avec le projet.

On note seulement la présence d'une ZNIEFF de type 1 (le bois et étang de Branguily en bordure Nord-Ouest du site, n° 530030164, voir figure 7 en page suivante) qui n'induit pas de contraintes spécifiques (zone d'inventaire).

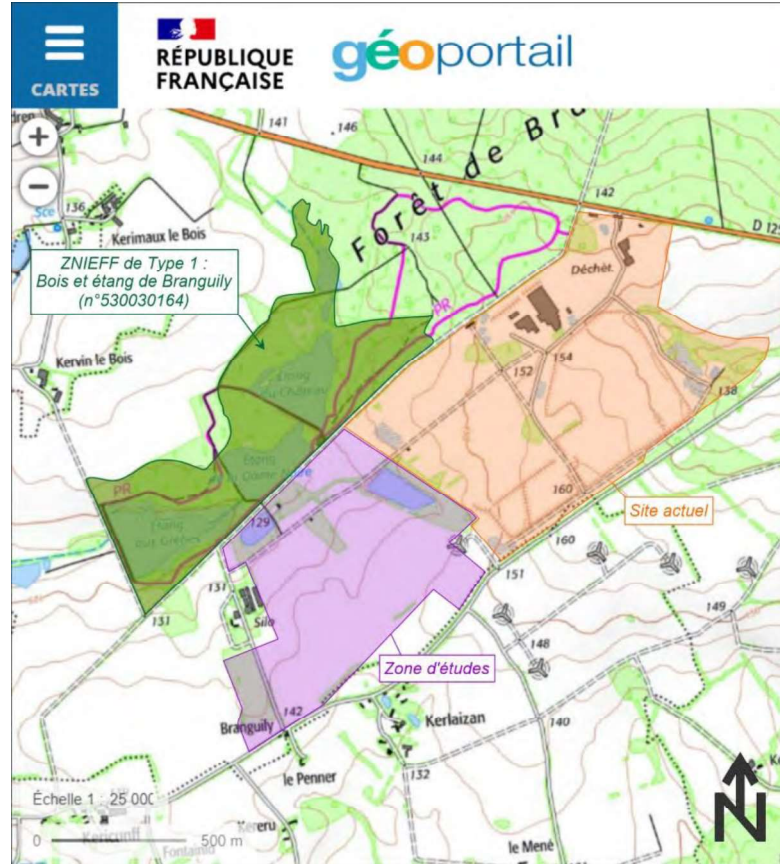


Figure 7. Contexte environnemental aux alentours du site.

2.2 Risques naturels

Se référer à l'annexe 2 pour l'illustration des risques naturels.

2.2.1 Risque sismique

La France est découpée en 5 zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Le classement est fonction des aléas sismiques allant de zones de sismicité 1 (très faible) ne nécessitant pas de prescriptions parasismiques à sismicité 5 (forte) nécessitant l'application de règles de construction parasismiques.

Les communes sont classées suivant ces 5 zones de sismicité en application du décret n°2010-1255 du 22 Octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français. La commune de Gueltas, en particulier, est classée en zone 2 (sismicité faible).

Il n'y a donc aucune prescription spécifique relative aux séismes à prévoir pour le projet.

2.2.2 Aléas retrait-Gonflement des argiles

L'aléa retrait-gonflement des argiles est défini sur le site Infoterre du BRGM. Une cartographie de l'aléa est présentée et permet de définir le risque (fort pour les argiles plastiques à nulle pour le socle cristallin ou les horizons calcaires du Jurassique et nul pour les formations sablo-graveleuses).

Au niveau de la zone étudiée, aucune donnée n'existe concernant **le risque, il est inexistant. En proximité du site, d'autres zones sont notées à risque faible.**

Il n'y a pas de risque de retrait-gonflement des argiles au niveau du site étudié.

2.2.3 Glissements de terrain

Aucun glissement, éboulement ou coulée ne sont référencés sur la commune de Gueltas sur Géorisques du fait de la pente topographique relativement faible de la région.

Dans le cadre du projet de reprise de la carrière en ISDND, des études de stabilités seront menées afin de se prémunir de tout risque de glissement de la zone de stockage à long terme.

Le glissement le plus proche référencé est localisé sur la commune de Pontivy à 10 km à l'Ouest du site (n° 10600159). La cause de ce mouvement de terrain est une surcharge et un événement pluvieux ce qui a causé l'effondrement du mur d'un château.

2.2.4 Risque d'effondrement

Un effondrement peut avoir lieu en cas de présence d'une cavité souterraine. Les roches favorisant la formation de cavités souterraines sont généralement des roches calcaires (sujette à la dissolution par les eaux de pluies acides) qui forment des réseaux karstiques dans le sous-sol.

Les formations dite site (schistes altérés du Briovérien) ne sont pas sujette à ce risque.

Ainsi, il n'existe aucune cavité sous la zone d'étude. La cavité la plus proche référencée se situe à 3,5 km au Sud-Est et porte le numéro « BREAW0020929 ». Elle correspond à un ouvrage civil.

Aucune cavité d'origine naturelle n'a été référencée dans la région.

2.2.5 Risque d'inondation

La commune de Gueltas est soumise à un PPRI qui d'étend uniquement pour la vallée de l'Oust qui passe à l'Est de la commune. Le site, à l'Ouest du territoire communal appartient au bassin versant de l'Evel qui n'est pas inclus dans un PPRI.

Le BRGM a réalisé une cartographie générale des zones inondables par remontées de nappes dont un extrait est présenté en [figure 8](#) en [page suivante](#). Ainsi, en domaine de vallée, comme c'est le cas en aval du site, il pourrait exister un risque d'inondation que le BRGM qualifie de « remontée de nappes », tel qu'illustré très schématiquement.

Cette carte est à pondérer car la taille de la maille unitaire ne permet pas de définir précisément la limite des zones soumises à l'aléas. Cela étant dit, l'ensemble des eaux pouvant impacter une ISDND sont gérées. Notamment, le dimensionnement du projet (implantation géographique, altitude du fond de forme) prendra en compte le niveau des eaux souterraines et sera dimensionné pour ne pas que la barrière passive soit sollicitée (définition de la cote du fond de forme en fonction des plus hautes eaux souterraines définies sur site).

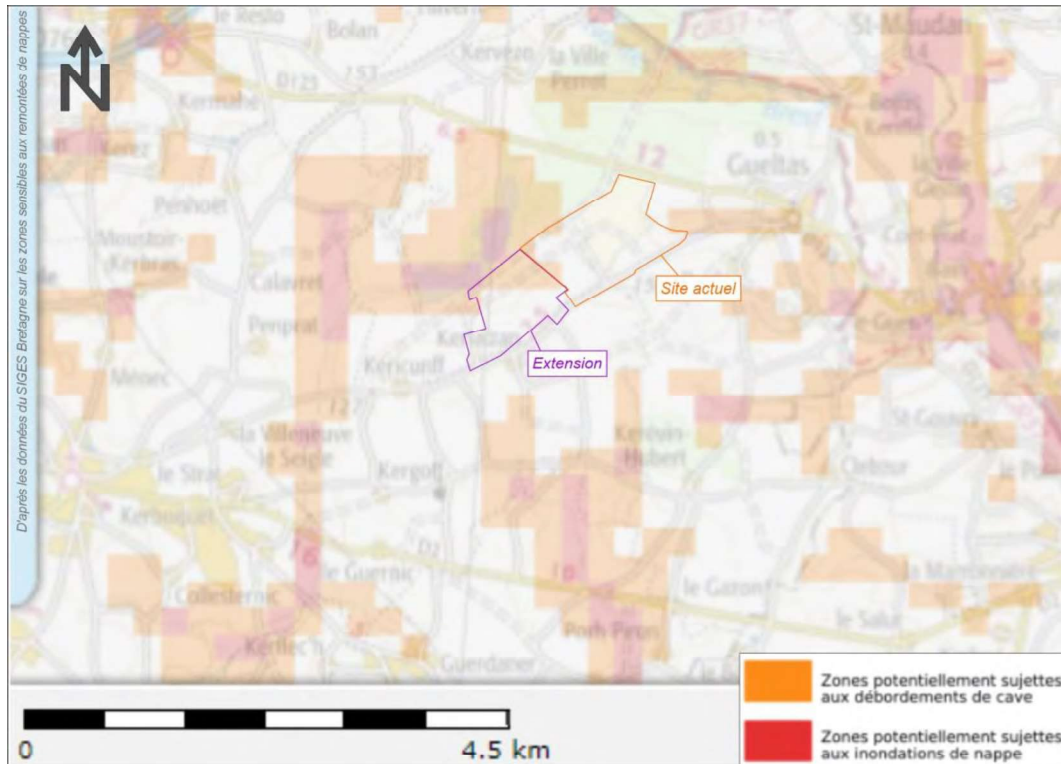


Figure 8. Carte présentant les risques d'inondation.

Il conviendra d'être vigilant quant au rejet des eaux en aval du site (zone potentiellement inondable).

2.2.6 Synthèse sur les risques naturels

Il n'existe pas de risque naturel impactant le projet. Il conviendra d'être attentif au niveau des plus hautes eaux des eaux souterraines (risque de remontée de nappe référencée en aval du site selon le BRGM). Notamment, le dimensionnement du projet (implantation géographique, altitude du fond de forme) prendra en compte le niveau des eaux souterraines et devra être dimensionné pour ne pas que la barrière passive soit sollicitée (définition de la cote du fond de forme en fonction des plus hautes eaux souterraines définies sur site).

2.3 Contexte géologique et structural

Les données géologiques régionales relatives au Massif Armoricaïn sont reprises principalement de la notice de la carte géologique de Loudéac (0314N) à 1/50 000ème (BRGM) et des données issues du SIGES Bretagne.

2.3.1 Données géologiques d'ordre général

Comme présenté dans le contexte régional (§ 1.3.2 en page 5), le site appartient au Domaine Varisque de Bretagne centrale.

La chaîne de montagne originelle s'est formée par deux orogénèses successives : L'orogénèse « cadomienne » et l'orogénèse « hercynienne ou varisque ». Les mouvements tectoniques associés ont provoqué une compression d'orientation NE/SW induisant un redressement des couches en NW/SE caractéristiques du Massif Armoricaïn (déformations d' « orientation varisque ») et une métamorphisation des roches originelles (liées à la compression).

Les formations appartenant au Domaine Varisque de Bretagne centrale sont essentiellement constituées de roches sédimentaires déformées en schistes peu à pas métamorphiques. Ils représentent **les dépôts les plus anciens de la région** (ils datent du Protérozoïque supérieur soit **570 millions d'années**) et proviennent de l'érosion de la chaîne cadomienne originelle située plus au Nord (d'après les données consultées sur le SIGES de Bretagne).

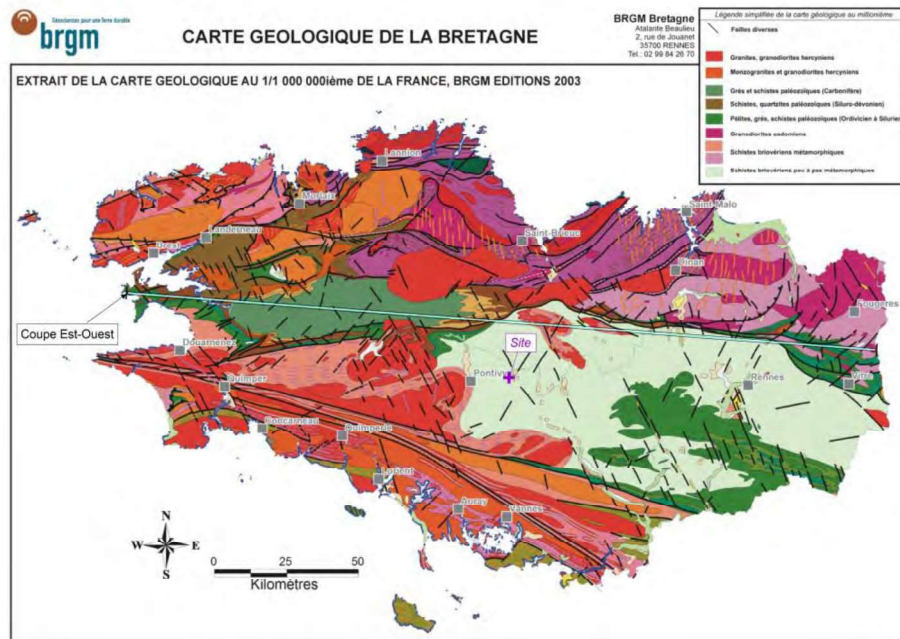


Figure 9. Contexte géologique général (BRGM).

Ainsi, les schistes du Briovérien ont subi plusieurs événements de déformation et de remaniement depuis l'orogénèse cadomienne puis varisque ayant provoqué une ondulation générale et un redressement selon la direction varisque soulignée par l'axe des cisaillement CNA et CSA. Elles ont surtout subi, depuis leur formation, une **longue altération naturelle** induisant la rétomorphose des minéraux les constituant formant ainsi ce que l'on appelle des **altérites** (formations **meubles argileuses**).

Le paysage de plateaux collinaires adoucis est entrecoupé par les principaux cours d'eau qui forment le fond des vallées, seuls dénivelés notables dans le paysage. Les vallées peuvent être les marqueurs des failles qui témoignent des déformations qui ont affectés les formations au cours de leur histoire (voir contexte structural dans le paragraphe ci-après).

La figure 10 ci-dessous synthétise la structuration générale de la Bretagne centrale (coupe Est-Ouest positionné dans la figure 9 en page précédente).

La position du site est extrapolée au droit du trait de coupe pour illustrer sa position dans le Domaine Varisque de Bretagne centrale (en vert clair dans la coupe).

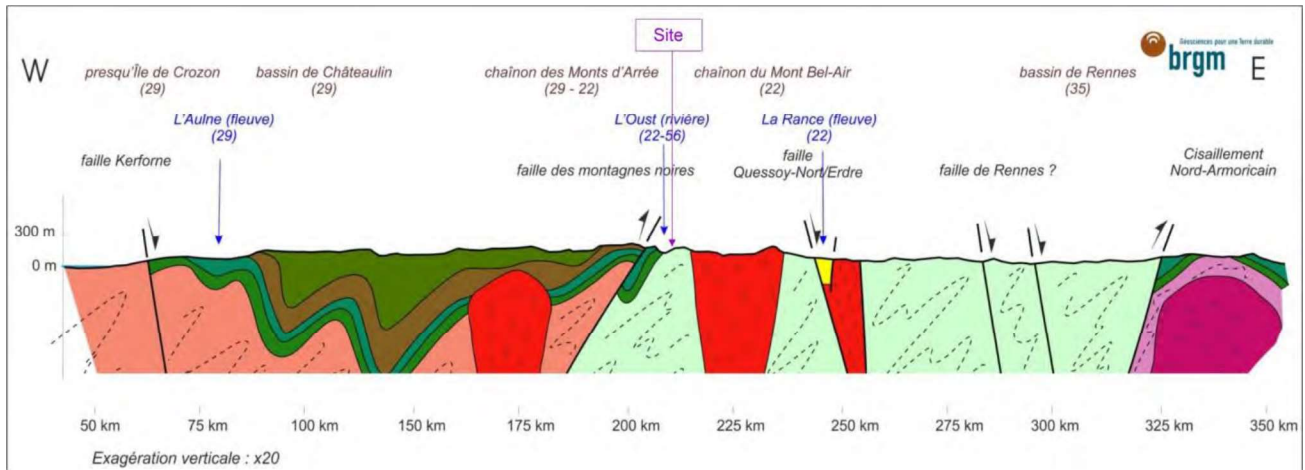


Figure 10. Coupe géologique générale Est-Ouest du Massif Armoricain.

2.3.2 Contexte structural

2.3.2.1 Déformations et fractures héritées de l'histoire géologique

La région a subi d'intenses déformations liées aux mouvements orogéniques anciens datant de plus de 300 Ma (chaines de Montagnes hercynienne ou varisque). La chaîne hercynienne dépassait très certainement les 4000 m de hauteur.

Cependant, ces phénomènes très anciens sont maintenant masqués et estompés du fait de l'altération subies par les roches au cours des temps géologiques. Les formations ont été érodées et le relief a été pénéplané.

Néanmoins, les études fines du secteur ont permis de définir 4 grandes familles de déformations (notées D1 à D4 par les géologues) encore observables soit directement à l'échelle microscopique (allongement des minéraux en lames minces) soit indirectement par l'analyse géomorphologique du relief (orientations des cours d'eau, des reliefs persistants liés aux variations de compétences des matériaux). Deux d'entre elle ont affectées le Domaine varisque de Bretagne centrale.

Ainsi, les anciennes roches sédimentaires datant du protérozoïque Précambrien (dont les schistes du Briovérien présents sur site sont issus) ont été tout d'abord compressés au Carbonifère (300 Ma et plus) (D1) et une schistosité s'est créée (noté S1, allongement selon des plans) avec un redressement tous deux d'orientation armoricaine (N100/N120). Cette déformation et cette schistosité ne sont plus visibles dans les roches maintenant du fait de la rétromorphose générale.

Les seules déformations cassantes encore observables le sont indirectement et sont liées à la déformation D2 (postérieure à la D1) qui a induit la création d'un réseau de failles décrochantes d'orientation N140/N160 avec leurs conjuguées en N40/N60 (fentes de tension grossièrement perpendiculaires au premier réseau). Ainsi, la rivière de l'Oust qui coule à Gueltas à l'Est du site emprunterait un réseau de failles d'orientation N140. La faille de Prenéssaye (perpendiculaire à celle de la vallée de l'Ouest) serait sa conjuguée en N20/N40 et se perçoit par l'orientation de veines de quartz résistantes à l'érosion qui ont cristallisées tardivement dans le réseau de fentes de fractures. Cette faille est mentionnée sur la carte géologique à 1/50 000 et passerait à 3 km au sud-est du site. Ces failles sont notées sur la carte géologique de la France à 1/1 000 000 dont un extrait est présenté en figure 9 en page 18 (traits noirs au sein de l'étendue des schistes Briovériens de la Bretagne centrale) et reportées nominativement sur l'extrait de la carte géologique locale à 1/50000 en figure 12 (page 23).

Ainsi, le site, en domaine de plateau, est nécessairement en dehors du réseau de failles décrochantes d'orientation N20/N40 qui sont soulignées par les vallées (l'Oust à l'Est). Il pourrait exister des veines de quartz d'orientation N20/N40 en réplique de la faille de Prenéssaye qui passe à 3 km au sud-est du site comme supposé sur la carte géologique du BRGM à 1/50 000 (voir paragraphe 2.3.3, en page 21).

2.3.2.2 Morphologie actuelle du secteur

Comme développé dans le paragraphe précédent, les horizons lithologiques anciens ont subi une altération et une érosion au cours des temps géologiques. Dans les années 1900 à 1950, de nombreux géographes ont essayé de proposer un schéma des plates-formes d'érosion dans le secteur. Les études ont été reprises et réinterprétées dans les années 2000 et figurent dans la notice de la carte géologique de Loudéac toute récente. La carte structurale des plates-formes d'érosion est présentée dans la figure 11 en page suivante.

En accord avec cette carte, il existerait ainsi 3 plates-formes d'érosion étagées du nord au sud (plate-forme du Mene, plate-forme de Guémenet et plate-forme basse) directement corrélées avec l'altitude topographique et l'épaisseur des altérites. Le site serait localisé dans la plate-forme basse c'est-à-dire où la cote topographique est comprise entre 100 et 150 m NGF et où les épaisseurs d'altérites meubles seraient comprises entre 5 et 10 m.

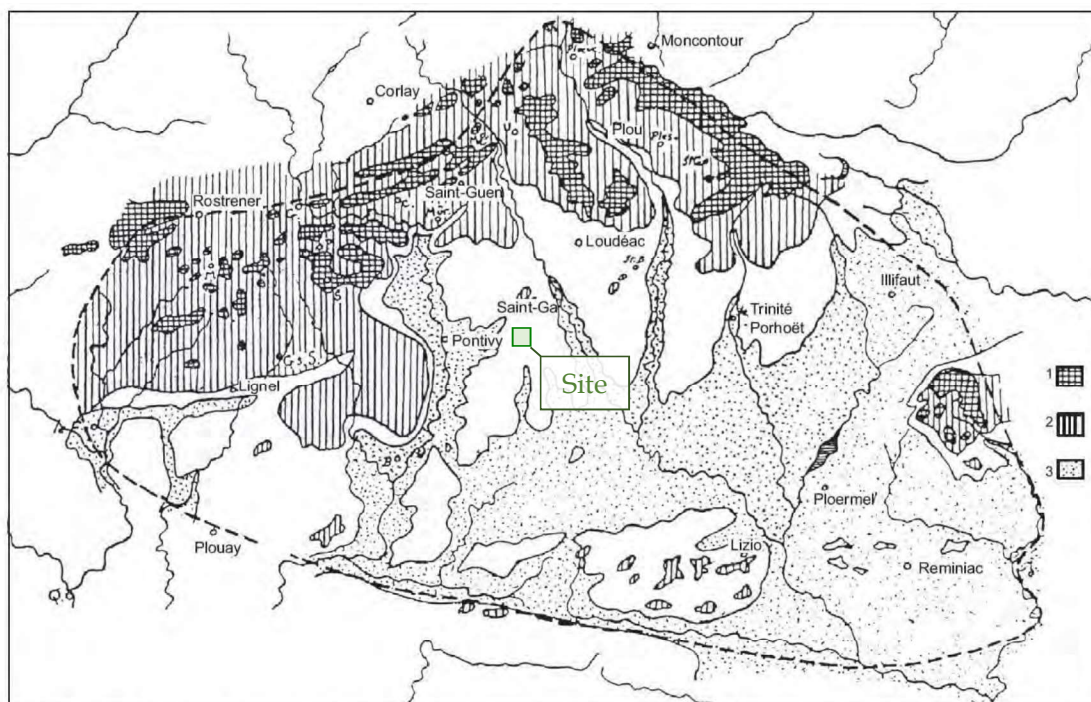


Fig. 18 - Carte structurale montrant les grands ensembles dans la région de Plouguenast. Modifié de Gumiaux (2003). Isogrades métamorphiques d'après Saunier (1986). 1 : Plate-forme du Menet ; 2 : Plate-forme de Guémenet-sur-Scorff ; 3 : Partie comprise au-dessous de la courbe de 120 m

Figure 11. Plates-formes d'érosion à l'échelle locale (Gumiaux, 2003).

Les domaines les plus élevés sont recouverts essentiellement par des forêts mixtes de feuillus et de conifères et de vastes prairies. Les domaines plus bas en altitude (jusqu'à 100 m) et où les pentes sont faibles présentent de très vastes parcelles agricoles où se cultivent essentiellement blé et maïs ou restent en pâture. Ce n'est qu'à l'approche immédiate des cours d'eau, quand les pentes deviennent trop importantes, que les terres ne sont plus cultivées et laissées en pâtures.

Une des caractéristiques morphologiques des terrains briovériens est la préservation de collines allongées. Ce schéma est directement la conséquence d'une érosion différentielle qui est nettement moins efficace sur les roches gréseuses résistantes, les laissant en relief.

2.3.3 Contexte géologique local

Le contexte géologique local est illustré :

- Par un extrait de la carte géologique de Loudéac (figure 12 en page suivante) ;
- Par un schéma de distribution verticale des horizons d'altération pour comprendre la succession lithologique locale (figure 13, page 24) ;
- Par un log de référence validé par le BRGM proche du site pour appréhender l'épaisseur relative de chacun des horizons (figure 14, page 24).

La carte géologique (figure 12 en page suivante) met en évidence **l'omniprésence des horizons du Briovérien** caractéristiques du Domaine Varisque de Bretagne centrale (notés b2 en figurés verts sur la carte) à peine masqués par des altérites remaniées et des limons de sub-surface aux points hauts topographiques (en orange sur la carte AIII-R). Ils sont généralement redressés (pendages notés localement).

Le faciès moyen des horizons du Briovérien est une alternance silto-gréseuse tantôt à silts dominants (b2s = sable fin), tantôt à grès dominants (b2G, niveaux plus résistants). Au droit du site, les **siltites** sont dominantes (b2S).

Un point remarquable est la **présence de failles** mentionnées sur la carte qui se calent aisément aux deux familles connues à l'échelle régionale (Cf. paragraphe 2.3.2.1, page 19) :

- Un réseau de failles décrochantes d'orientation grossièrement N20 à N40 illustré sur la carte par les failles de la vallée de l'Oust à l'Est du site (pointillés noirs dans la vallée d'orientation grossièrement Nord/sud sur l'extrait mais qui est orienté en N20 à plus grande échelle) ; ces failles jouent un rôle important dans le paysage (vallées encaissées et drainage des eaux) ;
- Les **failles de tension conjuguées** au premier réseau et la prolongation de la faille de Prenéssaye soulignée par des filons de quartz (en jaune) qui passent à 3 km au sud-est du site. **Ce réseau n'a pas d'effet sur le paysage** (failles décelables seulement par le biais des filons de quartz).

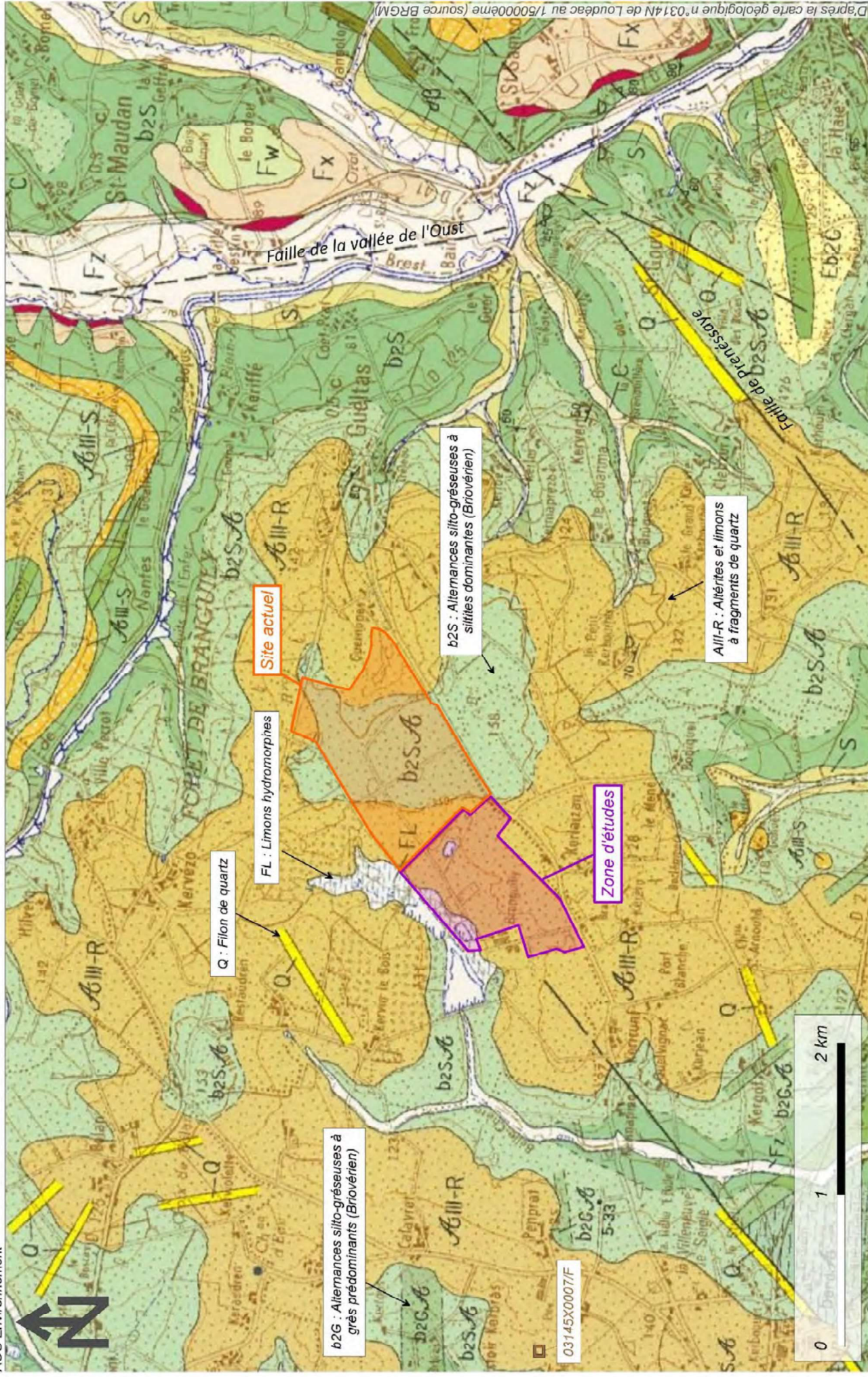
Ainsi, une **faille est supposée tout proche du site** au sud-ouest (**parallèle à la faille de Prenéssaye**) et visible uniquement dans la vallée au sud-ouest par l'intermédiaire d'un filon de quartz plus résistant. La faille supposée **ne se prolongerait pas au droit du site** ou serait masquée ou estompée en domaine de plateau (horizons altérés).

On note, pour mémoire, la présence d'horizons alluviaux en fond des vallées dont les dépôts fluviatiles de zones hydromorphes limoneuses présents au niveau des étangs en contre-bas du site (au nord).

Ainsi, au droit du site en domaine de plateau, on aurait (de haut en bas) :

- En couverture des altérites et limons colluvionnées (épaisseur faible) ;
- Puis les horizons du Briovérien formés par une alternance de silto-gréseuse à silts dominants altérés.

On retrouverait, au nord du site (point bas), un recouvrement limoneux dans l'axe du vallon (zone marécageuse).



Le schéma présenté en figure 13 ci-dessous illustre les différents faciès théoriques d'altération au-dessus du socle profond (sain). On retrouve, ainsi, 3 niveaux successifs d'altération au-dessus de la roche saine (profil d'altération de la base au sommet) :

- Les isaltérites subdivisées en 2 horizons selon le degré d'altération :
 - Horizon fissuré (le moins altéré) ;
 - Altérites stricto-sensu (plus altérées) ;
- L'allotérite au sommet (horizon le plus altéré).

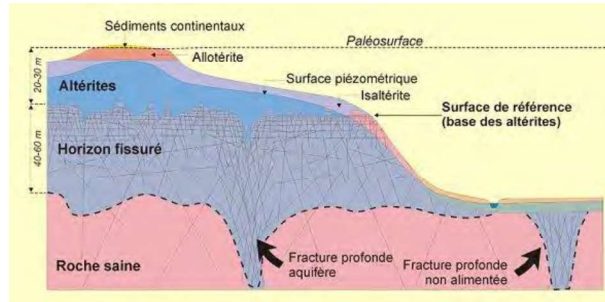


Figure 13. Schéma conceptuel des aquifères de socle (R.Wyns, 1998 et 2004).

Le log géologique ci-dessous issue du sondage BSS validé par le BRGM présent à moins de 3 km à l'ouest du site dans un même contexte (plateau) permet de préciser l'épaisseur locale des différents horizons d'altération (point localisé dans la figure 12) :

- L'allotérite au sommet fait 4 m d'épaisseur (terre jaune) ;
- Les isaltérites font 25 m d'épaisseur (avec une interface notée à 12 m délimitant le degré d'altération moindre vers la profondeur) ;
- Le socle sain (schiste gris) se développe à partir de 30 m de profondeur.

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
1.00	Sol (terre végétale)		Terre.	Quaternaire	125.00
5.00			Terre jaune (allotérite).		121.00
12.00			Schistes jaunes (isaltérite).	Briovérien à Cambrien	114.00
			Schistes bruns (isaltérite).		
30.00	Facies commun du Briovérien (faciès 2)		Schistes gris.	Briovérien	96.00
45.00			Schistes gris mélangés de pierres grises.		81.00
51.00			Pierre grise tendre (schistes ?).		75.00
60.00					66.00

Figure 14. Log géologique de référence à l'échelle locale (03145X0007/F).

Ainsi, on s'attend à avoir, **sur site, près de 30 m d'altérites avec de l'ordre de 10 à 12 m très altérés au sommet (meubles, de couleur oxydée jaunâtre) issues de la roche mère saine profonde de nature majoritairement silteuse sombre.**

2.3.4 Lithostratigraphie locale

Les paragraphes ci-après décrivent successivement les horizons présents sur site de la surface vers la profondeur. Ils sont une reprise de la notice de la carte géologique de Loudéac.

2.3.4.1 Formations résiduelles - Altérites remaniées (AIII-R)

Ces altérites remaniées correspondent à un ensemble épais de 3 à 5 m constitué de blocs de quartz emballés dans une matrice silto-argileuse ocre à brune. Les blocs de quartz, de dimensions extrêmement variables (métriques parfois) montrent des caractères d'un transport long (très émoussés) dans les premiers mètres puis apparaissent de moins en moins usés vers le sommet de la formation.

Le mur de cette formation (lorsque les conditions d'affleurement permettent une observation fine) ravine, distinctement, les altérites sous-jacentes alors que les limons sus-jacents semblent en discordance nette par endroit, quasiment en continuité stratigraphique à d'autres endroits.

L'origine de ces blocs de quartz est certainement à rechercher dans le démantèlement des puissants cortèges filoniens très importants dans le secteur (issus des failles de tension). La fraction argileuse de la matrice silto-argileuse enveloppant ces blocs est constituée d'un complexe vermiculite-chlorite qui devient prépondérant en sommet de la formation sur un assemblage kaolinite-micas blancs.

Comme pour les limons ocres qui les surmontent, l'origine des silts argileux est allochtone mais ils ont été repris une seconde fois dans un cycle gravitaire qui est à l'origine de l'incorporation des blocs quartzeux avec remaniement de la partie supérieure des profils d'altération. Le dépôt des premiers limons s'est vraisemblablement effectué en période froide peut-être au cours du Saalien (Riss) ou d'au début de l'Éémien ; le remaniement pouvant s'être opéré à l'Éémien (interglaciaire tempéré - Riss-Würm) ou au début du Périglaciaire inférieur (Weichsélien).

2.3.4.1.1 Allotérites - Argiles kaoliniques blanches

Les allotérites des roches briovériennes, du Protérozoïque métamorphisé sont des argiles blanches à grises, essentiellement kaoliniques. Ces argiles sont généralement homogènes et très peu remaniées.

2.3.4.1.2 Isaltérites des roches briovériennes : sables et argiles

Les isaltérites du Briovérien recouvrent des surfaces étagées selon une géométrie sans doute la plus explicite en Bretagne centrale. Quelle que soit leur altitude, elles sont caractérisées par des argiles grises à noires renfermant encore localement des fragments moins altérés de siltites ou de grès.

La cartographie du Briovérien sur la carte de Loudéac s'est faite en partie grâce à la reconnaissance des pierres volantes à la surface des champs : on observe une très nette diminution des morceaux de siltites et de grès dans ces zones altérées.

2.3.4.2 Socle

A l'échelle du site, les formations qui correspondent au socle correspondent aux siltites et grès fins subordonnés du Briovérien (b2S).

Ce lithofaciès est un ensemble constitué de roches essentiellement silteuses avec intercalations sporadiques de bancs de grès fins peu épais (20-30 cm de puissance en général). La proportion en grès est variable mais sauf exception, ne dépasse pas 20 % du lithofaciès.

Dans les ensembles uniquement silteux, les roches qui sont marquées par une forte schistosité, laissent rarement percevoir la stratification.

2.3.4.3 Autres horizons (superficiels)

On note, en aval du site, la présence d'une zone hydromorphe limoneuse (FL) qui correspond à une formation superficielle datant du Cénozoïque, disposée en cuvettes ennoyées riches en limon noirâtre (matière organique). Le substratum ne semble pas avoir de rôle prépondérant sur la nature de cette formation. Ce sont donc des dépôts allochtones, d'origine fluviale.

Cette formation concerne une très petite partie de la zone d'étude, au Nord et en contre-bas du site.

2.3.5 Synthèse sur l'aptitude géologique régionale

Les données géologiques et structurales acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- La zone d'études appartient au Massif Armoricaïn et plus spécifiquement au « Domaine Varisque de Bretagne centrale », composé par les roches les plus anciennes du massif (datant du Briovérien) ;
- Ces roches anciennes silteuses (anciens sédiments marins légèrement métamorphosés) ont subi l'effet du temps et ont été altérés en sables argileux sur plus de 30 m (altérites). Ces produits d'altération sont les horizons les plus favorables à l'échelle régionale à former la barrière de sécurité passive (notion de base des ISDND, 5 m à perméabilité inférieure à 10^{-6} m/s) ;
- Le site est localisé en domaine de plateau, zone la plus favorable :
 - Tectoniquement parlant car en dehors des couloirs de failles que caractérisent les vallées principales d'orientation sub-méridienne (à N20) ;
 - Et géologiquement parlant car où l'épaisseur d'altérites est la plus importante.

Compte tenu de ces éléments, le contexte géologique et structural régional et local est jugé favorable dès lors que le projet est localisé en domaine de plateau et ancré dans les horizons altérés.

L'aire d'étude géologique est définie spatialement par le plateau qui porte le site et en profondeur par la présence des altérites de socle (30 m).

Cela étant dit, il conviendra d'être vigilant quant à la présence possible de failles de tensions (filons de quartz) connus dans le secteur (hétérogénéité locale) qu'il conviendra d'étudier en phase de qualification. Il conviendra, vraisemblablement également, de reconstituer la couche supérieure imperméable de la barrière passive (1 m à $K < 10^{-9}$ m/s).

2.4 Contexte hydrogéologique

2.4.1 Données d'ordre général

Comme développé dans le chapitre précédent (contexte géologique régional), le Massif Armoricaïn est constitué, en majorité, par des formations très anciennes intensément altérées. L'Atlas des nappes aquifères de la France, ouvrage de référence du BRGM qui réalise une synthèse des ressources aquifères du Pays, dénombre seulement 6 types de formations aquifères productives dans le Massif Armoricaïn :

- Les alluvions des principaux cours d'eau ;
- Les roches volcaniques du Trégor ;
- Les amphibolites de Lanvollon et diorites de Saint-Quay-Portrieux ;
- Les horizons calcaires ;
- Les bassins d'âge secondaire et tertiaire ;
- Les aquifères dunaires.

Ces formations sont de dimensions très restreintes.

Les horizons appartenant au Domaine Varisque de Bretagne centrale (schistes peu métamorphiques datant du Primaire) n'appartiennent à aucune de ces 6 unités aquifères. Les « schistoïdes » (nom générique donné aux roches peu métamorphisées comme celles du site) et les « granitoïdes » représentent, en effet, la plus grande partie des horizons constituant le Massif Armoricaïn. Or, ces formations ne sont pas considérées comme des niveaux aquifères au sens hydrogéologique du terme (productif) du fait de leur nature (horizons anciens altérés) ; raison pour laquelle [...] « *il n'existe pas, dans le massif Armoricaïn, de grands systèmes aquifères* » [...] selon l'atlas.

Cependant, ces horizons dits de socle renferment nécessairement de l'eau souterraine issue de l'infiltration lente des eaux pluviales venue saturer ces faciès d'altération dont le « rôle hydrogéologique » dépend du degré d'altération :

- Les horizons d'altération sur plusieurs dizaines de mètres jouent « *un rôle de réservoir* » (fonction capacitive ; ils retiennent l'eau par leur nature argileuse peu perméable) ;
- Le Socle profond permet « *la circulation d'eau dans les réseaux de fissures (factures, joints, diaclases,)* » existants plus bas dans la roche saine.

Ces 2 fonctions sont résumées dans la figure 13, en page 24 (coupe schématique des faciès d'altération en domaine de socle schisteux ou granitique) :

- Le **seul niveau dit aquifère** est formé par le **socle profond sain au niveau des seules zones de fractures** (rôle de drain productif), c'est-à-dire à plus de 30 m de profondeur atteinte eu égard au contexte géologique régional ;
- Les **altérites (faciès isaltérites) n'est pas aquifère (pas de débit)** mais soutiennent l'eau d'infiltration pluviale et jouent un rôle capacitatif. Elles sont donc naturellement saturées avec un niveau piézométrique présent à faible profondeur du fait de l'absence de drainage induit par la nature argileuse semi-perméable.

2.4.2 Masse d'eau référencée

L'ensemble des formations géologiques du territoire français est classé en « masses d'eau » souterraines qu'elles soient aquifères ou non (consultables sur le site BD LISA du BRGM).

Ainsi, la zone d'étude est localisée au sein de la masse d'eau n°195AC01 (code de l'entité hydrogéologique) appelée « Socle métamorphique dans le bassin versant de l'Evel de sa source au Blavet (non inclus) ».

Son étendue et la position du site sont présentées en figure 15 ci-dessous.

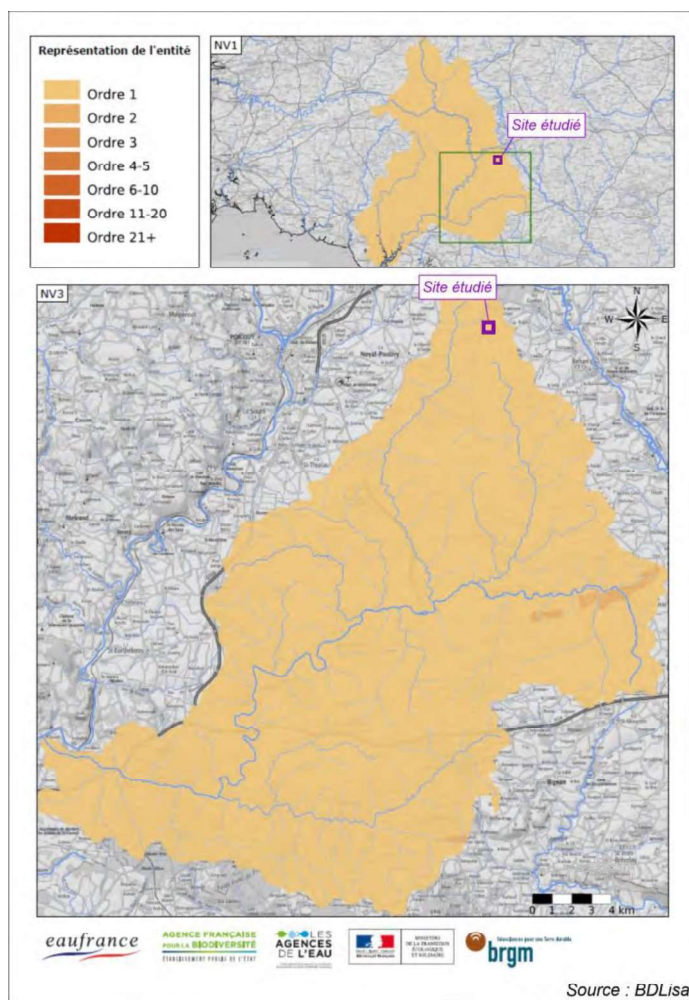


Figure 15. Étendue de la masse d'eau souterraine n°195AC01 (source : BDLisa).

La masse d'eau souterraine est limitée au bassin versant hydrographique du cours d'eau de surface (Evel et affluents) en incluant tous les horizons lithologiques inclus dans le bassin versant. Le site est localisé en tête et à l'extrême nord de la masse d'eau (sans amont hydrogéologique).

Elle est classée sous BDLISA comme « une unité semi-perméable » c'est-à-dire non aquifère dans le vocable des hydrogéologues (voir extrait de la fiche de la masse d'eau en tableau 1 ci-dessous).

Code de l'Entité Hydrogéologique locale	195AC01	
Nom de l'Entité Hydrogéologique	Socle métamorphique dans le bassin versant de l'Evel de sa source au Blavet (non inclus)	
Caractéristiques de l'entité		
Nature :	6	Unité semi perméable
État :	2	Entité hydrogéologique à nappe libre
Thème :	3	Socle
Type de milieu :	2	Fissuré
Origine de la construction :	1	Carte géologique ou hydrogéologique
Evolution entre la BDLISA V1 et la V2 :		
		Est incluse dans l'Entité Hydrogéologique 195AC Socle du Massif Armorican dans le bassin versant de l'Evel de sa source au Blavet (exclus)

Tableau 1. Classement de la masse d'eau souterraine n°195AC01 (source : BDLisa)

Les données hydrogéologiques sont donc quasi-inexistantes. Notamment, il n'existe pas de carte hydrogéologique du fait de l'absence de niveau productif et continu.

Les seules données quantifiées sont synthétisées dans la notice de la carte géologique de Loudéac (0314N) où il est fait référence aux débits soutirés des sondages profonds référencés atteignant le socle fracturé (voir tableau 2 ci-dessous, ligne en encadré rouge). Le débit moyen de la nappe des siltites du Briovérien est de 7,2 m³/h sur un échantillon de 104 forages d'eau compilés sur la carte. La profondeur moyenne des ouvrages est de 66,3 mètres.

Formation géologique	Effectif	Débits extrêmes		Débit moyen (m ³ /h)	Profondeurs extrêmes		Profondeur moyenne (m)
		1	65		33	100	
Cornéennes	19	1	65	13,4	33	100	83,5
Grès du Briovérien	24	0	20	8,6	16	155	58,8
Siltites du Briovérien	104	1	27	7,2	30	220	66,3
Micaschistes	8	2		4,5	43	120	71,2
Granite de Plémet-Granodiorite de Saint-Lubin	8	1	5	2,5	37	100	74

Tableau 2. Données hydrodynamiques des aquifères de Bretagne (Notice 0314N).

2.4.3 Captages AEP et autres usages des eaux souterraines

Les captages pour l'AEP sont à usage sensible car l'eau est destinée à la consommation humaine (non sensible si elle n'est pas consommée).

La protection contre les pollutions ponctuelles et accidentelles est délimitée par les périmètres de protection rapprochée définis autour des ouvrages de captage. La protection contre les pollutions diffuses et pérennes est définie par les périmètres de protection éloignée.

Ainsi, dès lors qu'une activité potentiellement polluante est implantée en dehors des périmètres de protection, il n'y a pas de risque avéré sur la ressource captée.

Néanmoins, il convient d'étudier également les captages situés plus en aval (notion de Bassin versant d'Alimentation du Captage, zone BAC).

L'inventaire des captages d'alimentation en eau potable a été réalisé auprès de l'ARS dans un périmètre d'une dizaine de kilomètres autour du site en incluant le plateau qui porte le projet et ses limites hydrogéologiques. Selon les informations collectées, il n'y a aucun captage AEP dans le secteur.

Pour information, le captage AEP le plus proche est localisé à Pontivy à près de 10 km à l'Ouest du site sans relation hydrogéologique (dans une masse d'eau voisine différente de celle du site). Dans la masse d'eau du bassin versant de l'Evel qui contient le site, il n'y a pas de captage AEP référencé à l'ARS.

Cette constatation s'explique par l'absence de ressource en eau souterraine dans le Domaine Varisque de Bretagne centrale (voir ci-avant).

Pour ces raisons, le **contexte lié à l'usage sensible des eaux est considéré comme très favorable (absence de vulnérabilité des captages AEP)**.

D'après les données consultables sur le site de la BNPE qui référence les volumes d'eau annuels prélevés par commune, le volume d'eau prélevé pour l'AEP en 2021 à Gueltas (dernière année comptabilisée) est nul.

Le volume d'eau annuel total prélevé sur la commune (tous usages) s'élève à un 13 680 m³ pour le seul usage agricole d'irrigation (eau de surface) au droit de la retenue d'eau située entre l'ISDND actuelle et le projet (ref. OPR0000177707, voir figure 28 en page 67).

Nota Benne : l'usage local des eaux souterraines (avec l'inventaire des ouvrages référencés) est étudié dans le chapitre de qualification hydrogéologique (analyse du contexte local du site).

2.4.4 Synthèse sur l'aptitude hydrogéologique

Les données hydrogéologiques acquises à l'échelle régionale sont les suivantes :

- Le site de Gueltas est localisé dans le domaine varisque de Bretagne centrale qui se caractérise par la présence de roches anciennes schisteuses ayant subi une altération intense tant et si bien que la roche mère profonde se situe à plus de 30 m de profondeur sous des horizons altérés argilisés peu perméable ;
- Cette couverture peu perméable induit l'absence de ressource en eau souterraine substantielle qui se concentre aléatoirement et uniquement au gré des fractures profondes de la roche mère saine et à forte profondeur (Les fractures de la roche jouent un rôle de drain des eaux infiltrées).
- Ainsi, il n'y a pas de captages AEP dans le secteur du fait de l'absence de ressource.

Pour ces raisons, le contexte hydrogéologique est favorable.

Le site est localisé en domaine de plateau où la couverture d'altérites est de facto plus importante qu'en domaine de vallée (point favorable). Cependant, l'absence de pente topographique substantielle conjuguée à la nature peu perméable des altérites

induisent, a priori, une cote de saturation peu profonde (les altérites jouent un rôle du capacitif en retenant l'eau d'infiltration pluviale). Ce point est à étudier finement en phase d'études de qualification car elle contraint nécessairement la cote du fond de forme du site.

L'aire d'études hydrogéologiques est définie spatialement par le bassin versant hydrographique (et donc hydrogéologique) qui inclut le site et en profondeur par celle du premier niveau d'eau (saturation naturelle des horizons d'altération du socle).

Le contexte hydrogéologique reste favorable sous réserve de positionner le fond de forme du site au-dessus du niveau de saturation des altérites ou sous réserve d'une gestion des eaux sa saturation à même d'assurer un drainage du niveau pour des raisons évidentes de faisabilité hydrogéologique.

2.5 Justification du choix régional et local du site

2.5.1 Contraintes régionales et locales prises en compte

- **Contraintes géologiques**

Pour être géologiquement favorable, un site doit être formé par des matériaux en place sur une épaisseur de 5 m à caractère semi-perméable (défini par le coefficient de perméabilité $k < 1.10^{-6}$ m/s).

Les altérites des schistes du Briovérien qui forment le substratum géologique du site sur des épaisseurs substantielles (a priori 30 m d'altération dont près de 10 m totalement rétomorphosés en surface) sont une formation a priori apte à former la barrière passive du projet (couche d'atténuation).

Des mesures compensatoires devront être proposées pour la reconstitution de la couche supérieure de la barrière passive (couche de 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s) voire son renforcement en cas d'absence partielle de la couche d'atténuation (5 m à $k < 1.10^{-6}$ m/s).

- **Contraintes structurales**

Les horizons d'altération du socle profond ancien (Primaire) ont atténué voire « effacé » toute déformation tectonique et structurale tant et si bien qu'il n'y a pas (ou plus) a priori d'effet prévisible des failles à l'échelle du projet. De plus, le site est en dehors du réseau de failles décrochantes de direction N20 encore visibles dans le paysage (vallée de l'Oust à l'Est). Cependant, la zone se trouvant dans la prolongation de l'axe d'une faille conjuguée au premier réseau décrochant dite faille de tension (filons de quartz visibles), il conviendra de vérifier si elle se prolonge dans la zone d'étude et son effet potentiel, et de proposer, au besoin, une mesure compensatoire adaptée en cas de mise en évidence (renforcement de la barrière passive).

- **Contraintes hydrogéologiques et hydrographiques**

La position du site en domaine de plateau et en tête de bassin versant hydrographique conjuguée à la faible perméabilité attendue des altérites est un point favorable : il n'y pas de nappe d'eau souterraine au sens hydrogéologique

du terme ; raison pour laquelle les produits d'altération des schistes du Briovérien sont classés comme formations « semi-perméables » dans la littérature scientifique.

Cependant, les altérites sont naturellement saturées en eau à faible profondeur (par infiltration lente de la pluie) dès lors qu'il n'y a pas de drainage naturel suffisant (pente topographique). La profondeur de décaissement du projet est donc fonction du niveau d'eau dans ces altérites.

- **Protection des captages AEP**

Le site est en dehors de tout périmètres de protection des captages AEP.

2.5.2 Critères positifs d'aptitude régionale et locale

Les critères positifs pour le choix du site à l'échelle régionale sont les suivants :

1. En faveur de son aptitude géologique :

- La présence à l'affleurement et sur des épaisseurs substantielles des altérites, unité géologique qui représente la formation la plus favorable et la plus apte à former la barrière passive du site à l'échelle régionale ;

2. En faveur de son aptitude hydrogéologique :

- L'absence de nappe au sens hydrogéologique du terme dans les altérites ;
- L'absence de captages d'eau potable potentiellement vulnérables au site.

2.5.3 Conclusion sur l'aptitude régionale

L'étude d'aptitude aux échelles régionales et locales a été réalisée à partir de sources bibliographiques et documentaires. Le site répond aux critères d'aptitude tels que définis dans le fascicule de l'AFNOR (FD X 30-438) pour la reconnaissance de sites d'installation de stockage de déchets.

Les critères d'aptitude géologique, hydrogéologique et hydrologique restent globalement favorables (peu contraignants) pour un projet d'ISDND, sous réserve de la mise en place d'une barrière passive équivalente à la réglementation (1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s ou équivalent).

3

Etude de qualification

La qualification géologique du site s'appuie sur plusieurs outils géologiques, chacun d'eux fournissant des observations et des mesures nouvelles dont la synthèse permet de comprendre et d'expliquer l'état initial du site.

Les résultats de chaque technique sont exposés pour chacun des contextes géologiques, hydrogéologiques et hydrologiques.

La zone de poursuite d'activité de l'ISDND est localisée à l'ouest de l'ISDND actuelle sur une superficie retenue d'environ 20 hectares incluse dans une maîtrise foncière plus étendue (près de 40 ha).

Le site s'étend depuis les hauteurs du plateau à 146 m NGF au Sud-Est vers la vallée au Nord dont le point bas se situe aux environs de 130 m NGF.

La présence de cet exutoire naturel des eaux en aval au nord contraint la cote de décaissement afin de pouvoir proposer une gestion gravitaire des eaux du futur site, en continuité de l'exploitation actuelle.

Le contexte local est déjà bien connu pour avoir fait l'objet de nombreuses campagnes de sondages géologiques profonds au gré des différentes phases d'extension et de qualification de l'ancien site.

3.1 Données historiques existantes

Trois grandes phases de terrains se sont succédé sur le site voisin actuel dans les années 1990 à 2000. Elles sont résumées dans le [tableau 3](#) en page suivante et les données techniques pertinentes sont reprises en [annexe 3](#). Les 3 phases successives ont conduit en la réalisation d'investigations géologiques et hydrogéologiques :

- En 1992, l'entreprise SOPENA est intervenue lors d'une phase de chantier pour l'étude géologique et hydrogéologique du premier site. Ainsi, ont été réalisés :
 - 2 sondages carottés (SC1 et SC4) dans lesquels des essais de test de la perméabilité ont été menés (4 essais par ouvrage) ;
 - 8 sondages destructifs pour équipement en piézomètres (création du réseau de contrôle piézométrique du site).
- En mars 1994, F.D. Conseil a supervisé la réalisation de 16 fouilles à la pelle mécanique pour caractérisation de la géologie et tests de la perméabilité des horizons superficiels ;

- La dernière phase de chantier a eu lieu en 2006 lors de la dernière extension de l'ISDND (site actuel). C'est l'entreprise BURGEAP qui s'est chargée de la supervision des travaux. Ont eu lieu :
 - 10 fouilles à la pelle mécanique pour reconnaissance géologique ;
 - 3 sondages carottés à plus de 30 mètres de profondeur ;
 - 11 sondages destructifs pour caractérisation de la perméabilité (essais Lefranc en sondage)
 - 1 piézomètre (PZ7) pour compléter le réseau de contrôle de l'ISDND.

Date	Entreprise	Nature des investigations	Nombre
Février 1992	SOPENA	Sondage carotté	2
		Essais de perméabilité	8
		Piézomètres	9
Mars 1994	F.D. Conseil	Fouilles à la pelle mécanique	16
		Essais de perméabilité	16
Janvier 2006	BURGEAP	Fouilles à la pelle mécanique	10
Mars 2006		TEMSOL	Sondage carotté
	Sondages destructifs		11
	Essais de perméabilité		11
	Piézomètre		1

Tableau 3. Sondages géologiques historiques.

Les données techniques pertinentes (géologiques, hydrogéologiques, géotechniques) et transposables à la zone de poursuite d'activité sont reprises dans les paragraphes respectifs qui suivent.

Ces investigations historiques de terrain ont permis de mettre en évidence la présence d'altérites du socle peu perméables ($K_{moyen} < 10^{-6}$ m/s) avec un socle sain à plus de 30 m de profondeur et avec des épaisseurs d'altération franches variant de plus de 10 m aux points hauts topographiques à moins de 3 m en aval. Le niveau de saturation des altérites a été qualifié et quantifié et est suivi aujourd'hui par un réseau de contrôle piézométrique (6 piézomètres).

3.2 Contexte géologique

3.2.1 Géophysique préliminaire

Deux types d'investigations géophysiques ont été réalisés par ACG Environnement afin de reconnaître l'homogénéité du site (Cf. détail en annexe 4) :

- Une campagne de reconnaissance par panneaux électriques à 50 m de profondeur pour des linéaires variant de 375 à 715 ml dans le sens d'allongement du site (pour appréhender l'homogénéité verticale des horizons jusque dans le socle sain profond) ;
- Une campagne de reconnaissance par électromagnétisme à 3 profondeurs successives pour déterminer l'homogénéité spatiale du site :
 - Une couverture électromagnétique à l'EM 31 à 6 mètres de profondeur. L'EM31 permet d'appréhender la qualité moyenne des formations en sub-surface qui seront décaissées pour les besoins de la création du vide de fouille (limons et altérites) ;
 - Une couverture électromagnétique à l'EM 34 à 15 m ; L'EM34 à 15 mètres permet de reconnaître l'homogénéité des horizons qui seront décaissés et qui formeront la barrière passive du futur site depuis les flancs jusqu'en fond (limons et altérites) ;
 - Une couverture électromagnétique à l'EM 34 à 30 mètres de profondeur ; L'EM34 0-30 m permet d'avoir l'homogénéité plus en profondeur et recoupera a priori l'intégralité de la frange d'altération.

Les investigations se sont déroulées en 2 phases :

- Les panneaux électriques ont eu lieu entre le 15 et le 16 décembre 2021 ;
- Les profils électromagnétiques à l'EM31 et à l'EM34 ont eu lieu le 23 décembre 2021.

Les points et profils de reconnaissance sont positionnés dans la figure 16 en page suivante.

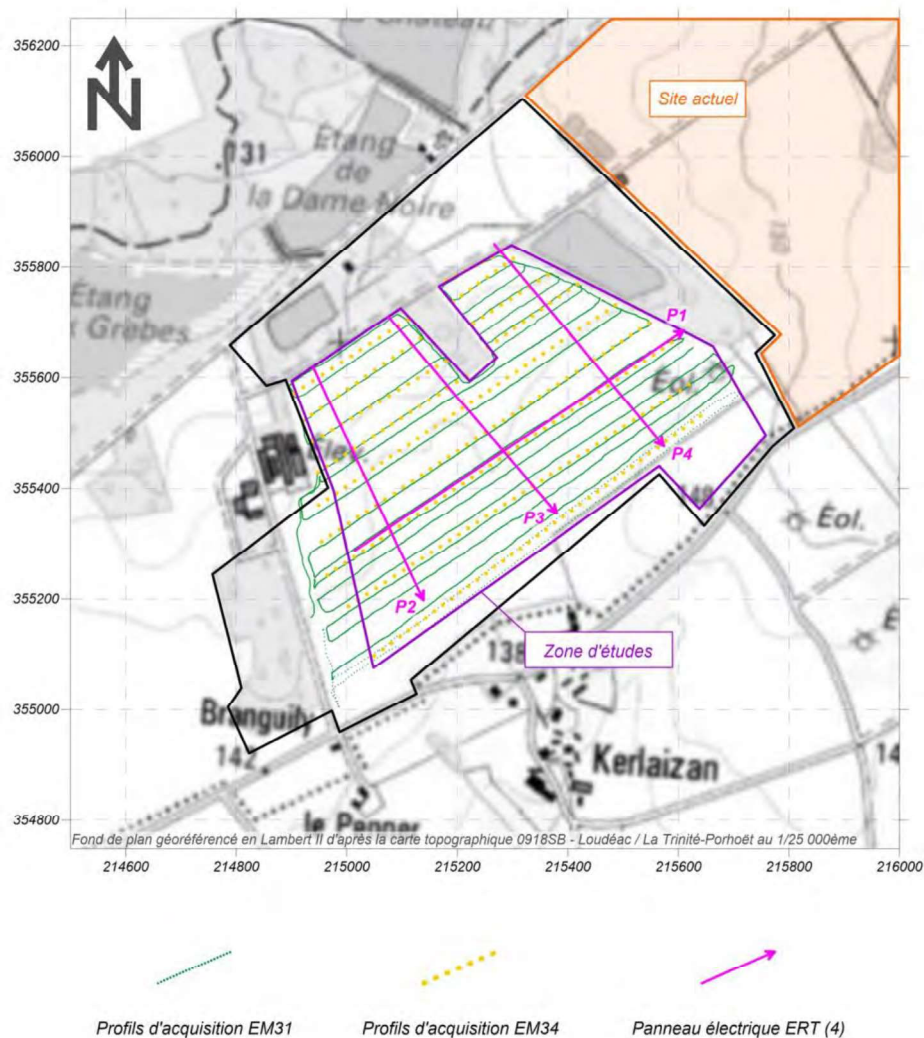


Figure 16. Localisation des investigations géophysiques réalisées en 2022.

3.2.1.1 Panneaux électriques

3.2.1.1.1 Méthodologie et investigation réalisée

Comme illustré en figure 16 ci-avant, la zone d'étude locale a été investiguée à l'aide de 4 panneaux (traits en rose dans la figure) :

- Un panneau dans l'allongement du site en SW/NE (noté « P1 » pour « panneau 1 » d'une longueur cumulée de 715 mètres linéaires) ;
- Trois panneaux recoupant perpendiculairement P1 (notés panneaux 2, 3 et 4 répartis de l'Ouest vers l'Est du site).

Le dispositif d'injection choisi est type Wenner avec des électrodes tous les 5 mètres ; configuration qui a une répartition des points d'investigation homogène jusqu'à 50 m de profondeur.

Les variations de résistance au passage du courant provoquent des variations dans la différence de potentiel mesurée fournissant des informations sur les matériaux et structures du sous-sol. La grandeur physique mesurée dans une couche est la résistivité vraie (exprimée en ohm.m).

En présence d'un terrain homogène, le courant peut être visualisé sous forme de lignes équipotentielles assimilables à des demi-sphères centrées sur les électrodes d'injection. En présence d'une interface séparant deux couches de résistivité différente, les lignes de courant sont déviées et la résistivité apparente mesurée est une moyenne des résistivités vraies des deux milieux. Quand une proportion significative de courant pénètre dans la deuxième couche, la résistivité apparente mesurée est comprise entre les résistivités vraies des deux milieux et elle tend de manière asymptotique vers la résistivité vraie du deuxième milieu lorsque les électrodes de courant sont de plus en plus éloignées ; Et ainsi de suite pour les couches de plus en plus éloignées.

Un affichage en temps réel des paramètres d'injection (puissance, ampérage, voltage) et de mesure (nombre de répétitions et déviation standard) ont permis un contrôle de la pertinence des paramètres d'injection et d'enregistrement.

Les données de résistivité ont été enregistrées au format propriétaire ABEM (fichiers S4K) puis converties en fichier DAT pour permettre leur inversion.

L'ensemble de ces traitements est réalisé grâce à deux logiciels complémentaires :

- Les échelles verticales et horizontales ont été traitées avec le logiciel x2ipi (compensation de la topographie) ;
- Le filtrage après analyse statistique des données et les calculs d'inversions sont réalisés par le logiciel RES2DINV (version 3.56.44).

Les données géo-électriques ont été calées avec les données géologiques interprétées à l'aide des données lithologiques tirées des sondages réalisés pour la présente étude.

3.2.1.1.2 Résultats observés et interprétation

Les deux panneaux présentés dans la [figure 17](#) en [page 39](#) permettent d'appréhender la réponse géoélectrique des formations au droit de la zone étudiée (les autres panneaux sont consultables en [annexe 4](#)).

Les résistivités mesurées sont dans des gammes dites faibles (toujours inférieures à 1100 ohm.m). Trois grandes gammes sont représentées (les terrains les moins résistants sont en dérivés de bleus, les plus résistants sont en orangés et rouges et les résistivités intermédiaires sont en dérivé de vert).

Le **panneau 1** (grand panneau dans le sens d'allongement du site SW/NE) met en évidence :

- La présence de terrains peu résistants et ce sur quasiment les 50 m de profondeurs investigués ;
- Et l'extrême homogénéité des horizons traversés (<500 ohm.m pour la quasi-totalité des mesures, couleurs bleus à vertes).

Remis dans le contexte, les horizons traversés sont donc altérés et homogènes. Le socle (plus résistant) pourrait avoir été touché au centre du panneau dans l'axe du vallon central du site où l'altitude topographique est la plus faible (zone en rouge, donc où la cote est la plus profonde vers 45 m de profondeur soit 90 m NGF).

NOTA BENNE : au centre du panneau (dans l'axe du vallon où il existe donc un drainage naturel des eaux lié à la pente topographique), les terrains sub-affleurants sont légèrement plus résistants que de part et d'autre (en vert dans l'axe et plutôt bleu de chaque côté) où la pente topographique est plus faible. Ce point va dans le sens du modèle hydrogéologique du site (les terrains peu perméables sont naturellement saturés en eau et le drainage ou l'écoulement ne peut se faire qu'à la faveur d'une pente topographique suffisante avec une cote de saturation plus profonde locale induite).

Le **panneau 4** d'orientation NW/SE (le plus à l'Est du site des 3 dans cette orientation) permet de conclure de la même façon que pour le panneau 1 : les terrains sont altérés et homogènes au moins sur 40/45 m d'épaisseur.

Sur ce panneau 4, il est possible d'observer 2 zones plus résistantes :

- La première, en sub-surface à environ 275 mètres du début du panneau (zone conductrice circulaire suivie plus en profondeur d'une petite zone résistante en rouge). Il s'agit d'un artefact lié à la présence d'un réseau de drainage agricole à faible profondeur (le drain crée artificiellement une zone très conductrice induit un artefact, à l'opposé, très résistant juste en dessous par compensation dans l'interprétation du logiciel) ;
- La seconde zone résistante est observable plus en profondeur au milieu du panneau à environ 45 mètres de profondeur. A ces profondeurs, il pourrait s'agir du socle schisteux sain.

Sur ce panneau, nous y avons transposé la position théorique du prolongement de la faille présente plus à l'ouest dans la vallée en encadré rouge (faille de tension que les géologues du BRGM ont supposées à partir de filons de quart plus résistants et qui est mentionnée sur la carte géologique, cf. [figure 11](#) en page 23). Au droit de cette zone, on observe la présence d'une zone plus résistante à 45 m de profondeur (remontée de socle sain ou filon de quartz ?).

Cette zone plus « hétérogène » à forte profondeur a été observée également au niveau des 2 autres panneaux parallèles au panneau 4 (P2 et P3, voir détail en [annexe 4](#)). Il pourrait s'agir de la faille supposée par le BRGM présente plus à l'Ouest (Cf. localisation de l'hétérogénéité profonde en zone rouge dans la [figure 17](#) en page suivante et zone de faille prolongée du BRGM en pointillé rouge). Néanmoins, vu la profondeur de cette hétérogénéité, elle n'aura aucun effet sur le projet.

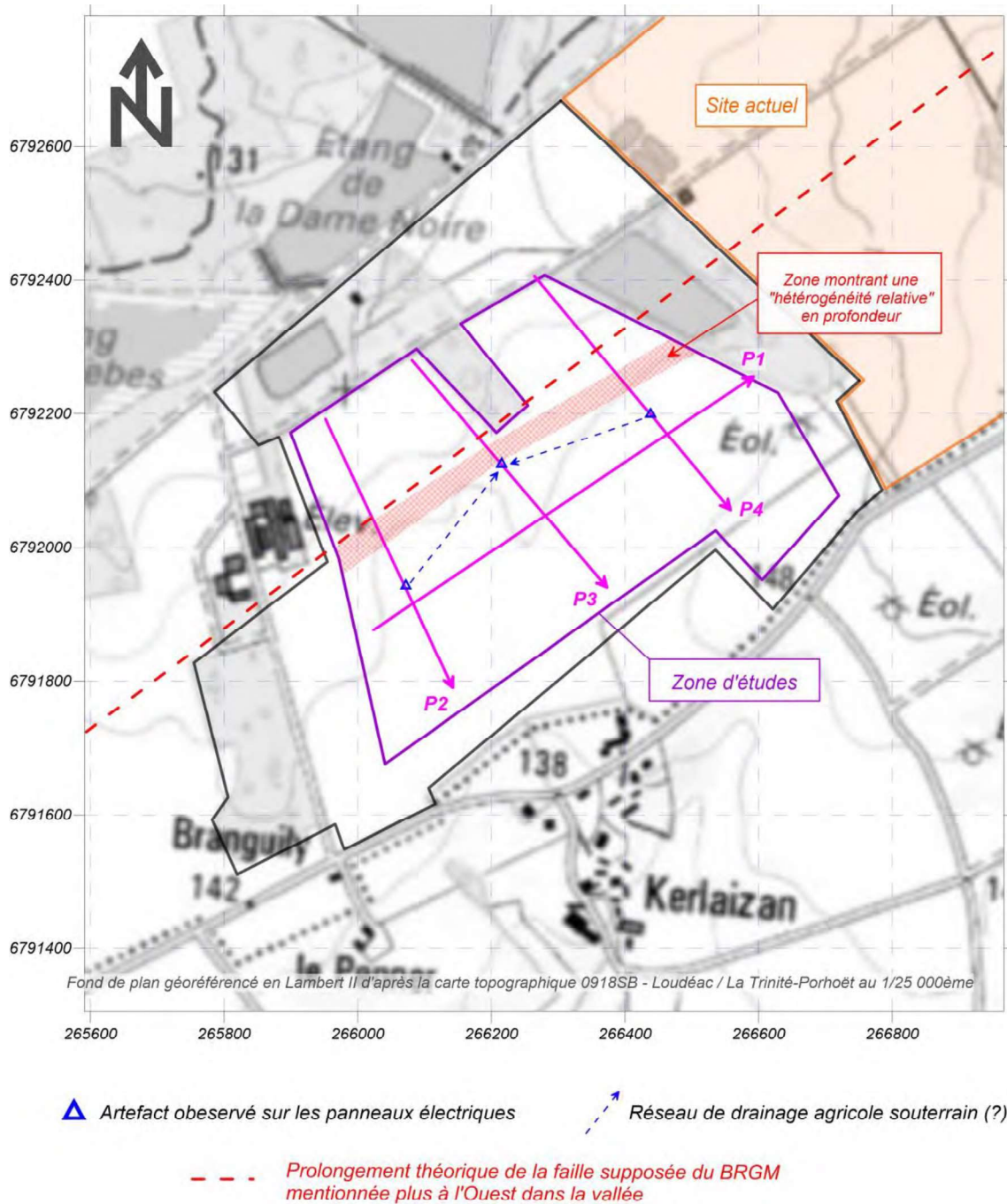
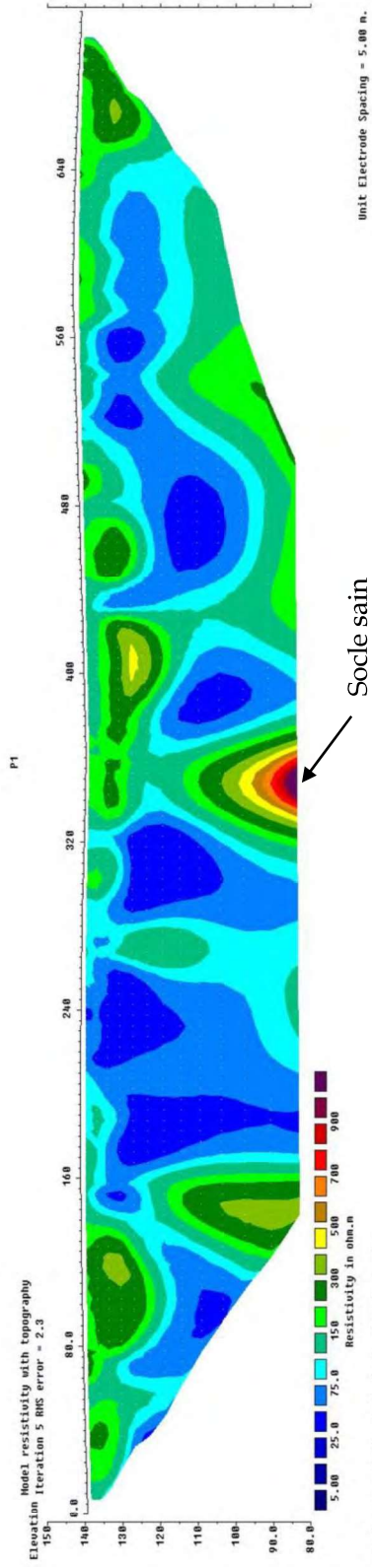


Figure 17. Interprétation des panneaux électriques.

Panneau 1 (SW/NE)



Panneau 4 (Nord-Ouest/Sud-Est)

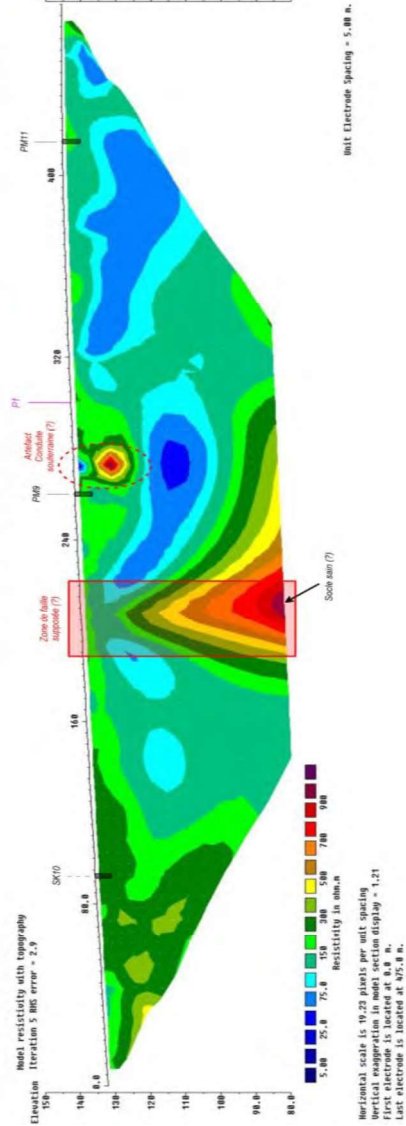


Figure 18. Exemples de panneaux électriques.

3.2.1.2 Couverture électromagnétique du site en sub-surface (EM31)

3.2.1.2.1 Méthodologie et investigation réalisée

Cette méthode d'étude géophysique permet d'obtenir une cartographie de la totalité de la zone investiguée (sans zones de « blanc » comme pourraient le faire les panneaux de résistivité électrique).

Le dispositif consiste à émettre un courant électromagnétique dans le sol par l'intermédiaire d'une bobine émettrice et de réceptionner le champ modifié par le sol par la bobine réceptrice. Les variations du champ magnétique artificiel (champ primaire H_p) provoqué par la circulation du courant alternatif de fréquence f donnée dans la bobine d'un émetteur, induisent de faibles courants dans le sol. Ces courants créent un champ magnétique secondaire H_s mesuré à l'aide d'un récepteur situé à quelques mètres de l'émetteur (voir [schéma 1](#) ci-dessous). Ce champ magnétique secondaire est lié à la conductivité des terrains concernés selon la relation :

$$\rho = k \left(\frac{1}{\mu} \frac{H_s}{H_p} \right)$$

Où

ρ : conductivité apparente
 μ : perméabilité électromagnétique
 k : constante

H_p : champ magnétique primaire
 H_s : champ magnétique secondaire

Les schistes sains sont très peu conducteurs (< 5 mS/m). Les terrains argileux sont, en revanche, très conducteurs (> 50 mS/m). Les horizons silteux ont une conductivité intermédiaire.

3.2.1.2.2 Résultats observés et interprétation

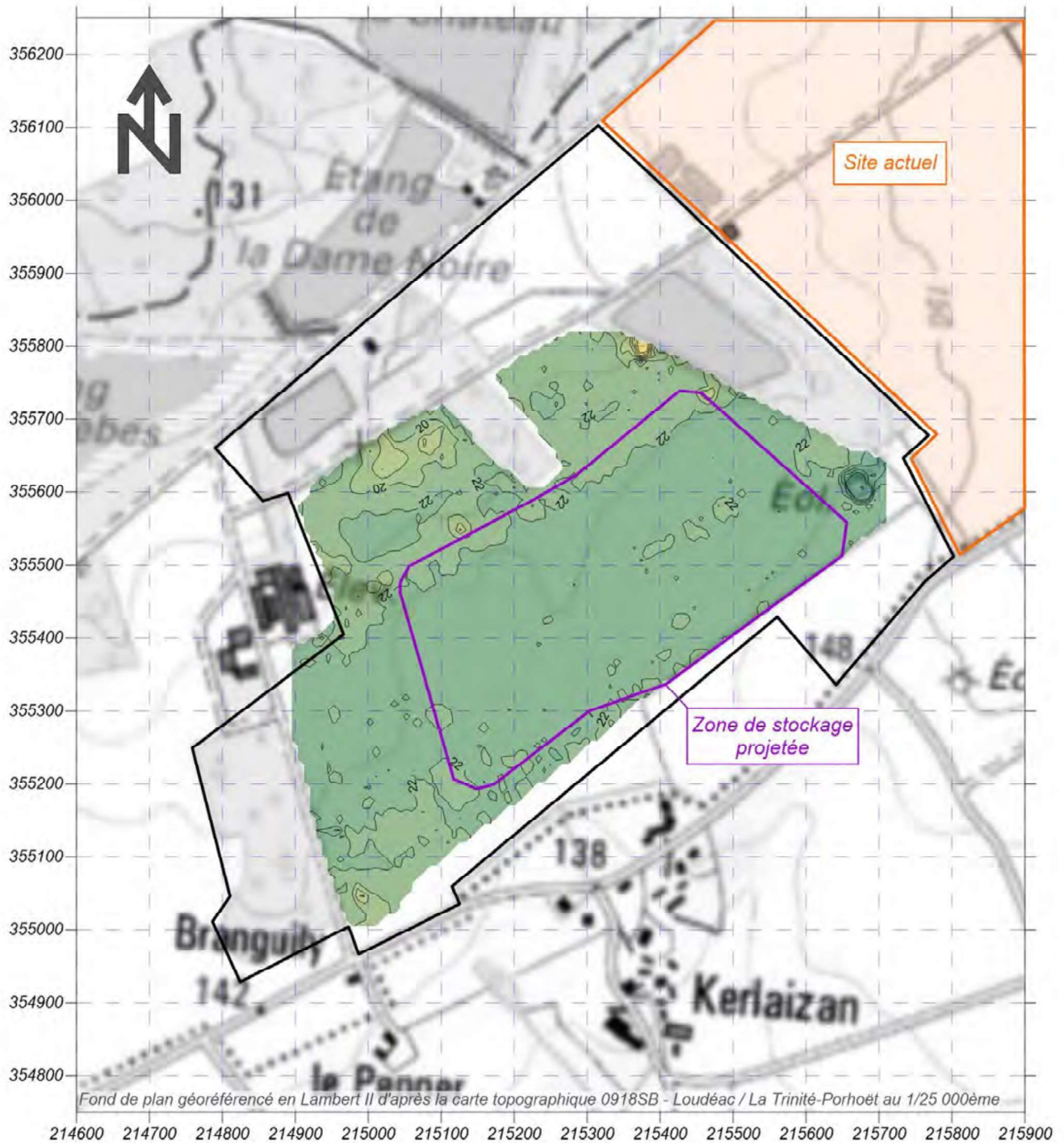
La campagne de mesures fines a consisté en la réalisation de profils linéaires distants de 10 m environ avec des points de mesures tous les 2 mètres. La [figure 19](#) en page suivante illustre la carte de répartition de la conductivité mesurée entre 0 et 6 mètres de profondeur.

Les terrains investigués sont **très homogènes** avec une moyenne à 22,4 mS/m et une médiane à 22,5 mS/m. Quelques valeurs sont anormalement élevées (>30 mS/m et jusqu'à 100 mS/m au niveau de l'éolienne à l'Est : il s'agit d'un artéfact lié à la masse métallique). Les valeurs sont relativement « faibles » ce qui témoigne d'une faible teneur en argile des altérites.

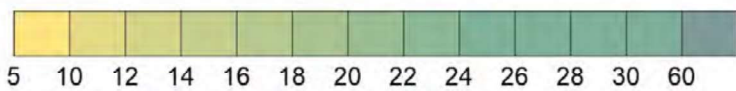
Dans le détail, on peut remarquer une concordance entre la cote topographique et la conductivité :

- En domaine de plateau aux cotes topographiques les plus élevées (et jusqu'à la rupture de pente à l'isohypse 140 m NGF), les mesures de conductivité sont les plus élevées (conductivité d'environ 22 à 24 mS/m) ;
- En flanc de plateau, en dessous de la cote 140 m NGF, les formations se révèlent légèrement plus résistantes (< 22 mS/m).

Cette légère fluctuation spatiale des valeurs de conductivité observées peut s'expliquer par le taux de saturation des horizons investigués (teneur en eau légèrement plus élevée en tête de site où il n'y a pas de pente topographique).



Echelle de répartition de la conductivité des terrains de 0 à 6 mètres (mS/m)



3.2.1.3 Couverture électromagnétique de faible à moyenne profondeur (EM34)

3.2.1.3.1 Méthodologie et investigation réalisée

La technique utilisée (EM34) permet de reconnaître la conductivité des terrains sur une profondeur de 15 m en champs horizontal et de 30 m en champs vertical. Le site a été couvert par 527 points à raison de points tous les 20 m et des profils tous les 40 m environ.

3.2.1.3.2 Résultats observés et interprétation

Champs horizontal (0-15 m) : La carte est présentée en figure 20 en page suivante.

Les valeurs s'échelonnent de 4 mS/m à 12 mS/m pour une moyenne à 6,5 mS/m et une médiane à 6,2 mS/m : les terrains investigués sont **très homogènes**.

Comme pour l'EM31, on observe, grossièrement, une zonation de la conductivité en fonction de la cote topographique :

- Les conductivités apparentes les plus faibles (< 7 mS/m, zones en jaune clair) sont localisées en majorité sur les flancs du plateau et au droit des points bas topographiques (TN < 140 m NGF) ;
- Les zones les plus conductrices (> 7 mS/m, en vert foncé) sont aux cotes topographiques supérieures à 140 m NGF.

Champs horizontal (0-30 m) : La carte est présentée en figure 21 en page 45.

Les valeurs s'échelonnent de 1 mS/m à 12 mS/m pour une moyenne à 6,5 mS/m et une médiane à 6,4 mS/m : ces valeurs ont une très faible étendue et sont relativement basses dans l'ensemble. Elles sont révélatrices de terrains plus résistants en profondeur.

La carte n'amène pas de remarques particulières ; Les valeurs sont très similaires à la carte d'étendue 0 à 15 mètres ce qui témoigne d'une épaisseur importante des horizons d'altération au-dessus du socle (> 30 mètres d'altérites).

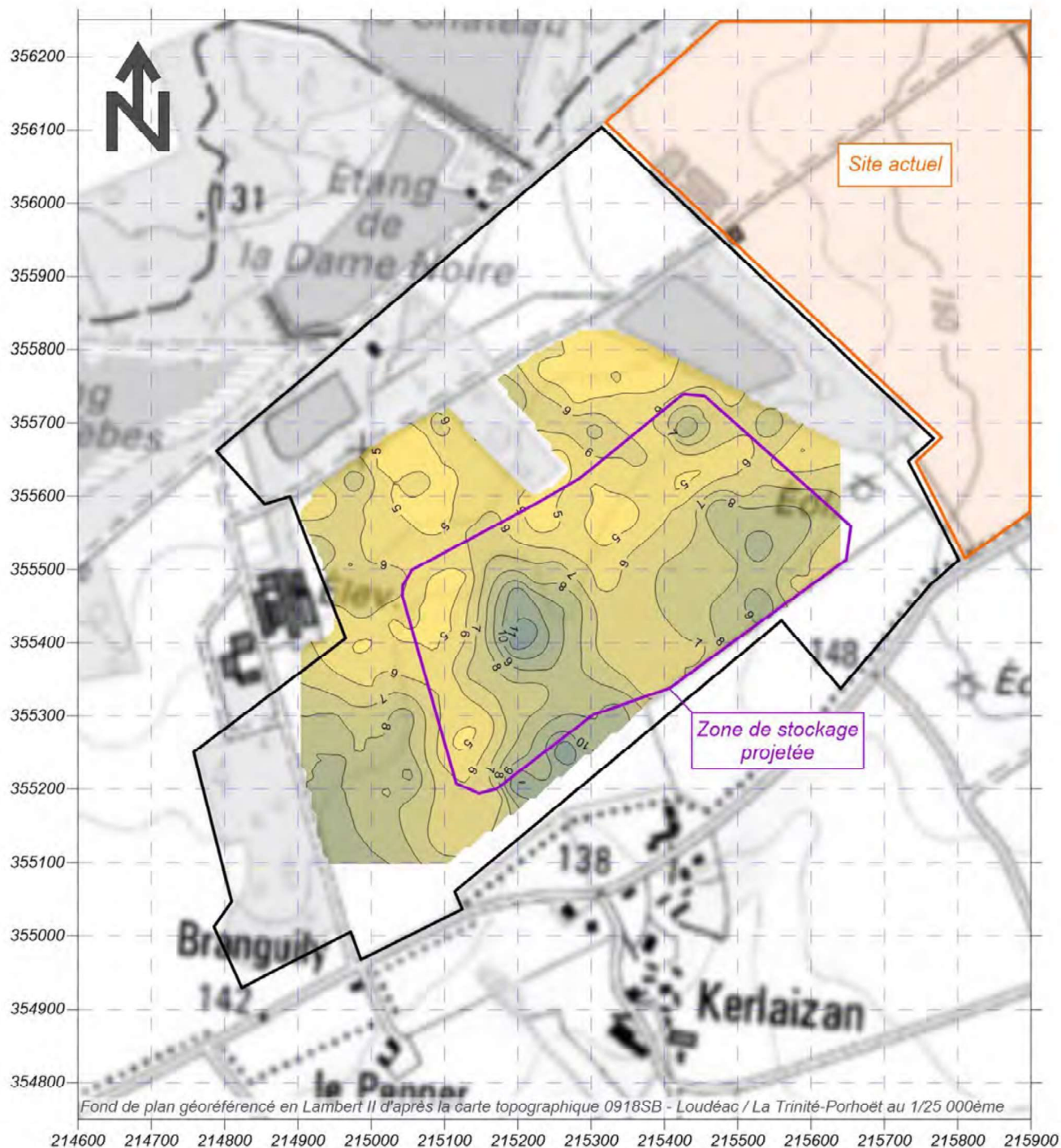
La carte ne met pas en évidence de discontinuité électromagnétique.

3.2.1.4 Synthèse des investigations électromagnétiques

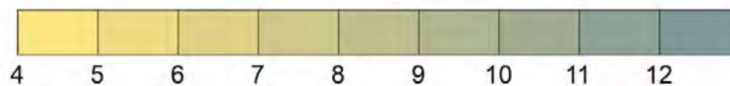
Les 3 cartes réalisées ont mis en évidence l'extrême homogénéité des terrains investigués. En particulier, aucune discontinuité n'a été mise en évidence sur les 30 m testés (notamment, la zone hétérogène mise en évidence dans les panneaux électriques à forte profondeur n'a pas d'incidence visible sur les cartes EM).

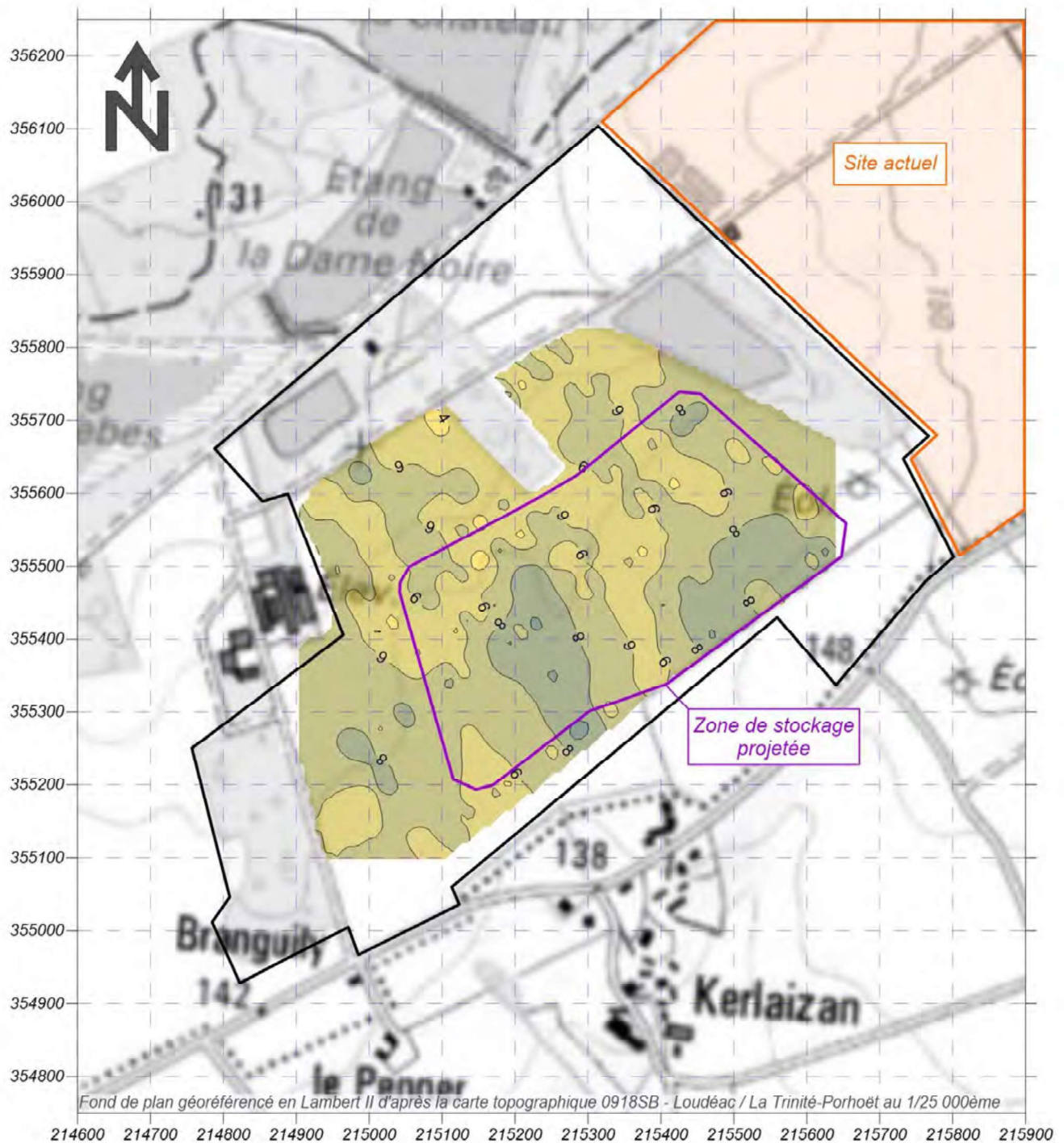
Quand on compare, maintenant, les 3 cartes de conductivités apparentes sur les 3 profondeurs d'investigations (6 ; 15 et 30 m), on observe une baisse de la conductivité vers la profondeur surtout entre la tranche 0-6 m et 0-15 m (pas d'évolution ensuite si ce n'est les valeurs les plus faibles mesurées sur la tranche 0-30 m). Cette évolution est à rapprocher du degré d'altération des altérites : plus elles sont à un stade d'altération important, plus elles sont conductrices (argileuses).

Les valeurs révèlent cependant une teneur en argile vraisemblablement faible vu les gammes de conductivité obtenues.

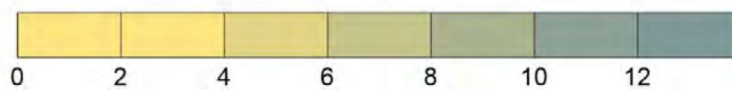


Echelle de répartition de la conductivité des terrains de 0 à 15 mètres (mS/m)





Echelle de répartition de la conductivité des terrains de 0 à 30 mètres (mS/m)



3.2.2 Nouveaux sondages réalisés en 2022

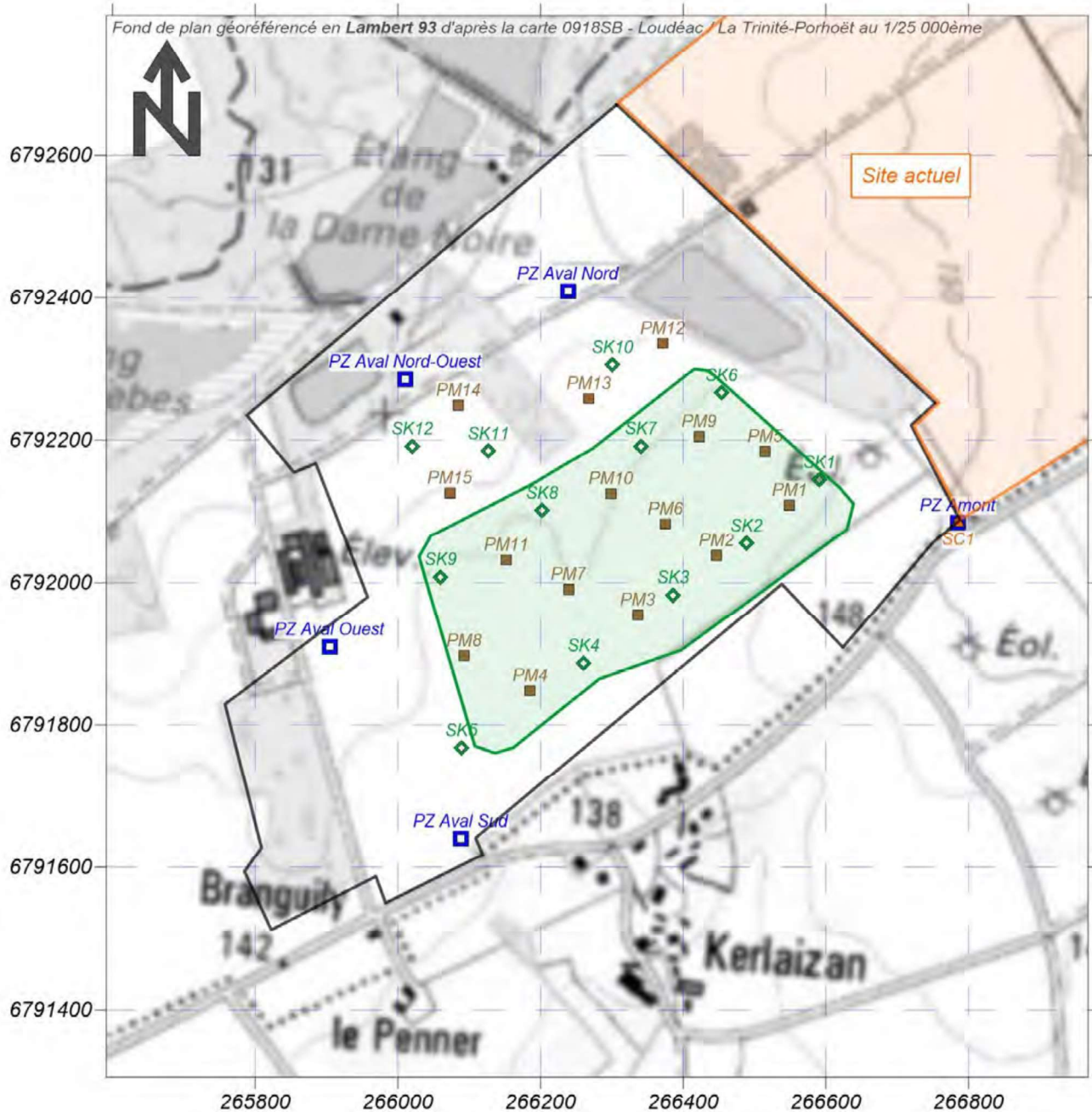
33 nouveaux sondages ont été réalisés au droit de la zone d'études par l'entreprise GÉOTEC entre janvier et mars 2022 (voir détail de leur intervention en [annexe 6](#)) sur la base du cahier des charges défini par ACG Environnement et validé par Suez. Les sondages profonds (hors fouilles à la pelle) ont fait l'objet d'une déclaration au code minier et des DT/DICT préalables.

Les ouvrages sont localisés dans la [figure 22](#) en page suivante et sont énumérés dans le [tableau 4](#) ci-dessous). Les sondages réalisés sont les suivants :

- Un sondage carotté SC a été implanté au point haut du site au Sud-Est afin de recouper toute la succession lithologique locale (30 mètres linéaires carottés) ;
- Cinq piézomètres qui viennent compléter le réseau existant sur le site actuel et quadriller la zone d'extension projetée dans le sens d'écoulement attendu des eaux souterraines ;
- 12 sondages destructifs pour essais de perméabilité in situ (SK1 à SK12) selon un ratio de 0,5 sondages à l'hectare de site initial théorique ;
- 15 fouilles à la pelle hydraulique pour reconnaissance des formations d'altération de sub-surface ont été réalisées en complément des sondages destructifs afin d'avoir un maillage d'investigation fin pour valider l'homogénéité des formations.

Nom ACG	Nature	Coordonnées (Lambert 93)		Z (NGF)	Fond		Objectif
		X	Y		Prof. (en m)	Cote (NGF)	
SC1 / PZ Amont	Sondage carotté / PZ	266785	6792084	150,14	30,00	120,14	Reconnaitre la succession lithologique jusqu'à 10 mètres sous le FDF (-8m /TN)
PZ Aval Ouest	Piézomètre pour niveaux superficiels	265904	6791910	135,39	17,00	118,39	Piézomètres interceptant le premier niveau de saturation superficiel
PZ Aval Nord-Ouest		266010	6792286	129,80	13,00	116,80	
PZ Aval Nord		266238	6792409	132,18	10,00	122,18	
PZ Aval Sud		266088	6791640	140,67	15,00	125,67	
SK1	Sondage pour essai de perméabilité	266591	6792150	145,14	7,30	137,84	Sondages pour test de la perméabilité des terrains selon la norme NF X 30-423
SK2		266488	6792061	144,54	8,00	136,54	
SK3		266386	6791986	142,63	9,00	133,63	
SK4		266261	6791889	141,58	3,20	138,38	
SK5		266088	6791773	140,56	8,00	132,56	
SK6		266469	6792243	140,34	10,00	130,34	
SK7		266361	6792163	139,93	10,00	129,93	
SK8		266218	6792077	139,36	10,00	129,36	
SK9		266079	6791985	138,27	11,00	127,27	
SK10		266300	6792313	136,47	3,40	133,07	
SK11		266128	6792192	135,08	7,21	127,87	
SK12		266023	6792195	132,33	8,00	124,33	
PM1	Fouille à la pelle mécanique	266549,21	6792108,99	144,00	4,50	139,50	Reconnaissance géologique de sub-surface et prélèvement d'échantillons
PM2		266446,71	6792037,87	143,00	4,90	138,10	
PM3		266336,11	6791954,83	142,00	4,70	137,30	
PM4		266185,35	6791848,13	142,00	4,70	137,30	
PM5		266514,85	6792184,22	142,00	4,30	137,70	
PM6		266375,12	6792082,43	141,00	4,00	137,00	
PM7		266239,47	6791990,59	140,00	4,20	135,80	
PM8		266092,81	6791896,84	141,00	4,10	136,90	
PM9		266422,08	6792204,96	141,00	4,70	136,30	
PM10		266298,52	6792125,02	140,00	3,90	136,10	
PM11		266151,86	6792031,27	140,00	4,70	135,30	
PM12		266371,17	6792335,28	136,00	4,50	131,50	
PM13		266267,62	6792258,18	136,00	4,10	131,90	
PM14		266084,67	6792248,67	131,00	3,40	127,60	
PM15		266072,68	6792125,85	135,00	4,40	130,60	

Tableau 4. Nouveaux sondages.



- ▲ Sondage carotté équipé en piézomètre (1)
- Piézomètres complémentaires au réseau de contrôle existant (5)
- ◆ Sondages pour essais de perméabilité NFX30-423 (12)
- Fouilles à la pelle mécanique (15)

3.2.3 Données lithologiques

L'analyse du contexte régional ([chapitre 2.3, page 18](#) et suivantes) a permis de définir les grands ensembles lithologiques. En tout point, le site étudié est recouvert par des formations d'altération dont l'épaisseur varie en lien avec la topographie de la zone. Ainsi deux grands ensembles lithologiques peuvent être définis de haut en bas :

- Les altérites du socle s'organisent selon 2 faciès :
 - Les allotérites, terme ultime de l'altération au sommet (formation la plus argileuse) ;
 - Les isaltérites, plus en profondeur, dont le degré d'altération baisse avec la profondeur.
- En profondeur, et sous les altérites, le « socle » fissuré qui correspond au début d'altération du socle fin (non recoupé en forages, trop profond).

Le [schéma 1](#) présenté ci-après illustre la succession des différents faciès et replace ceux rencontrés au droit de la zone d'études (encadrés en rouge)

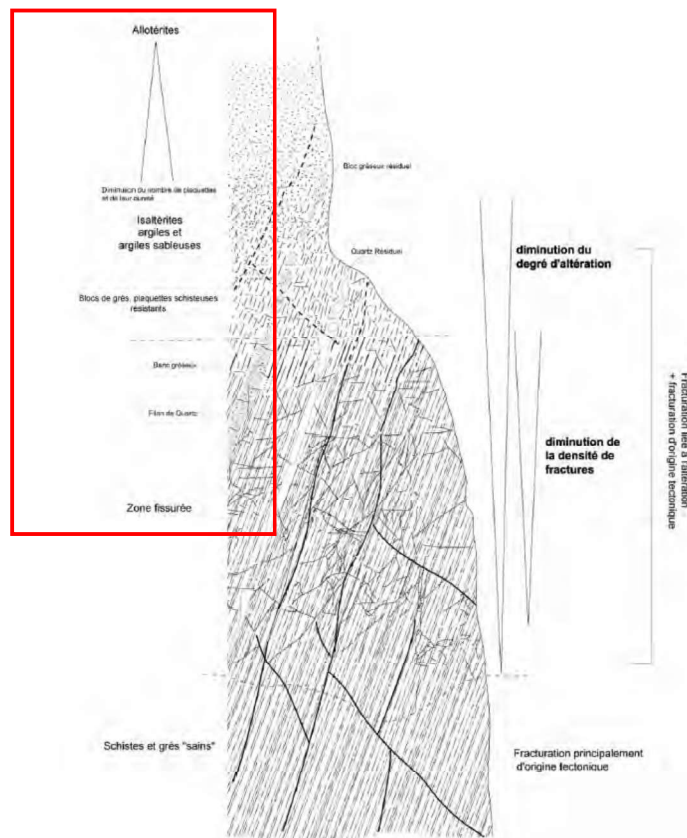


Schéma 1. Profil d'altération type des formations schisto-gréseuses (Notice 0314N).

Les diverses investigations menées en 2022 ont permis de préciser les différents horizons sur l'ensemble du site.

La description des faciès a été réalisée par deux géologues : Boris BRETAUDEAU et Nicolas RODOLPHE d'ACG Environnement qui ont une bonne connaissance des faciès lithologiques de la région armoricaine. Seul le sondage carotté et les fouilles à la pelle hydraulique ont permis de décrire et de distinguer en visuel les différents faciès d'altérites. Les levés réalisés par ACG sont détaillés en [annexe 7](#). Il n'a pas été possible de distinguer les altérites en place des altérites remaniées telles que décrites dans la carte géologique (même nature).

Les sondages destructifs (SK et PZ) ont permis d'identifier la transition entre les altérites et le socle fissuré (horizon rocheux identifiable en foration).

Les sondages de 2022 ont été diagraphiés par diagraphies gamma-ray afin de réaliser des corrélations entre les sondages destructifs les plus profonds et le sondage carotté de référence SC (PZ Amont).

Les principaux faciès observés en fouilles et dans le sondage carotté sont illustrées par la [planche photo 1](#) en [page 50](#). Les données pertinentes sont reprises dans le [tableau 5](#) en [page 51](#). Les paragraphes ci-après reprennent la description des horizons rencontrés en fonction de la profondeur (du haut vers le bas).

3.2.3.1 Les Limons quaternaires

L'épaisseur des limons est décimétrique (souvent inférieur à 0,5 m). On les retrouve sur l'ensemble des sondages. Dans le sondage carotté (SC), les limons sont bruns et présentent une légère texture argileuse. Ils sont de nature limono-argileuse et la transition avec les altérites sous-jacentes est nette (changement de couleur, passage du brun à l'ocre).

3.2.3.2 Les allotérites

Les allotérites sont identifiables en forage par leur texture soyeuse au touché. Elles sont de nature silto-argileuse ocre à rouille.

Elles se développent directement sous les limons sur une épaisseur faible (0,5 m environ sur les SK). Au droit des fouilles à la pelle, l'épaisseur varie de 0,7 m sur PM1, PM5 et PM10 à 1,7 m sur PM9.

Dans le sondage carotté au point haut du site (zone où l'altération est la plus importante), il a été observé des passées d'argiles blanchâtres à rosées de 7 à 10 m de profondeur. C'est le seul ouvrage où la kaolinite (faciès typique des allotérites) a été observée.

3.2.3.3 Les isaltérites

On les retrouve sur l'ensemble des sondages réalisés. Ces formations d'altération se différencient des allotérites sus-jacentes par une nature principalement silteuse (non argileuse).

Les isaltérites du socle schisteux sont de teinte grisâtre (parfois verdâtre) et s'étendent sur une épaisseur variable en fonction de la cote topographique (épaisseur moyenne d'environ 3 mètres, 6,6 m sur SC en tête de site, moins de 2 m sur PM14).

Elles surplombent le faciès rocheux fissuré du socle. La transition entre altérites et socle altéré est franchement marquée et a bien été reconnue en forages.

3.2.3.4 Le socle schisteux fissuré du Briovérien

Le socle Briovérien altéré a été recoupé sur une quinzaine de mètres au droit du sondage carotté (de 16,4 m à 30 m) sans pour autant atteindre le faciès dit de « socle sain ». Le faciès moyen est une siltite indurée grisâtre (teinte donnée aux isaltérites sus-jacentes) qui tranche nettement avec les isaltérites. En gamma-ray, la signature est très nette (oscillation rythmique entre 70 et 90 cps). On la différencie des altérites sus-jacentes par la conservation de la structure originelle de la roche (foliation visible) qui ne l'est plus dans les altérites meubles.

Il a été touché au droit de certaines fouilles à la pelle notamment sur PM14 à 3,4 m de profondeur seulement (la plus au nord aux cotes topographiques les plus basses). La schistosité et les litages de la roche originelle sont bien observables et les plans de foliation qui ont pu être observés en flancs de fouilles à la pelle et dans le sondage carotté, sont quasiment sub-verticaux).

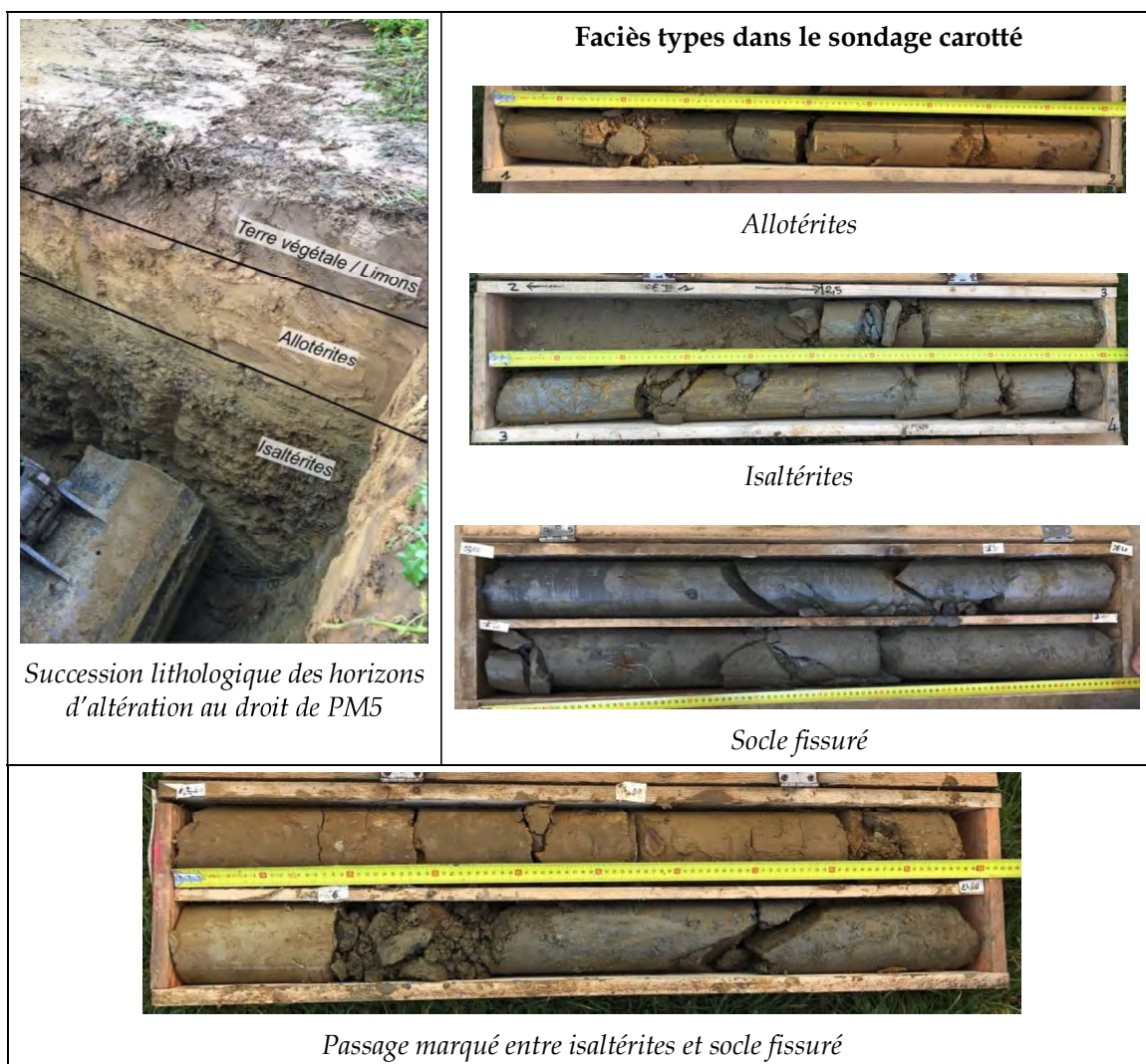
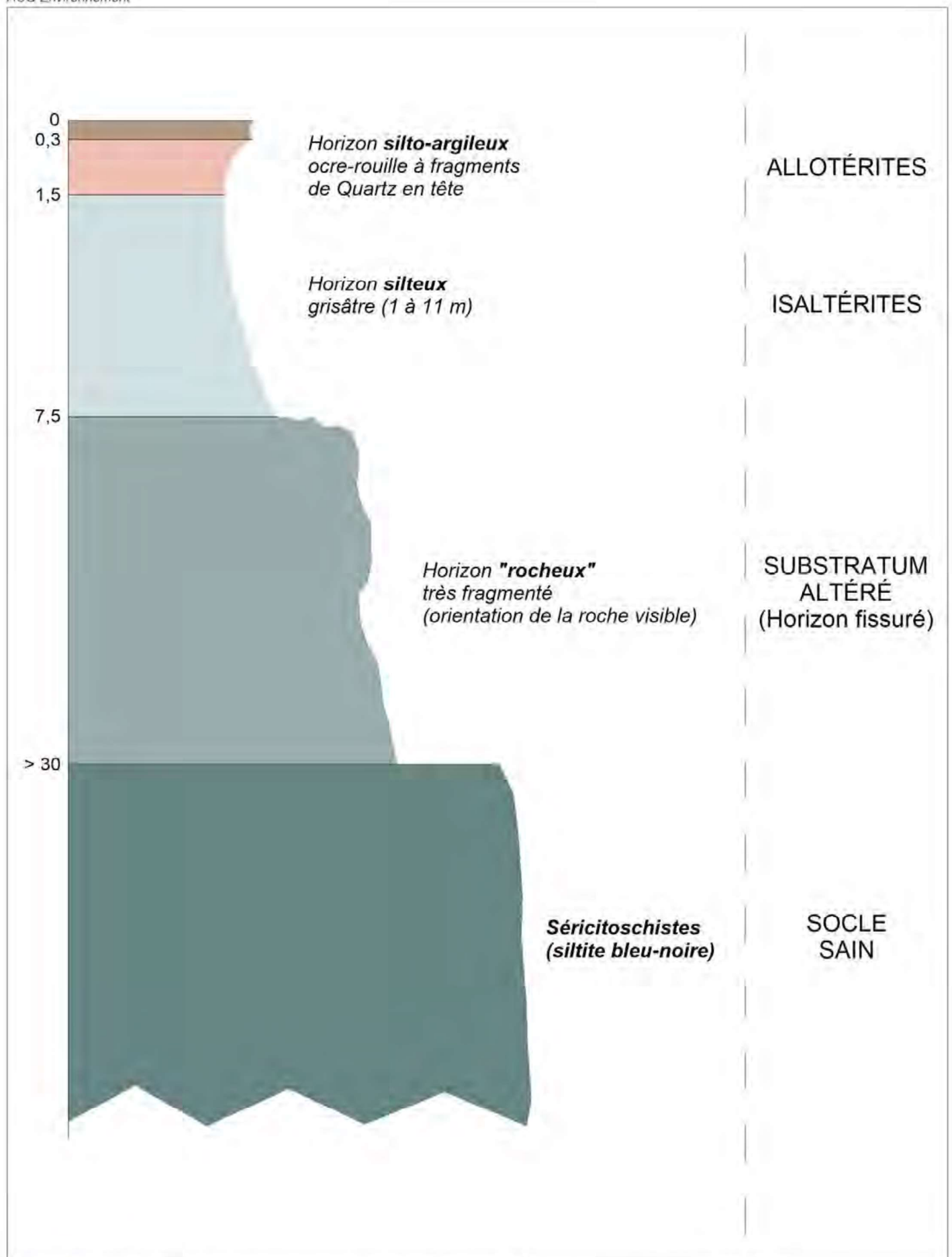


Planche photo 1. Faciès lithologiques rencontrés en sondages.

Nom ACG	Coordonnées (Lambert 93)		Z (NGF)	Altération silto-argileuse (altérite)			Schiste altéré "rocheux"		
	X	Y		Prof. du toit (en m)	Cote du toit (en m NGF)	Epaisseur (m)	Prof. du toit (en m)	Cote du toit (en m NGF)	Epaisseur (m)
SC1 / PZ Amont	266785	6792084	150,14	0	150,14	16,60	16,6	133,54	nd.
PZ Aval Ouest	265904	6791910	135,39	0	135,39	5,00	5	130,39	nd.
PZ Aval Nord-Ouest	266010	6792286	129,80	0	129,80	2,30	2,3	127,50	nd.
PZ Aval Nord	266238	6792409	132,18	0	132,18	1,50	1,5	130,68	nd.
PZ Aval Sud	266088	6791640	140,67	0	140,67	8,20	8,2	132,47	nd.
SK1	266591	6792150	145,14	0	145,14	nd.			
SK2	266488	6792061	144,54	0	144,54	nd.			
SK3	266386	6791986	142,63	0	142,63	nd.			
SK4	266261	6791889	141,58	0	141,58	nd.			
SK5	266088	6791773	140,56	0	140,56	nd.			
SK6	266469	6792243	140,34	0	140,34	nd.			
SK7	266361	6792163	139,93	0	139,93	nd.			
SK8	266218	6792077	139,36	0	139,36	8,60	8,6	130,76	nd.
SK9	266079	6791985	138,27	0	138,27	6,40	6,4	131,87	nd.
SK10	266300	6792313	136,47	0	136,47	4,20	4,2	132,27	nd.
SK11	266128	6792192	135,08	0	135,08	5,30	5,3	129,78	nd.
SK12	266023	6792195	132,33	0	132,33	5,20	5,2	127,13	nd.
PM1	266549	6792109	144	0	144	3,7	3,7	140,3	nd.
PM2	266447	6792038	143	0	143	nd.			
PM3	266336	6791955	142	0	142	4,5	4,5	137,5	nd.
PM4	266185	6791848	142	0	142	nd.			
PM5	266515	6792184	142	0	142	3,5	3,5	138,5	nd.
PM6	266375	6792082	141	0	141	4,0	4,0	137,0	nd.
PM7	266239	6791991	140	0	140	nd.			
PM8	266093	6791897	141	0	141	4,0	4,0	137,0	nd.
PM9	266422	6792205	141	0	141	nd.			
PM10	266299	6792125	140	0	140	nd.			
PM11	266152	6792031	140	0	140	nd.			
PM12	266371	6792335	136	0	136	nd.			
PM13	266268	6792258	136	0	136	nd.			
PM14	266085	6792249	131	0	131	3,4	3,4	127,6	nd.
PM15	266073	6792126	135	0	135	nd.			

Tableau 5. Données lithologiques des sondages.



3.2.4 Illustrations : cartes et coupes géologiques du site

La synthèse des investigations géologiques (description des carottes, corrélations diagraphiques...etc) a permis de réaliser des figures illustrant le contexte du site en plan et en coupe :

- La carte géologique du toit des horizons rocheux (socle fissuré) qui sert de niveau de base à la définition de la barrière passive du projet : Ces horizons, indurés limitent le décaissement « aisé » possible (figure 24, page 54) ;
- La carte des épaisseurs des horizons de couverture au-dessus du socle fissuré (figure 25, page 55) ;
- 2 coupes géologiques (longitudinale et transversale au projet) en figures 26 et 27, pages 56 et 57).

3.2.4.1 Carte du toit du « Socle fissuré »

La carte du toit du « socle » fissuré (figure 24) varie de 133,54 m NGF au sud-est au droit du sondage carotté à près de 127 m NGF au nord (secteur SK12 et PZ aval nord-ouest). Il existe un léger plongement vers le Nord-Ouest d'environ 1,2 % (quasiment plat).

Cette morphologie du toit du socle altéré est en corrélation avec la topographie locale et valide l'analyse générale (l'altération des formations du socle est à relier au dénivelé topographique local et à l'érosion).

3.2.4.2 Carte d'épaisseur des horizons de couverture

Cette esquisse grossière réalisée à partir d'une simple interpolation linéaire des points de sondages. Elle est à prendre comme ordre de grandeur car il n'y a pas assez de points de mesures pour représenter l'allure exacte des épaisseurs de couverture au-dessus du socle rocheux (elle ne prend pas en compte les variations de l'altitude du terrain naturel en dehors des points de sondage).

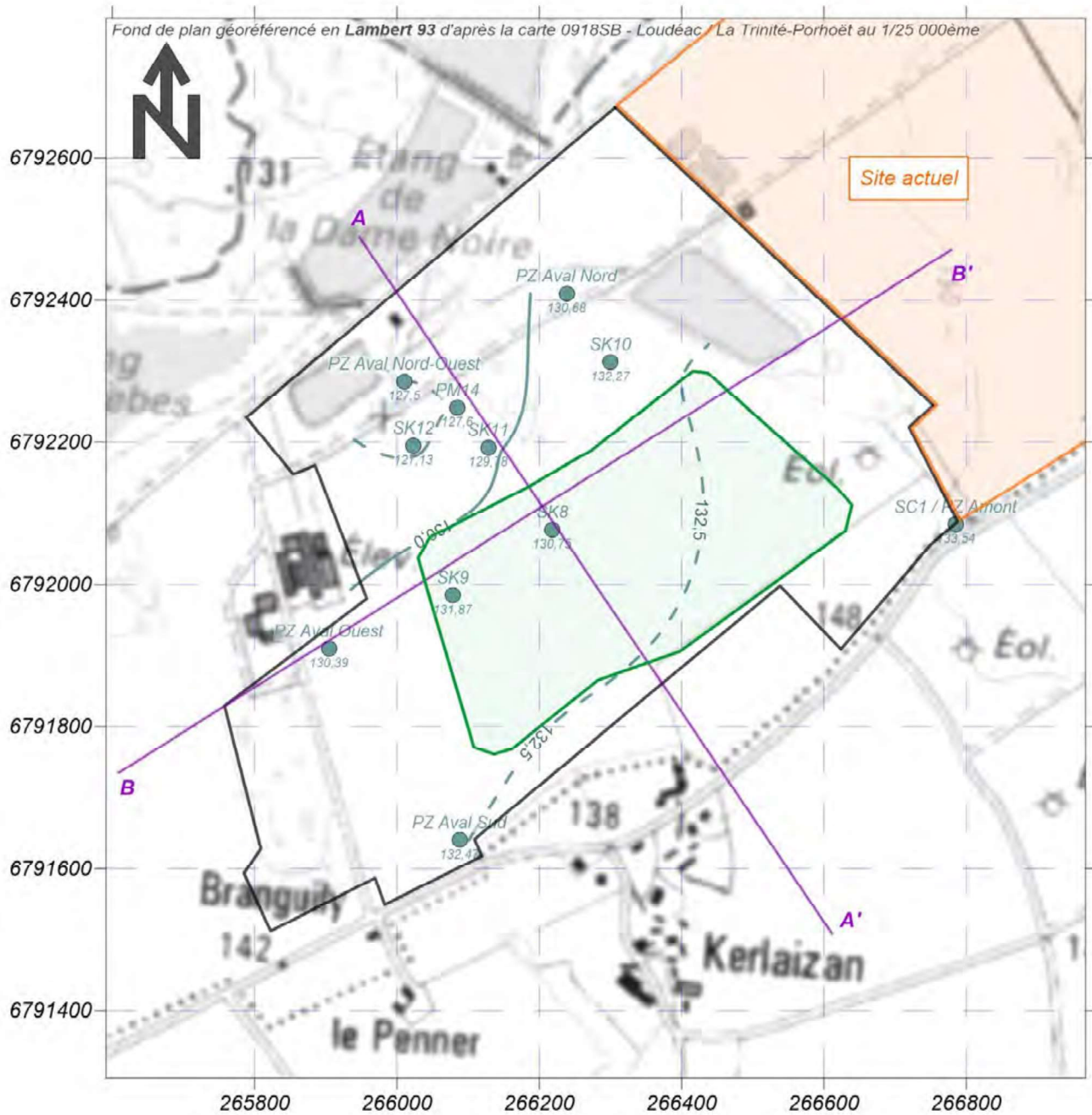
Les altérites ont une épaisseur moyenne de 7,5 m environ (au centre du site) et varie de plus de 15 m au sud du site (SC au point haut) où elles ont été épargnées de l'érosion à moins de 2 m en aval (1,5 m sur PZ Aval Nord).

3.2.4.3 Coupes géologiques du site

Deux coupes géologiques (1 longitudinale et 1 transversale au projet) ont été tracées afin d'illustrer, dans un plan, les différentes interfaces lithologiques. L'échelle des hauteurs a été exagérée pour plus de lisibilité.

Les coupes présentent 2 ensembles principaux (de bas en haut) :

- A la base, le socle rocheux indifférencié entre son faciès fissuré et sain ;
- Au sommet, les altérites du socle indifférenciées qui constituent les horizons de couverture aisément décaissables.



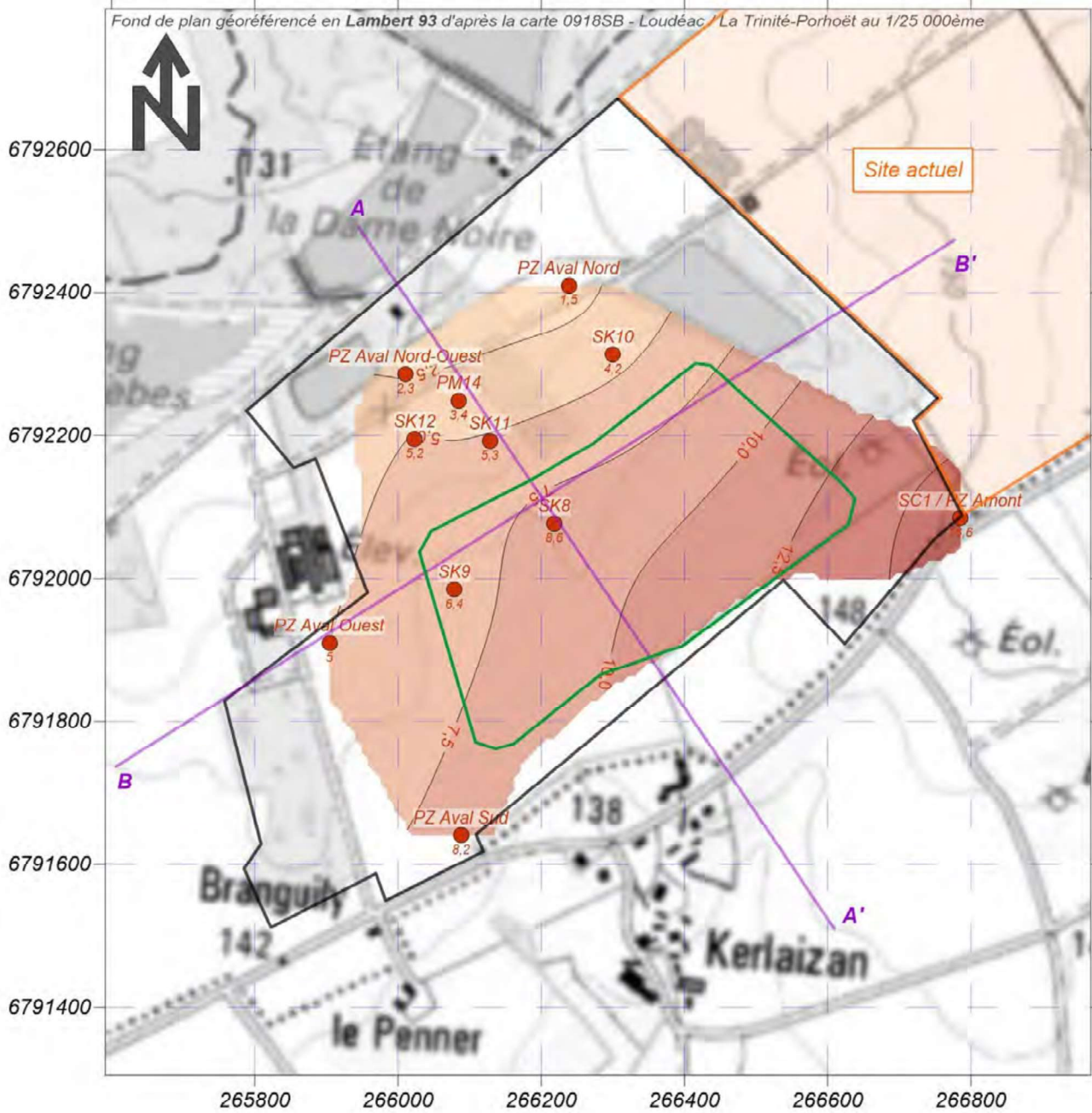
● Sondages géologiques de référence

SC : Sondage carotté

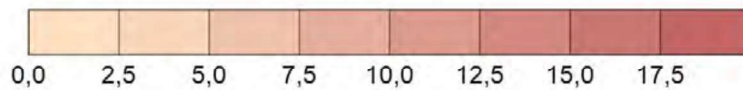
PZ : Piézomètre

SK : Sondage destructif

PM : Fouille à la pelle mécanique

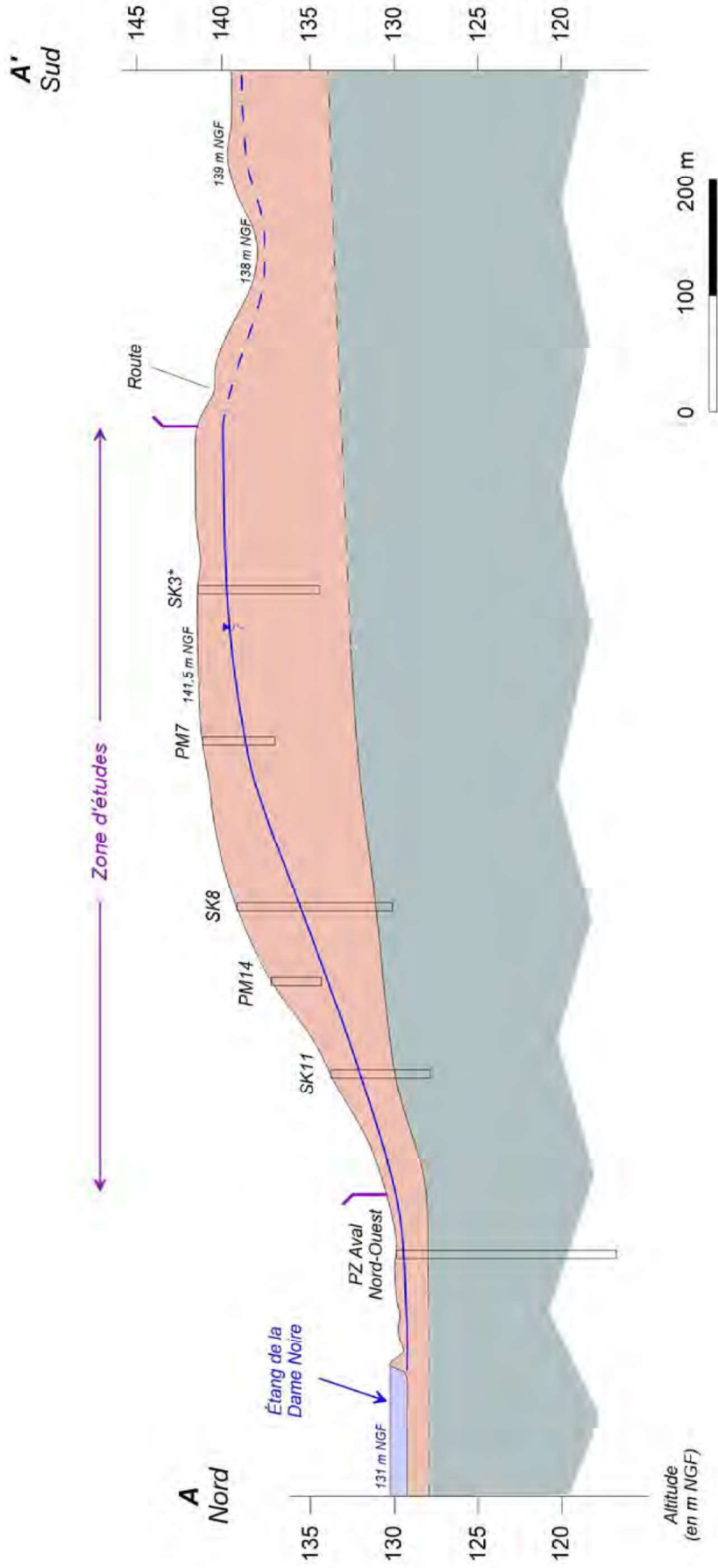


Epaisseur des horizons de couverture (en m)



● Sondages géologiques de référence

SC : Sondage carotté
 PZ : Piézomètre
 SK : Sondage destructif
 PM : Fouille à la pelle mécanique



Horizons de couverture indifférenciés :

- Terre végétale ;
- Allotérite (silt-argileux ocre-rouille) ;
- Isalérite (silt grisâtres).

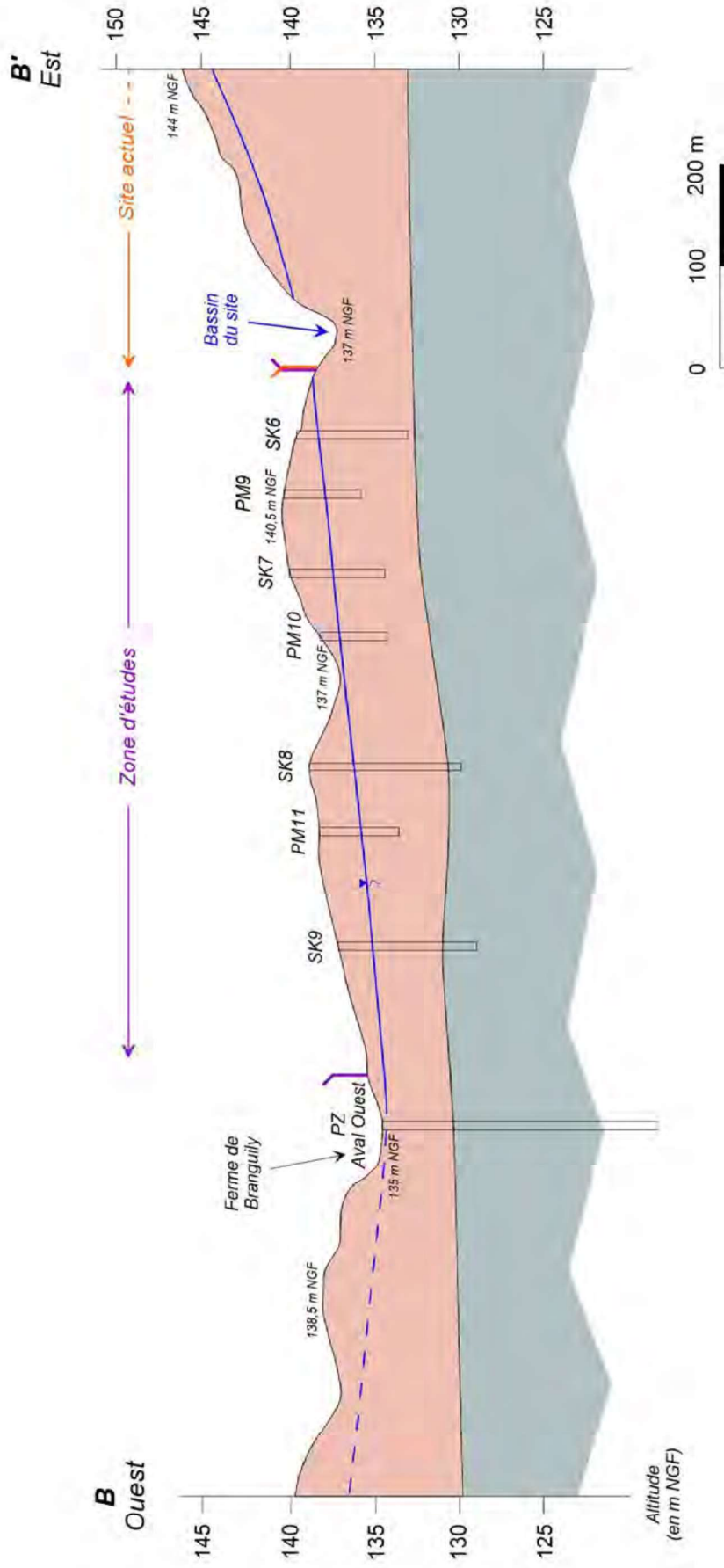
Substratum "rocheux", socle schisteux altéré (Briovérien)



Projet de poursuite d'exploitation de l'ISDND de Gueltas (56)

ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Figure 26.
Coupe schématique Nord-Sud



Horizons de couverture indifférenciés :

- Terre végétale ;
- Allotérite (silt-argileux ocre-rouille) ;
- Isaltérite (silt grisâtres).



Substratum "rocheux", socle schisteux altéré (Briovérien)

3.2.5 Perméabilité de la barrière passive

3.2.5.1 Objectif

L'objectif des essais de perméabilité en sondage dans les couches participant à la barrière dite de « sécurité passive », vise à satisfaire la prescription réglementaire définie par l'article 8 de l'arrêté ministériel (5 m à $k < 1. 10^{-6}$ m/s et 1 m à $k < 1. 10^{-9}$ m/s).

Par retour d'expérience, les normes d'essais ont évolué et les « anciens » essais réalisés jadis selon la norme NFP 94-132 (essais « Lefranc ») ne sont plus recevables en termes de quantification du degré d'imperméabilité si la perméabilité est inférieure à 10^{-6} m/s.

En effet, compte-tenu des faibles perméabilités qui caractérisent les matériaux peu à très peu perméables comme les argiles ou les sables fins argileux ($k < 1. 10^{-6}$ m/s), seuls les essais in situ adaptés aux gammes de mesures inférieures à $1. 10^{-6}$ m/s qui suivent les normes de l'AFNOR NF X 30-423 ou NF X 30-424 de mise en œuvre doivent être pris en compte pour la quantification du degré d'imperméabilité.

Les essais de type Lefranc ou Nasberg (NFP 94-132) qui étaient utilisés jadis, sont recevables aujourd'hui pour des perméabilités comprises entre 10^{-4} et 10^{-6} m/s. Ils ne s'appliquent plus aux formations peu perméables dont les coefficients sont inférieurs à 10^{-6} m/s.

3.2.5.2 Essais historiques issus du site actuel

2 campagnes de mesures ont été réalisées lors des précédents dossiers pour la zone de l'ISDND actuelle :

- En 1993, dans le cadre de l'étude de qualification du site de Gueltas, 21 essais de perméabilité ont été menés :
 - 9 d'entre eux l'ont été au double anneau sur les matériaux présent en surface des futurs casiers ;
 - 8 essais utilisant la méthode Lefranc ont eu lieu sur les sondages carottés SC1 et SC4 historiques à différentes profondeurs ;
 - 4 essais ont été réalisés par interprétation de tests de pompage au sein de 4 piézomètres (PZ4, PZ6, PZ8 et PZ10).
- En 2006, lors de la dernière extension du site, BURGÉAP a testé les altérites au droit de 19 sondages selon les essais suivants :
 - 2 essais au laboratoire après compactage des matériaux à l'optimum proctor ;
 - 55 essais Lefranc répartis sur 11 points de forage à différentes cotes ;
 - 6 essais Lefranc sur des piézomètres pendant des tests de pompage.

3.2.5.3 Nouveaux essais de perméabilité au droit de la zone d'extension

3.2.5.3.1 Investigations menées

Entre janvier et mars 2022, GÉOTEC a réalisé 16 essais de perméabilité in situ répartis dans 12 sondages au droit de la zone d'extension initiale étudiée pour les cotes de la barrière passive selon la norme NFX 30-423 (voir localisation en [figure 22](#), page 47) :

- SK1*, SK4, SK10* et SK12* afin de tester les flancs ;
- SK1*, SK2, SK3, SK5*, SK6, SK7, SK8, SK9, SK10*, SK11 et SK12* en fond.

**Sondages dont un doublet a été réalisé afin de tester les flancs et le fond ou différentes cotes de fond.*

Le ratio de sondages pour essais de perméabilité est supérieur à 0,5 sondage par hectare pris en application du guide des bonnes pratiques (FDX 30-438). L'homogénéité démontrée des formations sur la zone étudiée (géophysique et sondages géologiques) conjuguée à la bonne connaissance locale historique (nombreux sondages avec essais de perméabilité) permettent de limiter le nombre de sondages pour essais de perméabilité.

Dans le cadre du projet, l'objectif est de démontrer la recevabilité des formations silto-argileuses à accueillir la base de la barrière de sécurité passive (5 m à $K < 10^{-6}$ m/s) étant entendue que le sommet de la barrière (1 m à $K < 10^{-9}$ m/s) sera reconstitué (par apport d'argile sur 1 mètre comme déjà mise en œuvre sur le site actuel ou reconstituée avec les matériaux du site traités à la bentonite).

3.2.5.3.2 Résultat des essais de perméabilité

L'ensemble des résultats est consigné :

- Dans les [tableaux 6 et 7](#) pour les essais historiques (normes non recevables aujourd'hui) ;
- Dans le [tableau 8](#) pour les essais réalisés en 2022 selon les normes actuelles ;
- Dans le [tableau 9](#) en synthèse en fonction de la position des essais.

Pour la seule zone d'extension et pour les essais réalisés en 2022 (norme actuelle), la perméabilité des horizons de couverture varie entre $1,1 \cdot 10^{-7}$ et $4,0 \cdot 10^{-6}$ m/s. Les perméabilités mesurées sont peu étendues (écart type de 36,4) ce qui témoigne d'une bonne homogénéité des horizons de couverture au sens du guide des bonnes pratiques. Cela confirme les nombreuses investigations précédentes (géophysique et sondages géologiques). Les altérites silto-argileuses présentent une gamme de perméabilité relativement homogène en tout point et sont bien dans des gammes dites de semi-perméabilité (elles ne sont pas aquifères au sens hydrogéologique du terme).

Sur l'ensemble des essais, il ressort que sur les 16 essais réalisés :

- 11 d'entre eux se révèlent conformes aux attentes de l'arrêté ministériel pour les ISDND, à savoir que la perméabilité est inférieure à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s ;
- 5 d'entre eux sont non conformes ($> 10^{-6}$ m/s). Ces non-conformités peuvent s'expliquer par la nature des horizons testés ou par la géométrie des lanternes de mesures. En effet, certaines lanternes en flancs se situent quasiment en sub-surface avec risque de fuite liée à la décompression des terrains (cas du SK10).

Pour les essais spécifiquement en fond de projet, la perméabilité moyenne est de $9,5 \cdot 10^{-7}$ m/s pour une médiane à $4,2 \cdot 10^{-7}$ m/s. Néanmoins, 3 essais sont supérieurs au seuil réglementaire (10^{-6} m/s, en rose dans le tableau 8, en page 62). Ainsi, les altérites du socle n'ont pas présenté, en tout point, une perméabilité inférieure à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Ainsi, il faudra **renforcer la barrière de sécurité passive** du site pour compenser l'absence partielle de la couche à $1 \cdot 10^{-6}$ m/s en tout point (absente en termes de perméabilité) et **démontrer sa recevabilité par calcul d'équivalence**.

Pour le calcul d'équivalence, c'est la valeur la plus pénalisante qu'il faut prendre en compte afin de se placer en conditions sécuritaires soit $4,0 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Date	Sondage	Nature des terrains	Méthode	Profondeur (en m)	Perméabilité K (en m/s)	
1993	SP1	argile schisteuse	Double anneau	3	2,60E-07	
	SP2	schiste argileux gris		5	1,20E-08	
	SP3	argile grise claire		3	4,00E-07	
	SP7	schiste gris		4	1,40E-07	
	SP8	schiste ocre		4	9,00E-08	
	SP9	schiste argileux gris ocre		3	4,50E-07	
	SP13	schiste argileux gris		4	2,30E-07	
	SP14	schiste argileux gris ocre		4,5	5,50E-07	
	SP16	schiste gris		4	6,20E-07	
	SC1	altérites schisteuses	altérites schisteuses	Lefranc (charge variable)	2 à 3	1,00E-09
					7 à 8	2,50E-08
					12 à 13	4,90E-08
					19 à 20	1,20E-07
	SC4	altérites à blocs de quartz	altérites schisteuses	Lefranc (charge variable)	2 à 3	2,40E-07
					7 à 8	4,00E-07
					14 à 15	5,00E-06
					24 à 25	3,50E-06
	PZ4			Pompage dans les piézomètres		4,90E-08
	PZ6			Pompage dans les piézomètres		6,10E-06
	PZ8			Pompage dans les piézomètres		1,70E-04
PZ10			Pompage dans les piézomètres		5,30E-08	

Tableau 6. Essais de perméabilité antérieurs (1993).

Date	Sondage	Nature des terrains	Méthode	Z au TN (NGF)	Lanterne				Perméabilité K (en m/s)	
					Haut		Bas			
					Prof. (en m)	Cote (NGF)	Prof. (en m)	Cote (NGF)		
2006 BURGEAP	PM1	Argile schisteuse brune	Oedomètre après compactage au Proctor	-	0,2	-	1,0	-	1,3E-10	
	PM8	Argile schisteuse grise à verdâtre		-	0,3	-	1,2	-	1,5E-10	
	I1	Argile schisteuse beige à grise évoluant en schistes altérés friables et argileux	Essais Lefranc NFP 94-132	141,1	3,1	138	4,1	137	4,0E-07	
					4,1	137	5,1	136	7,0E-07	
					5,1	136	6,1	135	6,0E-07	
					6,1	135	7,1	134	4,0E-07	
					7,1	134	8,1	133	4,0E-07	
	I2	Argile schisteuse grise évoluant en schistes altérés argileux et friables		Essais Lefranc NFP 94-132	144,3	2,3	142	3,3	141	7,0E-07
						3,3	141	4,3	140	6,0E-07
						4,3	140	5,3	139	6,0E-07
						5,3	139	6,3	138	5,0E-07
						6,3	138	7,3	137	5,0E-07
	I3	Argil plastique compacte à passées schisteuses	Essais Lefranc NFP 94-132		150,2	5,2	145	6,2	144	9,0E-08
						6,2	144	7,2	143	8,0E-08
						7,2	143	8,2	142	3,0E-08
						8,2	142	9,2	141	1,0E-08
						9,2	141	10,2	140	1,0E-08
	I4	Argile plastique compacte à passées schisteuses		Essais Lefranc NFP 94-132	145	4,0	141	5,0	140	2,0E-08
						5,0	140	6,0	139	9,0E-09
						6,0	139	7,0	138	2,0E-08
						7,0	138	8,0	137	2,0E-08
						8,0	137	9,0	136	1,0E-08
	I5	Argile limoneuse	Essais Lefranc NFP 94-132		147,5	1,0	146,5	2,0	145,5	1,0E-07
		Argile plastique compacte grise				2,0	145,5	3,0	144,5	1,0E-07
		Argile plastique compacte à passées schisteuses				3,0	144,5	4,0	143,5	5,0E-08
		4,0				143,5	5,0	142,5	6,0E-08	
		5,0				142,5	6,0	141,5	5,0E-08	
	I6	Argile plastique compacte à passées schisteuses		Essais Lefranc NFP 94-132	144	3,0	141	4,0	140	4,0E-08
						4,0	140	5,0	139	2,0E-08
						5,0	139	6,0	138	2,0E-08
						6,0	138	7,0	137	1,0E-08
						7,0	137	8,0	136	1,0E-08
	I7	Argile plastique compacte à passées schisteuses	Essais Lefranc NFP 94-132		149,2	3,7	145,5	4,7	144,5	3,0E-08
						4,7	144,5	5,7	143,5	2,0E-08
						5,7	143,5	6,7	142,5	1,0E-08
						6,7	142,5	7,7	141,5	5,0E-08
						7,7	141,5	8,7	140,5	2,0E-08
	I8	Argile plastique compacte à passées schisteuses		Essais Lefranc NFP 94-132	154,4	6,4	148	7,4	147	7,0E-08
						7,4	147	8,4	146	3,0E-08
						8,4	146	9,4	145	4,0E-08
9,4						145	10,4	144	1,0E-08	
10,4						144	11,4	143	9,0E-09	
I9	Argile schisteuse grise	Essais Lefranc NFP 94-132	143,4		2,9	140,5	3,9	139,5	5,0E-08	
					3,9	139,5	4,9	138,5	4,0E-08	
					4,9	138,5	5,9	137,5	5,0E-08	
					5,9	137,5	6,9	136,5	8,0E-08	
					6,9	136,5	7,9	135,5	3,0E-08	
I10	Argile schisteuse grise		Essais Lefranc NFP 94-132	152,4	7,4	145	8,4	144	1,0E-07	
					8,4	144	9,4	143	7,0E-08	
					9,4	143	10,4	142	1,0E-07	
					10,4	142	11,4	141	2,0E-07	
					11,4	141	12,4	140	1,0E-07	
I11	Argile schisteuse grise à cristaux et fragments de schiste	Essais Lefranc NFP 94-132		156,5	8,0	148,5	9,0	147,5	2,0E-07	
	Schistes argileux altérés et friables				9,0	147,5	10,0	146,5	2,0E-07	
	10,0				146,5	11,0	145,5	3,0E-07		
	11,0				145,5	12,0	144,5	6,0E-07		
	12,0				144,5	13,0	143,5	4,0E-07		
PZ1	-		Essais Lefranc par pompage	-	-	-	-	-	1,1E-07	
PZ2	-			-	-	-	-	-	4,8E-07	
PZ3	-			-	-	-	-	-	1,1E-07	
PZ4	-			-	-	-	-	-	2,3E-07	
PZ6	-			-	-	-	-	-	1,1E-07	
PZ7	-	-		-	-	-	-	1,0E-07		

Tableau 7. Essais de perméabilité antérieurs (Campagne Burgeap de 2006).

Nom	Coordonnées (en Lambert 93)		Z en NGF (approx. ACG)	FDF projet SUEZ	Position	Lanterne d'essai (GEOTEC)				Résultat
	X	Y				Haut		Bas		
						Prof. (en m)	Cote (NGF)	Prof. (en m)	Cote (NGF)	
SK1	266591	6792150	145,14	143	Flanc	0	144,14	2	143,14	1,0E-06
SK1	266591	6792150	145,14	143	Fond	2	143,14	7	138,14	1,0E-06
SK2	266488	6792061	144,54	142		3	141,54	8	136,54	3,5E-06
SK3	266386	6791986	142,62	140		4	138,62	9	133,62	5,9E-07
SK4	266261	6791889	141,58	139	Flanc	0	141,58	9	132,58	1,1E-07
SK5	266088	6791773	140,55	139	Fond	1	139,55	3	137,55	1,9E-07
SK5	266088	6791773	140,55	139		3	137,55	8	132,55	3,2E-07
SK6	266469	6792243	140,34	137		5	135,34	10	130,34	2,9E-07
SK7	266361	6792163	139,93	136,5		5	134,93	10	129,93	2,5E-07
SK8	266218	6792077	139,35	136		5	134,35	10	129,35	1,3E-06
SK9	266079	6791985	138,27	136		6	132,27	11	127,27	1,9E-07
SK10	266300	6792313	136,47	134	Flanc	0	136,47	3	133,47	4,0E-06
SK10	266300	6792313	136,47	134	Fond	3	133,47	8	128,47	nd.
SK11	266128	6792192	135,07	133		2	133,07	7	128,07	2,4E-06
SK12	266023	6792195	132,32	131	Flanc	1	131,32	3	129,32	9,9E-07
SK12	266023	6792195	132,32	131	Fond	3	129,32	8	124,32	4,2E-07

Tableau 8. Essais de perméabilité 2022 (Géotec).

Total		Fond		Flanc	
Max	4,0E-06	Max	3,5E-06	Max	4,0E-06
Min	1,1E-07	Min	1,9E-07	Min	1,1E-07
Moyenne	1,1E-06	Moyenne	9,5E-07	Moyenne	1,5E-06
Médiane	5,9E-07	Médiane	4,2E-07	Médiane	1,0E-06
Ecart	36,4	Ecart	18,4	Ecart	36,4

Tableau 9. Valeurs de perméabilités retenues.

3.2.6 Conclusion géologique

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués (sondage carotté, sondages à destructifs, diagraphies, campagne de mesures géophysiques).

Le substratum géologique du site (siltite du Briovérien) a été altéré et on observe toute la succession classique des différents degrés d'altération en fonction de la profondeur. Ainsi, la succession lithologique locale est la suivante (de la base vers le sommet) :

- Le socle sain n'a pas été touché en sondage (à plus de 30 m) mais a été reconnu à près de 45 m en géophysique ;
- Le toit du socle altéré et induré (premier degré d'altération du socle) dessine une interface très légèrement pentée vers le Nord-Ouest (1,2%) en accord avec la topographie de la zone étudiée. La cote du toit varie de 133,5 m NGF au sud-ouest à 127,5 m NGF pour une cote moyenne d'environ 131 m NGF ;
- Les altérites meubles (islatérites argileuses et allotérites silteuses) ont partiellement été érodées en direction de la vallée au Nord du site (exutoire naturel des eaux de ruissellement). L'épaisseur de ces formations dites de couverture varie de 12,5 m sur le plateau au Sud à 1,5 m à proximité de la vallée au nord.

D'un point de vue structural, les investigations géophysiques ont montré l'extrême homogénéité des formations (électromagnétisme et panneaux électriques) sur au moins 30 m (pas de discontinuités). Notamment, la faille voisine notée sur la carte géologique (observable à travers des filons de quartz) pourrait se prolonger au droit du site (possiblement visible en fond de panneau à 45 m de profondeur) mais n'a pas d'effet sur le projet (faille de tension sans décalage et/ou estompée dans les altérites).

Dans le cadre du projet de SUEZ, il est préférable de s'ancrer dans les altérites meubles, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site.

Les essais de perméabilité in situ selon la norme en vigueur au droit de 12 sondages (NFX30-423) ont été réalisés sur site et ont donné une valeur de perméabilité moyenne de $9,5 \cdot 10^{-7}$ m/s pour les horizons constitutifs de la barrière passive en place. Les altérites silteuses sont à caractère semi-perméables en grand. Néanmoins, localement le seuil des 10^{-6} m/s est dépassé sur quelques valeurs tout en restant toujours proche de la valeur seuil.

Ainsi, le contexte géologique local est jugé peu contraignant et même favorable sous réserve de mise en place de mesures compensatoires répondant aux exigences réglementaires, avec en particulier :

- La reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive à $k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ;
- Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle des 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s (épaisseur acquise mais perméabilité supérieure ponctuellement).

La structure proposée devra être validée par un calcul d'équivalence de la barrière passive (voir paragraphe 4.2, en page 90 et suivantes).

3.3 Contexte hydrogéologique

3.3.1 Rappel des conclusions de l'étude d'aptitude et objectif de l'étude hydrogéologique locale

Le site est géologiquement formé par les produits d'altération des silts briovériens anciens par nature peu perméables en couverture et induisent l'absence de ressource en eau souterraine substantielle qui se concentre aléatoirement et uniquement au gré des fractures profondes de la roche mère saine et à forte profondeur (à plus de 30 m de profondeur). Les fractures de la roche jouent un rôle de drain des eaux infiltrées).

Le site est localisé en domaine de plateau où la couverture d'altérites est de facto plus importante qu'en domaine de vallée (point favorable). Cependant, l'absence de pente topographique substantielle conjuguée à la nature peu perméable des altérites induisent, a priori, une cote de saturation peu profonde (les altérites jouent un rôle du capacitif en retenant l'eau d'infiltration pluviale). Ce point est à étudier finement en phase d'études de qualification car elle contraint nécessairement la cote du fond de forme du site.

L'aire d'études hydrogéologiques est définie spatialement par le bassin versant hydrographique (et donc hydrogéologique) qui inclut le site et en profondeur par celle du premier niveau d'eau (saturation naturelle des horizons d'altération du socle).

Le contexte hydrogéologique reste favorable sous réserve de positionner le fond de forme du site au-dessus du niveau de saturation des altérites ou sous réserve d'une gestion des eaux sa saturation à même d'assurer un drainage du niveau pour des raisons évidentes de faisabilité hydrogéologique.

L'objectif de la phase de qualification hydrogéologique est de confirmer le caractère non aquifère des altérites et définir la cote de saturation naturelle qui contraint le projet en termes de profondeur de décaissement. L'analyse du contexte hydrologique local et notamment la cote de l'exutoire naturel du site (cote topographique du réseau hydrographique en aval immédiat du projet) est importante car elle sert de base à la définition du projet (fil d'eau).

3.3.2 Données générales

En milieu de socle comme c'est le cas pour les schistes briovérien, l'aquifère s'organise de la façon suivante :

- Bien qu'à caractère semi-perméables (non aquifère au sens hydrogéologique du terme), les altérites présentes sur plus de 30 m en couverture du socle (voire 50 m possibles) jouent le rôle de formations dites « réservoir ». La portion d'eau pluviale non ruisselée (appelée pluie efficace) est « stockée » au sein de ces formations semi-perméables. L'écoulement en leur sein est lent et imperceptible.
- Les formations de socle (fissurées voire fracturées) viennent remplir le rôle de drain potentiellement productif : c'est cette formation qui est dite aquifère et qui est alimentée par gravité par l'eau stockée dans les altérites.

Sur les plateaux, l'alimentation de la nappe se fait par drainance lente à travers les altérites quand le socle est recouvert par une couche d'altération ou par alimentation directe quand les horizons de couverture sont absents (axe des vallées).

De manière générale, il y a concordance entre les bassins versants hydrographiques et les bassins versants hydrogéologiques. La nappe est drainée par le réseau hydrographique et s'écoule donc en direction des vallées principales, à savoir le vallon au nord du site pour le contexte proximal puis la Belle Chère plus en aval, qui s'écoule au Nord et à l'Ouest du site.

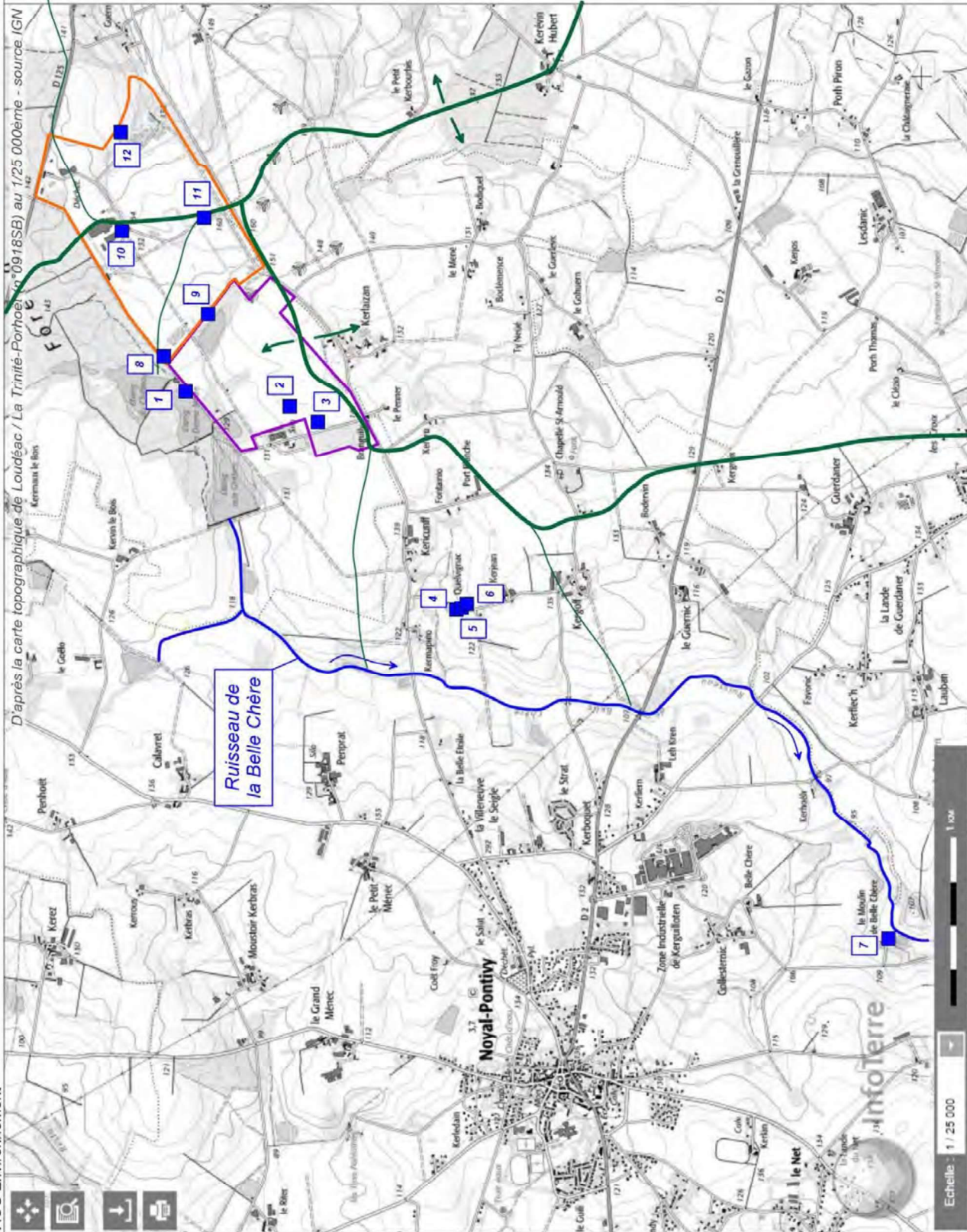
3.3.3 Ouvrages référencés dans l'aire d'étude hydrogéologique

Le [tableau 10](#) ci-dessous et la carte en [figure 28](#) en pages suivantes, reprennent les points d'eau référencés à la BSS dans l'aire d'études et à proximité. Les données collectées et consultables à la BSS sont reprises en annexe.

Il n'y a que très peu de points référencés. On dénombre uniquement 7 points dans le secteur dont seulement 3 seraient dans l'aire d'études (points 1 à 3). Il s'agirait de forages profonds qui atteignent le socle à des profondeurs variant de 39 à 92 m réalisés dans les années 70 et 80 pour une recherche d'eau à usage d'eau agricole). Ces ouvrages n'ont pas été retrouvés lors de nos investigations sur le terrain.

N° carte	N° à la BSS	Date de création de l'ouvrage	Cote TN (en m NGF)	Fond		Aquifère / Nappe	Indication sur niveau d'eau	Distance au projet (en m)	Remarques
				Prof. (m)	Cote (NGF)				
1	03145X0008/F	26-oct-77	130	39	91	Socle Briovérien	Non	200	Forage équipé d'une pompe pour relevage d'eau
2	03145X0010/F	06-août-86	140	92	48	Socle Briovérien	Non	Dans l'emprise du projet	
3	03145X0009/F	12-juin-80	139	46	93	Socle Briovérien	Non		
4	03145X0039/F	09-août-07	124	100	24	Socle Briovérien	Non	1 300	
5	03145X0038/F		125	100	25				
6	03145X0037/F		125	100	25				
7	03501X0009/F	16-juil-81	97	35	62	Socle Briovérien	Non	4 200	

Tableau 10. Points d'eau référencés.



D'après la carte topographique de Loudéac / La Trinité-Porhoët (9918SB) au 1/25 000ème - source (IGN)

Ruisseau de la Belle Chère

Site actuel

Zone d'études

Point d'eau référencé à la BSS eau (BRGM)

Numéro associé au point d'eau dans le tableau récapitulatif (ACG)

Sens d'écoulement des eaux de surface

3.3.4 Investigations menées pour la présente étude

Cinq nouveaux piézomètres ont été réalisés spécifiquement au droit de la zone d'études qui encadrent le site avec 1 ouvrage en amont (PZ amont) et 4 en aval hydrographique (en direction du vallon au nord et à l'ouest, notés PZ aval 1 à 4). Ils interceptent le premier niveau d'eau souterrain contenu dans les altérites peu perméables. Les données techniques sont reprises dans le tableau 11 ci-dessous.

Ils ont été réalisés et nettoyés dans les règles de l'art (NFX10-999).

Nom ACG	Coordonnées (Lambert 93)		Z (NGF)	Fond		Norme	Equipement	
	X	Y		Prof. (en m)	Cote (NGF)		Diamètre d'équipement (en mm)	Prof. Crépines (en m)
PZ Amont	266785	6792084	150,14	30,00	120,14	NFX 10-999	52/60	6-30 m
PZ Aval Ouest	265904	6791910	135,39	17,00	118,39	NFX 10-999	52/60	5-17 m
PZ Aval Nord-Ouest	266010	6792286	129,80	13,00	116,80	NFX 10-999	52/60	4-13 m
PZ Aval Nord	266238	6792409	132,18	10,00	122,18	NFX 10-999	52/60	4-10 m
PZ Aval Sud	266088	6791640	140,67	15,00	125,67	NFX 10-999	52/60	3-13 m

Tableau 11. Données techniques des nouveaux piézomètres.

Sur ces ouvrages, des pompages d'essais ont été réalisés afin de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques ; de même que des analyses pour la qualité des eaux.

Enfin, plusieurs campagnes piézométriques synchrones ont été faites sur l'ensemble des piézomètres (site actuel + zone de poursuite d'activité) afin de réaliser les cartes piézométriques nécessaires au dossier.

3.3.5 Premier niveau sous le site : Niveau de saturation des altérites du Briovérien

Le premier niveau d'eau sous le site est contenu dans les altérites (rôle capacitif). Ce niveau d'eau n'est pas une nappe à proprement parler (Cf. étude d'aptitude) car les horizons qui la contiennent sont de nature semi-perméable (donc non aquifère au sens hydrogéologique du terme). Néanmoins, ce niveau contraint le projet dans le sens où il conviendrait de ne pas positionner le fond de forme et qui plus est la base de la barrière passive reconstituée sous la cote de saturation pour des raisons évidentes de faisabilité de terrassement et de mise en œuvre de la barrière passive reconstituée.

Ce niveau de saturation est alimenté par les eaux d'infiltration pluviales (dit « pluie efficace »), c'est-à-dire la proportion d'eau pluviale qui n'est ni ruisselée ni captée par la végétation. Ainsi, il existe tout naturellement des cycles annuels de recharge/vidange en fonction de la pluviométrie (hausse du niveau de la fin de l'automne au printemps avec un niveau haut vers fin mars/début avril puis baisse du niveau jusqu'à l'automne, fin septembre/début octobre).

Ainsi, l'écoulement général est gouverné par le réseau hydrographique qui draine les eaux. Il y a concordance entre les bassins versants hydrologiques et hydrogéologiques.

3.3.5.1 Esquisse piézométrique et sens d'écoulement

Plusieurs campagnes piézométriques se sont succédé depuis la réalisation des 5 nouveaux ouvrages spécifiques à la zone de poursuite d'activité en février 2022 et jusqu'à la fin de l'étude de la phase de qualification en juillet 2022. Les valeurs mesurées sont reprises dans le [tableau 12](#) ci-dessous.

Une mesure en période de hautes eaux a pu être effectuée au mois de mars (campagne du 08/03/2022). Une figure de l'esquisse des plus hautes eaux à l'échelle locale est présentée en [figure 29](#) en [page suivante](#). Le niveau piézométrique varie de 151,77 m NGF en amont au droit de PZ6 à 129,32 au niveau de PZ Aval Nord-Ouest (piézomètre le plus aval).

La [figure 29](#) en [page suivante](#), illustre l'esquisse piézométrique locale. Il est à noter qu'il existe une crête topographique entre le site actuel et la zone d'études pour le projet de poursuite d'exploitation et donc tout naturellement une crête piézométrique. Cette crête se situe dans un axe passant par PZ6 et PZ3. Ainsi, à l'Ouest de PZ6 (zone de poursuite d'activité) les eaux s'écoulent en direction de la Belle Chère tandis qu'à l'Est (site actuel) les eaux s'écoulent vers la vallée de l'Oust.

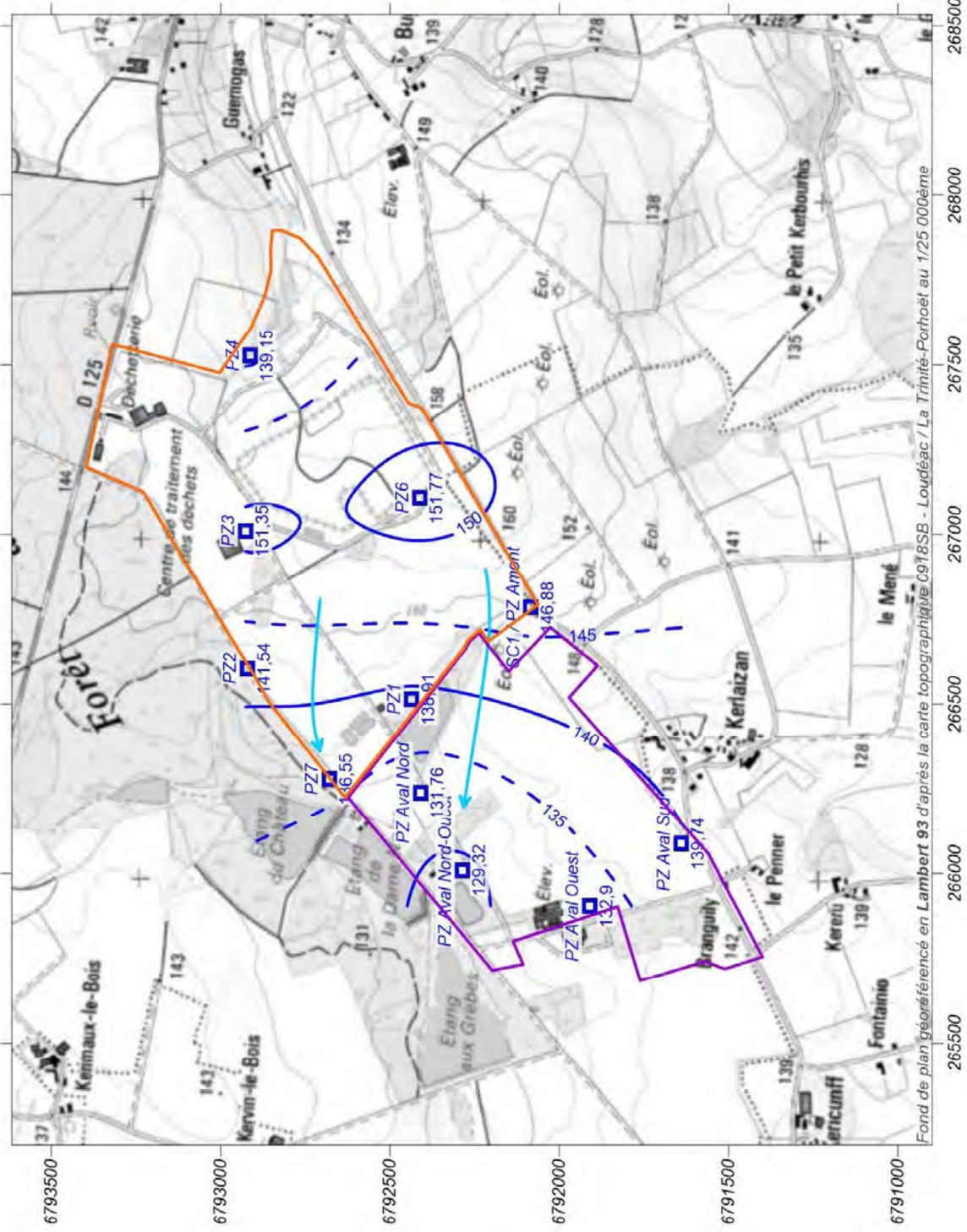
La carte piézométrique en [figure 30](#) en [page 70](#) est un zoom de cette piézométrie de référence centrée sur la zone d'études. Au droit de la zone de poursuite d'activité, le niveau s'échelonne de 146,88 m NGF (extrémité Sud-Est, PZ Amont) à 129,32 m NGF au niveau de PZ Aval Nord-Ouest avec un gradient de l'ordre de 2,2 % (écoulement lent, en corrélation avec les formations d'altération peu transmissives). La nappe s'écoule grossièrement d'Est en Ouest en direction de la Belle Chère qui draine les eaux.

Pour la zone de poursuite d'activité, on a 1 piézomètre amont (PZ Amont) et deux piézomètres en aval immédiat (PZ aval nord et PZ aval nord-ouest).

PZ aval ouest et aval sud sont en position latérale.

Nom de l'Ouvrage	Site	Coordonnées (Lambert 93)				Fond de l'ouvrage		Mesures du 16/02/2022		Mesures du 08/03/2022		Mesures du 31/03/2022		Mesures du 05/07/2022		
		X	Y	Z		Prof. (en m)	Cote (m NGF)	Prof. vs Repère (m)	Cote (m NGF)	Prof. vs Repère (m)	Prof. vs TN (m)	Cote (m NGF)	Prof. vs Repère (m)	Cote (m NGF)	Prof. vs Repère (m)	Cote (m NGF)
				Repère	TN											
SC1 / PZ Amont	Zone de poursuite d'activité	266785	6792084	150,60	150,14	29,17	121,43	3,72	146,88	3,72	3,26	146,88	4,27	146,33	7,95	142,65
PZ Aval Ouest		265904	6791910	135,97	135,39	17,45	118,52	3,03	132,94	3,07	2,49	132,90	3,42	132,55	6,35	129,62
PZ Aval Nord-Ouest		266010	6792286	130,55	129,80	13,71	116,84	1,12	129,43	1,23		129,32	1,39	129,16	1,91	128,64
PZ Aval Nord		266238	6792409	132,66	132,18	10,40	122,26	0,83	131,83	0,90	0,14	131,76	1,04	131,62	1,83	130,83
PZ Aval Sud		266088	6791640	141,22	140,67	15,21	126,01	1,25	139,97	1,48	0,92	139,74	1,79	139,43	4,57	136,65
PZ1	ISDND actuelle	266516	6792436	139,03	139,23	14,43	124,60	/	/	0,12	/	138,91	0,21	138,82	/	/
PZ2		266606	6792921	143,60	143,08	13,73	129,87	/	/	2,06	/	141,54	2,12	141,48	/	/
PZ3		267011	6792926	154,54	154,01	13,90	140,64	/	/	3,19	/	151,35	3,50	151,04	/	/
PZ4		267528	6792913	139,79	139,32	13,68	126,11	/	/	0,64	/	139,15	1,00	138,79	/	/
PZ6		267108	6792412	159,41	158,74	12,64	146,77	/	/	7,64	/	151,77	7,67	151,74	/	/
PZ7		266279	6792679	137,90	137,21	14,31	123,59	/	/	1,35	/	136,55	1,45	136,45	/	/

Tableau 12. Relevés piézométriques.



Légende

■ Piézomètre de contrôle (11)

Isopièze (iso-altitude) de l'horizon de saturation

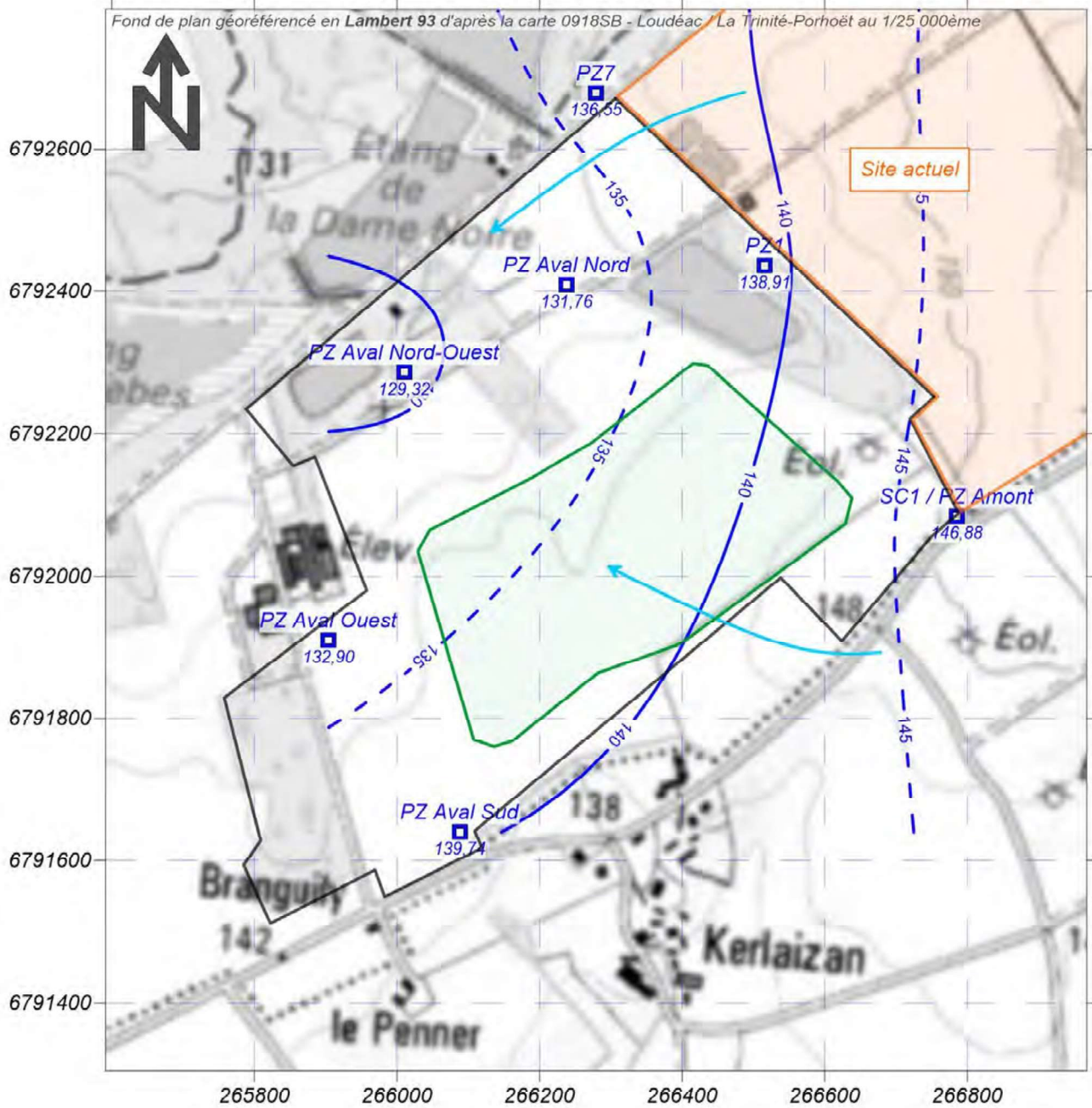
Sens d'écoulement des eaux souterraines



Projet de poursuite d'exploitation de l'ISDND de Gueltas (56)

ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Figure 29.
Esquisse piézométrique des plus hautes eaux (Mars 2022)



■ Piézomètre de contrôle (11)

↖ Sens d'écoulement des eaux souterraines

— Isopièze (iso-altitude) de l'horizon de saturation

La carte ci-dessous en figure 31 illustre l'épaisseur de terrain dessaturé (au-dessus du niveau de saturation) sur l'ensemble des points pour lesquels de l'eau de saturation a été mise en évidence (PZ et PM, données de février 2023, voir illustration dans la planche photo 2 en page suivante). Cette carte est à prendre comme ordre de grandeur car elle est réalisée à partir d'une simple interpolation linéaire entre les points de mesure (ne prend pas en compte la topographie entre les points). Néanmoins, elle permet de fixer l'ordre de grandeur.

Ainsi, au point haut du site en amont et en domaine de plateau où la pente est inexistante (secteur PM2 et PM3) le niveau de saturation est à moins de 2 m. En aval en domaine de vallée, il est sub-affleurant (secteur PZ aval nord et aval nord-ouest).

La zone où l'eau est la plus profonde (> 3 m) est le flanc de plateau (où il existe un drainage par la pente topographique et donc un abaissement relatif du niveau de saturation).

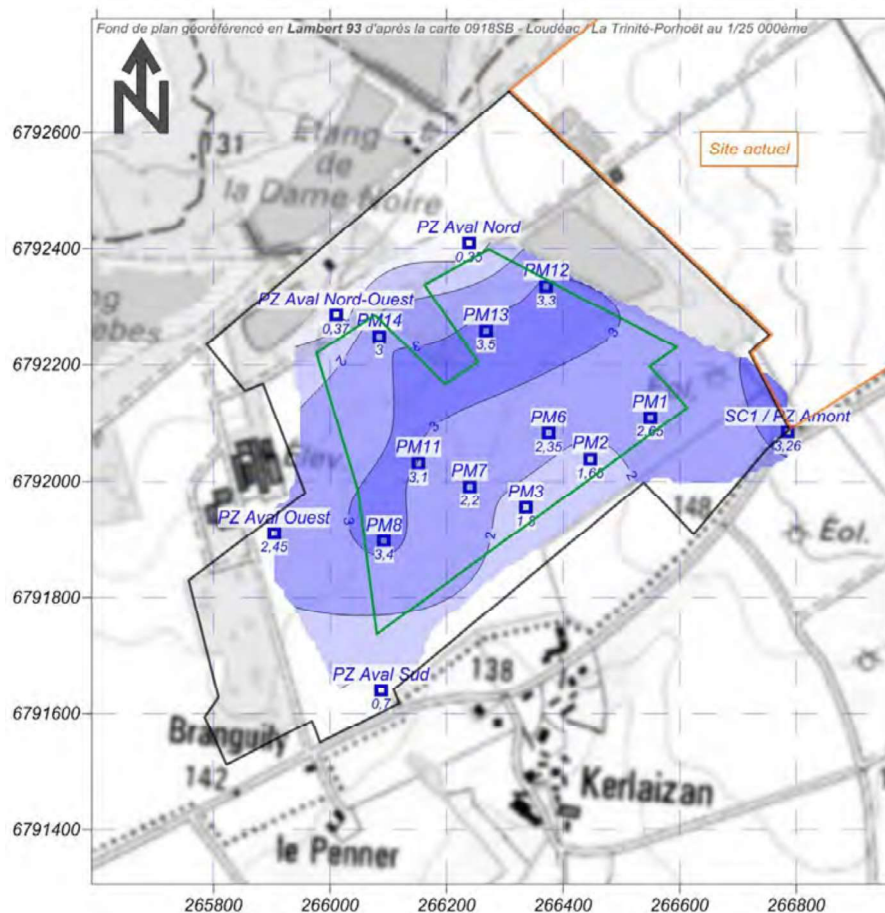
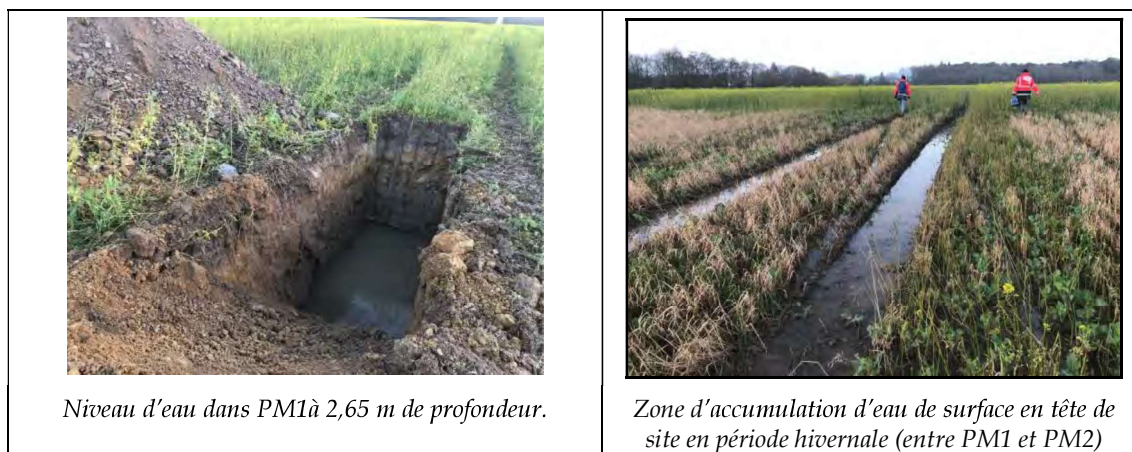


Figure 31. Epaisseur de terrains dessaturés.

Ce niveau de saturation (élevé) implique la mise en place d'un système de drainage en amont du site pour permettre l'exploitation de l'ISDND future (voir préconisations techniques en chapitre 4).



Niveau d'eau dans PM1 à 2,65 m de profondeur.

Zone d'accumulation d'eau de surface en tête de site en période hivernale (entre PM1 et PM2)

Planche photo 2. Saturation des terrains.

3.3.6 Caractéristiques hydrodynamiques des altérites

Les 5 nouveaux piézomètres ont fait l'objet de pompages d'essais afin de déterminer les caractéristiques des altérites contenant le premier niveau d'eau sous le projet (eau de saturation).

Les caractéristiques hydrodynamiques (perméabilité et transmissivité) renseignent sur la nature des altérites. Ces grandeurs mathématiques sont obtenues par l'approximation de Jacob dérivée de la loi de Darcy qui régit les écoulements souterrains qui sont fonction de l'allure de la perte de charge en phase de pompage et de la remontée de l'eau après l'arrêt de la pompe. Les données sont détaillées en annexe 8 et sont synthétisées dans le tableau 13 ci-dessous.

Ouvrages	Transmissivité (m ² /s)	Perméabilité (m/s)
PZ Amont / SC	2,46E-05	9,7E-07
PZ Aval Sud	7,09E-05	5,08E-06
PZ Aval Ouest	5,28E-06	3,7E-07
PZ Aval Nord	8,30E-06	6,4E-07
PZ Aval Nord-Ouest	1E-05	1,21E-06
Min	5,28E-06	3,7E-07
Max	7,09E-05	5,08E-06
Moyenne	2,41E-05	1,65E-06
Ecart	13,42	13,86

Tableau 13. Caractéristiques hydrodynamiques au droit des 5 nouveaux piézomètres (ACG).

La transmissivité varie de 7.10^{-5} à $5,3.10^{-6}$ m²/s et la perméabilité de 5.10^{-6} à $3,7.10^{-7}$ m/s c'est-à-dire dans des gammes extrêmement faibles (et homogènes) : les altérites sont bien des horizons peu perméables et donc non aquifères. Ces valeurs de perméabilité se corrèlent parfaitement bien avec celles réalisées en forage selon la norme NFX 30-423 (voir tableau 9, page 62).

Sur cette base, la **vitesse d'écoulement des eaux de saturation** serait de l'ordre de **1 à 2 m par an** (pour une perméabilité de 10^{-6} m/s et pour un gradient d'écoulement de 2 %).

3.3.7 Qualité des eaux de saturation

3.3.7.1 Données générales

Les eaux souterraines sont actuellement suivies par l'intermédiaire du réseau de contrôle piézométrique de l'ISDND (6 piézomètres) pour les paramètres définis dans l'arrêté préfectoral du site. Les données sont détaillées et synthétisées dans le rapport annuel envoyé à l'administration de tutelle.

Pour la zone de poursuite d'activité, nous avons réalisé l'analyse de la qualité des eaux des 5 nouveaux ouvrages réalisés en mars 2022. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 13 en page suivante et détaillés en annexe 8. La qualité des ouvrages est comparée aux valeurs du guide d'évaluation des eaux souterraines rédigé par le ministère de la transition énergétique et solidaire (MTES) en juillet 2019.

Il n'y a pas grand-chose à dire quant à la qualité des eaux analysées. D'un point de vue général et sur les 76 paramètres analysés, les 5 points ont une qualité d'eau similaire : l'eau est très peu minéralisée (conductivité variant entre 170 et 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$) avec un pH légèrement acide (6,3 à 6,9) en rapport avec la nature des horizons saturés (silts).

Les eaux analysées n'ont pas de BDO₅ ni de DCO (pas de pollution chimique ou biochimique). On observe l'absence d'éléments indésirables (pas de HAP, pas de BTEX, pas d'hydrocarbures, pas de PCB, pas d'éléments bactériologiques indésirables...).

Il est toutefois possible de noter la présence de nitrates aussi bien en amont qu'en aval à rapprocher des activités agricoles sur les parcelles du site à des concentrations supérieures aux valeurs guide de référence (> 50 mg/l).

Parmi les éléments métalliques, on retrouve des dépassements de la valeur guide uniquement pour le fer et le manganèse sur les 2 piézomètres en domaine de vallée en contre-bas du site (sur PZ Aval Nord et Nord-Ouest). D'après notre connaissance du contexte géologique local, la présence de ces éléments pourrait provenir du sommet des altérites de nature argileuse (allotérites) et intrinsèquement ferro-magnésiennes. Les autres métaux sont absents ou à l'état de traces infimes (Arsenic, Chrome, Plomb, Cuivre, Nickel et Cadmium).

Enfin, sur 2 piézomètres, on retrouve des MES (PZ amont et PZ aval Nord) en rapport avec la finesse des silts qui peuvent localement être pompés lors des prélèvements (passent à travers le massif filtrant).

La qualité des eaux sur ces 5 piézomètres est équivalente à celle des ouvrages sur le site actuel à la teneur en nitrates près (pas ou peu de nitrates sur les PZ du site actuel).

3.3.7.2 Vulnérabilité des eaux souterraines

Le « vrai » niveau aquifère est formé par la roche saine profonde au droit de fractures productives. Cet aquifère n'a pas été reconnu sur site (plus profond que 30 m, vraisemblablement vers 45/50 m de profondeur si l'on en croit les panneaux électriques). Cet aquifère de socle n'est pas vulnérable au site compte tenu de sa forte profondeur et de la nature de son recouvrement (altérites).

Cependant, les eaux de saturation sont sub-affleurantes (voir p. 71), leur vulnérabilité aux pollutions de surface est donc intrinsèquement forte (voir qualité des eaux dans le paragraphe précédent, présence de nitrates). Les eaux de saturation n'ont pas d'usage sensible connu.

Dès lors que le projet met en place les barrières de sécurité réglementaires (barrière active et barrière passive), la vulnérabilité sous le site par infiltration est nulle. De plus, ces eaux seront détournées en amont du site afin d'être rabattues.

Enfin, en aval, la vulnérabilité du niveau de saturation dans la vallée sera maîtrisée par l'analyse de la qualité des rejets qui ne pourront se faire que lorsque la qualité sera conforme aux exigences réglementaires. Ainsi, dès lors que les eaux du site sont gérées et rejetées dans les règles de l'art et que les rejets sont conformes aux seuils de l'arrêté préfectoral pris en application de l'AM afférent, il n'y a pas d'effets prévisibles sur les eaux à l'aval.

Commentaire	Référence normative Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - Juillet 2019	Unités	PZ	PZ	PZ	PZ	PZ
			Amont	Aval Sud	Aval Ouest	Aval Nord	Aval Nord- Ouest
Date de prélèvement			31/03/22	31/03/22	31/03/22	31/03/22	31/03/22
<i>Physico-chimie</i>							
pH	9		6,4	6,3	6,4	6,9	6,8
Conductivité à 25°C	1100	µS/cm	210	340	320	170	190
Résistivité à 25 °C		ohm.cm	4854,37	2915,45	3174,6	5882,35	5376,34
Potentiel d'oxydo-réduction		mV	287,58	282,6	270,58	119,55	115,64
DCO		mg O2/l	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000
DBO5		mg O2/l	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
MES	25	mg/l	39,2	4	<4,00	191	11,8
Nitrates	50	mg NO3/l	46,6	87,5	50,1	<0,50	5,21
Azote Nitrique		mg N-NO3/l	10,5	19,8	11,3	<0,11	1,18
Nitrites	0,3	mg NO2/l	<0,01	0,03	0,089	<0,01	<0,01
Azote nitreux		mg N-NO2/l	<0,003	0,009	0,027	<0,003	<0,003
Azote Kjeldahl (NTK)		mg/l	<0,50	1,07	<0,50	<0,50	<0,50
Azote global		mg/l	10,52	20,84	11,34	<0,50	1,18
Ammonium	0,5	mg/l	0,031	0,043	0,084	0,076	0,034
Azote ammoniacal		mg N/l	0,024	0,033	0,065	0,059	0,027
Orthophosphates (PO4)	0,5	mg PO4/l	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Carbone Organique Total (COT)		mg C/l	0,28	0,8	0,67	0,24	0,28
<i>Anions et Cations</i>							
Magnésium (Mg)		mg/l	8,3	16	9,3	6,6	7,4
Calcium (Ca)		mg/l	7,7	9,4	14	6,9	4,8
LSFDE : Potassium (K)		mg/l	0,78	4,3	7,5	0,54	0,66
IX138 : Potassium (K)		mg/l	0,65	4,4	7,3	<0,5	0,52
Chlorures	250	mg/l	28	41,9	36,8	22,7	25,8
Sulfates (SO4)	250	mg/l	1,36	9,92	12,7	13,2	12,8
<i>Métaux</i>							
Arsenic (As)	10	µg/l	0,19	0,21	0,69	0,96	1,8
Mercure (Hg)	1	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Etain (Sn)		µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrome (Cr)	50	µg/l	0,09	0,4	0,9	0,46	<0,05
Zinc (Zn)	5000	µg/l	13	20	18	12	12
Plomb (Pb)	10	µg/l	<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1
Cuivre (Cu)	2000	µg/l	0,4	0,6	0,7	0,3	0,2
Nickel (Ni)	20	µg/l	8,5	14	12	14	5,4
Manganèse (Mn)	50	µg/l	40	31	52	490	390
Fer (Fe)	200	µg/l	2,2	1,9	10	6800	5000
Cadmium (Cd)	5	µg/l	0,05	0,1	0,1	0,04	<0,1
<i>Composés Volatils</i>							
Benzène	1	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Toluène	700	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Ethylbenzène	300	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
m+p-Xylène		µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
o-Xylène		µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Xylène	500	µg/l	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
BTEX totaux		µg/l	<0,62	<0,62	<0,62	<0,62	<0,62
<i>HAP</i>							
Somme des HAP 4	0,1	µg/l	<0,0112	<0,0112	<0,0112	<0,0112	<0,0112
Somme des HAP 6	1	µg/l	<0,0172	<0,0172	<0,0172	<0,0172	<0,0172
Somme des HAP 16		µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<i>Micropolluants</i>							
Organo Halogénés Adsorbables (AOX)		µg/l	14	23	100	16	18
<i>PCB</i>							
PCB 28		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 52		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 101		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 118		µg/l	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
PCB 138		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 153		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 180		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
<i>Microbiologie</i>							
Bactéries coliformes		ufc/100 ml	< 1	< 1	1	< 1	< 1
Escherichia coli		ufc/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Entérocoques intestinaux		NPP/100 ml	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Salmonella		/l litre	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré
<i>Radiochimie</i>							
Activité en Tritium		Bq/l	<9,2	<9,1	<9,1	<9,6	<6,4
Activité Béta globale hors potassium K40		Bq/l	<0,08	<0,12	<0,09	0,41	<0,09
Activité alpha global		Bq/l	<0,04	<0,05	<0,05	0,27	<0,05
Activité bêta global		Bq/l	<0,08	<0,12	0,23	0,43	<0,09

Tableau 14. Qualité moyenne des eaux de la nappe.

3.3.8 Conclusion hydrogéologique (schéma hydrogéologique local)

La nature silteuse (texture fine) des horizons d'altération du socle présents sur plus de 30 m avec une perméabilité très faible (10^{-6} m/s) conjuguée à l'absence de pente en domaine de plateau comme c'est le cas au droit du site (pas de drain naturel) induisent une saturation des altérites (fonction capacitive). Un écoulement lent (1 à 2 m par an) s'effectue des points hauts topographiques vers les axes de drainage que forment les fonds de vallée (concordance entre les bassins versants hydrographiques et les bassins versants hydrogéologiques).

Les 11 piézomètres présents (les 6 sur l'ISDND actuelle et les 5 nouveaux pour la présente étude) ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : au droit de la zone de poursuite d'activité, la nappe s'écoule d'Est en Ouest avec un gradient de 2,2 % en direction de la Belle-Chère (affluent de l'Ével/Blavet) qui draine les eaux. Le niveau piézométrique s'échelonne de 145 m NGF en amont à l'Est à moins de 130 m NGF en aval à l'ouest avec un niveau à faible profondeur (moins de 3 m).

La grandeur mathématique des caractéristiques hydrodynamiques acquises sur les 5 nouveaux piézomètres ajoutées aux mesures de perméabilité au sein des altérites ont confirmé le caractère non aquifère des horizons d'altération (formation semi-perméable).

Le seul niveau de nappe potentiellement productif est contenu en profondeur au droit du socle sain quand il est fracturé (drain donc écoulement possible). Il n'a pas été touché sur site (investigations jusqu'à 30 m de profondeur). L'aquifère profond n'est pas vulnérable (forte profondeur et couverture semi-perméable importante). Néanmoins, les eaux de saturation sont fortement vulnérables aux pollutions de surface (niveau sub-affleurant).

La faible profondeur de la cote de saturation implique la mise en place d'un système de drainage en amont qu'il convient de dimensionner (en phase de préconisations techniques) afin de s'assurer de la non sollicitation de la barrière passive reconstituée et donc de la faisabilité technique du projet.

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- **Sous réserve de la mise en place des barrières de sécurité passives et actives conformes à la réglementation ;**
- **Sous réserve de la mise en place d'un système de drainage des eaux de saturation en amont du site** dans le cas où il serait dimensionné un projet plus profond que celle de la cote de saturation ;
- **Et sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux seuils réglementaires.**

3.4 Contexte hydrologique local

3.4.1 Bassins versants à l'échelle locale

Le contexte hydrologique est illustré dans la [figure 32](#) en page suivante réalisée à partir de la carte topographique IGN à 1/25 000. La figure permet de définir les sous-bassins versants hydrographiques à l'échelle locale.

Ainsi, la zone retenue pour la poursuite d'activité de l'ISDND est incluse en majorité dans le bassin versant de la vallée de la Belle Chère et plus spécifiquement dans un sous-bassin versant (noté BV A, coloré en verdâtre sur la [figure 32](#)) en rive gauche d'un vallon affluent de la Belle Cher souligné par la présence de plusieurs étangs anthropiques en cascade (étang du Château, étang de la Dame Noire et étang aux Grèbes).

Le sous-bassin versant BVA est limité :

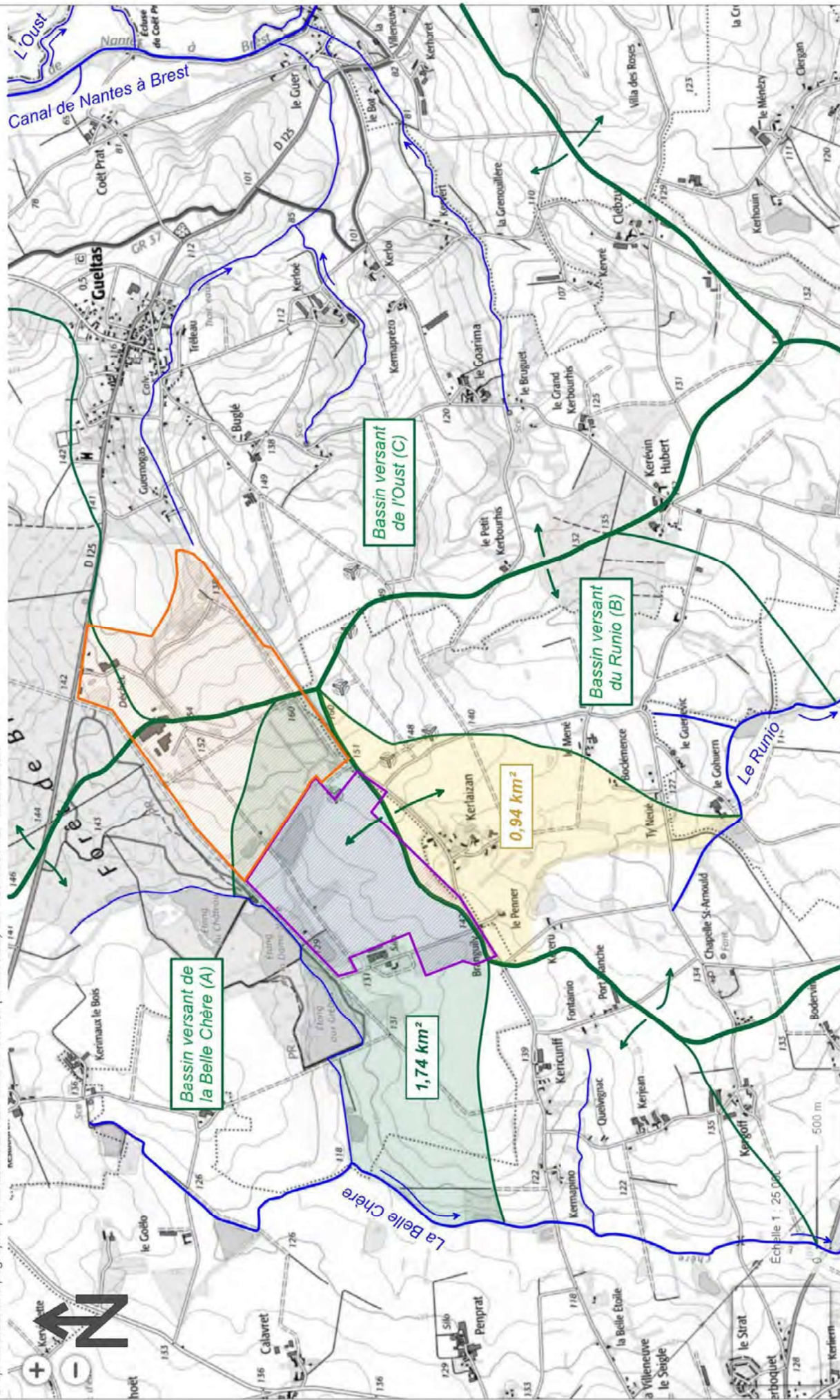
- Au sud-est par la crête topographique qui passe en amont immédiat de la zone d'études quasiment au niveau de la route (cote d'environ 150 m NGF) ;
- A l'Est par l'ISDND actuelle ;
- Au nord par un fossé creusé en fond de vallon (cote inférieure à 130 m NGF) et qui achemine les eaux vers l'ouest en direction de la Belle Cher (115 m NGF environ à la confluence) ;
- A l'ouest par le cours d'eau lui-même.

Une partie de l'emprise globale du projet est située dans le sous-bassin du Runio (en jaune sur la figure) mais l'emprise de la future zone de stockage, elle, reste uniquement dans le sous-BV A.

Deux éléments sont à signaler :

- Le projet, en domaine de plateau, est implanté en tête du bassin versant (ligne verte, pas d'amont substantiel).
Cette position est intéressante puisqu'il n'y a que très peu de surface amont et il n'est pas à prévoir de fossés majeurs de détournement des eaux de ruissellement.
- Les étangs présents dans l'axe du vallon (Dame Noire et des Grèbes) sont des retenues d'eau collinaires perchées dans la vallée (niveau d'eau plus haut que celui du fossé qui forme la limite du bassin versant incluant le site, Cf. paragraphe en page suivante).

Ainsi, il n'y a pas de relation hydrologique entre le site et les étangs (sous-bassins versants différents séparés par un fossé plus bas que le niveau d'eau des étangs (voir paragraphe ci-après).



3.4.2 Hydrologie du site et point de rejet naturel

L'hydrologie du site et le point de rejet naturel des eaux est illustré dans la figure 33 en page suivante.

Le projet retenu par Suez (zone en vert clair) est localisé en domaine de plateau et en tête du bassin versant (ligne en vert foncé). La cote topographique au droit du projet varie de 145 m NGF à 136 m NGF environ soit une pente relativement faible de 2 %.

Plus en aval (en « flanc » de plateau entre le projet et le chemin qui borde le site au Nord-ouest), la pente topographique moyenne est légèrement plus forte (2,5 %). L'axe du vallon est, pour sa part, quasiment plat (< 0,5 %).

Le site étant une zone cultivée (moutarde et maïs), il n'y a que très peu d'éléments à repérer concernant le contexte hydrologique. Afin d'assainir les terres et de permettre son exploitation agricole, le champ a été drainé (réseau de drainage agricole qui émerge au nord-ouest dans la petite zone boisée).

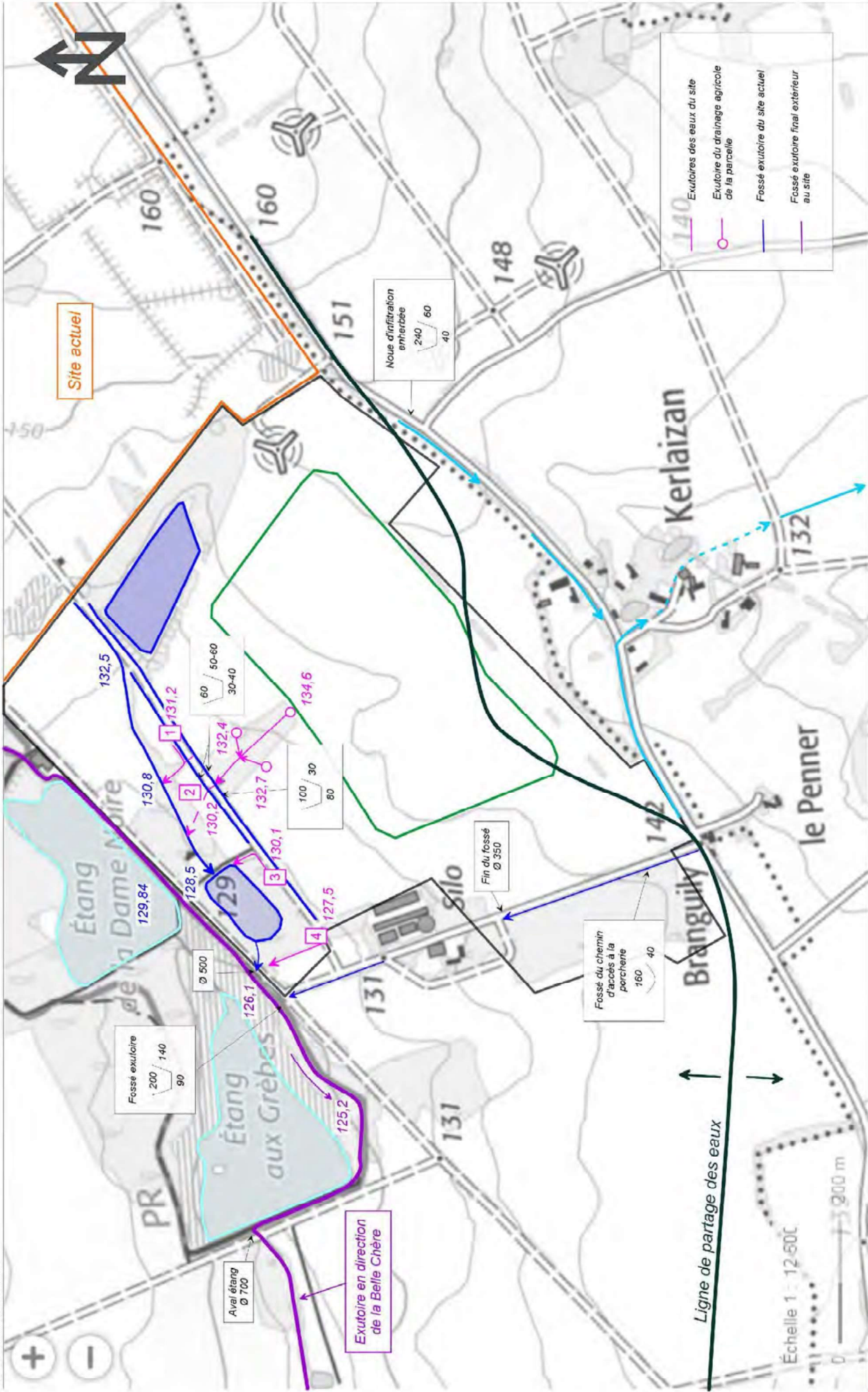
La morphologie générale du site conjuguée à la nature du proche sous-sol (silts fins) imposent à la majeure partie des eaux :

- De s'infiltrer en domaine de plateau et de vallée où les pentes topographiques sont faibles à nulles ;
- De ruisseler en flancs de plateau quand la pente est suffisante (> 5 % généralement).

Sur le fond de plan IGN à 1/25 000 (en noir et blanc) sont mentionnés les principaux éléments hydrographiques (fossés, fils d'eau...) tels qu'ils ressortent du relevé précis demandé au cabinet de géomètres experts COGEO (chiffres en rose). Ces données sont importantes car elles servent de base à la définition du projet dans le sens où elles imposent la cote du fil d'eau du drainage périphérique des eaux de saturation. Ainsi, **4 exutoires en aval immédiat sont possibles** (notés 1 à 4 dans la figure). Ces 4 exutoires sont cotés (fil d'eau) et **convergent tous au réseau de rejet des eaux du site actuel** (en bleu foncé). Les fossés en bordure de chemin ou de parcelle sont canalisés dès qu'ils franchissent les chemins par de grosses canalisations en béton.

En aval du bassin tampon de Suez, les **eaux sont drainées par un large et profond fossé** de près de 2 m de largeur en tête et de 1,4 m de profondeur (fossé en rose foncé). Le débit assimilable par ce fossé en fond de vallée (pente de 0,36 % selon les relevés du géomètre expert) est **supérieur à 2 m³/s** (2 365 l/s selon la loi de Manning strickler qui permet de définir le débit d'un fossé selon sa nature et sa morphologie, voir détail en annexe 8). Ce fossé (cote du fil d'eau à 126 m NGF environ et moins) est environ 3,5 m plus bas que l'étang de la Dame Noire et contourne les étangs. Il constitue donc bien une limite hydrologique entre le sous-bassin versant du site (en rive gauche du fossé) et les étangs (en rive droite) avec une indépendance hydraulique entre les 2 versants.

Ainsi, le réseau de gestion des eaux de ruissellement en aval du site (en domaine de vallée) semble surdimensionné vraisemblablement pour prendre en compte les conditions extrêmes (en cas d'inondation du fond de la vallée).



4

Préconisations techniques

Les principes d'aménagement des ouvrages d'une ISDND sont pris en application des différents articles de l'arrêté ministériel du 15 février 2016.

Les principes exposés dans le cadre de la qualification et la faisabilité technique du projet sont des mesures élaborées à un niveau de préconisations techniques et non d'une étude de maîtrise d'œuvre de travaux. Les recommandations et les prédimensionnements présentés sont des paramètres qui peuvent servir à l'élaboration du projet technique de la demande d'autorisation (voir projet technique du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale).

On justifiera, dans un tableau récapitulatif, la conformité réglementaire.

La conception des aménagements qui concernent les terrassements, tient compte des données acquises précédemment dans les études géologiques, hydrogéologiques, hydrologiques et géotechniques :

- La qualité et l'usage des matériaux ;
- La définition du fond de forme du projet d'extension de l'ISDND ;
- La constitution des couches de la barrière passive du fond et des flancs ;
- Dispositif de détournement et de drainage des eaux souterraines ;
- L'étude de stabilité ;
- Le réseau de contrôle des eaux souterraines ;
- Le point et les modalités de rejet des eaux du site.

Le projet retenu par la société Suez RV Ouest tel que développé dans l'avant-projet sommaire (APS) est présenté dans la figure 34 en page suivante pour fixer les idées pour les 2 configurations extrêmes (cote du fond de forme pour la plan du haut et projet de réaménagement pour la plan du bas).



Figure 34. Etendue du projet retenu par Suez (zone stockage).

4.1 Qualité et usage des matériaux

Dans le cadre de la qualification du site, les matériaux qui seront extraits pour les besoins de la création du vide de fouille ont fait l'objet d'essais en laboratoire afin d'en définir leur usage futur (digues, couverture).

Les caractéristiques géomécaniques des matériaux du site sont déjà bien connues puisqu'ils ont été testés jadis pour l'ISDND actuelle (étude Fairtec en 2006). Des études complémentaires ont été réalisées en 2022 sur la zone de poursuite d'activité. L'ensemble des nouveaux essais a été confié au laboratoire de GÉOTEC (compte-rendu des sondages et des essais en [annexe 6](#)). Toutes ces données (historiques et nouvelles) permettent de qualifier les matériaux à travers 4 familles de paramètres :

- Les paramètres de nature (granulométrie, valeur de bleu, limites d'Atterberg, indice de plasticité) qui déterminent la qualité intrinsèque des matériaux et leur classement ;
- Les paramètres d'état (teneur en eau, poids volumique, indice de consistance) qui déterminent l'aptitude du sol à supporter des charges en l'état (portance) ;
- Les paramètres de comportement mécaniques (essai Proctor, essai de cisaillement), qui déterminent les caractéristiques de compactage et de cohésion sous une charge ;
- Les paramètres de comportement hydraulique, dont les essais de perméabilité qui permettent de déterminer le coefficient de perméabilité verticale du matériau (coefficient réglementaire).

Les matériaux décaissés sont de 2 types :

- La couverture végétale limono-argileuse ;
- Les altérites meubles (argileuses et silteuses) ;

Ils surmontent les siltites indurées (socle altéré) qui resteront en place.

Les altérites et les siltites ont fait l'objet de tests au laboratoire afin de définir leur qualité géotechnique intrinsèque voire leur usage possible pour ceux qui seront décaissés.

4.1.1 Données historiques

En 2006, FAIRTEC a réalisé les tests nécessaires à la qualification des limons, des limons après compactage (pour reconstitution d'une digue), des altérites et des déchets stockés :

- 4 essais triaxiaux ont été menés ;

Les résultats des essais géotechniques sont repris en [annexe 5](#) et synthétisées dans le [tableau 15](#) en page suivante. Ces données avaient servies de base au calcul de stabilité et à la définition de l'usage des matériaux pour le site actuel.

Etude	Formation	Données géotechniques		
		Poid volumique apparent	Angle de frottement	Cohésion
Unités		γ (en kN.m3)	ϕ' (en °)	C' (en kPa)
FAIRTEC (Juillet 2006)	Limons	20	64	4
	Limons compactés (pour digue périphérique)	20	60	1
	Argiles schisteuses	21	40	1
	Déchets	10	20	5

Tableau 15. Récapitulatif des valeurs des essais en laboratoire (Fairtec, 2006).

4.1.2 Données nouvelles (2022)

4.1.2.1 Matériaux prélevés et testés

En 2022, ACG Environnement a réalisé des prélèvements d'échantillons pour essais au laboratoire complémentaires. Ces essais ont eu pour objectifs :

- De valider l'homogénéité géomécanique des formations rencontrées (Silts, argiles et siltites indurées) ;
- De caractériser les différents faciès des altérites en couverture qui seront décaissées pour définir leur usage.

Ainsi, il a été prélevé 5 échantillons intacts au sein du sondage carotté (SC/PZ Amont) sur lesquels les tests suivants ont été menés :

- Valeur au bleu de méthylène et teneur en eau sur tous les échantillons (pour définir l'argilosité et l'homogénéité) ;
- Essai de cisaillement rectiligne à la boîte (CD) sur l'échantillon au droit des horizons amenés à former les futurs flancs de projet (silts de 2 à 2,5 m).

4.1.2.2 Résultat des analyses historiques au laboratoire

Les résultats, détaillés en annexe 7, sont repris et synthétisés dans le [tableau 15](#) en page suivante.

Ces données complémentaires serviront de base au calcul de stabilité et à la définition de l'usage des matériaux.

Ainsi, l'ensemble des altérites testé est classé A1 voire A2 selon la classification GTR (tableau du haut). Il s'agit bien de silts peu plastiques non argileux (A1) ou légèrement argileux (A2) qui peuvent changer de comportement géotechnique selon la teneur en eau.

Les caractéristiques géomécaniques nécessaires pour les calculs de stabilité ont été acquises (voir tableau du bas) :

- Sur matériau intact pour les calculs de stabilité au décaissement ;
- Et sur matériau foisonné compacté à l'optimum proctor en cas d'utilisation en remblai périmétrique digue).

Identification G.T.R des matériaux :

Nom du sondage	Profondeur (en m)	Nature du matériau	W nat (en %)	Granulométrie			Valeur au bleu V.B.S (en g/100g)	Limite d'Atterberg				Classe GTR
				Dmax (mm)	< 2 mm	< 80 μ		Wl (en %)	Wp (en %)	Ip	Ic	
PM1		Siltite grise à brune	25,90	57,00	78,70	72,70		51,50	31,90	19,60	/	C1 / A2
PM3		Siltite rosée	24,80	12,00	95,00	89,70		48,60	32,70	16,00	1,37	A2 s
PM4		Siltite grise (rocheuse)	22,70	3,00	99,60	98,70		54,60	36,20	18,40	1,72	A2 ts
PM9		Siltite grise d'aspect verdâtre	17,80	3,00	99,90	86,20	0,97					A1
PM15		Silts argileux ocre	24,30	13,00	98,10	91,60		33,70	25,80	8,00	1,05	A1
SC1	2,0 - 2,5	Silt argileux grisâtre	27,80				3,57					
	7,5 - 8,0	Siltite à matrice graveleuse et argileuse					2,03					
	9,0 - 9,5	Siltite argileuse blanche					3,31					
	11,0 - 11,4	Silt argileux Abrune ocre					2,92					
	25,1 - 25,4	Siltite indurée					0,99					

Essai de cisaillement & perméabilité à l'oedomètre :

Nom du sondage	Profondeur (en m)	Nature du matériau	Compactage au Proctor		Cisaillement rectiligne à la boîte (CD)	
			Teneur en eau	Densité sèche	Cohésion	Angle de frottement
			Wopn (%)	ρd (Wopn)	C' (kPa)	φ' (°)
PM1	1 à 2,7	Siltite grise à brune compactée à l'OPN	21,50	1,55	10,00	31,00
SC1	2,0 - 2,5	Silt argileux grisâtre	/	/	18,00	27,00

Tableau 16. Récapitulatif des valeurs des essais en laboratoire (Géotec, 2022).

4.1.2.3 Usage des matériaux

Un des principes qui prévaut dans la construction des Installations de Stockage de Déchets est le réemploi des matériaux excavés pour la construction des ouvrages de confinement (digues, fond de forme, couverture).

La géométrie du projet est définie :

- Par les flancs en décaissement dont les pentes doivent être stables à court terme pour les talus intérieurs ;
- Par le fond de forme positionné sur des matériaux qui doivent respecter les critères réglementaires de la barrière passive (épaisseur et perméabilité) ;
- Par un dôme de déchets soutenus en périphérie par une la digue dont la géométrie globale doit être qtable vers l'extérieure à longs termes.

Les matériaux excavés pour l'exploitation du projet trouvent un usage sur le site. L'usage des matériaux excavés de haut en bas des flancs est le suivant :

- La terre végétale devra soigneusement être décapée et mise en attente du réaménagement final du site après exploitation du projet, au-dessus de la couverture finale. Son épaisseur est de 0,30 m à 0,50 m ;
- Les altérites meubles de nature silteuse qui pourront servir la constitution des digues périmétriques ou en merlon paysager en cas d'excédent.

4.2 Structure de la barrière passive du site

4.2.1 Rappel

4.2.1.1 Cadre réglementaire : arrêté ministériel du 15 février 2016

L'article 8 de l'arrêté ministériel stipule que : « *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 »

Le second alinéa stipule que : « *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. »*

Dans le cas où le milieu géologique ne satisfait pas naturellement aux règles stipulées par l'arrêté, la réglementation offre la possibilité de mesures compensatoires en introduisant la notion de « *niveau de protection équivalent* ». Selon le guide de recommandations pour l'évaluation de « *l'équivalence* » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets, version 3 de décembre 2019 : « *Deux barrières*

d'étanchéité passives 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 ».

4.2.1.2 Rappel sur le contexte géologique et hydrogéologique

La perméabilité des altérites aux cotes de la barrière passive (formant les 5 m en place) bien qu'ayant une perméabilité moyenne conforme aux attentes réglementaires n'ont pas une perméabilité inférieure à $k=1.10^{-6}$ m/s en tout point. La couche d'atténuation en place n'est donc pas présente en termes de perméabilité, même si elle l'est en termes d'épaisseur. De même, la partie supérieure de la barrière passive est absente (1 m à $k<10^{-9}$ m/s).

Cette insuffisance doit être compensée par une solution alternative telle que définie dans l'article 8 de l'arrêté du 16/02/2006 : si la barrière géologique ne répond pas naturellement aux prescriptions, « elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens présentant une protection équivalente ».

Une telle compensation a déjà été mise en œuvre sur le site actuel.

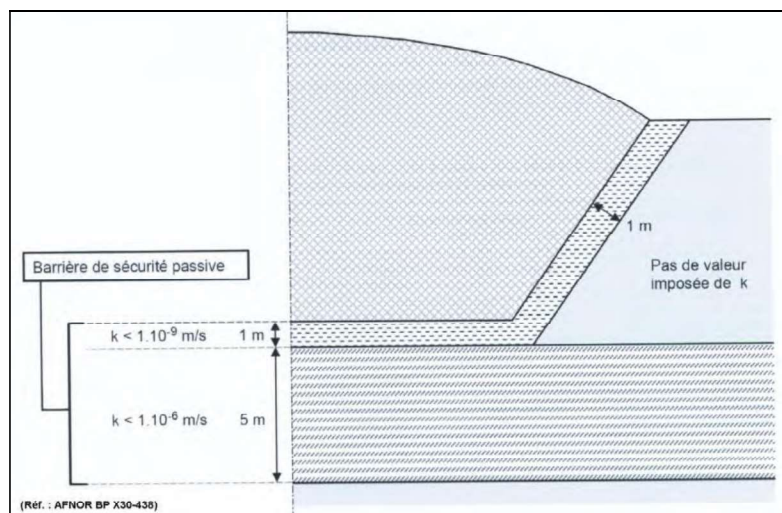
Le projet de reconstitution de la barrière passive doit donc prendre en compte 2 exigences :

- La **reconstitution** de la partie supérieure de la barrière passive (1 m à $k<1.10^{-9}$ m/s) ;
- Le **renforcement** de la barrière passive du fait de l'absence partielle de la couche d'atténuation (5 m à $k<1.10^{-6}$ m/s).

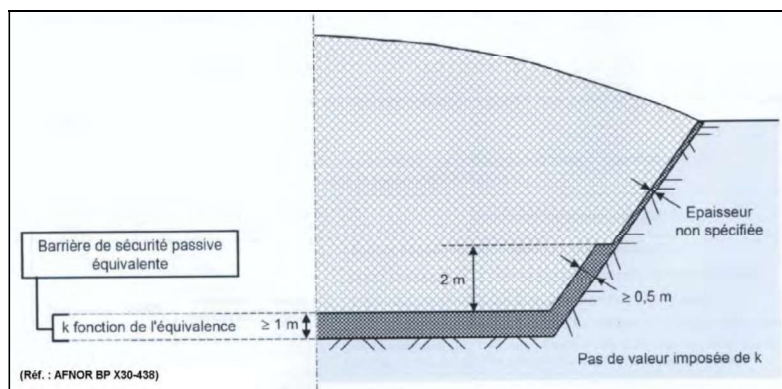
La justification de la structure proposée doit être apportée par un calcul d'équivalence réalisée selon le guide afférant.

4.2.2 Recommandations préalables

Les recommandations suivantes sur la conception du dispositif équivalent de la barrière passive réglementaire, sont proposées en application des exemples de mise en œuvre décrits dans le guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR BP X 30-438 (figure 35).



Principe de la barrière passive selon la réglementation française (ISDND).



Principe de la barrière passive équivalente selon la réglementation française (ISDND).

Figure 35. Principes d'aménagement de la barrière passive (AFNOR BP X 30-438).

4.2.2.1 Altitude de la barrière passive

Les prescriptions indiquent que la barrière passive ne doit pas être sollicitée pendant l'exploitation. De même, l'épaisseur de la barrière passive doit répondre à deux exigences :

- L'AM précise qu'en cas d'équivalence, la barrière passive reconstituée ne peut pas être inférieure à 1 m en fond ;
- Selon le *Guide d'Equivalence V3* : « il conviendrait que les plus hautes eaux connues se situent au moins à une distance de 2 m de la base de la couche de 1 m à 10^{-9} m/s ».

Ainsi, l'altitude de la base de la barrière passive reconstituée (équivalent à la cote de terrassement) doit donc, a minima, **être située 2 m au-dessus des plus hautes eaux souterraines ou à 2 m du niveau rabattu en cas de mise en place d'une tranchée drainante soit une épaisseur de barrière passive dite « équivalente » de 3 m minimum.**

4.2.2.2 Barrière passive sur le fond

La couche supérieure de la barrière passive doit avoir une épaisseur minimale de 1 m et une perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s. Comme elle est absente naturellement, il convient de la **reconstituer** par un matériau à perméabilité $K < 10^{-9}$ m/s.

La couche inférieure de la barrière passive (dite couche d'atténuation) qualifiée à l'échelle du site aura une épaisseur de 2 m par rapport au niveau de saturation des eaux (ou du niveau rabattu) et un coefficient de perméabilité supérieur à la réglementation (K pénalisant $= 4.10^{-6}$ m/s). Il convient de **renforcer** la barrière passive pour compenser l'insuffisance de la couche d'atténuation soit par la mise en place d'un GSB soit par une surépaisseur de la couche à 1.10^{-9} m/s.

4.2.2.3 Barrière passive sur les flancs

Au-delà des 2 m de base de remontée du 10^{-9} m/s en flanc, la couche de 1 m à perméabilité $k < 1.10^{-9}$ m/s devra être reconstituée à l'aide d'un dispositif équivalent en termes de perméabilité (un GSB, par exemple).

Les propositions de structures équivalentes sur le fond et sur les flancs, pour la reconstitution de la barrière passive sont définies dans les paragraphes ci-après.

4.2.3 Etude d'équivalence de la barrière passive de la zone ISDND

L'étude d'équivalence est présentée en **annexe 9**.

Le rapport est établi conformément au "guide de recommandations à l'usage des tiers experts pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive de centres de stockage". Ce guide a été réalisé par un groupe de travail autour du Ministère de l'Environnement du Développement et de l'Aménagement Durable (MEDAD), constitué de l'ADEME, le BRGM, le CEMAGREF, CETE, INERIS et INSAVALOR.

4.2.3.1 Calculs d'équivalences en fond

La modélisation mathématique a été réalisée à l'aide du logiciel MISP_V3 développé par le BRGM. Elle permet de calculer une concentration résiduelle dans la nappe présente sous le site à partir d'une pollution potentielle unitaire traversant la barrière passive.

Le calcul d'équivalence s'appuie sur des critères qui sont volontairement pénalisant comme, par exemple :

- La perméabilité des altérites qui a été prise à 4.10^{-6} m/s (valeur pénalisante correspondant à la plus élevée des mesures réalisées sur site) ;
- Nous avons imposé une épaisseur de terrain en place au-dessus du niveau des eaux souterraines rabattu comme étant de 2 m (valeur minimum recommandée par le guide d'équivalence) ;
- Nous avons pris comme épaisseur du GSB 6 mm alors qu'il est de 8 mm une fois hydraté ;
- Nous avons imposé une valeur de perméabilité du GSB à 5.10^{-11} m/s alors qu'en pratique elle est inférieure à 3.10^{-11} m/s.

Nous avons calculé les structures suivantes :

- Cas 1 : solution réglementaire (1 m + 5 m) ;
- Cas 2 : solution équivalente avec ajout d'un GSB au-dessus de la couche de 1 m à 10^{-9} m/s ;
- Cas 3 : solution équivalente par surépaisseur de la couche à 10^{-9} m/s (1,1 m).

Les performances de solutions dites équivalentes ont été comparées au cas réglementaire (cas 1). Une structure est au moins équivalente au cas réglementaire dès lors que la concentration d'un polluant dans la nappe est inférieure à celle issue du dispositif réglementaire.

Les rapports de performances, présentés dans la figure ci-dessous, sont réalisés par rapport au cas réglementaire :

- Si le rapport est supérieur à 1 : la solution offre une protection supérieure au cas réglementaire, la solution est donc recevable ;
- Si le rapport est inférieur à 1 : la solution n'est pas recevable car le degré de protection de la structure étudiée est inférieur à celui du cas réglementaire.

Les résultats sont illustrés dans le tableau 17 en page suivante. Il en ressort que :

- En cas de mise en place d'une couche de 1 m à $K < 10^{-9}$ m/s, il convient de renforcer la structure par un GSB (cas 2), solution équivalente selon les calculs réalisés ;
- Sans renforcement par un GSB, il convient de mettre une surépaisseur minimale d'argile à $K < 10^{-9}$ m/s de 0,1 m soit une épaisseur totale de 1,1 m minimum.

	Cas Réglementaire Cas 1	Renforcement par un GSB Cas 2	Renforcement par surépaisseur d'argile Cas 2
		<small>Eau souterraine rabattue à 130,5 m NGF</small>	
Épaisseur (m) :	6,00	3,01	3,10
k Darcy (m/s) :	5,97E-09	2,68E-09	0,00
Vitesse d'infiltration (m/s) :	1,294E-09	1,166E-09	1,272E-09
Temps de transfert (s) :	4,6E+09	2,6E+09	2,4E+09
Concentration (mg/l) :	1,62E-03	1,47E-03	1,59E-03
Rapport concentrations :	1,00	1,1025	1,0157
Amélioration (%) :		10,3%	1,6%

Tableau 17. Calculs d'équivalence de la barrière passive en fond de l'ISDND.

4.2.3.2 Cas des flancs

Selon la législation française pour la reconstitution d'une structure équivalente sur les flancs, l'épaisseur sur les flancs n'est pas spécifiée (comme illustré ci-dessus par le schéma p. 82, extrait du guide AFNOR BP X 30-438).

Pour les flancs, un calcul d'équivalence est sujet à caution. En effet, la problématique est autrement plus complexe que celle des fonds car la composante « stabilité mécanique » y est prépondérante. Ainsi, pour un GSB en flanc, dès lors qu'il n'y a pas de venues d'eaux latérales et qu'une étude de stabilité démontre la tenue à court et à long terme de la structure mise en place, l'équivalence est actée sans nécessiter un calcul d'équivalence.

Comme il n'existe pas de venues latérales et que le profil de stabilité a été justifié par une note de calcul, l'équivalence par GSB est actée sur les flancs.

4.2.4 Structure recommandée pour l'ISDND

4.2.4.1 Recommandation 1 : altitude minimale préconisée de la barrière passive

L'altitude du toit de la barrière passive reconstituée devra être placée, a minima, **3 m au-dessus du niveau des eaux souterraines (rabattu)**.

Ainsi, deux esquisses sur l'emprise initiale maximale du projet ont été réalisées en fonction de la pente du drainage (0,5 % minimum à 1 % maximum). Les esquisses correspondantes sont illustrées en [figure 37](#) en page 93.

Dès lors que la cote du fond de forme retenu par le pétitionnaire est supérieure à celles illustrées en [figure 36](#), elle sera conforme à nos recommandations et prendra en compte la sensibilité locale.

L'altitude du fond de forme préconisé est conforme à la réglementation.

4.2.4.2 Recommandation 2 : renforcement de la barrière passive par un GSB

Nous préconisons de reconstituer et de renforcer la barrière passive par **la mise en place d'un GSB** (préférable à une sur-épaisseur seule d'argile). En effet, cette structure « bi-couches » imperméable apportera une sécurité supplémentaire dans le sens où l'imperméabilité sera « double » (produit naturel et produit manufacturé).

La couche peu perméable mise en place en fond de forme devra avoir une épaisseur minimale de 1 m et doit se prolonger sur la base des flancs, de façon à créer une forme en « cuvette » étanche, sur une hauteur verticale de 2 m au-dessus du fond de forme (Cf. [figure 35](#), page 87).

La constitution de la couche très peu perméable de la barrière passive doit suivre, a minima, les prescriptions suivantes :

- Planche d'essais préalable pour définir de la perméabilité du matériau pressenti afin de préciser la teneur en eau, le dosage en bentonite éventuel en cas de matériau traité et l'intensité de compactage nécessaires à l'obtention du 1.10^{-9} m/s ;
- Mise en œuvre d'une couche d'au moins 1 m d'épaisseur homogénéisée et compactée à $k < 1.10^{-9}$ m/s en fond et de 0,5 m sur les flancs jusqu'à une hauteur de 2 m par rapport au fond (*mesurée au-dessus de la couche de 1 m*) à la teneur et à l'énergie de compactage définis par la planche d'essai ;
- Contrôle in situ de la conformité des couches compactées (perméabilité et épaisseur) de manière à obtenir le coefficient de perméabilité de service à $k < 1.10^{-9}$ m/s sur 1 m d'épaisseur en fond et sur la base des flancs.

Au-dessus de cette barrière passive, sera mise en place la barrière active réglementaire (*association d'une géomembrane étanche et d'une couche drainante*).

4.2.4.3 Structure recommandée pour les flancs

Selon la législation française, pour la reconstitution d'une structure équivalente, l'épaisseur n'est pas spécifiée en flanc, comme illustré ci-dessus par le schéma [p. 87](#) (extrait du guide AFNOR BP X 30-438).

Parmi les solutions équivalentes qui permettent de reconstituer la barrière passive, celle du GéoSynthétique Bentonitique (GSB) est fréquemment utilisée car elle satisfait aux performances hydrauliques définies par la réglementation ($k < 5. 10^{-11}$ m/s).

Le GSB est un produit industriel manufacturé pour chacun de ses composants. Parmi ceux-ci, la bentonite appartient à une famille spécifique d'argiles dont la composition chimique est importante en ce qui concerne sa perméabilité. On distingue ainsi :

- La bentonite sodique naturelle, issue de gisements nord-américain et indien ;
- La bentonite calcique activée, d'origine européenne.

Sur la totalité des flancs et en continuité du fond, nous recommandons de poser un Géosynthétique Bentonitique à bentonite sodique en nappe de 0,8 cm d'épaisseur (*en service après humidification*), dont les caractéristiques hydrauliques à $k < 5.10^{-11}$ m/s, sont au moins équivalentes à celles de la couche de 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s.

Le GSB sera plaqué sur les flancs jusqu'à la tranchée d'ancrage au sommet du projet. L'entreprise de pose des géosynthétiques devra être certifiée ASQUAL et devra respecter l'état de l'art en matière de fourniture et pose de ces matériaux, tel que décrit dans le fascicule du *Comité Français des Géosynthétiques* relatif au GSB.

4.2.5 Cas du bassin de lixiviât

Un calcul d'équivalence complémentaire a été réalisé pour le bassin de lixiviât pour lequel la réglementation demande l'existence d'une barrière passive constituée d'une couche de 0,5 m à 10^{-9} m/s en fond et en flanc (article 11, paragraphe 2, de l'AM).

Suez envisage, en effet une reconstitution d'une barrière équivalente par un GSB comme pour le site actuel.

Les calculs ont été réalisés sur la même base que pour l'ISDND à l'aide du logiciel MISP du BRGM. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Ainsi, la barrière passive du bassin de lixiviât peut être reconstituée avec un GSB en substitution de la couche d'argile réglementaire à $K < 10^{-9}$ m/s.

	Cas Réglementaire	Renforcement par un GSB
	Cas 4	Cas 5
	0,5 m à 10^{-9}	GSB à 5.10-11 m/s Sils meubles à 4.10-6 m/s
Épaisseur (m) :	0,50	0,50
k Darcy (m/s) :	1,00E-09	5,00E-11
Vitesse d'infiltration (m/s) :	3,00E-09	1,50E-10
Temps de transfert (s) :	1,7E+08	3,3E+09
Concentration (mg/l) :	1,51E-03	7,52E-04
Rapport concentrations :	1,00	2,0019
Amélioration (%) :		100,2%

Tableau 18. Calculs d'équivalence de la barrière passive du bassin de lixiviât.

4.3 Préconisation du dispositif de drainage des eaux souterraines

4.3.1 Principe de gestion

Il convient de mettre en place un **système de tranchée drainante périphérique** au projet avec un fil d'eau à minima 3 m en-dessous de la cote du fond de forme **afin de conserver 2 m de matériaux en place désaturés** entre la base de la barrière passive reconstituée et le sommet des eaux souterraines rabattu comme proposé dans le guide d'équivalence. Le schéma de principe est présenté en figure 36 ci-dessous.

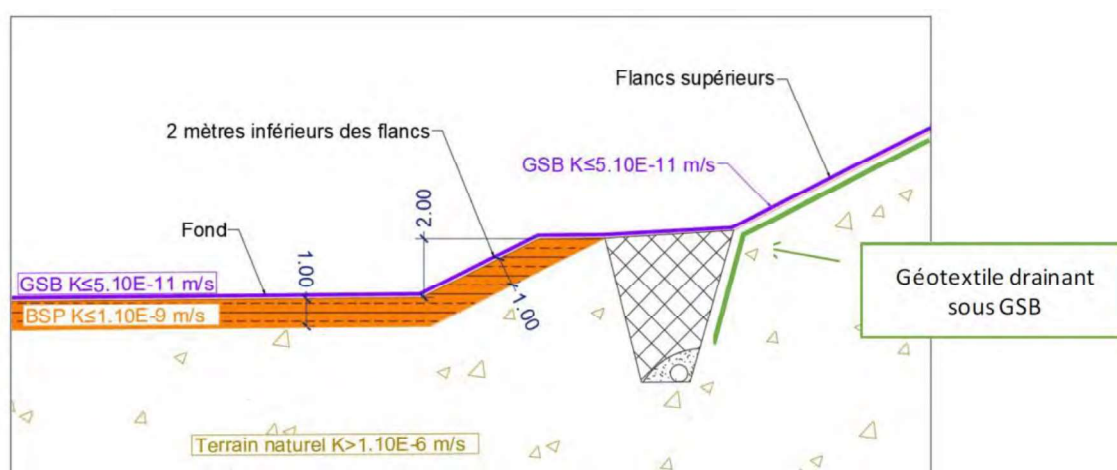


Figure 36. Coupe schématique de principe de la tranchée drainante.

Le fil d'eau de la tranchée drainante devra être à une altitude de 2 m minimum sous celle de la base de la barrière passive reconstituée. Nous recommandons de constituer la tranchée drainante comme suit :

- En fond de site et à la base des flancs, création d'une risberme intermédiaire positionnée à 2 m au-dessus du fond de forme (pour avoir la remontée réglementaire de l'argile à 10^{-9} m/s) et creusement d'une tranchée drainante au niveau de la risberme dont le fil d'eau est positionné 2 m minimum sous la base de la barrière passive reconstituée ;
- En flanc de site : mise en place d'un géotextile de drainage plaqué sur les flancs de terrassement et sous le GSB avec raccordement à la tranchée drainante.

Le dimensionnement du géotextile de drainage aussi bien en termes de débit que de stabilité devront faire l'objet d'une étude de dimensionnement. Notamment, en ce qui concerne les débits mis en jeu, nous avons calculé les débits maximums calculés en fonction de l'analyse du contexte hydrogéologique (Cf. paragraphe 4.3.3, en page 96).

4.3.2 Altitudes mini et maxi préconisées de la tranchée drainante

L'altitude du fil d'eau de la tranchée drainante est contrainte par 2 données d'entrée :

- **La cote du ou des points bas en aval** du site qui définit l'altitude minimale afin de pouvoir **rester en gestion gravitaire**. 4 exutoires sont possibles tels que montrés dans l'analyse du contexte hydrologique local (Cf. paragraphe 3.4.2, page 78) ;
- La **pente du fil d'eau de la tranchée qui ne doit pas être inférieur à 0,5 %** (pour une raison de faisabilité en phase travaux) et qui en **borne haute** pourrait **atteindre 1 %** (inutile de faire plus).

Les cotes à l'exutoire ainsi que les 2 pentes de fils d'eau correspondants aux 2 bornes des pentes de la tranchée sont illustrées dans la *figure 37* en page suivante. Sur ces schémas, c'est l'emprise maximum du projet théorique qui est présenté.

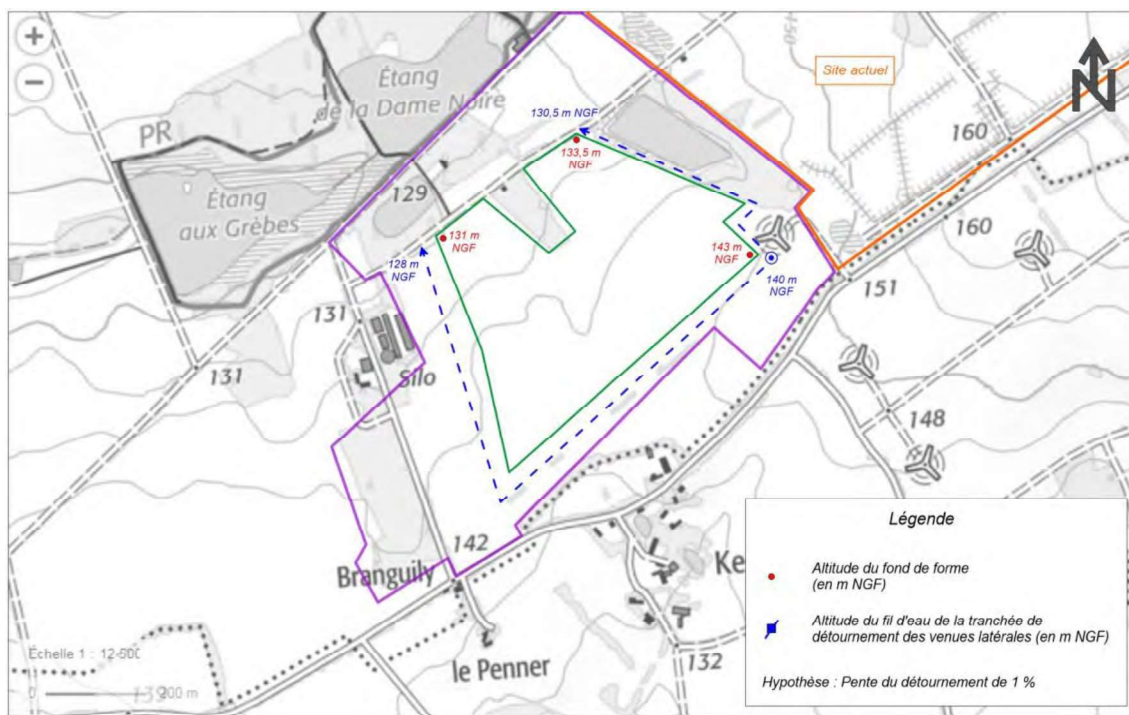
Ainsi, il y a 2 cotes imposées à l'exutoire en aval pour permettre un rejet dans le réseau existant :

- 128 m NGF au nord-ouest ;
- Et/ou 130,5 m NGF au nord).

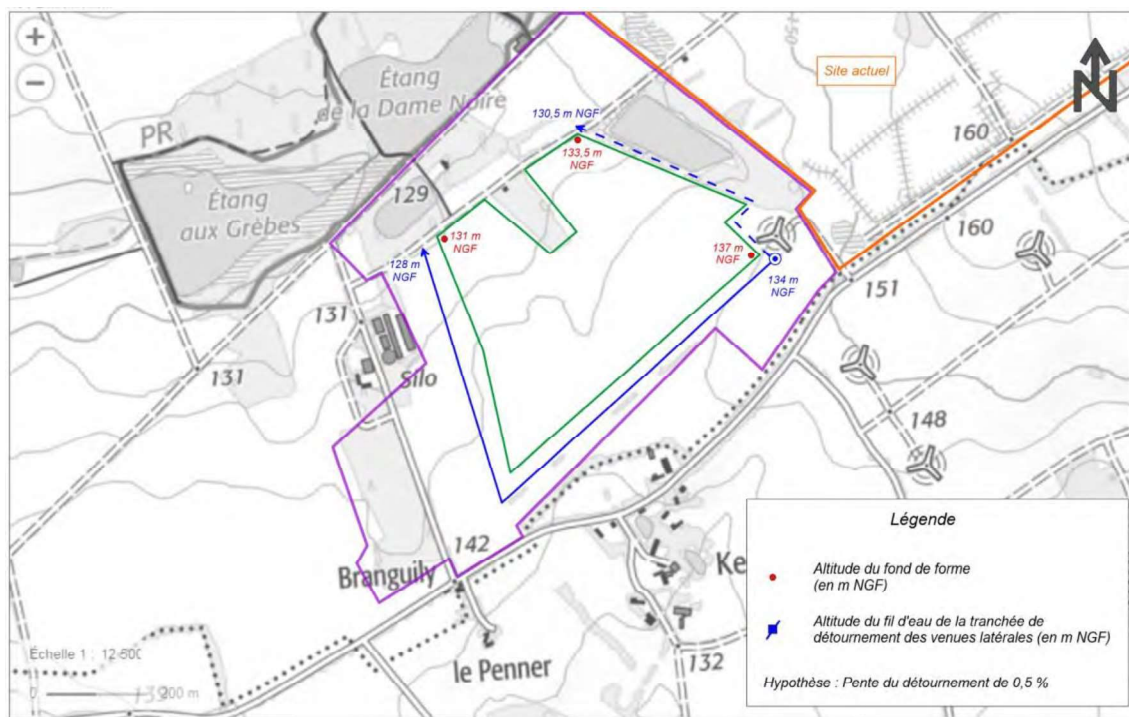
En fonction de la pente de la tranchée retenue (0,5 % ou 1 %), les cotes du fil d'eau de la tranchée drainante (en pointillé bleu) sont renseignées dans la *figure 37*.

L'altitude du fond de forme correspondante est figurée en rouge selon les 2 hypothèses :

- Elle varierait de 143 à 131 m NGF du sud-est vers le nord-ouest pour un fil d'eau de tranchée drainante penté à 1% ;
- Elle pourrait être optimisée et varier de 137 à 131 m NGF en cas d'une pente de fil d'eau à 0,5 %.



Hypothèse 1 : pente du drainage maximum à 1 %



Hypothèse 2 : pente du drainage minimum à 0,5 %

Figure 37. Altitudes du fil d'eau de la tranchée drainante et fond de forme associé.

4.3.3 Débits et volumes mis en jeu

Le calcul du débit spécifique à détourner par la tranchée drainante et les volumes annuels induits ont été réalisés afin de permettre le dimensionnement des dispositions constructives (capacité de drainage du géotextile en flanc, taille de la tranchée drainante et volume du bassin de stockage en aval) et ce en fonction du projet retenu par Suez (présenté en figure 34, en page 81).

Les débits et volumes mis en jeu ont été calculés en conditions pénalisantes en fonction des lois qui régissent les écoulements souterrain (loi d'assèchement de fouille dérivée de la loi de Darcy). Ainsi, et pour les données d'entrées pénalisantes suivantes :

- Pour un périmètre de stockage de 17 000 m² ;
- Avec une profondeur de tranchée drainante variant de 2,5 m au centre nord à près de 10,4 m dans l'angle Est (moyenne 6 m) ;
- Avec une hauteur de nappe prise en conditions de hautes eaux telles que définies dans la présente étude (voir figure 30, en page 70, soit 3 m de hauteur d'eau en moyenne) ;
- Et avec une perméabilité prise à 4.10⁻⁶ m/s ;

La tranchée drainante devra détourner un **volume annuel**, selon la loi d'assèchement de fouille, de **22 500 m³/an** soit un **débit de 2,6 m³/h à l'exutoire**.

Pour information, selon les lois de l'hydraulique, en prenant un bassin versant amont maximum théorique de 5,7 ha (d'après la carte topo à 1/25000) et pour une pluie efficace de 250 mm/an, on aurait un volume correspondant en provenance de l'amont de 14 500 m³/an soit un débit de 1,6 m³/h à l'exutoire.

Le **débit spécifique maximum par section unitaire d'écoulement (pour 1 mètre linéaire du périmètre)**, serait de l'ordre de **2,2 l/h** (selon la loi de Darcy et pour la perméabilité maximum de 4.10⁻⁶ m/s).

4.4 Mesures de protection de la qualité des eaux

4.4.1 Réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines pour la zone d'extension

La réglementation prévoit des mesures de contrôle de la qualité des eaux souterraines par la mise en place d'un réseau piézométrique sur la totalité du site avec a minima 1 piézomètre à l'amont et 2 piézomètres à l'aval.

Le réseau nécessaire et suffisant pourrait être constitué comme suit (voir localisation en figure 30, en page 70) :

- Un piézomètre amont : PZ amont existant à l'Est ;
- Trois piézomètres à l'aval : PZ aval nord et PZ aval nord-ouest et PZ aval nord-ouest.

Il n'est pas utile d'intégrer l'ouvrage noté PZaval sud dans le réseau de contrôle vu sa position (latérale).

4.4.2 Mode et point de rejet envisageables

Quatre points de rejets ont été identifiés en aval immédiat du site avec la définition d'une cote du fil d'eau respective. Il conviendra de rejeter dans un de ces points et de faire en sorte d'acheminer les eaux au bassin tampon du site actuel présent en aval du projet.

En aval de ce bassin, les eaux sont évacuées par surverse dans un gros fossé en fond de vallée qui contourne les étangs présents dans le sous-bassin versant hydrographique voisin. Ce fossé permettra vraisemblablement de gérer les eaux générées par le site (le fossé permet un débit de plus de 2 m³/s).

4.5 Etude de stabilité

ACG Environnement n'a pas les compétences en termes d'études de stabilité. Les études ont donc été réalisées par Technosol, bureau d'études aguerri à de telles missions. Elles ont été réalisées en appui du projet technique sur la base des données géotechniques acquises sur le site et en respect des règles de l'art (logiciel Talren). Les études sont de type G2AVP. Elles sont détaillées en annexe 10 du dossier de qualification.

Trois calculs ont été réalisés par Technosol en collaboration avec ACG Environnement (étude de qualification géologique) et l'assistant au maître pour le projet retenu par Suez :

- A. Stabilité au décaissement vers l'intérieur (pente interne de 2H/1V) au droit de la zone potentielle la plus profonde du site (profil pénalisant) ;
- B. Calcul de stabilité de la digue périmétrique vers l'intérieur où son emprise est plus importante (4,9 m de surélévation pour un talus interne en 2H/1V) ;
- C. Calcul de stabilité vers l'extérieur du site réaménagé pour le projet retenu par Suez pour le profil potentiellement le plus pénalisant (au point le plus haut du réaménagement).

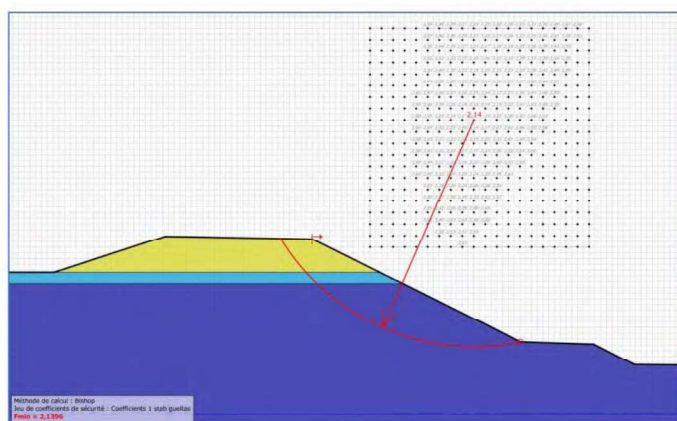
4.5.1 Stabilité au décaissement

Le profil étudié correspond au profil le plus profond avec un fond de **terrassement à 138,29 m NGF** au droit du décaissement potentiel maximum (TN à 146,31 m NGF soit un rampant de 8,02 m) avec une pente de talus de **2H/1V**.

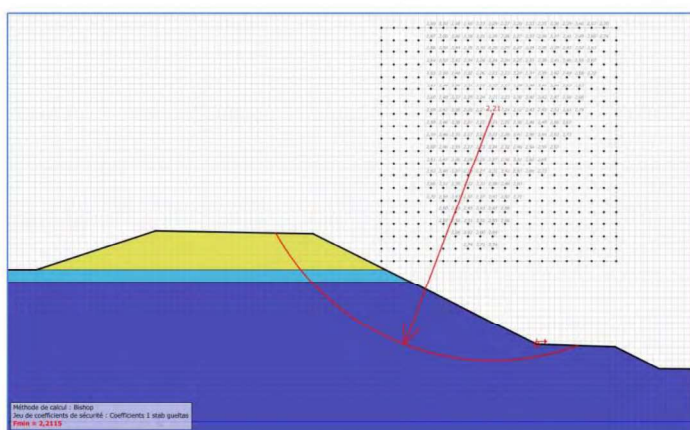
Les caractéristiques géomécaniques des matériaux constitutifs du site (allotérites et isaltérites) sont celles définies à partir des données acquises au laboratoire à partir des prélèvements représentatifs sur site (voir paragraphe 4.1, pages 82 à 85).

Les calculs pertinents repris de l'étude de Technosol sont illustrés dans la figure 42 en page suivante.

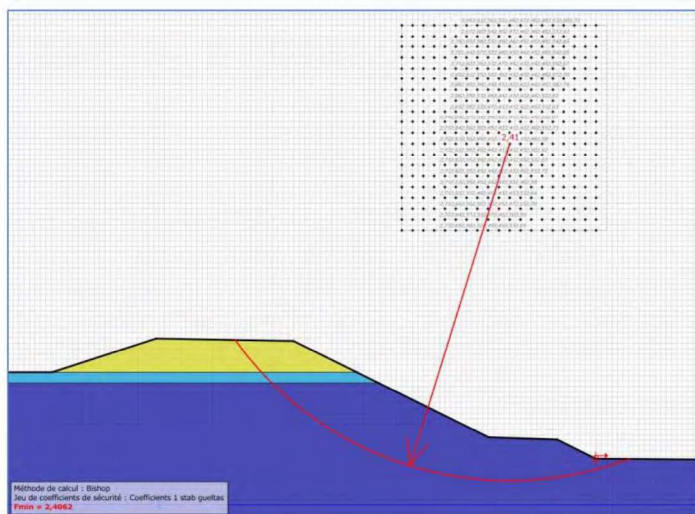
Les coefficients de sécurité sont au minimum de 2,14 (> 1,3 et même > 1,5) : la stabilité au décaissement est assurée et même hautement sécuritaire pour les pentes étudiées avec les caractéristiques géomécaniques déduites des données acquises sur site.



Situation1 F=2.14



Situation2 F=2.21



Situation3 F=2.41

Figure 38. Profil de stabilité au décaissement (Technosol).

4.5.2 Stabilité de la digue périmétrique

Il a été modélisé une **digue périmétrique théorique maximum (4,9 m de haut et 5 m de large avec des pentes de 2H/1V en intérieur et en extérieur)** ceinturant le site. Les résultats sont présentés dans la figure 43 ci-dessous.

Les résultats montrent une stabilité assurée pour la géométrie étudiée avec un coefficient de stabilité minimum de $2,38 > 1,5$ (profil hautement sécuritaire).

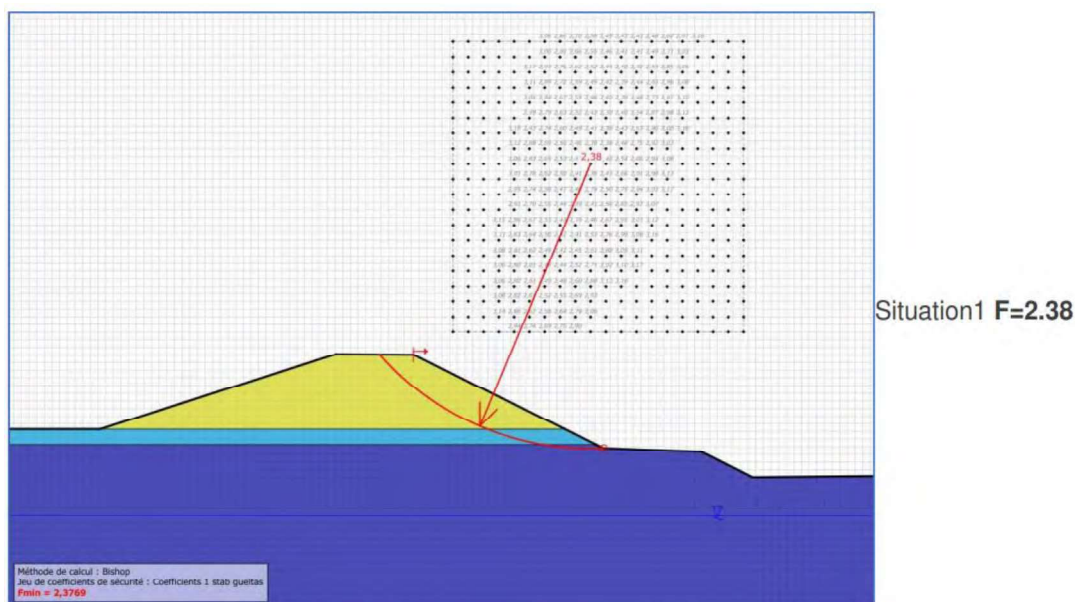


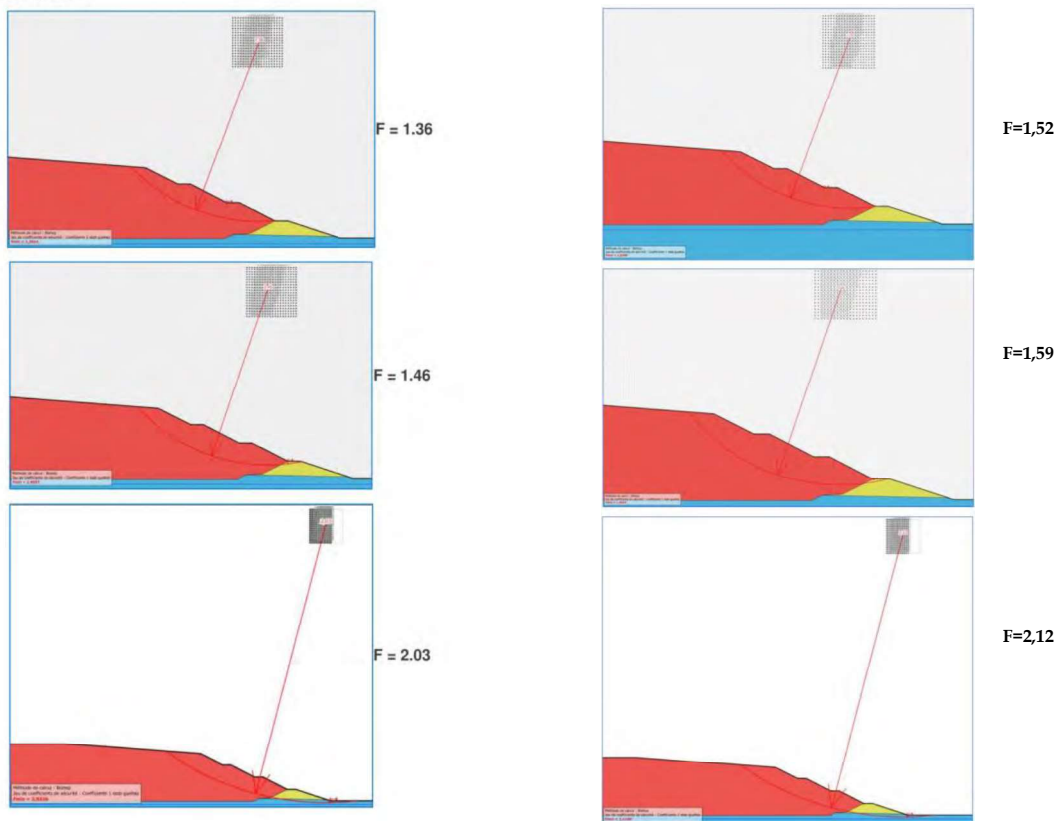
Figure 39. Profil de stabilité de la digue périmétrique maximum (Technosol).

4.5.3 Stabilité du projet retenu en configuration site réaménagé

La stabilité du projet retenu a fait l'objet d'un calcul de stabilité en configuration site réaménagé pour le profil le plus pénalisant passant au droit du point haut de réaménagement fixé à 147 m NGF. Les résultats sont présentés dans la figure 40 en page suivante.

Avec des caractéristiques de déchets pénalisantes (5 kPa de cohésion), on n'obtient pas les coefficients requis à long terme ($F=1,36 < 1,5$) tout en restant tout proche du seuil recherché. Pour avoir $F > 1,5$, il faudrait une cohésion de déchets légèrement supérieur à 8 kPa ce qui semble tout à fait réaliste (à confirmer en phase travaux).

Phase 1, situations 1, 2 et 3



Déchets à 5 kPa

Déchets à 8 kPa

Figure 40. Stabilité vers l'extérieur du site réaménagé pour le projet retenu par Suez.

5

Conclusion

La mission réalisée suit les recommandations du « *Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites d'installations de centres de stockage de déchets* » de décembre 2009.

Les mesures et observations sont suffisamment nombreuses pour être représentatives ; les données sont suffisamment précises et variées pour qu'une interprétation objective puisse être proposée.

Le volume important de données sur ce site (existantes et nouvelles acquises) permet d'élaborer un diagnostic favorable à l'implantation de l'extension de l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux.

Les paragraphes ci-après sont la reprise des conclusions d'étapes du présent rapport.

5.1 Etude d'aptitude

L'étude d'aptitude aux échelles régionales et locales a été réalisée à partir de sources bibliographiques et documentaires. Le site répond aux critères d'aptitude tels que définis par la Guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR (BP X 30-438), paru en décembre 2009, pour la reconnaissance de sites d'installation de stockage de déchets.

Les critères d'aptitude géologique, hydrogéologique et hydrologique aux échelles régionales et locales **restent globalement favorables (peu contraignants) à une poursuite d'exploitation de l'ISDND, sous réserve de la mise en place de mesures compensatoires** comme la reconstitution et le renforcement de la barrière passive réglementaire.

Contexte géologique :

Les données géologiques et structurales acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- La zone d'études appartient au Massif Armoricaïn et plus spécifiquement au « Domaine Varisque de Bretagne centrale », composé par les roches les plus anciennes du massif (datant du Briovérien) ;
- Ces roches anciennes silteuses (anciens sédiments marins légèrement métamorphosés) ont subi l'effet du temps et ont été altérés en sables argileux sur plus de 30 m (altérites). Ces produits d'altération sont les horizons les plus favorables à l'échelle régionale à former la barrière de sécurité passive (notion de base des ISDND, 5 m à perméabilité inférieure à 10^{-6} m/s) ;

- Le site est localisé en domaine de plateau, zone la plus favorable :
 - Tectoniquement parlant car en dehors des couloirs de failles que caractérisent les vallées principales d'orientation sub-méridienne (à N20) ;
 - Et géologiquement parlant car où l'épaisseur d'altérites est la plus importante.

Compte tenu de ces éléments, le contexte géologique et structural régional et local est jugé favorable dès lors que le projet est localisé en domaine de plateau et ancré dans les horizons altérés.

L'aire d'étude géologique est définie spatialement par le plateau qui porte le site et en profondeur par la présence des altérites de socle (30 m).

Cela étant dit, il conviendra d'être vigilant quant à la présence possible de failles de tensions (filons de quartz) connus dans le secteur (hétérogénéité locale) qu'il conviendra d'étudier en phase de qualification. Il conviendra, vraisemblablement également, de reconstituer la couche supérieure imperméable de la barrière passive (1 m à $K < 10^{-9}$ m/s).

Contexte hydrogéologique :

Les données hydrogéologiques acquises à l'échelle régionale sont les suivantes :

- Le site de Gueltas est localisé dans le domaine varisque de Bretagne centrale qui se caractérise par la présence de roches anciennes schisteuses ayant subi une altération intense tant et si bien que la roche mère profonde se situe à plus de 30 m de profondeur sous des horizons altérés argilisés peu perméable ;
- Cette couverture peu perméable induit l'absence de ressource en eau souterraine substantielle qui se concentre aléatoirement et uniquement au gré des fractures profondes de la roche mère saine et à forte profondeur (Les fractures de la roche jouent un rôle de drain des eaux infiltrées).
- Ainsi, il n'y a pas de captages AEP dans le secteur du fait de l'absence de ressource.

Pour ces raisons, le contexte hydrogéologique est favorable.

Le site est localisé en domaine de plateau où la couverture d'altérites est de facto plus importante qu'en domaine de vallée (point favorable). Cependant, l'absence de pente topographique substantielle conjuguée à la nature peu perméable des altérites induisent, a priori, une cote de saturation peu profonde (les altérites jouent un rôle de capacitif en retenant l'eau d'infiltration pluviale). Ce point est à étudier finement en phase d'études de qualification car elle contraint nécessairement la cote du fond de forme du site.

L'aire d'études hydrogéologiques est définie spatialement par le bassin versant hydrographique (et donc hydrogéologique) qui inclut le site et en profondeur par celle du premier niveau d'eau (saturation naturelle des horizons d'altération du socle).

Le contexte hydrogéologique reste favorable sous réserve de positionner le fond de forme du site au-dessus du niveau de saturation des altérites ou sous réserve d'une gestion des eaux sa saturation à même d'assurer un drainage du niveau pour des raisons évidentes de faisabilité hydrogéologique.

Les critères positifs pour le choix du site à l'échelle régionale sont les suivants :

1. En faveur de son aptitude géologique :
 - La présence à l'affleurement et sur des épaisseurs substantielles des altérites, unité géologique qui représente la formation la plus favorable et la plus apte à former la barrière passive du site à l'échelle régionale ;
2. En faveur de son aptitude hydrogéologique :
 - L'absence de nappe au sens hydrogéologique du terme dans les altérites ;
 - L'absence de captages d'eau potable potentiellement vulnérables au site.

5.2 Etude de qualification

5.2.1 Qualification géologique du site

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués (sondage carotté, sondages à destructifs, diagraphies, campagne de mesures géophysiques).

Le substratum géologique du site (siltite du Briovérien) a été altéré et on observe toute la succession classique des différents degrés d'altération en fonction de la profondeur. Ainsi, la succession lithologique locale est la suivante (de la base vers le sommet) :

- Le socle sain n'a pas été touché en sondage (à plus de 30 m) mais a été reconnu à près de 45 m en géophysique ;
- Le toit du socle altéré et induré (premier degré d'altération du socle) dessine une interface très légèrement pentée vers le Nord-Ouest (1,2%) en accord avec la topographie de la zone étudiée. La cote du toit varie de 133,5 m NGF au sud-ouest à 127,5 m NGF pour une cote moyenne d'environ 131 m NGF ;
- Les altérites meubles (islatérites argileuses et allotérites silteuses) ont partiellement été érodées en direction de la vallée au Nord du site (exutoire naturel des eaux de ruissellement). L'épaisseur de ces formations dites de couverture varie de 12,5 m sur le plateau au Sud à 1,5 m à proximité de la vallée au nord.

D'un point de vue structural, les investigations géophysiques ont montré l'extrême homogénéité des formations (électromagnétisme et panneaux électriques) sur au moins 30 m (pas de discontinuités). Notamment, la faille voisine notée sur la carte géologique (observable à travers des filons de quartz) pourrait se prolonger au droit du site (possiblement visible en fond de panneau à 45 m de profondeur) mais n'a pas d'effet sur le projet (faille de tension sans décalage et/ou estompée dans les altérites).

Dans le cadre du projet de SUEZ, il est préférable de s'ancrer dans les altérites meubles, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site.

Les essais de perméabilité in situ selon la norme en vigueur au droit de 12 sondages (NFX30-423) ont été réalisés sur site et ont donné une valeur de perméabilité moyenne de $9,5.10^{-7}$ m/s pour les horizons constitutifs de la barrière passive en place. Les altérites silteuses sont à caractère semi-perméables en grand. Néanmoins, localement le seuil des 10^{-6} m/s est dépassé sur quelques valeurs tout en restant tou proche de la valeur seuil.

Ainsi, le contexte géologique local est jugé peu contraignant et même favorable sous réserve de mise en place de mesures compensatoires répondre aux exigences réglementaires, avec en particulier :

- La reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive à $k < 1.10^{-9}$ m/s ;
- Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle des 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s (épaisseur acquise mais perméabilité supérieure ponctuellement).

La structure proposée devra être validée par un calcul d'équivalence de la barrière passive.

5.2.2 Qualification hydrogéologique du site

La nature silteuse (texture fine) des horizons d'altération du socle présents sur plus de 30 m avec une perméabilité très faible (10^{-6} m/s) conjuguée à l'absence de pente en domaine de plateau comme c'est le cas au droit du site (pas de drain naturel) induisent une saturation des altérites (fonction capacitive). Un écoulement lent (1 à 2 m par an) s'effectue des points hauts topographiques vers les axes de drainage que forment les fonds de vallée (concordance entre les bassins versants hydrographiques et les bassins versants hydrogéologiques).

Les 11 piézomètres présents (les 6 sur l'ISDND actuelle et les 5 nouveaux pour la présente étude) ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : au droit de la zone de poursuite d'activité, la nappe s'écoule d'Est en Ouest avec un gradient de 2,2 % en direction de la Belle-Chère (affluent de l'Ével/Blavet) qui draine les eaux. Le niveau piézométrique s'échelonne de 145 m NGF en amont à l'Est à moins de 130 m NGF en aval à l'ouest avec un niveau à faible profondeur (moins de 3 m).

La grandeur mathématique des caractéristiques hydrodynamiques acquises sur les 5 nouveaux piézomètres ajoutées aux mesures de perméabilité au sein des altérites ont confirmé le caractère non aquifère des horizons d'altération (formation semi-perméable).

Le seul niveau de nappe potentiellement productif est contenu en profondeur au droit du socle sain quand il est fracturé (drain donc écoulement possible). Il n'a pas été touché sur site (investigations jusqu'à 30 m de profondeur). L'aquifère profond n'est pas vulnérable (forte profondeur et couverture semi-perméable importante). Néanmoins, les eaux de saturation sont fortement vulnérables aux pollutions de surface (niveau sub-affleurant).

La faible profondeur de la cote de saturation implique la mise en place d'un système de drainage en amont qu'il convient de dimensionner (en phase de préconisations techniques) afin de s'assurer de la non sollicitation de la barrière passive reconstituée et donc de la faisabilité technique du projet.

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- **Sous réserve de la mise en place des barrières de sécurité passives et actives conformes à la réglementation ;**
- **Sous réserve de la mise en place d'un système de drainage des eaux de saturation en amont du site** dans le cas où il serait dimensionné un projet plus profond que celle de la cote de saturation ;
- **Et sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux seuils réglementaires.**

5.3 Préconisations techniques

La structure et l'altitude de la barrière passive ont été déterminées par un calcul d'équivalence. Le projet est recevable eu égard à l'arrêté ministériel et même sécuritaire d'un point de vue protection de la ressource en eau sous réserve :

1. De rabattre les eaux souterraines par un système de tranchée drainante périphérique afin de maintenir a minima 2 m de terrain en place non saturé entre le niveau rabattu et la base de la barrière passive reconstituée ;
2. De reconstituer la couche à $k < 1.10^{-9}$ m/s en fond de site par apport d'argile extérieur ou par tout autre moyen démontrant l'obtention du seuil des 10^{-9} m/s (traitement des silts du site à la bentonite par exemple) ;
3. De mettre en place, en fond et en flanc un GSB sodique ;
4. De décaisser la zone de stockage selon les pentes talutaires internes de 2H/1V ;
5. Et selon le profil de réaménagement défini dans le projet technique qui est stable à long terme selon les calculs de stabilité réalisés sous Talren sous réserve d'une cohésion de déchets à 8 kPa minimum.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

ADES : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines ;

AFNOR : Agence Française de NORmalisation ;

A.E.P. : Alimentation en eau potable ;

A.M. : Arrêté Ministériel du 15 février 2016 ;

A.R.S. : Agence Régionale de la Santé ;

B.R.G.M. : Bureau de Recherches Géologiques et Minières ;

B.S.S. : Banque de données du Sous-Sol ;

D.D.A.E. : Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale ;

I.S.D.N.D. : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux ;

GTR : GéoTechnique Routière ;

I.G.N. : Institut Géographique National ;

K : coefficient de perméabilité, s'exprime en m/s ;

M.a : Million d'années ;

N.G.F. : Nivellement Général de la France ;

O.P.N. : Optimum Proctor Normal

S.D.A.G.E. : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux ;

TN. : Terrain Naturel ;

V.B.S. : Valeur de Bleu Spécifique

W_{nat} ou **W_{opt}** : Teneur en eau naturelle ou à l'optimum Proctor.

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Carte géologique de la France 1/50 000 n°314 LOUDEAC, BRGM éd.

Carte géologique de la France à 1/1 000 000. J. Chantraine, A. Autran, Cl. Cavelier. *BRGM éd.*, 6^{ème} édition, 1996.

Carte topographique 1/25 000 de Loudéac / La Trinité-Porhoët, n°0918SB, IGN Paris.

Arrêté ministériel relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) du 15 février 2016.

Guide de recommandations pour l'évaluation de « l'équivalence » en étanchéité passive d'installation de stockage de déchets. Version 3. *MEEDAT*. Décembre 2019.

Aptitude hydrogéologique de sites de stockage de déchets ultimes non dangereux. B. Mouthier, *Géologues n°160*, pp. 95-101, 2009.

Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites de centres de stockage de déchets. FD X 30-438, *AFNOR*, juillet 2017.

Détermination du coefficient de perméabilité d'un terrain par essai à charge variable en forage ouvert. NF X30-423, révisée, *AFNOR*, 30p. septembre 2011.

Guide de recommandations pour la conception et l'évaluation de dispositifs « d'équivalence » en étanchéité passive d'installations de stockage de déchets - Version 3, décembre 2019.



**PROJET DE POURSUITE
D'EXPLOITATION DE L'ISDND
COMMUNE DE GUELTAS (56)**

**ETUDE DE QUALIFICATION GEOLOGIQUE ET
HYDROGEOLOGIQUE**

DOSSIER DES ANNEXES

2023/09/E168/V1

Septembre 2023

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1. Données bibliographiques sur le contexte environnemental**
- Annexe 2. Données bibliographiques sur les risques naturels**
- Annexe 3. Données AEP**
Périmètres de protection des captages AEP (ARS)
- Annexe 4. Prospection géophysique**
ACG Environnement, décembre 2022
- Annexe 5. Données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques historiques**
SOPENA (1992) ; F.D. Conseil (1994) BURGEAP (2006), BRGM (BSS), Fairtec (2006)
- Annexe 6. Données géologiques et géotechniques nouvelles réalisées pour la présente étude**
Géotec, (2022)
- Annexe 7. Levés géologiques réalisés par ACG Environnement**
Fouilles à la pelle et sondage carotté
- Annexe 8. Qualité des eaux 2022 souterraines et caractéristiques hydrodynamiques**
ACG Environnement 2022 ; CID Environnement 2022
- Annexe 9. Calculs d'équivalence de la barrière passive**
ACG Environnement 2022
- Annexe 10. Etude de stabilité**
Technosol 2023

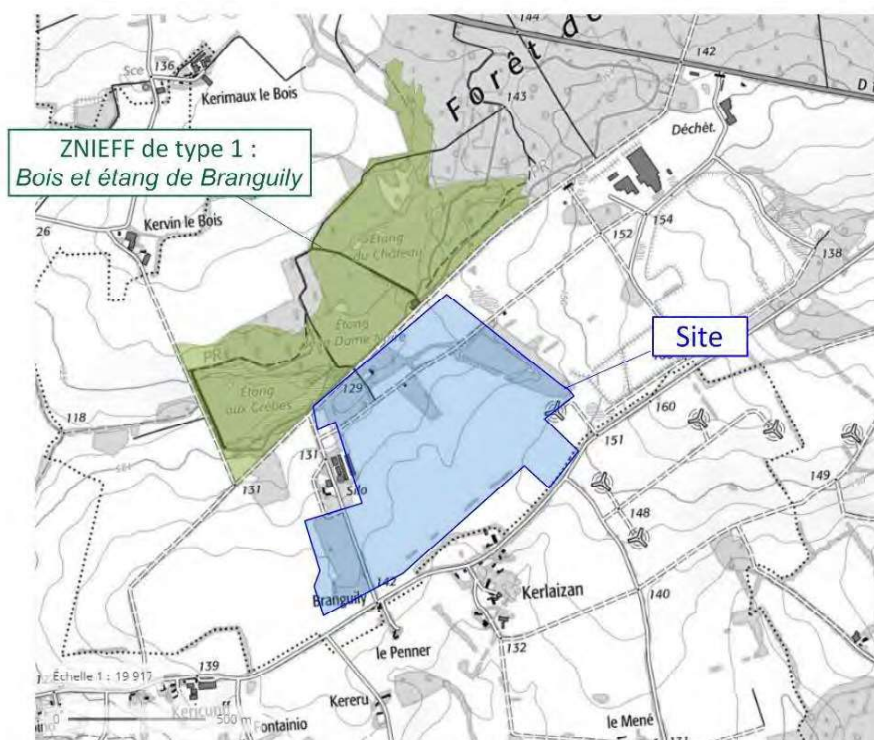
Annexe 1.

Données bibliographiques sur l'aptitude régionale

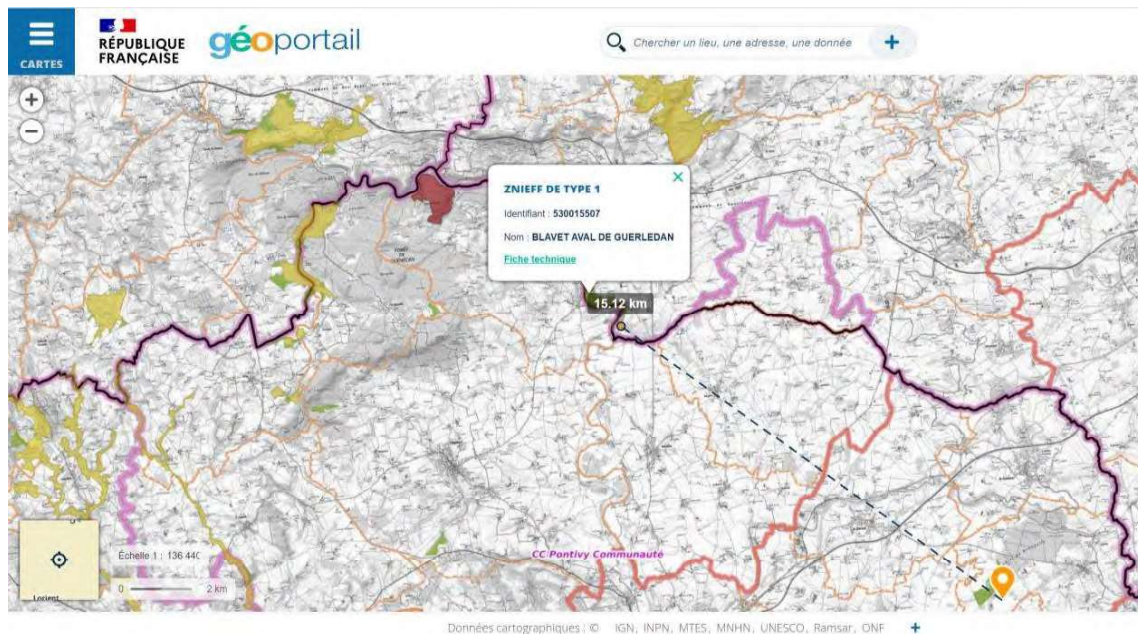
Contexte environnemental

Tableau récapitulatif de l'inventaire des zone environnementales sensibles :

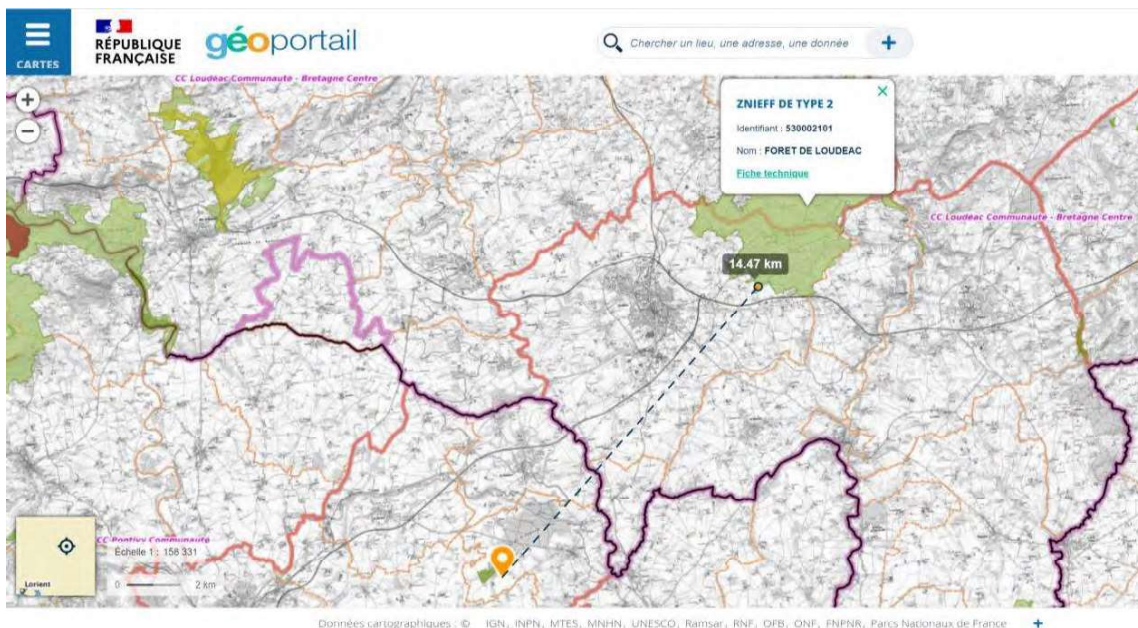
Nom	Numéro	Type	Distance de l'extension (Km)	Direction
Bois et étang de Branguily	530030164	ZNIEFF de type 1	0,02	Nord-Ouest
Blavet aval de Guerledan	530015507	ZNIEFF de type 1	15,00	Nord-Ouest
Forêt de Loudéac	530002101	ZNIEFF de type 2	15,00	Nord-Est
Forêt de Quénécan	530005961	ZNIEFF de type 2	15,00	Nord-Ouest
Forêt de Lanouée	530006826	ZNIEFF de type 2	15,00	Sud-Est
Bassin Versant du ruisseau de Bonne-Chère	FR3801088	Arrêté de Protection de Biotope	15,50	Ouest
Rivière Scorff, Forêt de Pont Calleck, Rivière Sarre	FR5300026	NATURA 2000 Directive Habitat	16,00	Ouest

Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique de Type 1 « Bois et étang de Branguily » (N° 530030164) :


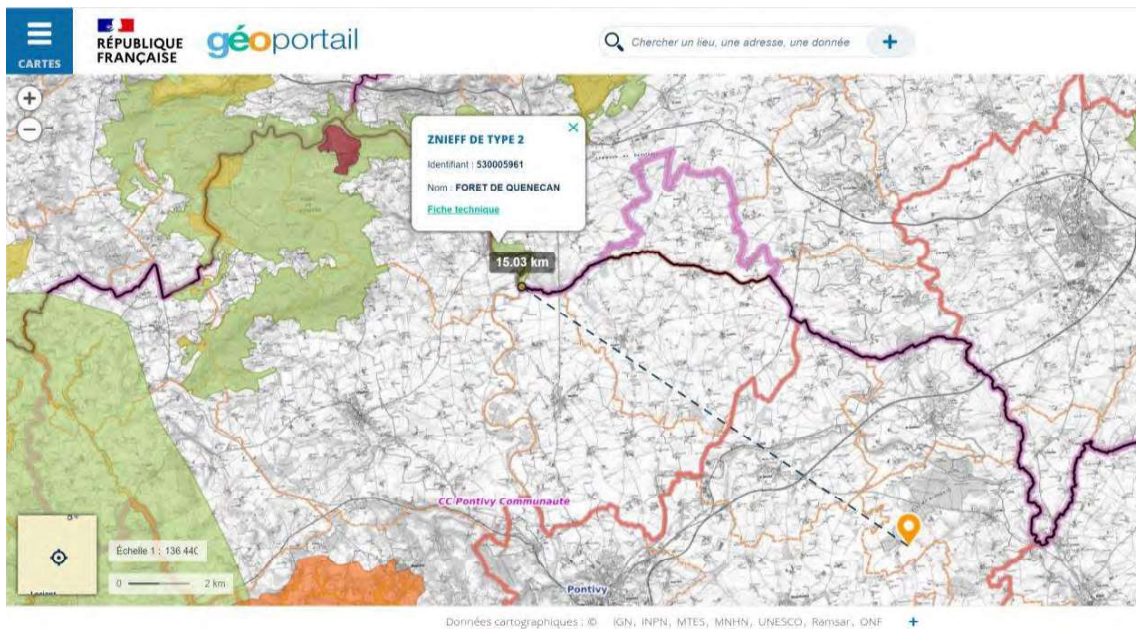
Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique de Type 1 « Blavet Aval de Guerlédan » (N° 530015507) :



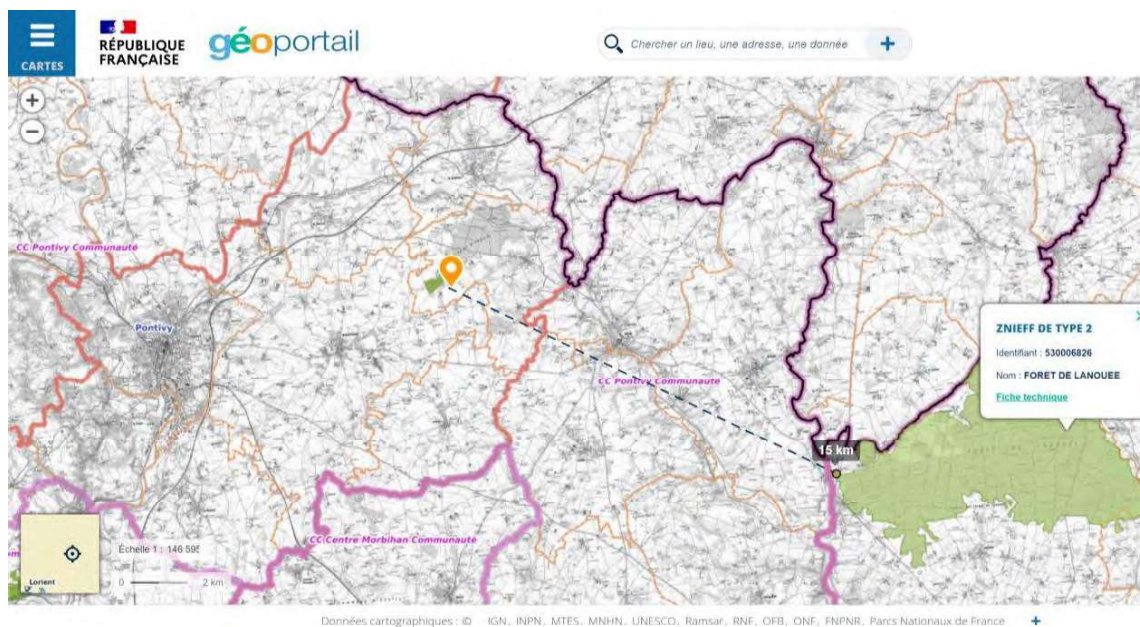
Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique de Type 2 « Forêt de Loudéac » (N° 53002101) :



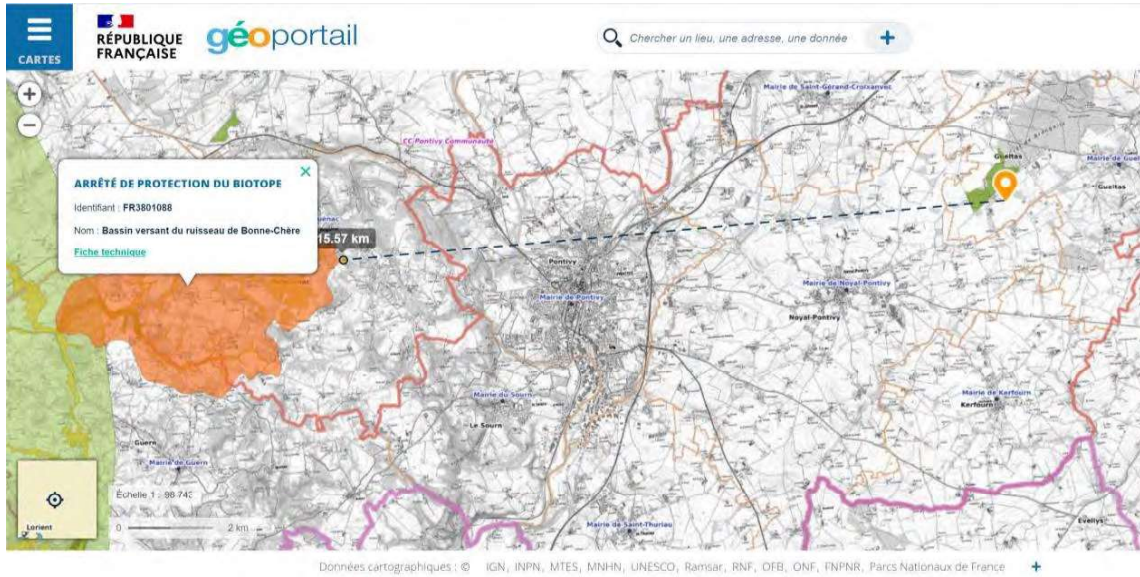
Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique de Type 2 « Forêt de Quénécan » (N° 530005961) :



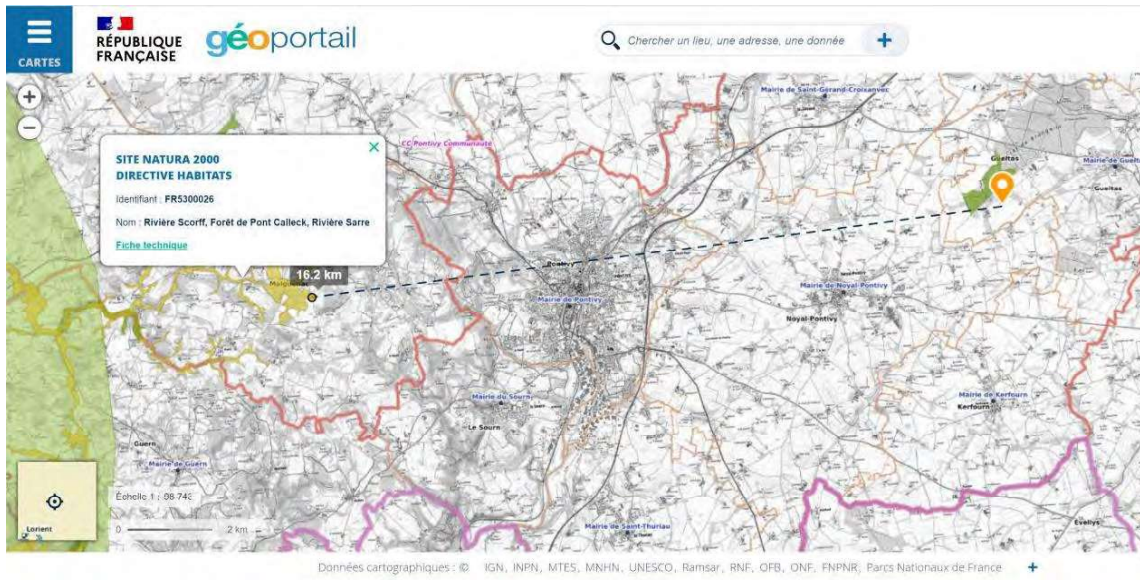
Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique de Type 2 « Forêt de Lanouée » (N° 530006826) :



**Arrêté de Protection Biotope « Bassin versant du ruisseau de Bonne-Chère »
(N° FR3801088) :**



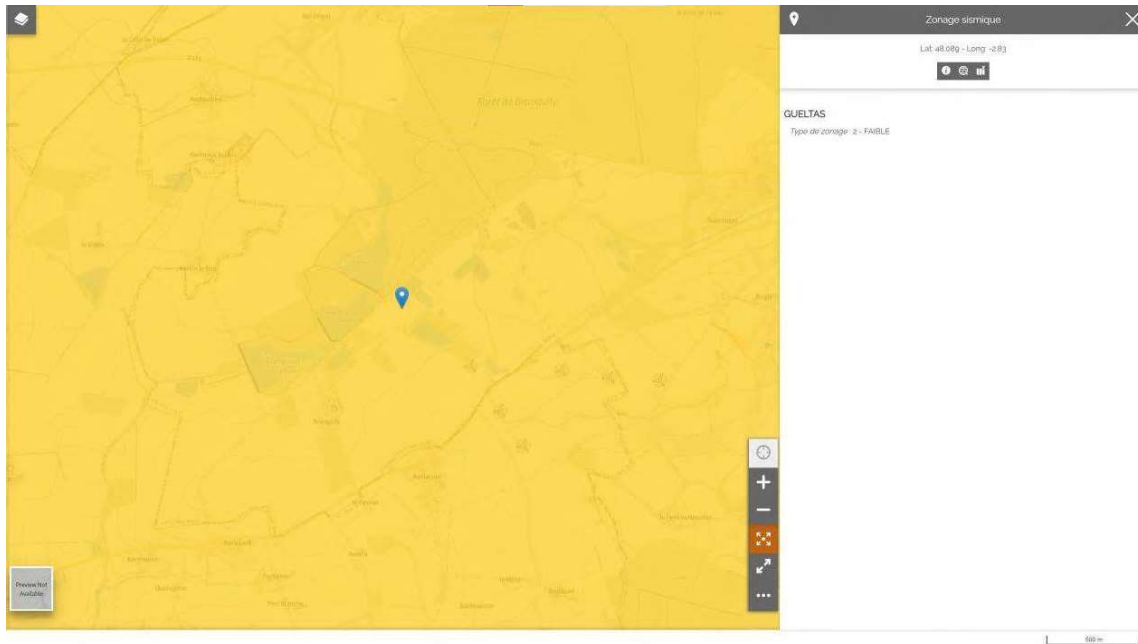
**Zone Natura 2000, directive habitat « Rivière Scorff, Forêt de Pont Calleck, Rivière Sarre »
(N° FR5300026) :**



Annexe 2.

Données bibliographiques sur les risques naturels

Risque sismique :



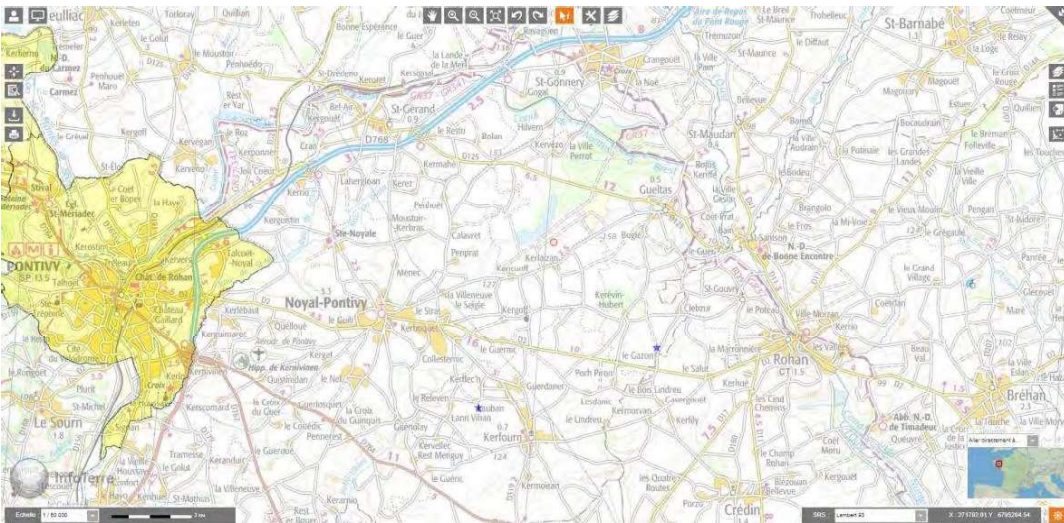
Aléa retrait-gonflement des argiles :



Risque de glissement de terrain :



Risque d'effondrement (cavités/fontis) :





RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



GÉORISQUES
Mieux connaître les risques sur le territoire

Cavités souterraines

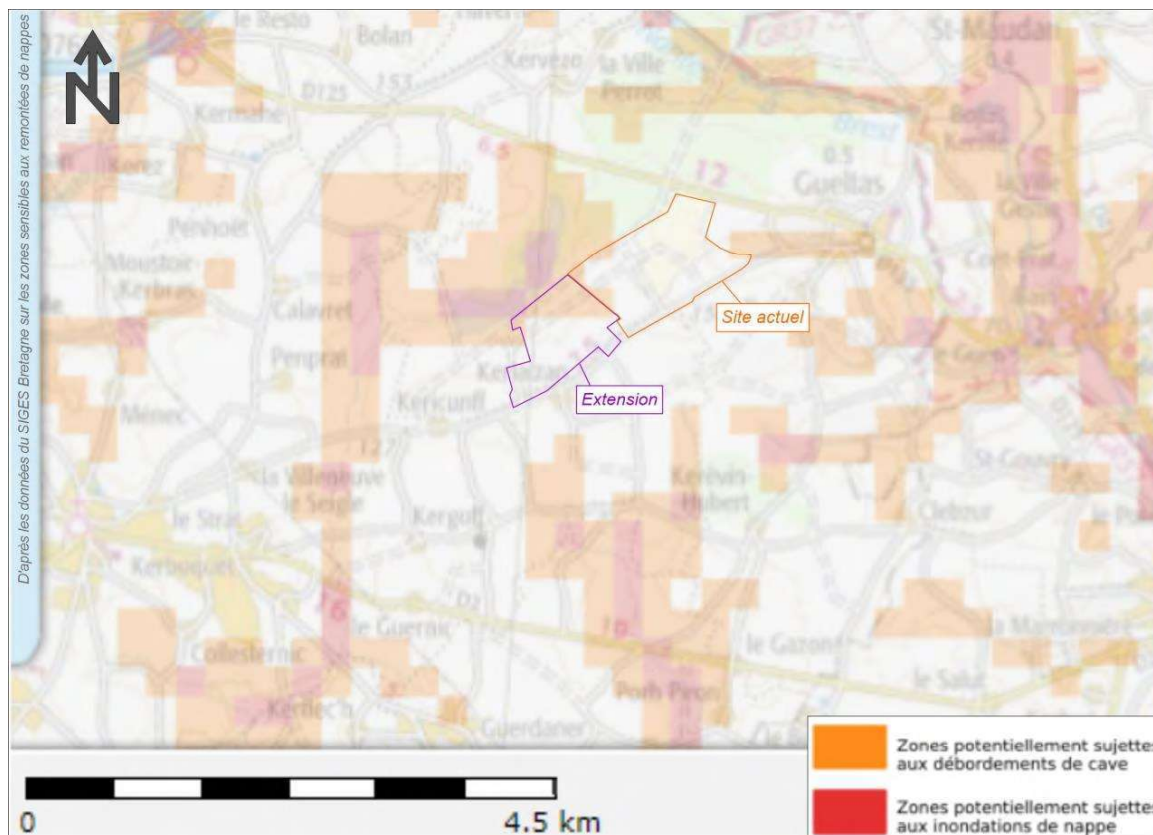
| BREAW0020929
Imprimer le descriptif

Cavités souterraines

Identifiant de la cavité :	BREAW0020929
Type de cavité :	ouvrage civil
Nom de la cavité :	Gueltas_1 CLEBZUR
Département :	MORBIHAN (56)
Nom de la commune (à la saisie) :	GUELTAS (56072)
Coordonnées X,Y en Lambert 93 métrique :	268691, 6789624
Coordonnées X,Y ouvrage :	217725, 1053400
Lambert X,Y ouvrage :	Lambert 1
Précision coordonnées :	50m
Repérage géographique :	centre cavité
Positionnement :	approché
Date de validité :	12/12/2012
Source d'information :	

	Source		Lieu d'archivage
	DRAC Bretagne		DRAC Bretagne

Risque d'inondation :



Annexe 3.

Données sur les captages d'Alimentation en Eau Potable (AEP)

Périmètres de protection des captages AEP (ARS)

Mail demande :

De : Nicolas Rodolphe <nicolasr@acg-environnement.fr>
Envoyé : vendredi 21 janvier 2023 12:08
À : ANS-COSE-MEP <ans-cose-mep@acg-environnement.fr>
Objet : Demande de données pour captages AEP

Bonjour,

Je me permets de vous contacter suite à mon appel téléphonique ce jour pour une demande d'informations concernant des captages AEP dans le département du Morbihan (56).

En tant qu'hydrologue et dans le cadre d'un projet industriel (ICPE), je souhaiterais obtenir les informations suivantes pour les communes listées ci-dessous :

- Localisation des captages AEP et numéros à la Banque des Sols-Sol (BSS) ;
- La carte des périmètres de protection (immédiat, rapproché, éloigné) des captages ;
- Daire de la DUF ;
- Rapport de l'hydrologue agréé.

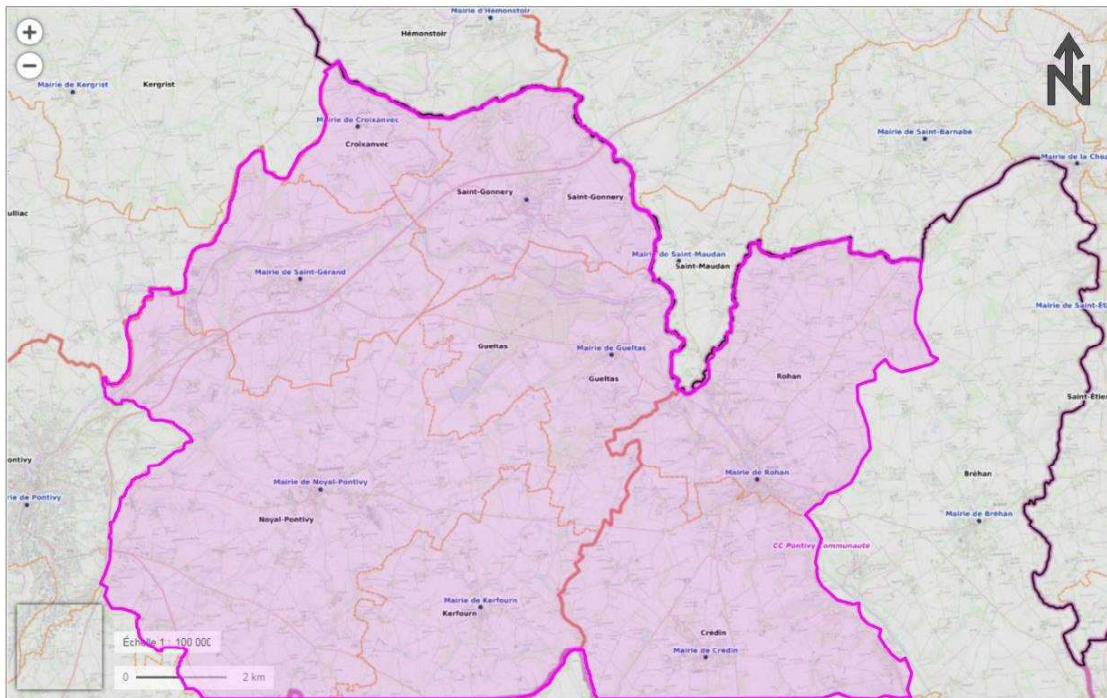
La liste des communes concernées par ma demande (voir image jointe) est la suivante :

- Croixanvec ;
- Saint-Gonnery ;
- Saint-Gerand ;
- Noyal-Pontivy ;
- Gueltas ;
- Kerfoum ;
- Crédin ;
- Rohan.

Concernant la temporalité dans laquelle j'aurais ma demande, je souhaiterais avoir une réponse de votre part si possible d'ici la fin du mois de Janvier.

Je me tiens à disposition pour fournir toutes informations complémentaires à ma demande.
Cordialement,

Nicolas RODOLPHE
Hydrologue
ACG Environnement
23 rue des Veyers
75440 - Porcheville
Tél : 06 81 36 37 94



Communes concernées (8) : Croixanvec, Saint-Gonnery, Saint-Gérard, Noyal-Pontivy, Gueltas, Kerfoum, Crédin, Rohan

Mail réponse de ARS :



Données de l'ARS consultables sur Internet :



Données de l'étude de BURGEAP (2006) :

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES FORAGES D'EAU A PROXIMITE DU SITE DE GUELTAS (56)

(Données forages Banque du Sous-Sol)

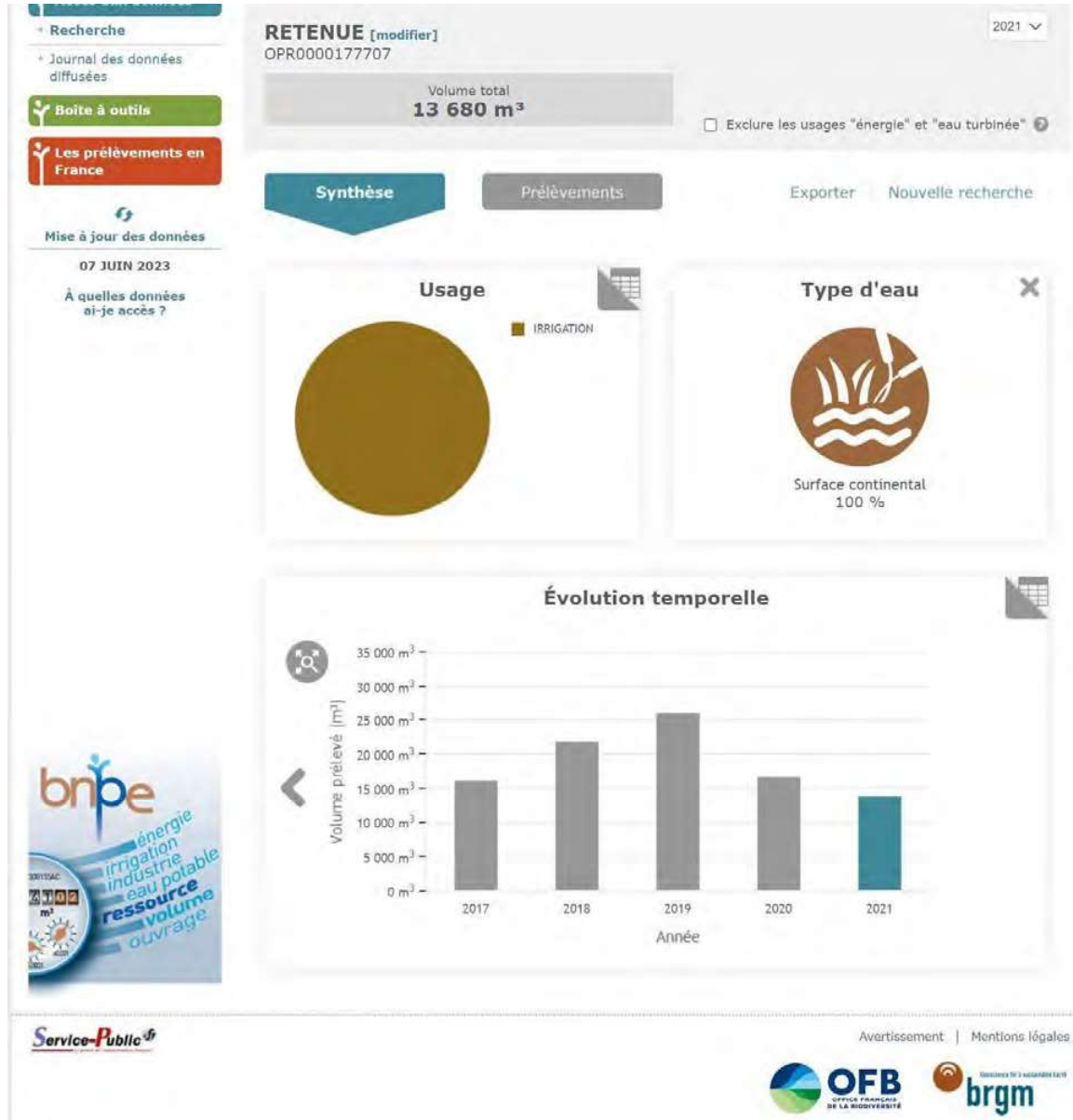
Identifiant	Commune	Adresse / Lieu-dit	Coordonnées (LBT II)			Distance du site	Profondeur (m)	Utilisation
			X (m)	Y (m)	Altitude (m)			
03145X0008/F	GUELTAS	-	215100	2355080	130	0,25 Km O	39	Epu individuelle
03145X0009/F	GUELTAS	Kérene	214970	2355260	139	0,87 Km SO	48	Eau individuelle
03145X0010/F	GUELTAS	Le Pennar	215060	2355400	140	0,75 Km SO	92	Eau agricole
03145X0005/F	SAINT-GONNERY	Hivern	215010	2350440	134	2,36 Km N-NO	64	Eau agricole
03146X4012/G1	GUELTAS	Kervert	214890	2355075	90	2,70 Km E-SE	?	?
03146X0042/F122	GUELTAS	Ferifié	214817	2357094	65	2,64 Km E-NE	70	Eau agricole

D'après les informations obtenues auprès de la Banque de données du Sous Sol, aucun captage d'eau exploité pour la production d'eau potable collective n'est recensé sur la commune de Gueltas. A noter qu'un ancien champ captant anciennement utilisé pour la production d'eau potable est présent sur la commune de Saint Gonnery, à environ 3,8 Km du site d'étude (bassin hydrogéologique différent). Ce dernier est abandonné depuis une trentaine d'années (données obtenues auprès de Mr Le Gall de la DDAF 56).

Hormis le forage 03145X0008/F, l'ensemble des forages répertoriés dans la Banque du Sous-Sol se trouve dans un bassin versant hydrogéologique différent du site d'étude ou en amont (voir la figure 6). La BSS ne donne pas d'information concernant le forage 03146X4012/GT : du fait que le site d'étude ne peut influencer cet ouvrage, nous n'avons pas demandé d'informations complémentaires.

En ce qui concerne le forage 03145X0008/F localisé à 230 m de la limite du site d'étude, il se trouve en aval du site. Il appartient actuellement à la commune de Gueltas et se trouve à proximité d'un entrepôt. Le forage est toujours équipé mais n'est plus utilisé actuellement (informations obtenues auprès de la commune de Gueltas).

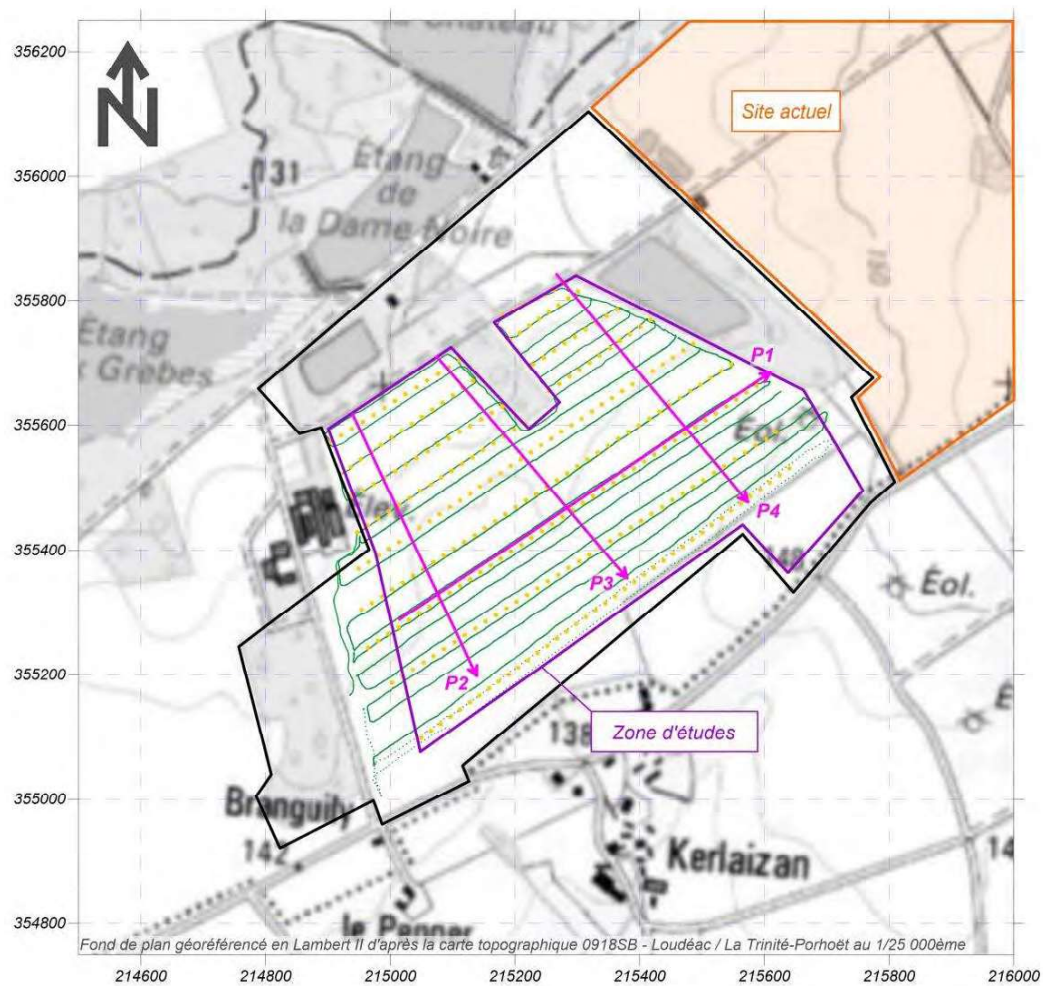
Données de la Banque Nationale des Prélèvements d'Eau (BNPE) :



Annexe 4.

Prospection géophysique

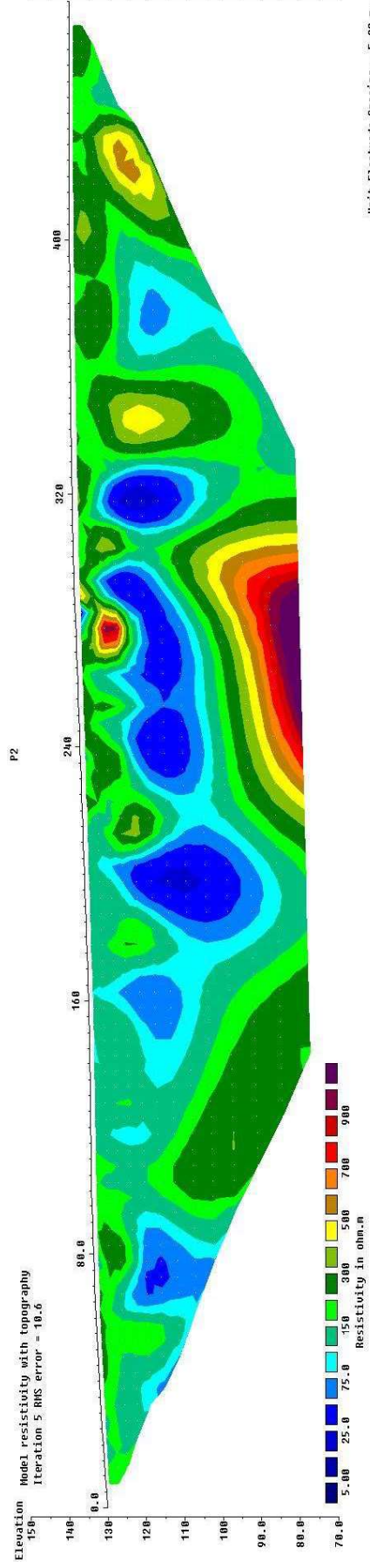
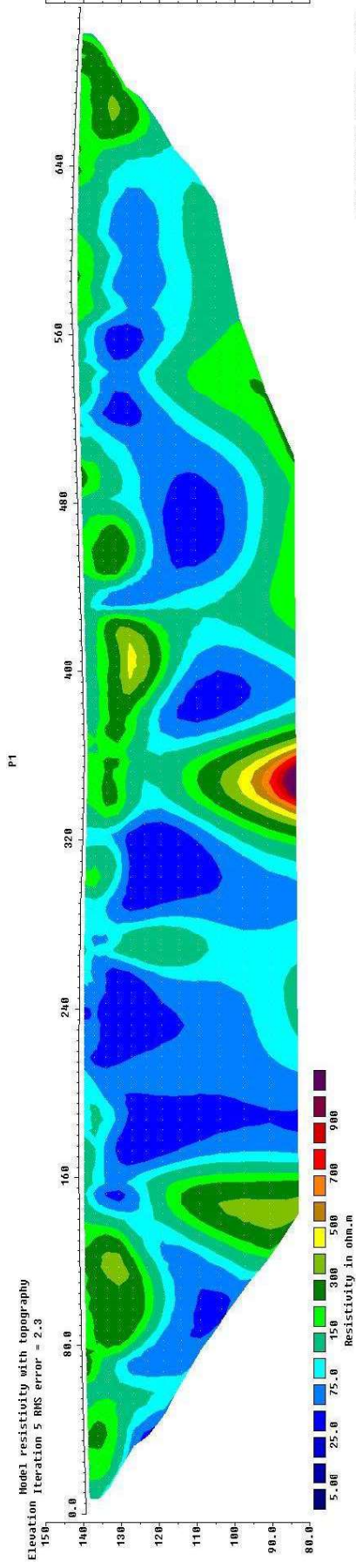
ACG Environnement, décembre 2022

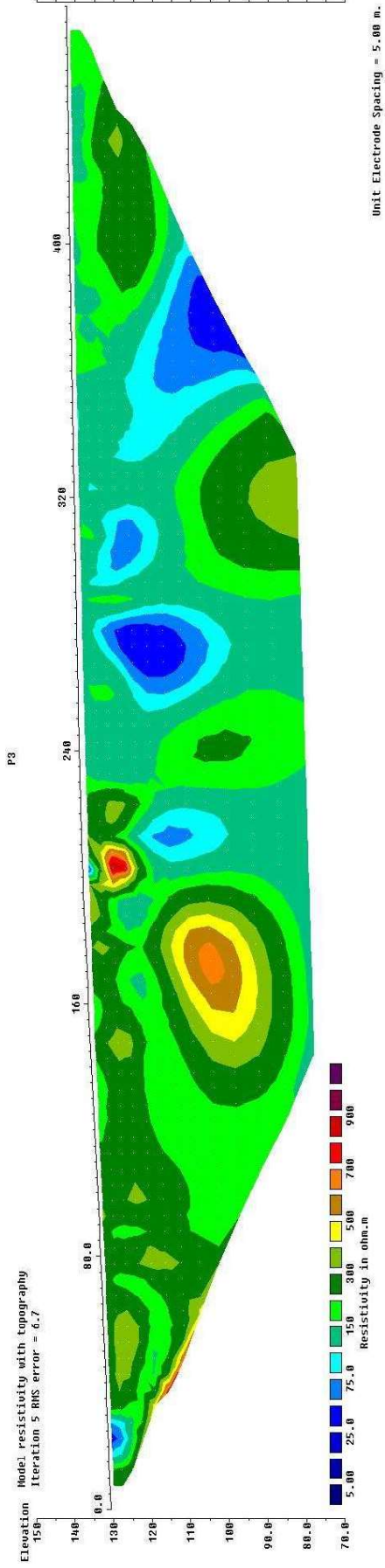


Profils d'acquisition EM31

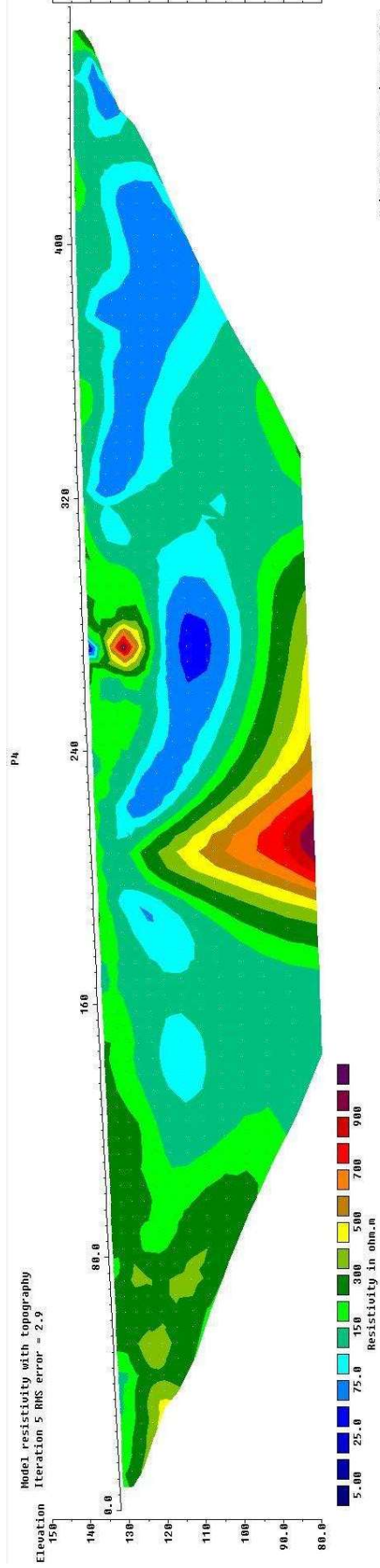
Profils d'acquisition EM34

Panneau électrique ERT (4)

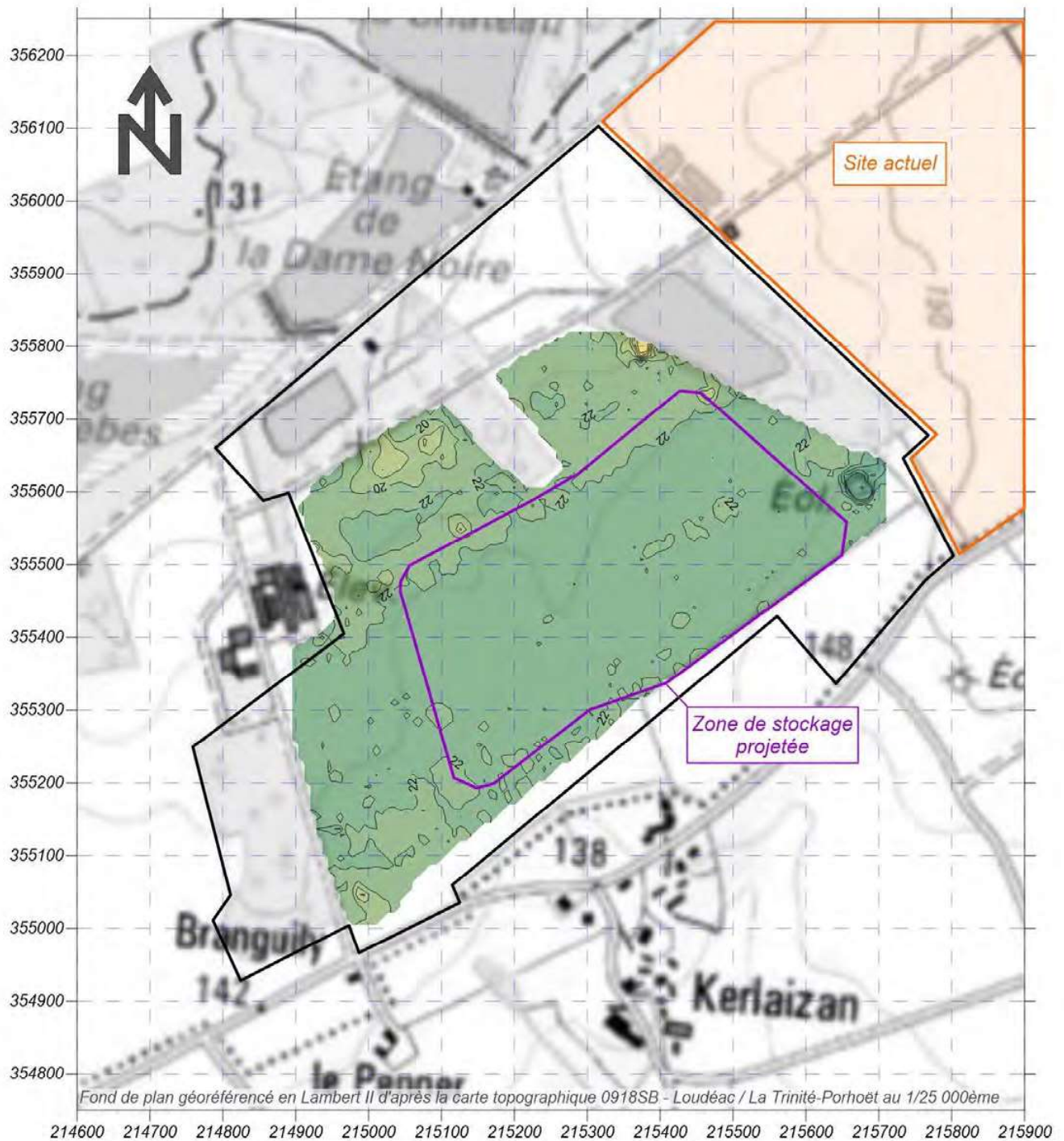




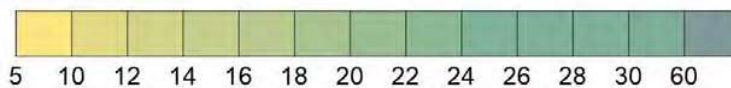
Horizontal scale is 19.23 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.21
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 475.0 m.

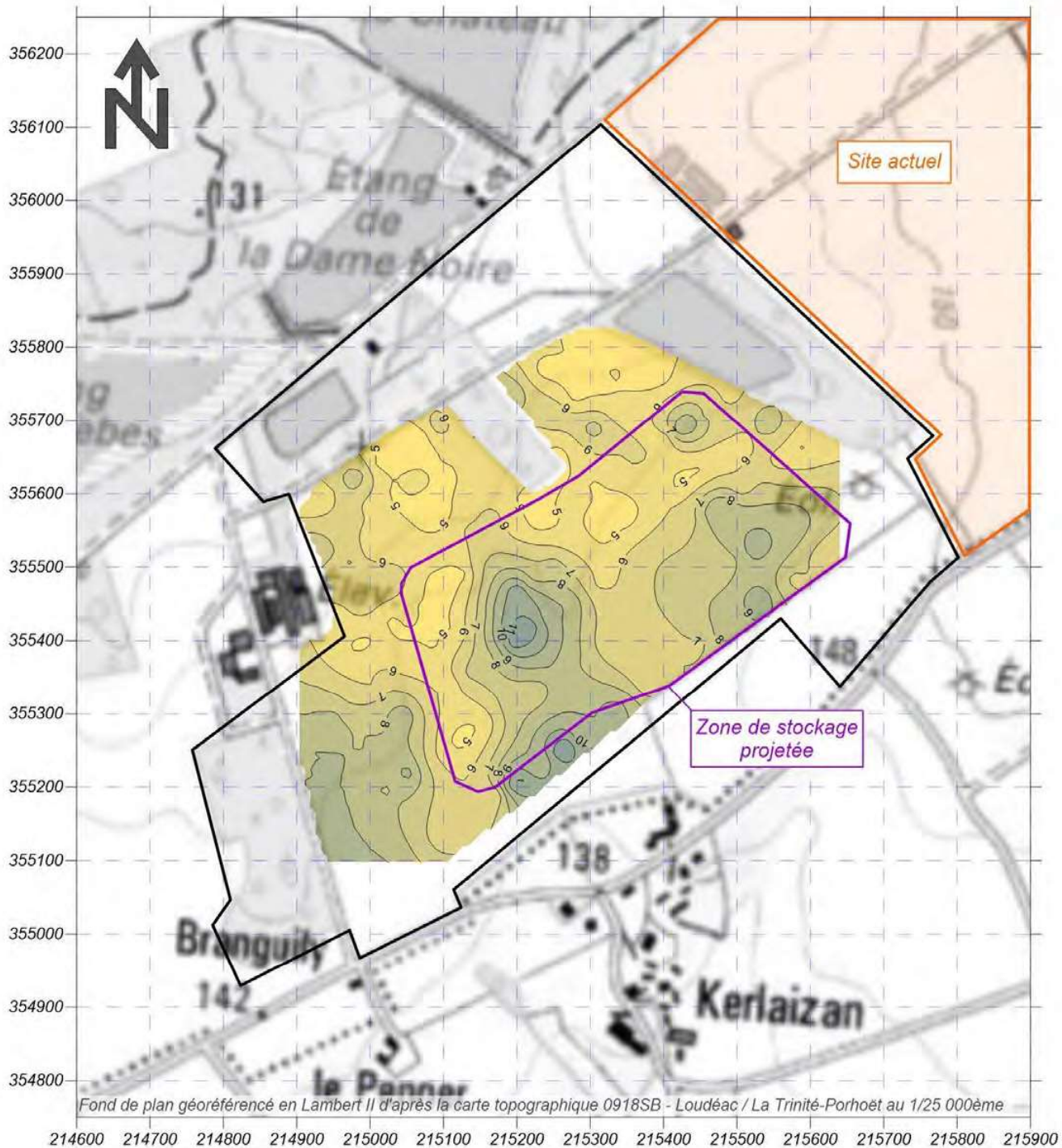


Horizontal scale is 19.23 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.21
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 475.0 m.

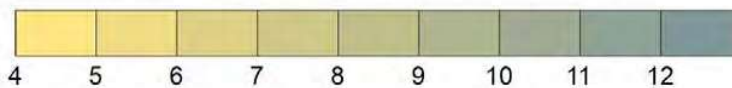


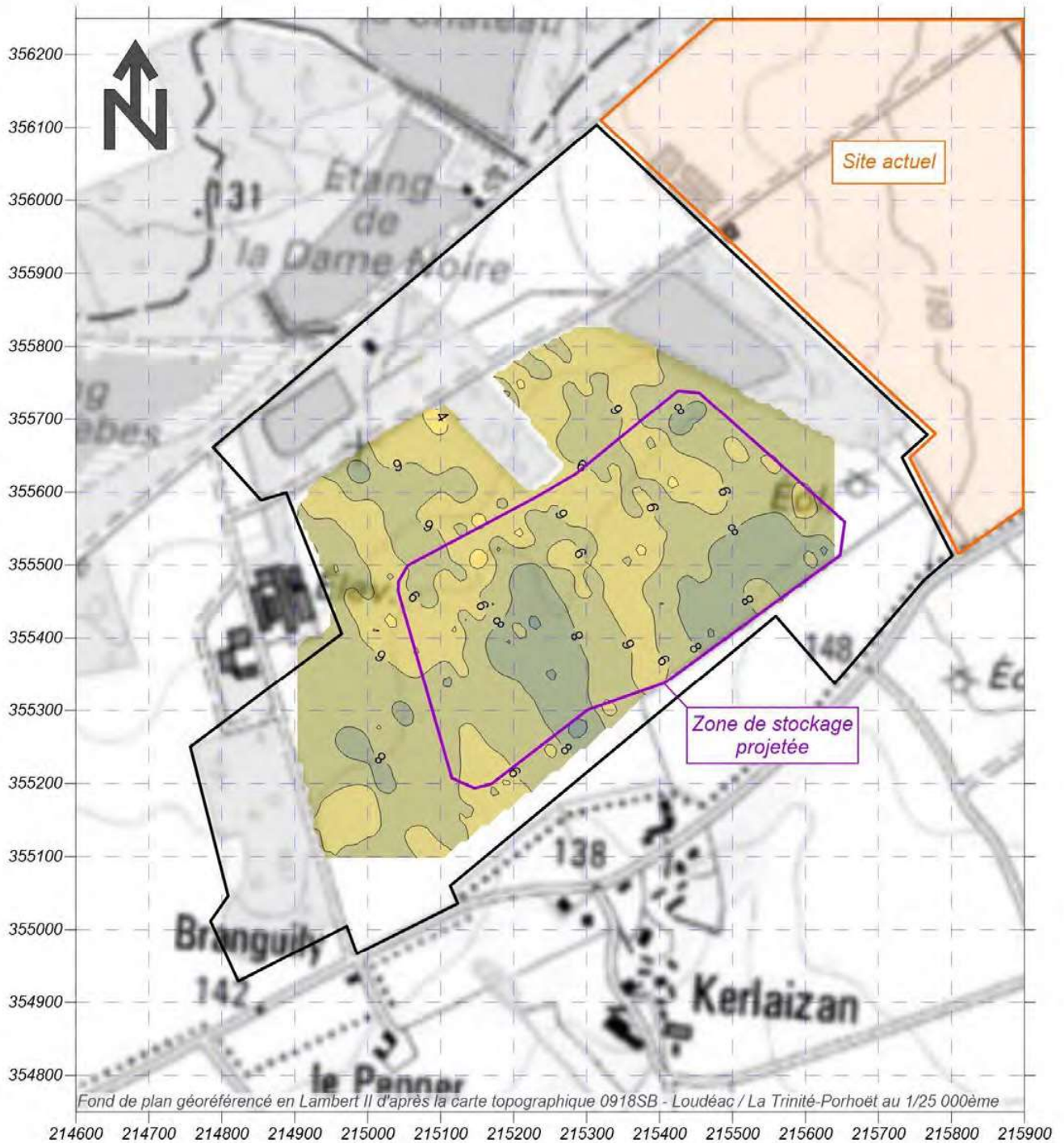
Echelle de répartition de la conductivité des terrains de 0 à 6 mètres (mS/m)



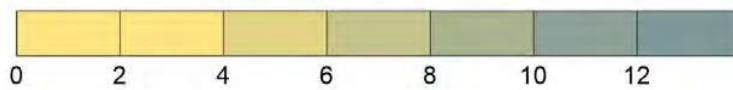


Echelle de répartition de la conductivité des terrains de 0 à 15 mètres (mS/m)





Echelle de répartition de la conductivité des terrains de 0 à 30 mètres (mS/m)



Annexe 5.

Données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques historiques

BRGM (BSS)

Sopena (1992)

F.D Conseil (1994)

Burgéap (2006)

Fairtec (2006)

Sondages BRGM (Données BSS)

BSS000XJUF

03145X0007/F

Log validé

Profondeur

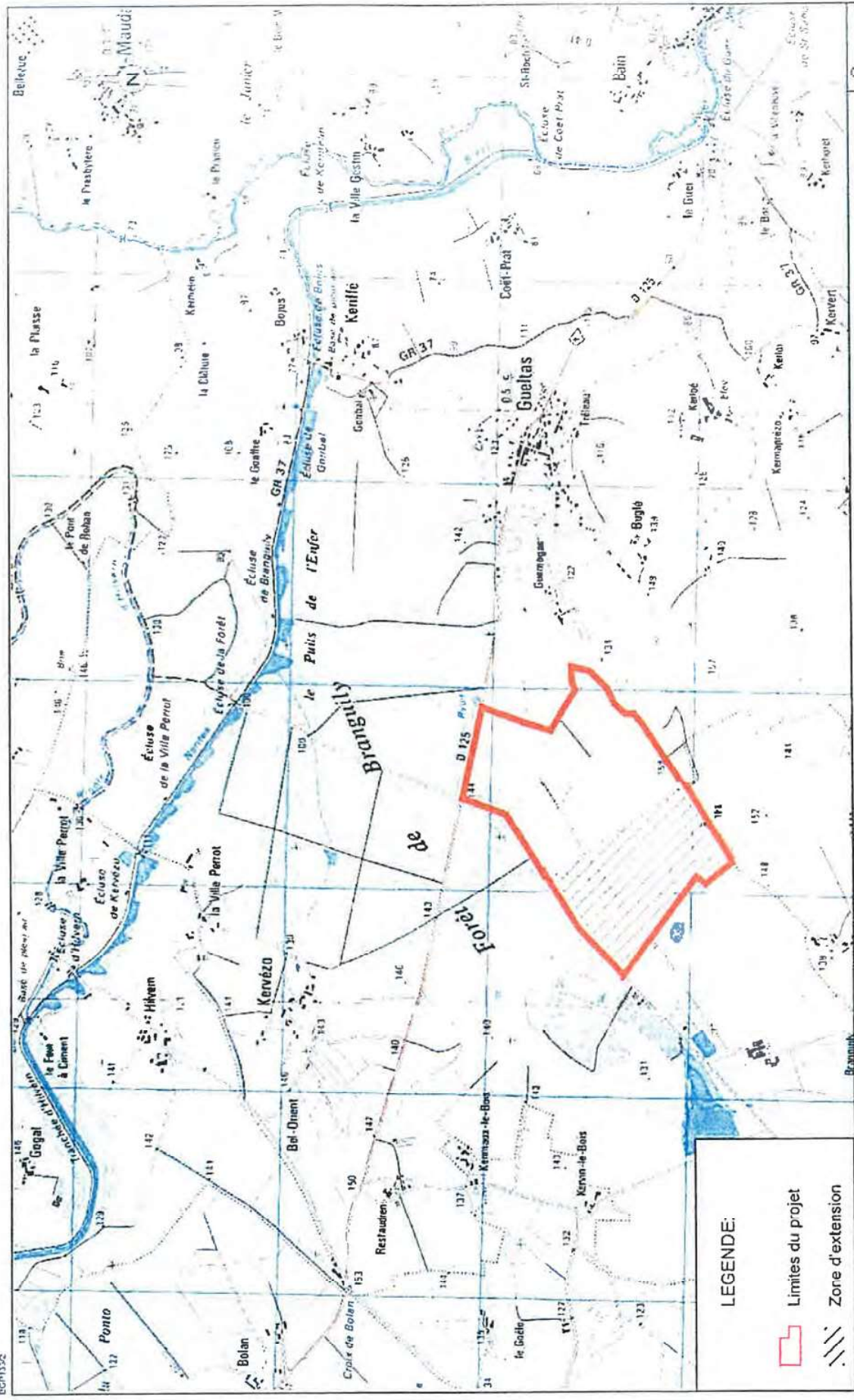
De à m

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
1.00	Sol (terre végétale)		Terre.	Quaternaire	125.00
5.00			Terre jaune (allotérite).		121.00
12.00	Faciès commun du Briovérien (faciès 2)		Schistes jaunes (isaltérite).	Briovérien à Cambrien	114.00
			Schistes bruns (isaltérite).		
30.00			Schistes gris.	Briovérien	96.00
45.00		Schistes gris mélangés de pierres grises.	81.00		
51.00		Pierre grise tendre (schistes ?).	75.00		
60.00				66.00	

Sondages Sopena
(1992)

FIGURES

RQr0001/A.16922/CQrZ060097	
HG - JJ - DV	
23/03/2006	Figures



LEGENDE:



-  Limites du projet
-  Zone d'extension

Fig. 1
 RQr0001
 COrZ060097

SITA / GUELTAS
Plan de situation



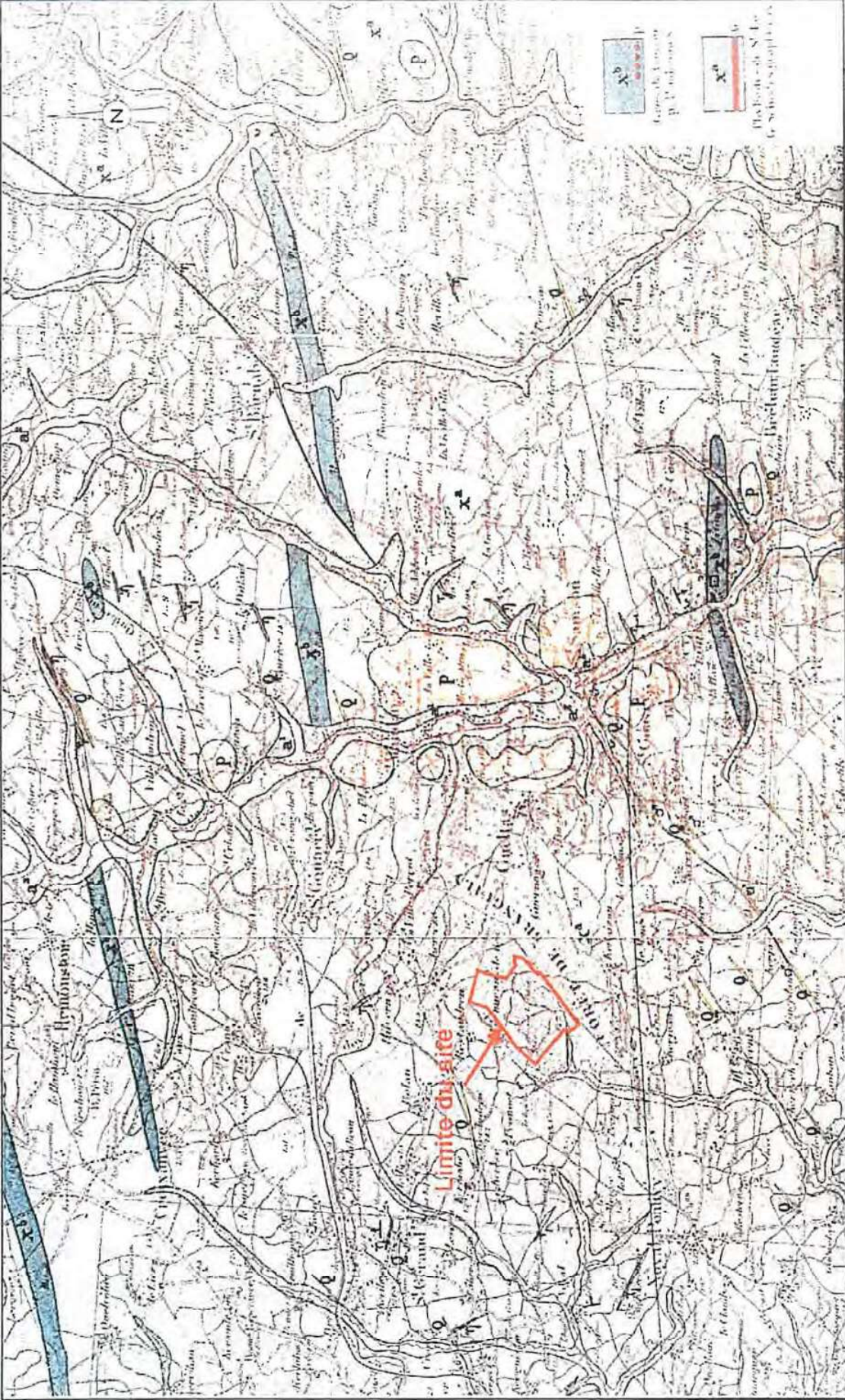


Fig 2
RCr0001
CQRZ060097

SITA / GUELTAS
Contexte géologique

Coupe des sondages carottés

RQr0001/A.16922/CQrZ060097	
----------------------------	--

HG - JJ - DV	
--------------	--

23/03/2006	Annexes
------------	---------



Sopena

↓ "La maîtrise du sol"

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier: GUeltas
C.E.T.

SC 1

Dossier: AN1166 date: 21/04/93 folio: 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	30.00	101	EAU
TUBAGE	0	25.00	140	

X = Plan d'implantation

Y =

Z = 148.32 N.G.F.

nature du sol

TERRE VEGETALE

MALE BRUNE A OCRE AVEC
PETITS BLOCS QUARTZ BLANCS

ARENE SCHISTEUSE GRISE =
SCHISTE DESTRUCTURE,
FIABLE ET
ARGILEUX

ARENE ARGILEUSE
COMPACTE
HOMOGENE,
GRIS-VERDATRE

ARENE ARGILEUSE
HOMOGENE GRISE

Profondeur
en mètres

COURBE DE PÉNÉTRATION

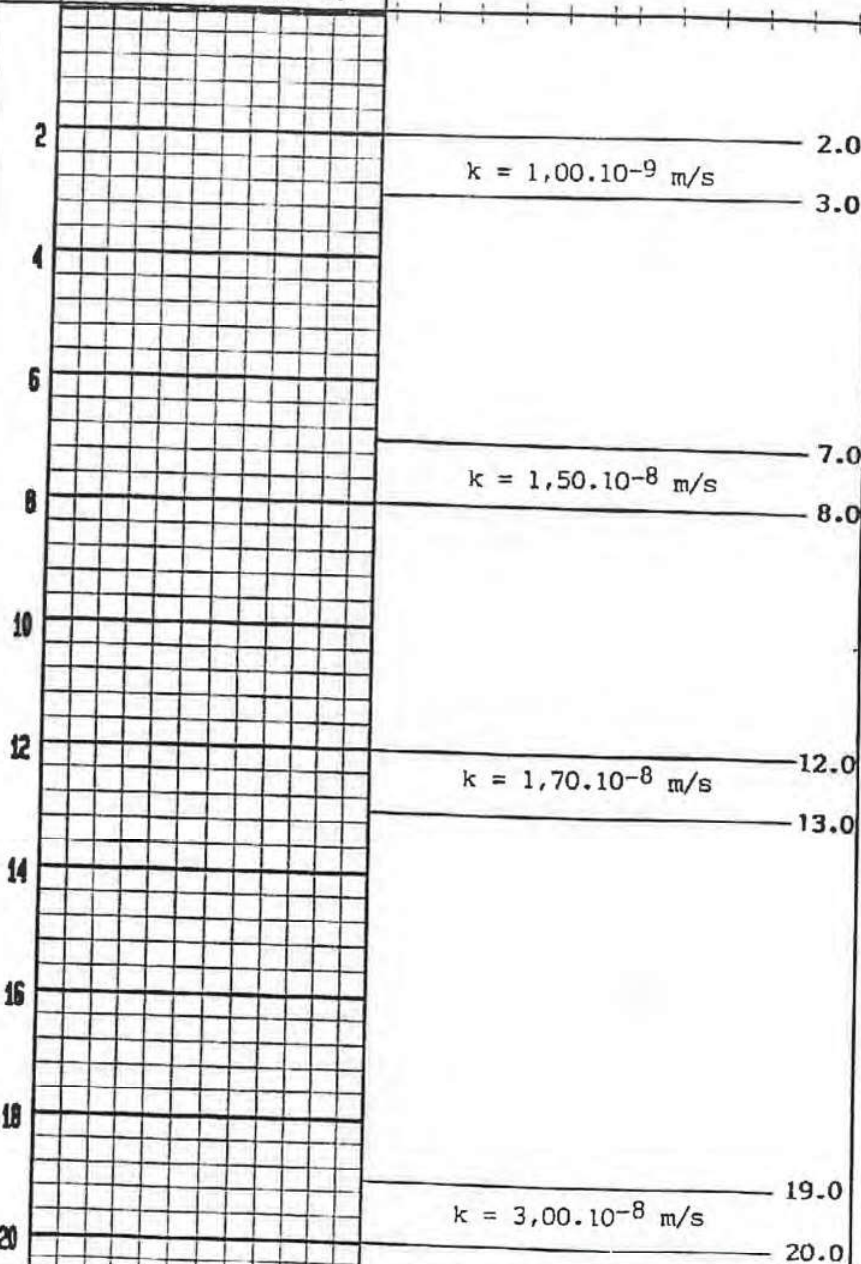
Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotoperçusion - nbre de secondes pour 40 cm

EAU
10 20 30 40 50
↓ dans ↑ retour

ESSAI D'EAU NASBERG

Perméabilité k (m/s)

ECHANTILLON



7.00
P.I
8.00
12.00
P.I
13.00
19.00
P.I
20.00



Sopena

" La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUELTAS
C.E.T.

SC 1

Dossier : AN1166

date : 21/04/93

folio : 2

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	30.00	101	eau
TUBAGE	0	25.00	140	

X = Plan d'implantation

Y =

Z = 148,32 N.G.F.

nature du sol

Profondeur
en mètres

COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotoperçussion - nbre de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50
↓ ↑

ESSAI D'EAU NASBERG

Perméabilité k (m/s)

CHANTILLON

22

ARENE ARGILEUSE

HOMOGENE GRISE

24

24.00

P.I.

25.00

26

SCHISTE ALTERE

TRES COMPACT

GRIS-NOIR

28

28.00

P.I.

30

30.00

32

34

36

38

40



Sopena

↓ "La maîtrise du sol"

Fiche E-1-32
Fevrier 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34 16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUELTAS
C.E.T. SC 4

Dossier : AN1166 date : 01/05/93 folio : 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	30.00	101	air
TUBAGE	0	22.00	140	

X Plan d'implantation
Y =
Z = 155.75 N.G.F.

nature du sol
TERRE VEGETALE

COURBE DE PÉNÉTRATION
Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotoperçusion - nbre de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50
Eau ↑ retour

ESSAI D'EAU NASBERG

Perméabilité k(m/s)

COMPTILON

ARGILE
BRUNE A ROSE
AVEC BLOCS
DE QUARTZ BLANCS



k = 2,40.10⁻⁷ m/s

ARENE SCHISTEUSE
BRUNE A GRISE
FILON QUARTZIQUE BLANC



k = 1,60.10⁻⁷ m/s

ARENE SCHISTEUSE
GRISE OCRE
A ROUILLE



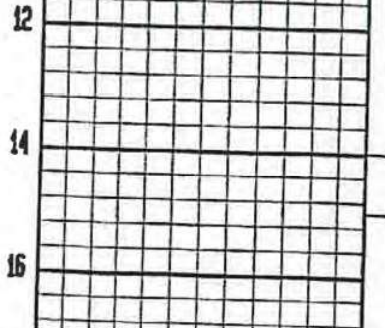
k = 8,40.10⁻⁸ m/s

ARENE SCHISTEUSE
ARGILEUSE
VERDATRE
FILON QUARTZIQUE BLANC



k = 8,40.10⁻⁸ m/s

ARENE ARGILEUSE
GRISE
HOMOGENE
MOLLE



k = 8,40.10⁻⁸ m/s

ARENE ARGILEUSE
GRISE
HOMOGENE
COMPACTE



k = 8,40.10⁻⁸ m/s

7.00
P.I.
8.00
14.00
P.I.
15.00
19.00
P.I.
20.00



Sopena

↓ " La maîtrise du sol "

SOPENA SA 5, rue André Chevalier BP 104
28003 CHARTRES CEDEX
Tel : 37 28.34 16 Telecopie : 37 30 29 76

SONDAGE de RECONNAISSANCE			sondage	de	à	O	niveau
Chantier : <u>GUELTAS</u>			ROTOPERCUSSION	0	30.00	101	air
C.E.T.			TUBAGE	0	22.00	140	
Dossier : <u>AN1166</u>	date : <u>01/05/93</u>	folio : <u>2</u>					

SC 4

X-Plan d'implantation	Profondeur en mètres	COURBE DE PÉNÉTRATION Vibrulenzage - nbre de secondes pour 20 cm Rotoperçusion - nbre de secondes pour 40 cm	ESSAI D'EAU NASBERG Perméabilité k (m/s)	EDMETER
Y = Z = <u>155.75 N.G.F.</u>				
nature du sol		10 20 30 40 50		
ARENES ARGILEUSES GRISE HOMOGENES COMPACTES	22			
	24		k = 9,20.10 ⁻⁸ m/s	24.00 P.I.
SCHISTE ARGILEUX GRIS-NOIR	26			25.00
	28			
	30			29.00 P.I.
	32			30.00
	34			
	36			
	38			
	40			

Coupe des piézomètres

RQr0001/A.16922/CQrZ060097	
HG - JJ - DV	
23/03/2006	Annexes



Sopena

↓ " La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUeltas
ESSAIS D'EAU

P 1

Dossier : AN1166B

date : 02.08.93

folio : 1

sondage	de	à	Ø	fluide
VIBROPERCUSSION	0	15.20	113	EAU
TUBAGE	0	5.00	120	

X-Plan d'implantation
Y=
Z=-139.75 N.G.F.

COURBE DE PÉNÉTRATION
Vibrotonnage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotoperussion - nbre de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50

nature du sol

Terre Végétale

Schiste altéré
gris-clair

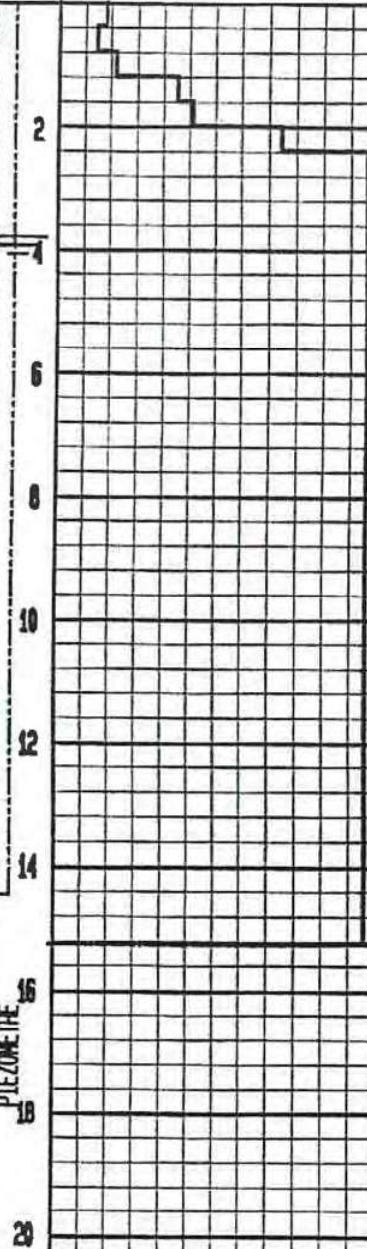
3.80

Arène
argileuse
compacte
grise à
ocre

PIEZOMETRE

20

Profondeur
en mètres





Sopena

↓ " La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél.: 37.28.34.16 Télécopie: 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUeltas
ESSAIS D'EAU

P 2

Dossier : AN1166B

date : 03.08.93

folio : 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	15.60	113	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X-Plan d'implantation

Y=

Z= 153.63 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Schiste
altéré
argileux
ocre à gris

5.70

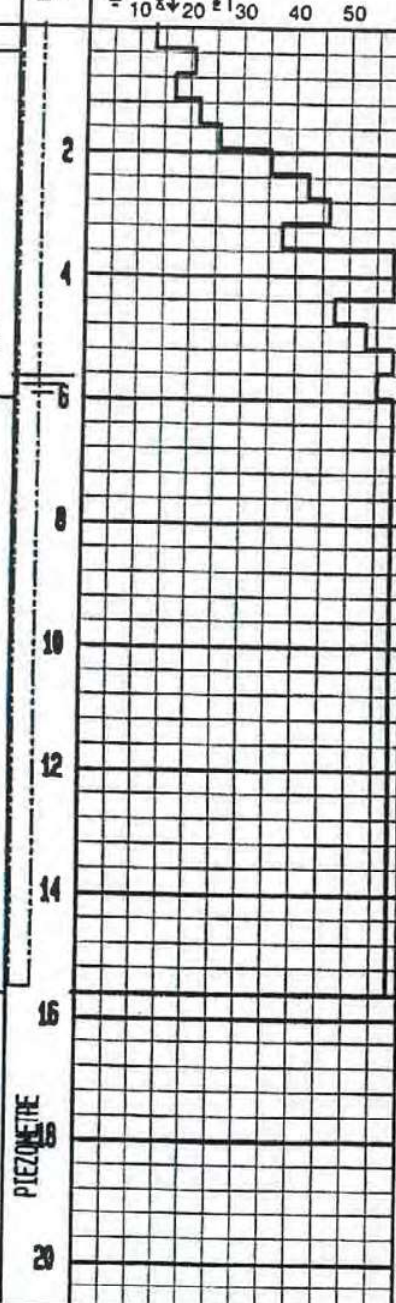
Arène
argileuse
grise à
brune
compacte

COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotopercussion - nbre de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50

Profondeur
en mètres



PIEZOMETRE



Sopena

" La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier: GUeltas
ESSAIS D'EAU

P 3

Dossier: AN1166B

date: 04.08.93

folio: 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	5.60	125	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X = Plan d'implantation

Y =

Z = 154.05 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Schiste altéré
gris avec
niveaux
d'argile ocre

Arène
argileuse
très
compacte
grise

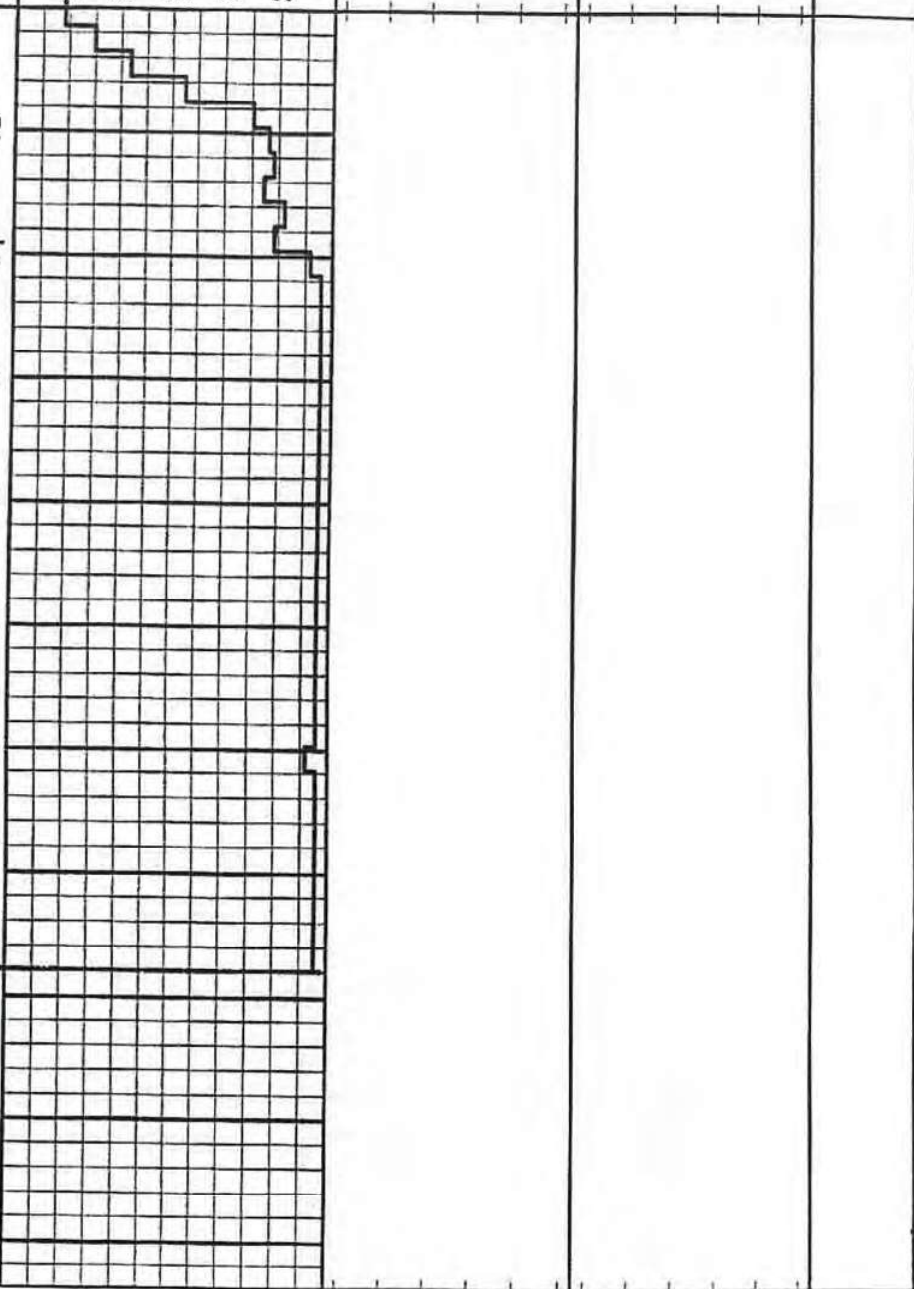
Profondeur en mètres
PIEZOMETRE
3.90
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20

COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonçage - abré de secondes pour 20 cm

Rotoperçusion - abré de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50
↓ ↑
Pne retour





Sopena

↓ "La maîtrise du sol"

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUeltas
ESSAIS D'EAU

P 4

Dossier : AN1166B

date : 03.08.93

folio : 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	15.20	113	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X = Plan d'implantation

Y =

Z = 156.53 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Argile ocre

Arène

argileuse

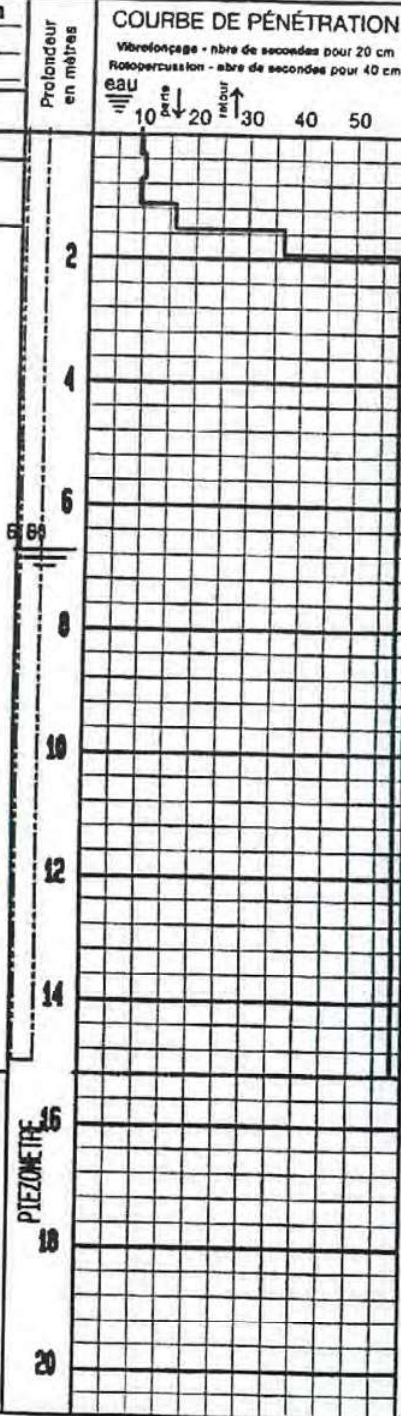
compacte

bariolée

grise, ocre

à

verdâtre





Sopena

" La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél.: 37.28.34.16 Télécopie: 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUeltas
ESSAIS D'EAU

P 5

Dossier : AN1166B

date : 03.08.93

folio : 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	15.20	113	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X-Plan d'implantation

Y=

Z = 159.13 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Limons

Schiste altéré
gris

Arène

Argileuse

compacte

grise

à

brune

Profondeur
en mètres

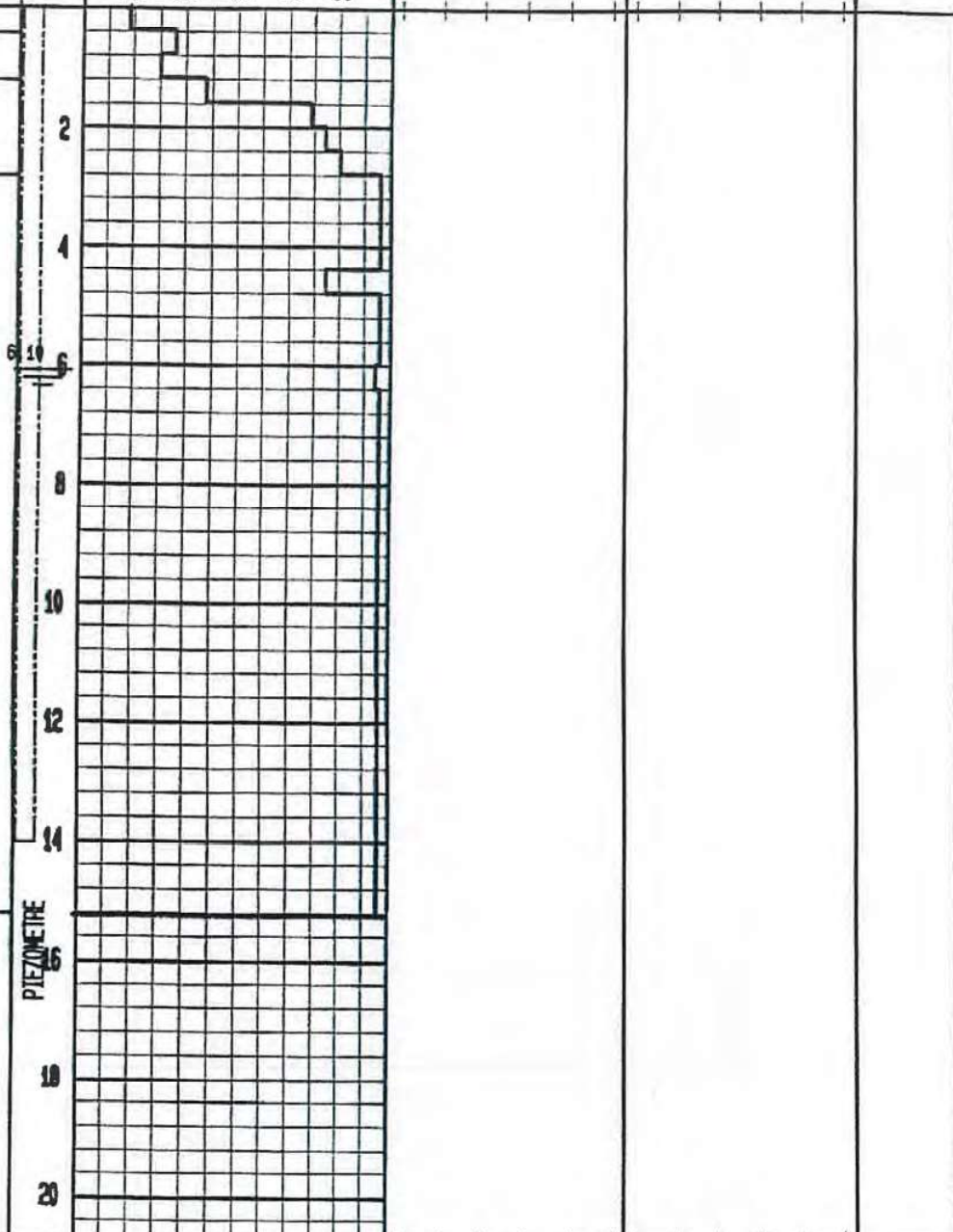
COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm

Rotoperçussion - nbre de secondes pour 40 cm

CAU

10 20 30 40 50



PIEZOMETRE



Sopena

↓ " La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : **GUELTAS**
ESSAIS D'EAU

P 6

Dossier : **AN1166B**

date : **03.08.93**

folio : **1**

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	16.00	113	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X-Plan d'implantation

Y=

Z= **156.15 N.G.F.**

nature du sol

Terre Végétale

Argile ocre
à grise

Arène
schisteuse
grise
à brune

Profondeur
en mètres

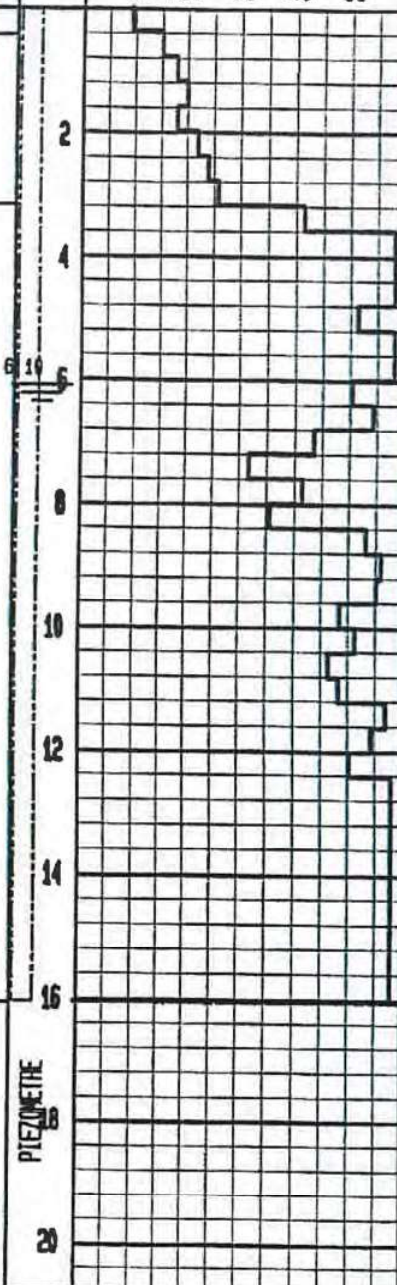
COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm

Rotoperçussion - nbre de secondes pour 40 cm

eau

10 20 30 40 50



PIEZOMETRE

20



Sopena

↓ " La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél : 37.28.34.16 Télécopie : 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUeltas
ESSAIS D'EAU

P 7

Dossier : AN166B

date : 04.08.93

folio : 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	15.60	113	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X Plan d'implantation

Y =

Z = 148,64 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Argile ocre

Schiste altéré
gris ocre à
verdâtre

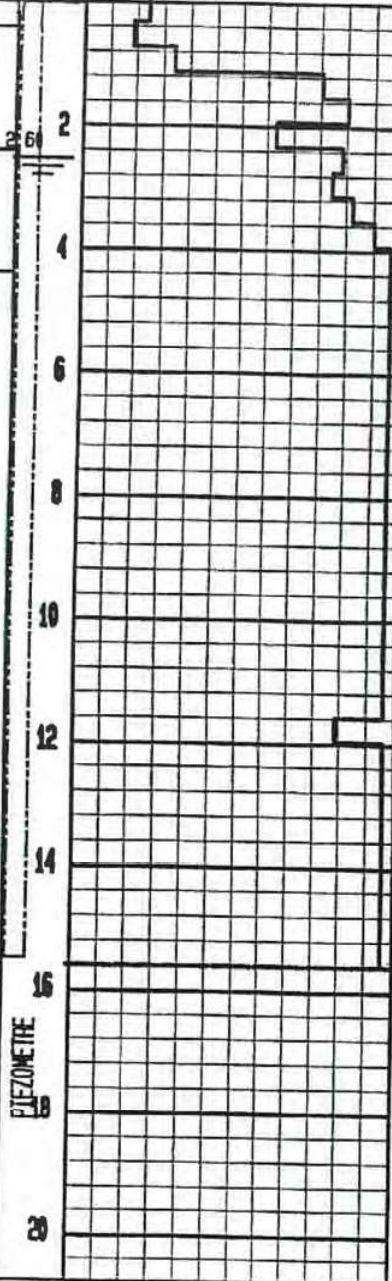
Arène
argileuse
compacte
grise

Profondeur
en mètres

COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotoperçusion - nbre de secondes pour 40 cm

EAU
10 20 30 40 50
↓ retour ↑



PIEZOMETRE



Sopena

↓ " La maîtrise du sol "

Fiche E1-32
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Chevard BP 169
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. 37.26.34.16 Télécopie 37.30.90.75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier: GUELTAS
ESSAIS D'EAU

P 8

Dossier: AN1166B

date: 04.08.93

folio: 1

sondage	de	à	Ø	fluide
ROTOPERCUSSION	0	15.60	121	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X = Plan d'implantation

Y =

Z = 143.95 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Arène

Argileuse

compacte

grise

avec niveaux

de schiste

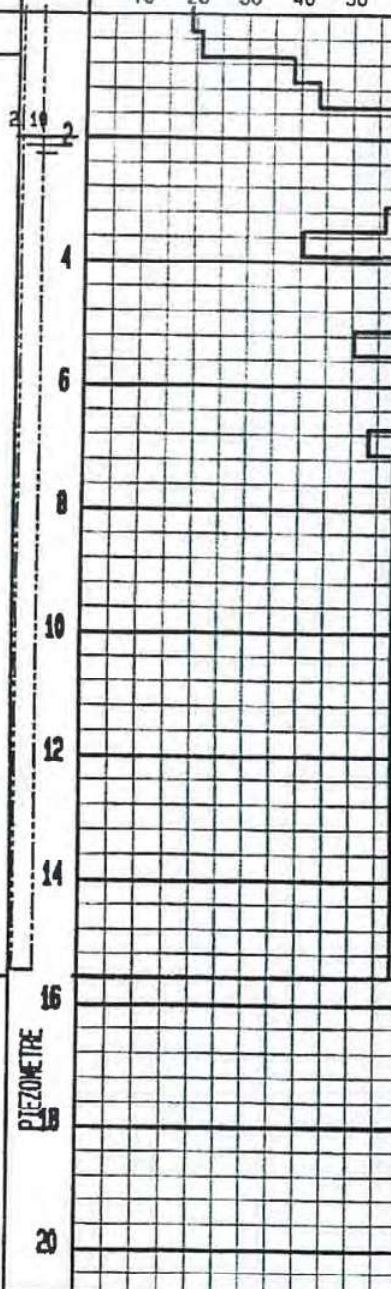
résistant

Profondeur
en mètres

COURBE DE PÉNÉTRATION

Vibrofonçage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotopercussion - nbre de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50



PIEZOMETRE



Sopena

↓ "La maîtrise du sol"

Fiche B1-33
Février 1992

SOPENA SA 5, rue Vincent Gréard BP 109
28003 CHARTRES CEDEX
Tél. : 37 28.24.16 Télécopie : 37 29 90 75

SONDAGE de RECONNAISSANCE

Chantier : GUELTAS
ESSAIS D'EAU

P 9

Dossier : AN1166B

date : 04.08.93

folio : 1

sondage	dé	à	O	fluide
ROTOPERCUSSION	0	15.60	113	eau
TUBAGE	0	5.00	120	

X Plan d'implantation

Y -

Z 139.65 N.G.F.

nature du sol

Terre Végétale

Argile schisteuse
avec quartz

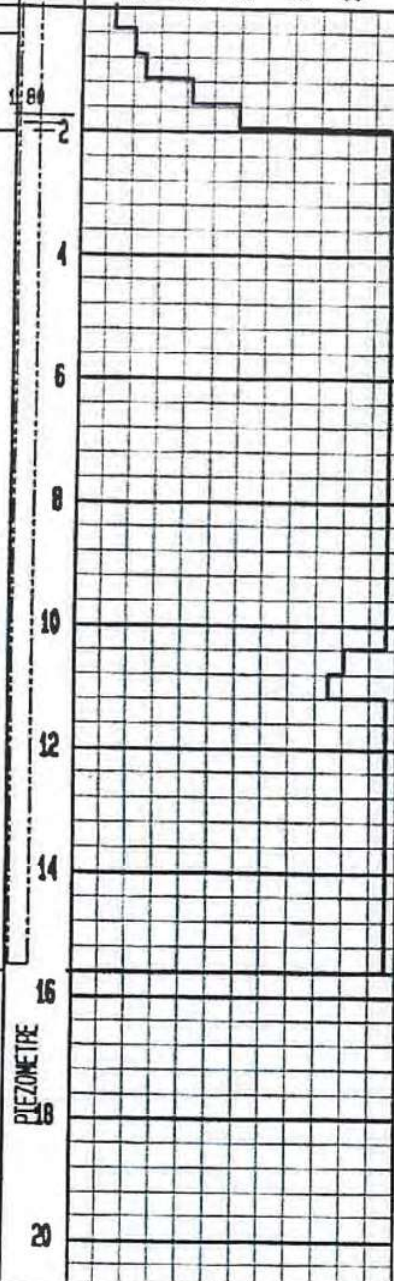
Arène
argileuse
compacte
grise à
ocre

Profondeur
en mètres

COURBE DE PÉNÉTRATION

Microfonçage - nbre de secondes pour 20 cm
Rotoperçussion - nbre de secondes pour 40 cm

eau
10 20 30 40 50



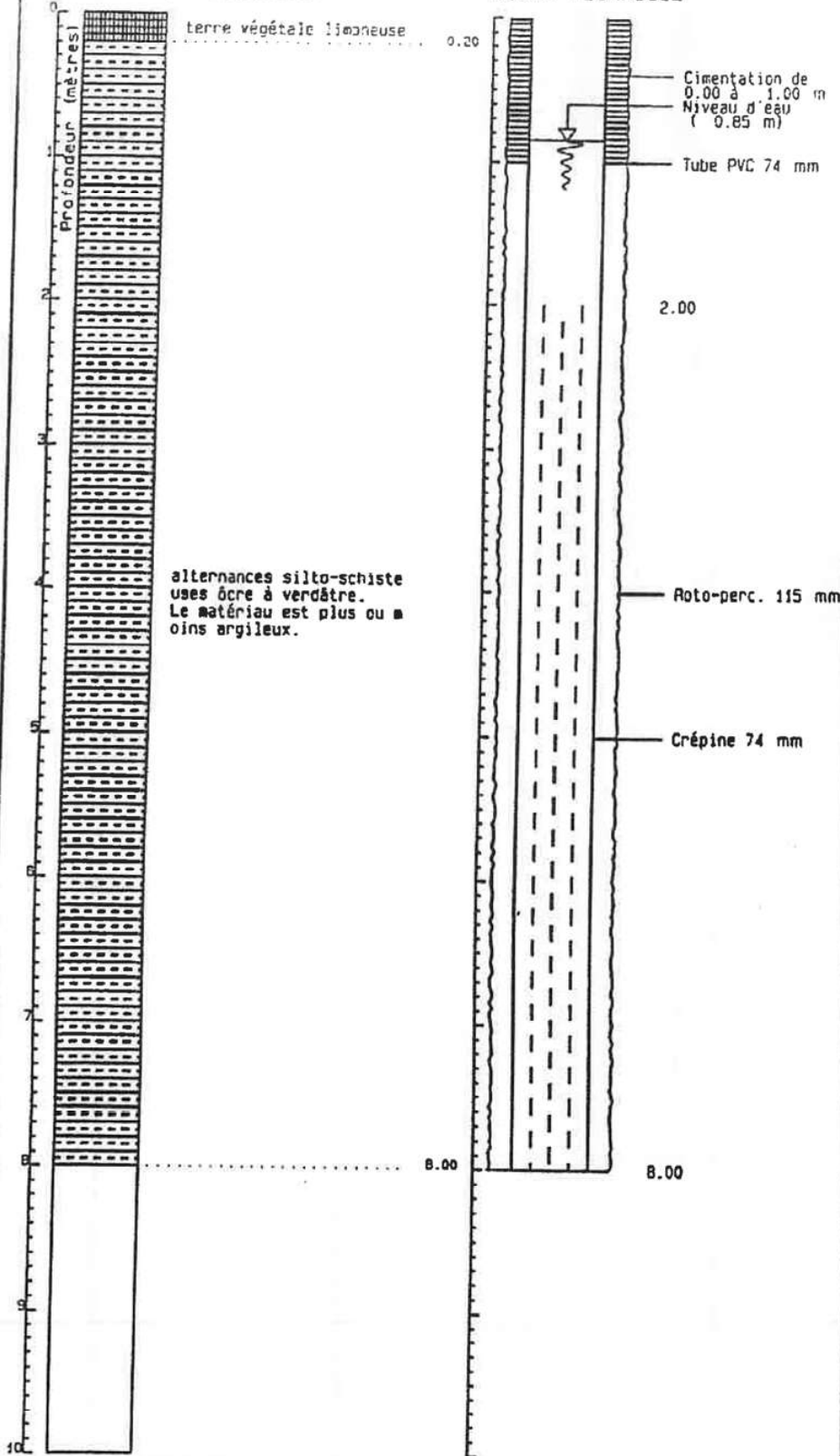
PIEZOMETRE

partement : MORBIHAN
Commune : GUELTAS

N° classement : 9999-9X-0004
Désignation : PZ4

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION

Début : 19/10/93
Fin : 19/10/93

PIEZOMETRIE

NS/sol : 0.85 m
Rep/sol : 0.00 m
Z rep. : 0.00 m
Cote : -0.85 m
piézo

Département : MORBIHAN

N° classement : 9999-9X-0006

Commune : GUELTAS

Désignation : PZ6

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

Profondeur (mètres)

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

terre végétale limoneuse.

alternances silto-schiste
uses fibre à lie de vin.
Passages siliceux à 3.5m
et 4.5m. Matériau gris
noir à 4.0m et 8m (schiste
peu altéré)

0.30

8.00

Niveau d'eau
(0.76 m)
Cimentation de
0.00 à 1.00 m
Tube PVC 74 mm

2.00

M.F.T. 115 mm

Crépine 74 mm

8.00

DATE (S) D'EXECUTION

Début : 20/10/93

Fin : 20/10/93

PIEZOMETRIE

NS/sol : 0.76 m

Rep/sol : 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

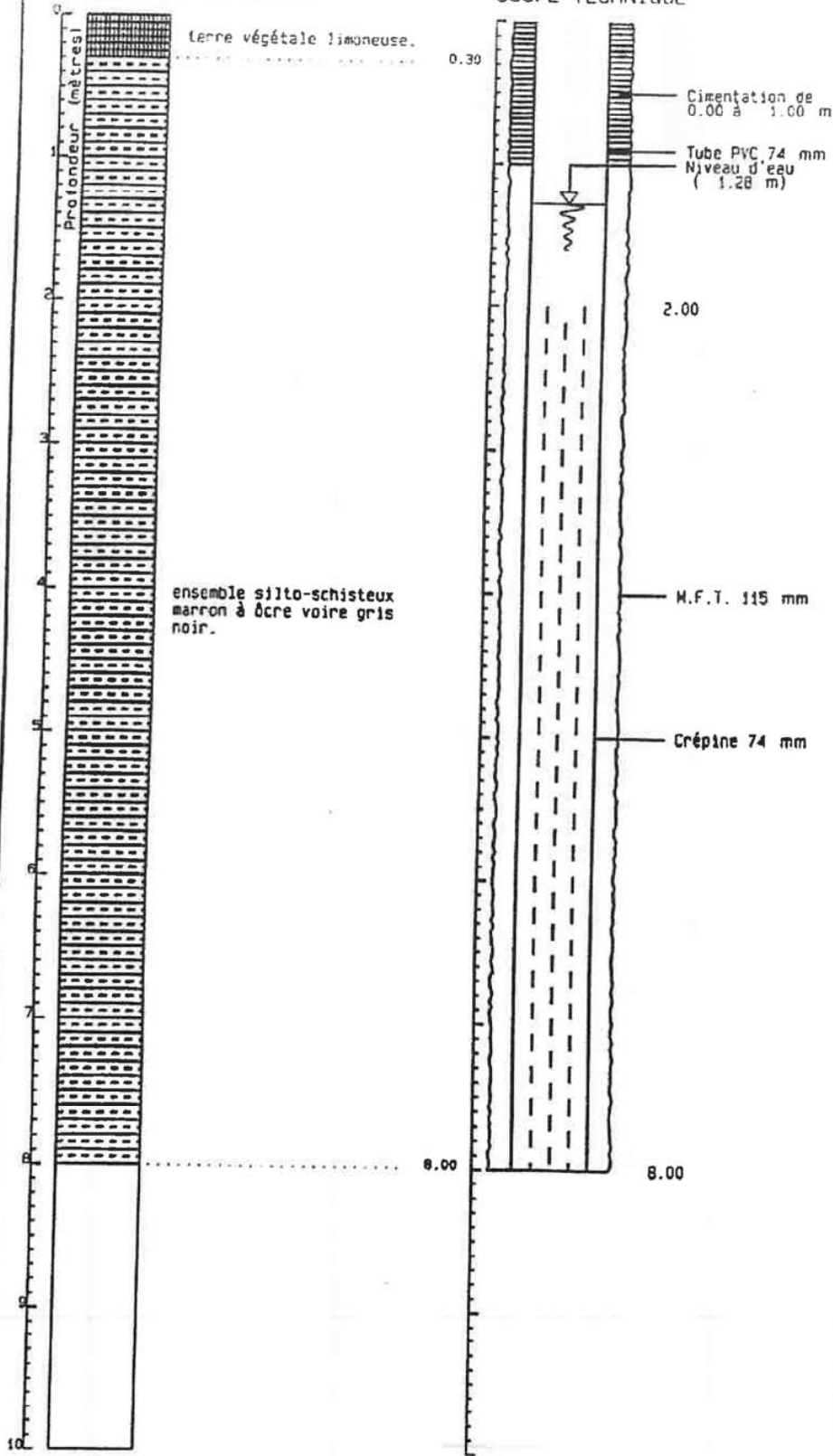
Cote : -0.76 m
piézo

Département : MORBIHAN
Commune : GUELTAS

N° classement : 9999-9X-0008
Désignation : PZB

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION

Début : 20/10/93

Fin : 20/10/93

PIEZOMETRIE

NS/sol : 1.28 m

Rep/sol : 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

Cote : -1.28 m
piézo

Département : MORBIHAN

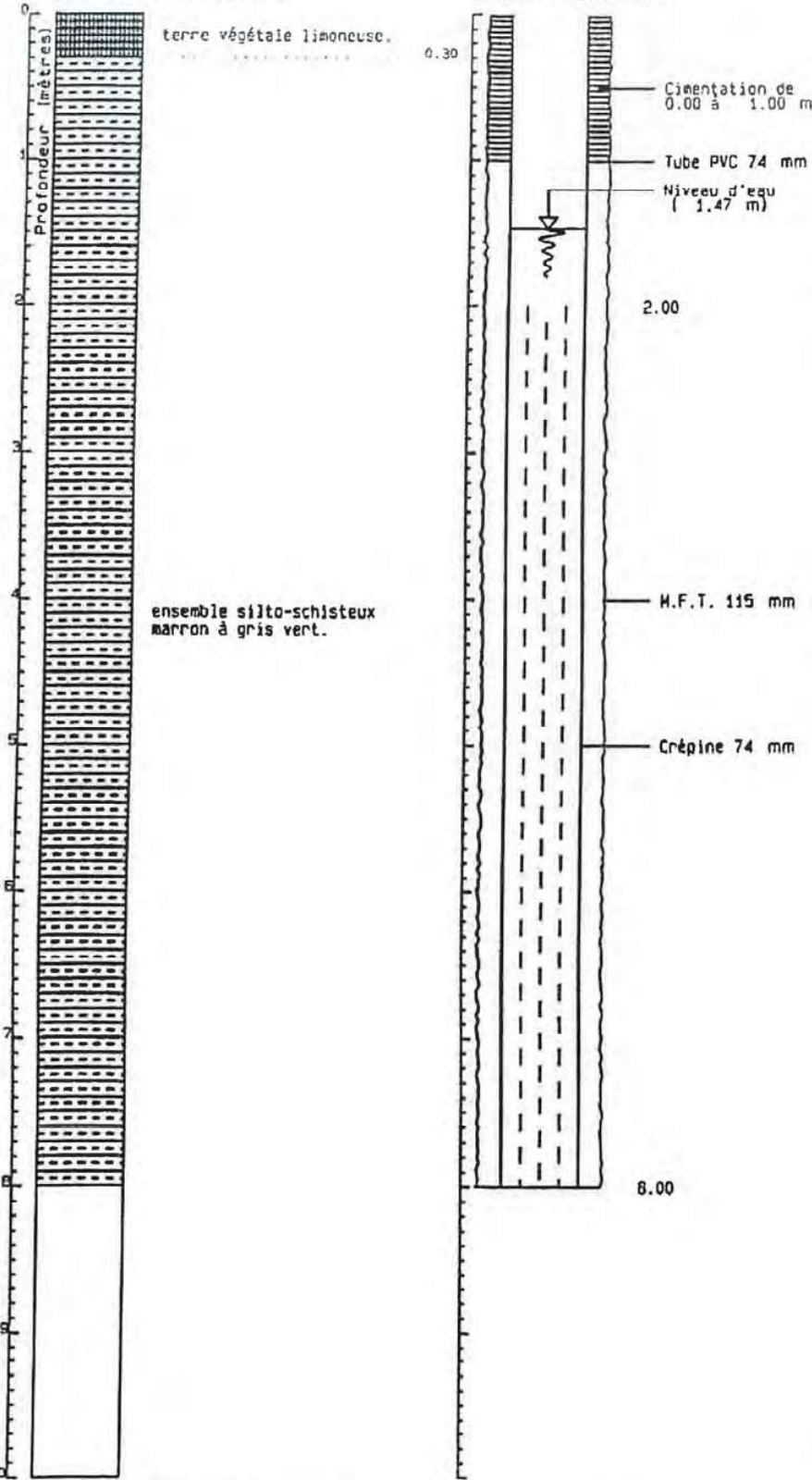
N° classement : 9999-9X-0010

Commune : GUELTAS

Désignation : PZ10

COUPE LITHOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE



DATE(S) D'EXECUTION

Début : 20/10/93

Fin : 20/10/93

PIEZOMETRIE

NS/sol : 1.47 m

Rep/sol : 0.00 m

Z rep. : 0.00 m

Cote : -1.47 m
piézo

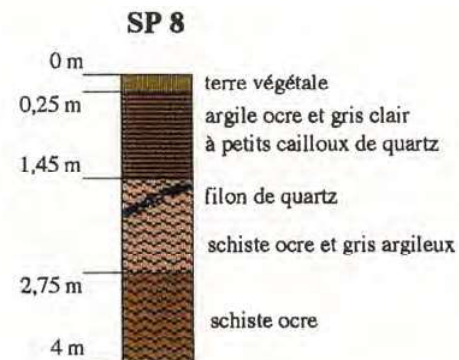
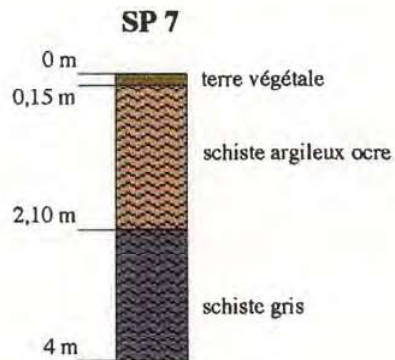
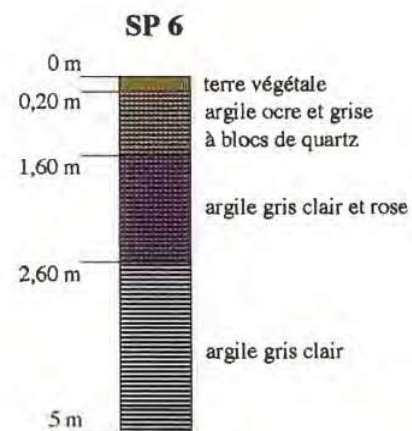
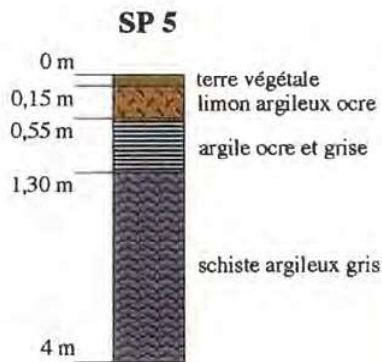
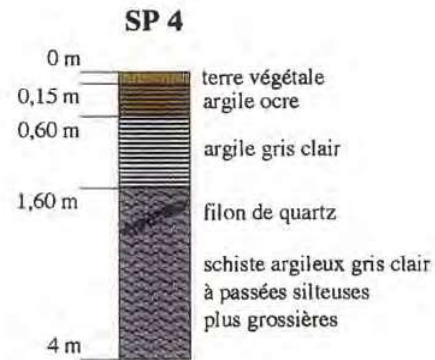
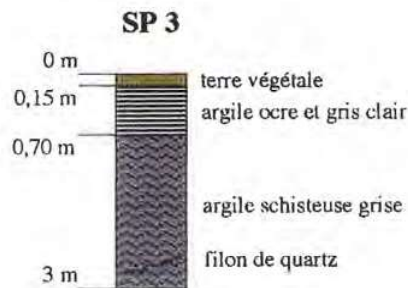
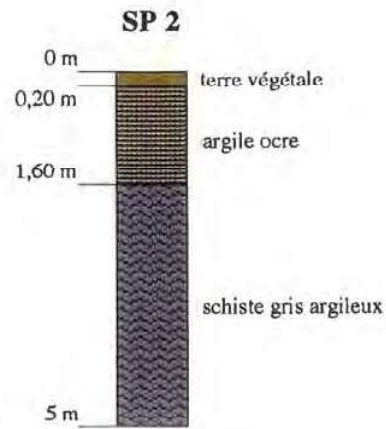
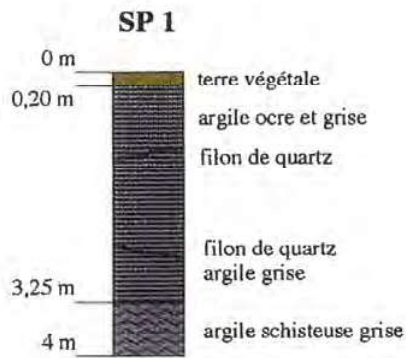
B1 : nce Bretagne 35000 Rennes

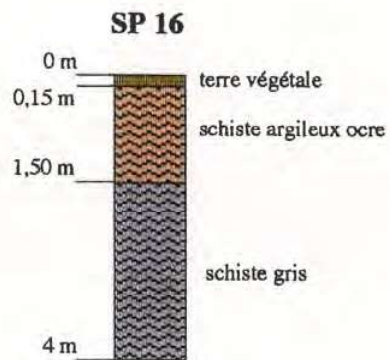
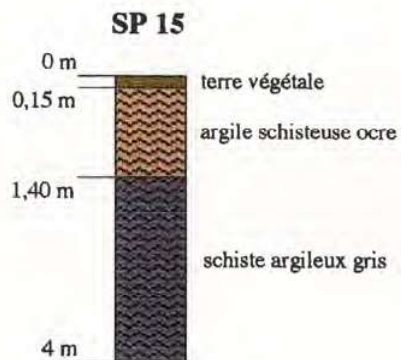
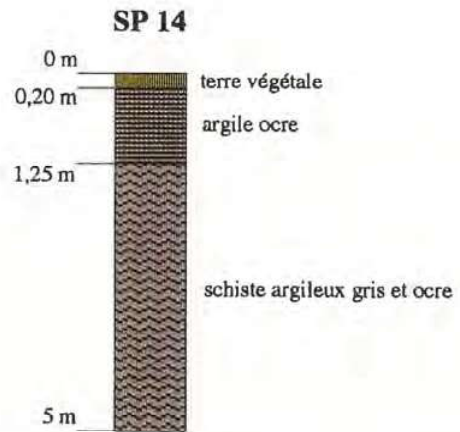
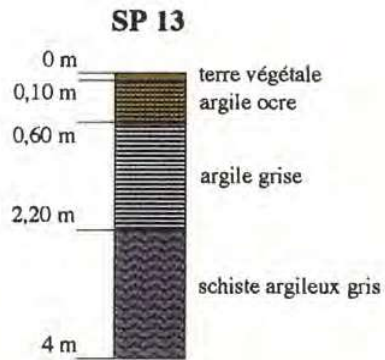
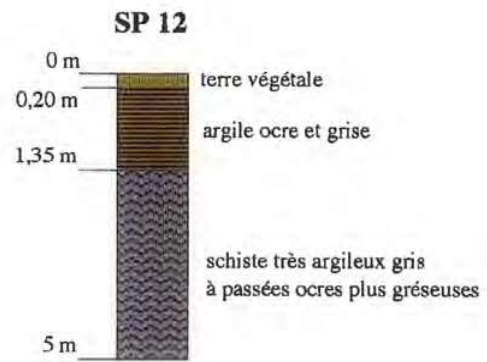
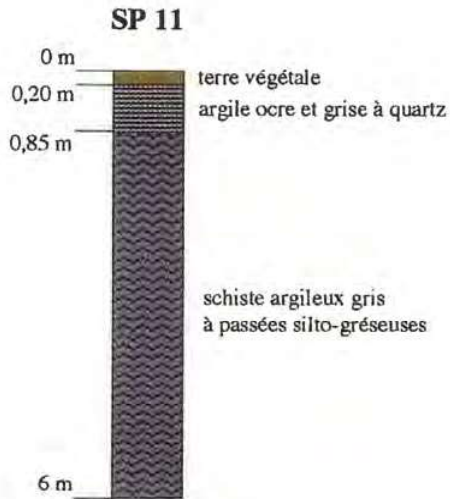
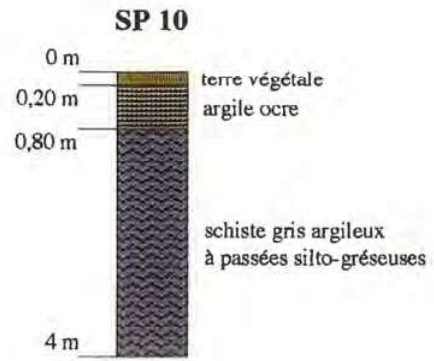
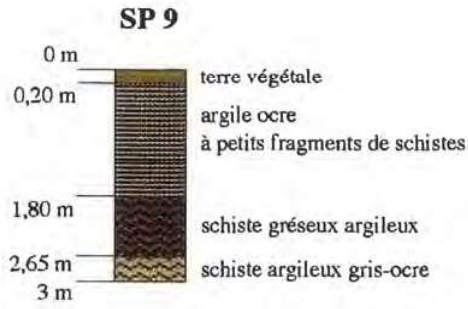
*Sondages F.D Conseil
(1994)*

ANNEXE 3

**COUPES DES SONDAGES A LA
PELLE MECANIQUE**

ESSAIS DE PERMEABILITE





MESURE DE PERMEABILITE SP 1

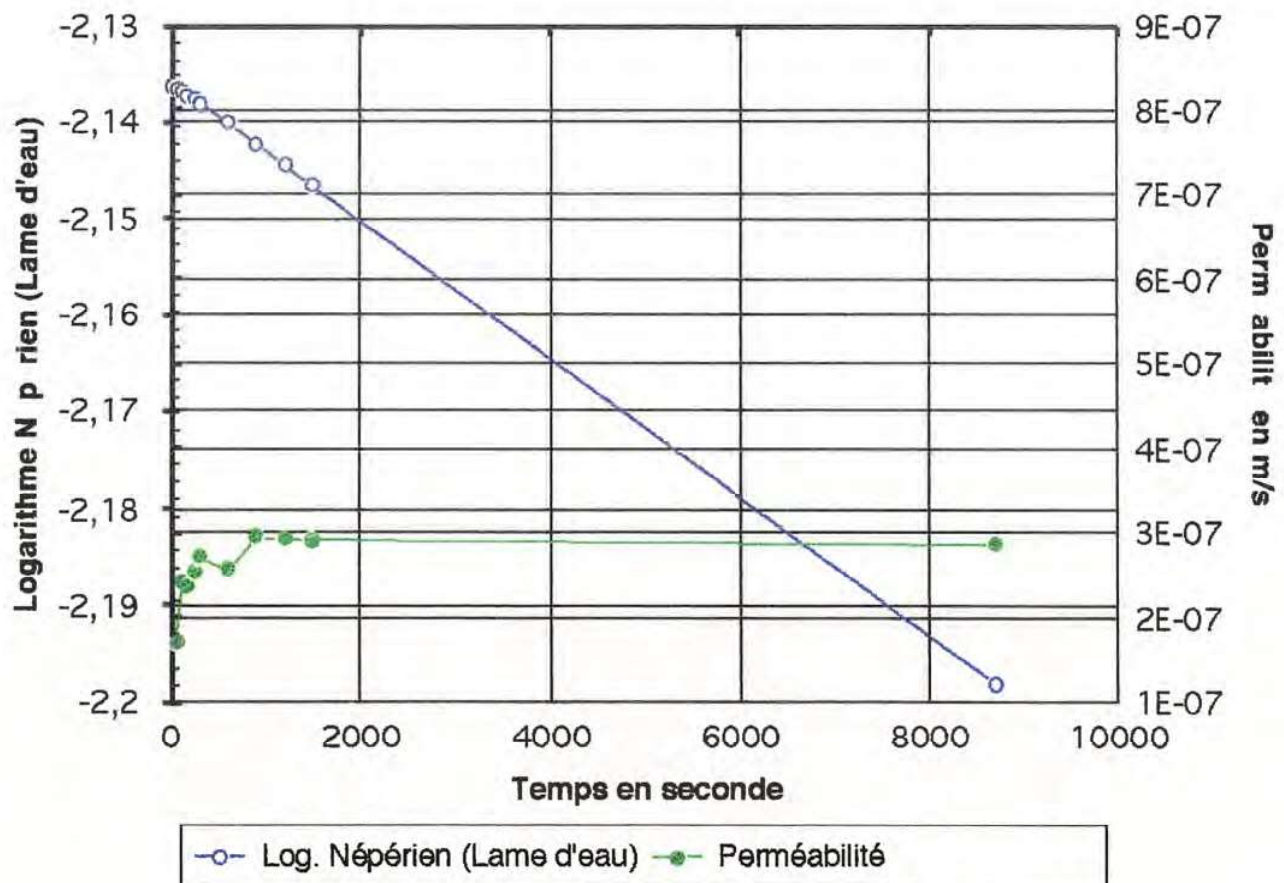
SITE : GUELTAS (56) DATE : 1-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-4,085	0	0	-2,1364	/
-4,055	1	60	-2,1366	1,69E-07
-4,012	2	120	-2,1370	2,43E-07
-3,970	3	180	-2,1373	2,37E-07
-3,925	4	240	-2,1377	2,54E-07
-3,877	5	300	-2,1381	2,71E-07
-3,650	10	600	-2,1400	2,57E-07
-3,390	15	900	-2,1423	2,95E-07
-3,133	20	1200	-2,1444	2,92E-07
-2,878	25	1500	-2,1466	2,91E-07
2,993	145	8700	-2,1982	2,86E-07

Perméabilité calculée : $2,6E-07 \pm 4E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 3,0 m

Nature du terrain : argile schisteuse grise



MESURE DE PERMEABILITE SP 2

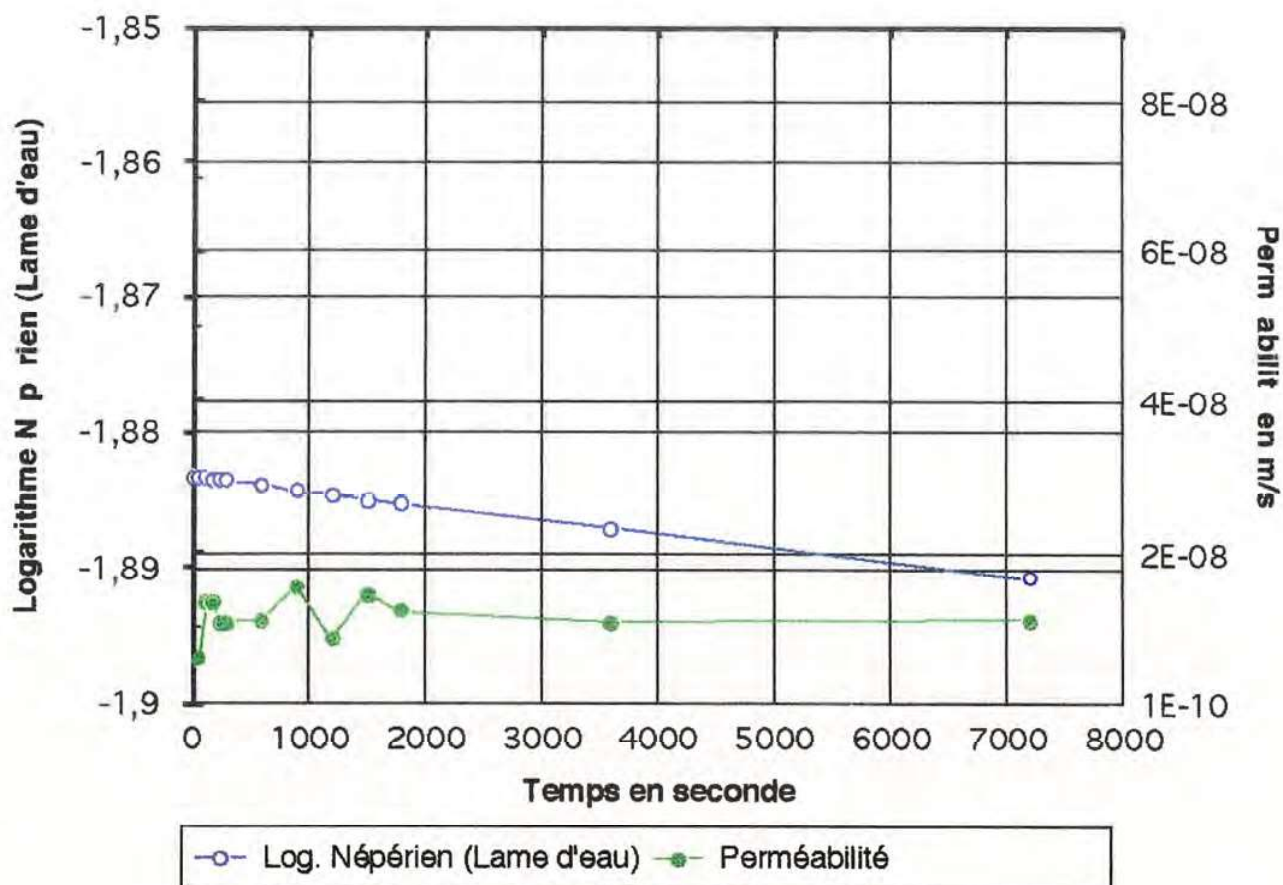
SITE : GUELTAS (56) DATE : 1-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-9,071	0	0	-1,8834	/
-9,066	1	60	-1,8834	6,03E-09
-9,055	2	120	-1,8835	1,33E-08
-9,044	3	180	-1,8836	1,33E-08
-9,035	4	240	-1,8836	1,09E-08
-9,026	5	300	-1,8837	1,09E-08
-8,980	10	600	-1,8840	1,11E-08
-8,916	15	900	-1,8844	1,54E-08
-8,880	20	1200	-1,8847	8,69E-09
-8,820	25	1500	-1,8851	1,45E-08
-8,769	30	1800	-1,8854	1,23E-08
-8,499	60	3600	-1,8872	1,09E-08
-7,950	120	7200	-1,8908	1,11E-08

Perméabilité calculée : $1,2E-08 \pm 3E-09$ m/s

Profondeur de l'essai : 5,0 m

Nature du terrain : schiste argileux grls



MESURE DE PERMEABILITE SP 3

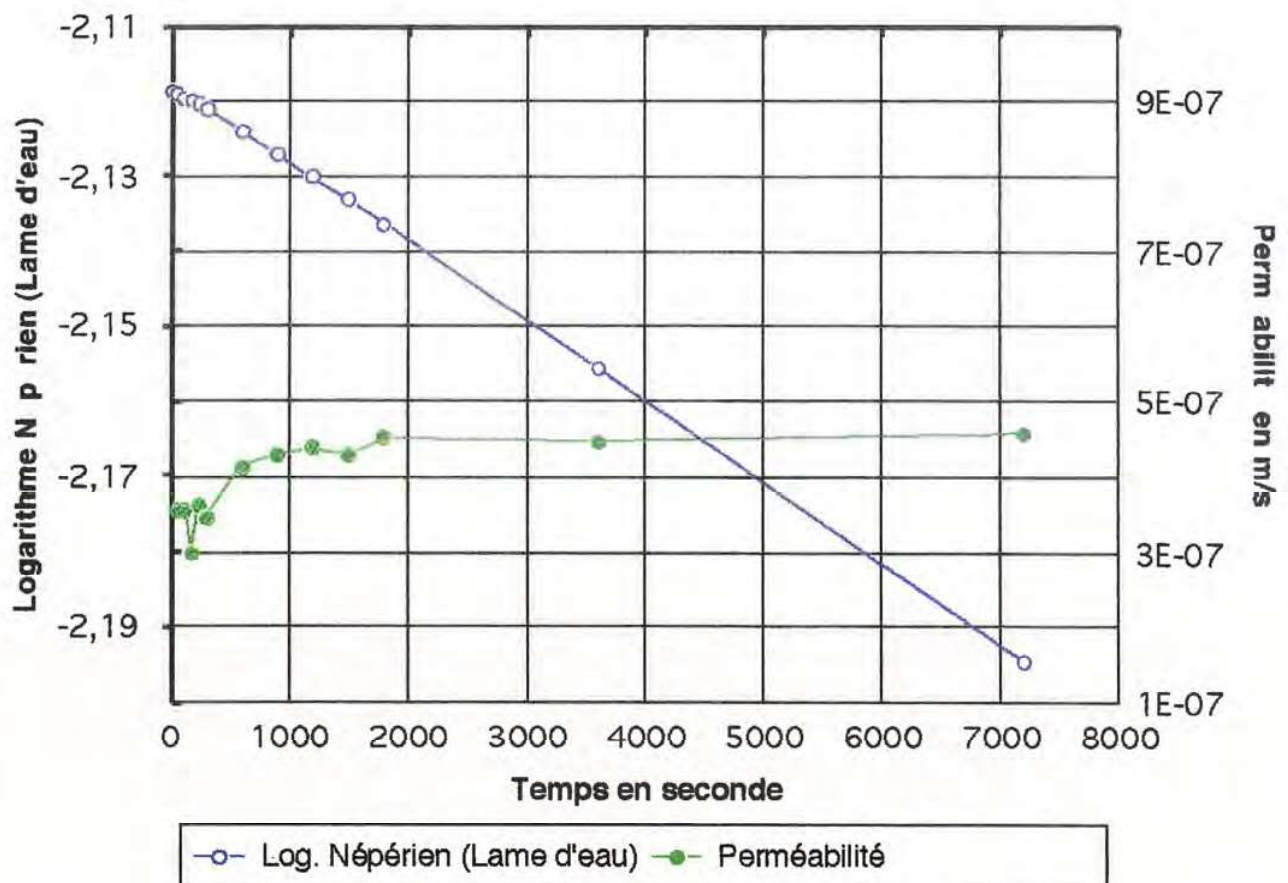
SITE : GUELTAS (56) DATE : 2-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-8,190	0	0	-2,1187	/
-8,129	1	60	-2,1192	3,55E-07
-8,068	2	120	-2,1197	3,56E-07
-8,017	3	180	-2,1201	2,97E-07
-7,955	4	240	-2,1206	3,62E-07
-7,896	5	300	-2,1211	3,44E-07
-7,543	10	600	-2,1241	4,13E-07
-7,177	15	900	-2,1271	4,29E-07
-6,805	20	1200	-2,1303	4,38E-07
-6,441	25	1500	-2,1333	4,30E-07
-6,060	30	1800	-2,1366	4,51E-07
-3,828	60	3600	-2,1556	4,45E-07
0,604	120	7200	-2,1947	4,55E-07

Perméabilité calculée : $4,0E-07 \pm 5E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 3,0 m

Nature du terrain : argile gris clair



MESURE DE PERMEABILITE SP 4

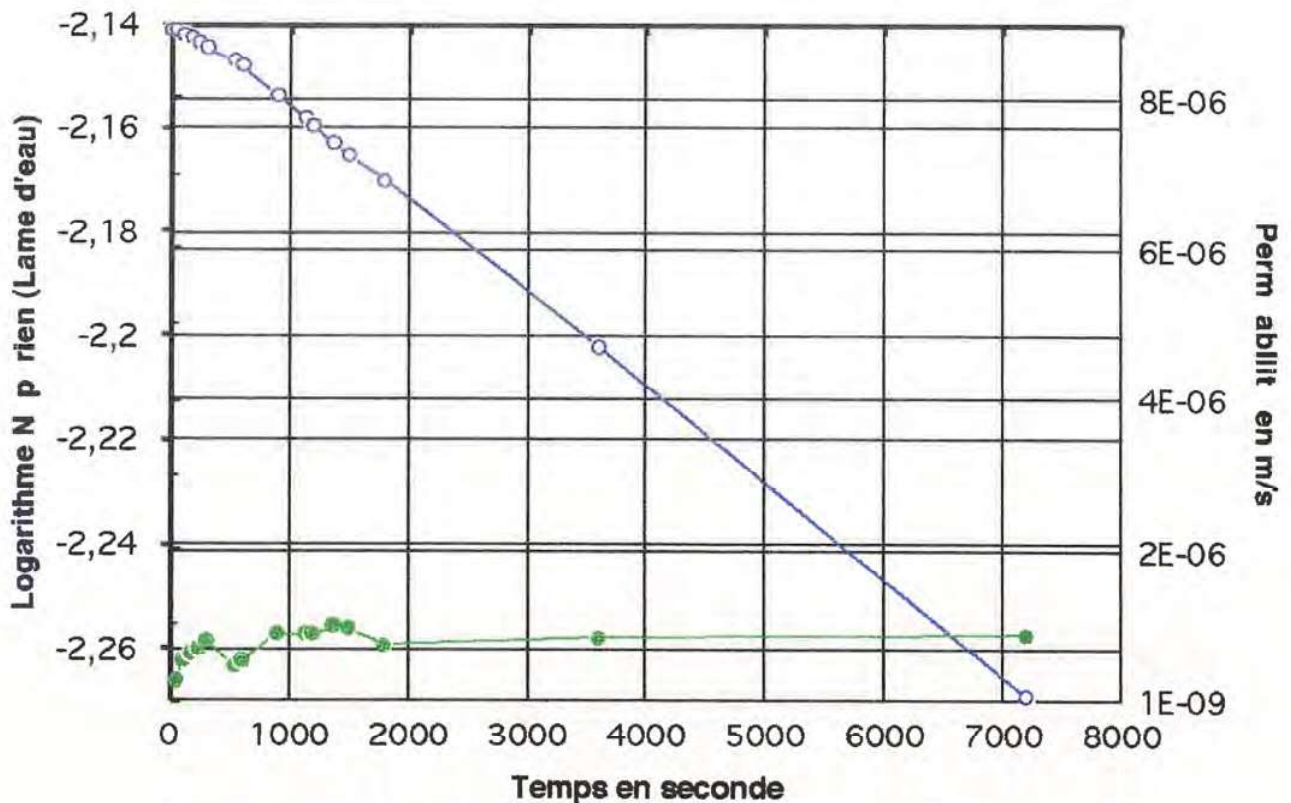
SITE : GUELTAS (56) DATE : 1-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-10,539	0	0	-2,1410	/
-10,499	1	60	-2,1413	2,67E-07
-10,422	2	120	-2,1420	5,14E-07
-10,329	3	180	-2,1428	6,21E-07
-10,227	4	240	-2,1436	6,81E-07
-10,107	5	300	-2,1447	8,02E-07
-9,830	9	540	-2,1470	4,64E-07
-9,715	10	600	-2,1480	5,25E-07
-9,058	15	900	-2,1537	8,84E-07
-8,530	19	1140	-2,1582	8,93E-07
-8,400	20	1200	-2,1594	8,91E-07
-7,963	23	1380	-2,1631	9,91E-07
-7,700	25	1500	-2,1654	9,53E-07
-7,162	30	1800	-2,1701	7,37E-07
-3,581	60	3600	-2,2020	8,32E-07
3,603	120	7200	-2,2692	8,77E-07

Perméabilité calculée : $7,3E-07 \pm 2E-07$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

Nature du terrain : **schiste argileux gris clair
à passées silto-gréseuses**



—○— Log. Népérien (Lame d'eau) —●— Perméabilité

MESURE DE PERMEABILITE SP 5

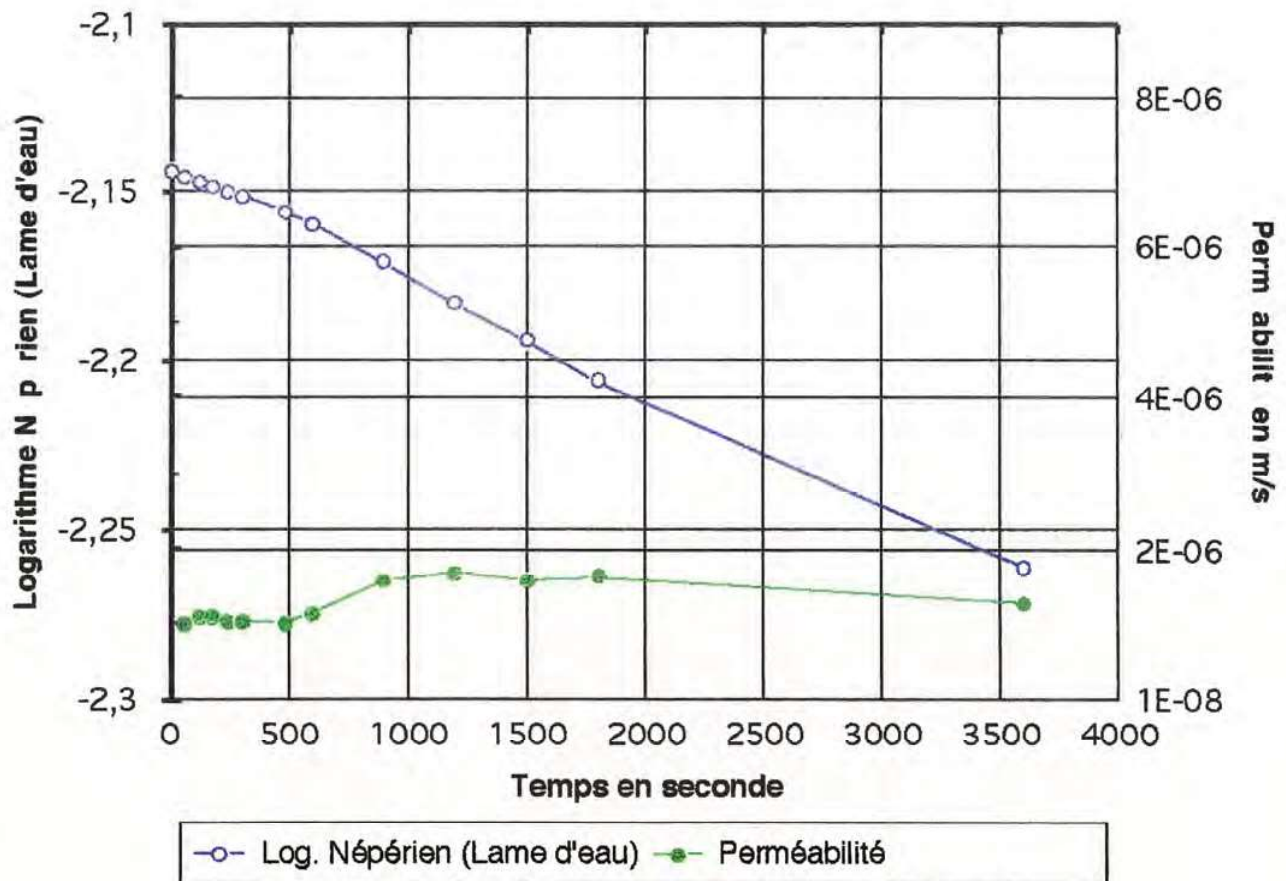
SITE : GUELTAS (56) DATE : 2-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-5,180	0	0	-2,1440	/
-5,012	1	60	-2,1455	1,00E-06
-4,827	2	120	-2,1471	1,11E-06
-4,643	3	180	-2,1486	1,10E-06
-4,468	4	240	-2,1501	1,05E-06
-4,295	5	300	-2,1516	1,04E-06
-3,790	8	480	-2,1560	1,02E-06
-3,345	10	600	-2,1598	1,15E-06
-2,043	15	900	-2,1712	1,59E-06
-0,681	20	1200	-2,1832	1,68E-06
0,586	25	1500	-2,1945	1,58E-06
1,882	30	1800	-2,2062	1,64E-06
7,792	60	3600	-2,2614	1,29E-06

Perméabilité calculée : $1,3E-06 \pm 3E-07$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

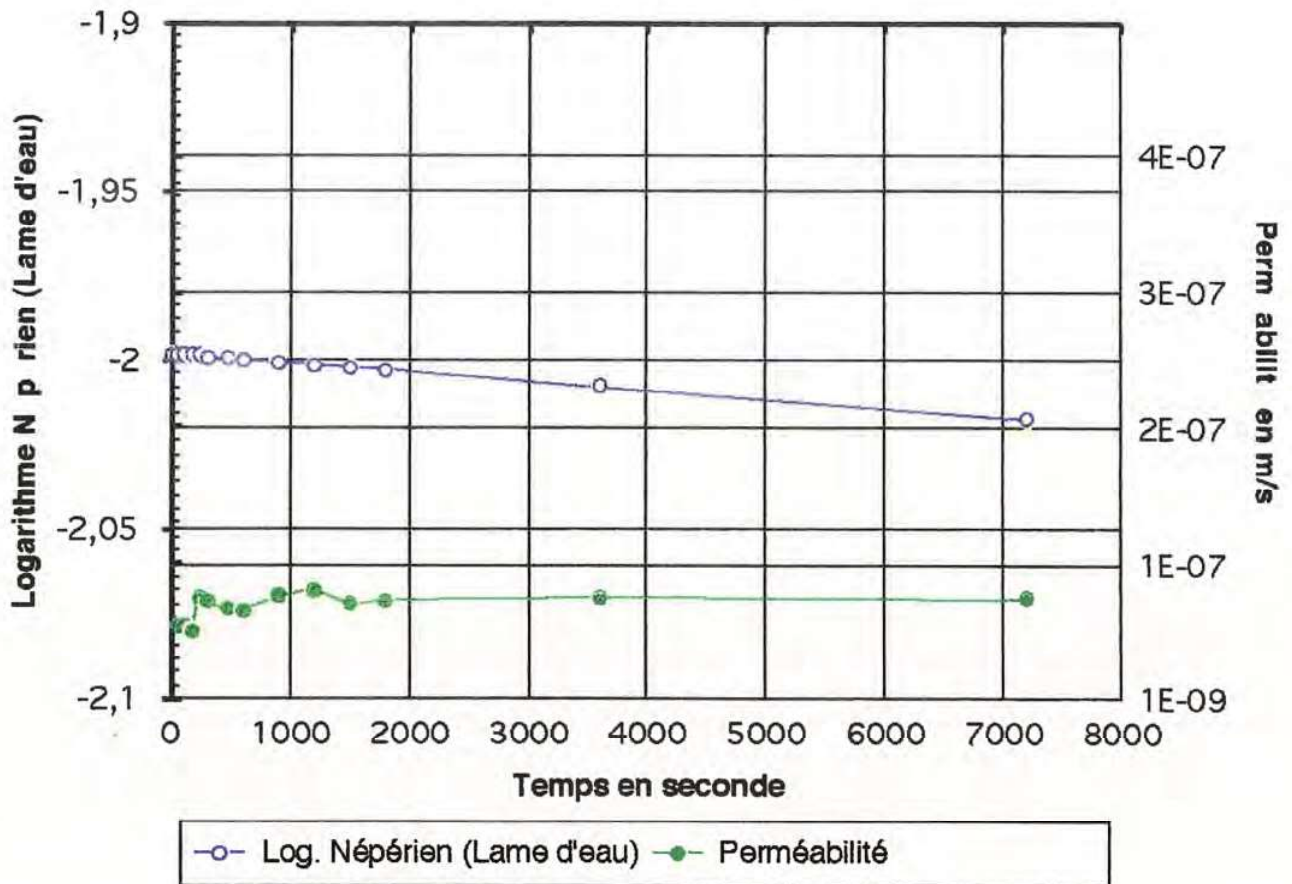
Nature du terrain : schiste argileux grls



MESURE DE PERMEABILITE SP 6
SITE : GUELTAS (56) DATE : 2-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-9,538	0	0	-1,9985	/
-9,522	1	60	-1,9986	5,51E-08
-9,506	2	120	-1,9987	5,51E-08
-9,491	3	180	-1,9989	5,17E-08
-9,469	4	240	-1,9990	7,58E-08
-9,448	5	300	-1,9992	7,23E-08
-9,390	8	480	-1,9996	6,66E-08
-9,352	10	600	-1,9999	6,62E-08
-9,241	15	900	-2,0007	7,66E-08
-9,124	20	1200	-2,0016	8,08E-08
-9,021	25	1500	-2,0023	7,12E-08
-8,915	30	1800	-2,0031	7,33E-08
-8,260	60	3600	-2,0080	7,57E-08
-6,977	120	7200	-2,0176	7,47E-08

Perméabilité calculée : $6,9E-08 \pm 9E-09$ m/s
 Profondeur de l'essai : 4,5 m
 Nature du terrain : argile gris clair



MESURE DE PERMEABILITE SP 7

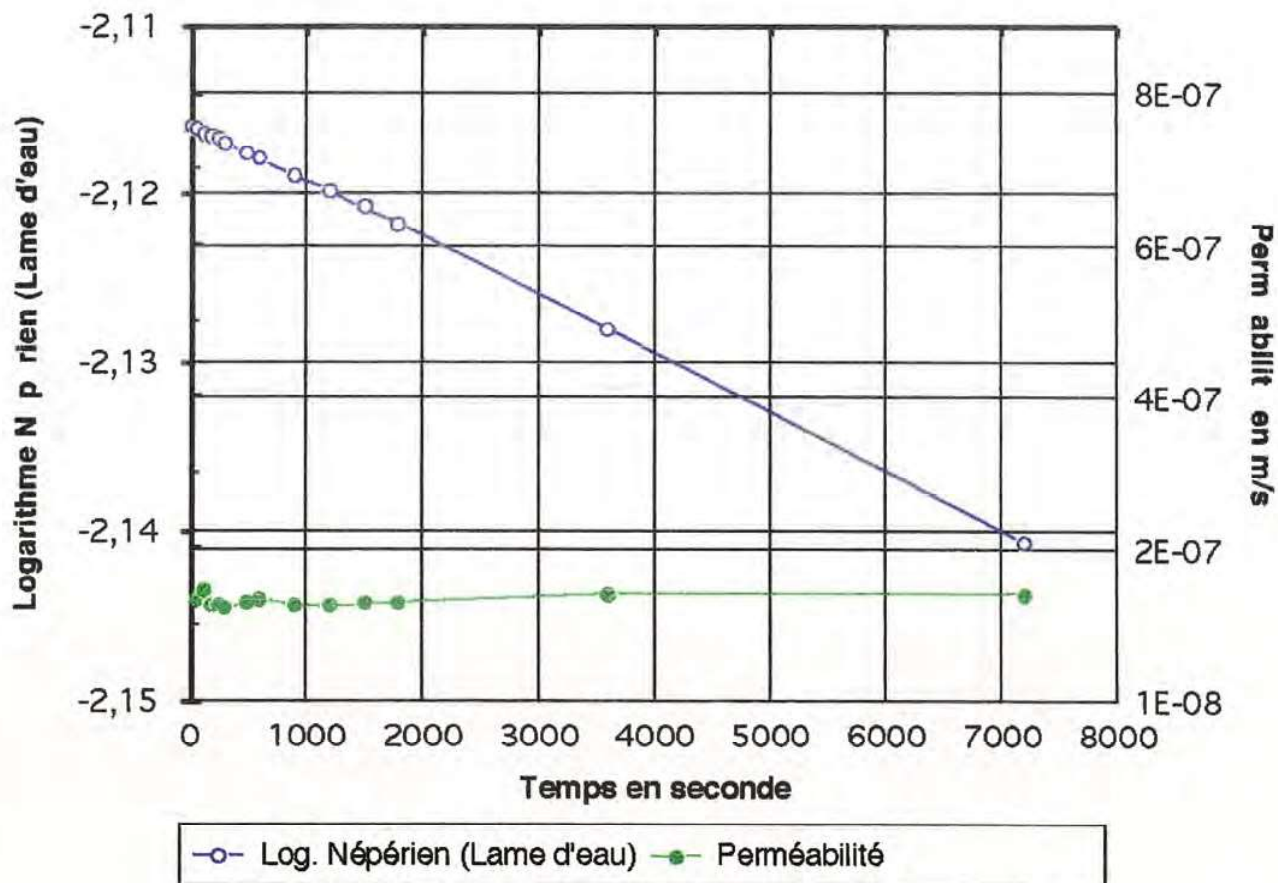
SITE : GUELTAS (56) DATE : 2-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-9,510	0	0	-2,1160	/
-9,486	1	60	-2,1162	1,43E-07
-9,460	2	120	-2,1164	1,55E-07
-9,437	3	180	-2,1166	1,37E-07
-9,414	4	240	-2,1168	1,37E-07
-9,392	5	300	-2,1170	1,31E-07
-9,322	8	480	-2,1176	1,39E-07
-9,272	10	600	-2,1180	1,43E-07
-9,158	15	900	-2,1189	1,36E-07
-9,046	20	1200	-2,1199	1,34E-07
-8,930	25	1500	-2,1208	1,39E-07
-8,812	30	1800	-2,1218	1,40E-07
-8,067	60	3600	-2,1281	1,49E-07
-6,581	120	7200	-2,1406	1,50E-07

Perméabilité calculée : $1,4E-07 \pm 7E-09$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

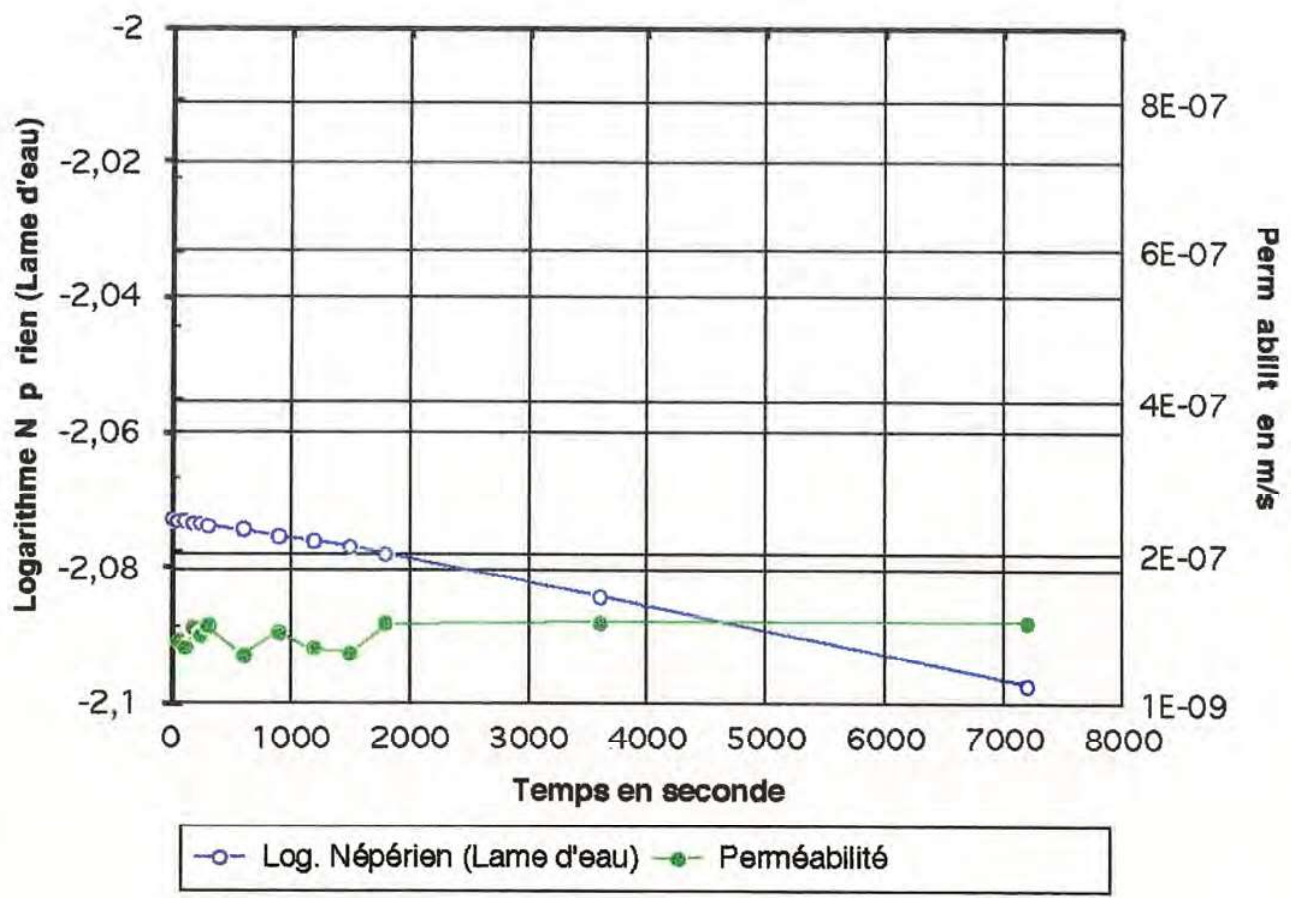
Nature du terrain : schiste gris



MESURE DE PERMEABILITE SP 8
SITE : GUELTAS (56) DATE : 1-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-1,815	0	0	-2,0729	/
-1,794	1	60	-2,0731	8,35E-08
-1,775	2	120	-2,0733	7,55E-08
-1,750	3	180	-2,0735	9,94E-08
-1,727	4	240	-2,0736	9,15E-08
-1,701	5	300	-2,0738	1,03E-07
-1,620	10	600	-2,0745	6,45E-08
-1,500	15	900	-2,0754	9,56E-08
-1,409	20	1200	-2,0762	7,25E-08
-1,323	25	1500	-2,0769	6,86E-08
-1,190	30	1800	-2,0779	1,06E-07
-0,385	60	3600	-2,0844	1,08E-07
1,219	120	7200	-2,0974	1,08E-07

Perméabilité calculée : $9,0E-08 \pm 2E-08$ m/s
 Profondeur de l'essai : 4,0 m
 Nature du terrain : schiste ocre



MESURE DE PERMEABILITE SP 9

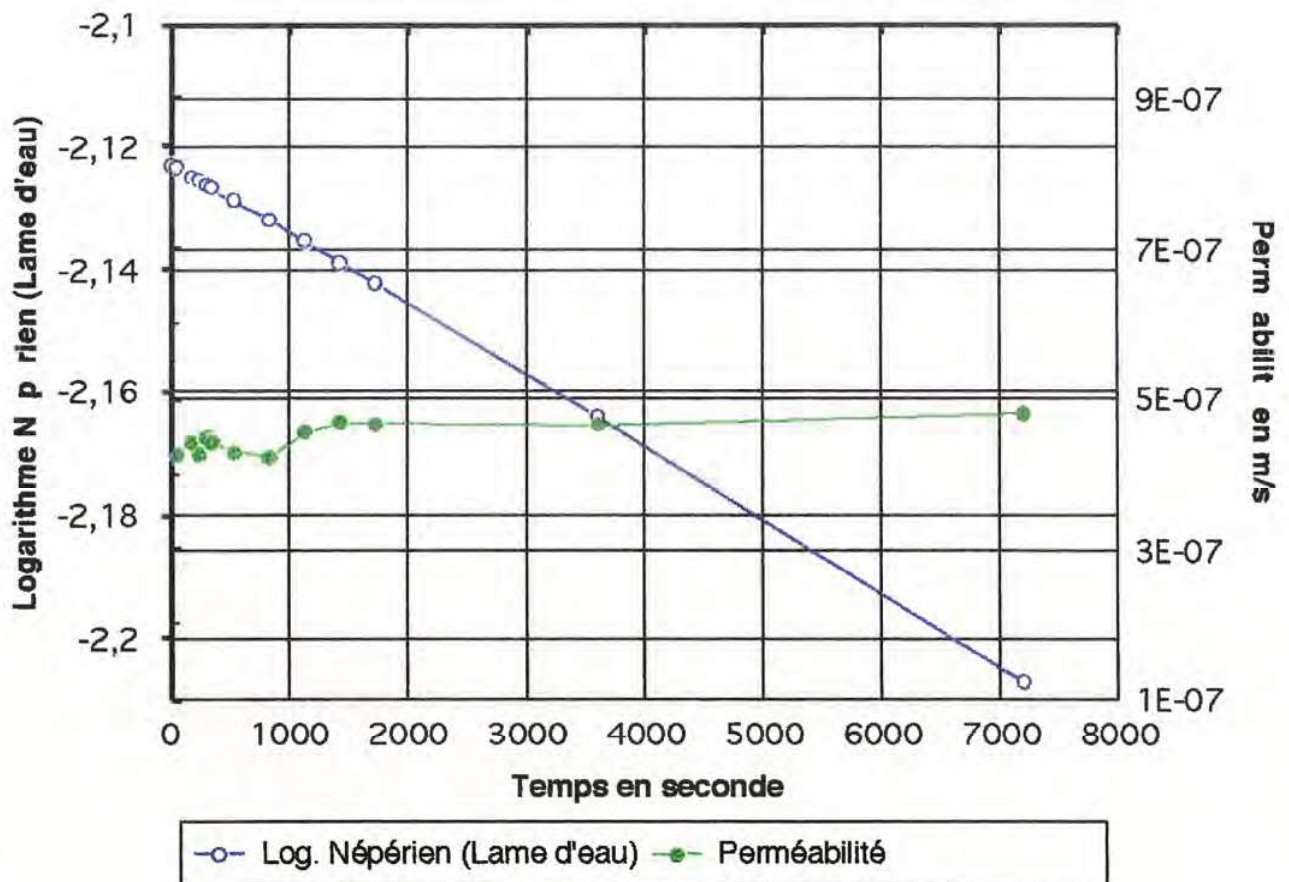
SITE : GUELTAS (56) DATE : 1-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-5,665	0	0	-2,1231	/
-5,589	1	60	-2,1237	4,24E-07
-5,431	3	180	-2,1250	4,41E-07
-5,355	4	240	-2,1257	4,24E-07
-5,275	5	300	-2,1263	4,47E-07
-5,196	6	360	-2,1270	4,42E-07
-4,966	9	540	-2,1289	4,29E-07
-4,590	14	840	-2,1321	4,22E-07
-4,187	19	1140	-2,1355	4,54E-07
-3,773	24	1440	-2,1390	4,68E-07
-3,362	29	1740	-2,1425	4,66E-07
-0,853	60	3600	-2,1641	4,65E-07
4,004	120	7200	-2,2073	4,80E-07

Perméabilité calculée : $4,5E-07 \pm 2E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 3,0 m

Nature du terrain : schiste argileux gris ocre



MESURE DE PERMEABILITE SP 10

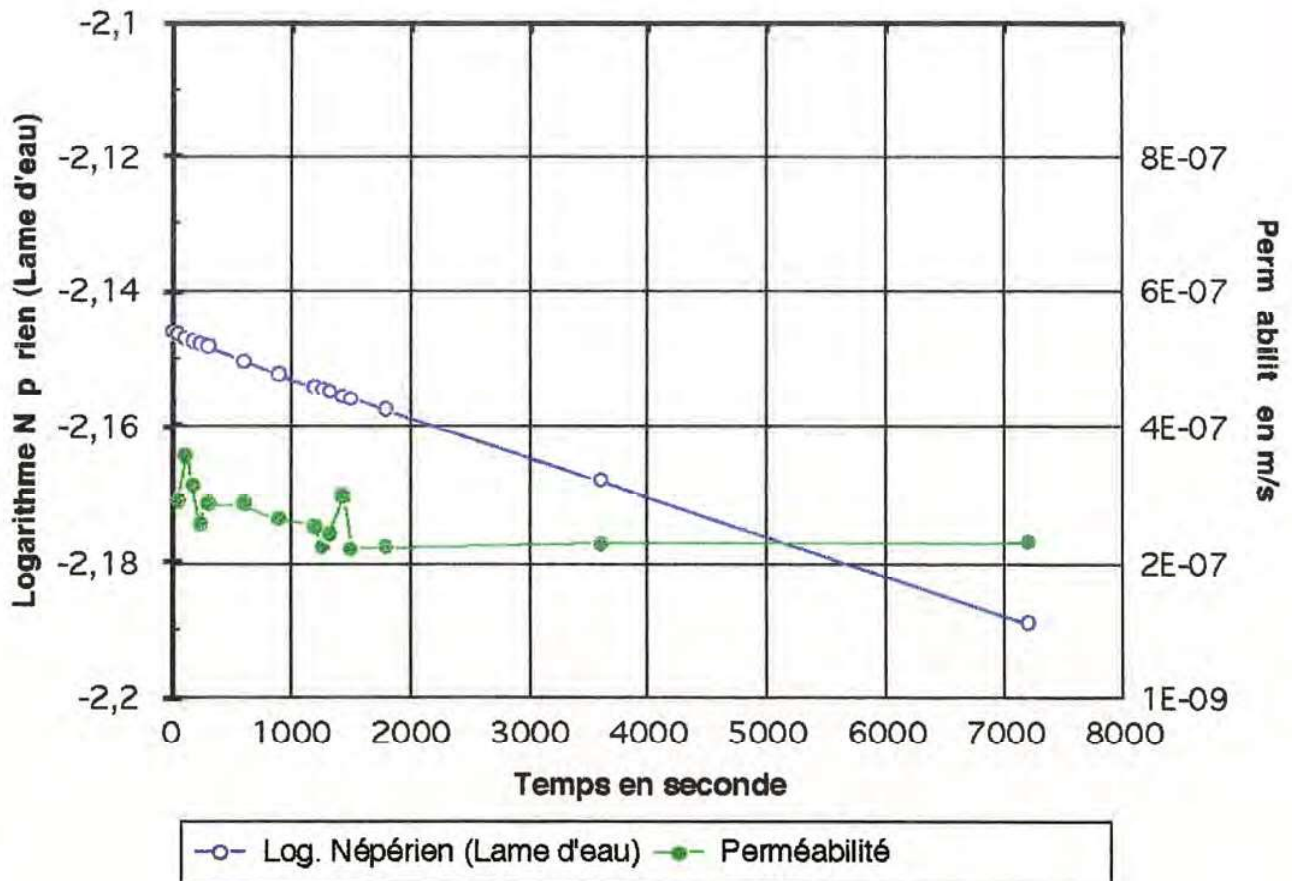
SITE : GUELTAS (56) DATE : 3-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-2,949	0	0	-2,1460	/
-2,898	1	60	-2,1465	2,91E-07
-2,835	2	120	-2,1470	3,59E-07
-2,780	3	180	-2,1475	3,14E-07
-2,735	4	240	-2,1478	2,57E-07
-2,685	5	300	-2,1483	2,86E-07
-2,435	10	600	-2,1504	2,86E-07
-2,205	15	900	-2,1524	2,64E-07
-1,984	20	1200	-2,1543	2,54E-07
-1,945	21	1260	-2,1546	2,24E-07
-1,903	22	1320	-2,1550	2,42E-07
-1,800	24	1440	-2,1559	2,96E-07
-1,792	25	1500	-2,1560	2,21E-07
-1,597	30	1800	-2,1576	2,23E-07
-0,404	60	3600	-2,1680	2,28E-07
1,971	120	7200	-2,1890	2,30E-07

Perméabilité calculée : $2,6E-07 \pm 4E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 3,5 m

Nature du terrain : schiste argileux gris à passées silto-gréseuses



MESURE DE PERMEABILITE SP 11

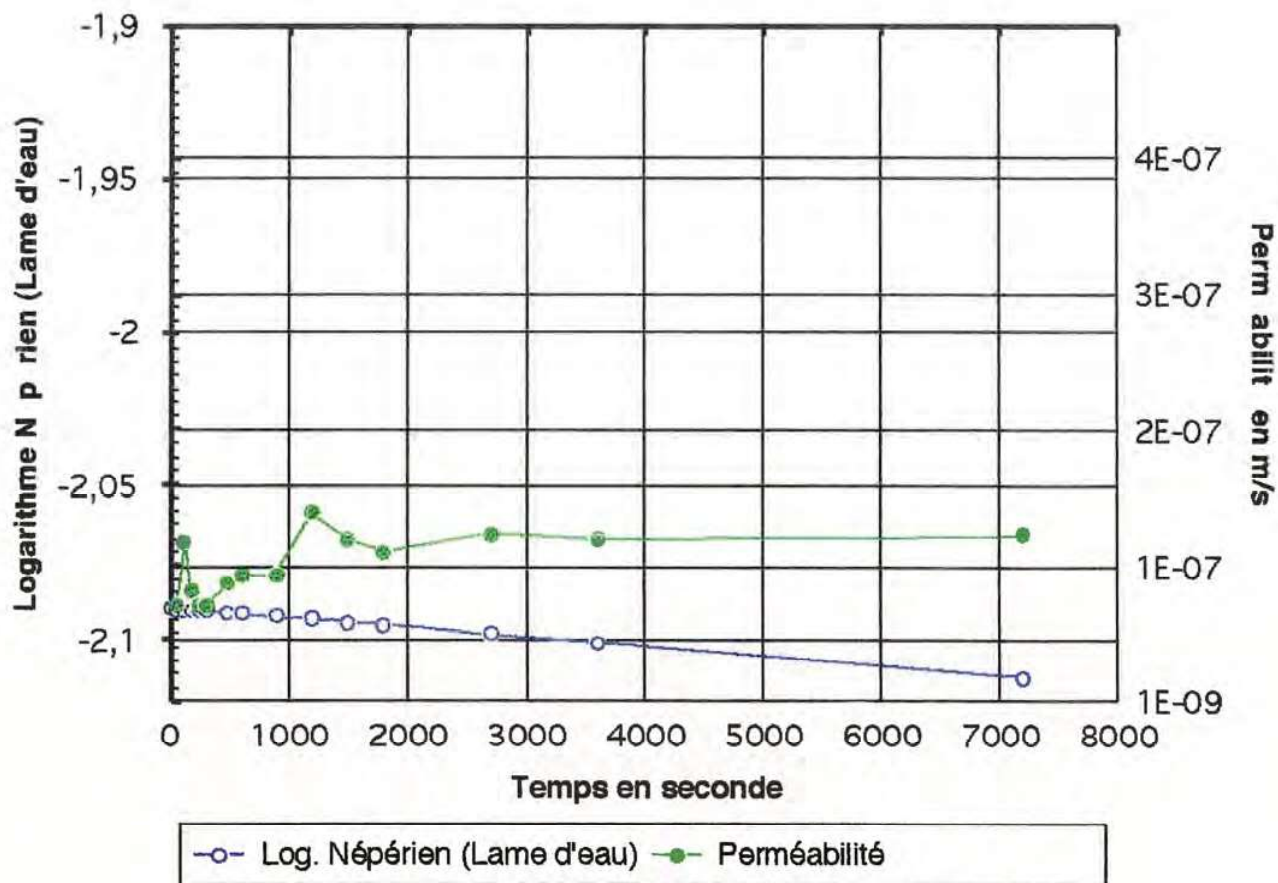
SITE : GUELTAS (56) DATE : 3-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-7,663	0	0	-2,0902	/
-7,649	1	60	-2,0903	7,17E-08
-7,626	2	120	-2,0905	1,18E-07
-7,610	3	180	-2,0906	8,20E-08
-7,596	4	240	-2,0907	7,17E-08
-7,582	5	300	-2,0909	7,17E-08
-7,531	8	480	-2,0913	8,71E-08
-7,491	10	600	-2,0916	9,33E-08
-7,399	15	900	-2,0923	9,44E-08
-7,263	20	1200	-2,0934	1,40E-07
-7,146	25	1500	-2,0944	1,20E-07
-7,038	30	1800	-2,0953	1,11E-07
-6,679	45	2700	-2,0982	1,23E-07
-6,341	60	3600	-2,1009	1,20E-07
-4,909	120	7200	-2,1127	1,23E-07

Perméabilité calculée : $1,0E-07 \pm 2E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 5,0 m

Nature du terrain : schiste argileux gris à passées silto-gréseuses



MESURE DE PERMEABILITE SP 12

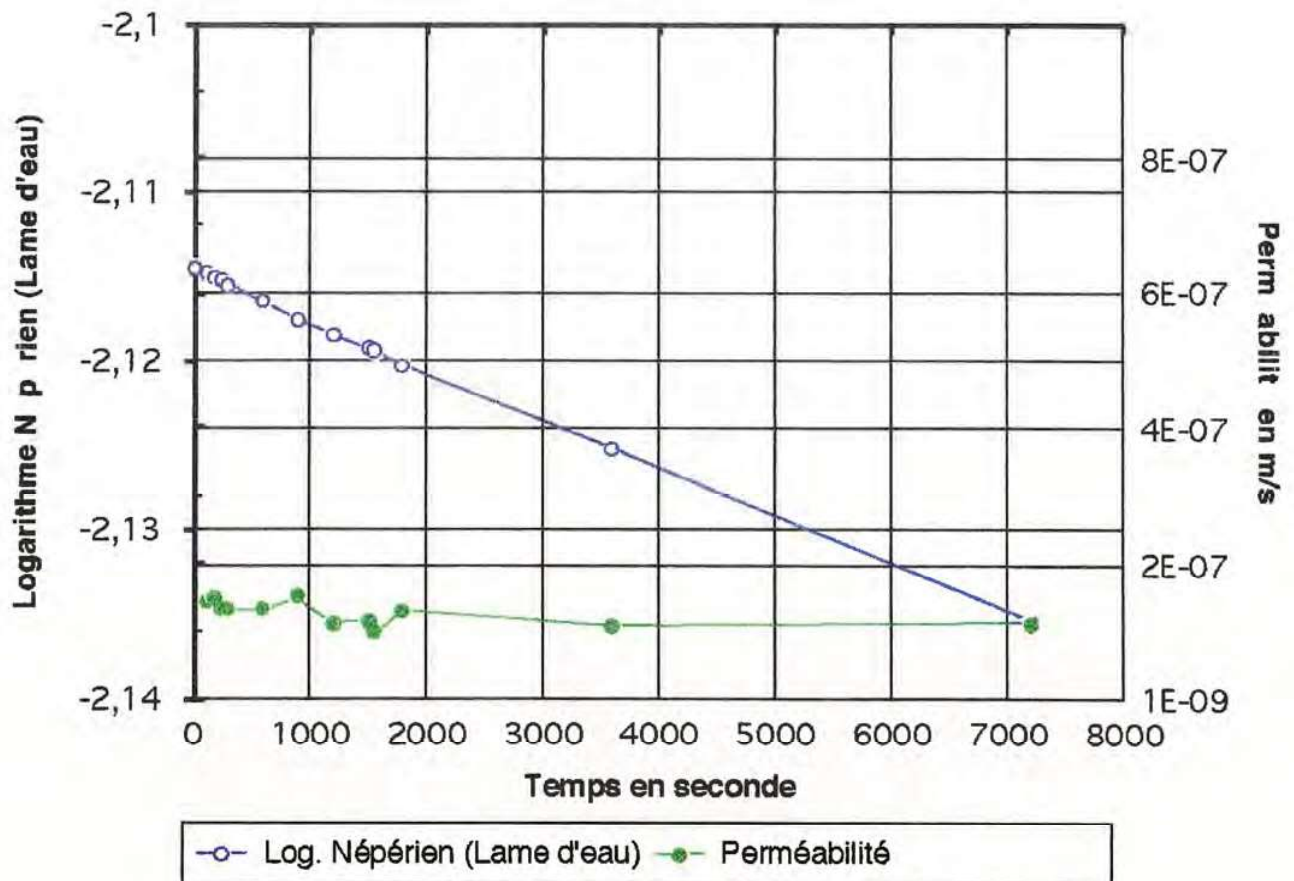
SITE : GUELTAS (56) DATE : 3-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-6,700	0	0	-2,1144	/
-6,647	2	120	-2,1149	1,46E-07
-6,620	3	180	-2,1151	1,49E-07
-6,596	4	240	-2,1153	1,33E-07
-6,572	5	300	-2,1155	1,33E-07
-6,452	10	600	-2,1165	1,33E-07
-6,315	15	900	-2,1176	1,52E-07
-6,213	20	1200	-2,1185	1,13E-07
-6,108	25	1500	-2,1194	1,17E-07
-6,090	26	1560	-2,1195	9,99E-08
-5,996	30	1800	-2,1203	1,31E-07
-5,407	60	3600	-2,1252	1,09E-07
-4,198	120	7200	-2,1354	1,13E-07

Perméabilité calculée : $1,3E-07 \pm 2E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

Nature du terrain : schiste argileux gris



MESURE DE PERMEABILITE SP 13

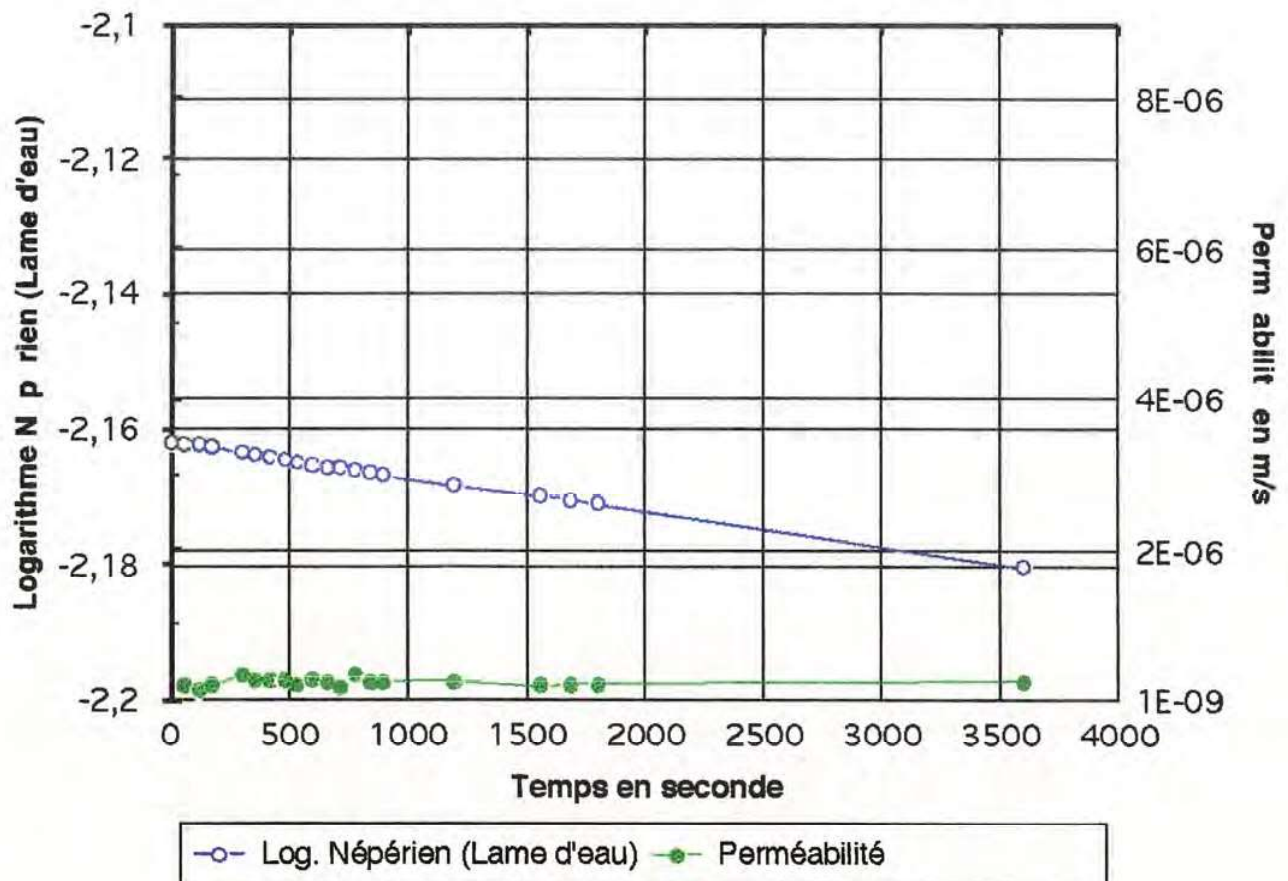
SITE : GUELTAS (56) DATE : 3-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-6,080	0	0	-2,1621	/
-6,051	1	60	-2,1624	1,89E-07
-6,034	2	120	-2,1625	1,11E-07
-6,005	3	180	-2,1628	1,89E-07
-5,903	5	300	-2,1637	3,33E-07
-5,863	6	360	-2,1640	2,61E-07
-5,825	7	420	-2,1643	2,48E-07
-5,787	8	480	-2,1647	2,48E-07
-5,757	9	540	-2,1649	1,96E-07
-5,709	10	600	-2,1654	2,53E-07
-5,676	11	660	-2,1656	2,16E-07
-5,650	12	720	-2,1659	1,70E-07
-5,601	13	780	-2,1663	3,21E-07
-5,564	14	840	-2,1666	2,42E-07
-5,530	15	900	-2,1669	2,34E-07
-5,356	20	1200	-2,1684	2,28E-07
-5,181	26	1560	-2,1700	1,91E-07
-5,118	28	1680	-2,1705	2,07E-07
-5,056	30	1800	-2,1711	2,04E-07
-3,990	60	3600	-2,1805	2,35E-07

Perméabilité calculée : $2,3E-07 \pm 5E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

Nature du terrain : schiste argileux gris



MESURE DE PERMEABILITE SP 14

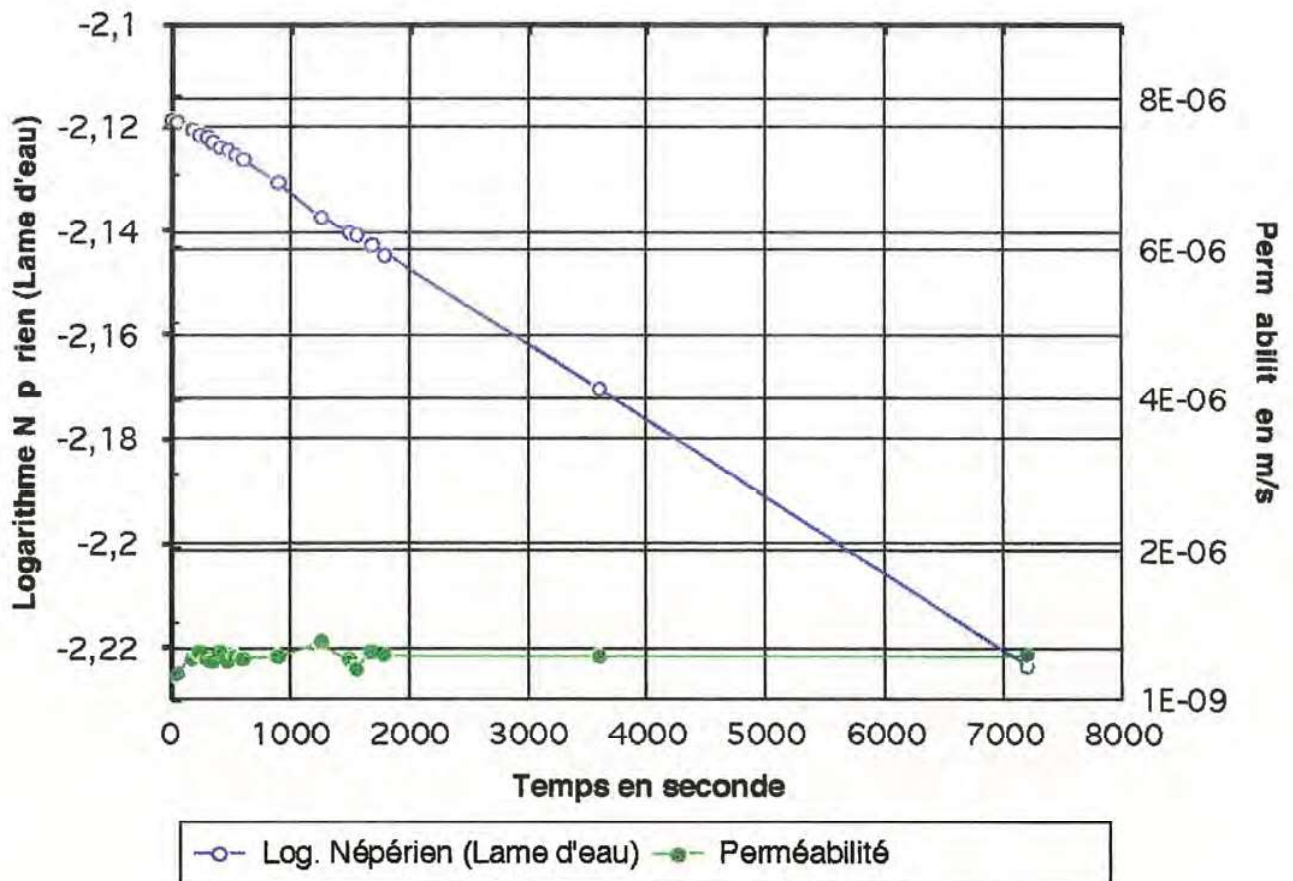
SITE : GUELTAS (56) DATE : 4-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-6,230	0	0	-2,1183	/
-6,172	1	60	-2,1188	3,22E-07
-5,976	3	180	-2,1205	5,44E-07
-5,865	4	240	-2,1214	6,17E-07
-5,772	5	300	-2,1222	5,17E-07
-5,683	6	360	-2,1229	4,96E-07
-5,572	7	420	-2,1238	6,19E-07
-5,485	8	480	-2,1246	4,85E-07
-5,382	9	540	-2,1254	5,75E-07
-5,289	10	600	-2,1262	5,39E-07
-4,781	15	900	-2,1305	5,69E-07
-3,975	21	1260	-2,1373	7,57E-07
-3,610	25	1500	-2,1404	5,16E-07
-3,540	26	1560	-2,1410	3,97E-07
-3,324	28	1680	-2,1428	6,13E-07
-3,119	30	1800	-2,1446	5,83E-07
-0,129	60	3600	-2,1704	5,75E-07
5,794	120	7200	-2,2237	5,92E-07

Perméabilité calculée : $5,5E-07 \pm 1E-07$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,5 m

Nature du terrain : schiste argileux gris et ocre



MESURE DE PERMEABILITE SP 15

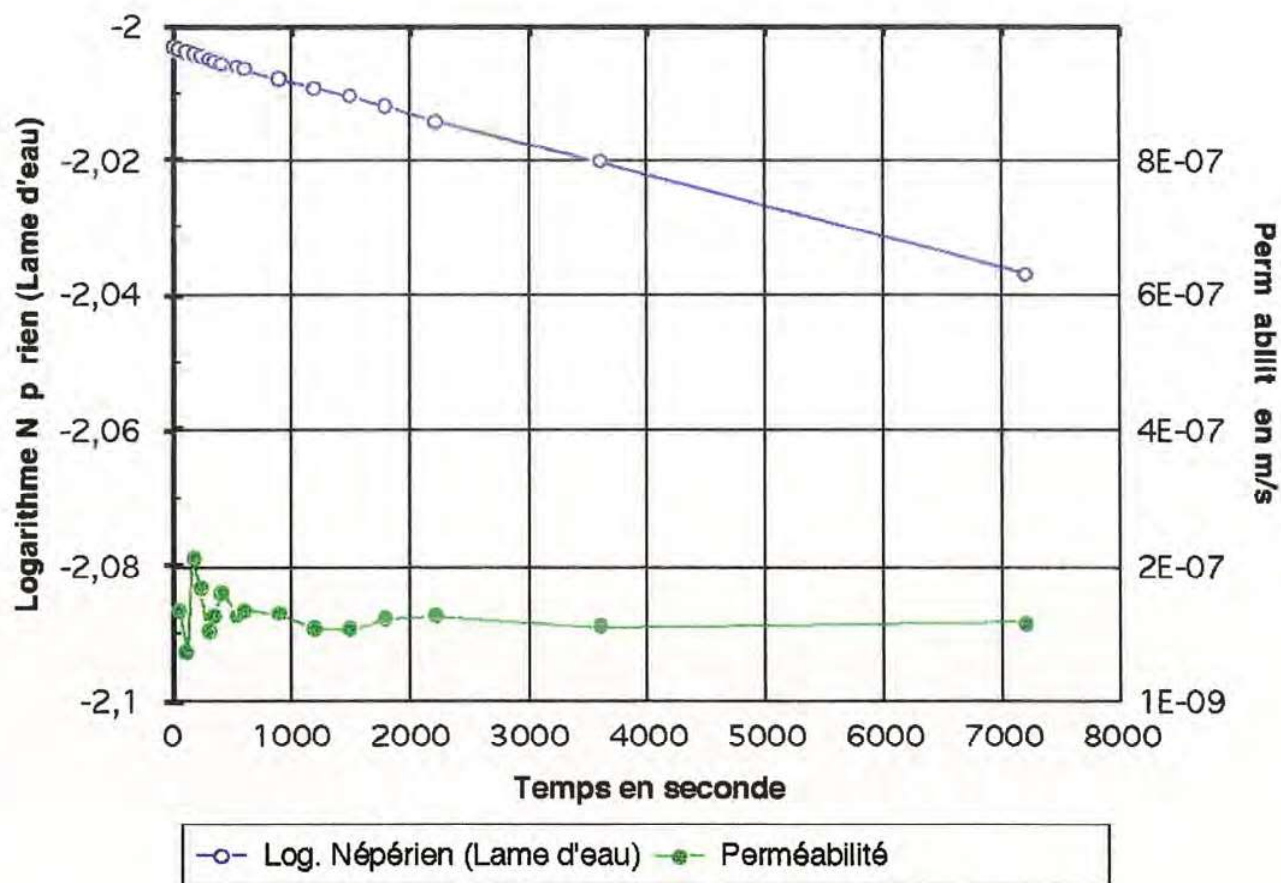
SITE : GUELTAS (56) DATE : 2-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEMPS		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	sec		
-5,900	0	0	-2,0032	/
-5,856	1	60	-2,0035	1,36E-07
-5,832	2	120	-2,0037	7,42E-08
-5,763	3	180	-2,0042	2,13E-07
-5,709	4	240	-2,0046	1,67E-07
-5,675	5	300	-2,0049	1,05E-07
-5,634	6	360	-2,0052	1,27E-07
-5,582	7	420	-2,0056	1,61E-07
-5,499	9	540	-2,0062	1,29E-07
-5,456	10	600	-2,0065	1,36E-07
-5,246	15	900	-2,0081	1,30E-07
-5,071	20	1200	-2,0094	1,09E-07
-4,900	25	1500	-2,0107	1,06E-07
-4,705	30	1800	-2,0121	1,21E-07
-4,422	37	2220	-2,0142	1,26E-07
-3,612	60	3600	-2,0203	1,10E-07
-1,419	120	7200	-2,0370	1,16E-07

Perméabilité calculée : $1,3E-07 \pm 3E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

Nature du terrain : schiste argileux gris



MESURE DE PERMEABILITE SP 16

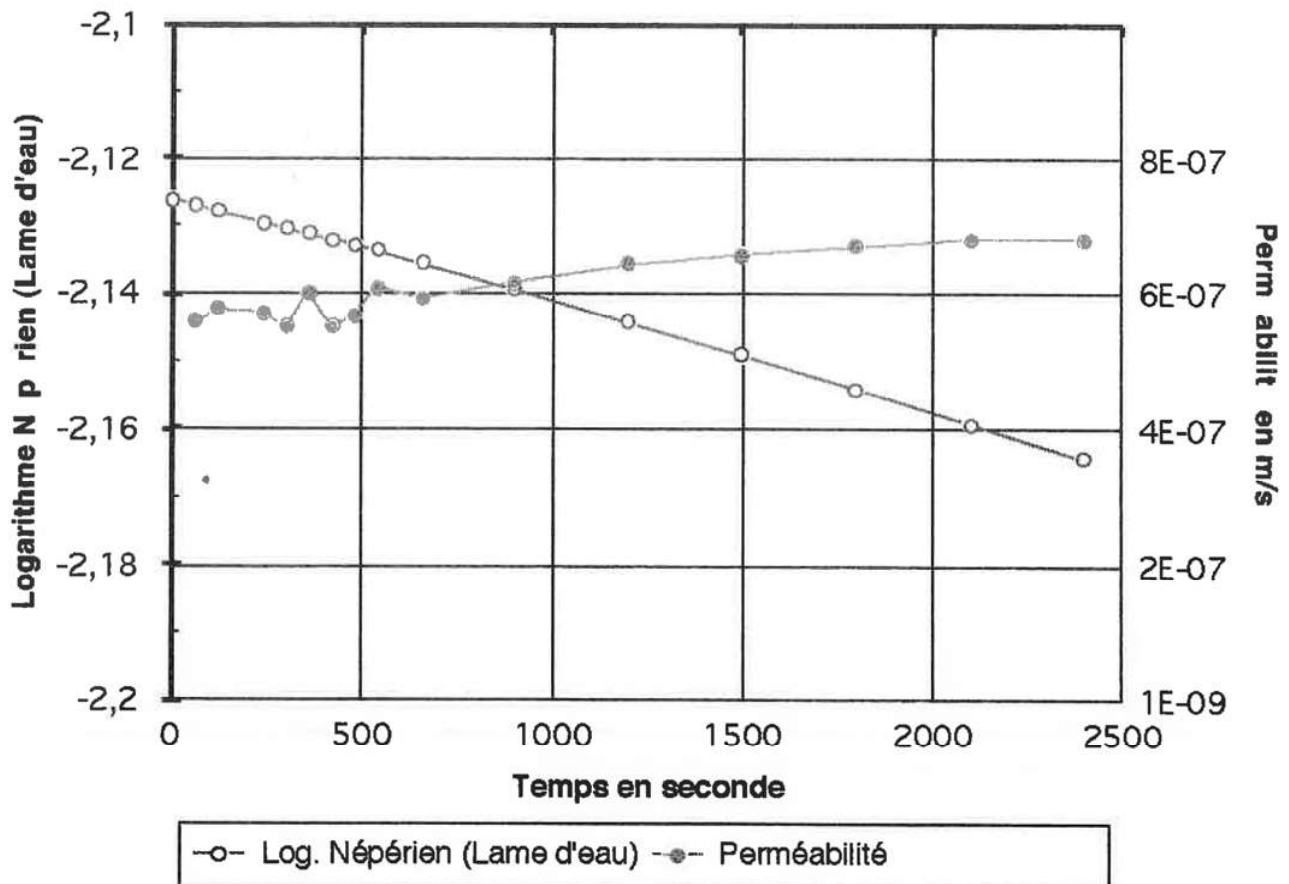
SITE : GUELTAS (56) DATE : 4-06-93

HAUTEUR H' LUE	TEI		Log. Népérien (lame d'eau)	K m/s
	min	55		
-5,300	0	0	-2,1261	/
-5,200	1	60	-2,1270	5,59E-07
-5,097	2	120	-2,1278	5,76E-07
-4,893	4	240	-2,1295	5,71E-07
-4,795	5	300	-2,1304	5,50E-07
-4,688	6	360	-2,1313	6,01E-07
-4,590	7	420	-2,1321	5,51E-07
-4,489	8	480	-2,1329	5,68E-07
-4,381	9	540	-2,1338	6,08E-07
-4,161	11	660	-2,1357	5,93E-07
-3,725	15	900	-2,1394	6,16E-07
-3,158	20	1200	-2,1442	6,44E-07
-2,582	25	1500	-2,1492	6,57E-07
-1,997	30	1800	-2,1542	6,71E-07
-1,407	35	2100	-2,1593	6,80E-07
-0,820	40	2400	-2,1644	6,80E-07
-0,114	46	2760	-2,1706	6,85E-07
0,349	50	3000	-2,1746	6,78E-07
0,920	55	3300	-2,1797	6,72E-07
1,504	60	3600	-2,1848	6,90E-07
8,479	120	7200	-2,2488	7,11E-07

Perméabilité calculée : $6,2E-07 \pm 5E-08$ m/s

Profondeur de l'essai : 4,0 m

Nature du terrain : schiste gris



Sondages Burgéap (2006)



- Annexe 3 - Coupes géologiques des sondages carottés FP1 à FP3

Cette annexe contient 6 pages

- RQD (Rock Quality Density) : indice de l'état de fracturation du massif rocheux. Un RQD élevé (supérieur à 80%) traduit une fréquence de fracturation très faible. A l'inverse, un RQD très faible (< à 50 %), traduit une fréquence de fracturation très forte.
- AMI : état d'altération, noté AM1 à AM5. Un massif rocheux sain, exempt de tout indice d'altération sera classé AM1. A l'inverse, un massif rocheux complètement altéré et friable se désagrègerait à la main sera classé AM5.

RQr0001/A.16922/CQrZ060097
HG - JJ - DV
23/03/2006
Annexes

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : FP1

Technique de sondage :

Profondeur : 35m

Auteur : D.Bu / Film

Date : 02/02/06

NS / rep :

SITA / GUELITAS

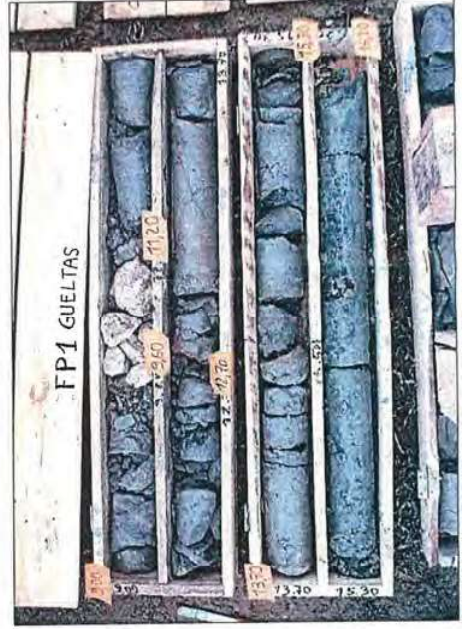
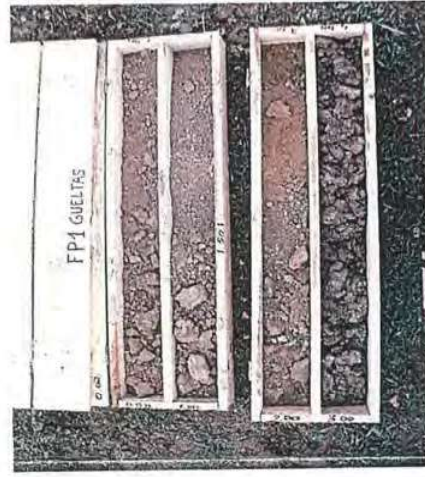
ANNEXE

Annexe 3
RQr0001
CQrZ060097



COUPE GEOLOGIQUE

Prof. (m)	Corpe	NS	Observations	Passes	ROD	AM
0.30			Limon brun végétal			
1.50			Limon argileux ocre beige			
2.50			Limon argileux vert gris clair			
4			Altération argileuse de schiste			
5.10			Argile schisteuse marron beige saturé	5.10		
6.10			Argile grisâtre à modules ocres, plastique			
6.80			Schiste friable, ocre à rouge brique lité avec passages ocre-vert	6.40	7%	AM5
7.40			Schistes biocailleux avec traces d'oxydation			
8.10			Banc de cailloux de quartz	8.10	18%	
9.60			Argile ocre verte, plastique	9.60	0%	
11.20			Schiste gris complètement altéré et argileux friable à plastique avec structure lité	11.20	28%	
12			Passage de quartz broyé (blocs de 15cm) recup 12%	12.70	36%	
14			Schiste gris complètement altéré sous forme d'argile friable	14.50	68%	
16				16.20	54%	
16.45			Argile schisteuse grise	16.90		
18						





Gueltas /Extension du CSDU

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS

SITA / GUELTAS

Annexe

Annexe 3
RQI0001
CQZ060097

Sondage n° : FP1

Technique de sondage :

Profondeur : 35m

Auteur : D.Bu

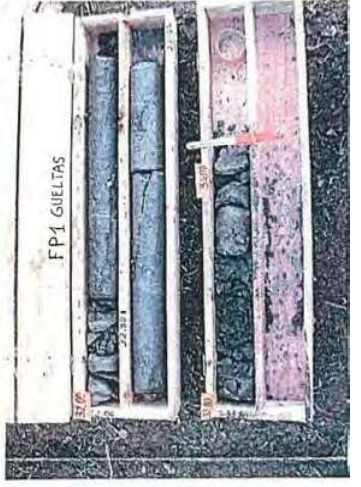
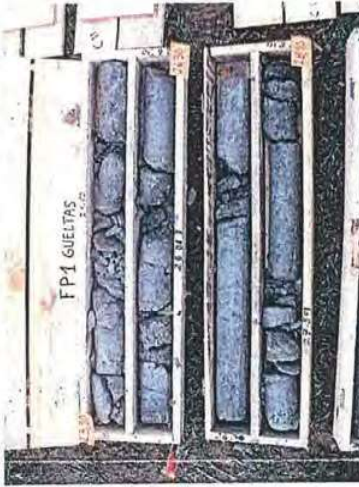
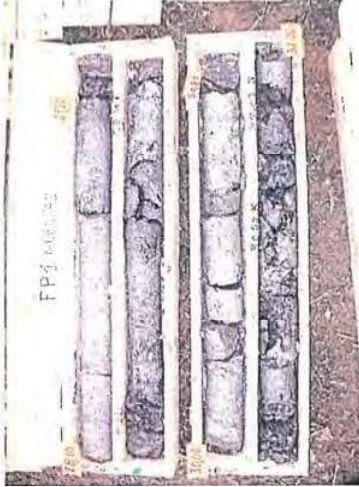
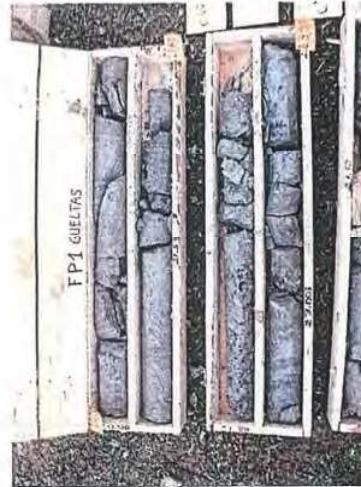
Date : 02/02/06

NS / rep :



COUPE GEOLOGIQUE

Prof. (m)	Coupe	NS	Observations	Passes	RCD	AM
17						
			Schiste gris complètement altéré friable sous forme d'argile	18.40	78%	
				20.00	93%	
				21.50	100%	AM5
				23.00	95%	
				24.50	54%	
				26.00	49%	
26.30				26.30		
			Schiste gris argileux altéré friable avec quelques passages de filons de quartz broyé	27.50	85%	
				29.00	89%	
				30.80	76%	AM4
30.80				30.80	48%	
			Schiste gris argileux altéré et fracturé	32.30	98%	
			Sable fin gris repêché	33.80		
33.80						
34.80			Schiste gris friable lité	35.00	10%	
35.00						



RE remarques :

Gueltas / Extension du CSDU
FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS

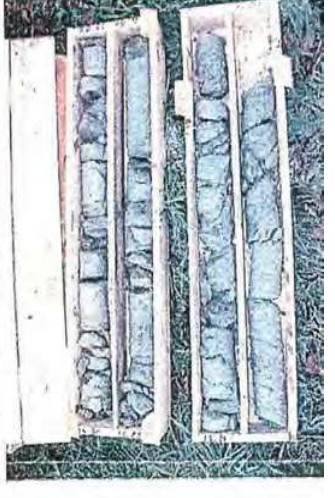
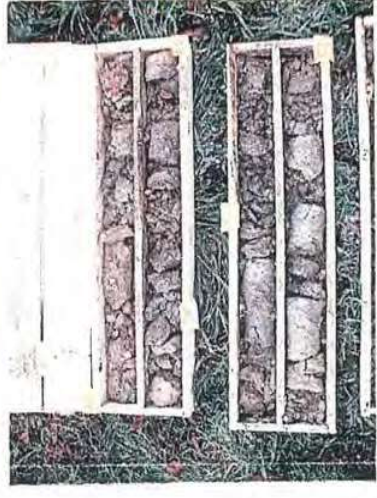
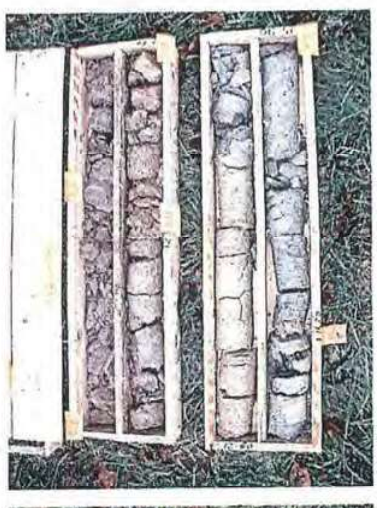
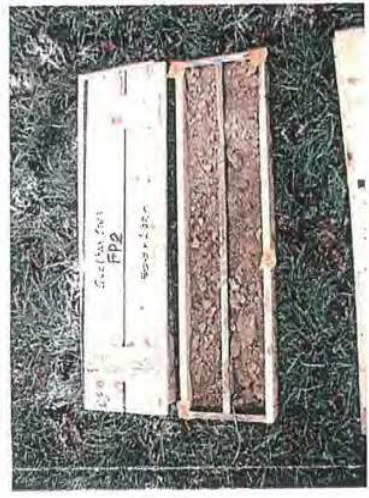
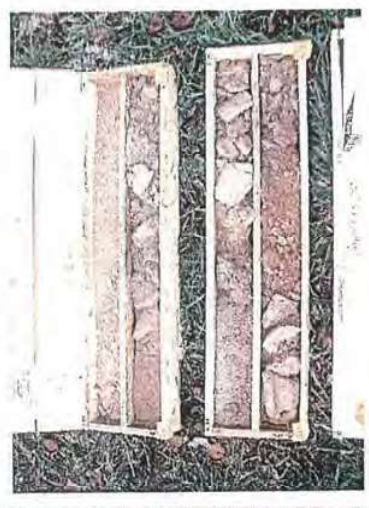
Auteur : HG
Date : 30/01/06
NS / rep :

Sondage n° : FP2
Technique de sondage :
Profondeur : 35m



COUPE GEOLOGIQUE

Prof. (m)	Coupe	NS	Observations	Passes	RQD	AM
0.5			Limons brun végétal	1.0		
1.5			Limons argileux ocre à fragments de schistes et quartz	1.5		
			Argile grise à fragments de schiste	2.0		
			Argile graveleuse grise	3.00		
5.50			Argile grise à cailloux et blocs de schistes et quartz	4.00		
6.00			Schiste gris verdâtre altéré et fracturé friable et argileux	5.00		
7.10			Schiste gris complètement altéré friable et argileux avec présence de niveaux indurés	6.00		AM5
			Schiste gris clair complètement altéré et friable	7.10	12%	
			Altérence de niveaux indurés (localement, présence de quartz)	8.10	30%	
				9.00	41%	
12.30				10.00	5%	
12.80				10.40		
14.20				12.30	49%	
				12.80	73%	
				14.20	35%	AM 4/5
				14.90		
				15.85	54%	
17.00				17.0		



FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS

SITA / GUELTAS

ANNEXE

Annexe 3
RCr0001
CGrZ060097

Sondage n° : FP2

Technique de sondage :

Profondeur : 35m

Auteur : HG

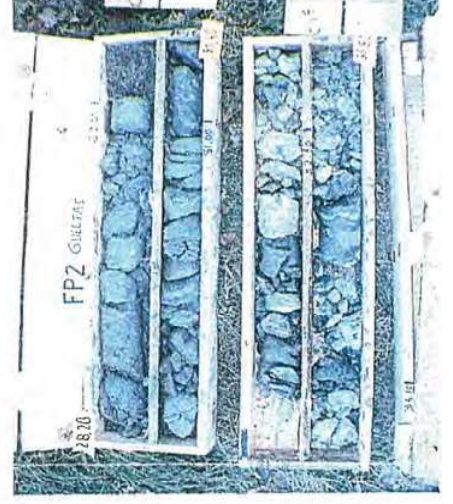
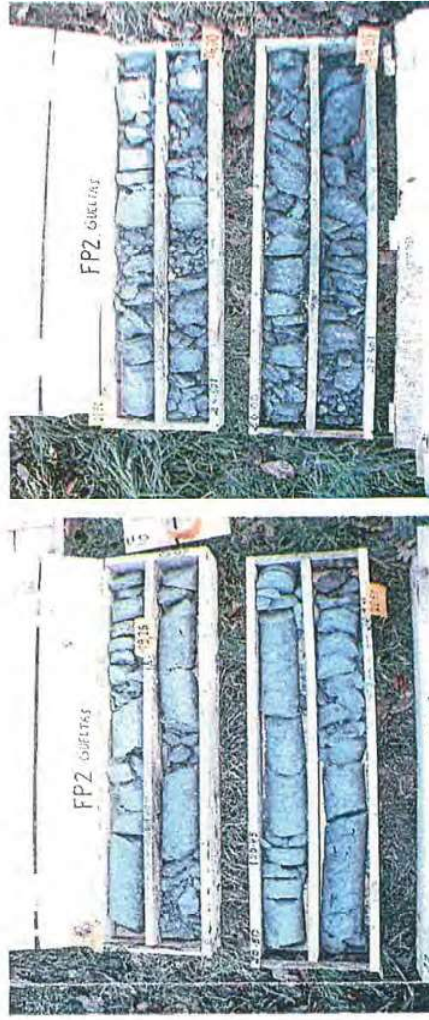
Date : 30/01/06

NS / rep :



COUPE GEOLOGIQUE

Prof (m)	Coupe	NS	Observations	Passes	RQD	AM
17.0	[Diagram showing soil profile with horizontal dashed lines]		Schiste gris clair complètement altéré et friable Altérence de niveaux indurés Schistosité bien visible à partir de 17.50m	17.50	30 %	AM 4/5
		18.50		80 %		
		19.25		50 %		
		20.50		72 %		
24.50	[Diagram showing soil profile with horizontal dashed lines]		Schiste gris foncé altéré avec fragments de quartz et passages indurés	22.50	48 %	AM 3
		24.50		22 %		
		26.00				
29.0	[Diagram showing soil profile with horizontal dashed lines]		Sable avec schiste et quartz	27.40		
29.25		29.00				
31.40	[Diagram showing soil profile with horizontal dashed lines]		Schiste gris foncé altéré et fracturé	31.40	25 %	AM 3
		32.60		10 %		
35	[Diagram showing soil profile with horizontal dashed lines]		Schiste altéré gris très fracturé et quartzite broyée	34.10		



remarques :

FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

SITA / GUELTAS

ANNEXE

Sondage n° : FP3

Technique de sondage :

Profondeur : 3.5m

Auteur : HG

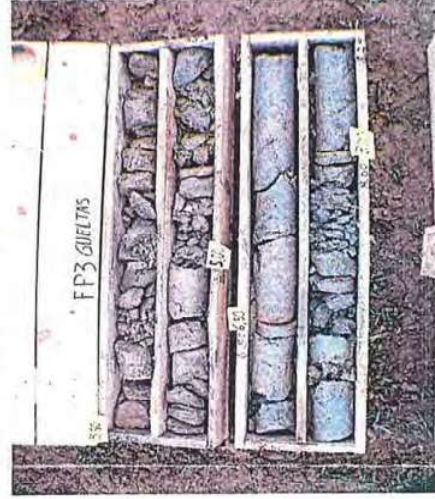
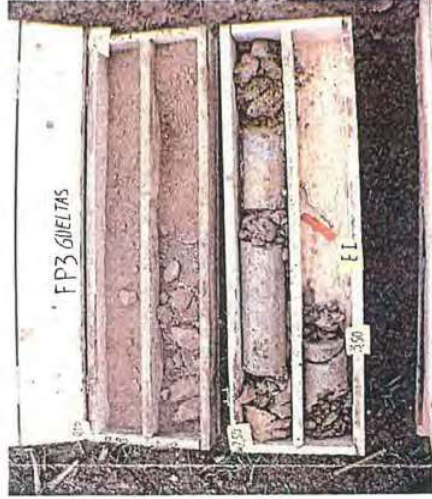
Date : 15/02/06

NS / rep :

 Annexe 3
 RQr0001
 CQrZ060097

COUPE GEOLOGIQUE

Prof. (m)	Coupe	NS	Observations	Passes	ROD	AM
2.50			Horizon de surface marron argilo-limoneux	2.50		
			Echantillon intact (EI) entre 2.5 et 3.50 m	3.50	50%	
			Niveau argileux rouge lit de vin	5.00	10%	
			argile grise à passées oranges altérée	6.50	60%	
7.00				8.00		
			Argile un peu plus plastique toujours grise (passées orange moins nombreuses)	9.50	66%	
				10.50	30%	
				11.00	0%	
					55%	
12.50			Filon de quartz	12.50	0%	
13.00			De moins en moins d'horizons oranges mais argile grise plastique	13.00	20%	
				14.00	33%	
				15.50	40%	
16.00			Pas de niveau orangé.	16.50	40%	
17.00			plus d'argile grise plastique	17.00	40%	



remarques :

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS



SITA / GUELTAS

ANNEXE

Sondage n° : FP3

Auteur : HG

Technique de sondage :

Date : 15/02/06

Profondeur : 3.5m

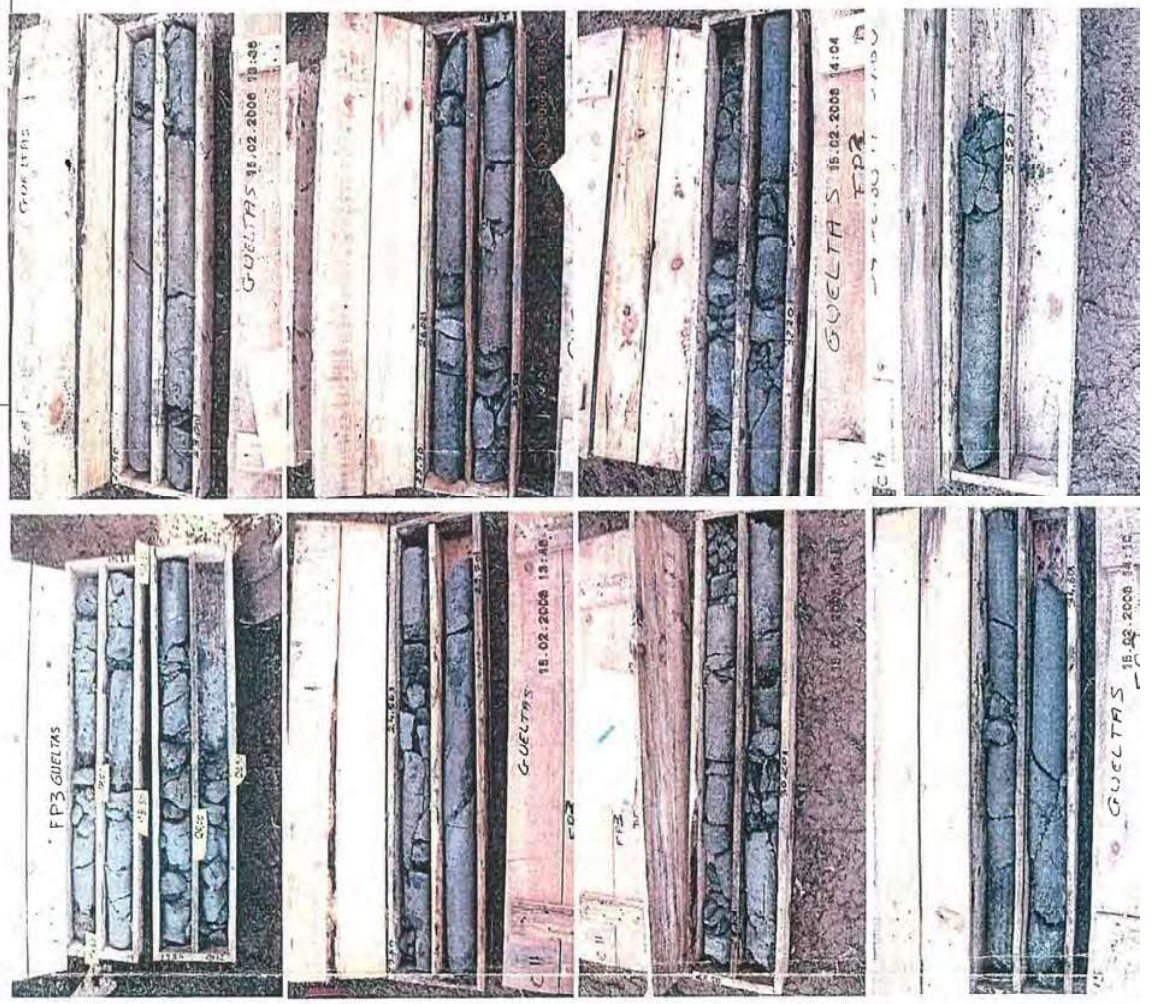
NS / rep :

Annexe 3
RQr0001
CQrZ060097



COUPE GEOLOGIQUE

Prof. (m)	Coupe	NS	Observations	Passes	RQD	AM
17.00						
			Argile schisteuse grise plastique	18.50	50%	
				19.50	50%	
				20.00	0%	
				21.50	40%	
				23.00	90%	
23.00			Niveau + noir		80%	
24.50			Argile grise avec passages schisteux très altérés	24.50	90%	
25.70			Sur 5cm, passage schiste après, argile grisâtre et schiste altéré	26.00	30%	
27.50			Argile schisteuse	27.50	50%	
				28.60	40%	
29.10			Schiste très altéré	30.20	45%	
				31.20	45%	
				32.20	85%	
33.00			Argile schisteuse			
33.40			Schiste argileux			
33.80			Schiste friable argileux à passées sableuses	33.80	100%	
33.90			Schiste noirâtre peu altéré	34.60	66%	
35.20				35.20		



remarques :

- Annexe 4 -
Coupes des sondages à la pelle
mécanique PM1 à PM10

Cette annexe contient 10 pages

RQr0001/A.16922/CQrZ060097	
HG - JJ - DV	
23/03/2006	Annexes



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUELTAS (56)

RQR0001

CQRZ060097

Sondage n° : PM1

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,3 m

T° air :

Auteur : DBU

COUPE GEOLOGIQUE		ECH.	OBS.
Prof. (m)	Prof. (m)		Venue d'eau
0	0.0		
	0.2		
			Limon brun végétal
			Limon argilo-silteux beige à petits fragments de schiste et quartz
		Echantillon 1-1	
1	1.0		Limon argilo-silteux beige à petits fragments de schiste et quartz avec des gros blocs blanc durs et épais
	1.3		
2			Grave argileuse grise à cailloux (1à3cm) de schiste
3			
	3.3	Echantillon 1-2	
4			Schiste altéré et fracturé se délitant en plaquettes argileuses et blocs friables
	4.3		
5			

PHOTOS :

REMARQUES : - Refus à 4,30 m sur schiste altéré et fracturé compact
- Venue d'eau à 2,6 m
- Drain agricole sectionné de 0,2 à 1 m



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUeltas (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM2

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,3 m

T° air :

Auteur : DBU

COUPE GEOLOGIQUE

ECH.

OBS.

Prof. (m)	Prof. (m)	Coupe	OBSERVATIONS	ECH.	OBS.
0	0.0				
	0.2		Limons brun végétal		
1			Limons argilo-silteux beige-ocre à vert pâle légèrement plastique	Echantillon 2-1	
	1.7				
			Argile silteuse à petits fragments de schiste friable grise à verdâtre		
2	2.1				
			Argile graveleuse grise à verdâtre renfermant des petits cailloux et plaquettes de schiste		
	2.8				
3					
			Grave schisteuse argileuse à cailloux et blocs de schiste friable	Echantillon 2-2	
4					
	4.3				
5					

PHOTOS :

REMARQUES : - Arrêt à 4,30 m
- Venue d'eau à 2,7 m assez importante



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUeltas (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM3

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

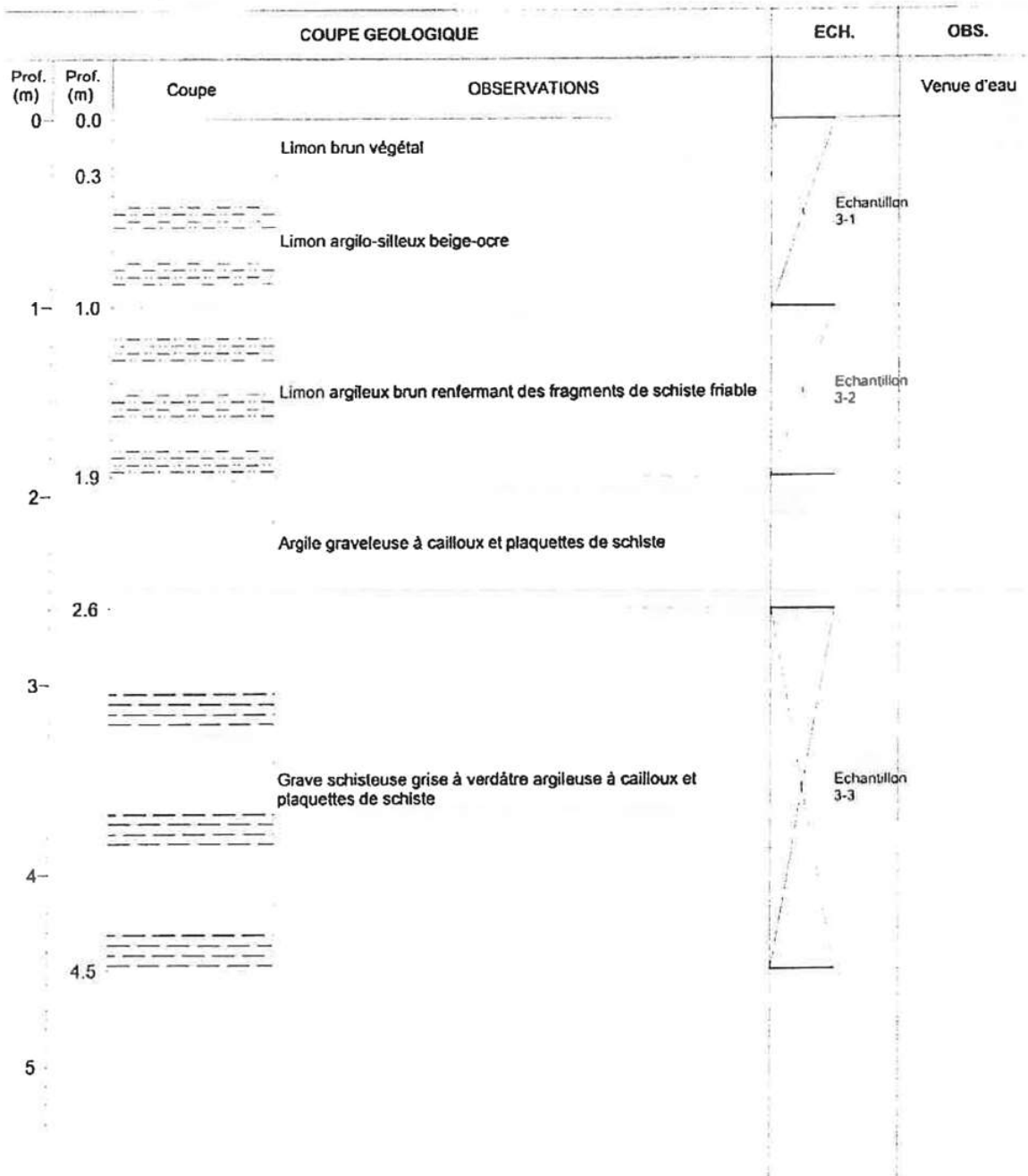
NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,5 m

T° air :

Auteur : DBU



PHOTOS :

REMARQUES : - Arrêt à 4,50 m
- Pas de venue d'eau



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUELTAS (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM4

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,5 m

T° air :

Auteur : DBU

COUPE GEOLOGIQUE		ECH.	OBS.
Prof. (m)	Prof. (m)		Venue d'eau
0	0.0		
	0.3		
1		Echantillon 4-1	
	1.6		
2		Echantillon 4-2	
	2.6		
	2.8		
3			
		Echantillon 4-3	
4			
	4.5		
5			

PHOTOS :

REMARQUES : - Arrêt à 4,50 m
- Pas de venue d'eau



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUeltas (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM5

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

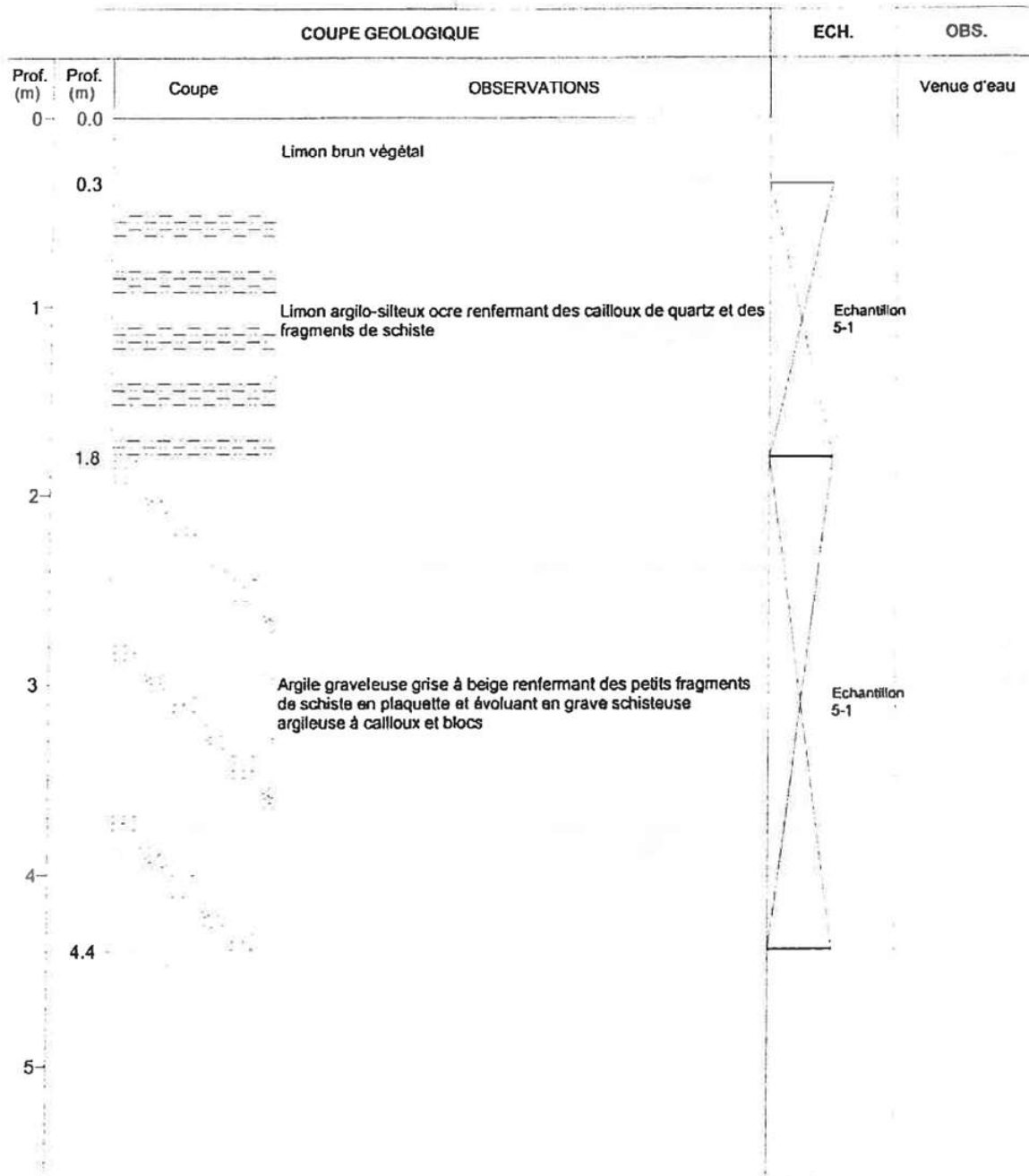
NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,4 m

T° air :

Auteur : DBU



PHOTOS :

REMARQUES : - Arrêt à 4,40 m
- Venue d'eau à 3,10m



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUELTAS (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM6

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,5 m

T° air :

Auteur : DBU

COUPE GEOLOGIQUE

ECH.

OBS.

Prof. (m)	Prof. (m)	Coupe	OBSERVATIONS	ECH.	OBS.
0	0.0				Venue d'eau
	0.3		Limons brun végétal		
			Limons argileux ocre beige plastique au toucher et renfermant des cailloux de quartz émoussés	Echantillon 6-1	
1	1.1		Grave argileuse brun rouille (cailloux et petits blocs 1 à 10cm, 70% dans matrice argileuse rougeâtre 20%)	Echantillon 6-2	
	1.4			Echantillon 6-3	
2					
3			Schiste altéré et fracturé se débitant en grave blocailleuse et argileuse		
4					
	4.5				
5					

PHOTOS :

REMARQUES : - Refus à 4,50 m
- Venue d'eau à 2,6 m



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUeltas (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM7

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

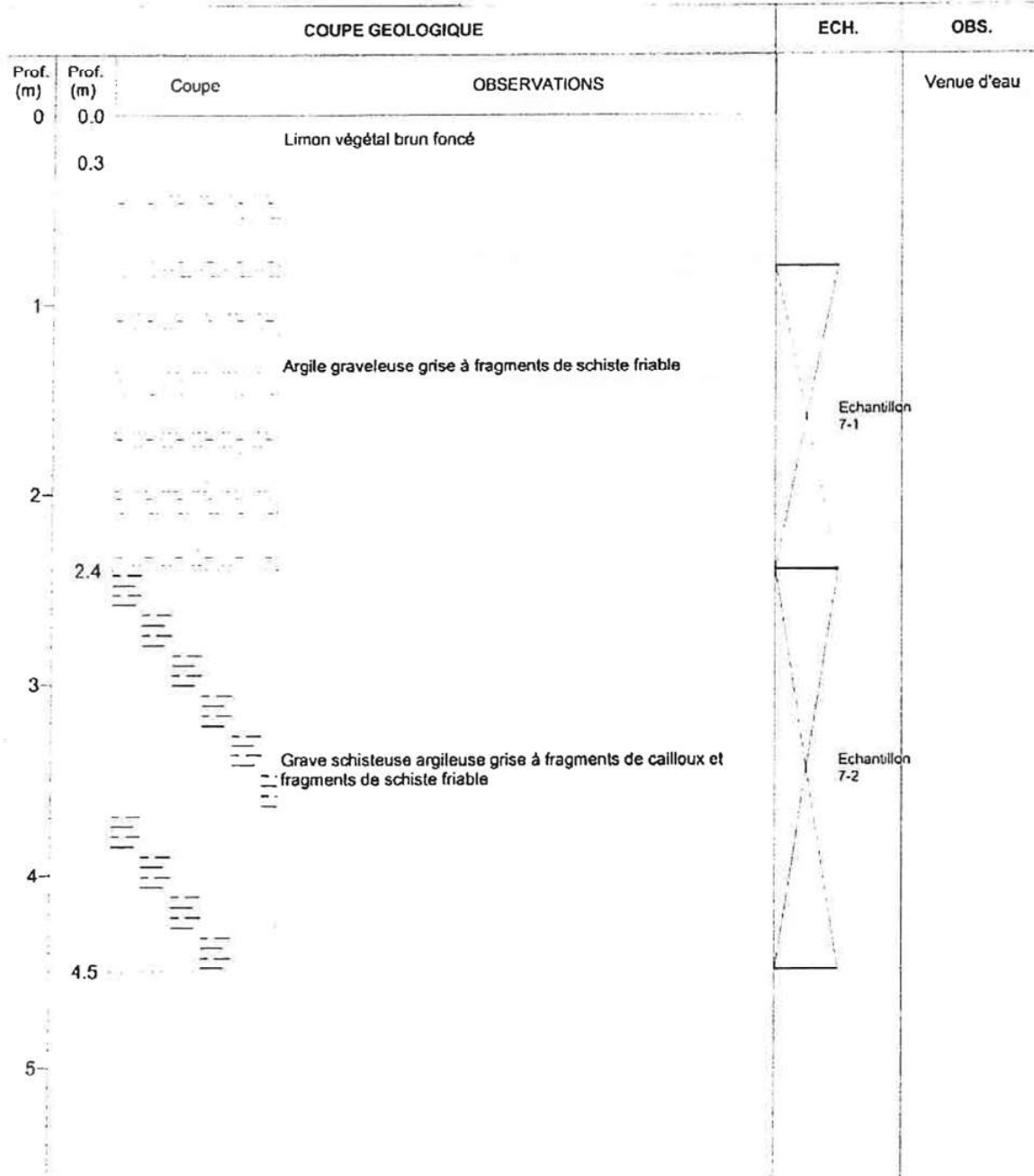
NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,5 m

T° air :

Auteur : DBU



PHOTOS :

REMARQUES : - Refus à 4,50 m
- Pas de venue d'eau



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUELTAS (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM8

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

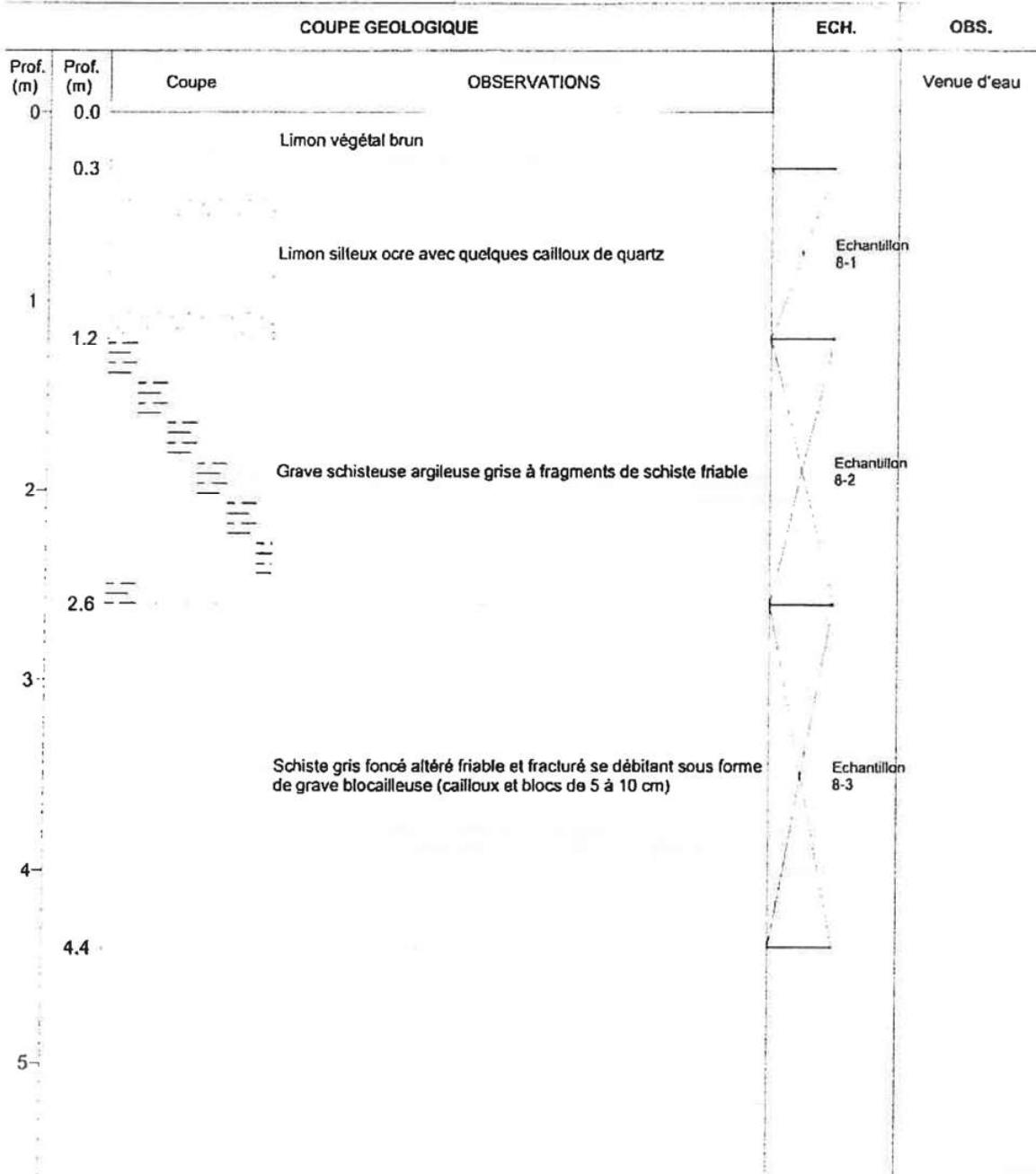
NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,4 m

T° air :

Auteur : DBU



PHOTOS :

REMARQUES : - Venue d'eau à 2.80 m



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4
RQr0001
CQrZ060097

SITE : **GUeltas (56)**

Sondage n° : PM9

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 4,4 m

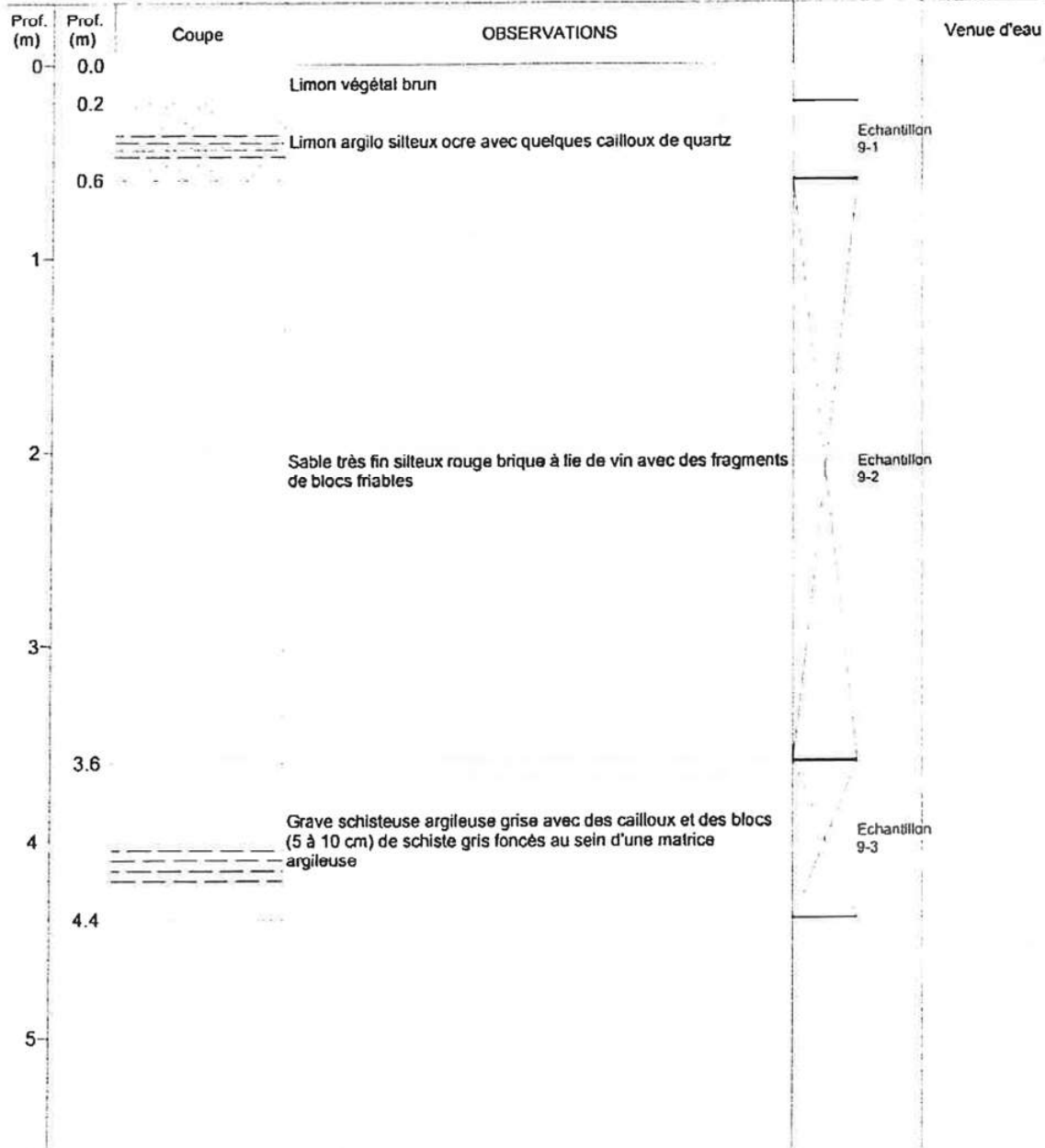
T° air :

Auteur : DBU

COUPE GEOLOGIQUE

ECH.

OBS.



PHOTOS :

REMARQUES : - Arrêt à 4,40 m
- Venue d'eau à 3,70 m



COUPE DE SONDAGE

Annexe n° 4

SITE :

GUELTAS (56)

RQr0001

CQrZ060097

Sondage n° : PM10

Date : 24/01/2006

Technique de sondage : pelle mécanique

NS / rep :

Cote repère :

Profondeur : 3,9 m

T° air :

Auteur : DBU

COUPE GEOLOGIQUE		ECH.	OBS.
Prof. (m)	Prof. (m)		Venue d'eau
0	0.0		
	0.2		
	0.6	Echantillon 10-1	
1		Echantillon 10-2	
	2	Echantillon 10-3	
3	3.0	Echantillon 10-4	
	3.4	Echantillon 10-5	
4	3.9		
5			

Coupe

OBSERVATIONS

Limons végétaux bruns

Limons argileux ocre avec quelques cailloux (4 à 8cm), plastique

Grave schisteuse argileuse grise avec des cailloux et des blocs de schiste friable de couleur rouge brique cassable = dur

Schiste altéré et fracturé se débitant en grave blocailleuse grise (cailloux 3 à 10cm)

Schiste altéré et fracturé se débitant en cailloux et blocs (>10cm)

PHOTOS :

REMARQUES : - Refus à 3,90 m
- Pas de venue d'eau

- Annexe 5 -
**Coupes des sondages semi
profonds I1 à I11 et du piézomètre
PZ7 (compte-rendu TEMSOL)**

Cette annexe contient 23 pages

RQr0001/A.16922/CQrZ060097	
HG - JJ - DV	
23/03/2006	Annexes



SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 1

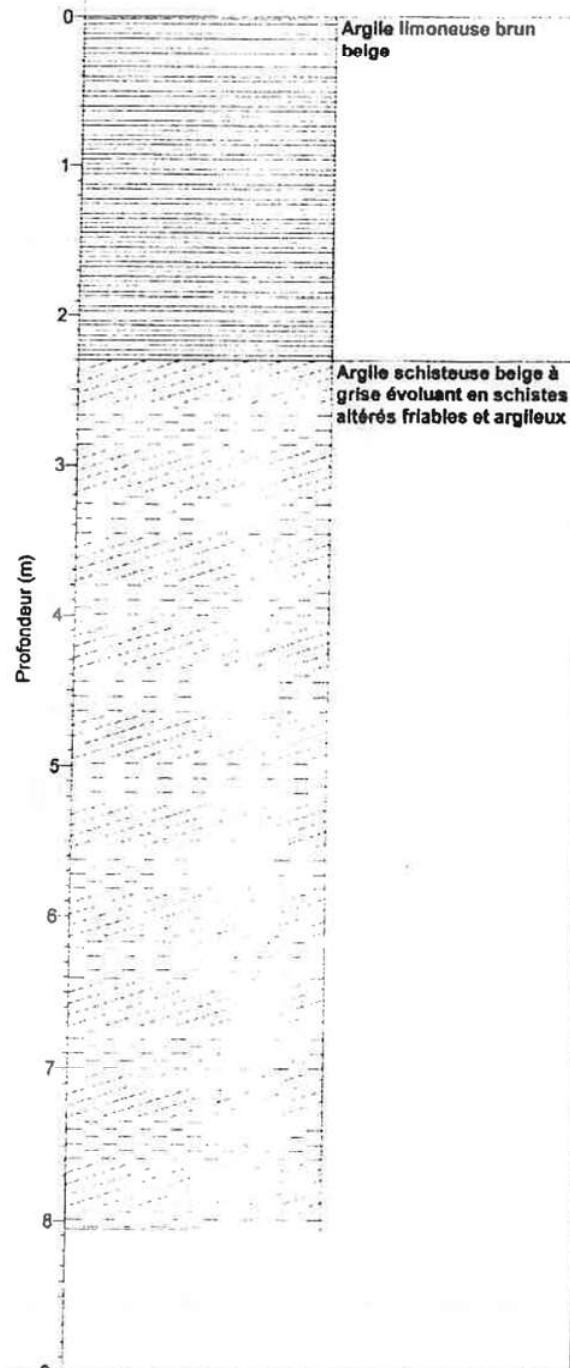
Profondeur : 8.05 m

Date : 07/03/2006

Dossier : 06.1.015

SITA Ouest
56 - GUeltas

Description lithologique



Eau

OUTIL

0.00

Tricône diam. 110 mm

8.05

Observation : *Essais d'eau à partir de 3 m



SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENTS DE PARAMETRES

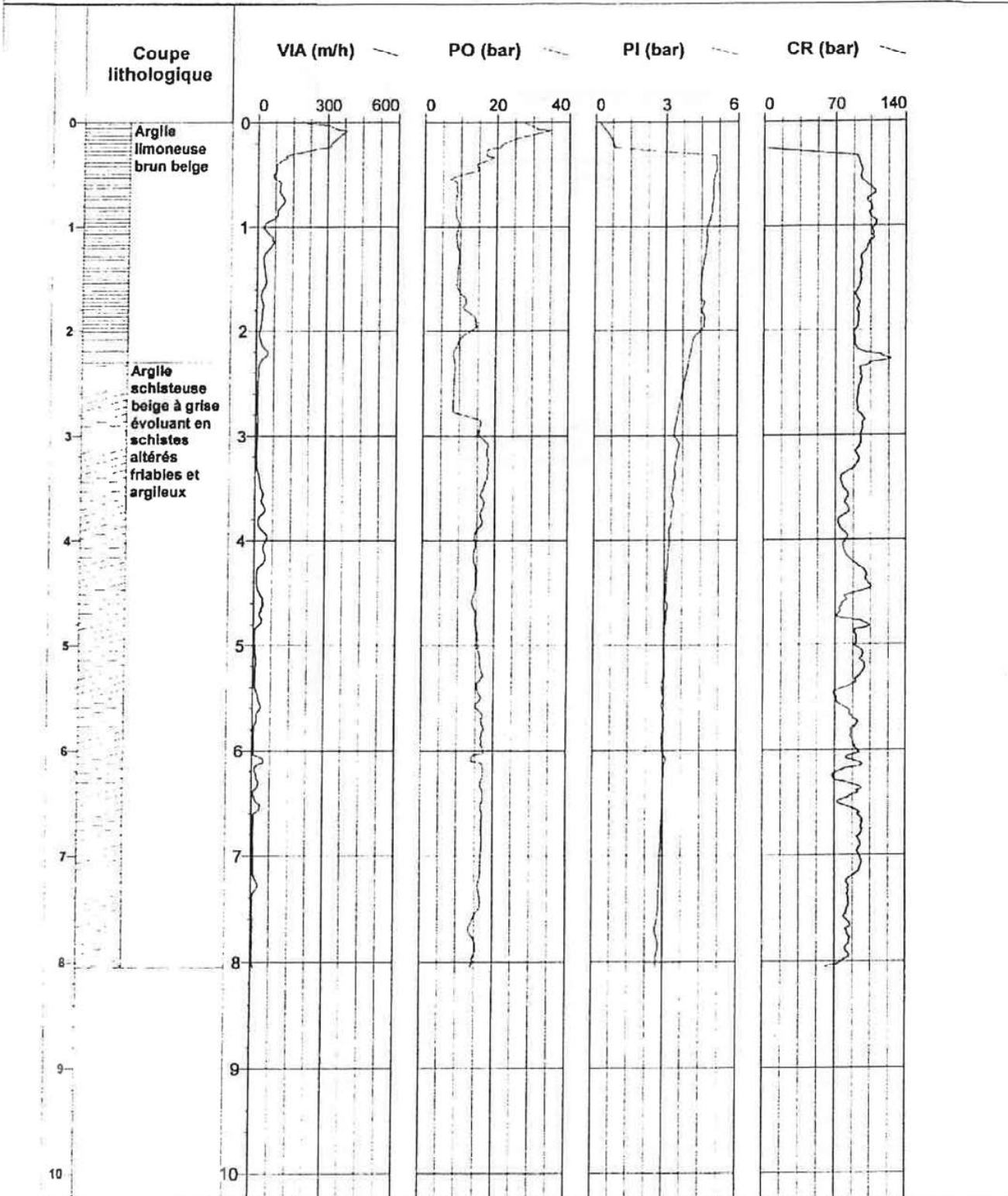
Sondage : SI01

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 8.05 m

Dossier : 06.1.015

Date : 08/03/2006



Observation :



SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : 1 - 2

SITA Ouest
56 - GUeltas

Profondeur : 7.5 m

Dossier : 06.1.015

Date : 08/03/2006

Profondeur (m)	Description lithologique	Eau	OUTIL
0	Argile limoneuse beige à brune		0.00
1			
2	Argile schisteuse grise évoluant en schistes altérés argilleux et friables		
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9		7.50	Tricône diam. 110 mm

Observation : *Essais d'eau à partir de 2,50 m



SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENTS DE PARAMETRES

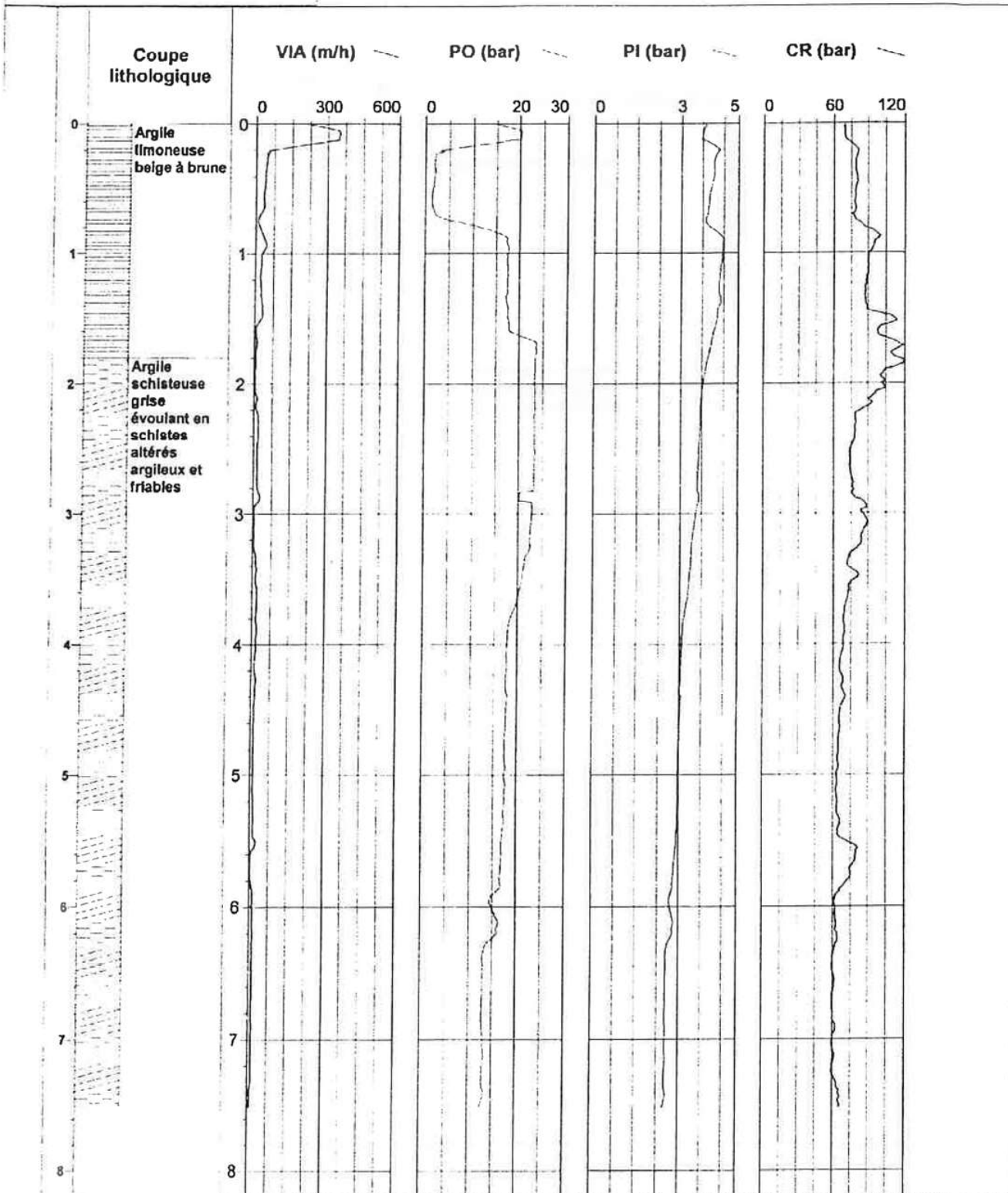
Sondage : S102

SITA Ouest
56 - GUeltas

Profondeur : 7.52 m

Dossier : 06.1.015

Date : 08/03/2006



Observation :



SONDAGE DESTRUCTIF

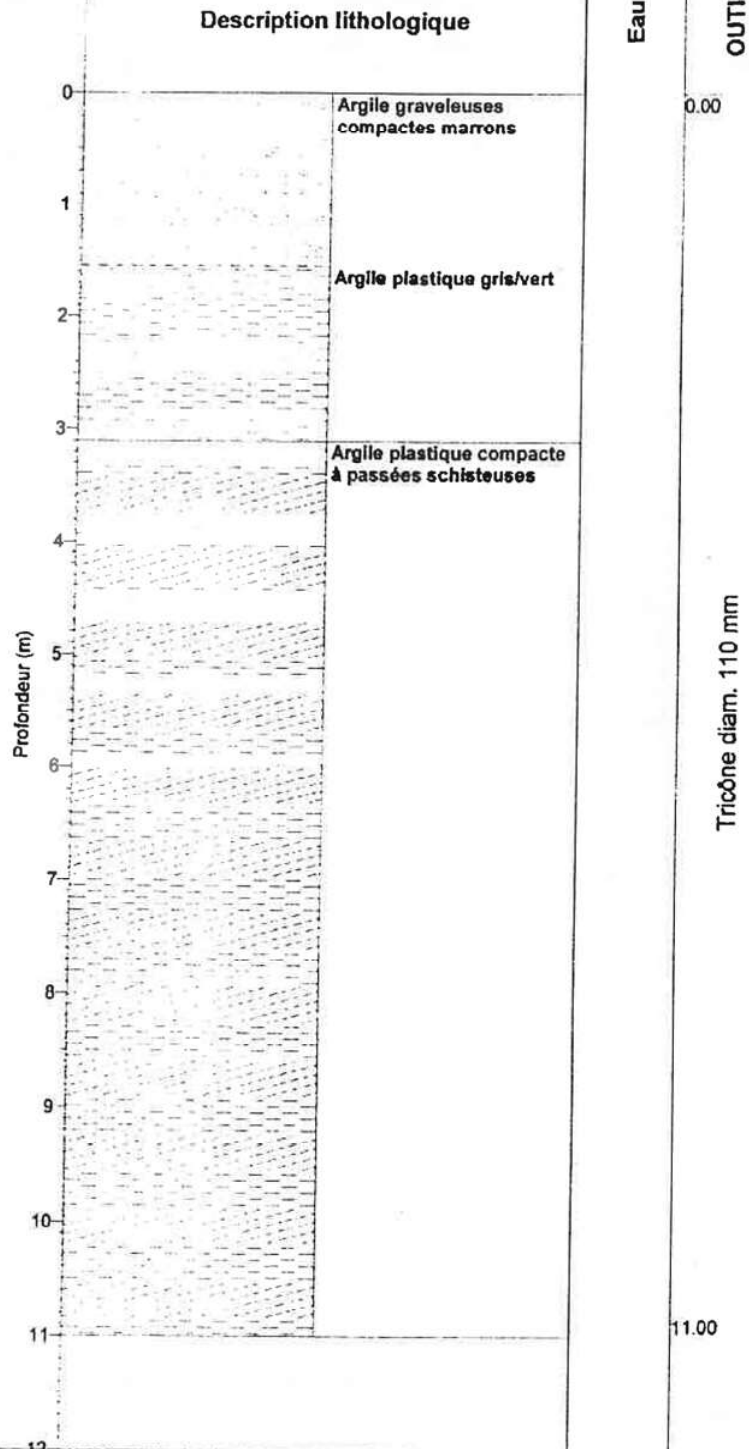
Sondage : I - 3

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 11 m

Dossier : 06.1.015

Date : 13/02/2006



Observation : *Essais d'eau à partir de 6 m



Departement : MORBIHAN
Ville de : GUELTAS
Designation: CENTRE DE STOCKAGE

Date: 13/02/06

Echelle 1/75

Num DOSSIER : 06-1-015

X =

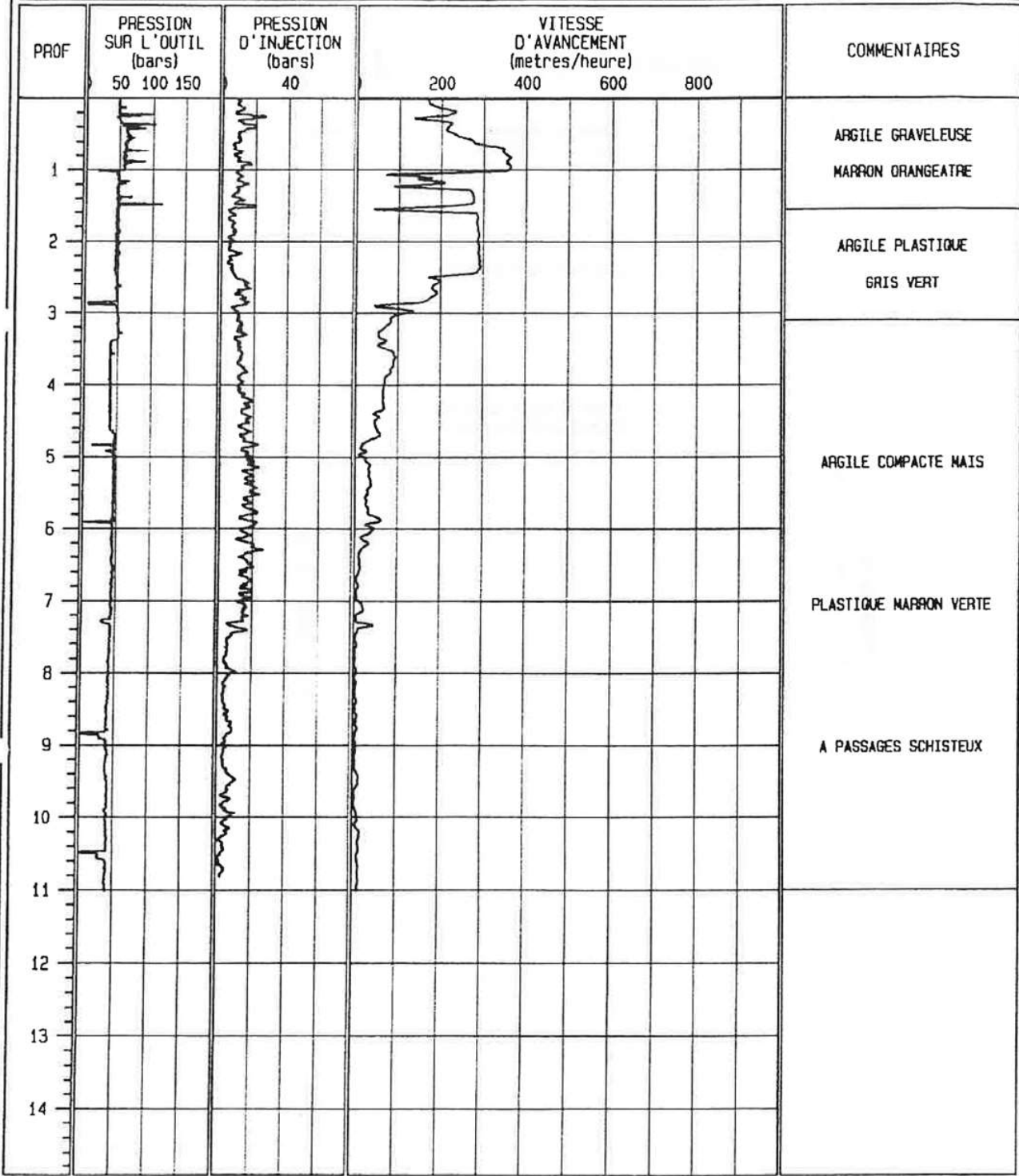
Y =

Z =

Num SONDAGE: I-3

Profondeur (m): 11.02

Page: 1



APAGEO DATA EXPLOITATION SYSTEM



SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 4

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 9.2 m

Dossier : 06.1.015

Date : 08/02/2006

Description lithologique		Eau	OUTIL
0	Argile limoneuse		0.00
1	Argile plastique compacte bleu/gris		Tricône diam. 110 mm
2			
3			
4	Argile plastique compacte à passées schisteuses		4.00
5			Carottier diam. 116 mm
6			
7			Tricône diam. 110 mm
8			
9			9.20

Observation : *Essais d'eau à partir de 4 m
*Passe carottée de 4 à 5 m avec taux de récupération de 70 %



Departement : MORBIHAN
 Ville de : GUeltas
 Designation: CENTRE DE STOCKAGE

Date: 08/02/06
 Echelle 1/50

Num DOSSIER : 06-1-015
 Num SONDAGE: I-4

X = Y = Z =
 Profondeur (m): 9.14

Page: 1

PROF	PRESSION SUR L'OUTIL (bars)			PRESSION D'INJECTION (bars)	VITESSE D'AVANCEMENT (metres/heure)				COMMENTAIRES
	50	100	150		50	200	400	600	
1	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				ARGILE LIMONEUSE MARRON LEGEREMENT PLASTIQUE
2	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				ARGILE COMPACTE MAIS PLASTIQUE GRISE ET BLEUE
3	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				
4	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				CAROTTAGE 116 MM recuperation = 70%
5	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				
6	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				ARGILE GRISE ET VERTE
7	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				A PASSAGES SCHISTEUX
8	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				
9	[Graphical data]			[Graphical data]	[Graphical data]				

APASBU DATA EXPLOITATION SYSTEM





SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : 1 - 5

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 6.2 m

Dossier : 06.1.015

Date : 09/02/2006

Description lithologique		Eau	OUTIL
0	Argile limoneuse	0.00	
1			
2	Argile plastique compacte grise		
3			
4			
5	Argile plastique compacte à passées schisteuses		
6		6.20	
7			
8			
9			

Tricône diam. 110 mm

Observation : *Essais d'eau à partir de 1 m



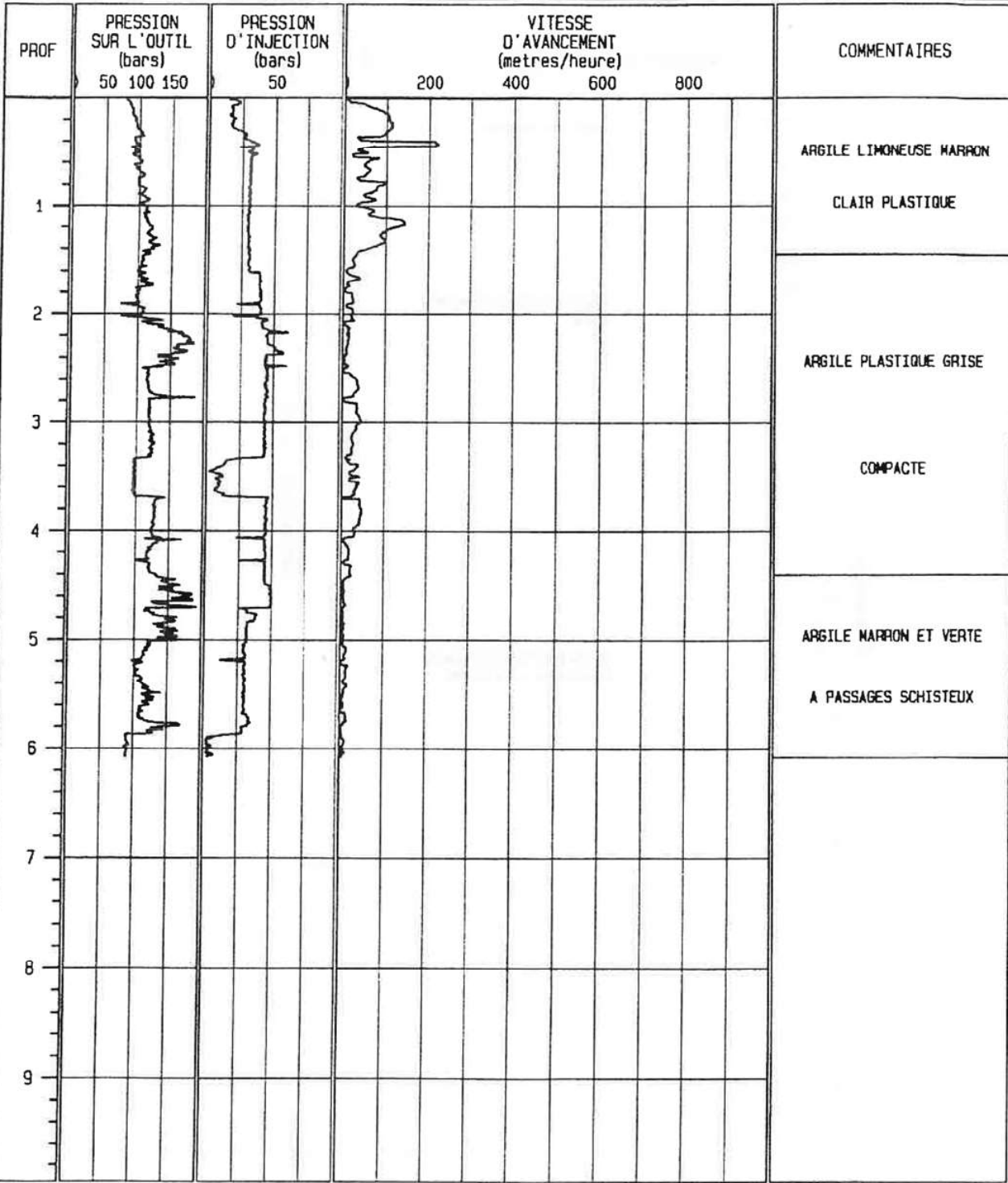
Departement : MORBIHAN
 Ville de : GUeltas
 Designation: CENTRE DE STOCKAGE

Date: 09/02/06
 Echelle 1/50

Num DOSSIER : 06-1-015
 Num SONDAGE: I-5

X = Y = Z =
 Profondeur (m): 6.08

Page: 1



APAGEO DATA EXPLOITATION SYSTEM





SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 6

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 8 m

Dossier : 06.1.015

Date : 14/02/2006

Profondeur (m)	Description lithologique	Eau	OUTIL
0	Argile limoneuse marron		0.00
1			
2	Argile plastique compacte gris/bleu		
3	Argile plastique compacte à passées schisteuses		
4			
5			
6			
7			
8			8.00

Tricône diam. 110 mm

Observation : *Essais d'eau à partir de 3 m



Departement : MORBIHAN
 Ville de : GUELTAS
 Designation: CENTRE DE STOCKAGE

Date: 14/02/06
 Echelle 1/75

Num DOSSIER : 06-1-015
 Num SONDAGE: I-6

X = Y = Z =
 Profondeur (m): 8.01

Page: 1

PROF	PRESSION SUR L'OUTIL (bars)			PRESSION D'INJECTION (bars)	VITESSE D'AVANCEMENT (metres/heure)				COMMENTAIRES
	50	100	150		200	400	600	800	
1									ARGILE LIMONEUSE PLASTIQUE MARRON
2									ARGILE COMPACTE MAIS PLASTIQUE GRISE ET BLEUE
3									ARGILE COMPACTE MAIS
4									
5									PLASTIQUE MARRON ET VERTE
6									A PASSAGES SCHISTEUX
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									

APAGEO DATA EXPLOITATION SYSTEM



SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 7

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 8.6 m

Dossier : 06.1.015

Date : 08/02/2006

Profondeur (m)	Description lithologique	Eau	OUTIL
0	Argile limoneuse légèrement plastique		0.00
1	Argile plastique compacte grise		
2	Argile plastique compacte à passées schisteuses		
3			
4			Tricône diam. 110 mm
5			
6			
7			
8			
8.60		8.60	

Observation : *Essais d'eau à partir de 3,50 m



Departement : MORBIHAN
 Ville de : GUeltas
 Designation: CENTRE DE STOCKAGE

Date: 08/02/06
 Echelle 1/50

Num DOSSIER : 06-1-015

X = Y = Z =

Num SONDAGE: I-7

Profondeur (m): 9.00

Page: 1

PROF	PRESSION SUR L'OUTIL (bars)			PRESSION D'INJECTION (bars)		VITESSE D'AVANCEMENT (metres/heure)				COMMENTAIRES
	50	100	150	50		200	400	600	800	
1	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				ARGILE LIMONEUSE MARRON CLAIR LEGEREMENT PLASTIQUE
2	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				ARGILE PLASTIQUE GRISE
3	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				
4	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				ARGILE MARRON ET VERTE
5	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				
6	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				
7	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				A PASSAGES SCHISTEUX
8	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				
9	[Graphical data]			[Graphical data]		[Graphical data]				

APAGED DATA EXPLOITATION SYSTEM





SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 8

SITA Ouest
56 - GUeltas

Profondeur : 11.5 m

Dossier : 06.1.015

Date : 15/02/2006

	Description lithologique	Eau	OUTIL
0	Argile limoneuse légèrement graveleuse		0.00
1	Argile plastique compacte gris/bleu		
2			
3			
4			
5			
6	Argile plastique compacte à passées schisteuses		Tricône diam. 110 mm
7			
8			
9			
10			
11			
11.50			11.50

Observation : *Essais d'eau à partir de 6,50 m



Departement : MORBIHAN
 Ville de : GUeltas
 Designation: CENTRE DE STOCKAGE

Date: 15/02/06
 Echelle 1/75

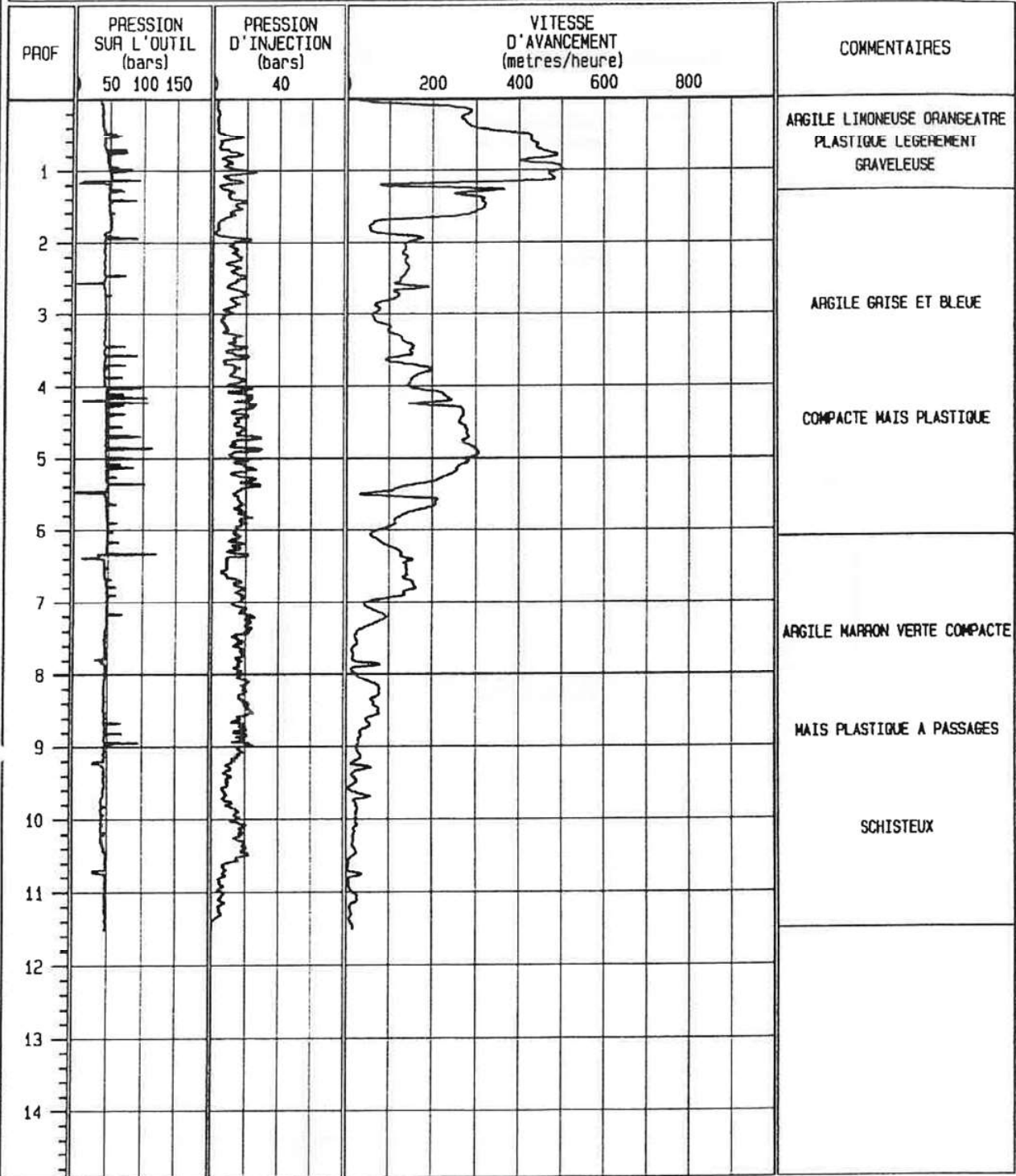
Num DOSSIER : 06-1-015

X = Y = Z =

Num SONDAGE: I-8

Profondeur (m): 11.51

Page: 1



APAGED DATA EXPLOITATION SYSTEM





SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 9

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 8 m

Dossier : 06.1.015

Date : 16/02/2006

Profondeur (m)	Description lithologique	Eau	OUTIL
0	Limons argileux gris/beiges		0.00
1			
2			
3	Argile schisteuse grise		
4			Tricône diam. 110 mm
5			
6			
7			
8			8.00

Observation : *Essais d'eau à partir de 3 m



SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENTS DE PARAMETRES

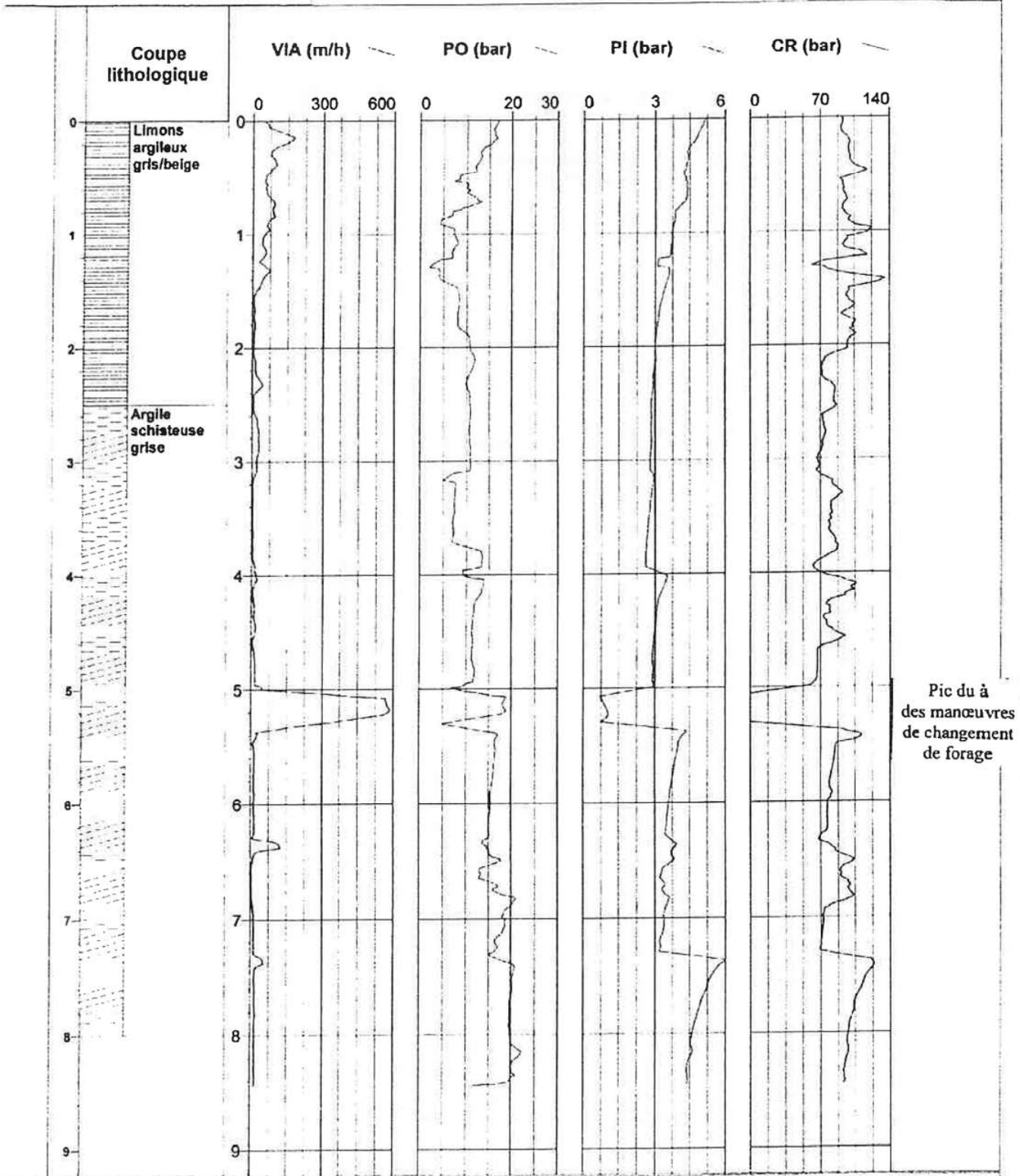
Sondage : S19

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 8.44 m

Dossier : 06.1.015

Date : 20/02/2006



Observation :



SONDAGE DESTRUCTIF

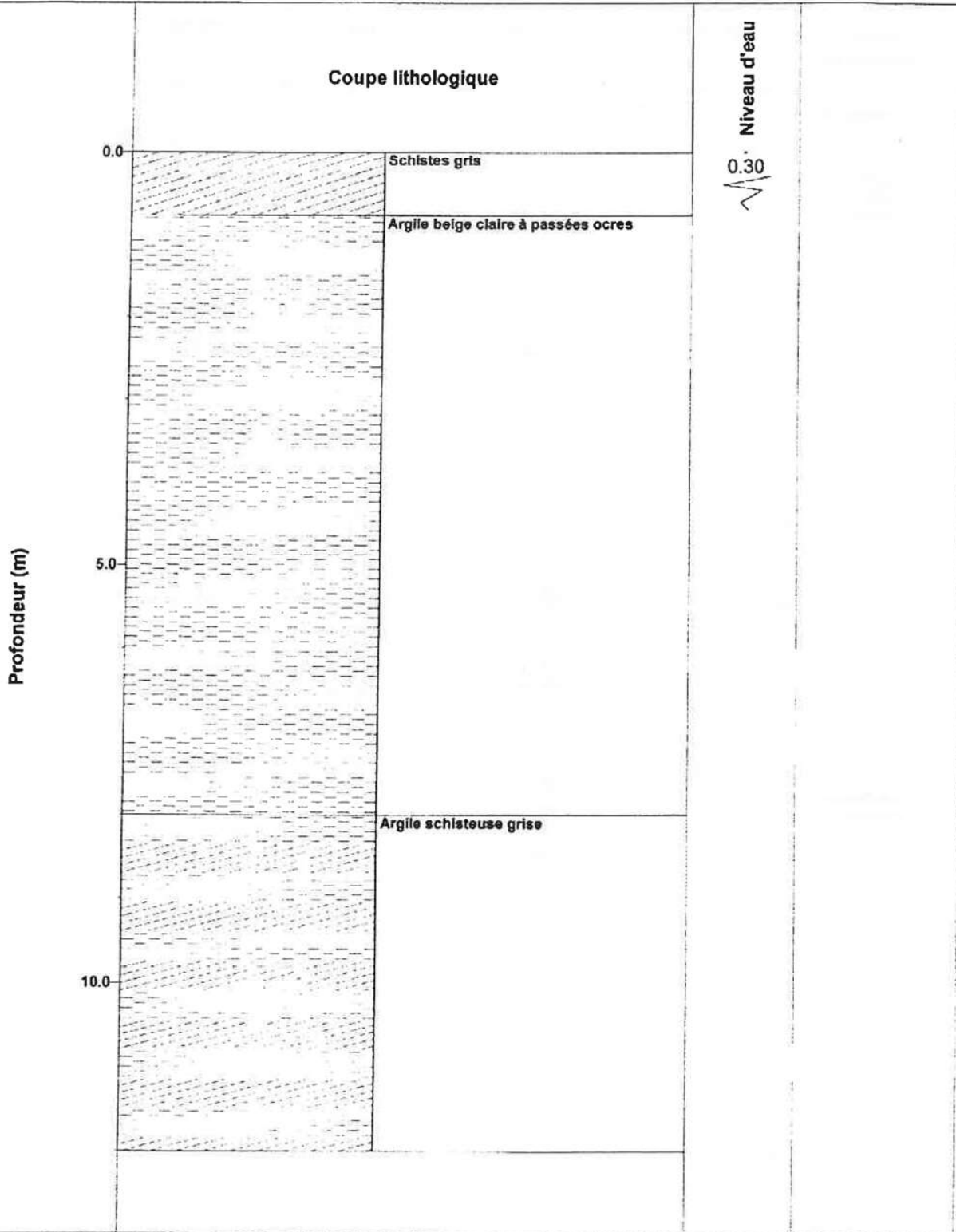
Sondage : I - 10

SITA Ouest
56 - GUeltas

Profondeur : 12 m

Dossier : 06.1.015

Date : 09/03/2006



Observation : *Essais d'eau à partir de 7 m



SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENTS DE PARAMETRES

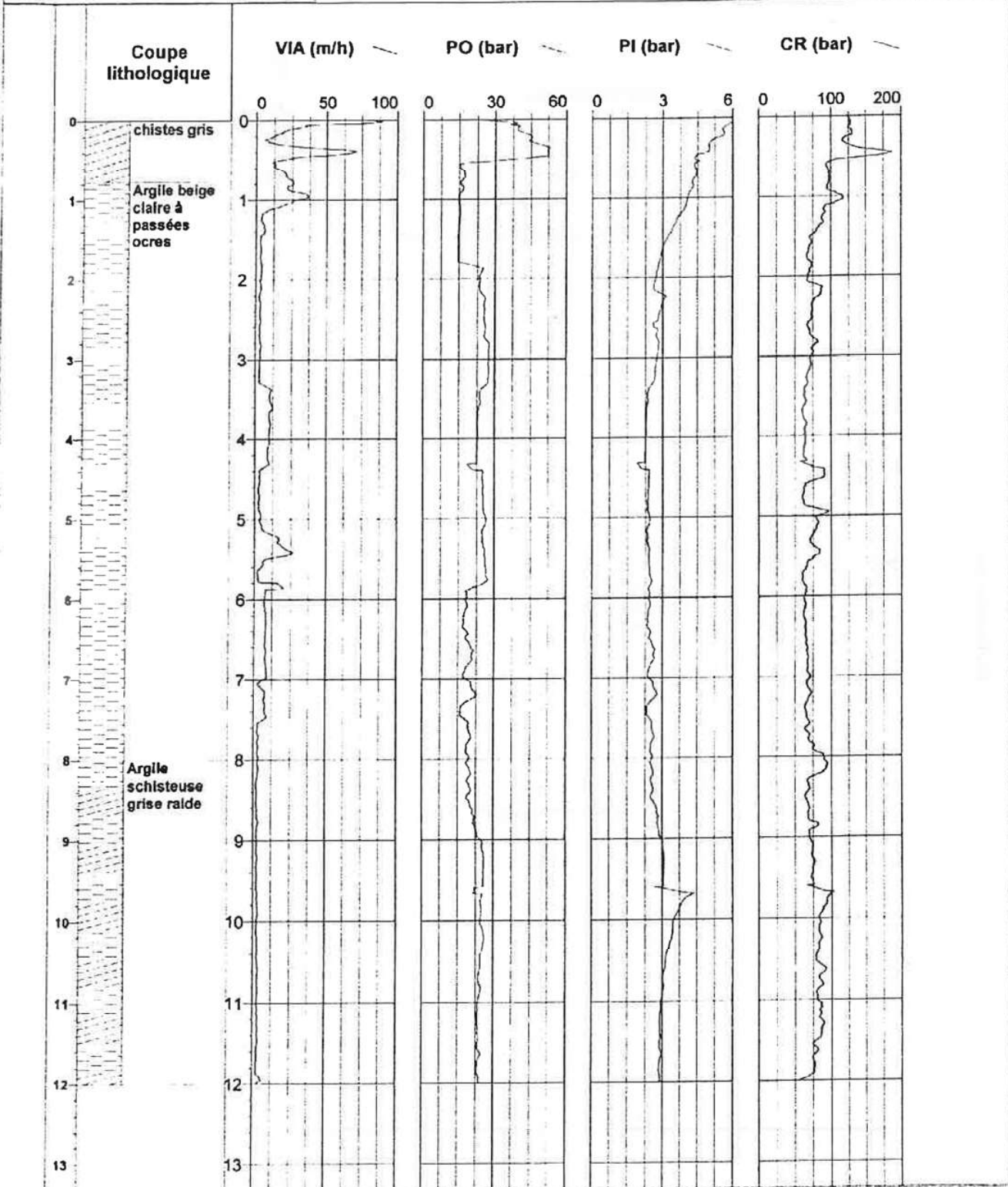
Sondage : S110

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 12 m

Dossier : 06.1.015

Date : 09/03/2006



Observation :



SONDAGE DESTRUCTIF

Sondage : I - 11

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 13.6 m

Dossier : 06.1.015

Date : 21/02/2006

Profondeur (m)	Description lithologique	Eau	OUTIL
0	Limons argileux bruns/belges		0.00
1			
2	Argile schisteuse grise à cristaux et fragments de Schistes		
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10	Schistes argileux altérés et friables		
11			
12			
13			
13.60			

Observation : *Essais d'eau à partir de 8,50 m



SONDAGE DESTRUCTIF AVEC ENREGISTREMENTS DE PARAMETRES

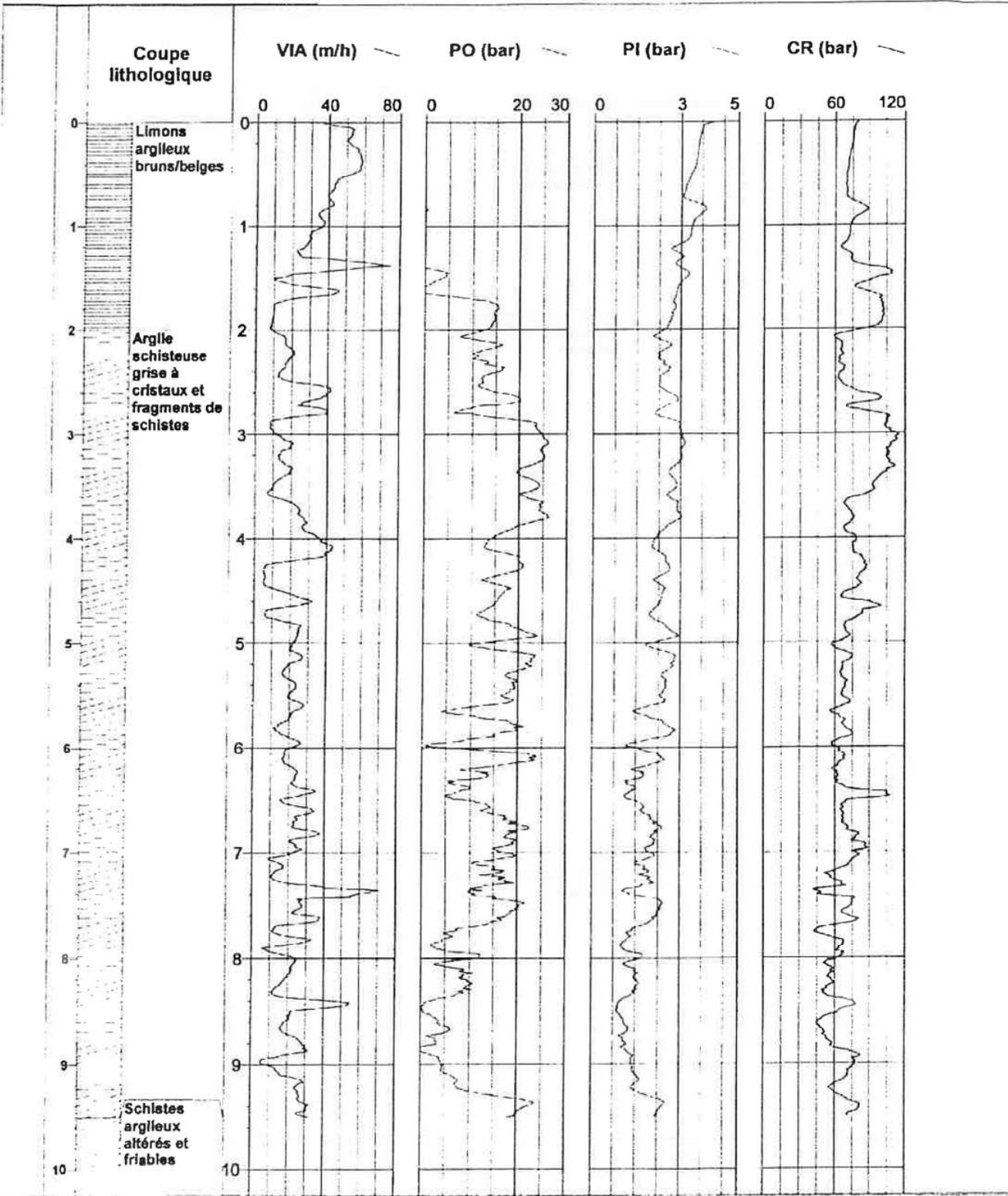
Sondage : S111

SITA Ouest
56 - GUeltas

Profondeur : 9.5 m

Dossier : 06.1.015

Date : 20/02/2006



Observation :



EQUIPEMENT FORAGE

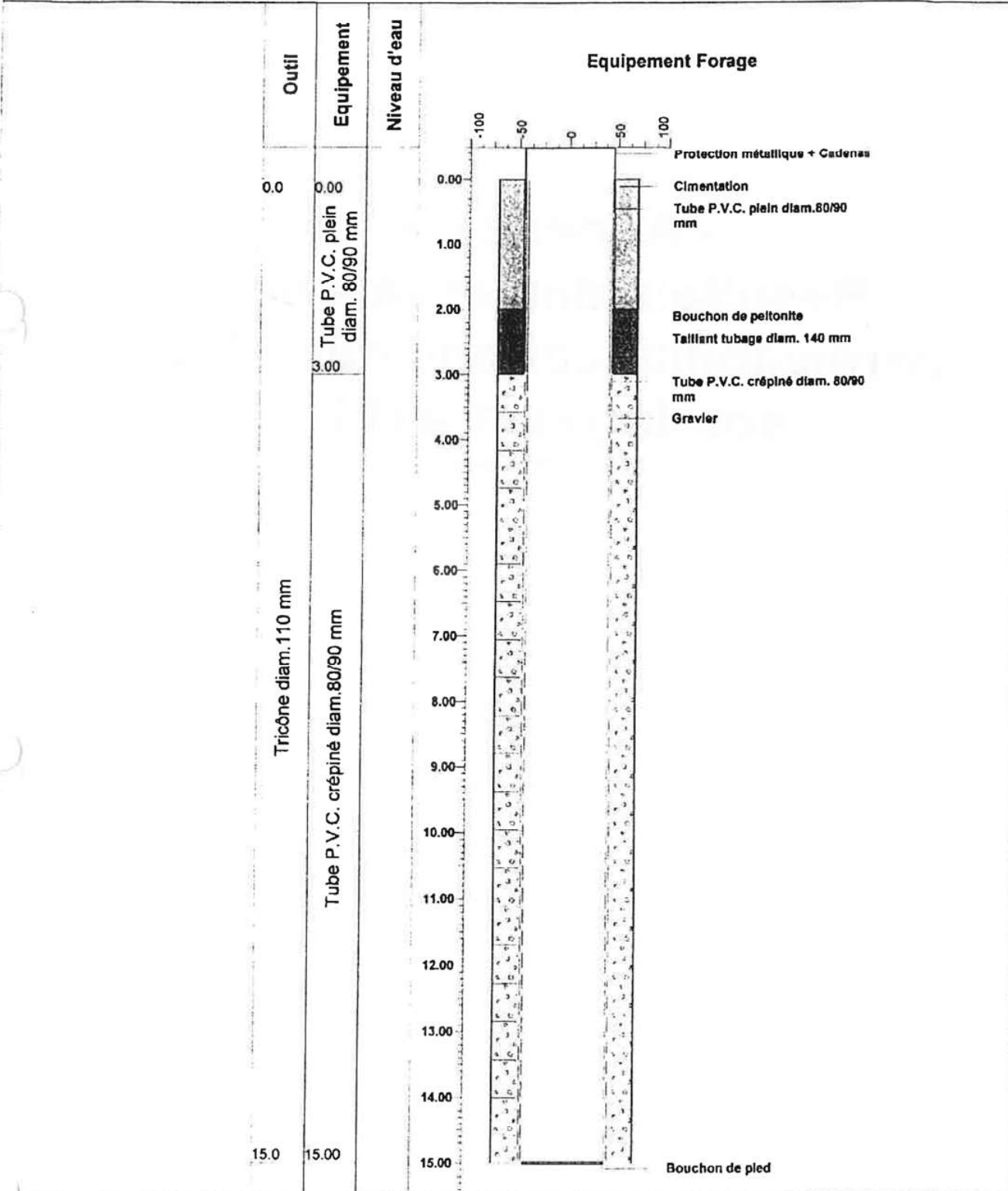
Sondage : Pz 7

SITA Ouest
56 - GUELTAS

Profondeur : 15 m

Dossier : 06.1.015

Date : 09/02/2006



Observation :

- Annexe 6 -
Résultats des essais de
perméabilité Lefranc dans les
sondages I1 à I11

Et abaque de Cassan

Cette annexe contient 56 pages

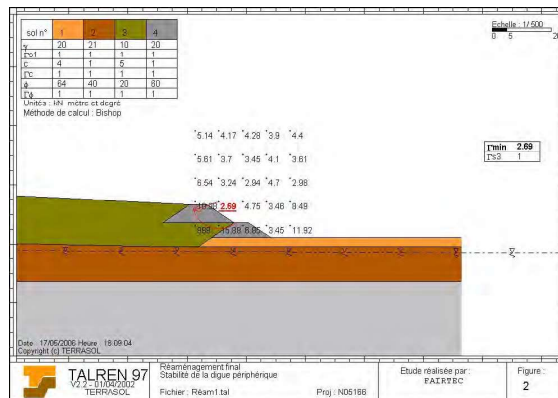
RQr0001/A.16922/CQrZ060097	
HG - JJ - DV	
23/03/2006	Annexes

Sondages Fairtec
(2006)



**Dossier de demande d'autorisation
d'exploiter l'Ecopôle de Gueltas
déposé par
SITA Ouest**

- Département du Morbihan (56) -



Etude géotechnique

Juillet 2006

Affaire : N05166

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

SOMMAIRE

<u>I. INTRODUCTION</u>	4
I.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE	4
I.1.1 Géologie du site	4
I.1.2 Hydrogéologie du site.....	6
I.2 BARRIÈRE DE SÉCURITÉ PASSIVE	6
<u>II. ETUDE DE STABILITÉ</u>	6
II.1 HYPOTHÈSES.....	6
II.1.1 Caractéristiques des matériaux en place.....	6
II.1.2 Caractéristiques des déchets	6
II.1.3 Caractéristiques des matériaux constituant la digue périphérique	6
II.2 STABILITÉ DE L'EXCAVATION.....	6
II.3 STABILITÉ DU RÉAMÉNAGEMENT	6
II.3.1 Stabilité de la digue périphérique	6
II.3.2 Stabilité du massif de déchets.....	6
II.3.3 Stabilité du réaménagement côté Est (rehausse).....	6
II.3.4 Remarques	6
<u>III. LA BARRIÈRE DE SÉCURITÉ ACTIVE</u>	6
III.1 GÉOTEXTILE DE FILTRATION.....	6
III.2 MATÉRIAU DE DRAINAGE	6
III.3 PROTECTION DE LA GÉOMEMBRANE	6
III.4 LA GÉOMEMBRANE	6
III.5 DRAINS COLLECTEURS	6
III.6 JUSTIFICATION DE LA CHARGE MAXIMALE EN FOND D'ALVÉOLE.....	6
<u>IV. ESTIMATION DES TASSEMENTS</u>	6

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

IV.1 TASSEMENTS DES DÉCHETS.....	6
IV.2 TASSEMENT DU SUBSTRATUM.....	6
IV.2.1 Généralités.....	6
IV.2.2 Contrainte sur le fond de forme.....	6

V. ANNEXES **6**

Liste des tableaux et illustrations :

Tableau 1 : Caractéristiques des matériaux en place	6
Figure 1 : Etude de stabilité de la digue périphérique (profil A-A')	6
Figure 2 : Stabilité de la digue périphérique après réaménagement (profil B-B')	6
Figure 3 : Stabilité du massif de déchets (profil B-B')	6
Figure 4 : Stabilité rehausse côté Est (profil C-C')	6
Figure 5 : Modèle oedométrique bicouche.....	6
Figure 6 : Dimensionnement du géotextile de protection de la géomembrane	6
Figure 7 : Charge maximale et drain en fond d'alvéole.....	6
Figure 8 : Dimensionnement du collecteur principal	6
Figure 9 : Dispositif de drainage.....	6
Figure 10 : Position du profil A-A'	6
Figure 11 : Position des profils B-B' et C-C'	6

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

I. INTRODUCTION

La nouvelle demande d'autorisation de l'Ecopôle de Gueltas prévoit une extension du centre de stockage de déchets non dangereux de Gueltas. **SITA Ouest** a confié la réalisation du dossier de demande d'autorisation à **Fairtec** ainsi que les études techniques de dimensionnement dont la présente **étude géotechnique réglementaire**.

Le contenu de l'étude géotechnique réglementaire s'appuie sur le guide technique lié à l'arrêté ministériel de 1997 (version 0 de novembre 1997) prévoyant notamment :

- une identification et une caractérisation des propriétés mécaniques des sols et de la barrière passive,
- une analyse de la stabilité des digues et du site dans son ensemble,
- une description de la barrière de sécurité active,
- la détermination de la charge hydraulique,
- une évaluation des tassements du substratum sous la charge des déchets et des couvertures intermédiaires ou finales des déchets, ainsi que l'évaluation des tassements du massif de déchets lui-même.

I.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

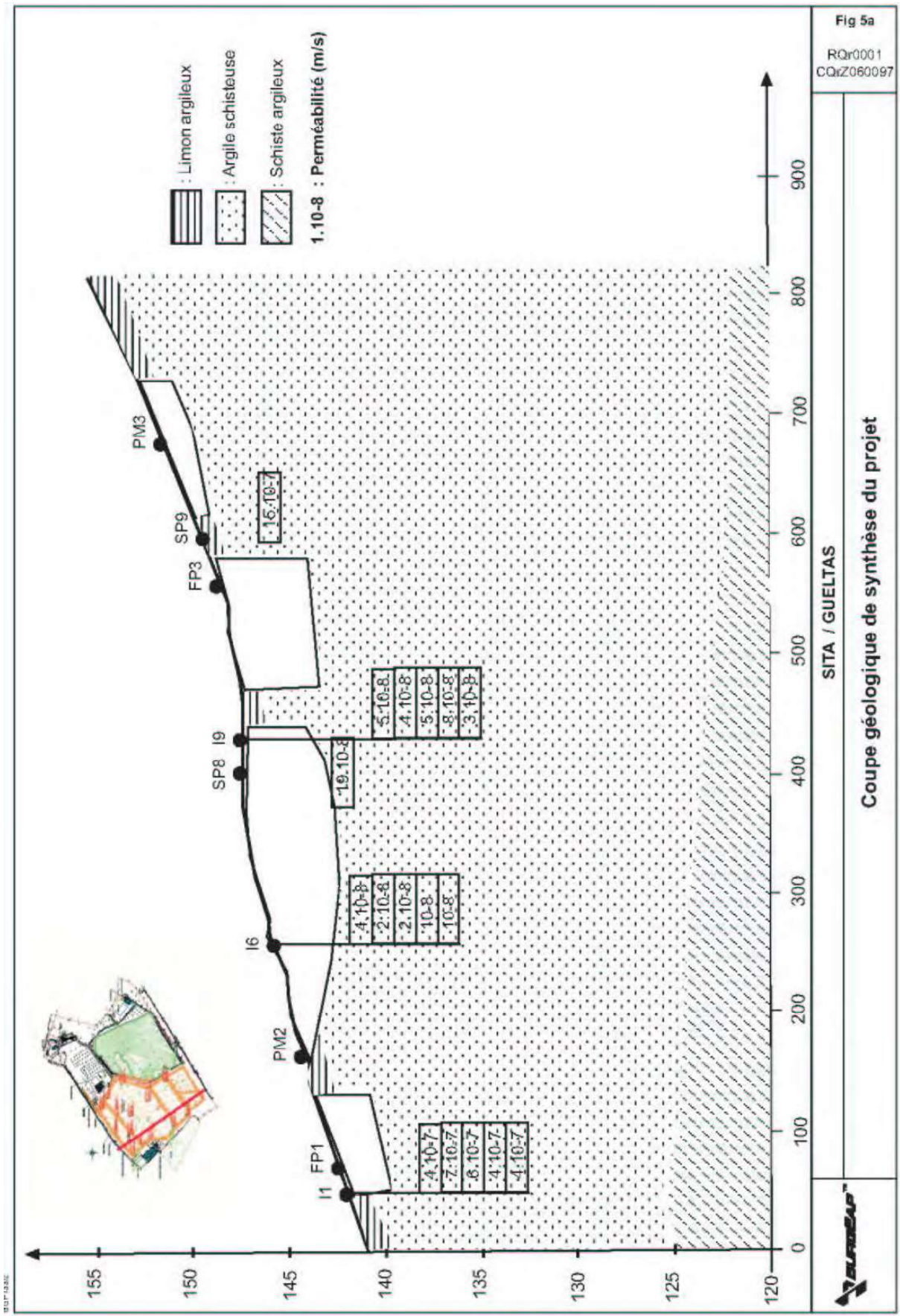
I.1.1 Géologie du site

Le site du CDSU de GUELTAS (56) a fait l'objet d'une campagne de reconnaissance géologique détaillée entre les mois de février et mars 2006 sur la zone du projet d'extension. L'étude menée par le bureau d'étude BURGEAP¹ a permis de confirmer les données établies lors de la création du site en 1995. La lithologie du site est ainsi définie par la présence des trois formations suivantes :

- les limons de recouvrement, reconnus jusqu'à 0,6 m à 1,9 m de profondeur ;
- les altérites argileuses du substratum schisteux dans la partie supérieure entre 2 m et 12 m de profondeur ;
- le substratum schisteux complètement altéré, argileux et friable reconnu jusqu'à 35 mètres de profondeur.

¹ CENTRE DE STOCKAGE DE GUELTAS (56) Investigations géologiques et hydrogéologiques détaillées. BURGEAP. Antenne de Quimper. Rapport RQr0001/A.16922/CQrZ060097 du 23/03/2006)

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	



Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

I.1.2 Hydrogéologie du site

L'hydrogéologie du site est caractérisée par la présence d'un substratum altéré et argileux imperméable induisant la présence d'une « nappe superficielle libre », comprise dans les terrains de recouvrement et d'altération de sub-surface. En profondeur (au delà de 30 mètres), des circulations peuvent également se produire, au sein du réseau de fractures des schistes altérés et fracturés.

Les relevés des niveaux d'eau réalisés dans les piézomètres du site permettent de définir un sens d'écoulement de la nappe d'Est en Ouest, suivant un gradient hydraulique compris entre 1% et 4%.

La variation piézométrique constatée entre les périodes d'étiage et de hautes eaux est de l'ordre de 5 mètres.

I.2 BARRIÈRE DE SÉCURITÉ PASSIVE

La synthèse des résultats des campagnes d'essais de perméabilité permet de définir trois zones correspondant à trois niveaux de perméabilité légèrement différente :

- La zone correspondant au futur casier Nord, où la perméabilité moyenne des terrains est comprise entre 1.10^{-7} m/s et 1.10^{-6} m/s ;
- La zone correspondant aux casiers 4 et 5, où la perméabilité moyenne des terrains est comprise entre 1.10^{-8} m/s et 1.10^{-7} m/s ;
- La zone correspondant aux casiers Sud, où la perméabilité des terrains est comprise 1.10^{-7} m/s et 5.10^{-7} m/s.

On retiendra que 98% des mesures de la perméabilité sont inférieures à 1.10^{-6} m/s, avec une perméabilité moyenne de l'ordre de 2.10^{-7} m/s.

Par ailleurs, en ce qui concerne les caractéristiques de la barrière passive, les investigations complémentaires mettent en évidence :

- une barrière passive de perméabilité inférieure à 1.10^{-9} m/s insuffisante sur le site. D'après les essais en laboratoire, un traitement des matériaux argileux du site par ajout de bentonite de l'ordre de 2%, permettra de mettre en place efficacement cette barrière passive.
- une barrière passive inférieure à 1.10^{-6} m/s présente sur la quasi totalité des sondages réalisés (98% des essais). Les valeurs de perméabilité sont fréquemment inférieures à 1.10^{-8} m/s, et de l'ordre de 2.10^{-7} m/s en moyenne.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II. ETUDE DE STABILITÉ

Nous avons étudié la stabilité de l'aménagement et du réaménagement, en choisissant les profils les plus défavorables en terme de géométrie : pentes des digues et des talus les plus élevées, hauteur maximale du massif de déchets.

La stabilité d'un massif peut être appréhendée grâce au calcul du coefficient de sécurité F du talus. Ce coefficient est défini comme le rapport entre la somme des moments des forces résistantes sur celle des moments des forces motrices. Ainsi, si le coefficient de sécurité est inférieur à 1 ($F < 1$), les forces motrices sont plus importantes que les forces résistantes, le massif se trouve donc déséquilibré. Si le coefficient de sécurité est supérieur ou égal à 1 ($F \geq 1$), cela signifie que les forces résistantes sont plus importantes que les forces motrices, le massif est alors en état d'équilibre.

Pour palier les différentes incertitudes, on considère usuellement que la stabilité à long terme d'un talus est assurée lorsque $F \geq 1,5$. A court terme, le talus est réputé stable si $F \geq 1,3$. Ces contraintes permettent de se placer dans le sens de la sécurité.

Les calculs de stabilité ont été réalisés à partir du logiciel TALREN 97 version 2.2. La méthode de calcul consiste à rechercher la surface de glissement correspondant à un coefficient de sécurité minimum. Pour se faire, le logiciel utilise la méthode de Bishop, qui est une des méthodes de résolution des problèmes de stabilité des pentes les plus utilisées.

II.1 HYPOTHÈSES

1. La création du centre de stockage de Gueltas nécessite des terrassements d'environ 990 000 m³ de matériaux. L'excavation va varier en fonction du terrain naturel, de 2 à 5 mètres de profondeur.
2. La stabilité est déterminée pour les profils les plus défavorables de l'aménagement et du réaménagement. Les caractéristiques géomécaniques des différents matériaux rencontrés ainsi que des déchets doivent être connues ou estimées, le cas échéant.
3. Le niveau de la nappe correspond à la cote du niveau du fond de la tranchée drainante telle que définie dans le rapport d'étude du rabattement de nappe au droit du site de BURGEAP² ; soit 4,50 m sous le fond de forme du casier.

² Rapport n°RQR.0006/A.15922/CQRZ060097 du 14/04/2006

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II.1.1 Caractéristiques des matériaux en place

Les caractéristiques des matériaux en place ont été estimées à partir des résultats de la campagne d'essais en laboratoire réalisée par TEMSOL et récapitulée dans le rapport du bureau d'étude BURGEAP.

La campagne a permis de définir uniquement les caractéristiques mécaniques des limons de recouvrement, matériaux qui sont réutilisés en remblais pour la création des digues périphériques.

Les caractéristiques des matériaux remaniés et des argiles schisteuses sous-jacentes sont donc estimées selon notre retour d'expérience et les références bibliographiques sur le sujet, de manière à se placer dans le sens de la sécurité.

Caractéristiques mécaniques	Limons en place (sol 1)	Argiles schisteuses (sol 2)
Poids volumique, γ	20 kN/m ³	21 kN/m ³
Angle de frottement, Φ'	64°	40°
Cohésion, C'	4 kPa	1 kPa

Tableau 1 : Caractéristiques des matériaux en place

Le choix d'une cohésion non nulle pour les argiles ($C' = 1$ kPa) se justifie au niveau des hypothèses de calculs du logiciel TALREN : la modélisation d'un sol ayant une cohésion nulle induit des calculs de nombreux cercles de glissement « parasites » n'ayant aucune influence sur l'estimation du coefficient de sécurité final.

II.1.2 Caractéristiques des déchets

Les déchets stockés sur le CSDU de Gueltas pour la zone d'extension vont être composés d'un mélange de 85% de déchets industriels banals (DIB) le reste étant constitué de déchets ménagers et assimilés (OM).

Nous prenons cependant en compte des caractéristiques d'OM dans les calculs car celles-ci sont moins élevées, ce qui permet de se placer une nouvelle fois dans le cas le plus défavorable en terme de stabilité.

Les déchets (sol 3) sont donc caractérisés de la manière suivante :

- poids volumique apparent $\gamma = 10 \text{ kN.m}^{-3}$
- angle de frottement $\Phi' = 20^\circ$
- cohésion $C' = 5 \text{ kPa}$

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

Ces caractéristiques tiennent compte de la réduction de la résistance au cisaillement des déchets ménagers dans le temps et sont le résultat d'une analyse bibliographique sur le sujet et de notre expérience dans le domaine.

II.1.3 Caractéristiques des matériaux constituant la digue périphérique

La digue sera réalisée avec les matériaux de déblais (limons en place) issus lors de la phase de terrassement au niveau de la zone d'extension. Pour ce faire, les matériaux excavés seront remaniés et compactés selon les règles de l'art pour leur réutilisation en remblais.

Les caractéristiques de limons remaniés sont estimées à partir de celles des limons en place (sol 1) issues de la campagne de reconnaissance géotechnique. Généralement, suite au remaniement et au compactage, on observe une diminution de la cohésion (C') et une augmentation de l'angle de frottement (Φ'). Cependant, la valeur initiale de l'angle de frottement ($\Phi' = 64^\circ$) semble très élevée, nous avons donc diminué cette valeur afin de se placer dans le sens de la sécurité (cas plus défavorable).

Les caractéristiques des matériaux constitutifs de la digue périphérique (sol 4) sont les suivantes :

- poids volumique apparent $\gamma = 20 \text{ kN.m}^{-3}$
- angle de frottement $\phi' = 60^\circ$
- cohésion $c' = 1 \text{ kPa}$

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II.2 STABILITÉ DE L'EXCAVATION

La stabilité est étudiée selon le profil le plus défavorable, là où la digue périphérique atteint la plus grande hauteur, soit 8 m.

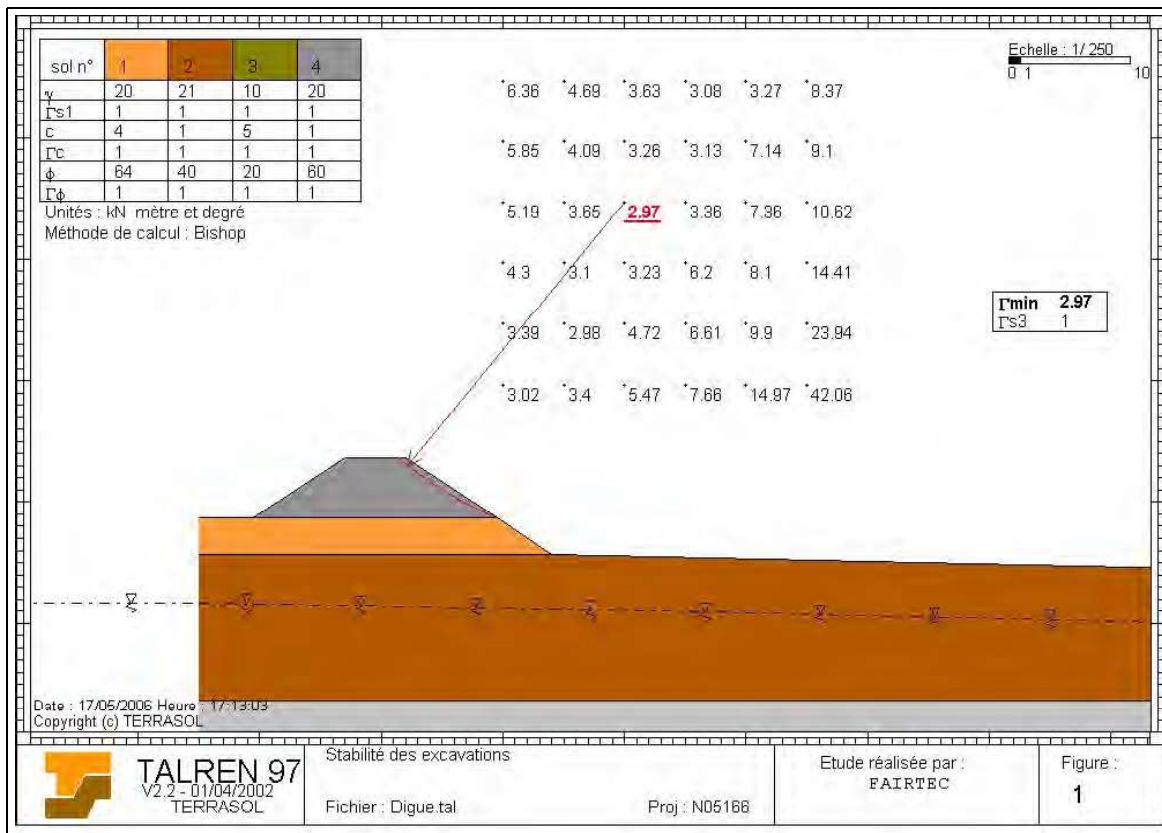


Figure 1 : Etude de stabilité de la digue périphérique (profil A-A')

Le coefficient de sécurité calculé atteint **2,97** il donc supérieur à 1,50 ($F > 1,50$). La stabilité à long terme lors de la phase d'excavation est largement assurée.

Voir « Figure 10 : Position du profil A-A' » en annexe.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II.3 STABILITÉ DU RÉAMÉNAGEMENT

La stabilité du réaménagement a été vérifiée selon 2 profils présentant les géométries les plus défavorables :

1. Côté Ouest, avec une pente de 5%, à l'endroit où la hauteur du massif de déchets est maximale (Figure 2 et Figure 3) ;
2. Côté Est, avec une pente de 10% au niveau de la rehausse (Figure 4, profil C-C')

II.3.1 Stabilité de la digue périphérique

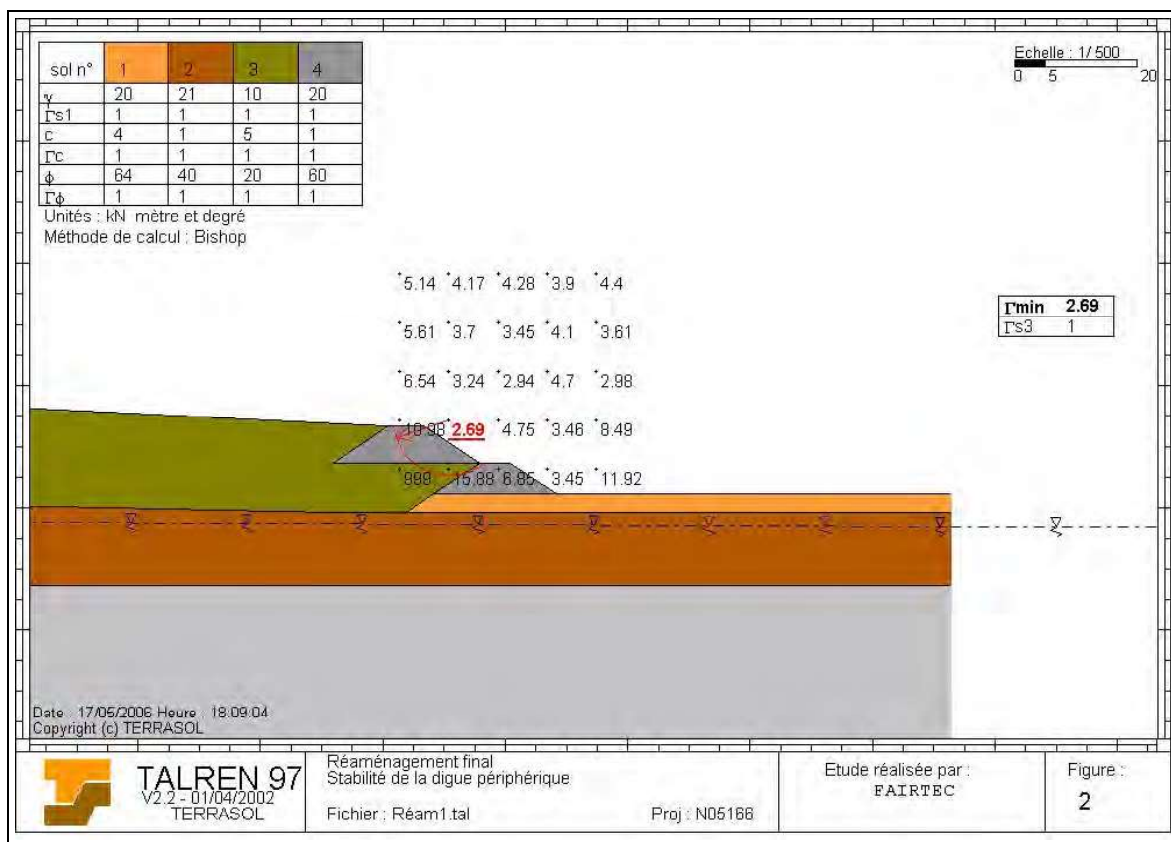


Figure 2 : Stabilité de la digue périphérique après réaménagement (profil B-B')

Le coefficient de sécurité atteint la valeur de **2,69** permettant d'assurer largement la stabilité à long terme du réaménagement ($F > 1,50$).

Voir « Figure 11 : Position des profils B-B' et C-C' » en annexe.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II.3.2 Stabilité du massif de déchets

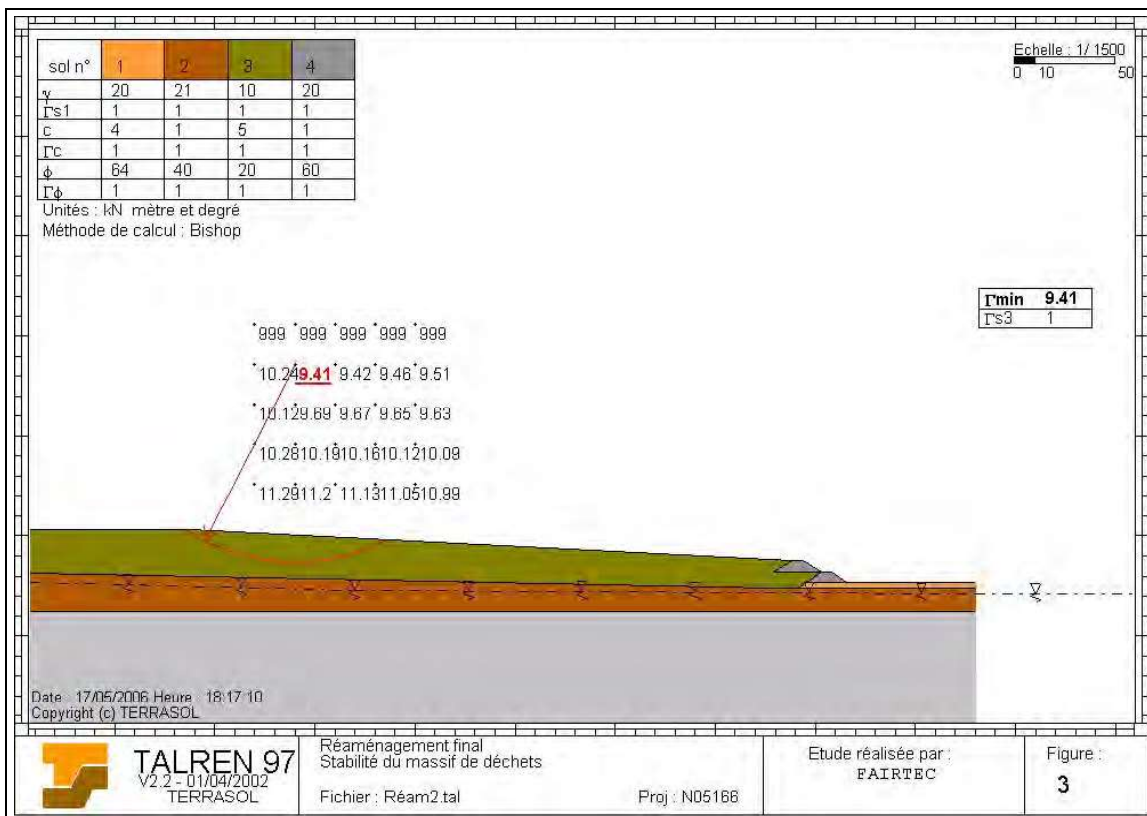


Figure 3 : Stabilité du massif de déchets (profil B-B')

La stabilité du massif de déchets est très largement assurée ($F = 9,41$) à long terme quelque soit le profil et la hauteur étant donné la pente très faible du réaménagement (5%).

Voir « Figure 11 : Position des profils B-B' et C-C' » en annexe.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II.3.3 Stabilité du réaménagement côté Est (rehausse)

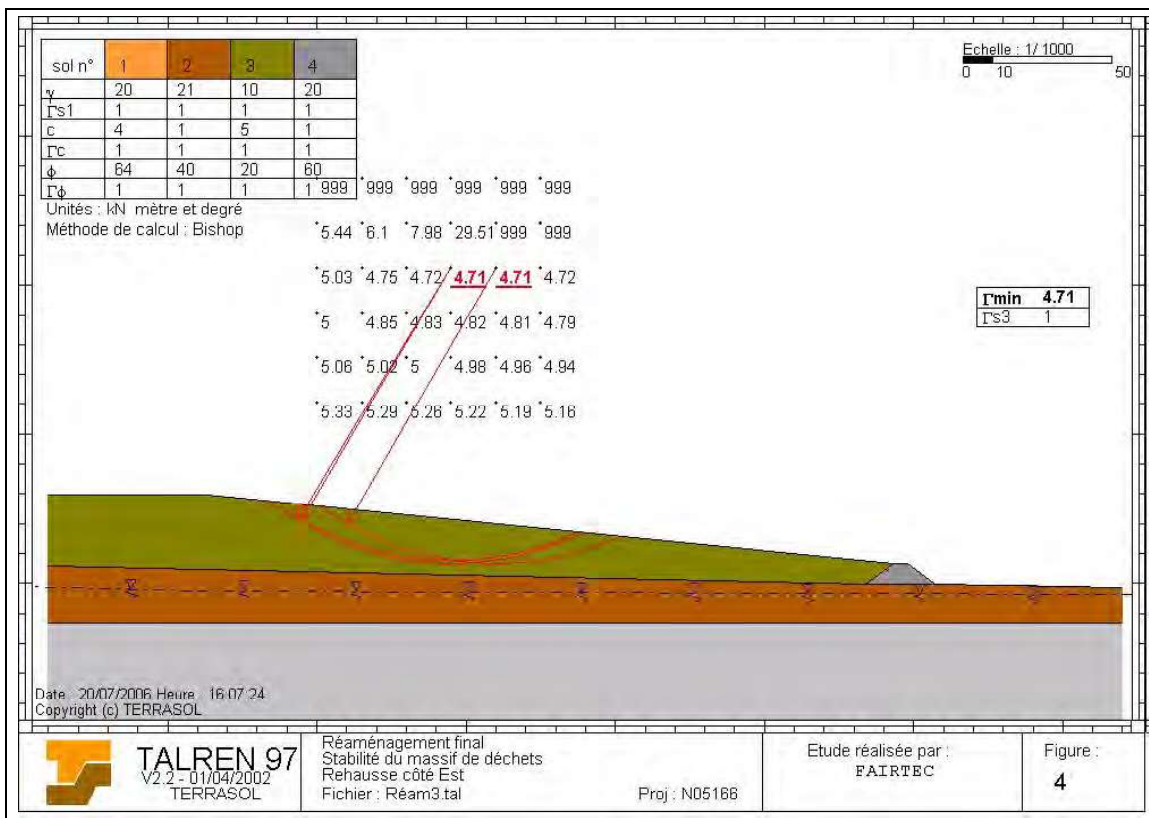


Figure 4 : Stabilité rehausse côté Est (profil C-C')

La stabilité du massif de déchets suite à la rehausse côté Est (pente à 10%) n'est pas remise en cause.

Le coefficient de sécurité est en effet largement supérieur à 1,50 (F = 4,71), la stabilité à long terme est donc assurée.

Voir « Figure 11 : Position des profils B-B' et C-C' » en annexe.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

II.3.4 Remarques

- **Les figures présentées sont issues du logiciel Talren. Leur transposition dans ce rapport ne garantit pas la conservation de l'échelle.**
- **Les résultats précédents sont valables uniquement pour les caractéristiques de matériaux énoncés et la géométrie du projet, tous deux décrits dans les hypothèses.**
- **Certains résultats reposent sur des caractéristiques estimées qu'il conviendra de vérifier en phase projet d'exécution pour s'assurer de la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de sa réalisation.**
- **De plus, si l'un des éléments diffère du projet, la stabilité devra à nouveau être vérifiée.**

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

III. LA BARRIÈRE DE SÉCURITÉ ACTIVE

La barrière de sécurité active assure l'indépendance hydraulique des casiers ainsi que le drainage et la récupération des lixiviats. Conformément à l'arrêté ministériel du 09 septembre 1997 modifié, articles 13 et 14, et au guide technique version 0 de novembre 1997, cette barrière sera constituée sur le fond de forme, de haut en bas :

- d'une couche de drainage composée d'un géotextile de filtration, d'un niveau drainant et de drains collecteurs,
- d'une protection de la géomembrane,
- d'une géomembrane.

Le dimensionnement du géocomposite de drainage de la barrière de sécurité active sur les talus seront réalisés en phase projet d'exécution.

III.1 GÉOTEXTILE DE FILTRATION

Le géotextile de filtration sera installé sur le matériau granulaire de drainage en fond afin de protéger ce dernier du colmatage mécanique par des particules fines transportées par les lixiviats.

L'ouverture de filtration de ce géotextile, tissé mono filament, sera de l'ordre de 400 µm. Le polymère sera compatible avec les lixiviats issus des déchets ménagers, notamment polyéthylène de haute densité ou polypropylène.

III.2 MATÉRIAU DE DRAINAGE

La couche de matériau drainant en fond d'alvéole, conformément à l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié (article 14) et au guide technique de novembre 1997 sur les Centres de Stockage de Déchets Ménagers et Assimilés, doit avoir une épaisseur minimale de 0,50 m et une perméabilité supérieure à 10^{-4} m/s (ou dispositif équivalent).

La granulométrie des matériaux couramment utilisés pour la réalisation de la couche de drainage est normalement supérieure à 15 mm, afin d'éviter les problèmes de colmatage biologique. Les graviers (roulés ou concassés) avec une telle granulométrie (20 mm) ont des coefficients de perméabilité largement supérieurs à 1.10^{-4} m.s⁻¹. Les valeurs sont comprises entre 0,01 m.s⁻¹ et 0,001 m.s⁻¹.

FAIRTEC préconise la mise en œuvre d'un matériau de nature siliceuse afin de résister aux agressions chimiques des lixiviats. Ce matériau sera criblé à 40 mm afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'éléments de taille plus importante ; en effet la présence de ceux-ci entraînerait une augmentation de la masse surfacique du géotextile de protection.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

III.3 PROTECTION DE LA GÉOMEMBRANE

Le géotextile de protection est placé entre la géomembrane et les matériaux granulaires de drainage. Il protège la géomembrane en fond des casiers des éventuels poinçonnements et des déformations locales excessives dues aux graviers de drainage, pendant la mise en place de ces derniers et ensuite pendant la durée de vie de l'ouvrage.

A l'heure actuelle en France il n'existe pas de déformations limites fixées dans les documents normatifs, vis-à-vis de la géomembrane. Ces déformations, en règle générale, doivent être inférieures à la déformation de la limite élastique de la géomembrane. Cette limite est proche de 10 % - 12 % pour les géomembrane en PeHD.

Les caractéristiques du géotextile de protection sont choisies en fonction de la granulométrie des matériaux drainants et de la contrainte normale au niveau du fond de forme, due aux poids des déchets et des couvertures.

La contrainte normale est égale au produit du poids apparent et de la hauteur finale. Cette hauteur sera égale à 20 mètres au maximum à la fin de l'exploitation.

Le poids volumique pour une telle hauteur et pour une mise en place des déchets par compactage intensif sera de 10 kN.m^{-3} ($1,0 \text{ t.m}^{-3}$) ; le poids volumique de la couverture sera de l'ordre de 20 kN.m^{-3} et son épaisseur de 1 m. La contrainte normale maximale statique au niveau du fond de forme est donc d'environ **220 kPa**.

Le diamètre maximal des graviers sera 40 mm.

La masse surfacique du géotextile de protection peut être déterminée par la formule proposée par R. KOERNER (Designing with geosynthetics, Prentice Hall).

Cette formule intègre les paramètres suivants :

- le type des graviers (concassé, arrondi ou roulé),
- le diamètre maximal des graviers,
- l'effet de voûte au sein du matériau de drainage,
- le fluage du géotextile sous la charge permanente,
- le pH des lixiviats,
- la contrainte normale au niveau du géotextile.

Les paramètres retenus sont :

- graviers concassés arrondis,
- diamètre maximal 40 mm,
- pas d'effet de voûte au sein du matériau de drainage (configuration sécuritaire),
- fluage du géotextile sous charge permanente,
- lixiviats fortement agressifs (cas le plus défavorable)

La masse surfacique du géotextile de protection obtenue de cette manière doit être supérieure ou égale à 455 gr/m^2 . (voir « Figure 6 : Dimensionnement du géotextile de protection de la géomembrane » *en annexe*)

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

Cette valeur concerne les zones avec une épaisseur de déchets de 20 m, mais cette masse surfacique peut varier en fonction de la contrainte normale. Elle peut être adaptée en fonction de la position de la zone au fur et à mesure de l'élévation ainsi qu'en fond, vers la digue de pied.

Le géotextile de protection devra être non-tissé aiguilleté en **Polypropylène** ou **Polyéthylène Haute Densité** afin d'être compatible avec les lixiviats.

III.4 LA GÉOMEMBRANE

Compte tenu de la géométrie du projet, la géomembrane ne pourra pas être sollicitée en traction. Dans ces conditions nous préconisons une géomembrane conventionnelle en Polyéthylène Haute Densité.

Ces caractéristiques doivent être au moins les suivantes :

- épaisseur (NF P 84-512-1) 2 mm
- densité (NFT 51-063 méthode A) 0,94
- résistance à la traction au seuil d'écoulement (NF P 84-501) 25 kN.m⁻¹
- déformation au seuil d'écoulement (NF P 84-501) > 10 %
- résistance au poinçonnement statique (NF P 84-507) 600 N

Les assemblages seront réalisés obligatoirement par doubles soudures. Les soudures simples, par extrusion, seront acceptées seulement pour la réalisation de réparations et pour les endroits où la réalisation des doubles soudures n'est pas possible.

Lors de la mise en place de la géomembrane, les soudures seront contrôlées pour vérifier leurs qualités mécaniques et leurs étanchéités.

III.5 DRAINS COLLECTEURS

Les drains collecteurs en fond de casier sont dimensionnés, d'une part pour absorber le débit amont, d'autre part pour limiter la charge hydraulique en fond.

Ils sont mis en œuvre dans la couche drainante en fond d'alvéole et assurent l'acheminement des lixiviats vers les puits de reprise. Ces drains sont réalisés en PeHD et doivent résister à une pression verticale de 220 kPa pour une température comprise entre 40°C et 60°C.

La pression de 220 kPa correspond au poids des déchets au point le plus défavorable et des couvertures des alvéoles. Nous avons considéré un poids volumique apparent moyen de 10 kN.m⁻³ pour le déchet et de 20 kPa pour la couverture.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

a) Diamètre des drains pour une alvéole

Au sein de chaque alvéole, si l'on considère une surface maximale de 5000 m^2 , le débit à prendre en compte est égal à $4,59 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Le diamètre minimal nécessaire pour un écoulement à mi-section est alors de **55 mm**.

Voir « Figure 7 : Charge maximale et drain en fond d'alvéole » *en annexe*.

b) Diamètre des collecteurs principaux

Afin d'optimiser le dispositif de drainage, nous divisons le casier 4 en 3 tronçons (*voir* « Figure 9 : Dispositif de drainage » *en annexe*) :

1. Le 1^{er} tronçon, le plus en aval, a une surface $S_1 = 30\,855 \text{ m}^2$;
2. Le 2^{ème} tronçon, au milieu, a une surface $S_2 = 20\,230 \text{ m}^2$;
3. Le 3^{ème} tronçon, le plus en amont, a une surface $S_3 = 20\,230 \text{ m}^2$;

1^{er} tronçon :

Le collecteur principal dans le 1^{er} tronçon collecte la totalité du casier, soit une surface totale $S = 71\,315 \text{ m}^2$.

Pour un écoulement à mi-section, son diamètre doit au minimum être de **150 mm**.

Voir « Figure 8 : Dimensionnement du collecteur principal » *en annexe*.

2^{ème} tronçon :

Le collecteur principal dans le 2^{ème} tronçon collecte les surfaces S_2 et S_3 , soit une surface totale de $40\,460 \text{ m}^2$.

Pour un écoulement à mi-section, son diamètre doit au minimum être de **120 mm**.

3^{ème} tronçon :

Le collecteur principal dans le 3^{ème} tronçon collecte la surface $S_3 = 20\,230 \text{ m}^2$.

Pour un écoulement à mi-section, son diamètre doit au minimum être de **100 mm**.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

III.6 JUSTIFICATION DE LA CHARGE MAXIMALE EN FOND D'ALVÉOLE

Le fond de forme de la nouvelle zone est séparé en casiers hydrauliquement indépendants.

Nous avons vérifié que la charge hydraulique ne dépasse pas 0,30 m maximum en fond d'alvéole, conformément aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 9 septembre 1997 modifié.

Le cas le plus défavorable est l'alvéole située à l'angle Sud-Ouest du casier central où la distance maximale à l'exutoire est de 134 m avec une pente du fond de forme, sur le trajet de l'écoulement de 2% vers le drain collecteur.

La pente des drains vers le puits de reprise des lixiviats est de 1,9%. Chaque casier est divisé en alvéoles de 5 000 m².

Compte tenu de l'effet tampon des déchets, la quantité d'eau qui tombe sur l'alvéole en exploitation est restituée de manière homogène au niveau du drainage. La pluviométrie considérée est le maximum de la pluviométrie moyenne mensuelle entre 1971 et 2000 (Station de Pontivy - 56). Il s'agit du mois de décembre avec 113,3 mm réparti sur 14,3 jours.

Le débit à évacuer est donc de $9,17 \times 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$.

Le coefficient de perméabilité des matériaux pris en compte dans le calcul est égal à $1.10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$, selon les données disponibles.

La charge maximale obtenue avec les hypothèses énoncées ci-dessus est de 0,29 m.

D'après l'article 18 de l'arrêté du 9 septembre 1997 modifié.

« L'ensemble de l'installation de drainage et de collecte des lixiviats est conçu de façon à limiter la charge hydraulique de préférence à 30 cm, sans toutefois pouvoir excéder l'épaisseur de la couche drainante mesurée au droit du regard ».

La charge maximale obtenue est donc conforme aux prescriptions ministérielles.

Le coefficient de perméabilité des matériaux drainants choisi pour le calcul est également défavorable. En réalité, les coefficients de perméabilité d'un gravier de type 20/40 sont plus fort : de l'ordre de $1.10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$. Une nouvelle simulation avec cette donnée conclut à une hauteur de lixiviats de l'ordre de 3 cm.

Voir « Figure 7 : Charge maximale et drain en fond d'alvéole » en annexe.

Remarque :

En phase exécution, il sera important de réaliser un plan détaillé du positionnement de tous les drains principaux et secondaires ainsi que de recalculer les diamètres des drains en fonction de la disposition des alvéoles.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

IV. ESTIMATION DES TASSEMENTS

IV.1 TASSEMENTS DES DÉCHETS

Conformément à l'arrêté ministériel, la pente finale de la couverture du réaménagement d'un centre de stockage de déchets doit être supérieure ou égale à 3 %. Afin de respecter cette exigence, la pente en fin d'exploitation doit être supérieure pour que, après tassements du massif de déchets, elle puisse atteindre 3 % au minimum.

D'une manière générale les tassements du massif de déchets dus à la biodégradation des composantes organiques sont de l'ordre de 20 % à 25 % pour des déchets ménagers compactés. Dans notre cas, les déchets seront constitués à 15 % d'OM et 85% de DIB ramenant le tassement du massif de déchets à environ 5 %.

Appliquée au centre de stockage de déchets de Gueltas, cette « règle » donne un tassement maximum de 1 m à long terme car la hauteur de déchets est de 20 m au maximum (localisée approximativement sous le point haut du dôme). Ceci se traduit par une réduction de la pente générale prévue pour le réaménagement. Elle passe de 14 %, dans les zones où elle est la plus faible, à environ 10 % après tassement. Cette pente reste donc satisfaisante pour l'écoulement des eaux de pluie.

IV.2 TASSEMENT DU SUBSTRATUM

IV.2.1 Généralités

Conformément à l'arrêté ministériel, une estimation des tassements du fond de forme sous la charge des déchets et de la couverture finale doit être réalisée. Les tassements varient en fonction de la nature des sols constituant le substratum et de la contrainte verticale complémentaire apportée en fond par le massif de déchets. En effet, les apparitions de tassements différentiels peuvent entraîner deux phénomènes :

- allongement des géosynthétiques du fond de forme pouvant conduire à une perte plus ou moins importante des propriétés d'étanchéité de la géomembrane.
- Apparitions de contre-pentes au niveau du fond de forme pouvant réduire l'efficacité du drainage gravitaire.

Ces phénomènes peuvent se produire en cas de tassements différentiels. On note toutefois qu'un tassement général et homogène du fond de forme n'entraînerait pas de tels désordres.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

IV.2.2 Contrainte sur le fond de forme

Pour estimer les tassements, nous utilisons les courbes de compression des essais oedométriques³ :

$$E_{\text{oed } 1} = 9,07 \text{ MPa pour } \sigma_v = 200 \text{ kPa}$$

$$E_{\text{oed } 2} = 15,70 \text{ MPa pour } \sigma_v = 200 \text{ kPa}$$

La contrainte que nous considérons au niveau du fond de forme est de **200 kPa** au maximum. Elle correspond à une épaisseur de déchets de 20 m (poids volumique 10 kN/m³). Nous ne tenons pas compte du poids de la couverture (20 kPa) dans le calcul des tassements afin que la charge soit identique à celle de l'essai oedométrique.

a) Hypothèses de calcul du tassement

Deux matériaux sont distingués lors des essais de compressibilité à l'oedomètre. Nous considérerons donc un modèle de sol composé de 2 couches selon le schéma de principe suivant :

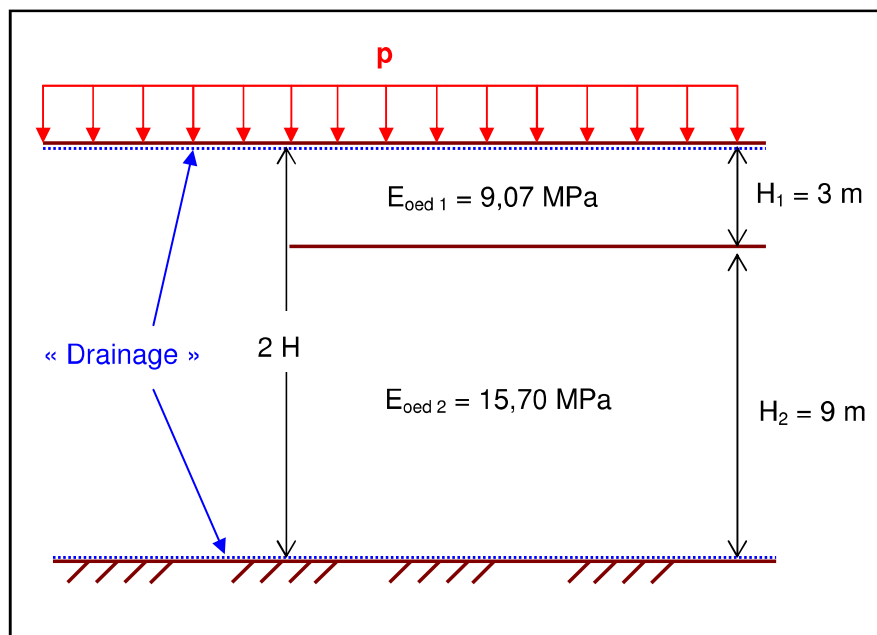


Figure 5 : Modèle oedométrique bicouche

³ issues du rapport de BURGEAP « Investigations géologiques et hydrogéologiques détaillées » n° RQR0001/A.16922/CQRZ060097 du 23/03/2006.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

Le terme « drainage » signifie que l'eau présente dans les couches de sol peut s'évacuer sans engendrer de pressions superstitielles. Cette hypothèse est nécessaire afin que le modèle soit représentatif de l'essai oedométrique. Le contexte réel correspond bien à cette hypothèse puisqu'un drainage sous la barrière de sécurité passive sera mis en œuvre et que le substratum schisteux est complètement altéré jusqu'à 35 m de profondeur (les circulations d'eau sont donc facilitées).

L'épaisseur de la couche de sol n°2 est estimée à 12 m afin de concorder avec les résultats de la campagne de reconnaissances géologiques (*voir § 1.1.1. Géologie du site*).

Les tassements sont calculés selon la formule de la consolidation monodimensionnelle :

$$W = \frac{2 \times p \times H}{E_{oed}}$$

Avec :

- W le tassement à un temps infini (à long terme),
- p la charge engendrée par le massif de déchets,
- H la demi-hauteur de sol considérée (car la couche de sol est drainée des 2 côtés)

- E_{oed} est le module oedométrique équivalent, soit :
$$E_{oed} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{E_{oed,i}}}$$

b) Résultat

Le module oedométrique équivalent $E_{oed} = 13,27$ MPa.

Le tassement, sous une contrainte verticale de 200 kPa atteint ainsi **18,1 cm**.

Compte-tenu de la géologie homogène du site, ces tassements sont généraux et donc non critiques pour le site.

L'apparition de tassements différentiels, dus au substratum, pouvant mettre en traction la géomembrane et empêcher le fonctionnement correct du système de drainage est donc exclue, du fait de l'homogénéité du substratum.

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

V. ANNEXES

DIMENSIONNEMENT D'UN GEOTEXTILE	
<i>poissonnement statique: formule de Koerner</i>	
Enoncé: Dimensionnement d'un géotextile, contre le poinçonnement statique, pour une hauteur de déchets de 20 mètres, pour un matériau drainant type 20/40 arrondi	
Site: GUELTAS	
Date: 17 mai 2006	
Hauteur de déchets (m)	H= 20
Poids volumique des déchets (kN/m ³)	γ = 10
Facteur de sécurité (sur poids volumique)	FS = 1
Taille des graviers (m)	D = 0.04
Epaisseur de la couverture (m)	e = 1
Pallow (kPa) = 220	
Coefficient de forme	MF_s = 0.5
concassé, MF _s =1	
arrondi, MF _s = 0,5	
rond, MF _s =0,25	
Coefficient de granulométrie	MF_{pd} = 0.83
isolé, MF _{pd} =1	
38 mm, MF _{pd} =0,83	
25 mm, MF _{pd} = 0,67	
12 mm, MF _{pd} = 0,5	
Coefficient effet de voute	MF_A = 1
(sécuritaire) hydrostatique, MF _A = 1	
shallow, MF _A = 0,75	
mod., MF _A = 0,5	
deep, MF _A = 0,25	
Coefficient de fluage (itératif) cf tableau	RF_{CR} = 1.5
Coefficient de résistance chimique	RF_{CBD} = 1.3
lixiviats faiblement agressifs, RF _{CBD} = 1,1	
lixiviats moyennement agressifs, RF _{CBD} = 1,3	
lixiviats fortement agressifs, RF _{CBD} = 1,5	
Coefficient de sécurité global	F_G = 1.24
Masse du géotextile en g/m²	M = 455.24
$P_{\text{acc}} = \left(50 + 0.00045 \frac{M}{H^2} \right) \left[\frac{1}{MF_s * MF_{pd} * MF_A} \right] \left[\frac{1}{RF_{CR} * RF_{CBD}} \right]$	

Figure 6 : Dimensionnement du géotextile de protection de la géomembrane

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

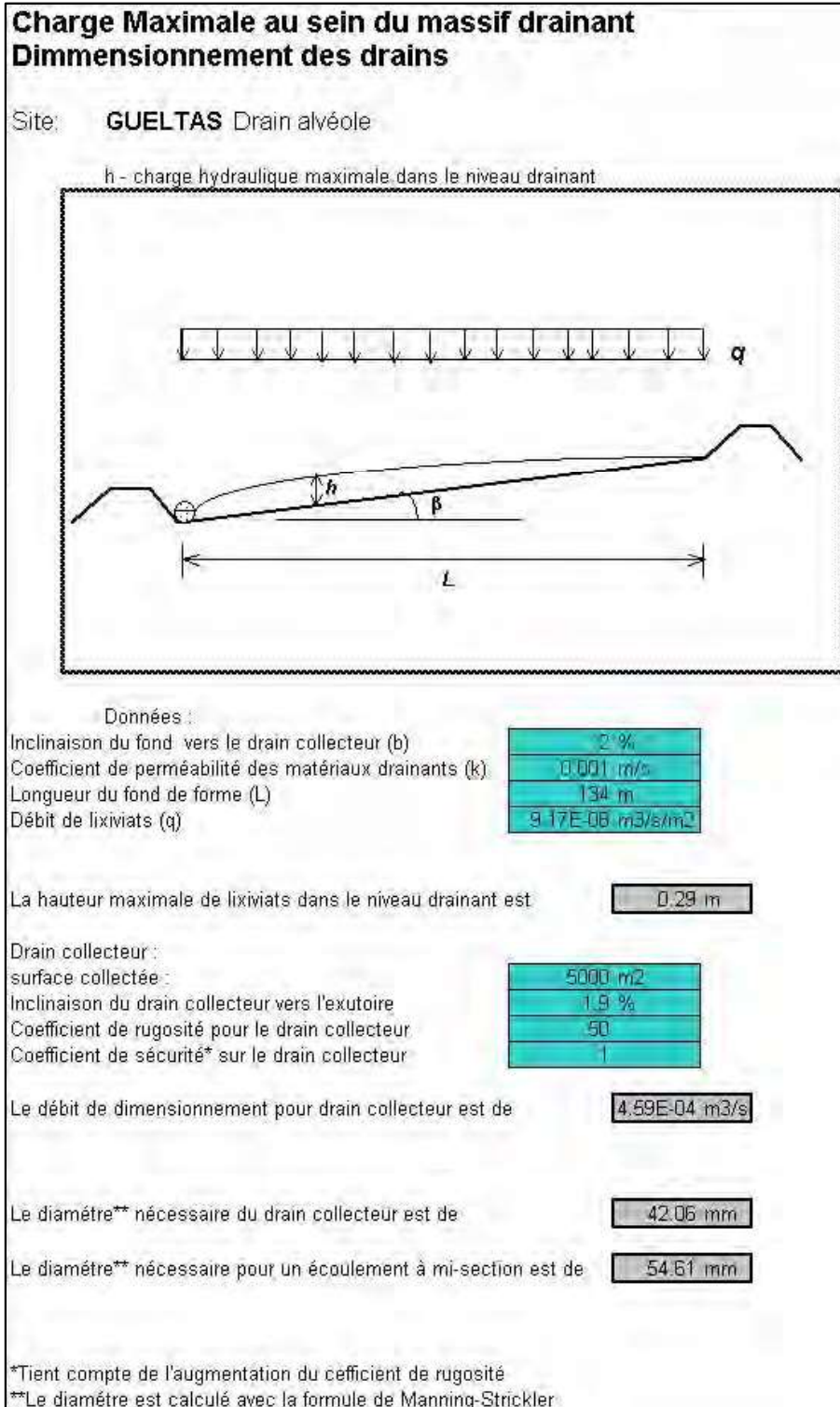


Figure 7 : Charge maximale et drain en fond d'alvéole

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

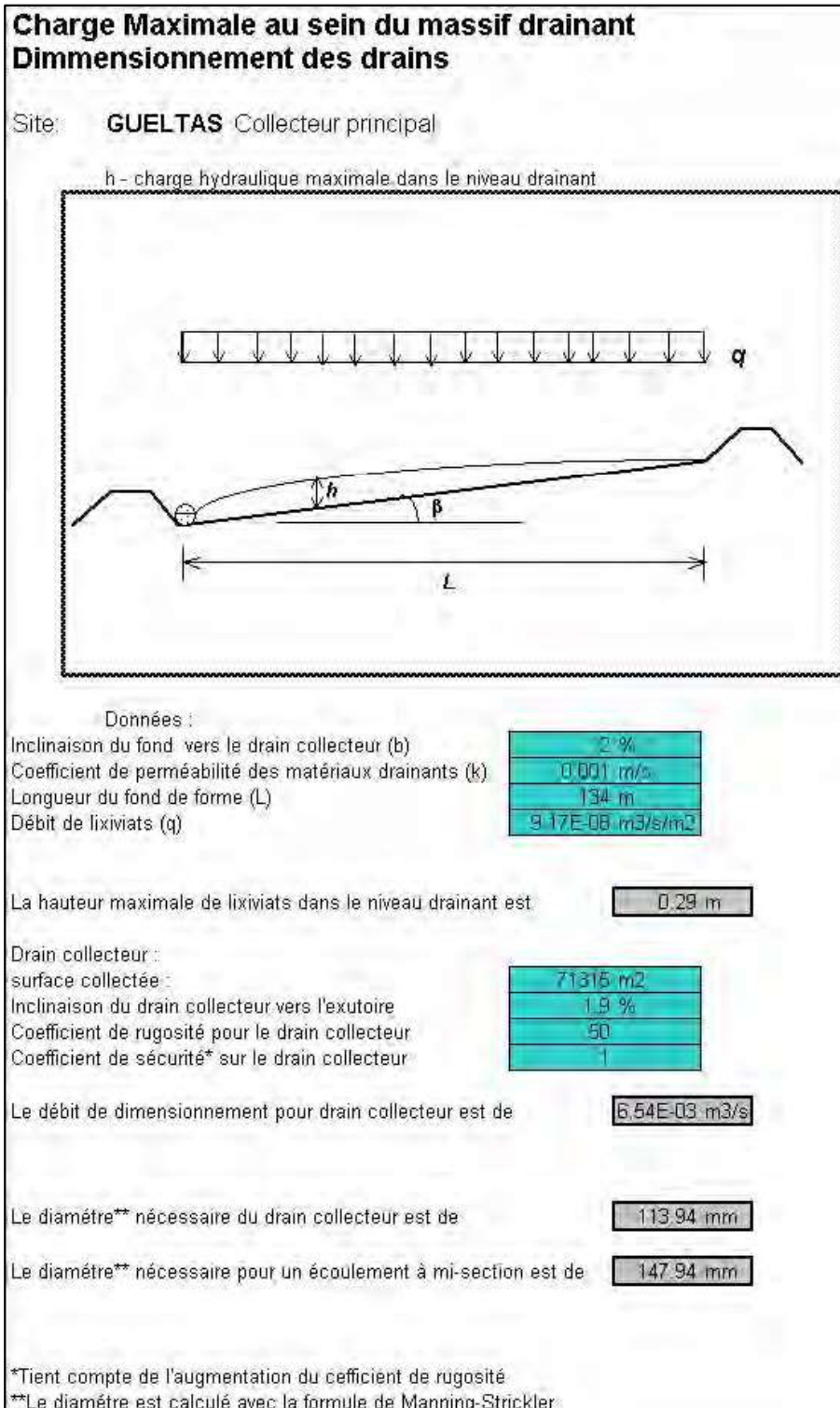


Figure 8 : Dimensionnement du collecteur principal

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

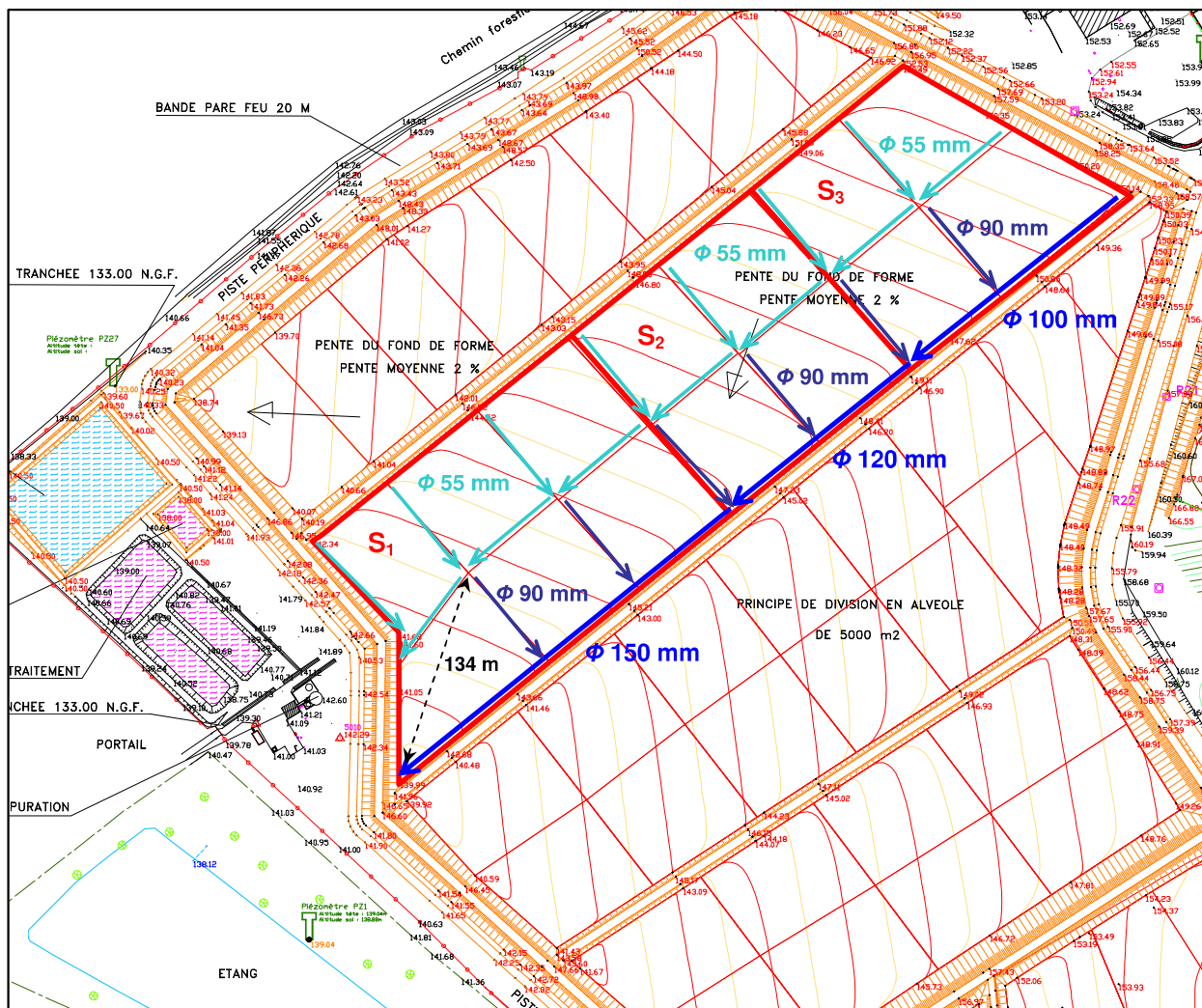


Figure 9 : Dispositif de drainage

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

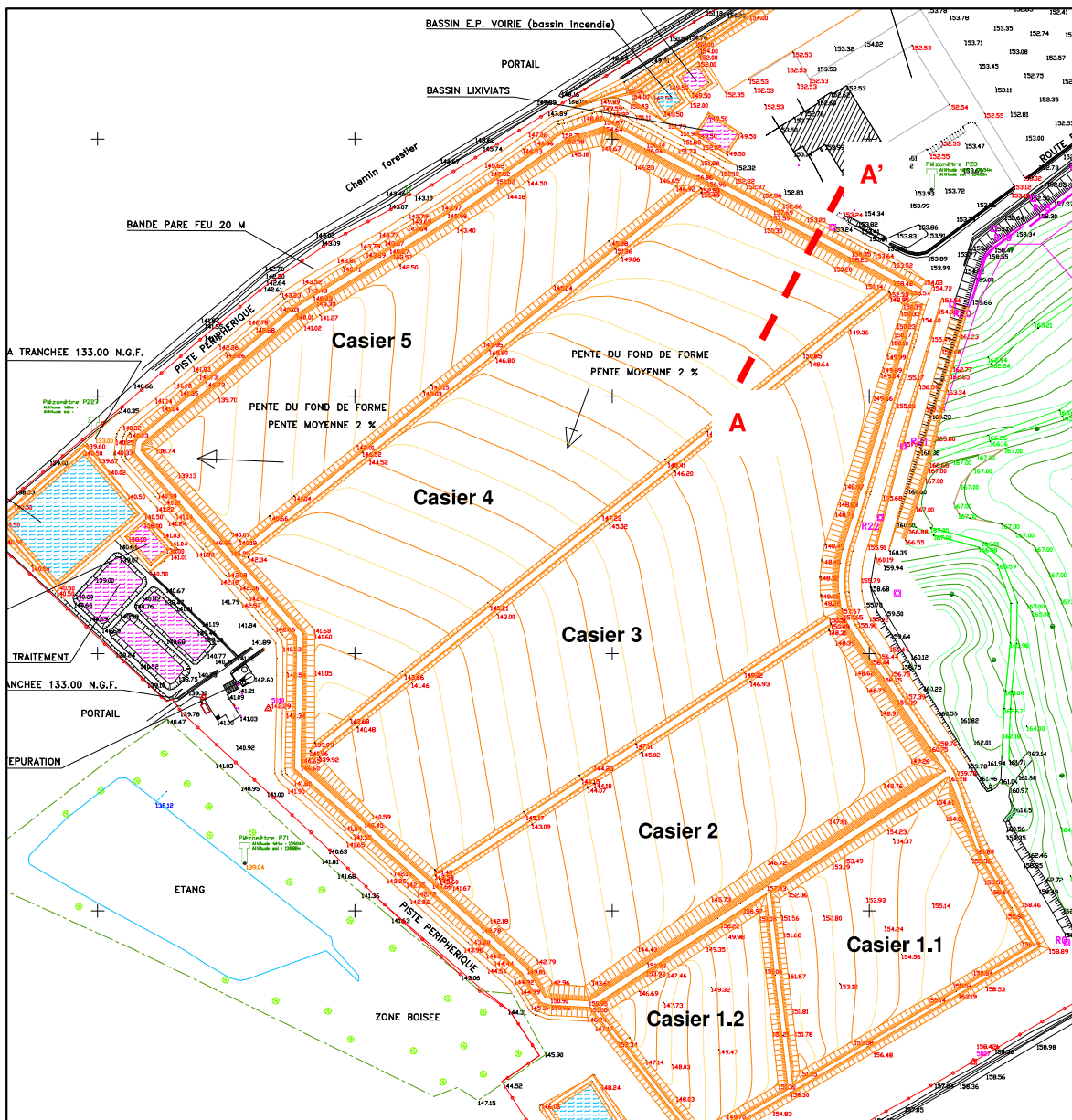


Figure 10 : Position du profil A-A'

Etude géotechnique réglementaire	Ecopôle de Gueltas		N05166
Géotechnicien : JBC	Date de création :	05/04/2006	Révision n°1
Chef de projet : LL	Date d'émission :	21/05/2012	

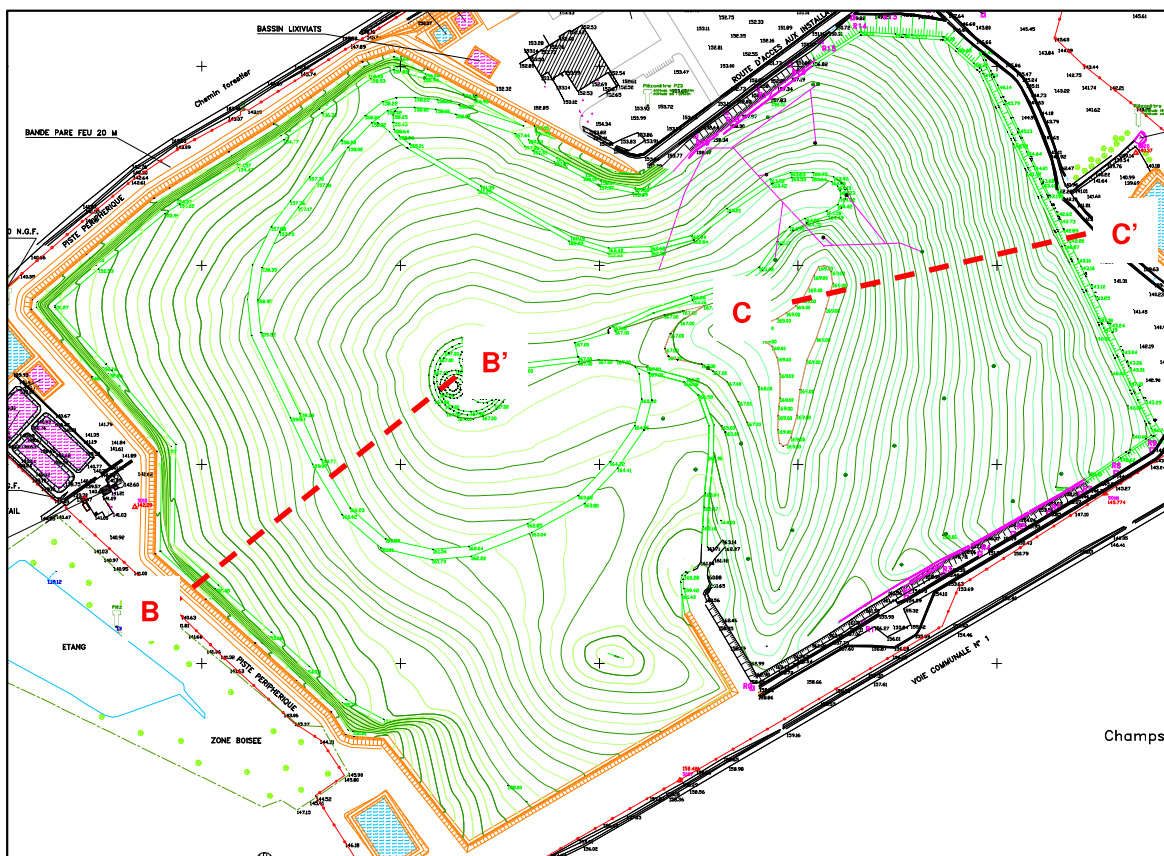


Figure 11 : Position des profils B-B' et C-C'

Annexe 6.

Données géologiques et géotechniques nouvelles réalisées pour la présente étude

Géotec (2022)

Agence NANTES
 ZA Clair de Lune
 44360 SAINT-ETIENNE DE MONTLUC
 Tél : 02.40.92.04.90 - Fax : 02.40.92.16.43
 agence.nantes@geotec.fr



INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Extension centre de stockage

2021/10276/NANTS/Indice A

**(56920) GUELTAS
 RD 125**

- 30 Septembre 2022 -

INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Extension centre de stockage

2021/10276/NANTS/Indice A

(56920) GUETLAS

Référence : 2021/10276/NANTS				Investigations géotechniques		
Indice	Date	Modifications Observations	Nbre pages	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
			Texte + Annexes			
0	15/03/22	Première émission	17+55	P. LEROY	C. DUBOS	C. DUBOS
A	30/09/22	Résultats laboratoire	16+81	P. LEROY	C. DUBOS	C. DUBOS
B						
C						

NB : l'indice le plus récent de la même mission, annule et remplace les indices précédents.

SOMMAIRE

I. CADRE DE L'INTERVENTION	4
I.1. Intervenants	4
I.2. Projet, documents recus et hypothèses	4
I.3. Mission	5
II. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE	6
II.1. Le site	6
II.2. Contenu de la reconnaissance	7
II.3. Implantation et nivellement des sondages	7
III. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE	8
III.1. Nature et caractéristiques des sols	8
III.2. Risques naturels et anthropiques	9
III.3. Hydrogéologie	10
III.4. Pollution	12
Conditions générales	13
Conditions générales (SUITE)	14
Classification des missions d'ingénierie géotechnique	15
Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique	16
ANNEXES	17
<i>Plan de situation</i>	18
<i>Schéma d'implantation des sondages</i>	19
<i>Sondages carottés</i>	20 à 31
<i>Sondages destructifs + essais d'eau</i>	32 à 64
<i>Résultats des essais Gamma-ray</i>	65 à 82
<i>Résultats d'analyses en laboratoire</i>	83 à 97

I. CADRE DE L'INTERVENTION

I.1. INTERVENANTS

A la demande et pour le compte de ACG Environnement – 23 rue des Voyers – 78440 PORCHEVILLE, GEOTEC a réalisé la présente étude sur le site suivant : **extension d'un centre de stockage**, sur la commune de GUELTAS (56920).

Aucun autre intervenant n'est connu au moment de l'étude.

I.2. PROJET, DOCUMENTS RECUS ET HYPOTHESES

Les documents suivants ont été mis à la disposition de GEOTEC :

Documents	Emetteur	Référence	Date	Echelle	Cote altimétrique	Remarques
Plans d'implantation des sondages	ACG Environnement	-	-	-	Oui	Système de nivellement NGF

Selon les informations qui nous ont été fournies, le projet consiste l'extension d'un centre de stockage sur environ 30 ha. La zone d'étude est située au Sud-Ouest du site existant.

Le projet n'est pas précisément défini à ce stade de l'étude.



Projet d'extension du centre de stockage
(Source : géoportail.gouv.fr)

I.3. MISSION

Conformément à son offre Réf. **2021/10276/NANTS/IndA** du **30 septembre 2021**, GEOTEC a reçu une mission d'investigations géotechniques qui repose sur des investigations selon les termes de la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, relative aux missions géotechniques.

Une visite préalable a été réalisée avec la maîtrise d'ouvrage, le lundi 29 novembre 2021.

Il est rappelé qu'une mission d'étude géotechnique préalable, seule, ne peut suffire pour concevoir le projet géotechnique et qu'il est indispensable de réaliser une mission d'étude géotechnique de conception (G2 comprenant les phases avant-projet, projet et DCE/ACT), en vue d'adapter l'ouvrage au contexte géotechnique.

L'exploitation et l'utilisation de ce rapport doivent respecter les « *Conditions générales* » données en fin de rapport.

Remarque : toutes les abréviations utilisées dans ce rapport sont conformes à la norme XP 94-010 hormis les suivantes :

- TA : terrain actuel



II. CONTEXTE DU SITE ET CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

II.1. LE SITE

Le site étudié se trouve au niveau de la RD 125 sur la commune de GUELTAS (56920).

Il est délimité par :

- Le centre de stockage au Nord-Est.
- Une zone boisée au Sud-Ouest.
- La forêt de Branguilly au Nord.
- Des parcelles agricoles au Sud.



Photo aérienne du site étudié (Source : Géoportail)

Ce sont actuellement des parcelles agricoles. Notons qu'une partie des terrains sont difficilement accessibles (embourbements).

Photo d'une partie du site
(Source : GEOTEC)



II.2. CONTENU DE LA RECONNAISSANCE

La campagne de reconnaissance qui s'est déroulée du 14 janvier 2022 au 03 février 2022 a consisté en l'exécution de :

- **1 sondage carotté** (SC1+PZ) réalisés en diamètre 102 à 116 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type 225. Ce sondage a atteint une profondeur de 30.2 m/TA. Il a permis de visualiser la nature des sols traversés. Des échantillons ont été prélevés en gaine et en caisse pour permettre la réalisation des analyses en laboratoire.
- **20 sondages destructifs** (SK1 à SK16, SK1bis, SK5bis, SK10bis et SK12bis et PZ2 à PZ5) réalisés en diamètre 110 à 120 mm. La sondeuse utilisée est de marque GEOTEC type TB 225. Ces sondages, qui ont atteint une profondeur de 2.0 m/TA et 17.0 m/TA, ont permis de réaliser 16 essais de perméabilité.
- **4 tubes piézométriques** ont été posés dans les sondages précédents (SC1, PZ2 à PZ5). Ils sont coiffés en tête d'une protection métallique et d'une margelle béton de 3 m² environ.
- **Des mesures gamma-ray** ont été réalisées dans les sondages précédents.
- **Des essais en laboratoire** ont été réalisés et sont transmis en annexe de ce rapport (5 analyses GTR, 5 VBS, 1 essai Proctor, 2 essais de cisaillement à la boîte).

II.3. IMPLANTATION ET NIVELLEMENT DES SONDAGES

La position des sondages et essais figure sur le schéma d'implantation en annexe.

Les sondages ont été nivelés au GPS avec correction RTK (altimétrie en NGF).

L'implantation a été réalisée au mieux des conditions d'accès (terrain gorgé d'eau, etc.), des conditions de travail et au mieux de la précision des plans remis pour la campagne de reconnaissance.

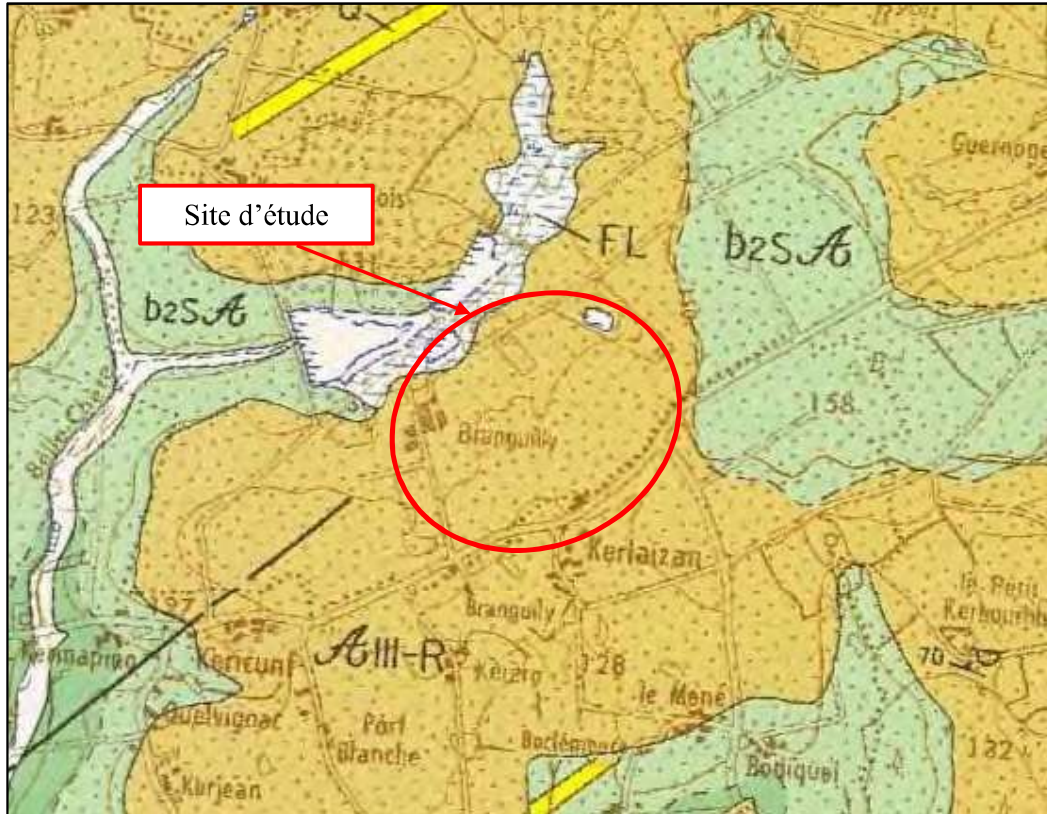
Les profondeurs sont comptées par rapport au Terrain Actuel (TA).



III. CADRE GEOLOGIQUE – RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE

D'après la carte géologique de LOUDEAC au 1/50000^{ème} et notre connaissance de ce secteur, la géologie attendue est la suivante :

- Recouvrement limono-argileux ;
- Le substratum silto-gréseux dont la frange superficielle peut être altérée.



Extrait de la carte géologique de LOUDEAC au 1/50000^{ème} (Source : Infoterre)

III.1. NATURE ET CARACTERISTIQUES DES SOLS

La campagne de reconnaissance a mis en évidence les formations suivantes :

- **Un faciès végétal** identifié dans tous les sondages jusqu'à une profondeur de 0.2 m/TA.
- **Un limon argileux à argile limoneuse** identifié au droit du sondage SC1 et supposé dans les sondages destructifs jusqu'à une profondeur de 0.5 m/TA.
- **Une altérite argileuse de siltite** identifiée au droit du sondage carotté (SC1) jusqu'à une profondeur de 16.6 m/TA et supposée dans les sondages destructifs, jusqu'à une profondeur variant entre 7.3 et 17.0 m/TA (profondeurs d'arrêt des sondages).

Les **essais de laboratoire** réalisés sur des échantillons ont donné les résultats suivants :

SONDAGE		SC1				
PROFONDEUR (m)		2.00-2.50	7.50-8.00	9.00-9.50	11.00-11.40	
Identification et classification des sols						
Teneur en eau	Wnat	%	27.8	-	-	-
Masse volumique humide	ρ_h	(g/cm ³)	1.86	-	-	-
Masse volumique sèche sur sols fins	ρ_d	(g/cm ³)	1.46	-	-	-
Indice des vides	e		0.85	-	-	-
Degré de saturation	Sr	%	87	-	-	-
Valeur au Bleu de Méthylène						
Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)	3.57	2.03	3.31	2.92
Essai de cisaillement rectiligne – type CD						
Cohésion	c' (kPa)		18	-	-	-
Angle de frottement	ϕ' (°)		27	-	-	-

- **Une siltite altéré** identifié au droit du sondage carotté (SC1) jusqu'à une profondeur de 30.2 m/TA (profondeur d'arrêt du sondage). Les **essais de laboratoire** réalisés sur des échantillons de prélevés en ... à ... m de profondeur/TA ont donné les résultats suivants :

SONDAGE		SC1	
PROFONDEUR (m)		25.10-25.40 m	
Identification et classification des sols			
Teneur en eau	Wnat	%	-
Masse volumique humide	ρ_h	(g/cm ³)	-
Masse volumique sèche sur sols fins	ρ_d	(g/cm ³)	-
Indice des vides	e		-
Degré de saturation	Sr	%	-
Valeur au Bleu de Méthylène			
Valeur au bleu de méthylène	V.B.S	(g/100g)	0.99
Essai de cisaillement rectiligne – type CD			
Cohésion	c' (kPa)		-
Angle de frottement	ϕ' (°)		-

Les essais en laboratoire réalisés figurent en annexe de ce rapport.

III.2. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

Le terrain se situe en zone d'aléa **2- Faible** selon le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention des risques sismiques, applicable au 1er mai 2011.

D'après la base de données du BRGM, le terrain, se situe dans une zone d'aléa à priori nul concernant le risque de retrait-gonflement des argiles.



Extrait de carte de l'aléa retrait-gonflement des argiles (Source : Géorisques)

D'après les informations disponibles sur le site « géorisques.gouv.fr », la commune étudiée a fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle concernant les évènements suivants :

Arrêtés portant reconnaissance de catastrophes naturelles sur la commune

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
56PREF19990073	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Inondations et coulées de boue : 2

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
56PREF20010028	12/12/2000	12/12/2000	12/02/2001	23/02/2001
56PREF19880018	15/01/1988	25/02/1988	07/04/1988	21/04/1988

Tempête : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
56PREF19870072	15/10/1987	16/10/1987	22/10/1987	24/10/1987

III.3. HYDROGEOLOGIE

Lors de notre campagne de reconnaissance (janvier 2022 à février 2022), nous avons observé dans les sondages, les arrivées d'eau suivantes :

Les niveaux d'eau suivants ont été relevés dans les piézomètres :

Sondages	SC1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	SK1
Date	18/01/22	14/02/22	14/02/22	15/02/22	15/02/22	03/02/22
Cote NGF / Tête de sondage	150.15	135.40	129.80	132.20	140.65	145.15
Prof niveau d'eau non stabilisé	7.00	3.00	0.50	0.70	3.00	7.00
Prof niveau d'eau stabilisé	-	2.50	0.70	0.10	0.70	4.40
Cote NGF du niveau d'eau stabilisé	-	132.90	129.10	132.10	139.95	140.75

Sondages	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7
Date	14/02/22	14/02/22	14/02/22	14/02/22	14/02/22	14/02/22
Cote NGF / Tête de sondage	144.55	142.65	141.60	140.55	140.35	139.95
Prof niveau d'eau non stabilisé	2.00	3.00	3.00	2.50	3.00	3.20
Prof niveau d'eau stabilisé	1.60	1.05	0.50	0.75	2.45	3.20
Cote NGF du niveau d'eau stabilisé	142.95	141.60	141.10	139.80	137.95	136.75

Sondages	SK8	SK9	SK10	SK11	SK12
Date	14/02/22	14/02/22	14/02/22	14/02/22	14/02/22
Cote NGF / Tête de sondage	139.35	138.25	136.45	135.10	132.35
Prof niveau d'eau non stabilisé	2.00	3.30	2.00	2.00	2.00
Prof niveau d'eau stabilisé	3.40	3.35	2.45	2.95	3.20
Cote NGF du niveau d'eau stabilisé	135.95	134.90	134.00	132.05	129.15

Ceci montre la présence de circulations préférentielles **ou d'une nappe** au sein des différents horizons.

Ces relevés ayant un caractère ponctuel et instantané, ils ne permettent pas de préciser l'amplitude des variations du niveau d'eau qui peut remonter fortement en période pluvieuse.

Des circulations d'eau superficielles peuvent également se produire.

➤ Essais d'eau ponctuels

Les essais de perméabilité in-situ réalisés à charge variable donnent pour résultats :

Sondage	Nature du sol	Prof.	Coefficient de perméabilité K
			m/s
SK1	Altérite de siltite	0.0 à 2.4 m	$1,0 \cdot 10^{-6}$
SK1		2.0 à 7.3 m	$1,0 \cdot 10^{-6}$
SK2		3.0 à 6.16 m	$3,5 \cdot 10^{-6}$
SK3		4.0 à 8.27 m	$5,9 \cdot 10^{-7}$
SK4		0.0 à 3.2 m	$1,1 \cdot 10^{-7}$
SK5		1.0 à 3.2 m	$1,9 \cdot 10^{-7}$
SK5		3.0 à 6.14 m	$3,2 \cdot 10^{-7}$
SK6		5,0 à 7.26 m	$2,9 \cdot 10^{-7}$
SK7		5.0 à 5.48 m	$2,5 \cdot 10^{-7}$
SK8		5.0 à 9.3 m	$1,3 \cdot 10^{-6}$
SK9		6.0 à 9.28 m	$1,9 \cdot 10^{-7}$
SK10		0.0 à 3.4 m	$4,0 \cdot 10^{-6}$
SK10		3.0 à 8.09 m	-
SK11		2.0 à 7.21 m	$2,4 \cdot 10^{-6}$
SK11bis		2.0 à 7.21 m	$3,8 \cdot 10^{-6}$
SK12		1.0 à 3.0 m	$9,9 \cdot 10^{-7}$
SK12		3.0 à 7.65 m	$4,2 \cdot 10^{-7}$

III.4. POLLUTION

Lors de notre intervention, nous n'avons détecté aucun indice évident de pollution dans les sondages réalisés (c'est-à-dire sous une forme détectable visuellement ou olfactivement).

Il n'est toutefois pas impossible que le terrain soit imprégné de substances polluantes. Cependant, la recherche de polluant n'est pas l'objet d'une mission géotechnique en général ni de notre mission en particulier.



CONDITIONS GENERALES

1. Avertissement, préambule

Toute commande et ses avenants éventuels impliquent de la part du cocontractant, ci-après dénommé « le Client », signataire du contrat et des avenants, acceptation sans réserve des présentes conditions générales.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres, sauf conditions particulières contenues dans le devis ou dérogation formelle et explicite. Toute modification de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit du Prestataire.

2. Déclarations obligatoires à la charge du Client, (DT, DICT, ouvrages exécutés)

Dans tous les cas, la responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en cas de dommages à des ouvrages publics ou privés (en particulier, ouvrages enterrés et canalisations) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à sa mission.

Conformément au décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, le Client doit fournir, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles DICT (le délai de réponse est de 15 jours) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

Conformément à l'art L 411-1 du code minier, le Client s'engage à déclarer à la DREAL tout ouvrage réalisé de plus de 10 m de profondeur. De même, conformément à l'article R 214-1 du code de l'environnement, le Client s'engage à déclarer auprès de la DDT du lieu des travaux les sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

3. Cadre de la mission, objet et nature des prestations, prestations exclues, limites de la mission

Le terme « prestation » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire. Toute prestation différente de celles prévues fera l'objet d'un prix nouveau à négocier. Il est entendu que le Prestataire s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation est une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux. Le Prestataire réalise la mission dans les strictes limites de sa définition donnée dans son offre (validité limitée à trois mois à compter de la date de son établissement), confirmée par le bon de commande ou un contrat signé du Client.

La mission et les investigations éventuelles sont strictement géotechniques et n'abordent pas le contexte environnemental. Seule une étude environnementale spécifique comprenant des investigations adaptées permettra de détecter une éventuelle contamination des sols et/ou des eaux souterraines.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement convenue dans le devis ; dans ce cas, la solidarité ne s'exerce que sur la durée de la mission.

Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigations est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude ou de conseil. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés.

Si le Prestataire déclare être titulaire de la certification ISO 9001, le Client agit de telle sorte que le Prestataire puisse respecter les dispositions de son système qualité dans la réalisation de sa mission.

4. Plans et documents contractuels

Le Prestataire réalise la mission conformément à la réglementation en vigueur lors de son offre, sur la base des données communiquées par le Client. Le Client est seul responsable de l'exactitude de ces données. En cas d'absence de transmission ou d'erreur sur ces données, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité.

5. Limites d'engagement sur les délais

Sauf indication contraire précise, les estimations de délais d'intervention et d'exécution données aux termes du devis ne sauraient engager le Prestataire. Sauf stipulation contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard et si tel devait être le cas elles seraient plafonnées à 5% de la commande. En toute hypothèse, la responsabilité du Prestataire est dérogée de plein droit en cas d'insuffisance des informations fournies par le Client ou si le Client n'a pas respecté ses obligations, en cas de force majeure ou d'événements imprévisibles (notamment la rencontre de sols inattendus, la survenance de circonstances naturelles exceptionnelles) et de manière générale en cas d'événement extérieur au Prestataire modifiant les conditions d'exécution des prestations objet de la commande ou les rendant impossibles.

Le Prestataire n'est pas responsable des délais de fabrication ou d'approvisionnement de fournitures lorsqu'elles font l'objet d'un contrat de négoce passé par le Client ou le Prestataire avec un autre Prestataire.

6. Formalités, autorisations et obligations d'information, accès, dégâts aux ouvrages et cultures

Toutes les démarches et formalités administratives ou autres, en particulier l'obtention de l'autorisation de pénétrer sur les lieux pour effectuer des prestations de la mission sont à la charge du Client. Le Client se charge d'une part d'obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public, d'autre part de fournir tous les documents relatifs aux dangers et aux risques cachés, notamment ceux liés aux réseaux, aux obstacles enterrés et à la pollution des sols et des nappes. Le Client s'engage à communiquer les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité et respect de l'environnement : il assure en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, entrant dans ces domaines, préalablement à l'exécution de la mission. Le Client sera tenu responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel dû à une spécificité du site connue de lui et non clairement indiquée au Prestataire avant toutes interventions.

Sauf spécifications particulières, les travaux permettant l'accessibilité aux points de sondages ou d'essais et l'aménagement des plates-formes ou grutage nécessaires aux matériels utilisés sont à la charge du Client.

Les investigations peuvent entraîner d'inévitables dommages sur le site, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part de son exécutant. Les remises en état, réparations ou indemnités correspondantes sont à la charge du Client.

7. Implantation, nivellement des sondages

Au cas où l'implantation des sondages est imposée par le Client ou son conseil, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation. La mission ne comprend pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais. Pour que ces altitudes soient garanties, il convient qu'elles soient relevées par un Géomètre Expert avant remodelage du terrain. Il en va de même pour l'implantation des sondages sur le terrain.

8. Hydrogéologie

Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et à un moment précis. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux, les cotes de crue et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

9. Recommandations, aléas, écart entre prévision de l'étude et réalité en cours de travaux

Si, en l'absence de plans précis des ouvrages projetés, le Prestataire a été amené à faire une ou des hypothèses sur le projet, il appartient au Client de lui communiquer par écrit ses observations éventuelles sans quoi, il ne pourrait en aucun cas et pour quelque raison que ce soit lui être reproché d'avoir établi son étude dans ces conditions.

L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inéluctables à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à traiter à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des missions de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

10. Rapport de mission, réception des travaux, fin de mission, délais de validation des documents par le client

A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du dernier document à fournir dans le cadre de la mission fixe le terme de la mission. La date de la fin de mission est celle de l'approbation par le Client du dernier document à fournir dans le cadre de la mission. L'approbation doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client, et est considérée implicite en cas de silence. La fin de la mission donne lieu au paiement du solde de la mission.

CONDITIONS GENERALES (SUITE)

11. Réserve de propriété, confidentialité, propriété des études, diagrammes

Les coupes de sondages, plans et documents établis par les soins du Prestataire dans le cadre de sa mission ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne devient propriétaire des prestations réalisées par le Prestataire qu'après règlement intégral des sommes dues. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour son propre compte ou celui de tiers toute information se rapportant au savoir-faire du Prestataire, qu'il soit breveté ou non, portée à sa connaissance au cours de la mission et qui n'est pas dans le domaine public, sauf accord préalable écrit du Prestataire. Si dans le cadre de sa mission, le Prestataire mettrait au point une nouvelle technique, celle-ci serait sa propriété. Le Prestataire serait libre de déposer tout brevet s'y rapportant, le Client bénéficiant, dans ce cas, d'une licence non exclusive et non cessible, à titre gratuit et pour le seul ouvrage étudié.

12. Modifications du contenu de la mission en cours de réalisation

La nature des prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le client et ceux recueillis lors de l'établissement de l'offre. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement de son offre touchant à la géologie, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant en cours de mission autorisent le Prestataire à proposer au Client un avenant avec notamment modification des prix et des délais. A défaut d'un accord écrit du Client dans un délai de deux semaines à compter de la réception de la lettre d'adaptation de la mission, Le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution de sa mission, les prestations réalisées à cette date étant rémunérées intégralement, et sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Dans l'hypothèse où le Prestataire est dans l'impossibilité de réaliser les prestations prévues pour une cause qui ne lui est pas imputable, le temps d'immobilisation de ses équipes est rémunéré par le client.

13. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport constitue une synthèse de la mission définie par la commande. Le rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou pour un projet différent de celui objet de la mission, ne saurait engager la responsabilité du Prestataire et pourra entraîner des poursuites judiciaires. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet et à son environnement ou tout élément nouveau mis à jour au cours des travaux et non détecté lors de la mission d'origine, nécessite une adaptation du rapport initial dans le cadre d'une nouvelle mission.

Le client doit faire actualiser le dernier rapport de mission en cas d'ouverture du chantier plus de 1 an après sa livraison. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

14. Conditions d'établissement des prix, variation dans les prix, conditions de paiement, acompte et provision, retenue de garantie

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils sont majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement de l'offre. Ils sont fermes et définitifs pour une durée de trois mois. Au-delà, ils sont actualisés par application de l'indice "Sondages et Forages TP 04" pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'Indice de base étant celui du mois de l'établissement du devis.

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur le coût de la mission.

Dans le cas où le marché nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies. Lors de la passation de la commande ou de la signature du contrat, le Prestataire peut exiger un acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières et correspond à un pourcentage du total estimé des honoraires et frais correspondants à l'exécution du contrat. Le montant de cet acompte est déduit de la facture ou du décompte final. En cas de sous-traitance dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975. Les paiements interviennent à réception de la facture et sans escompte. En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité de retard sera exigible sans qu'un rappel soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement des prestations de la mission réalisées antérieurement. La compensation est formellement exclue : le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue des honoraires dus.

15. Résiliation anticipée

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de conciliation. En cas de force majeure, cas fortuit ou de circonstances indépendantes du Prestataire, celui-ci a la faculté de résilier son contrat sous réserve d'en informer son Client par lettre recommandée avec accusé de réception. En toute hypothèse, en cas d'inexécution par l'une ou l'autre des parties de ses obligations, et 8 jours après la mise en demeure visant la présente clause résolutoire demeurée sans effet, le contrat peut être résilié de plein droit. La résiliation du contrat implique le paiement de l'ensemble des prestations régulièrement exécutées par le Prestataire au jour de la résiliation et en sus, d'une indemnité égale à 20 % des honoraires qui resteraient à percevoir si la mission avait été menée jusqu'à son terme.

16. Répartition des risques, responsabilités et assurances

Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte tenu de sa compétence. Ainsi par exemple, l'attention du Client est attirée sur le fait que le béton armé est inévitablement fissuré, les revêtements appliqués sur ce matériau devant avoir une souplesse suffisante pour s'adapter sans dommage aux variations d'ouverture des fissures. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution de la mission spécifiquement confiée. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la mission doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une mission complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la mission complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir de données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des prestations est entachée d'une incertitude fonction de la représentativité de ces données ponctuelles extrapolées à l'ensemble du site. Toutes les pénalités et indemnités qui sont prévues au contrat ou dans l'offre remise par le Prestataire ont la nature de dommages et intérêts forfaitaires, libératoires et exclusifs de toute autre sanction ou indemnisation.

Assurance décennale obligatoire

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances. Conformément aux usages et aux capacités du marché de l'assurance, le contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'adaptation de la garantie pour les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€. Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Le client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voir inusuels sont exclus du présent contrat et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. Le prix fixé dans l'offre ayant été déterminé en fonction de conditions normales d'assurabilité de la mission, il sera réajusté, et le client s'engage à l'accepter, en cas d'éventuelle sur-cotation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. A défaut de respecter ces engagements, le client en supportera les conséquences financières (notamment en cas de défaut de garantie du Prestataire, qui n'aurait pu s'assurer dans de bonnes conditions, faute d'informations suffisantes). Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier),

Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire qui en référera à son assureur pour détermination des conditions d'assurance. Les limitations relatives au montant des chantiers auxquels le Prestataire participe ne sont pas applicables aux missions portant sur des ouvrages d'infrastructure linéaire, c'est-à-dire routes, voies ferrées, tramway, etc. En revanche, elles demeurent applicables lorsque sur le tracé linéaire, la/les mission(s) de l'assuré porte(nt) sur des ouvrages précis tels que ponts, viaducs, échangeurs, tunnels, tranchées couvertes... En tout état de cause, il appartient au client de prendre en charge toute éventuelle sur-cotation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le client et le maître d'ouvrage.

Le Prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat. A ce titre, il est responsable de ses prestations dont la déféctuosité lui est imputable. Le Prestataire sera garanti en totalité par le Client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont il serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le Prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations déféctueuses. La responsabilité globale et cumulée du Prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée à trois fois le montant de ses honoraires sans pour autant excéder les garanties délivrées par son assureur, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique. Il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements.

17. Cessibilité de contrat

Le Client reste redevable du paiement de la facture sans pouvoir opposer à quelque titre que ce soit la cession du contrat, la réalisation pour le compte d'autrui, l'existence d'une promesse de porte-fort ou encore l'existence d'une stipulation pour autrui.

18. Litiges

En cas de litige pouvant survenir dans l'application du contrat, seul le droit français est applicable. Seules les juridictions du ressort du siège social du Prestataire sont compétentes, même en cas de demande incidente ou d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs.

CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés, Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques: notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs: plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives:

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- Donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

ENCHAINEMENT DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

(Extraits de la norme NF P 94-500 du 30 novembre 2013 – Chapitre 4.2)

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

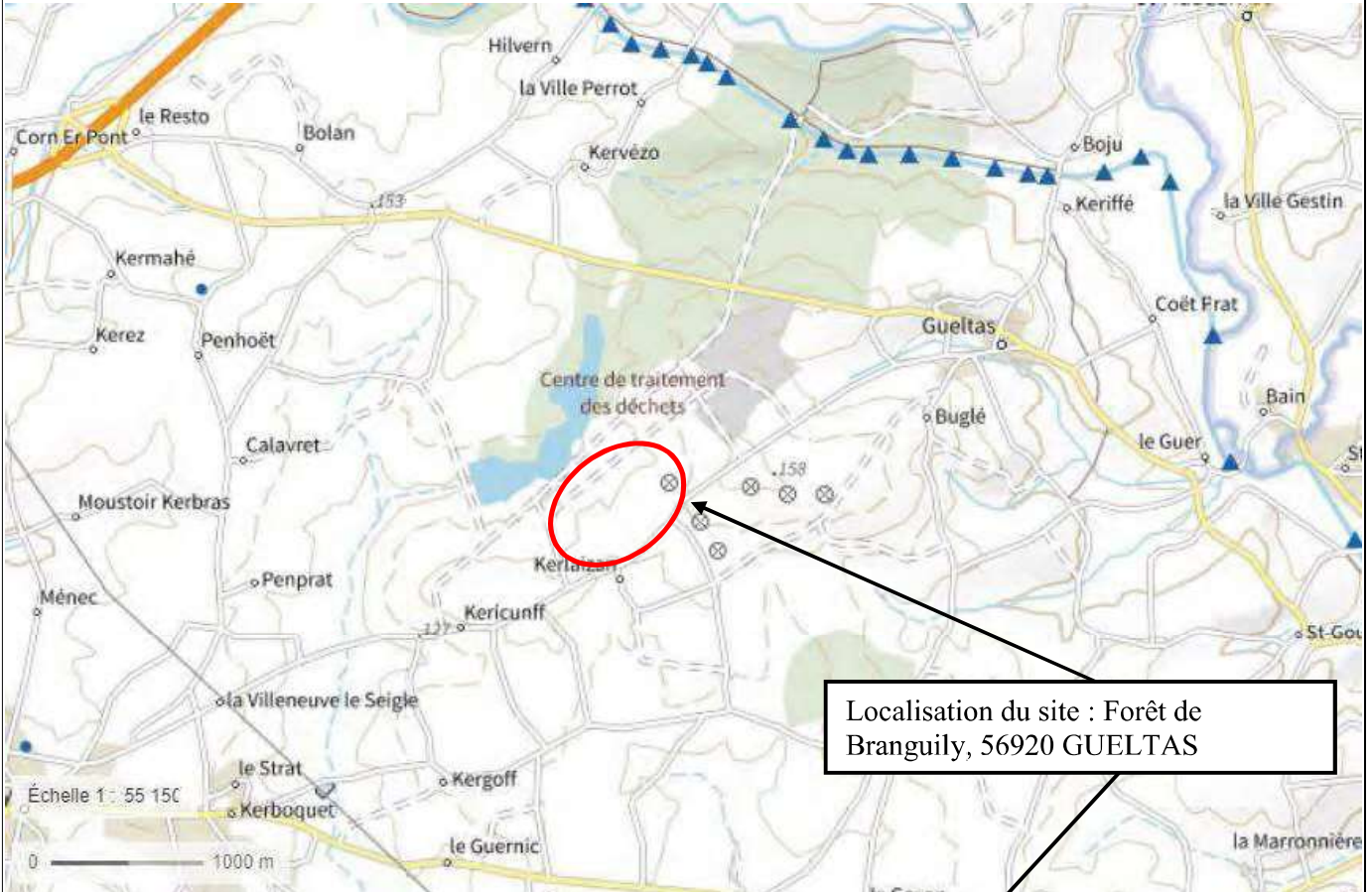
Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'oeuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Etude géotechnique préalable (G1)		Etude géotechnique préalable (G1) Phase Etude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Etude préliminaire, Esquisse, APS	Etudes géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonctions des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Etude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Etude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	PRO	Etudes géotechniques de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (<i>choix constructifs</i>)
	DCE/ACT	Etude géotechnique de conception (G2) Phase DCE/ACT		Consultation sur le projet de base/choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Etudes géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Etude de suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Etude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase supervision du suivi)	Etude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (<i>réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience</i>)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Etude et suivi géotechniques d'exécutions (G3) Phase Suivi (en interaction avec la Phase Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
A toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

ANNEXES



GUELTAS
Extension d'un centre de stockage

Plan de situation





Campagne de reconnaissance (Février 2022)



Echelle approximative : 0 40 80 120 140 160m

Echelle 1 : 6 768





Sondage : SC1+PZ1

Inclinaison/Verticale :

Date : 14/01/2022

Site : GUELTAS

X : 1266592.70 (L93 CC48)

Echelle : 1/100

Y : 7225859.70 (L93 CC48)

Z : 150.15 NGF

Page : 1/2

Affaire : 2021/10276/NANTS

Cote	Prof.	Nature du terrain	Echantillons	Eau	Outil	Tubage	Equipement	% Carottage (%)			RQD (%)		Perméabilité (m/s)	Date
								0	50	100	0	100		
150.15	0.00													
149.95	0.20													
149.65	0.50	Faciès végétal												
		Limon argileux marron												
		Altérite de siltite ocre grisâtre à graviers de quartz et de schiste altéré	Caisse n°1											
148.15	2.00		2,00 m											
147.65	2.50	GAINÉ	EI n°1											
		Altérite de siltite gris ocre à verdâtre (oxydation à partir de 3.80 m/TA)	Caisse n°2											
			4,00 m											
144.65	5.50		Caisse n°3											
			6,00 m											
		Altérite de siltite pourpre grisâtre (légèrement argileuse de 6.00 à 6.50 m/TA)	Caisse n°4											
143.15	7.00		7,00 m											
		Altérite de siltite limono-sableuse à graviers de quartz et de schiste altéré	Caisse n°4											
142.55	7.60		7.60 m											
142.15	8.00		EI n°2											
		GAINÉ												
		Altérite argileuse de siltite grise rosâtre	Caisse n°5											
141.15	9.00		Caisse n°5											
140.65	9.50		EI n°2											
140.15	10,00		Caisse n°5											
		Altérite argileuse de siltite grise rosâtre	Caisse n°5											
		Altérite argileuse de siltite marron ocre grisâtre à graviers de schiste altéré	Caisse n°6											
139.15	11,00		11,00 m											
138.75	11,40		EI n°3											
		GAINÉ												
		Altérite argileuse de siltite marron ocre grisâtre à graviers de schiste altéré devenant gris verdâtre à partir de 12.40 m/TA	Caisse n°7											
136.75	13,40		13,40 m											
		Altérite de siltite marron à quelques graviers et légèrement argileuse	Caisse n°8											
135.35	14,80		Caisse n°8											
		Altérite argileuse de siltite gris marron à graviers de schiste altéré à partir de 15.40 m/TA	Caisse n°9											
133.55	16,60		15,40 m											
		Siltite altérée très friable fracturée (trace d'oxydation ocre)	Caisse n°9											
			17,40 m											
130.75	19,40		Caisse n°10											
		Siltite très altérée friable tendre gris verdâtre	Caisse n°10											
			19,40 m											
			Caisse n°11											
			19,40 m											
			Caisse n°11											
			19,40 m											

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.23

Observations : Arrêt du sondage à 30.20 m/TA.
 Mise en place d'un tubage jusque 16.50 m de profondeur.
Pose d'un piézomètre 51/60mm, longueur : 30.20m, crépiné de 6.00 à 30.00, avec tête de protection : Capot hors sol



Sondage : SC1+PZ1

Inclinaison/Verticale :

Date : 14/01/2022

Site : GUELTAS

X : 1266592.70 (L93 CC48)

Echelle : 1/100

Y : 7225859.70 (L93 CC48)


Z : 150.15 NGF

Page : 2/2

Affaire : 2021/10276/NANTS

Cote	Prof.	Nature du terrain	Echantillons	Eau	Outil	Tubage	Equipement	% Carottage (%)		RQD (%)		Perméabilité (m/s)	Date		
								0	50	100	0			50	100
130,75	19,40	Siltite très altérée friable tendre gris verdâtre	Caisse n°11				Tube piézométrique crépiné	100		40		Néant	10/01/2022		
128,75	21,40		21,40 m			100			15						
124,75	25,40	Siltite altérée très friable tendre gris verdâtre devenant franchement gris à partir de 24.40 m/TA	Caisse n°12					100		40					
			23,40 m			100			20						
124,75	25,40		Caisse n°13					100		40					
			25,40 m			100			30						
122,75	27,40	Siltite altérée gris friable fracturé	Caisse n°14					100		55					
			27,40 m			100			50						
120,75	29,40	Siltite altérée gris friable très fracturé devenant de moins en moins friable	Caisse n°15					100		30					
			29,40 m			100			30						
119,95	30,20	Siltite légèrement altérée gris légèrement friable	Caisse n°16					100		70					
						30,20 m									

Observations :

	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

0.00 m / TA
150.05 m NGF


2.00 m / TA
148.05 m NGF



2.00 m / TA
148.05 m NGF

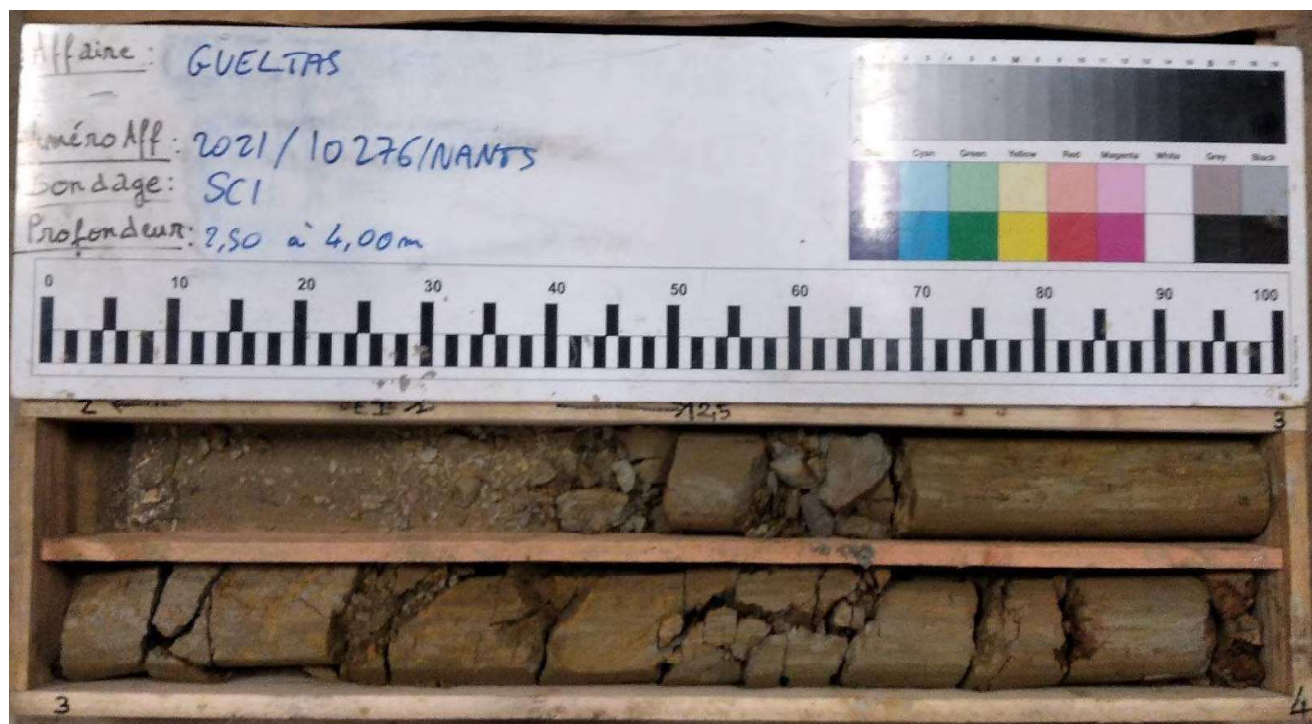
2.50 m / TA
147.55 m NGF

EI 1 (sous gaine PVC)

	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

2.50 m / TA
147,55 m NGF


4.00 m / TA
146,05 m NGF



4.00 m / TA
146,05 m NGF

6.00 m / TA
144,05 m NGF



 GÉOTEC <small>ENSEMBLE, CONCEVONS UN AVENIR DURABLE</small>	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	<i>SCI</i>	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

6.00 m / TA
144,05 m NGF


8.00 m / TA
142,05 m NGF



7.60 m / TA
142.45 m NGF

8.00 m / TA
142,05 m NGF

E12 (sous gaine PVC)

	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

8.00 m / TA
142,05 m NGF


10.00 m / TA
140,05 m NGF



9.00 m / TA
141,05 m NGF

9.50 m / TA
140,55 m NGF

EI 3 (sous gaine PVC)

	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	<i>SCI</i>	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

10.00 m / TA
140,05 m NGF


11.40 m / TA
138,65 m NGF



11.00 m / TA
139.05 m NGF

11.40 m / TA
138.65 m NGF

EI 4 (sous gaine PVC)

	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

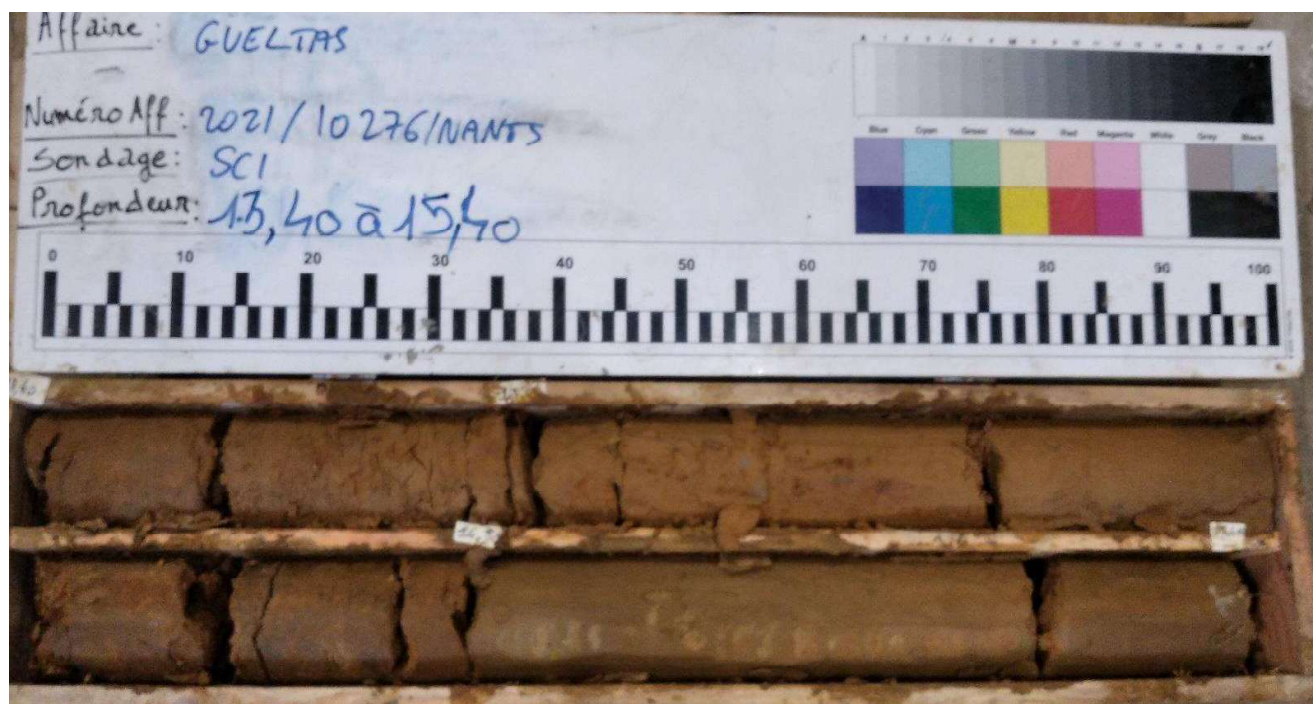
11.40 m / TA
138.65 m NGF


13.40 m / TA
136,65 m NGF



13.40 m / TA
136,65 m NGF

15.40 m / TA
134,65 m NGF



	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

15.40 m / TA
134,65 m CM


17.40 m / TA
132,65 m CM



17.40 m / TA
132,65 m NGF

19.40 m / TA
130,65 m NGF



	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

19.40 m / TA
130,65 m NGF


21.40 m / TA
128,65 m NGF



21.40 m / TA
128,65 m NGF

23.40 m / TA
126,65 m NGF



	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

23.40 m / TA
126,65 m NGF


25.40 m / TA
124,65 m NGF



25.40 m / TA
124,65 m NGF

27.40 m / TA
122,65 m NGF



	Annexe	Réf 2021/10276/NANTS	Site	Date
	SCI	Extension d'un centre de stockage	GUELTAS	Janvier 2022

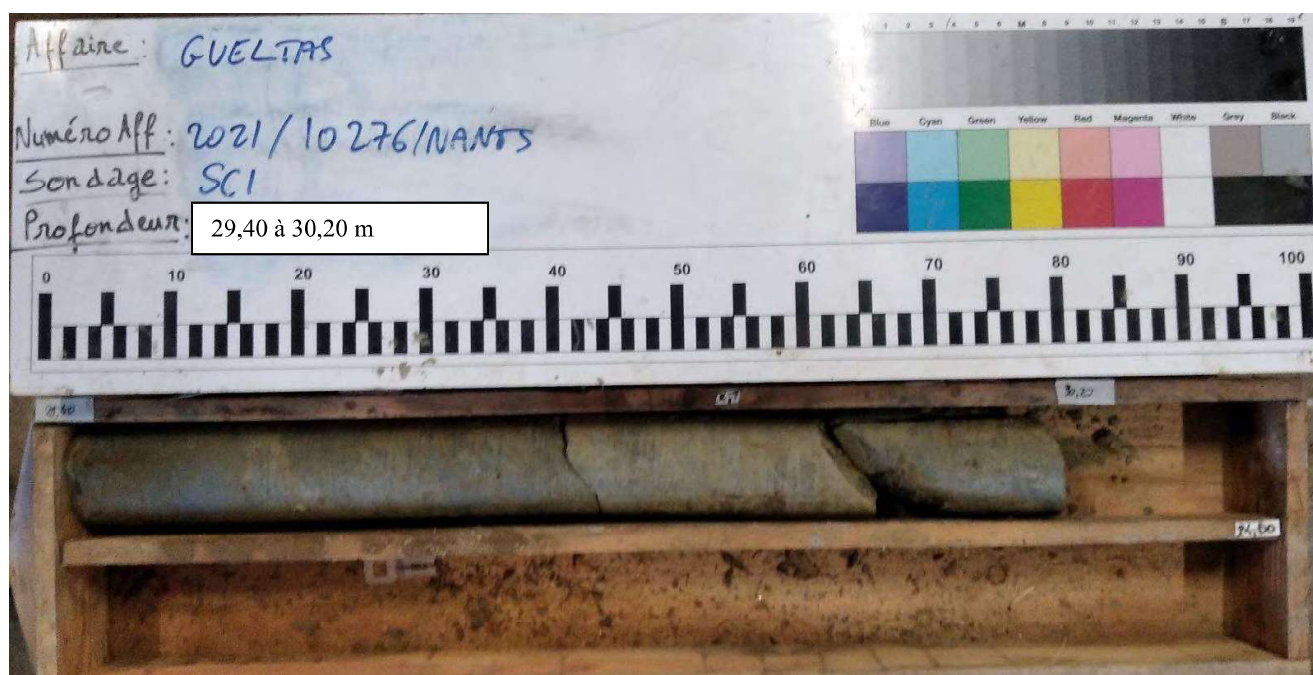
27.40 m / TA
122,65 m NGF

29.40 m / TA
120,65 m NGF



29.40 m / TA
120,65 m NGF

30.20 m / TA
119,85 m NGF



Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Equipement
135.40	0,00				
135.20	0.20				
134.90	0.50	Faciès Végétal			
134.40	1,00	Limons argileux marron			
		Altérite de siltite argileuse beige			
				2,50 m	
				14/02/2022	
			Tricône diamètre 120 mm		
		Altérite de siltite beige-gris			
					Piezomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 5,00 à 17,00 m/TA - Tête de protection : capot hors-sol
118,40	17,00				

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 2,50 m/TA le 14/02/22.

EXGTE 3.23

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 17,00 m/TA.

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Equipement
129,80	0,00		Tricône diamètre 120 mm	0,70 m	
129,80	0,20				
129,30	0,50				
128,80	1,00			14/02/2022	
118,80	11,00				



Piezomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 4,00 à 10,00 m/TA
Tête de protection : capot hors-sol

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 0,50 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 0,69 m/TA le 14/02/22.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 11,00 m/TA.

EXGTE 3.23

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Equipement
132,20	0,00				
132,00	0,20				
131,70	0,50				
131,20	1,00			15/02/2022	
		Altérite de siltite beige-gris	Tricône diamètre 120 mm		
117,20	15,00				Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 4,00 à 13,00 m/TA Tête de protection : capot hors-sol

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 0,70 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 0,11 m/TA le 15/02/22.

EXGTE 3.23

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 15,00 m/TA.



Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Equipement
140,65	0,00				
140,45	0,20				
140,15	0,50	Faciès Végétal			
		Limons argileux marron		0,70 m	
139,65	1,00	Altérite de siltite argileuse grise		15/02/2022	
			Tricône diamètre 120 mm		
		Altérite de siltite beige-gris			
					Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 3,00 à 13,00 m/TA Tête de protection : capot hors-sol
125,65	15,00				

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 0,72 m/TA le 15/02/22.

EXGTE 3.23

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 15,00 m/TA.

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement	
145,15	0,00		Tarière diamètre 100 mm	14/02/2022  4,40 m	2,0E-06 m/s	Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 2,00 à 7,00 m/TA - Tête de protection : capot hors-sol	
144,95	0,20						Faciès Végétal
144,65	0,50						Limon argileux marron
144,15	1,00						Altérite de siltite argileuse beige
		Altérite de siltite beige-ocre			1,0E-06 m/s		
137,85	7,30				7,30 m		

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 7,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 4,40 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 7,30 m/TA.

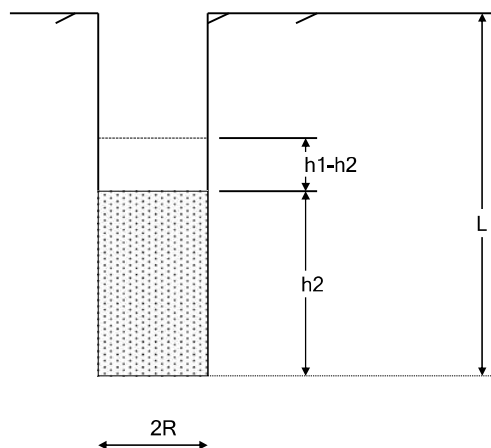
EXGTE 3.23

PROCES-VERBAL
ESSAI D'EAU PORCHET

Sondage : SK1 (b)

Lieu : .. GUeltas

Date : 15/02/2022

Niveau piézométrique : $H_p = \dots$ m

CAVITE L = .. 2 m

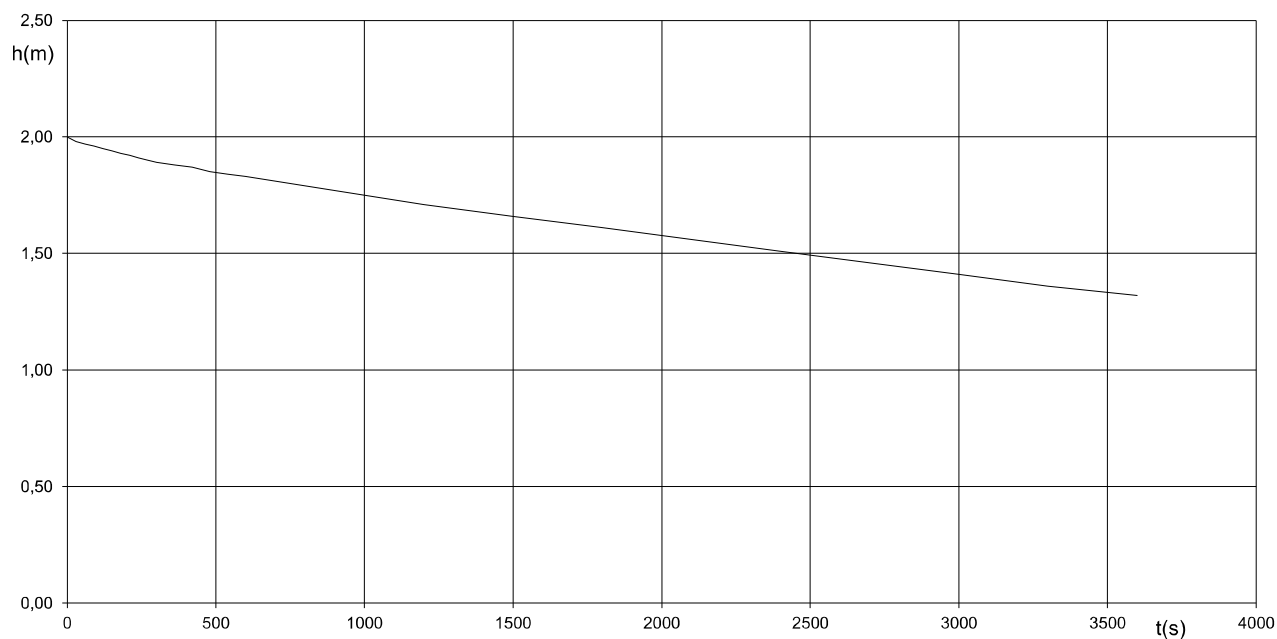
Profondeur de 0,00 m 2R = 0,051 m

à - 2,00 m

Limite de l'aquifère / H = ... m



IMPLANTATION
DU
SONDAGE
X = 1266108.47
Y = 7226082.16
Z(NGF) = 136.47 m

t(min)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00	8,00
Q(t)	0,00	1,4E-06	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	6,8E-07	3,4E-07	3,4E-07	6,8E-07
H_e	2,00	1,98	1,97	1,96	1,95	1,94	1,93	1,92	1,91	1,90	1,89	1,88	1,87	1,85
t(min)	9,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00	55,00	60,00		
Q(t)	3,4E-07	3,4E-07	4,1E-07	4,1E-07	3,4E-07	3,4E-07	3,4E-07	3,4E-07	3,4E-07	3,4E-07	3,4E-07	2,7E-07	-	-
H_e	1,84	1,83	1,77	1,71	1,66	1,61	1,56	1,51	1,46	1,41	1,36	1,32	-	-



FIRME : GEOTEC SA
9 Bd de l'EUROPE
21800 QUETIGNY les DIJON

K= 1E-06 m/s



Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement
144,55	0,00		Tarière diamètre 100 mm	14/02/2022 		Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 3,00 à 8,00 m/TA - Tête de protection : sans
144,35	0,20					
144,05	0,50					
143,55	1,00					
136,55	8,00				3,00 m	
					3,5E-06 m/s	
					8,00 m	

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 2,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 1,60 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 8,00 m/TA.

EXGTE 3.23

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement
142,65	0,00		Tarière diamètre 100 mm	14/02/2022 		
142,45	0,20					
142,15	0,50					
141,65	1,00					
133,65	9,00				4,00 m	
				5,9E-07 m/s		
					9,00 m	



 Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 4,00 à 9,00 m/TA
 Tête de protection : sans

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,00 m/TA. Niveau stabilisé à 1,05 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 9,00 m/TA.

EXGTE 3.23


Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement
141,60	0,00			0,49 m  14/02/2022		
141,40	0,20					
141,10	0,50					
140,60	1,00					
		Altérite de siltite beige-gris	Tarière diamètre 100 mm		1,1E-07 m/s	Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 4,00 à 9,00 m/TA Tête de protection : sans
132,60	9,00					

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 0,49 m/TA.

EXGTE 3.23

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 9,00 m/TA.

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement	
140,55	0,00		Tarière diamètre 100 mm	0,75 m 14/02/2022	1,00 m	Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 3,00 à 8,00 m/TA Tête de protection : sans	
140,35	0,20						Faciès Végétal
140,05	0,50						Limon argileux marron
139,55	1,00	Altérite de siltite argileuse beige			3,00 m		
		Altérite de siltite beige-ocre			3,2E-07 m/s		
132,55	8,00				8,00 m		

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 2,50 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 0,75 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 8,00 m/TA.

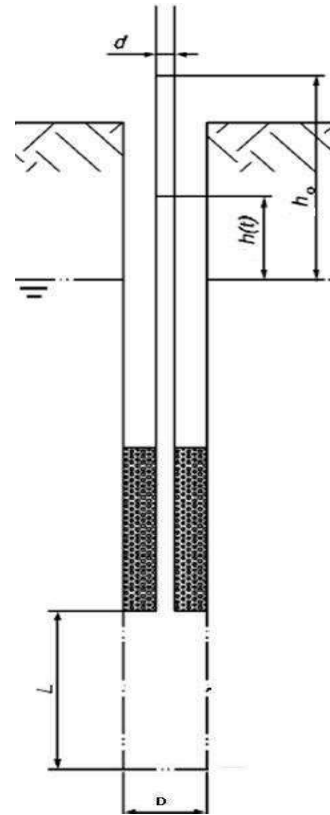
EXGTE 3.23

ESSAI A CHARGE VARIABLE EN FORAGE OUVERT

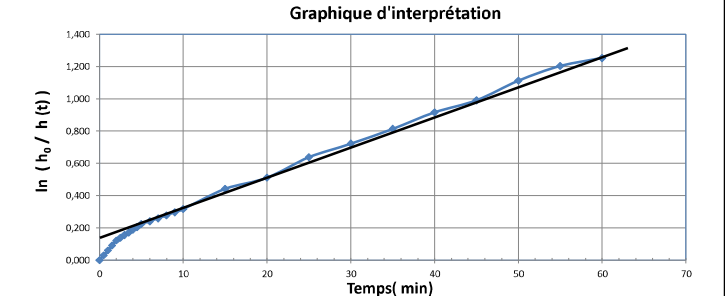
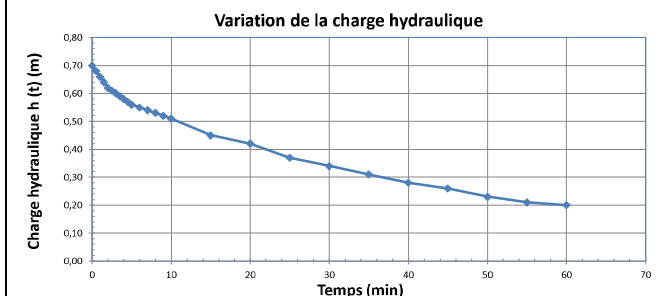
Sondage :	SK5 b	Tranche de BSP :	4	Profondeur de l'essai :	1,00 à 3,00m
-----------	--------------	------------------	----------	-------------------------	--------------

Site :	Gueltas	Mesures manuelles <input checked="" type="checkbox"/>	Acquisition données <input type="checkbox"/>	X :	1265895.53 (L93-CC48)
Réf. Affaire :	2021/10276/NANTS	Dispositif d'isolement :	Tube plein + bille d'argile	Y :	7225544.46 (L93-CC48)
Client :	ACG Environnement	Nature du soutènement :	Argile	Z :	140.55 (L93-CC48)
Date de l'essai :	15/02/2022	Nature du terrain :	Siltite et limons remaniés		


Mesures brutes des niveaux d'eaux		Interprétation	
Temps (min)	Descente (m)	h (t) (m)	ln (h ₀ / h (t))
0	0	0,70	0,000
0,5	0,02	0,68	0,029
1	0,04	0,66	0,059
1,5	0,06	0,64	0,090
2	0,08	0,62	0,121
2,5	0,09	0,61	0,138
3	0,1	0,60	0,154
3,5	0,11	0,59	0,171
4	0,12	0,58	0,188
4,5	0,13	0,57	0,205
5	0,14	0,56	0,223
6	0,15	0,55	0,241
7	0,16	0,54	0,260
8	0,17	0,53	0,278
9	0,18	0,52	0,297
10	0,19	0,51	0,317
15	0,25	0,45	0,442
20	0,28	0,42	0,511
25	0,33	0,37	0,638
30	0,36	0,34	0,722
35	0,39	0,31	0,815
40	0,42	0,28	0,916
45	0,44	0,26	0,990
50	0,47	0,23	1,113
55	0,49	0,21	1,204
60	0,5	0,20	1,253



Profondeur moyenne de la cavité (m) :	2
Longueur de la cavité L (m) =	2
Longueur tube hors sol (m) =	0,2
Diamètre du forage D (m) =	0,1
Diamètre du tube de mesure d (m) =	0,051
Section du tube de mesure A _c (m ²) =	0,0020
Profondeur du niveau stabilisé / TN (m) =	0,70
Terme correctif éventuel sur le niveau stabilisé avant essai h _{st} (m) =	0,00
Charge hydraulique initiale h ₀ (m) =	0,70
à t ₁ (min) =	5
h (t ₁) (m) =	0,56
à t ₂ (min) =	60,0
h (t ₂) (m) =	0,2



Commentaires :			
Méthode de forage :	à l'eau	Durée de la saturation	15 heures
Type de saturation :	gravitaire	Volume injecté lors de la saturation :	-
Conditions météorologiques lors de l'essai :	variables	Coefficient de perméabilité : k (m.s⁻¹) :	
			1,9E-07

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement
140,35	0,00		Tarière diamètre 100 mm	2,43 m 14/02/2022		
140,15	0,20					
139,85	0,50					
139,35	1,00					
		Altérite de siltite beige-gris			5,00 m	
				2,9E-07 m/s		
130,35	10,00				10,00 m	

Piezomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 5,00 à 10,00 m/TA
Tête de protection : sans

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 2,43 m/TA.

EXGTE 3.23

Bonne tenue des parois du sondage.

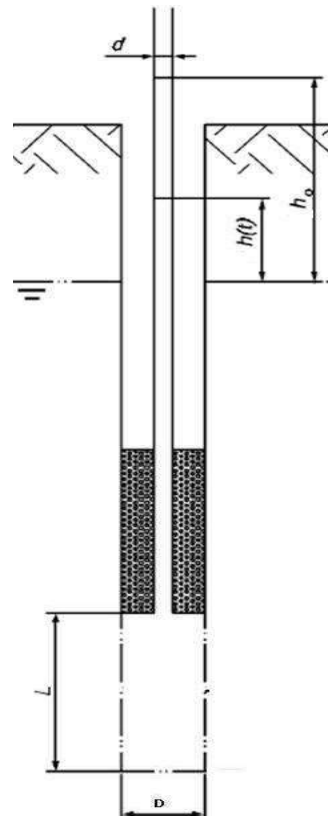
Arrêt du sondage à 10,00 m/TA.

ESSAI A CHARGE VARIABLE EN FORAGE OUVERT

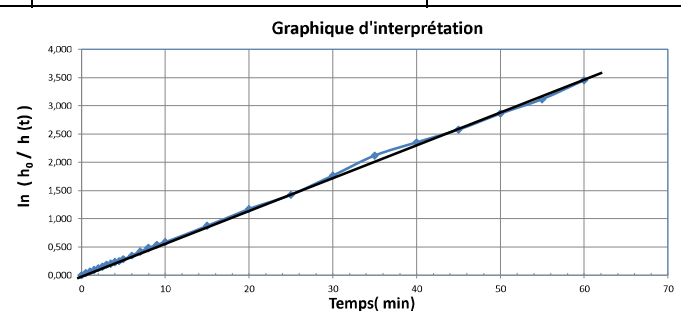
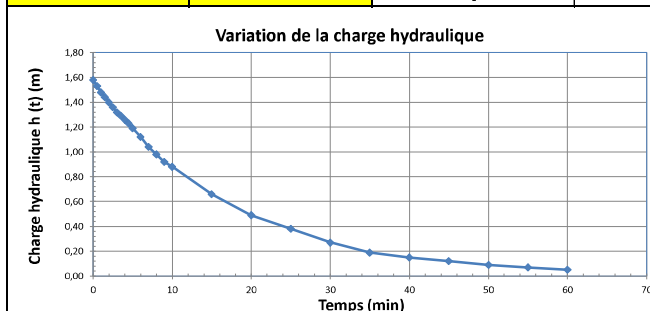
Sondage :	SK6	Tranche de BSP :	4	Profondeur de l'essai :	5,00 à 10,0m
-----------	------------	------------------	----------	-------------------------	--------------

Site :	Gueltas	Mesures manuelles <input checked="" type="checkbox"/>	Acquisition données <input type="checkbox"/>	X :	1266261.19 (L93-CC48)
Réf. Affaire :	2021/10276/NANTS	Dispositif d'isolement :	Tube plein + bille d'argile	Y :	7226042.42 (L93-CC48)
Client :	ACG Environnement	Nature du soutènement :	Argile	Z :	140.34 (L93-CC48)
Date de l'essai :	02/02/2022	Nature du terrain :	Siltite et limons remaniés		

Mesures brutes des niveaux d'eaux		Interprétation	
Temps (min)	Descente (m)	h (t) (m)	ln (h ₀ / h (t))
0	0	1,58	0,000
0,5	0,05	1,53	0,032
1	0,1	1,48	0,065
1,5	0,14	1,44	0,093
2	0,18	1,40	0,121
2,5	0,22	1,36	0,150
3	0,26	1,32	0,180
3,5	0,29	1,29	0,203
4	0,32	1,26	0,226
4,5	0,35	1,23	0,250
5	0,39	1,19	0,283
6	0,45	1,12	0,344
7	0,54	1,04	0,418
8	0,6	0,98	0,478
9	0,66	0,92	0,541
10	0,7	0,88	0,585
15	0,92	0,66	0,873
20	1,09	0,49	1,171
25	1,2	0,38	1,425
30	1,31	0,27	1,767
35	1,39	0,19	2,118
40	1,43	0,15	2,355
45	1,46	0,12	2,578
50	1,49	0,09	2,865
55	1,51	0,07	3,117
60	1,53	0,05	3,453




Profondeur moyenne de la cavité (m) :	7,5
Longueur de la cavité L (m) =	5
Longueur tube hors sol (m) =	0,65
Diamètre du forage D (m) =	0,1
Diamètre du tube de mesure d (m) =	0,051
Section du tube de mesure A _c (m ²) =	0,0020
Profondeur du niveau stabilisé / TN (m) =	2,43
Terme correctif éventuel sur le niveau stabilisé avant essai h _{st} (m) =	0,00
Charge hydraulique initiale h ₀ (m) =	1,58
à t ₁ (min) =	0
h (t ₁) (m) =	1,58
à t ₂ (min) =	60,0
h (t ₂) (m) =	0,05



Commentaires :

Méthode de forage :	à l'eau	Durée de la saturation	1 heure
Type de saturation :	gravitaire	Volume injecté lors de la saturation :	-
Conditions météorologiques lors de l'essai :	beau temps	Coefficient de perméabilité : k (m.s⁻¹) :	


2,9E-07

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement	
139,95	0,00		Tarière diamètre 100 mm	14/02/2022 3,20 m	5,00 m	Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 5,00 à 10,00 m/TA Tête de protection : sans	
139,75	0,20						Faciès Végétal
139,45	0,50						Limon argileux marron
138,95	1,00	Altérite de siltite argileuse beige					
		Altérite de siltite beige-gris					
129,95	10,00						

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,20 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 3,20 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage. Arrêt du sondage à 10,00 m/TA.

EXGTE 3.23

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement
139,35	0,00		Tarière diamètre 100 mm	3,42 m 14/02/2022	5,00 m 1,3E-06 m/s	Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 5,00 à 10,00 m/TA Tête de protection : sans
138,15	0,20					
138,85	0,50					
138,35	1,00					
129,35	10,00					

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 2,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 3,42 m/TA.

EXGTE 3.23

Bonne tenue des parois du sondage.

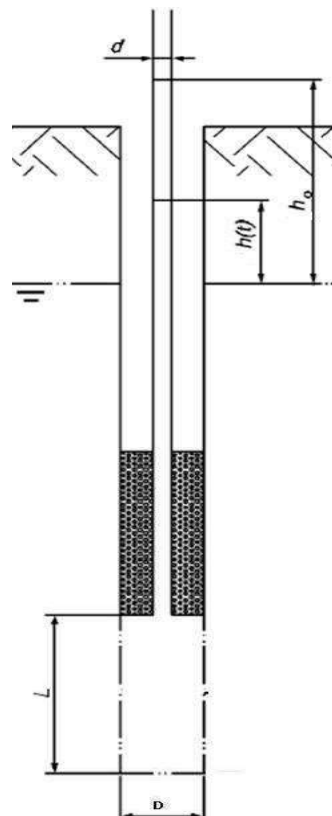
Arrêt du sondage à 10,00 m/TA.

ESSAI A CHARGE VARIABLE EN FORAGE OUVERT

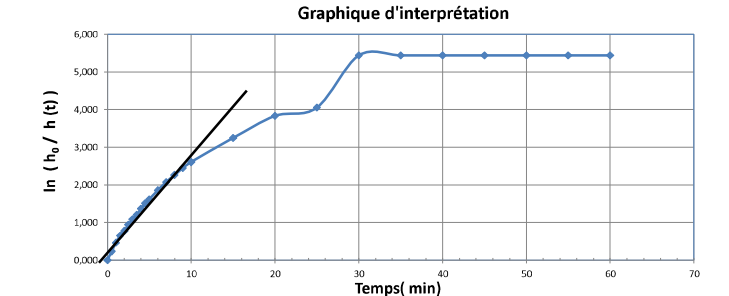
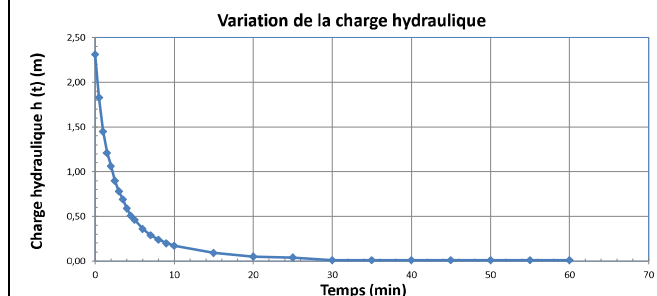
Sondage :	SK8	Tranche de BSP :	4	Profondeur de l'essai :	5,00 à 10,0 m
-----------	------------	------------------	----------	-------------------------	---------------

Site :	Gueltas	Mesures manuelles <input checked="" type="checkbox"/>	Acquisition données <input type="checkbox"/>	X :	1266009.12 (L93-CC48)
Réf. Affaire :	2021/10276/NANTS	Dispositif d'isolement :	Tube plein + bille d'argile	Y :	7225877.94 (L93-CC48)
Client :	ACG Environnement	Nature du soutènement :	Argile	Z :	139.35 (L93-CC48)
Date de l'essai :	02/02/2022	Nature du terrain :	Siltite et limons remaniés		

Mesures brutes des niveaux d'eaux		Interprétation	
Temps (min)	Descente (m)	h (t) (m)	ln (h ₀ / h (t))
0	0	2,31	0,000
0,5	0,48	1,83	0,233
1	0,86	1,45	0,466
1,5	1,1	1,21	0,647
2	1,25	1,06	0,779
2,5	1,41	0,90	0,943
3	1,53	0,78	1,086
3,5	1,62	0,69	1,208
4	1,72	0,59	1,365
4,5	1,8	0,51	1,511
5	1,85	0,46	1,614
6	1,95	0,36	1,859
7	2,02	0,29	2,075
8	2,07	0,24	2,264
9	2,11	0,20	2,447
10	2,14	0,17	2,609
15	2,22	0,09	3,245
20	2,26	0,05	3,833
25	2,27	0,04	4,056
30	2,3	0,01	5,442
35	2,3	0,01	5,442
40	2,3	0,01	5,442
45	2,3	0,01	5,442
50	2,3	0,01	5,442
55	2,3	0,01	5,442
60	2,3	0,01	5,442




Profondeur moyenne de la cavité (m) :	7,5
Longueur de la cavité L (m) =	5
Longueur tube hors sol (m) =	0,09
Diamètre du forage D (m) =	0,1
Diamètre du tube de mesure d (m) =	0,051
Section du tube de mesure A _c (m ²) =	0,0020
Profondeur du niveau stabilisé / TN (m) =	3,42
Terme correctif éventuel sur le niveau stabilisé avant essai h _{st} (m) =	0,00
Charge hydraulique initiale h ₀ (m) =	2,31
à t ₁ (min) =	0
h (t ₁) (m) =	2,31
à t ₂ (min) =	10,0
h (t ₂) (m) =	0,17



Commentaires :

Méthode de forage :	à l'eau	Durée de la saturation	1 heure
Type de saturation :	gravitaire	Volume injecté lors de la saturation :	-
Conditions météorologiques lors de l'essai :	variables	Coefficient de perméabilité : k (m.s⁻¹) :	
			1,3E-06

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	Equipement
138,25	0,00		Tarière diamètre 100 mm	3,33 m 14/02/2022		Piézomètre diamètre 51/60 mm crépiné de 6,00 à 11,00 m/TA
138,05	0,20					
137,75	0,50					
137,25	1,00					
127,25	11,00				1,9E-07 m/s	
					6,00 m	
					11,00 m	

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 3,30 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 3,33 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 11,00 m/TA.

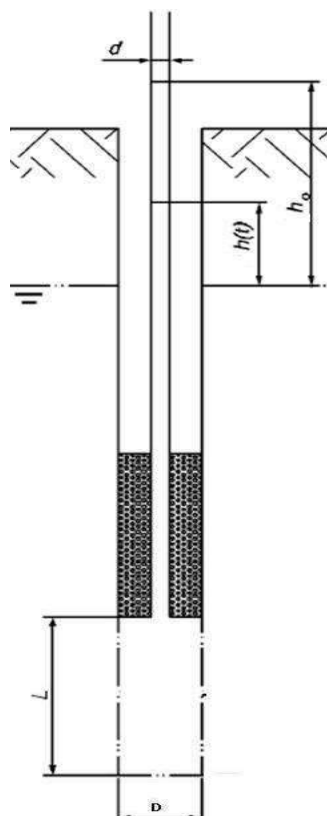
EXGTE 3.23

ESSAI A CHARGE VARIABLE EN FORAGE OUVERT

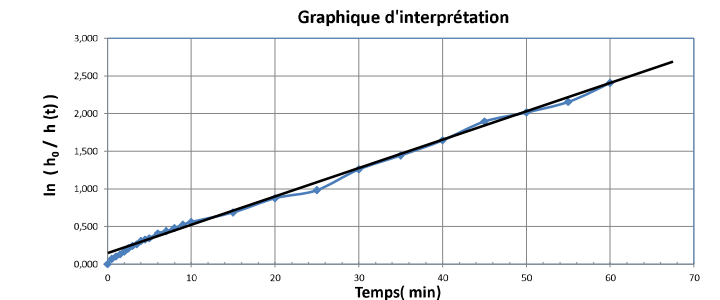
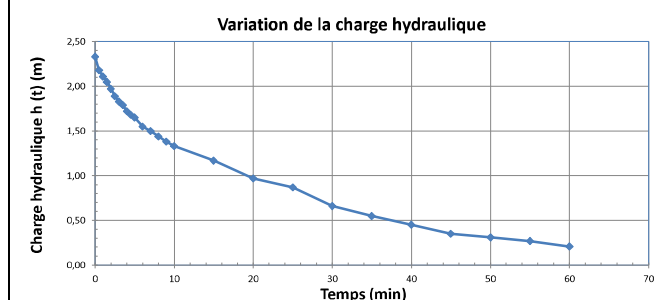
Sondage :	SK9	Tranche de BSP :	4	Profondeur de l'essai :	6,00 à 11,00 m
-----------	------------	------------------	----------	-------------------------	----------------

Site :	Gueltas	Mesures manuelles <input checked="" type="checkbox"/>	Acquisition données <input type="checkbox"/>	X :	1265866.75 (L93-CC48)
Réf. Affaire :	2021/10276/NANTS	Dispositif d'isolement :	Tube plein + bille d'argile	Y :	7225784.43 (L93-CC48)
Client :	ACG Environnement	Nature du soutènement :	Argile	Z :	138.27 (L93-CC48)
Date de l'essai :	14/02/2022	Nature du terrain :	Siltite et limons remaniés		

Mesures brutes des niveaux d'eaux		Interprétation	
Temps (min)	Descente (m)	h (t) (m)	ln (h ₀ / h (t))
0	0	2,33	0,000
0,5	0,15	2,18	0,067
1	0,22	2,11	0,099
1,5	0,28	2,05	0,128
2	0,36	1,97	0,168
2,5	0,44	1,89	0,209
3	0,5	1,83	0,242
3,5	0,54	1,79	0,264
4	0,61	1,72	0,304
4,5	0,65	1,68	0,327
5	0,68	1,65	0,345
6	0,73	1,55	0,408
7	0,83	1,50	0,440
8	0,89	1,44	0,481
9	0,95	1,38	0,524
10	1	1,33	0,561
15	1,16	1,17	0,689
20	1,36	0,97	0,876
25	1,46	0,87	0,985
30	1,67	0,66	1,261
35	1,78	0,55	1,444
40	1,88	0,45	1,644
45	1,98	0,35	1,896
50	2,02	0,31	2,017
55	2,06	0,27	2,155
60	2,12	0,21	2,407





Profondeur moyenne de la cavité (m) :	8,5
Longueur de la cavité L (m) =	5
Longueur tube hors sol (m) =	0,92
Diamètre du forage D (m) =	0,1
Diamètre du tube de mesure d (m) =	0,051
Section du tube de mesure A _c (m ²) =	0,0020
Profondeur du niveau stabilisé / TN (m) =	3,33
Terme correctif éventuel sur le niveau stabilisé avant essai h _{st} (m) =	0,00
Charge hydraulique initiale h ₀ (m) =	2,33
à t ₁ (min) =	5
h (t ₁) (m) =	1,65
à t ₂ (min) =	60,0
h (t ₂) (m) =	0,21



Commentaires :

Méthode de forage :	à l'eau	Durée de la saturation	1 heure
Type de saturation :	gravitaire	Volume injecté lors de la saturation :	-

Conditions météorologiques lors de l'essai :	variables	Coefficient de perméabilité : k (m.s⁻¹) :	1,9E-07
--	-----------	---	----------------

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité
136,45	0,00		Tarière diamètre 100 mm	 14/02/2022	4,0E-06 m/s
136,25	0,20				
135,95	0,50				
135,45	1,00				
128,45	8,00				

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 2,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 2,43 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 8,00 m/TA.

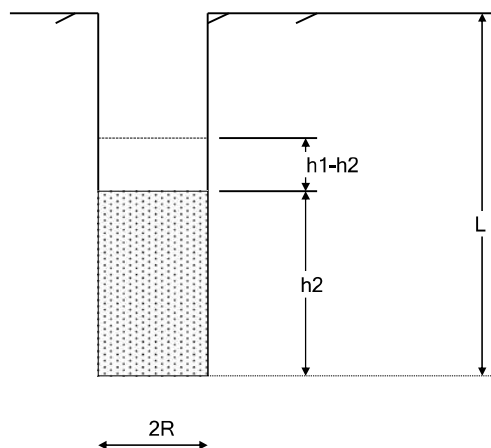
EXGTE 3.23

PROCES-VERBAL
ESSAI D'EAU PORCHET

Sondage : SK10 (a)

Lieu : .. GUeltas

Date : 02/02/2022

Niveau piézométrique : $H_p = \dots$ m

CAVITE L = .. 3 m

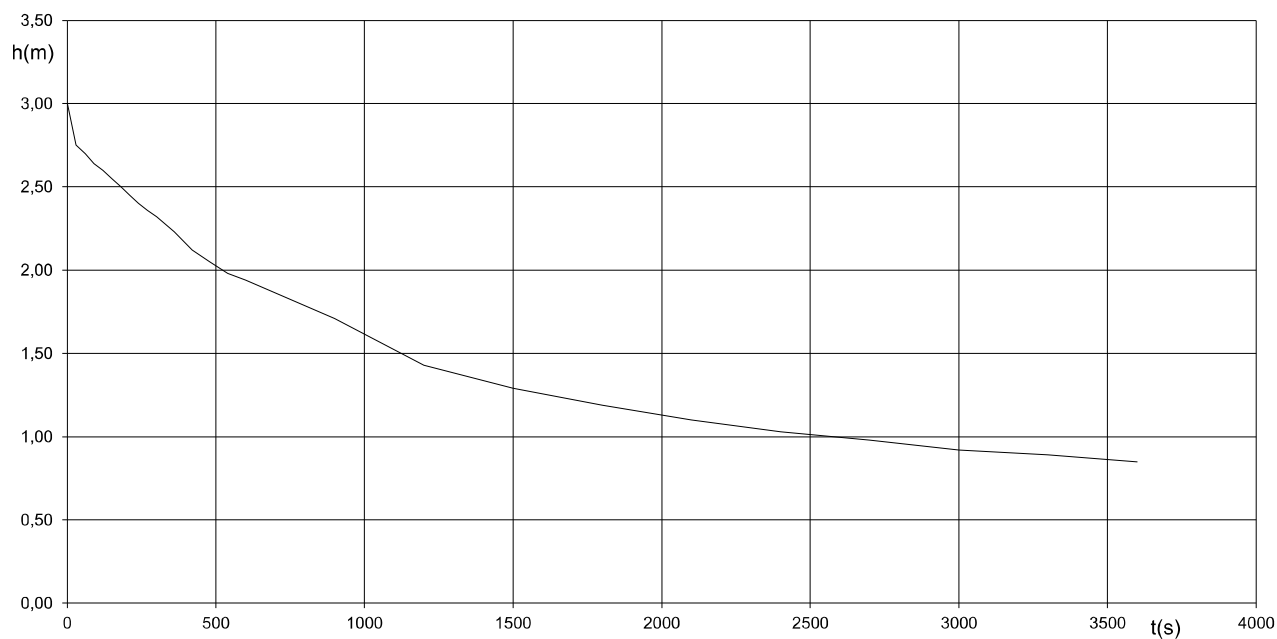
Profondeur de 0,00 m 2R = 0,051 m

à - 3,00 m

Limite de l'aquifère / H = ... m

IMPLANTATION
DU
SONDAGE
X = 1266108.47
Y = 7226082.16
Z(NGF) = 136.47 m

t(min)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00	8,00
Q(t)	0,00	1,7E-05	3,4E-06	4,1E-06	2,7E-06	3,4E-06	3,4E-06	3,4E-06	3,4E-06	2,7E-06	2,7E-06	3,1E-06	3,7E-06	2,4E-06
H_e	3,00	2,75	2,70	2,64	2,60	2,55	2,50	2,45	2,40	2,36	2,32	2,23	2,12	2,05
t(min)	9,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00	55,00	60,00		
Q(t)	2,4E-06	1,4E-06	1,6E-06	1,9E-06	9,5E-07	6,8E-07	6,1E-07	4,8E-07	3,4E-07	4,1E-07	2E-07	2,7E-07	-	-
H_e	1,98	1,94	1,71	1,43	1,29	1,19	1,10	1,03	0,98	0,92	0,89	0,85	-	-



FIRME : GEOTEC SA
9 Bd de l'EUROPE
21800 QUETIGNY les DIJON

K= 4E-06 m/s



Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité
135.10	0.00				
134.90	0.20				
134.60	0.50	Faciès Végétal			
134.10	1.00	Limons argileux marron Altérite de siltite argileuse beige			
			Tarière diamètre 100 mm	2,96 m 14/02/2022	2,00 m 2.4E-06 m/s et 3.8E-06 m/s
		Altérite de siltite beige-gris			7,00 m
127.10	8.00				

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 2,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 2,96 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 8,00 m/TA.

EXGTE 3.23

Cote	Prof.	Coupe indicative	Outil	Eau	Perméabilité	
132,35	0,00			14/02/2022 		
132,15	0,20					Faciès Végétal
131,85	0,50					Limon argileux marron
131,35	1,00					Altérite de siltite argileuse beige
		Altérite de siltite beige-gris	Tarière diamètre 100 mm	3,18 m	3,00 m	
					4,2E-07 m/s	
124,35	8,00				8,00 m	

Observations : Niveau d'eau en fin de sondage (non stabilisé) à environ 2,00 m/TA. Niveau d'eau stabilisé à 3,18 m/TA.

Bonne tenue des parois du sondage.

Arrêt du sondage à 8,00 m/TA.

EXGTE 3.23



50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : PZ AMONT

Client : GEOTEC

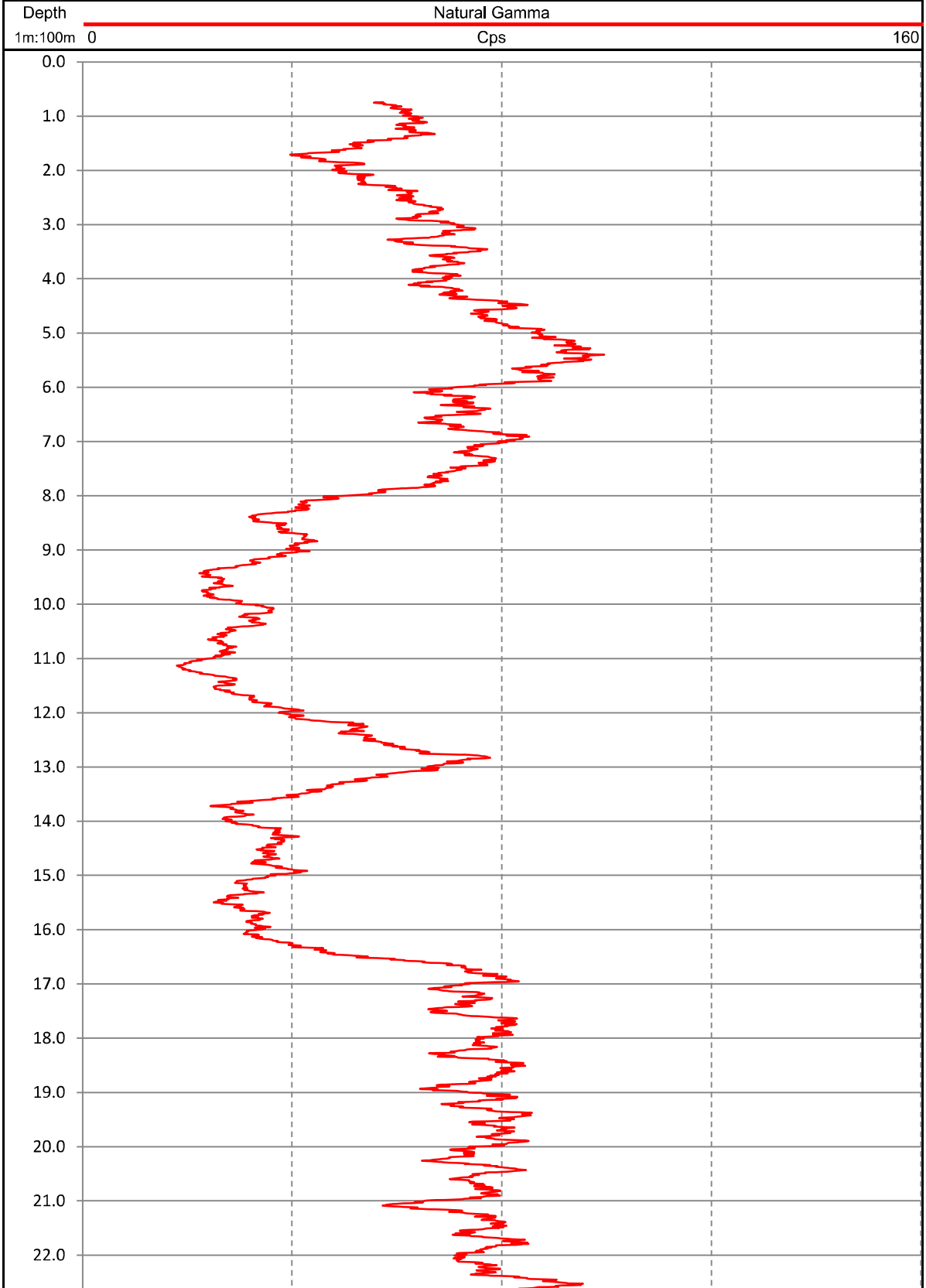
LOG : Gamma Naturel

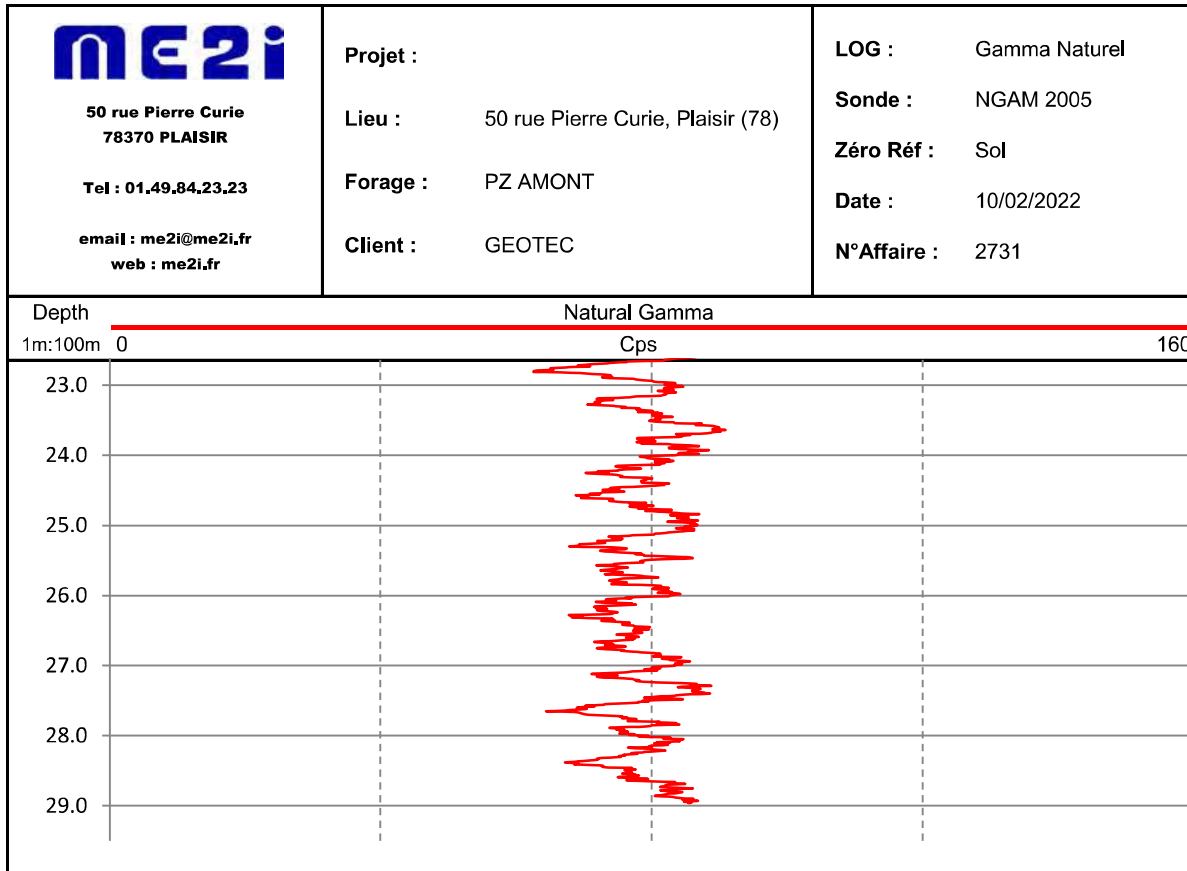
Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 10/02/2022

N°Affaire : 2731







50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : PZ AVAL N

Client : GEOTEC

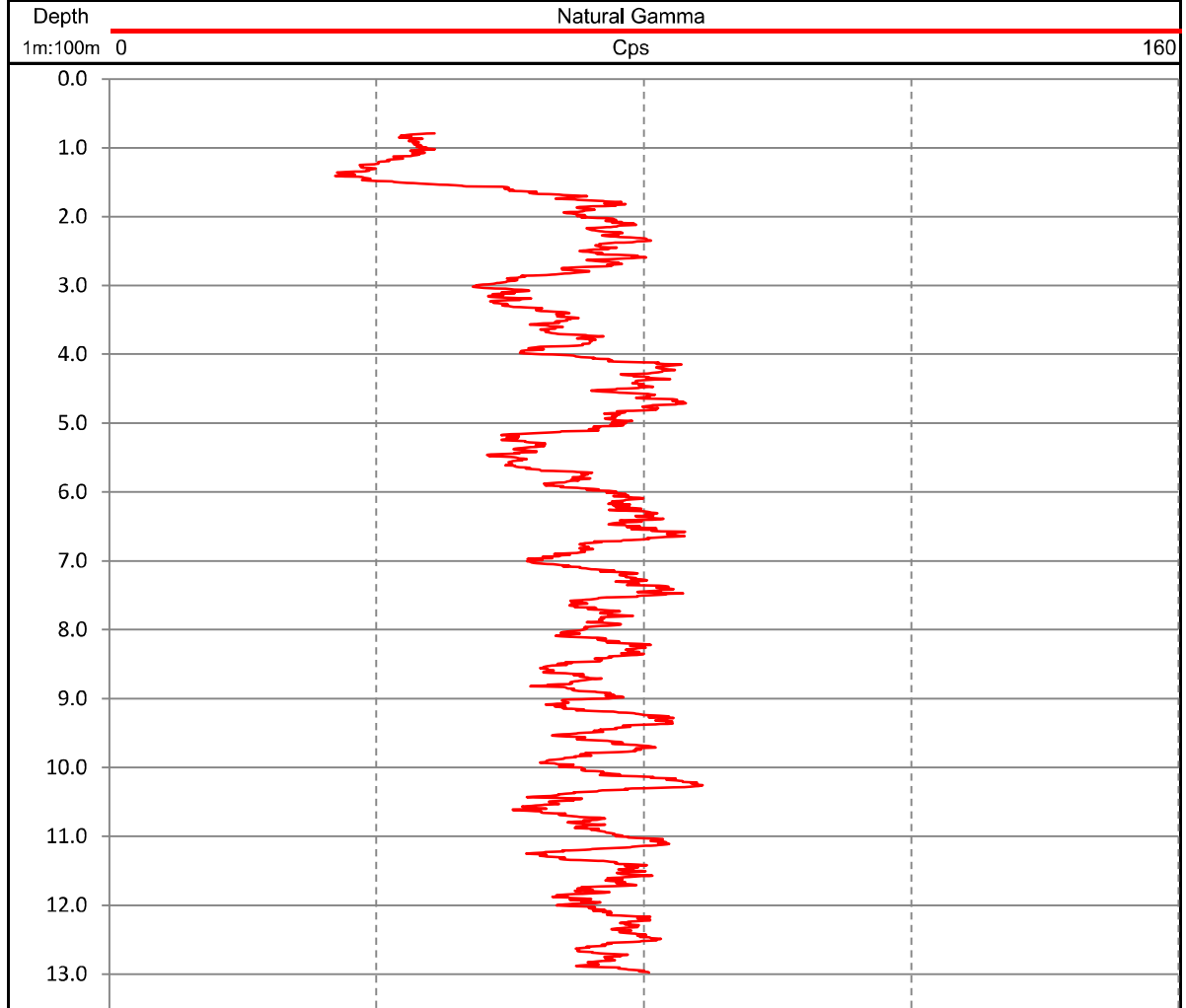
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 10/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : PZ AVAL NO

Client : GEOTEC

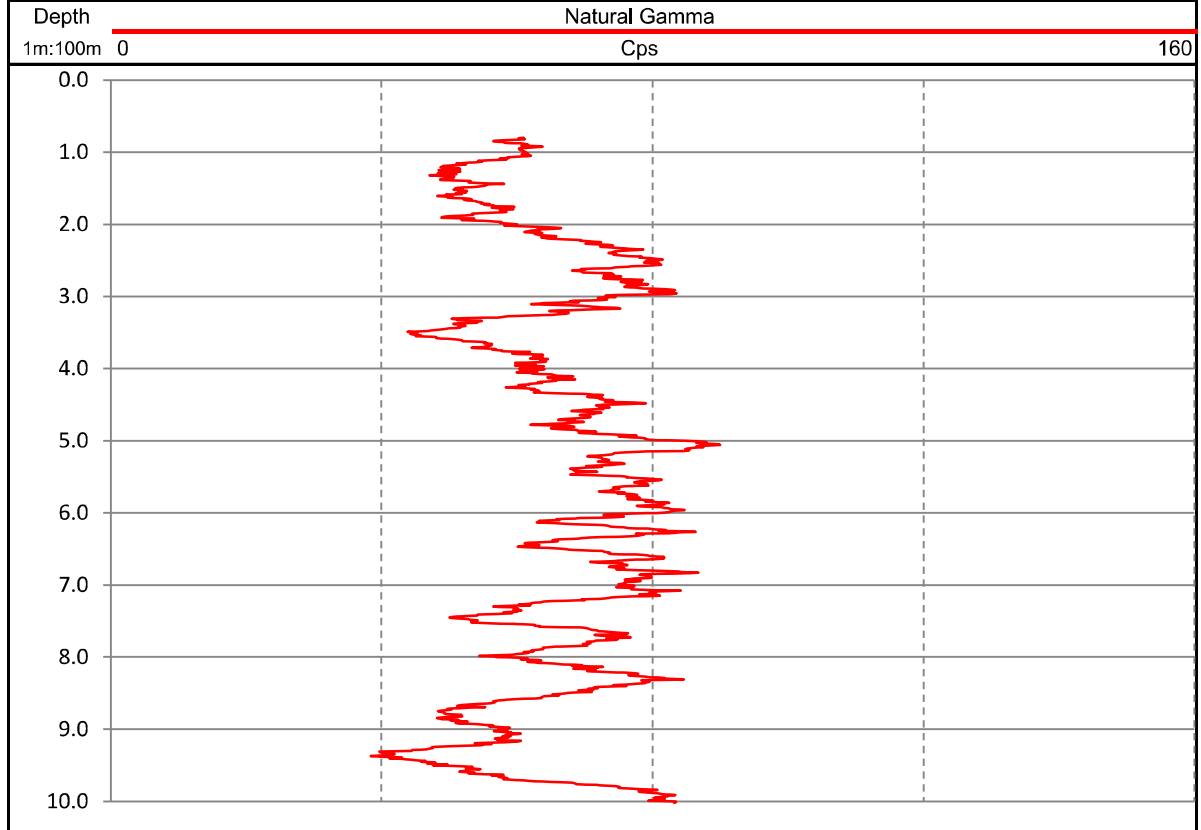
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 10/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : PZ AVAL O

Client : GEOTEC

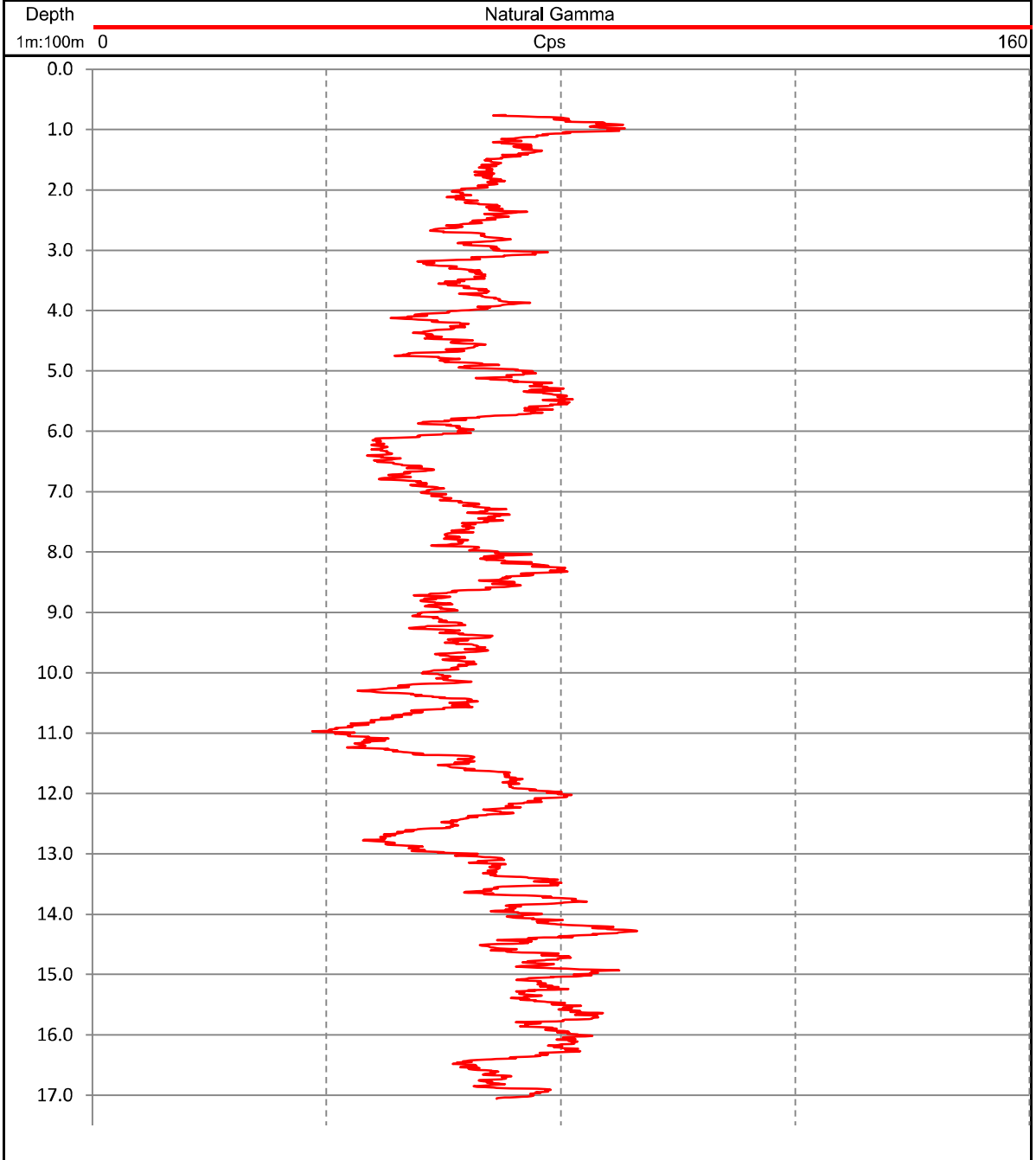
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 10/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : PZ AVAL S

Client : GEOTEC

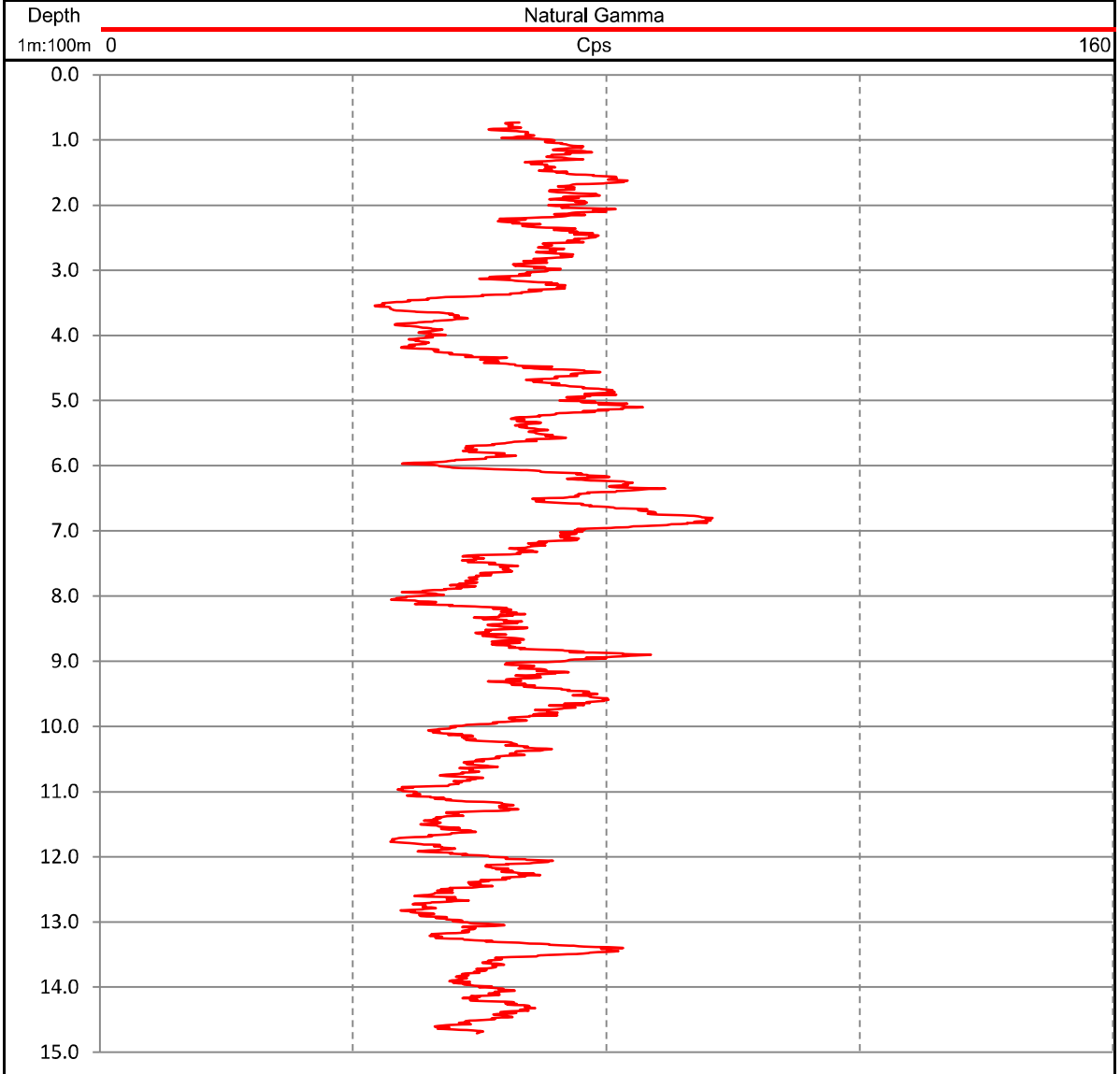
LOG : Gamma Naturel

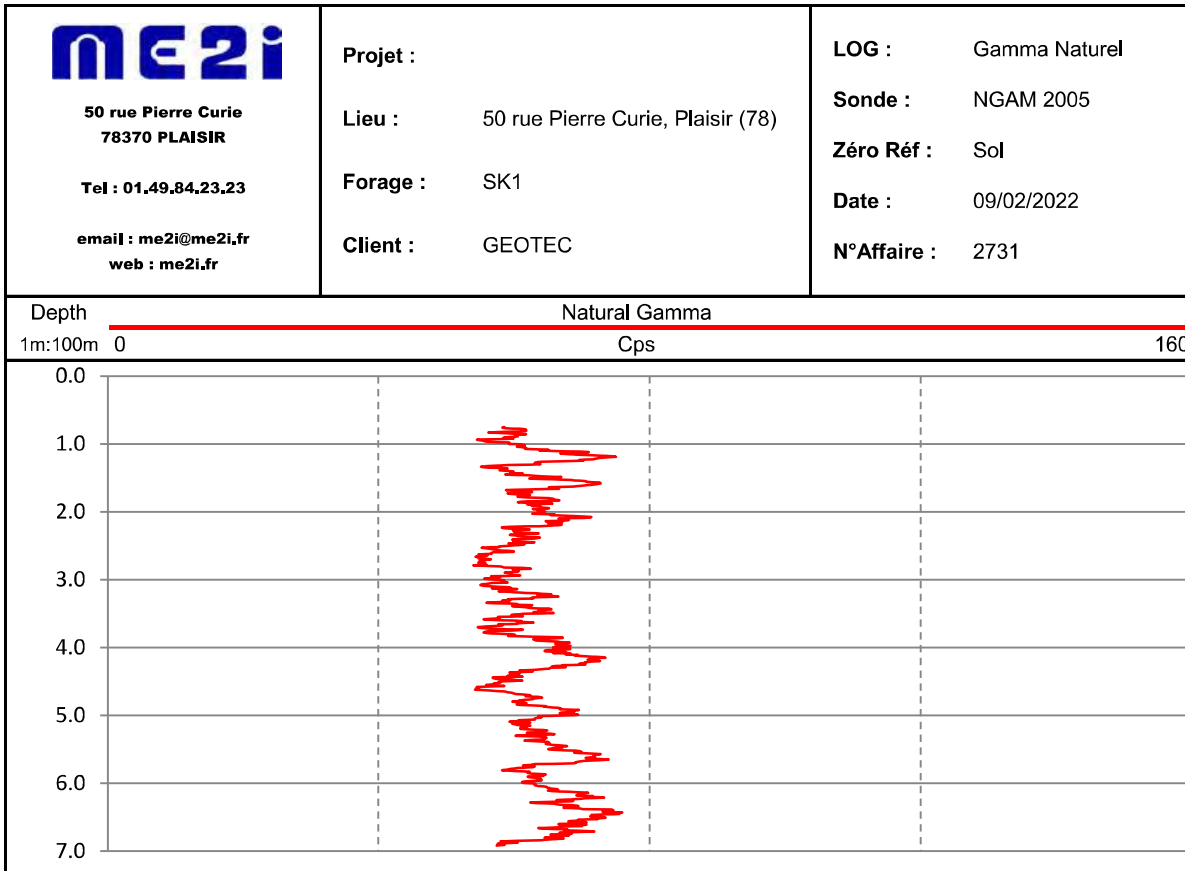
Sonde : NGAM 2005

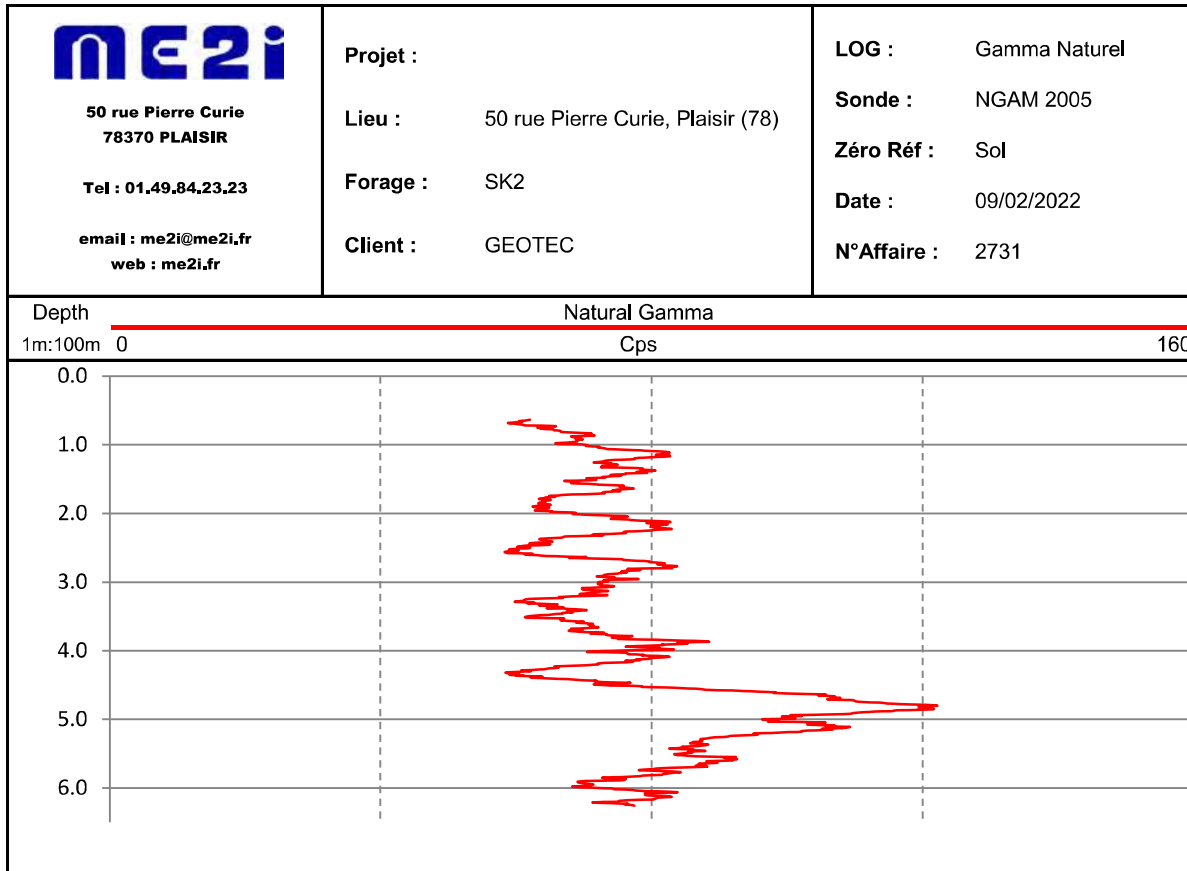
Zéro Réf : Sol

Date : 10/02/2022

N°Affaire : 2731









50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK3

Client : GEOTEC

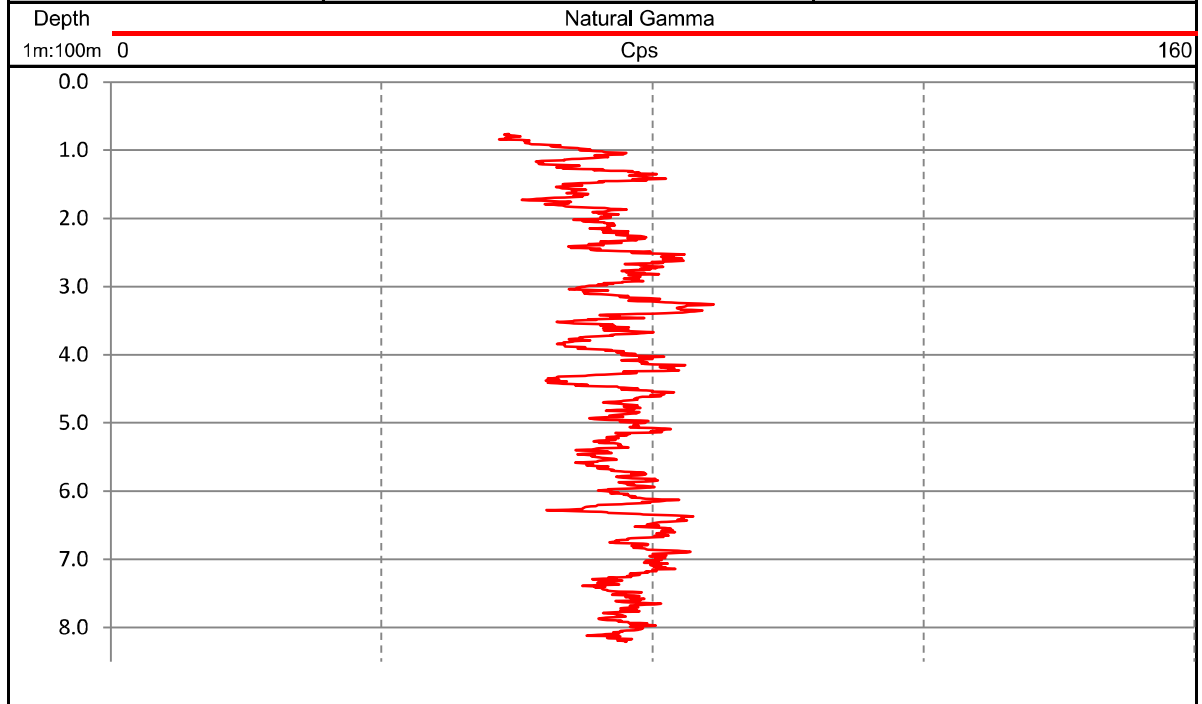
LOG : Gamma Naturel

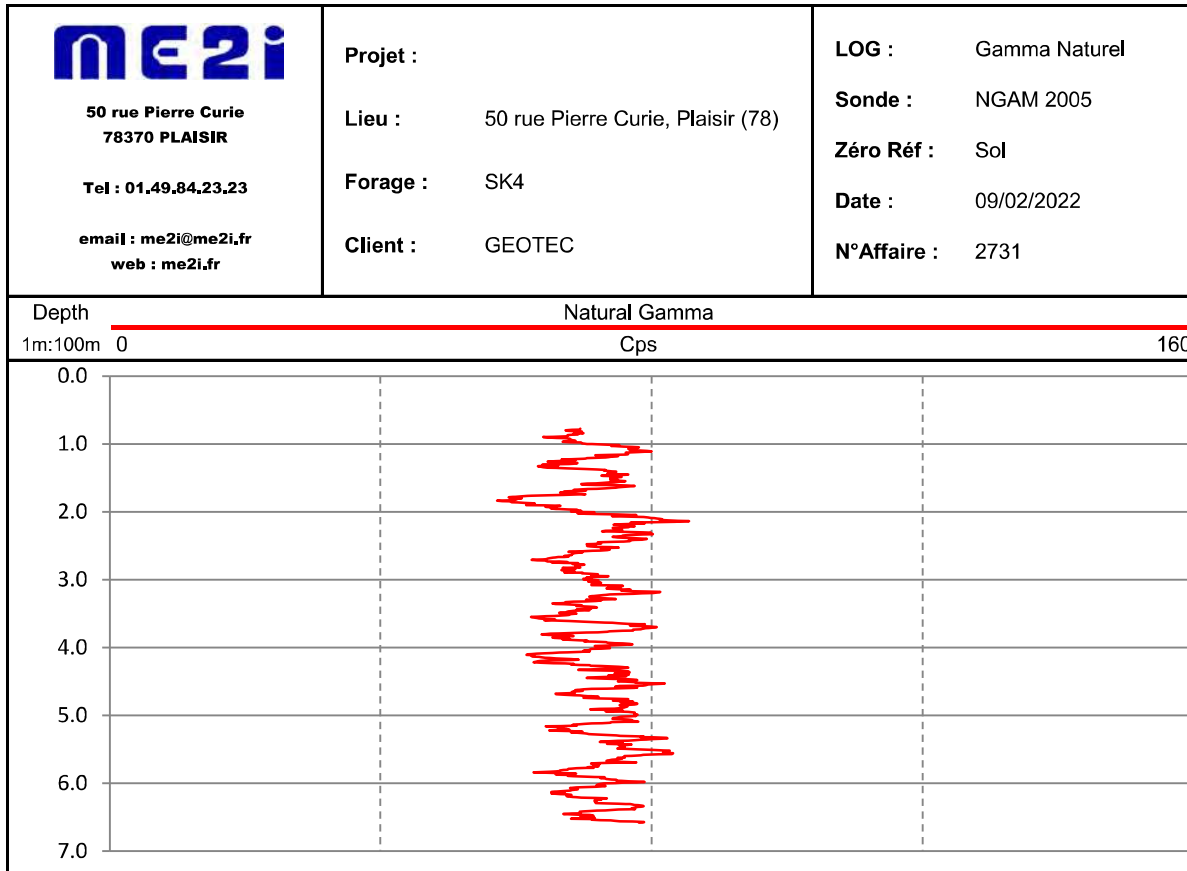
Sonde : NGAM 2005

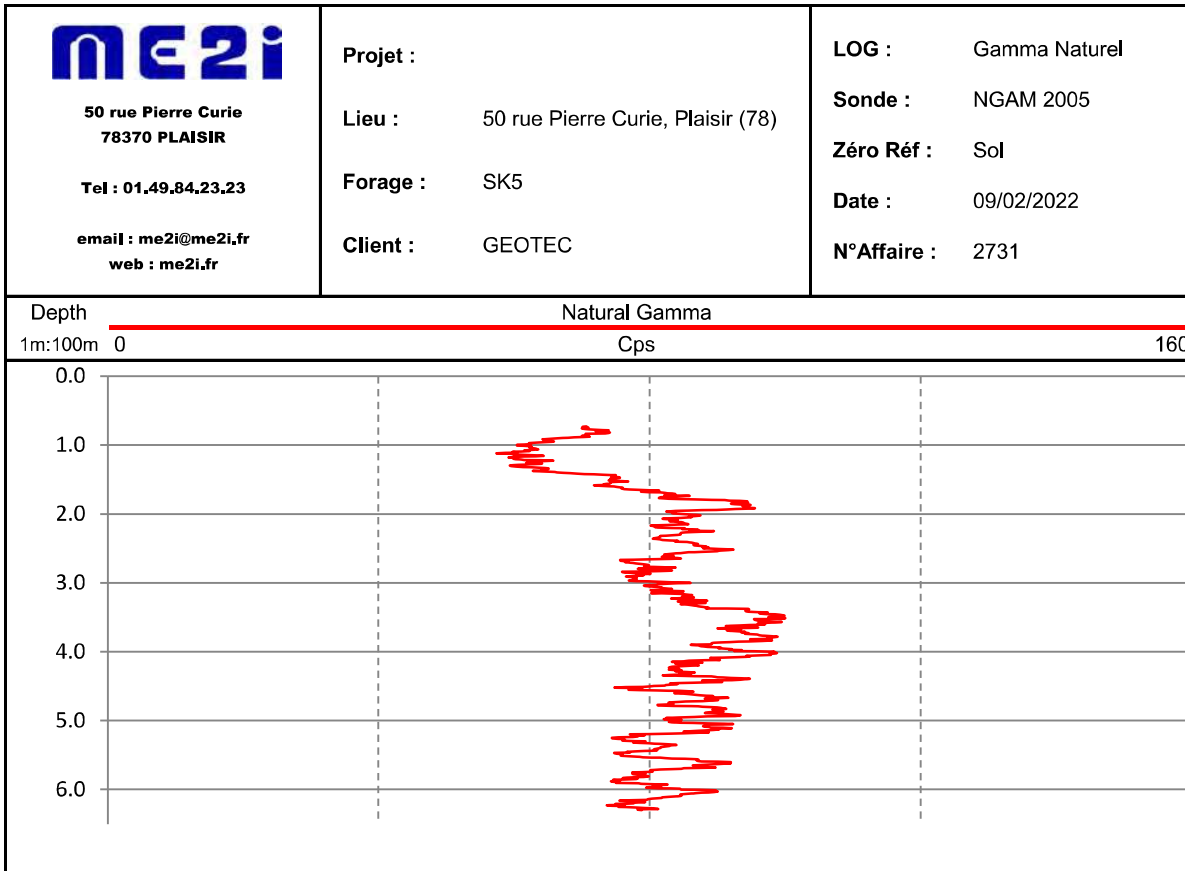
Zéro Réf : Sol

Date : 09/02/2022

N°Affaire : 2731









50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK6

Client : GEOTEC

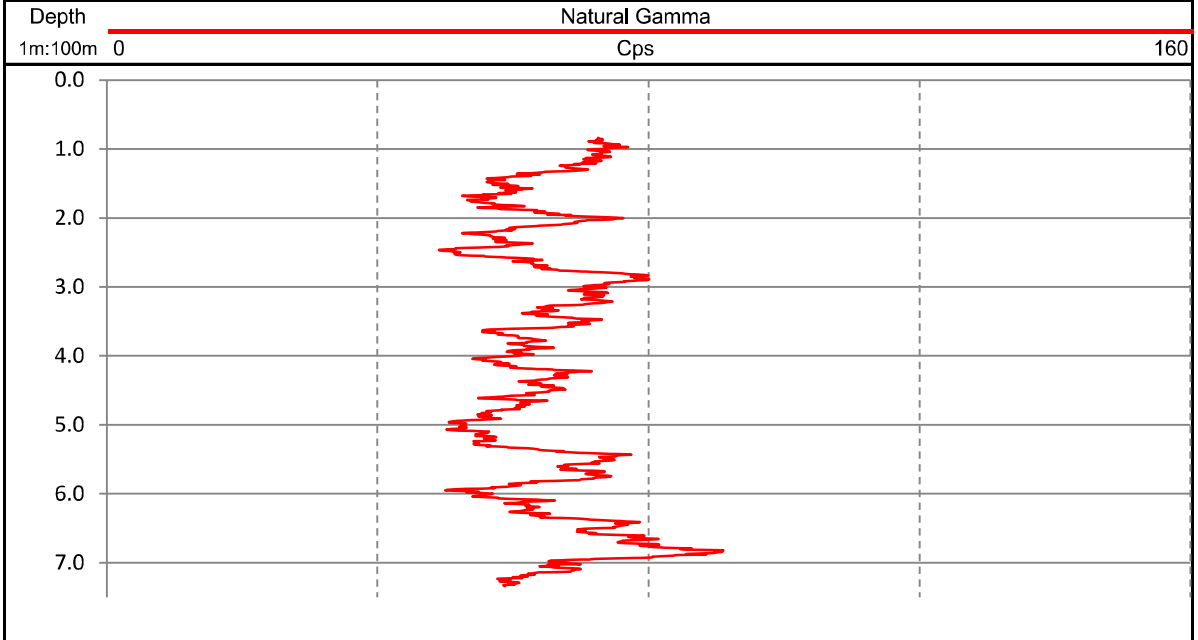
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 10/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK7

Client : GEOTEC

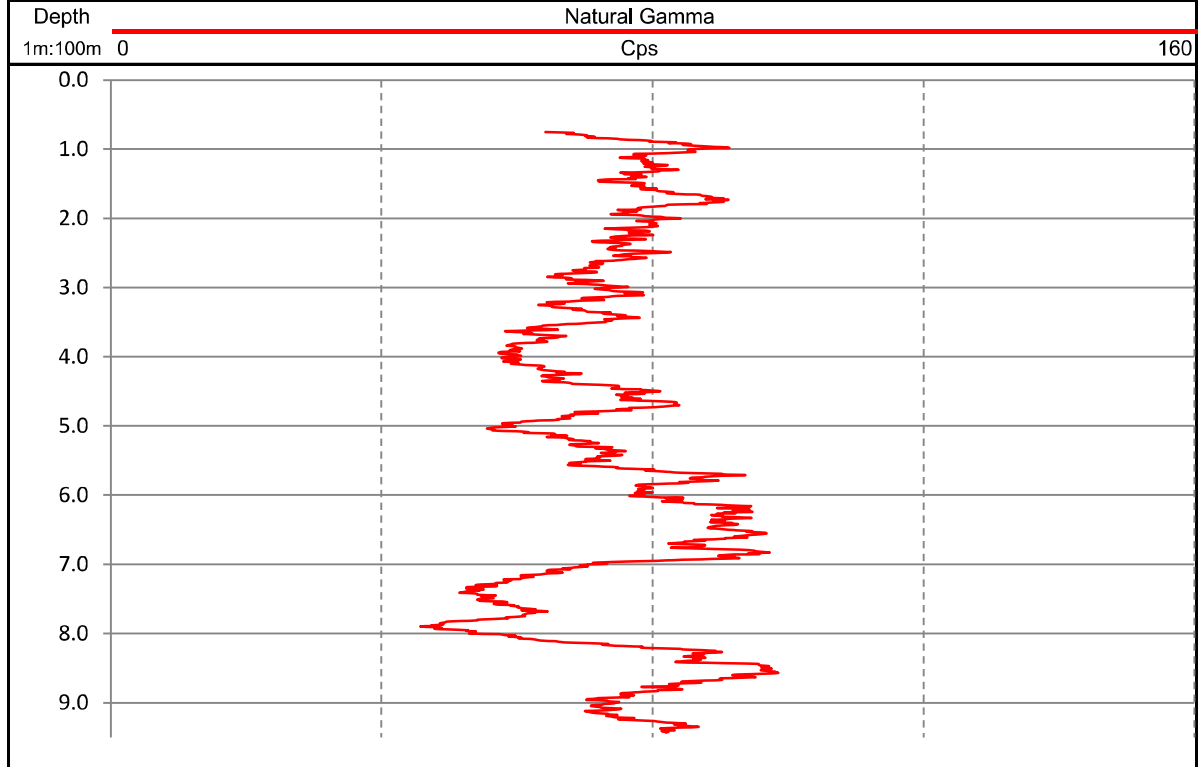
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 09/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK8

Client : GEOTEC

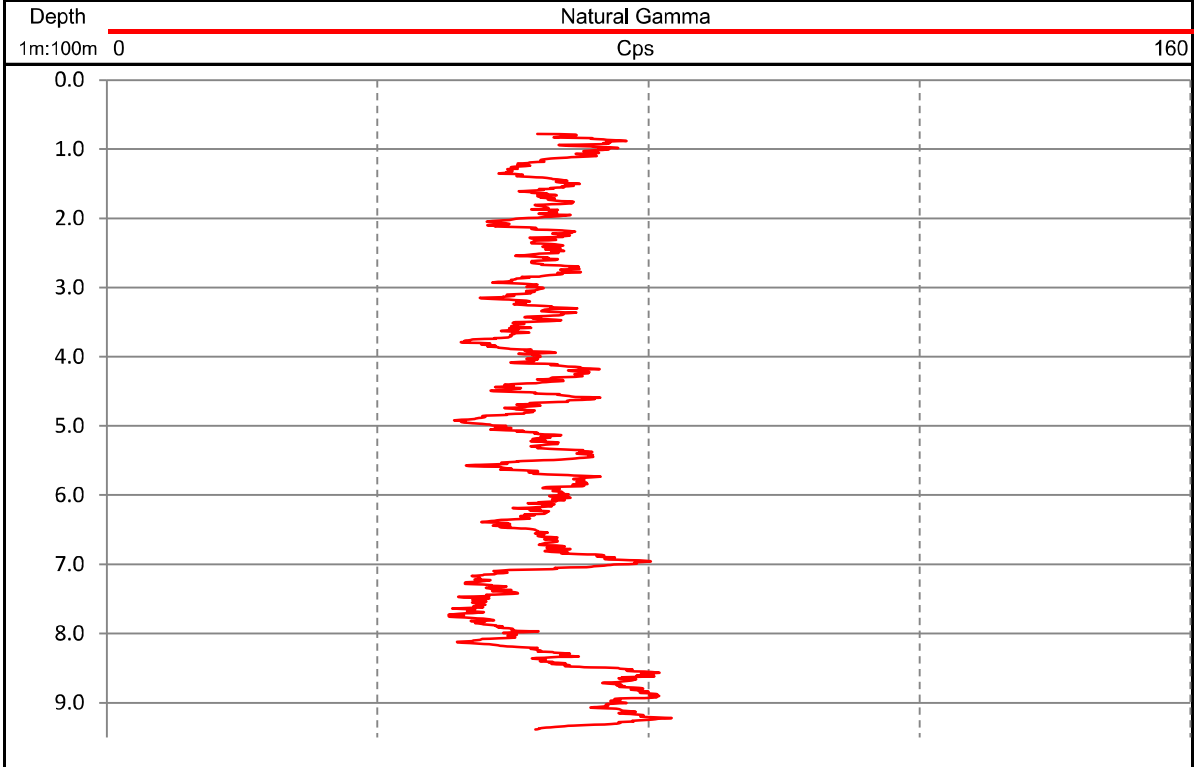
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 09/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK9

Client : GEOTEC

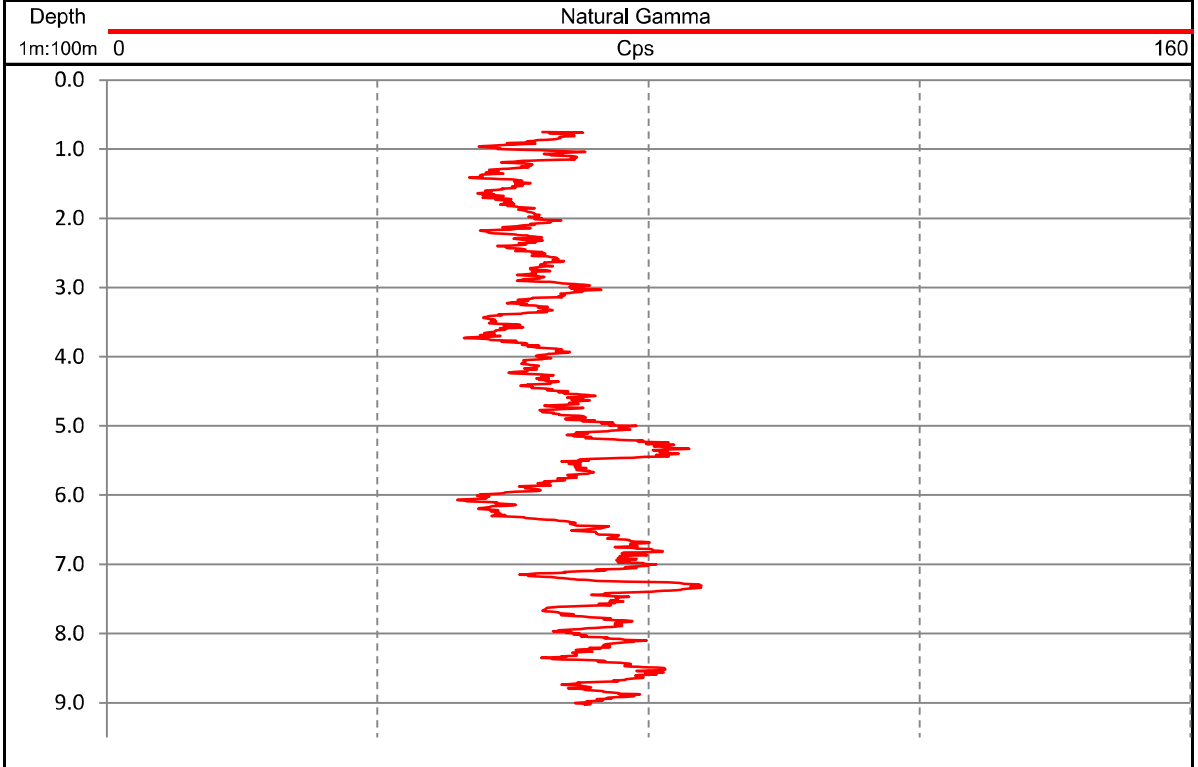
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 09/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK10

Client : GEOTEC

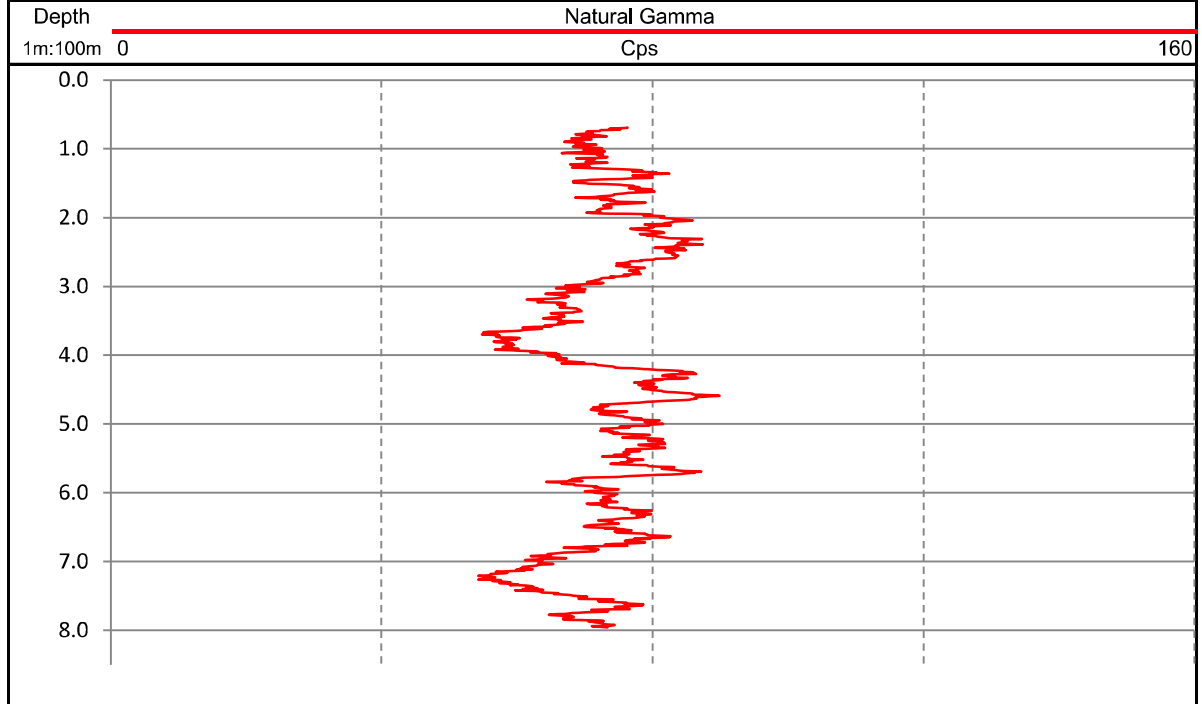
LOG : Gamma Naturel

Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 09/02/2022

N°Affaire : 2731





50 rue Pierre Curie
78370 PLAISIR

Tel : 01.49.84.23.23

email : me2i@me2i.fr
web : me2i.fr

Projet :

Lieu : 50 rue Pierre Curie, Plaisir (78)

Forage : SK11

Client : GEOTEC

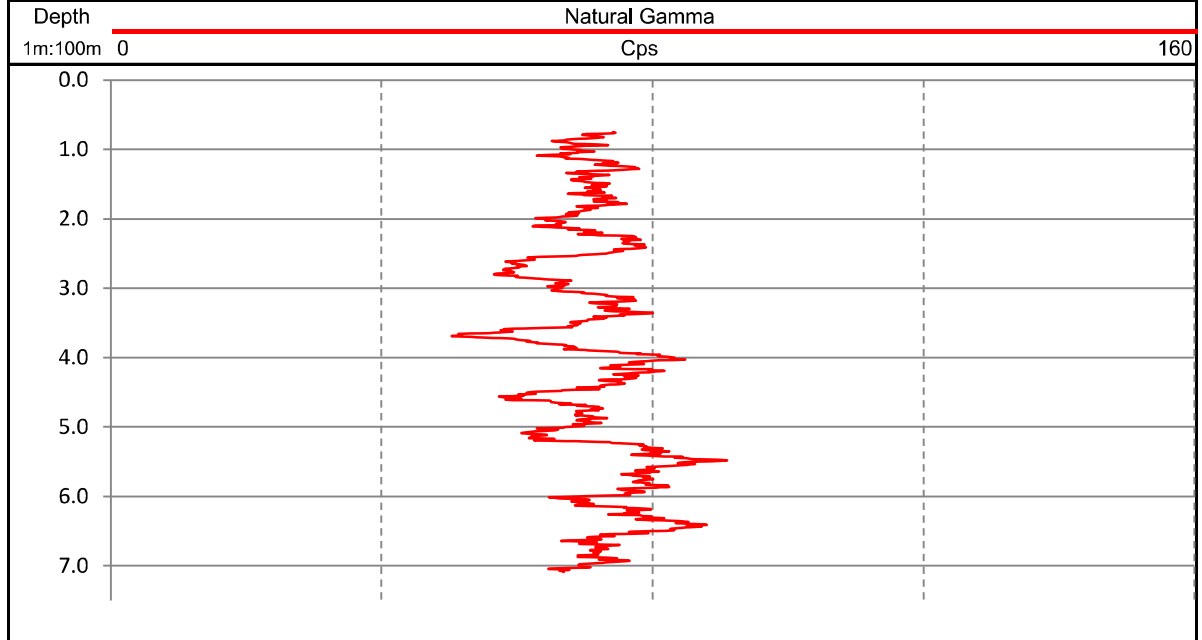
LOG : Gamma Naturel

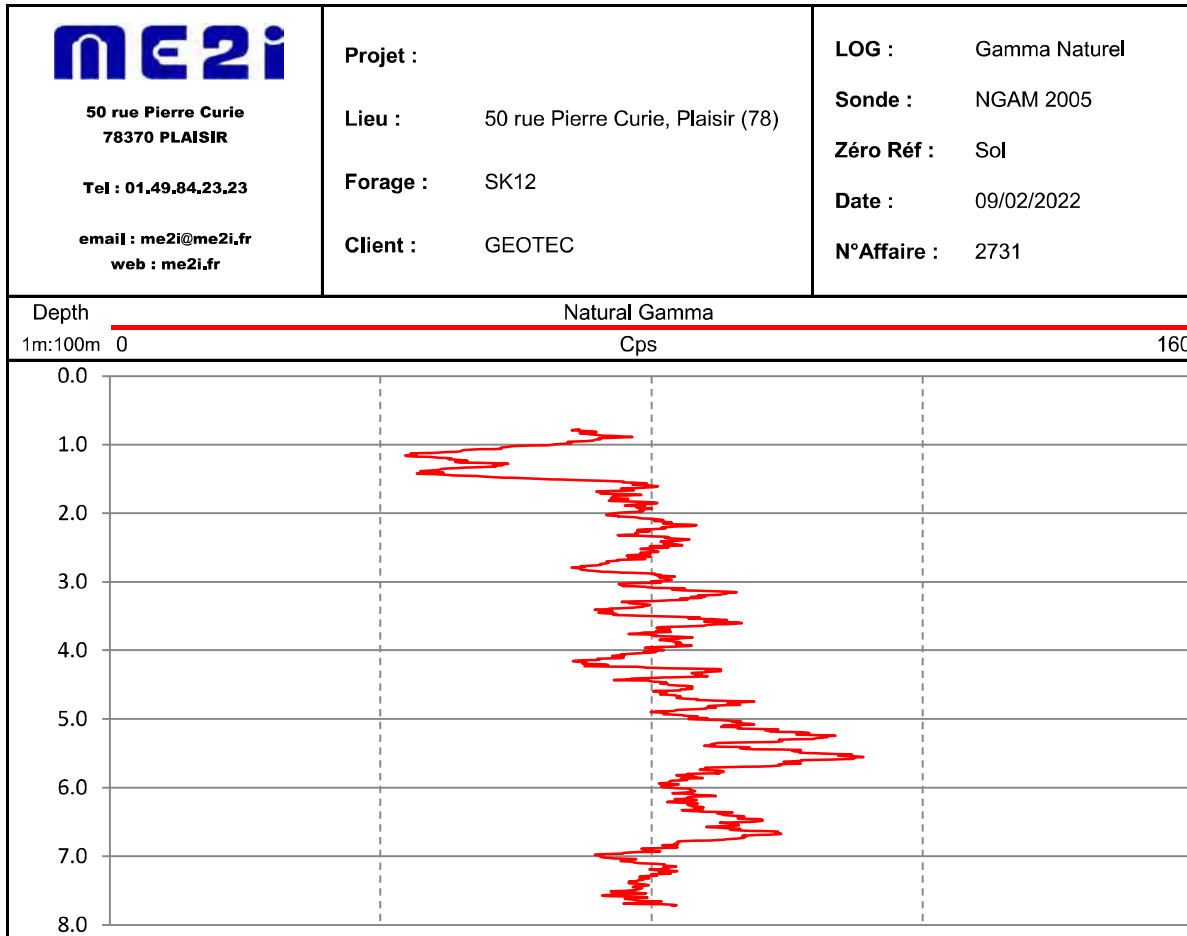
Sonde : NGAM 2005

Zéro Réf : Sol

Date : 09/02/2022

N°Affaire : 2731





AFFAIRE	2110276	Opérateur	Fabrice R.
SITE	GUeltas	Vérificateur	Christophe JOUANNO
Date	09/05/2022		

Sondage	PM1-ECHA	PM3-ECH1	PM3-ECH2	PM9-ECH4	PM15	SC1
Profondeur	0.00-0.00 m	0.00-0.00 m	0.00-0.00 m	0.00-0.00 m	0.00-0.00 m	2.0-2.5m
Description	Siltite grise-marron	Siltite rosée	Siltite grise (rocheuse)	Siltite grise d'aspect verdâtre	Silts argileux ocre	Argile grisâtre

ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat (%)	25,9	24,8	22,7	17,8	24,3	27,8
Masse volumique humide	ph (g/cm ³)	1,82					1,86
Masse volumique sèche	pd (g/cm ³)	1,44					1,46
Indice des vides	e	0,88					0,85
Degré de saturation	Sr (%)	81					87

Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie

Diamètre maximal	Dmax (mm)	57,0	12,0	3,0	3,0	13,0	
Passant à 50 mm	< 50 mm (%)	99,6	100,0	100,0	100,0	100,0	
Passant à 2 mm	< 2 mm (%)	78,7	95,0	99,6	99,9	98,1	
Passant à 80 µm	< 80 µm (%)	72,7	89,7	98,7	86,2	91,6	
Passant à 2 µm	< 2 µm (%)	-	-	-	-	-	

Valeur au Bleu de Méthylène

Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S (g/100g)				0,97		3,57
------------------------------------	----------------	--	--	--	------	--	------

Limites d'Atterberg

Limite de liquidité	W _L (%)	51,5	48,6	54,6			33,7
Limite de plasticité	W _P (%)	31,9	32,7	36,2			25,8
Indice de plasticité	I _P	19,6	16,0	18,4			8,0
Indice de consistance	I _C	Non Applicable	1,37	1,72			1,05

Equivalent de sable

Equivalent de sable	SE(10) (%)						
----------------------------	------------	--	--	--	--	--	--

CLASSIFICATION (G.T.R 92 et NF P 11-300)

C1 A2

A2 s

A2 ts

A1

A1

ANALYSES CHIMIQUES

Teneur en matières organiques	MO (%)						
Teneur en carbonates	CaCO ₃ (%)						

ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE

Teneur en eau à l'OPN	W _{opn} (%)	21,5					
Densité sèche à l'OPN	pd (W _{opn}) (g/cm ³)	1,55					
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (W _{opn})						
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (W _{nat})						
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (W _{nat})						

ESSAIS DE PERMEABILITE

Coefficient de perméabilité	k (m/s)						
------------------------------------	---------	--	--	--	--	--	--

ESSAIS TRIAXIAUX

Type	UU	Cohésion	C _{uu} (kPa)					
		Angle de frottement	φ _{uu} (°)					
	CU+	Cohésion	C'	(kPa)				
		Angle de frottement	φ'	(°)				

CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE

Type	UU	Cohésion	C _{uu} (kPa)					
		Angle de frottement	φ _{uu} (°)					
	CD	Cohésion	C'	(kPa)	10			18
		Angle de frottement	φ'	(°)	31			27

COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE

Contrainte de préconsolidation	σ' _p (kPa)						
Indice de compression	C _c						
Indice de gonflement	C _s						

GONFLEMENT A L'OEDOMETRE

Pression de gonflement	σ' _g (kPa)						
Rapport de gonflement	R _g						

RETRAIT LINEAIRE

Limite de retrait effectif	W _{Re} (%)						
Facteur de retrait effectif	R _t						

ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS

Essai Los Angeles	LA						
Essai Micro-Deval	MDE						
Coefficient de dégradabilité	DG						
Coefficient de fragmentabilité	FR						
Résist. à la compression uniaxiale	σ _c (MPa)						
Module de Young	E (MPa)						
Coefficient de Poisson	ν						
Résistance à la traction indirecte	σ _{tb} (MPa)						

OULAB-02-v2 - Tableau Récapitulatif des Résultats d'Essais Laboratoire

AFFAIRE	2110276	Opérateur	M.MOUSSAOUI
SITE	GUeltas	Vérificateur	Christophe JOUANNO
Date	09/05/2022		

Sondage	SC1	SC1	SC1	SC1
Profondeur	7,5-8,0m	9,0-9,5m	11,0-11,40m	25,1-25,4m
Description	Silte à matrice graveleuse et argileuse	Argile blanche	Argile brune-occe	Siltite indurée

ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE CLASSIFICATION DES SOLS

Teneur en eau naturelle (0/D)	Wnat	(%)				
Masse volumique humide	ph	(g/cm ³)				
Masse volumique sèche	pd	(g/cm ³)				
Indice des vides	e					
Degré de saturation	Sr	(%)				

Granulométrie par tamisage - Sédimentométrie

Diamètre maximal	Dmax	(mm)				
Passant à 50 mm	< 50 mm	(%)				
Passant à 2 mm	< 2 mm	(%)				
Passant à 80 µm	< 80 µm	(%)				
Passant à 2 µm	< 2 µm	(%)				

Valeur au Bleu de Méthylène

Valeur au Bleu de Méthylène	V.B.S	(g/100g)	2,03	3,31	2,92	0,99
------------------------------------	-------	----------	------	------	------	------

Limites d'Atterberg

Limite de liquidité	W _L	(%)				
Limite de plasticité	W _P	(%)				
Indice de plasticité	I _P					
Indice de consistance	I _C					

Equivalent de sable

Equivalent de sable	SE(10)	(%)				
----------------------------	--------	-----	--	--	--	--

CLASSIFICATION (G,T,R 92 et NF P 11-300)

--	--	--	--	--	--	--

ANALYSES CHIMIQUES

Teneur en matières organiques	MO	(%)				
Teneur en carbonates	CaCO ₃	(%)				

ESSAIS DE COMPACTAGE ET DE PORTANCE

Teneur en eau à l'OPN	Wopn	(%)				
Densité sèche à l'OPN	pd (Wopn)	(g/cm ³)				
Indice Portant Immédiat à l'OPN	IPI (Wopn)					
Indice Portant Immédiat à Wnat	IPI (Wnat)					
Indice CBR Immédiat à Wnat	ICBR (Wnat)					

ESSAIS DE PERMEABILITE

Coefficient de perméabilité	k	(m/s)				
------------------------------------	---	-------	--	--	--	--

ESSAIS TRIAXIAUX

Type UU	Cohésion	C _{uu}	(kPa)			
	Angle de frottement	φ _{uu}	(°)			
Type CU+	Cohésion	C'	(kPa)			
	Angle de frottement	φ'	(°)			

CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT A LA BOITE

Type UU	Cohésion	C _{uu}	(kPa)			
	Angle de frottement	φ _{uu}	(°)			
Type CD	Cohésion	C'	(kPa)			
	Angle de frottement	φ'	(°)			

COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE

Contrainte de préconsolidation	σ' _p	(kPa)				
Indice de compression	C _c					
Indice de gonflement	C _s					

GONFLEMENT A L'OEDOMETRE

Pression de gonflement	σ' _g	(kPa)				
Rapport de gonflement	R _g					

RETRAIT LINEAIRE

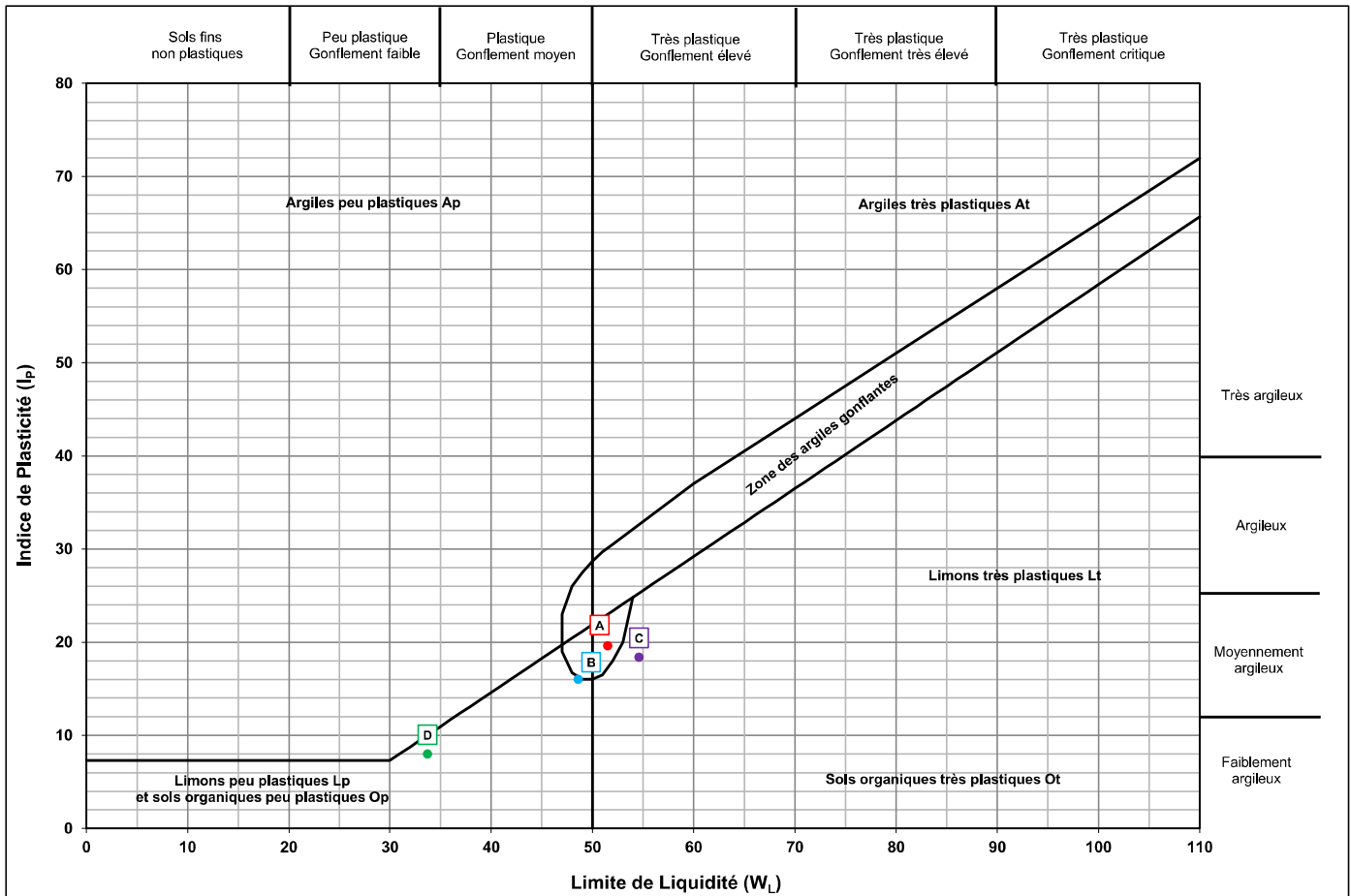
Limite de retrait effectif	W _{Re}	(%)				
Facteur de retrait effectif	R _r					

ESSAIS SUR LES ROCHES ET GRANULATS

Essai Los Angeles	LA					
Essai Micro-Deval	MDE					
Coefficient de dégradabilité	DG					
Coefficient de fragmentabilité	FR					
Résist. à la compression uniaxiale	σ _c	MPa				
Module de Young	E	MPa				
Coefficient de Poisson	ν					
Résistance à la traction indirecte	σ _{tb}	MPa				

DIAGRAMME DE PLASTICITE

AFFAIRE	2110276
SITE	GUELTAS
Date	06/04/2022
Opérateur	FR



LEGENDE

Point	Sondage/Profondeur	W_L	I_p	Point	Sondage/Profondeur	W_L	I_p
A	PM1 - ECHA	51,5	19,6	E			
B	PM3 - ECH1	48,6	16,0	F			
C	PM3 - ECH2	54,6	18,4	G			
D	PM15	33,7	8,0	H			

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec (NF P 94-056)

Méthode par sédimentation (NF P 94-057)

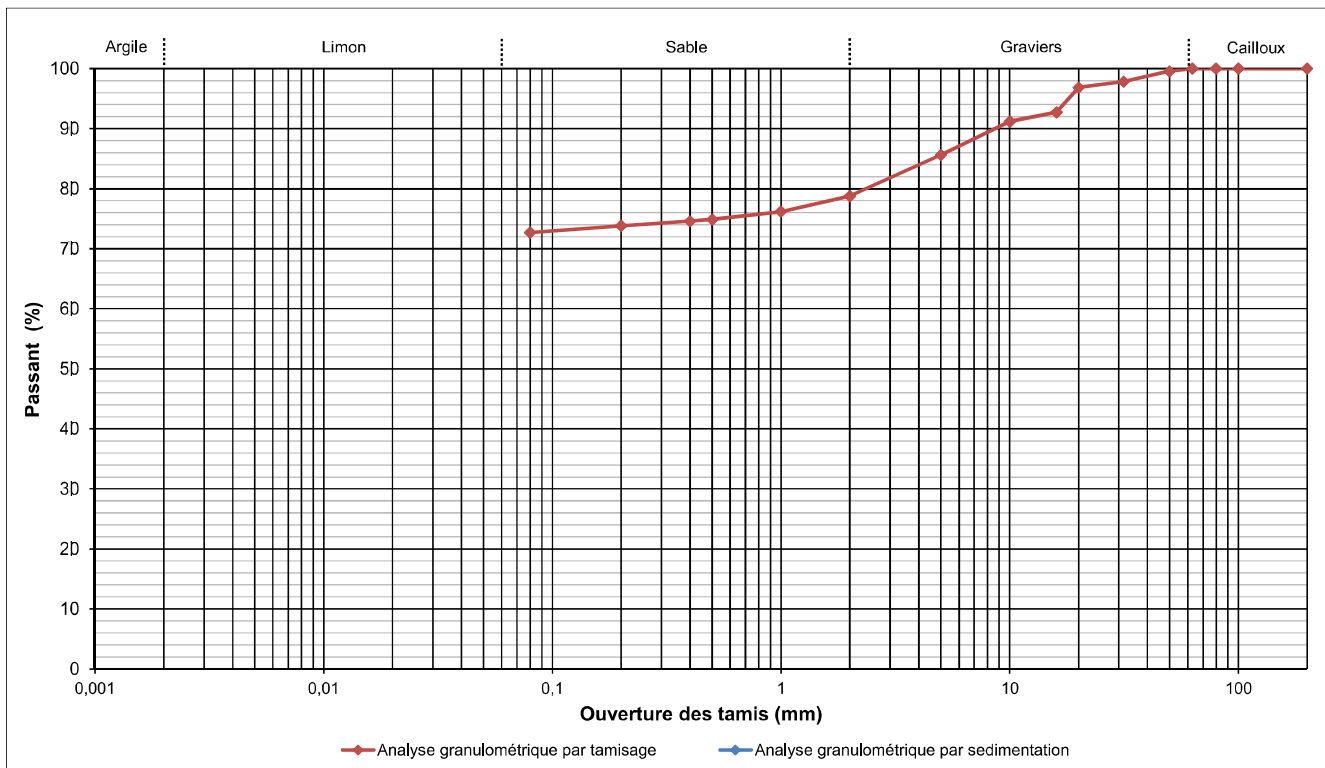
AFFAIRE	2110276
SITE	GUELTAS
Date	2022-03-31
Opérateur	FR

W% sur 0/D (NF P 94-050)	25,9	
W% sur 0/20 (NF P 94-050)	26,7	
Dmax (mm)	57,0	
Passants (en %)	50 mm	99,6
	2 mm	78,7
	80 µm	72,7
	2 µm	-
VBS (NF P 94-068)	-	

T°C de séchage	105°C
Sédimentométrie	NON
Sondage	PM1-ECHA
Profondeur	--- m
Description	Siltite grise-marron

Ø tamis (mm)	200	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,4	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	97,8	96,9	92,7	91,2	85,6	78,7	76,2	74,9	74,6	73,8	72,7

Ø tamis (µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passant (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Densimètre	H_0 (cm) =	-	H_1 (cm) =	-	h_1 (cm) =	-	V_f (cm ³) =	-
Facteurs correcteurs	C_m =	-	C_d =	-	Eprouvette : A (cm ²) =	-		
Masse volumique des grains estimée (g/cm³)								

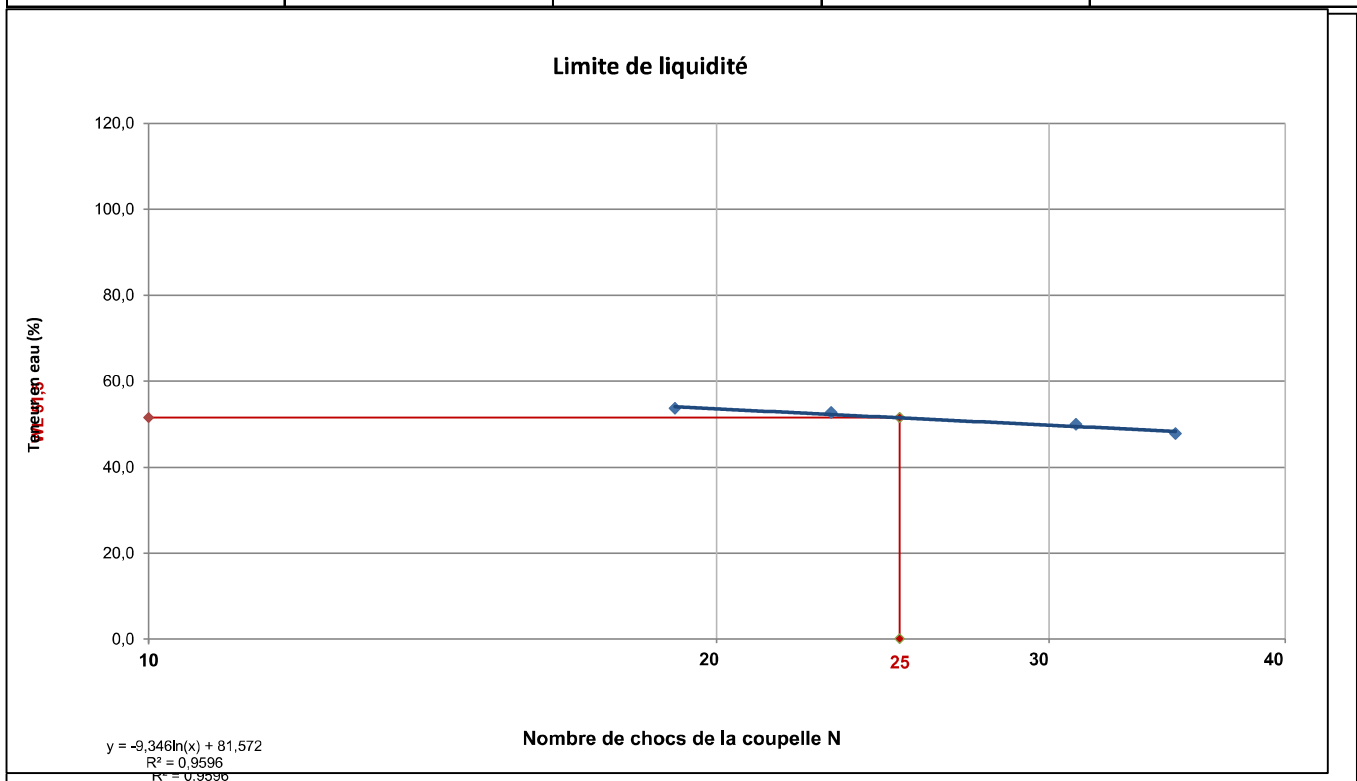
Temps de lecture (min)	R	T°C	Ct	D (%)	D (µm)
0,5	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
1440	-	-	-	-	-

Observations	
---------------------	--

LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)

AFFAIRE	2110276
SITE	GUeltas
Date	2022-04-06
Opérateur	FR
T°C de séchage	105°C
Sondage	PM1-ECHA
Profondeur	- - - m
Description	Siltite grise-marron

Mesures N°	1	2	3	4
Nombre de coups N	19	23	35	31
Teneur en eau (%)	53,7	52,7	47,8	50,0



Limite de plasticité	W1 (%)	31,7	Moyenne (%)	31,9
	W2 (%)	32,1		

Teneur en eau sur 0/D (NF P 94-050)	W (%)	25,9
Teneur en eau sur 0/400µm (NF P 94-050)	W (%)	non applicable
Limite de liquidité	W_L (%)	51,5
Limite de plasticité	W_P (%)	31,9
Indice de plasticité	I_P	19,6
Indice de consistance	I_C	non applicable

Observations	Le calcul de la valeur I _c est applicable si une granulométrie a été réalisée et révèle plus de 80% de passant à 400µm, sinon elle n'est pas valable et l'état hydrique ne peut pas être estimé.
---------------------	---

ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CISAILLEMENT DIRECT
selon la norme NF P 94-071-1

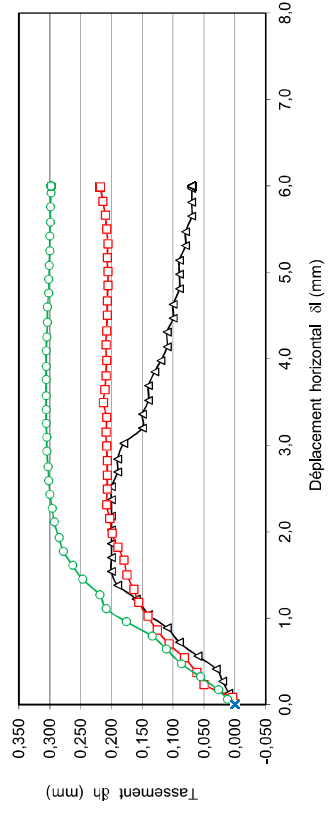
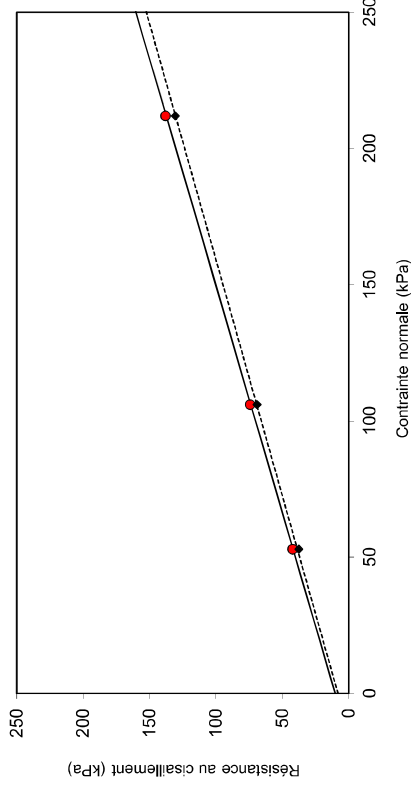
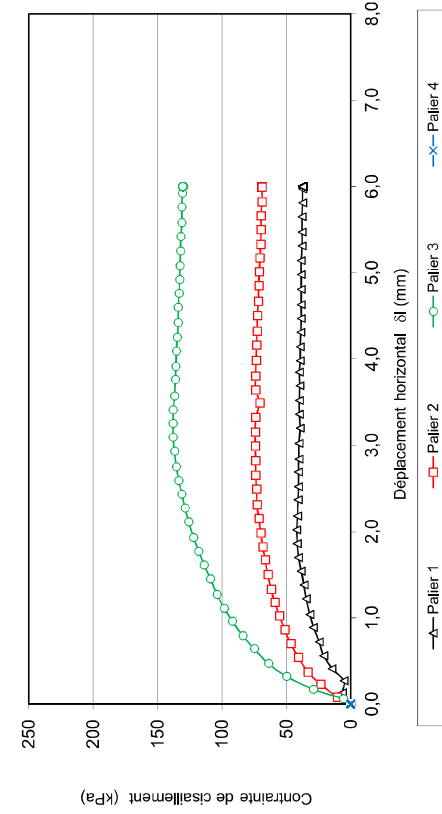
Affaire : GUELTAS

N° : 21/10276/NANTS

Etabli par : MM

N° sondage :	PM1	Profondeur (m) :	-	Nature de l'échantillon :	Intact	Reconstitué
Date essai :	27/04/2022			Bague (en mm) :	Hauteur : 20,0	Largeur : 60
Nature du matériau :	Siltite grise marron ρ_s estimée: 2.7 Mg/m ³					

N°	Avant essai			Après essai		T100 (en min)	Vitesse de cisaillement (en mm/min)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ_d (g/cm ³)	w (%)	e	S _R	W (%)			$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,f}$ (kPa)	$\delta l_{f,f}$ (mm)
1	1,82	24,1	0,85	77,1	31,4	6,2	0,020	42,09	2,02	37,49	6,00
2	1,83	28,1	0,89	85,3	32,5			74,27	2,99	68,97	5,99
3	1,81	27,2	0,90	81,9	29,9			137,93	3,09	130,51	6,00
4	-	-	-	-	-			-	-	-	-

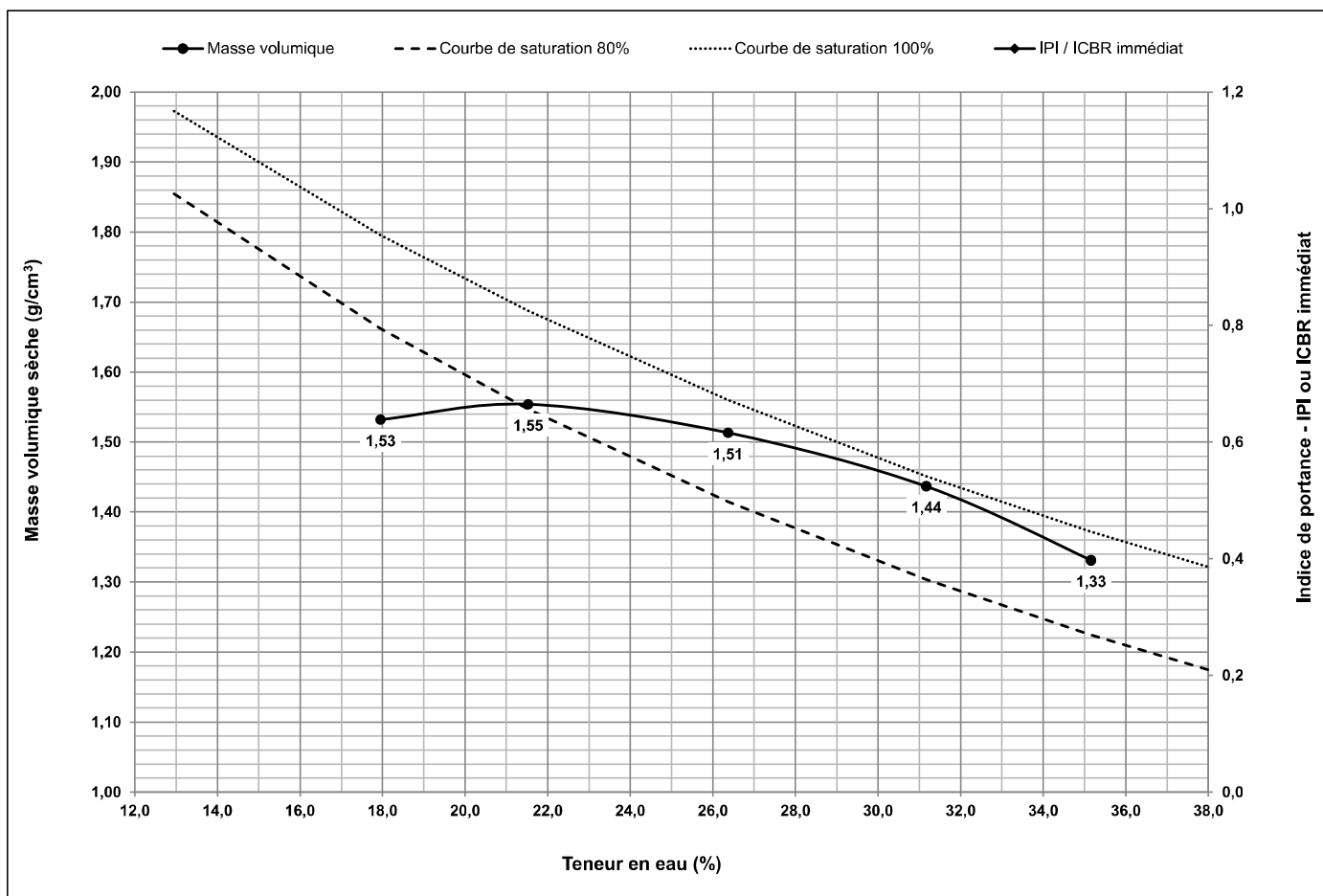


Résultats		c' (kPa)		ϕ' (°)	
c' p	10	ϕ' p	31		
c' f	8	ϕ' f	30		

Observations :

AFFAIRE	2110276 NANTES	
SITE	GUeltas	
Date	01/04/2022	
Opérateur	FR	
T°C de séchage	105°C	
Sondage	PM1 - ECH A	
Profondeur	- - - m	
Description	Siltite grise-marron	

Indice recherché	-	Sol traité ?	Non
Proctor	Normal	Dosage	-
Moule utilisé	CBR	Malaxage	Manuel
Fraction 20/D (%)	-	Fraction 5/D (%)	-



	Optimum OPN sur 0/20	Optimum OPN sur 0/D
W% (NF P 94-050)	21,5	non applicable
pd (g/cm³)	1,55	non applicable
-	-	-

Calculs de correction pour $\rho_s=2,70 \text{ g/cm}^3$ Courbes de saturation pour $\rho_s=2,65 \text{ g/cm}^3$

Observations	
---------------------	--

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec (NF P 94-056)

Méthode par sédimentation (NF P 94-057)

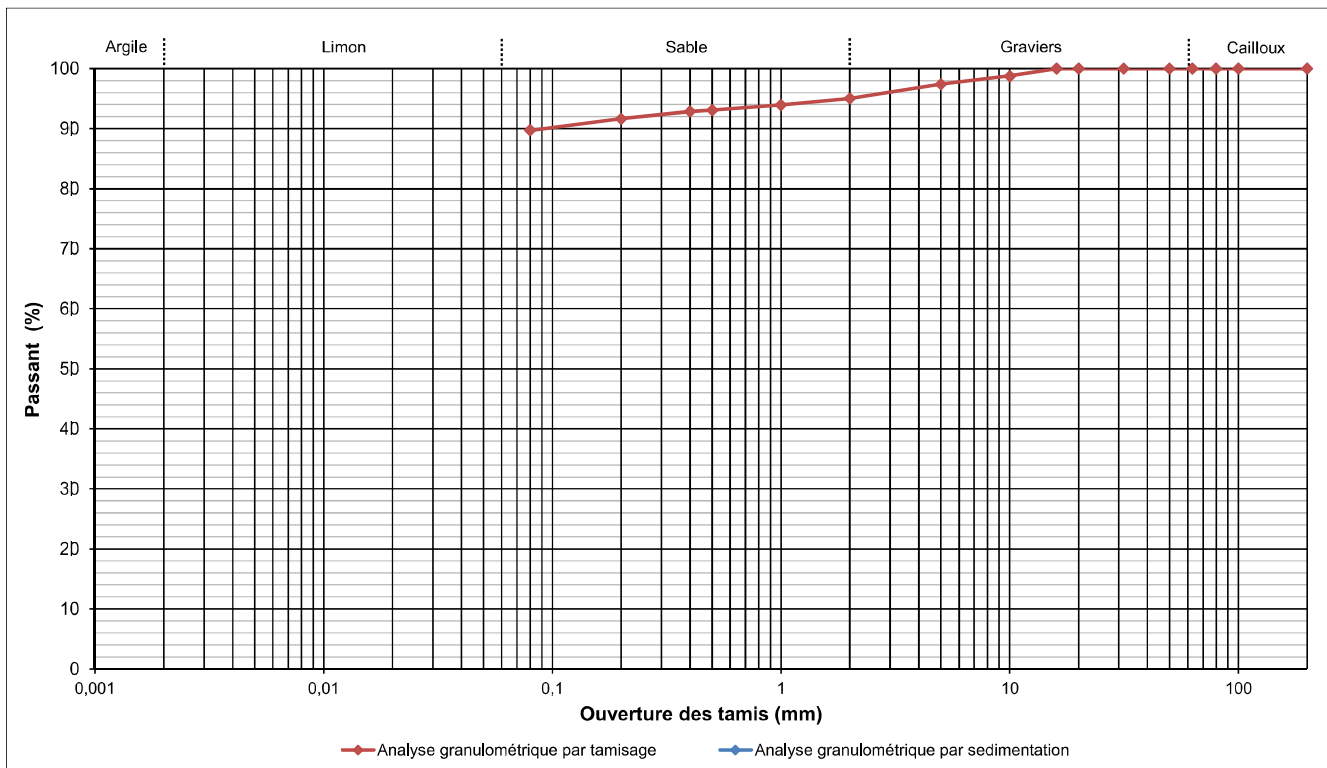
AFFAIRE	2110276
SITE	GUELTAS
Date	2022-03-31
Opérateur	FR

W% sur 0/D (NF P 94-050)	24,8	
W% sur 0/20 (NF P 94-050)	-	
Dmax (mm)	12,0	
Passants (en %)	50 mm	100,0
	2 mm	95,0
	80 µm	89,7
	2 µm	-
VBS (NF P 94-068)	-	

T°C de séchage	105°C
Sédimentométrie	NON
Sondage	PM3-ECH1
Profondeur	--- m
Description	Siltite rosée

Ø tamis (mm)	200	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,4	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,8	97,4	95,0	94,0	93,1	92,9	91,6	89,7

Ø tamis (µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passant (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Densimètre	H_0 (cm) =	-	H_1 (cm) =	-	h_1 (cm) =	-	V_f (cm ³) =	-
Facteurs correcteurs	C_m =	-	C_d =	-	Eprouvette : A (cm ²) =	-		
Masse volumique des grains estimée (g/cm³)								

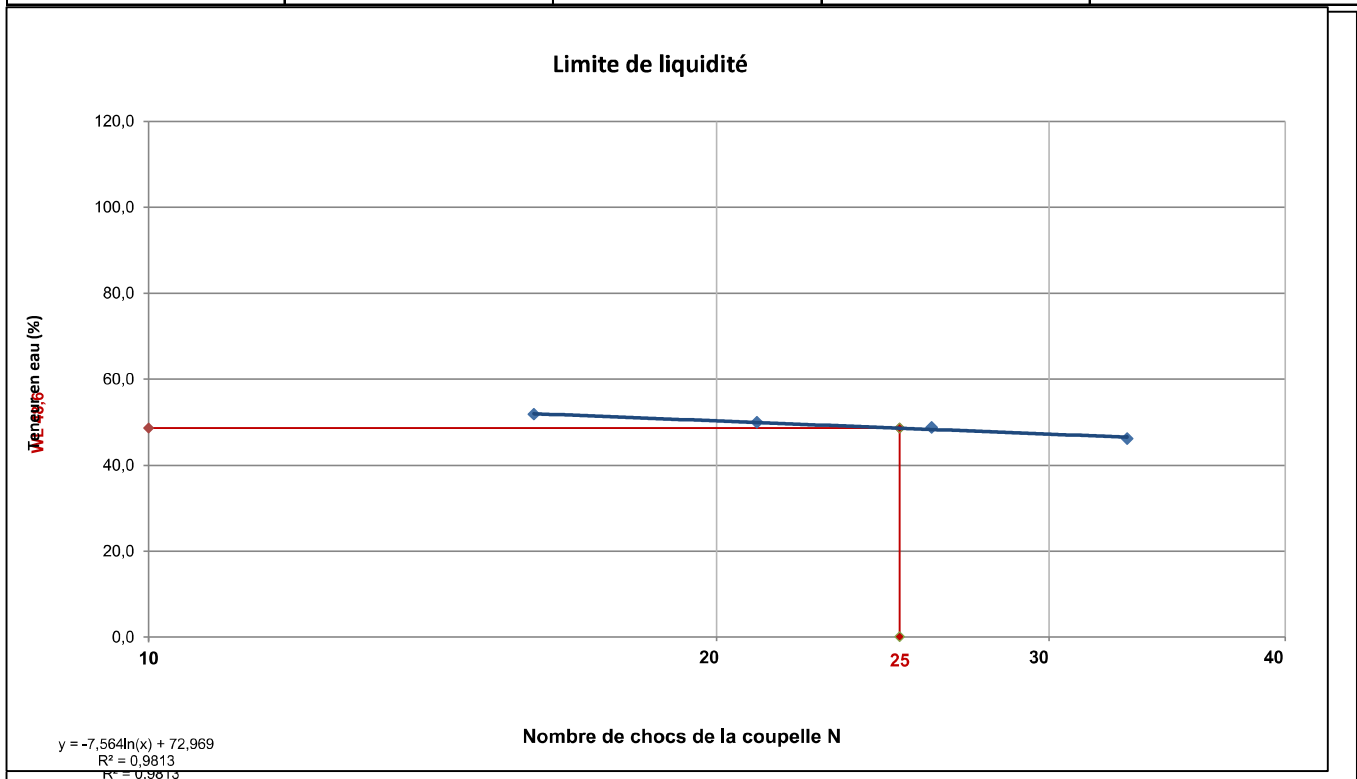
Temps de lecture (min)	R	T°C	Ct	D (%)	D (µm)
0,5	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
1440	-	-	-	-	-

Observations

LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)

AFFAIRE	2110276
SITE	GUeltas
Date	2022-04-06
Opérateur	FR / TD
T°C de séchage	105°C
Sondage	PM3-ECH1
Profondeur	- - - m
Description	Siltite rosée

Mesures N°	1	2	3	4
Nombre de coups N	16	21	26	33
Teneur en eau (%)	51,8	50,0	48,8	46,2



Limite de plasticité	W1 (%)	32,6	Moyenne (%)	32,7
	W2 (%)	32,7		

Teneur en eau sur 0/D (NF P 94-050)	W (%)	24,8
Teneur en eau sur 0/400µm (NF P 94-050)	W (%)	26,7
Limite de liquidité	W_L (%)	48,6
Limite de plasticité	W_P (%)	32,7
Indice de plasticité	I_P	16,0
Indice de consistance	I_C	1,37

Observations	Le calcul de la valeur I _c est applicable si une granulométrie a été réalisée et révèle plus de 80% de passant à 400µm, sinon elle n'est pas valable et l'état hydrique ne peut pas être estimé.
---------------------	---

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec (NF P 94-056)

Méthode par sédimentation (NF P 94-057)

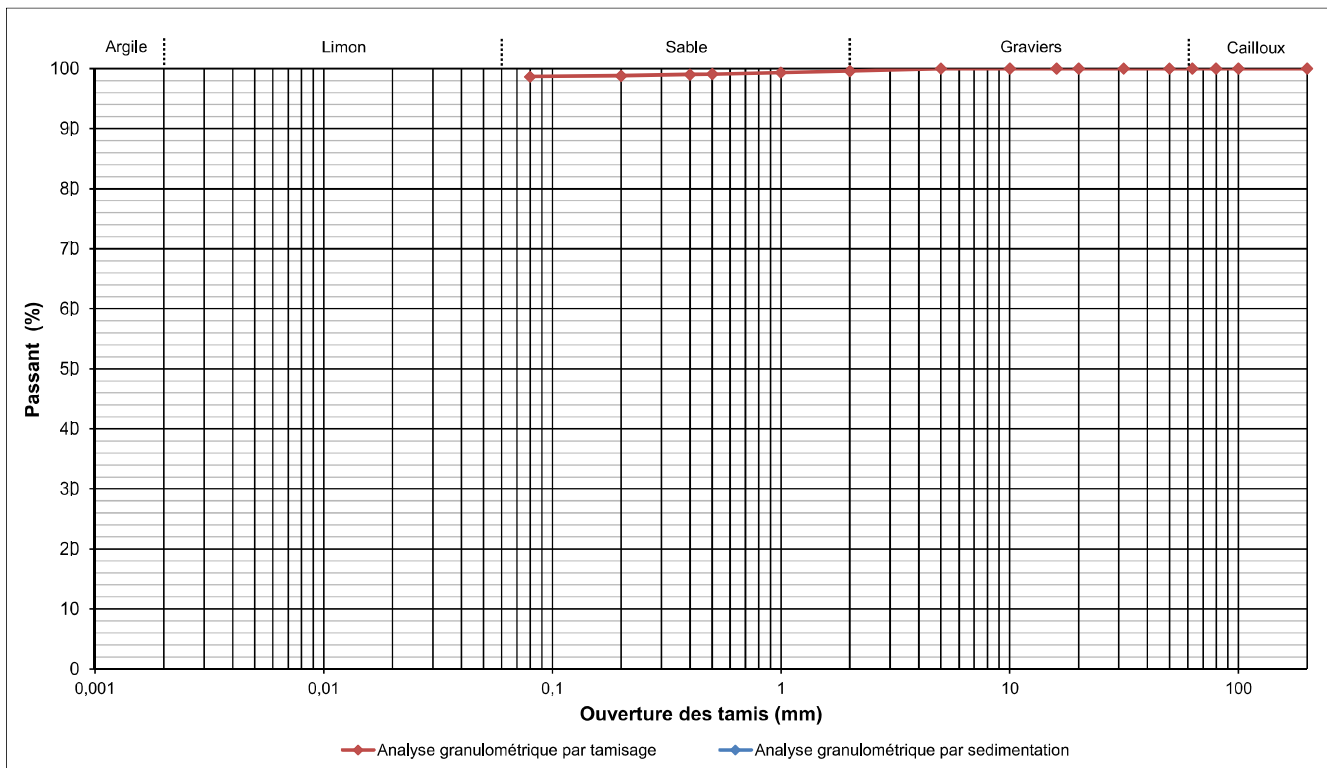
AFFAIRE	2110276
SITE	GUELTAS
Date	2022-03-31
Opérateur	FR

W% sur 0/D (NF P 94-050)	22,7	
W% sur 0/20 (NF P 94-050)	-	
Dmax (mm)	3,0	
Passants (en %)	50 mm	100,0
	2 mm	99,6
	80 µm	98,7
	2 µm	-
VBS (NF P 94-068)	-	

T°C de séchage	105°C
Sédimentométrie	NON
Sondage	PM3-ECH2
Profondeur	--- m
Description	Siltite grise (rocheuse)

Ø tamis (mm)	200	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,4	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	99,3	99,1	99,0	98,8	98,7

Ø tamis (µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passant (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Densimètre	H_0 (cm) =	-	H_1 (cm) =	-	h_1 (cm) =	-	V_f (cm ³) =	-
Facteurs correcteurs	C_m =	-	C_d =	-	Eprouvette : A (cm ²) =	-		
Masse volumique des grains estimée (g/cm³)		-		-				

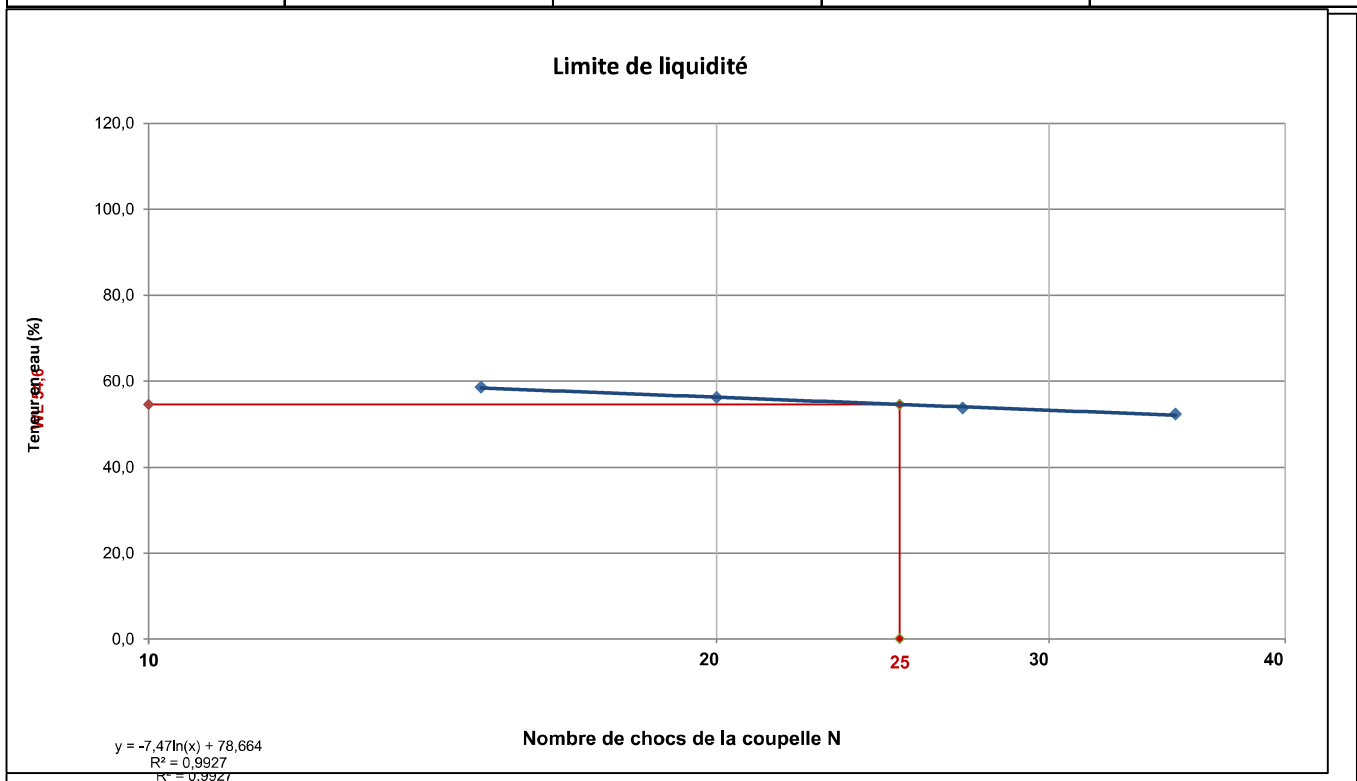
Temps de lecture (min)	R	T°C	Ct	D (%)	D (µm)
0,5	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
1440	-	-	-	-	-

Observations	
---------------------	--

LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)

AFFAIRE	2110276
SITE	GUeltas
Date	2022-04-01
Opérateur	FR / IK
T°C de séchage	105°C
Sondage	PM3-ECH2
Profondeur	- - - m
Description	Siltite grise (rocheuse)

Mesures N°	1	2	3	4
Nombre de coups N	15	20	27	35
Teneur en eau (%)	58,6	56,2	53,8	52,3



Limite de plasticité	W1 (%)	36,5	Moyenne (%)	36,2
	W2 (%)	35,9		

Teneur en eau sur 0/D (NF P 94-050)	W (%)	22,7
Teneur en eau sur 0/400µm (NF P 94-050)	W (%)	23,0
Limite de liquidité	W_L (%)	54,6
Limite de plasticité	W_P (%)	36,2
Indice de plasticité	I_P	18,4
Indice de consistance	I_C	1,72

Observations	Le calcul de la valeur I _c est applicable si une granulométrie a été réalisée et révèle plus de 80% de passant à 400µm, sinon elle n'est pas valable et l'état hydrique ne peut pas être estimé.
---------------------	---

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec (NF P 94-056)

Méthode par sédimentation (NF P 94-057)

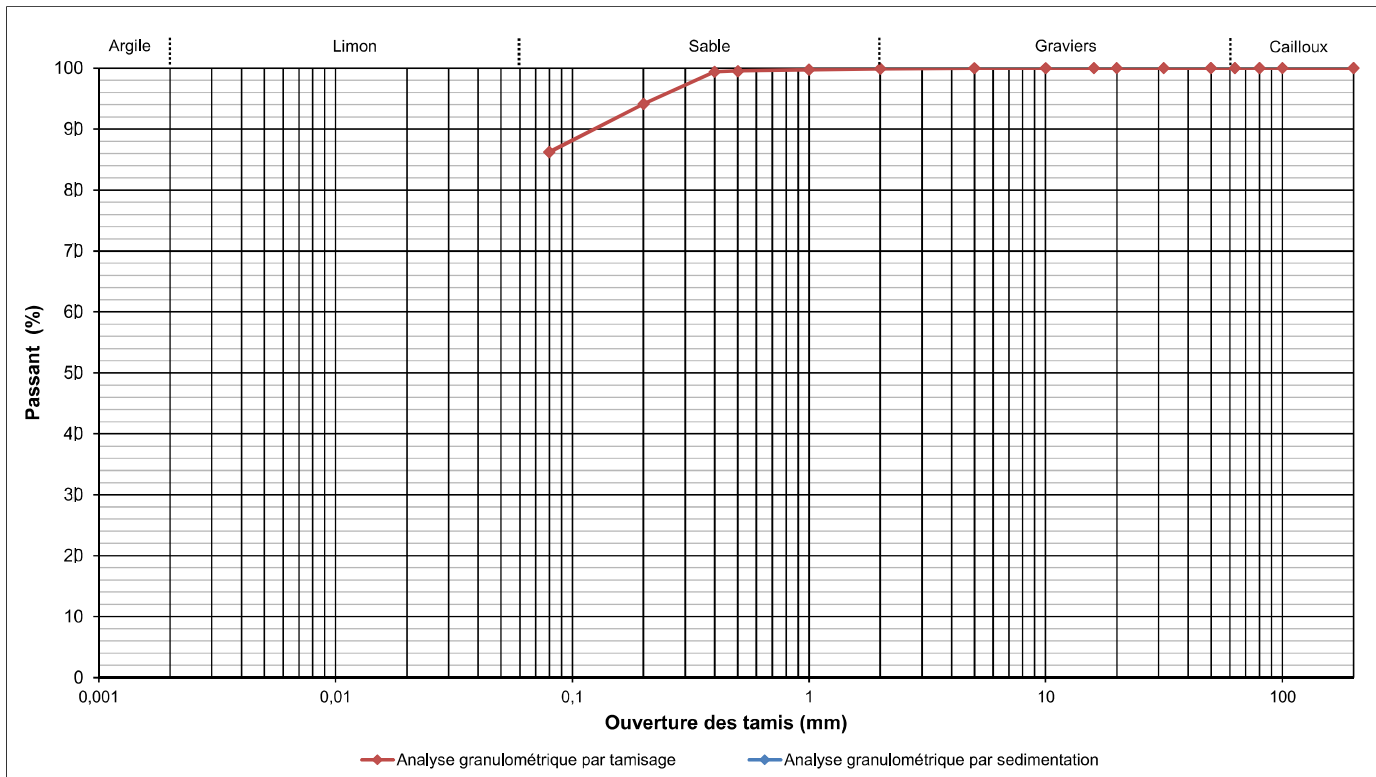
AFFAIRE	2110276
SITE	GUELTAS
Date	2022-03-31
Opérateur	FR

W% sur 0/D (NF P 94-050)	17,8	
W% sur 0/20 (NF P 94-050)	-	
Dmax (mm)	3,0	
Passants (en %)	50 mm	100,0
	2 mm	99,9
	80 µm	86,2
	2 µm	-
VBS (NF P 94-068)	0,97	

T°C de séchage	105°C
Sédimentométrie	NON
Sondage	PM9-ECH4
Profondeur	--- m
Description	Siltite grise d'aspect verdâtre

Ø tamis (mm)	200	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,4	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,7	99,5	99,4	94,1	86,2

Ø tamis (µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passant (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Densimètre	H_0 (cm) =	-	H_1 (cm) =	-	h_1 (cm) =	-	V_f (cm ³) =	-
Facteurs correcteurs	C_m =	-	C_d =	-	Eprouvette : A (cm ²) =	-		
Masse volumique des grains estimée (g/cm³)		-		-				

Temps de lecture (min)	R	T°C	Ct	D (%)	D (µm)
0,5	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
1440	-	-	-	-	-

Observations	
---------------------	--

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Méthode par tamisage à sec (NF P 94-056)

Méthode par sédimentation (NF P 94-057)

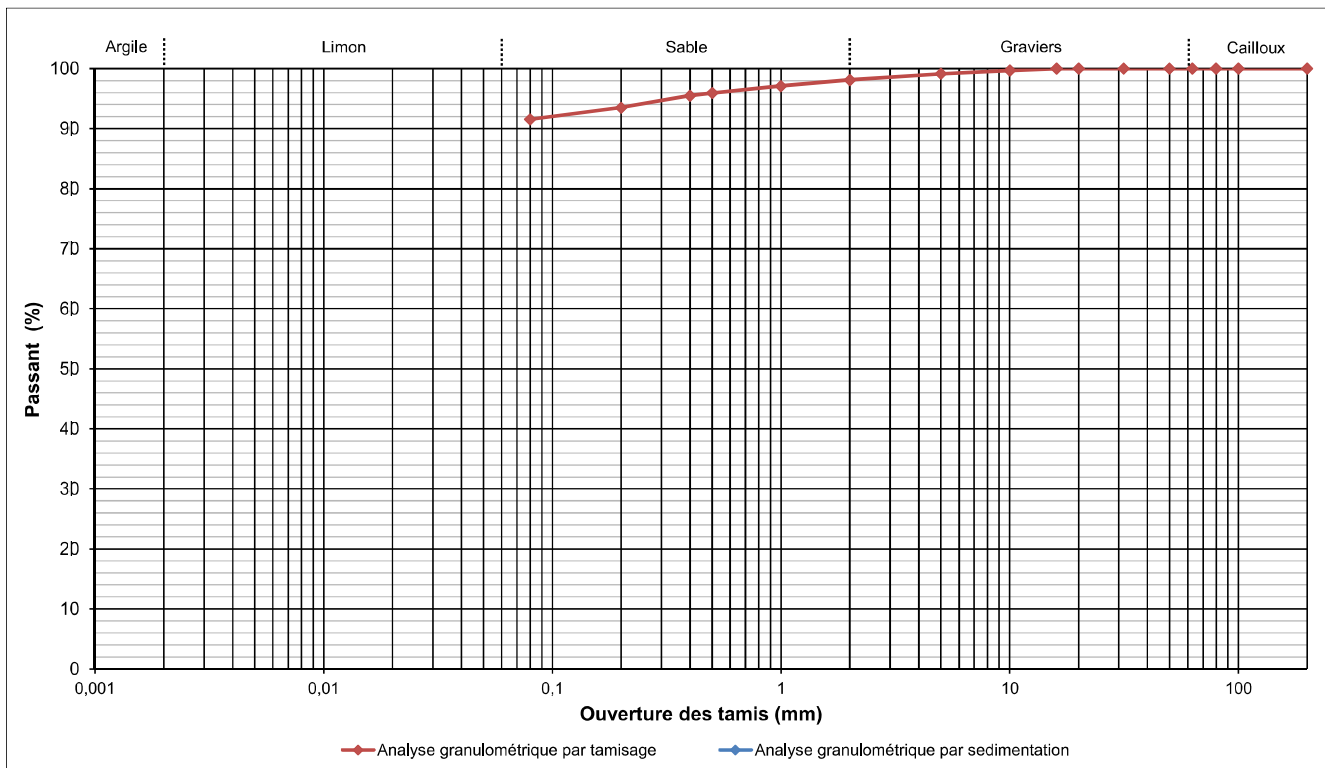
AFFAIRE	2110276
SITE	GUELTAS
Date	2022-03-31
Opérateur	FR

W% sur 0/D (NF P 94-050)	24,3	
W% sur 0/20 (NF P 94-050)	-	
Dmax (mm)	13,0	
Passants (en %)	50 mm	100,0
	2 mm	98,1
	80 µm	91,6
	2 µm	-
VBS (NF P 94-068)	-	

T°C de séchage	105°C
Sédimentométrie	NON
Sondage	PM15
Profondeur	- - - m
Description	Silts argileux ocre

Ø tamis (mm)	200	100	80	63	50	31,5	20	16	10	5	2	1	0,5	0,4	0,2	0,08
Passant (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	99,2	98,1	97,1	95,9	95,5	93,5	91,6

Ø tamis (µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Passant (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Densimètre	H_0 (cm) =	-	H_1 (cm) =	-	h_1 (cm) =	-	V_f (cm ³) =	-
Facteurs correcteurs	C_m =	-	C_d =	-	Eprouvette : A (cm ²) =	-		
Masse volumique des grains estimée (g/cm³)								

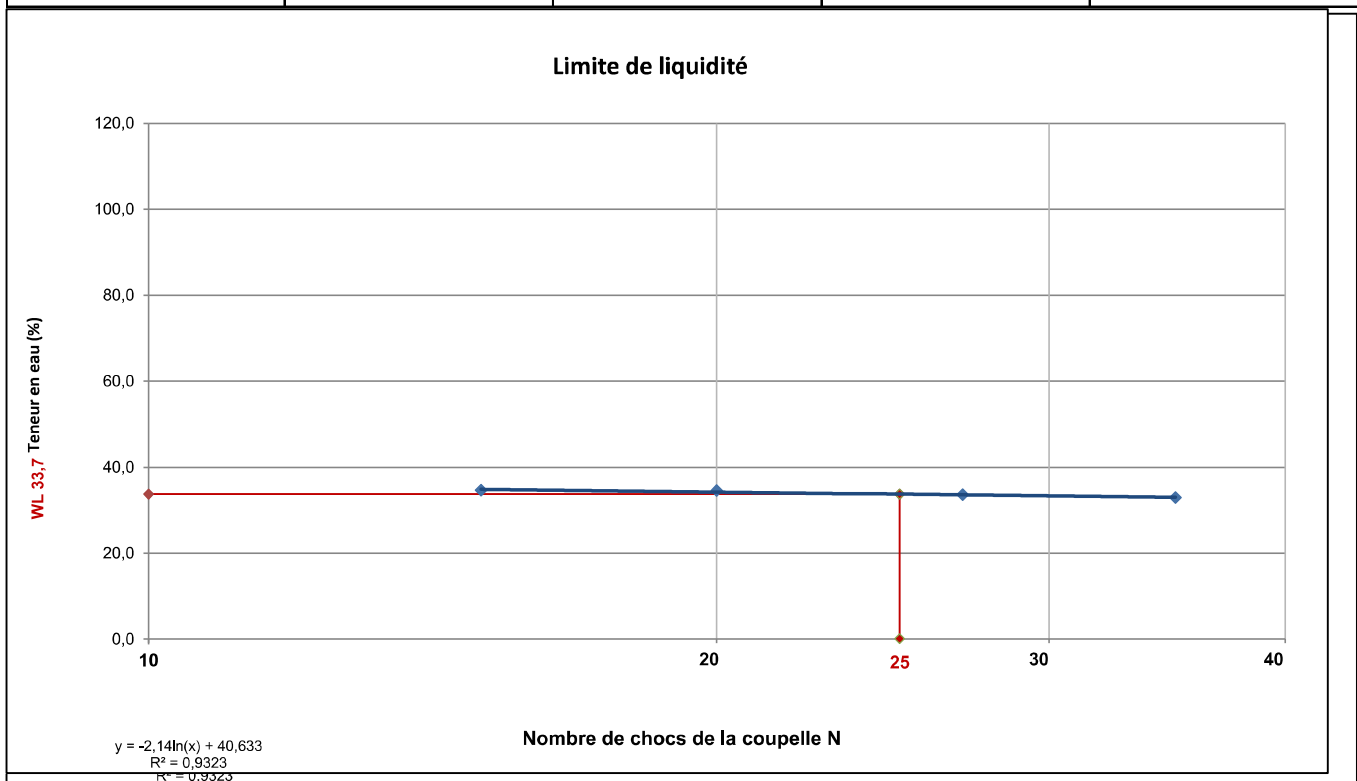
Temps de lecture (min)	R	T°C	Ct	D (%)	D (µm)
0,5	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
240	-	-	-	-	-
1440	-	-	-	-	-

Observations	
---------------------	--

LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-051)

AFFAIRE	2110276
SITE	GUeltas
Date	2022-04-04
Opérateur	IK
T°C de séchage	105°C
Sondage	PM15
Profondeur	- - - m
Description	Silts argileux ocre

Mesures N°	1	2	3	4
Nombre de coups N	15	20	27	35
Teneur en eau (%)	34,7	34,5	33,5	32,9



Limite de plasticité	W1 (%)	25,9	Moyenne (%)	25,8
	W2 (%)	25,7		

Teneur en eau sur 0/D (NF P 94-050)	W (%)	24,3
Teneur en eau sur 0/400µm (NF P 94-050)	W (%)	25,4
Limite de liquidité	W_L (%)	33,7
Limite de plasticité	W_P (%)	25,8
Indice de plasticité	I_P	8,0
Indice de consistance	I_C	1,05

Observations	Le calcul de la valeur I _c est applicable si une granulométrie a été réalisée et révèle plus de 80% de passant à 400µm, sinon elle n'est pas valable et l'état hydrique ne peut pas être estimé.
---------------------	---

ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE - CISAILLEMENT DIRECT
selon la norme NF P 94-071-1

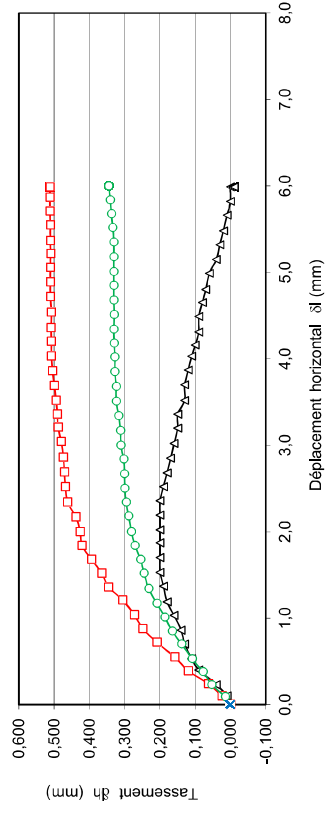
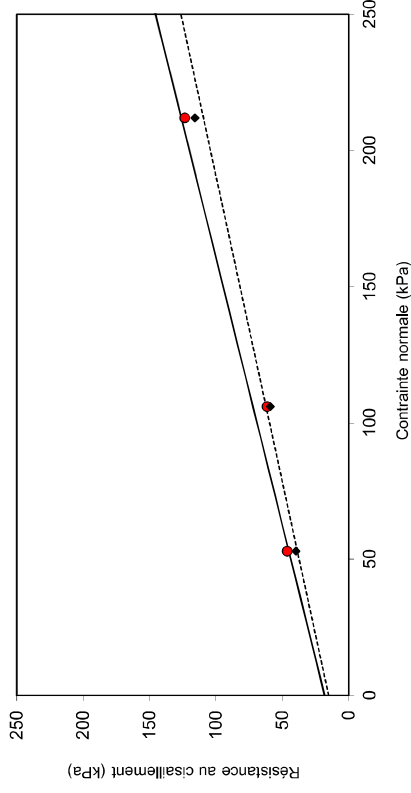
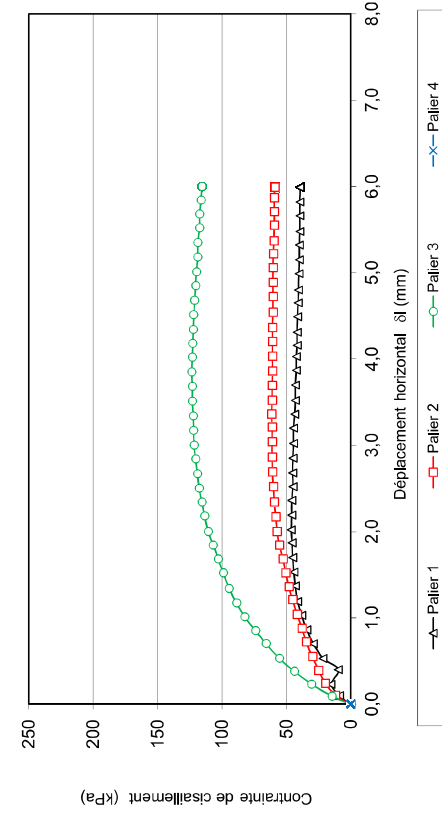
Affaire : GUELTAS

N° : 21/10276/NANTS

Etabli par : MM

N° sondage : SC1	Profondeur (m) : 2,0-2,5	Nature de l'échantillon : Intact	Reconstitué
Date essai : 27/04/2022		Bague (en mm) : Hauteur : 20,0	Largeur : 60
Nature du matériau : Argile grisâtre verdâtre		ρ_s estimée: 2,7 Mg/m ³	

N°	Avant essai			Après essai		T100 (en min)	Vitesse de cisaillement (en mm/min)	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρ_d (g/cm ³)	w (%)	e	S _R	W (%)			$\tau_{f,p}$ (kPa)	$\delta l_{f,p}$ (mm)	$\tau_{f,f}$ (kPa)	$\delta l_{f,f}$ (mm)
1	1,90	25,9	0,79	88,2	30,1	53	0,010	46,33	2,02	39,61	5,99
2	1,81	27,8	0,90	83,1	29,9	106		61,54	3,36	59,06	5,99
3	1,86	28,4	0,87	88,4	28,8	212		123,43	3,85	115,65	6,00
4	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-



Résultats	c' (kPa)	ϕ' (°)
	c' p	ϕ' p
	c' f	ϕ' f

Observations :

Annexe 7.

Levés géologiques réalisés par ACG Environnement

Fouilles à la pelle et sondage carotté

Levé du sondage carotté (2022) :

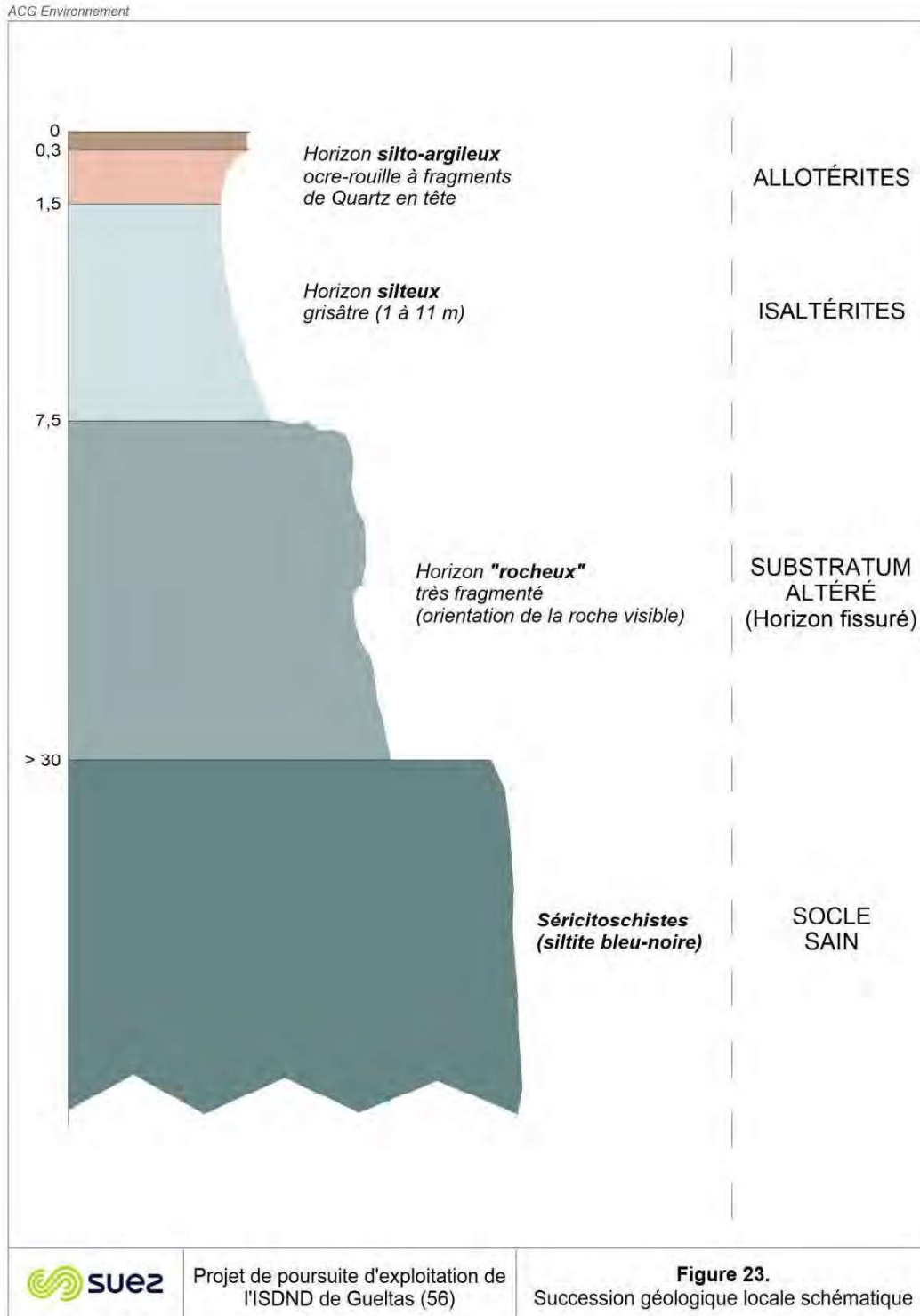


Tableau récapitulatif des fouilles à la pelle hydraulique (lithologie) :

N°	Coordonnées (Lambert 93)			Fond		Terre Végétale Epaisseur (m)	Allotérites (Horizon Ocre)			Isalotérites (Siltite Grise à verdâtre)			Roche Indurée			Remarques
	X	Y	Z (mNGF)	Prof. (en m)	Côte (NGF)		Prof. (en m)	Côte (NGF)	Ep. (en m)	Prof. (en m)	Côte (NGF)	Ep. (en m)	Prof. (en m)	Côte (NGF)	Ep. (en m)	
PM1	266549	6792109	144	4,5	139,5	0,3	143,7	0,7	1,0	143,0	2,7	3,7	140,3	nd.	Echantillon A. Horizon d'accumulation à 0,7m de profondeur	
PM2	266447	6792038	143	4,9	138,1	0,3	142,7	1,4	1,7	141,3	nd.				Horizon d'accumulation à 1m de profondeur	
PM3	266336	6791955	142	4,7	137,3	0,3	141,7	1,0	1,3	140,7	3,2	4,5	137,5	nd.	Horizon d'accumulation : Blocs de silices décimétriques dans les allotérites. Couleur rosée à partir de 2,8m de profondeur. Echantillon 1	
PM4	266185	6791848	142	4,7	137,3	0,3	141,7	1,5	1,8	140,2	nd.				Drain cassé à une profondeur de 1,3m. Echantillon 2	
PM5	266515	6792184	142	4,3	137,7	0,4	141,6	0,7	1,1	140,9	2,4	3,5	138,5	nd.		
PM6	266375	6792082	141	4,0	137,0	0,4	140,6	0,8	1,2	139,8	2,8	4,0	137,0	nd.	Refus Pelle à 4m de profondeur	
PM7	266239	6791991	140	4,2	135,8	0,3	139,7	1,0	1,3	138,7	nd.				Siliceux en fond mais pas de refus	
PM8	266093	6791897	141	4,1	136,9	0,3	140,7	0,4	0,7	140,3	3,3	4,0	137,0	nd.	Horizon d'accumulation à fragment siliceux Région gréseuse rouille (vers 4m de profondeur)	
PM9	266422	6792205	141	4,7	136,3	0,3	140,7	1,7	2,0	139,0	nd.				Siltite à aspect verdâtre Echantillon 4.	
PM10	266299	6792125	140	3,9	136,1	0,4	139,6	0,7	1,1	138,9	nd.				Blocs de siltites à taille qui augmente en passant de 1,7m à 3,5m de profondeur	
PM11	266152	6792031	140	4,7	135,3	0,3	139,7	1,6	1,9	138,1	nd.					
PM12	266371	6792335	136	4,5	131,5	0,3	135,7	1,2	1,5	134,5	nd.					
PM13	266268	6792258	136	4,1	131,9	0,4	135,6	0,6	1,0	135,0	nd.					
PM14	266085	6792249	131	3,4	127,6	0,4	130,6	1,2	1,6	129,4	1,8	3,4	127,6	nd.	Horizon d'accumulation ; gros blocs de silice à 1,1m de profondeur	
PM15	266073	6792126	135	4,4	130,6	0,3	134,7	1,6	1,9	133,1	nd.				Horizon ocre argileux (colluvionnés?) Horizon d'accumulation : blocs de silice pluridécimétriques	

Tableau récapitulatif des venues d'eau observées dans les pelles avant rebouchage :

No	Coordonnées			Profondeur		Arrivée d'Eau		Niveau d'Eau 16/02 17h:00		Niveau d'Eau 17/02		Remarques
	X	Y	Z (NGF)	(m)	Côte (NGF)	Prof. (m)	Côte (NGF)	Prof. (m)	Côte (NGF)	Prof. (m)	Côte (NGF)	
PM1	266549	6792109	144	4,5	139,5	3,7	140,3	3,5	140,5	2,65	141,35	
PM2	266447	6792038	143	4,9	138,1	2,5	140,5	2,4	140,6	1,65	141,35	
PM3	266336	6791955	142	4,7	137,3	3,2	138,8			1,80	140,20	
PM4	266185	6791848	142	4,7	137,3	2,3	139,7			3,80	138,20	Drain cassé à une profondeur de 1,3 m
PM5	266515	6792184	142	4,3	137,7			sec				
PM6	266375	6792082	141	4,0	137,0	2,4	138,6			2,35	138,65	
PM7	266239	6791991	140	4,2	135,8	2,7	137,3			2,20	137,80	plusieurs arrivées d'eau
PM8	266093	6791897	141	4,1	136,9	3,5	137,5			3,40	137,60	
PM9	266422	6792205	141	4,7	136,3			sec				
PM10	266299	6792125	140	3,9	136,1	2,6	137,4			2,10	137,90	Drain cassé à une profondeur de 0,7 m
PM11	266152	6792031	140	4,7	135,3	4,5	135,5			3,10	136,90	
PM12	266371	6792335	136	4,5	131,5	4,3	131,7			3,30	132,70	
PM13	266268	6792258	136	4,1	131,9	2,7	133,3			3,50	132,50	
PM14	266085	6792249	131	3,4	127,6					3,00	128,00	
PM15	266073	6792126	135	4,4	130,6			sec				

Photos des fouilles :

PM 1 :



Trou nu





Trou en eau











Matériaux extraits de la fouille (PM1)

PM 2 :		
 <p><i>Trou nu</i></p>	 <p><i>Trou en eau</i></p>	 <p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM2)</i></p>

<p>PM 3 :</p>	  <p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM3)</i></p>
----------------------	---

<p>PM 4 :</p>	 <p><i>Trou en eau</i></p>		 <p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM4)</i></p>
----------------------	--	---	--

<p>PM 5 :</p>	 <p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM5)</i></p>
	 <p><i>Trou nu</i></p>




PM 6 :



Trou nu









Matériaux extraits de la fouille (PM6)

 <p>A yellow excavator is shown in a field of green plants with yellow flowers. The excavator is positioned near a large, dark, cylindrical object, possibly a pipe or a container, which is partially buried in the ground. The background shows a line of trees under a cloudy sky.</p>	 <p>A close-up view of a trench or excavation site. The soil is dark and appears to be layered. There are some green plants growing along the edges of the trench. The ground surface is uneven and shows signs of recent excavation.</p>	 <p>A trench filled with water, showing a reflection of the sky. The water is dark and still. The trench walls are made of dark soil. There are some yellow flowers in the foreground, and the background shows a grassy area.</p>
<p>PM 7 :</p>	<p>Trou nu</p>	<p>Trou en eau</p>

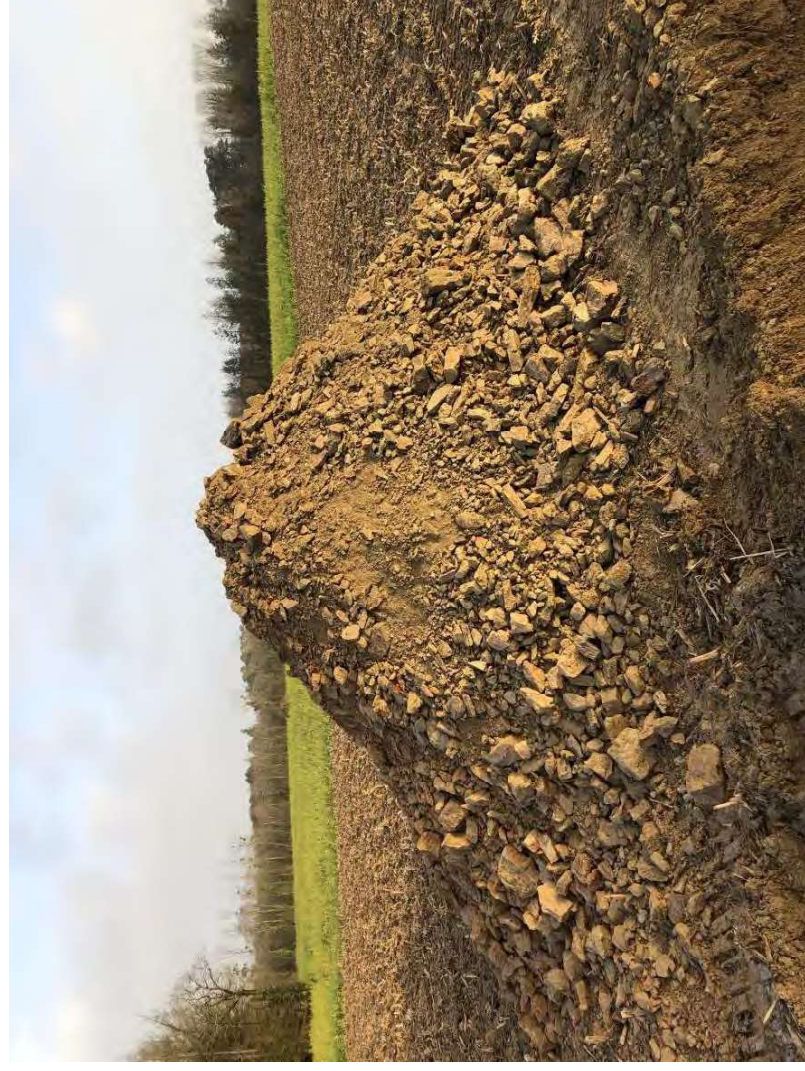


Matériaux extraits de la fouille (PM17)



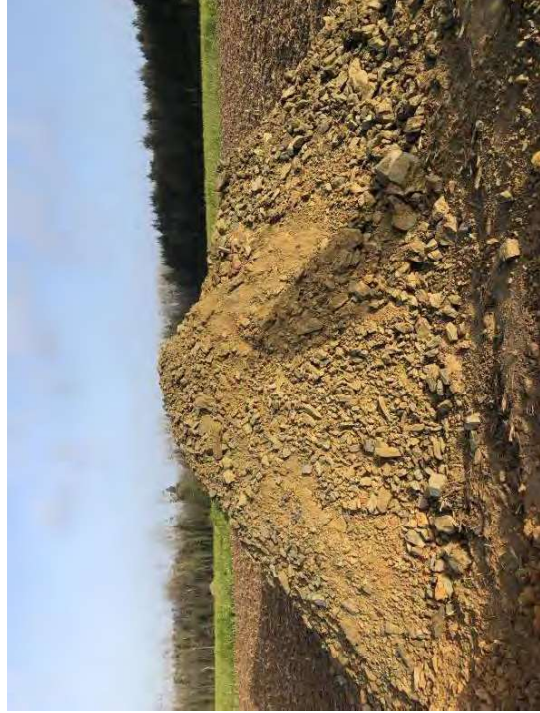
 <p><i>Trou nu</i></p>	<p>PM 8 :</p> 	 <p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM8)</i></p>
--	---	---

PM 9 :		
		
	<p><i>Trou nu</i></p>	<p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM9)</i></p>

PM 10:



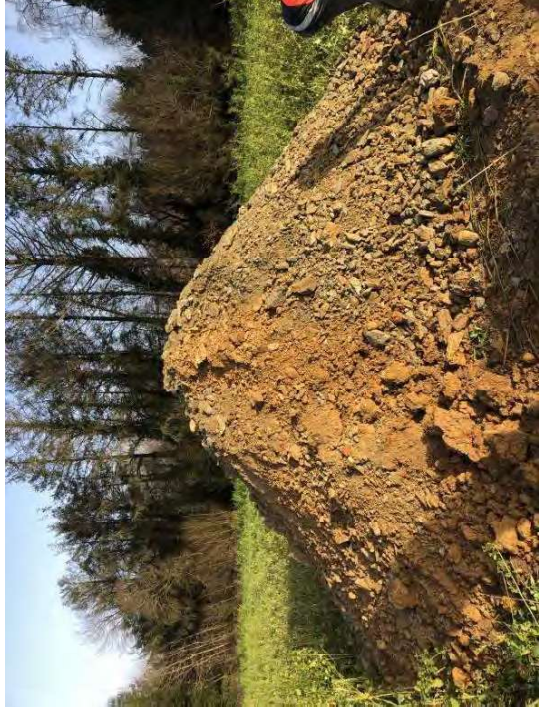
Matériaux extraits de la fouille (PM10)

		
<p>PM 11 :</p>	<p><i>Trou en eau</i></p>	<p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM11)</i></p>




PM 12 :



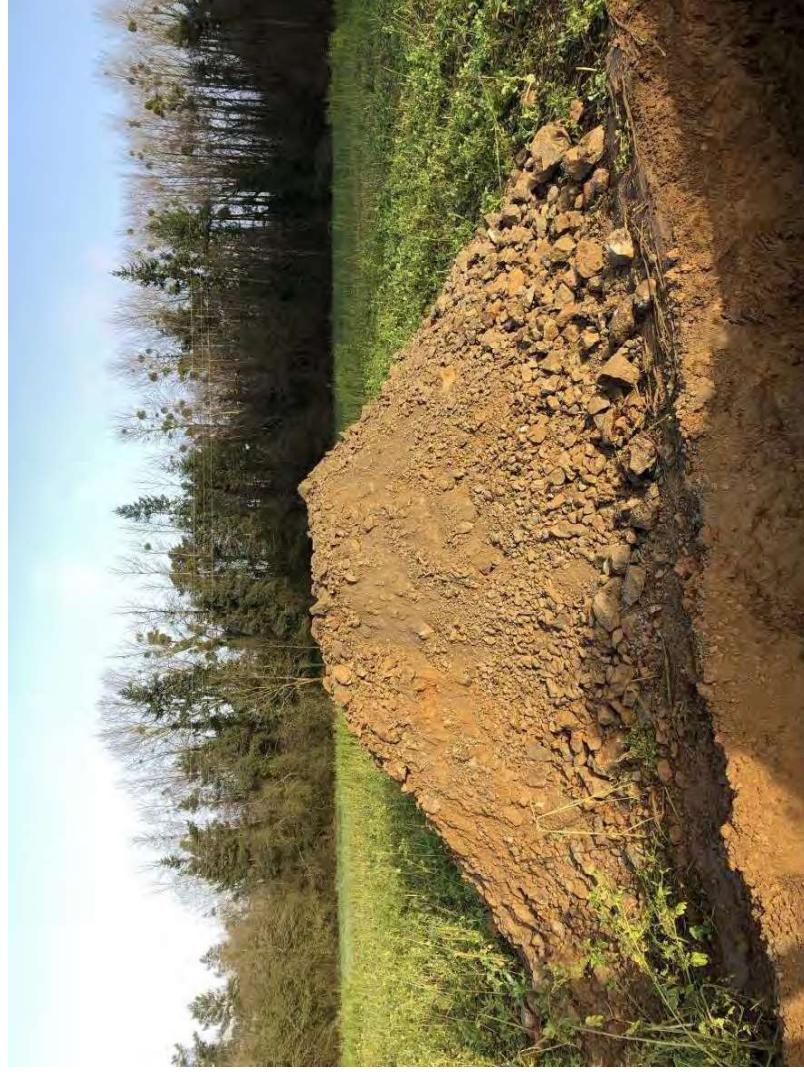
Trou nu






Matériaux extraits de la fouille (PM12)

	<p>PM 13 :</p> 	 <p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM13)</i></p>
--	--	--

PM 14 :



Matériaux extraits de la fouille (PM14)

PM 15 :		
		
	<p><i>Trou nu</i></p>	<p><i>Matériaux extraits de la fouille (PM15)</i></p>

Annexe 8.

Qualité des eaux souterraines (2022) et caractéristiques hydrodynamiques

ACG Environnement 2022

CID Environnement 2022

Tableau de la qualité des eaux sur les piézomètres de suivi du site en 2021 :

	Référence normative	Unités	P26		P23		P22		P21		P27		P24 Oust	
			05/05/21	04/11/21	05/05/21	04/11/21	05/05/21	04/11/21	05/05/21	11/04/21	05/05/21	04/11/21	05/05/21	04/11/21
Commentaire														
Date de prélèvement														
<i>Mesures In-Situ</i>														
Température de l'eau		°C	13	12,8	13,1	13,2	11,7	12,8	11,9	13	12	13,8	10,4	11,7
Hauteur de la nappe		m	7,4	9,7	3,6	3,1	2	2,4	1	1	1,8	1,5	1,4	1,5
<i>Physico-chimie</i>														
pH	9		6,18	6,08	5,72	5,8	5,75	5,7	5,81	5,68	6,1	5,99	6,29	6,25
Conductivité à 25°C	1100	µS/cm	339	250	247	243	340	313	226	190	1645	1234	320	258
Résistivité à 25 °C		ohm.cm	2950	3846	4049	4115	2941	3195	4425	5263	608	810	3125	3876
Potentiel d'oxydo-réduction		mV	67	19	166	155	174	55	145	297	157	15	161	203
DCO		mg O2/l	14	33	5	5	43	8,3	23	13	23	13	189	46
DBO5		mg O2/l	2,6	1,5	0,5	0,5	0,6	0,5	2,4	0,5	1,3	0,5	2,1	1
MES	25	mg/l	42	235	80	185	72	104	67	22	46	2,6	123	129
Azote nitreux		mg/l	0,018	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003	0,006	0,003	0,006	0,003	0,012	0,003
Azote nitrique		mg/l	0,12	0,11	3,61	3,61	2,94	4,29	0,27	0,11	2,17	9,03	0,19	0,11
Nitrates		mg/l	0,52	0,5	16	16	13	19	1,2	0,5	9,6	40	0,85	0,5
Nitrites		mg/l	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01
Azote Kjeldahl (NTK)		mg/l	2,3	1,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,1	0,5	1	0,5	2,4	0,96
Ammonium	0,5	mg/l	0,05	0,55	0,05	0,05	0,05	0,05	0,45	0,06	0,08	0,05	0,32	0,34
Orthophosphates (PO4)	0,5	mg PO4/l	0,01	0,04	0,05	0,11	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,1	0,11
Carbone Organique Total (COT)		mg C/l	5,3	9,4	0,73	1,3	2,4	2,8	8,8	4,1	10	4,3	50	20
<i>Anions et Cations</i>														
Magnésium (Mg)		mg/l	4,8	4,8	6,2	5,3	11,3	11,5	5,9	5,9	33,4	32,5	7,2	6,1
Calcium (Ca)		mg/l	26,2	20,6	8,4	6,1	11,1	8,7	4,6	3,4	18	12,4	24,3	13,9
Potassium (K)		mg/l	3,6	3,7	0,5	0,5	2,6	1,7	3	3	6,7	6,8	9,7	7,9
Chlorures	250	mg/l	9,5	12	19	21	59	57	42	33	260	250	41	39
Sulfates (SO4)	250	mg/l	1,7	10	42	43	24	19	17	17	170	98	6,1	8,2
<i>Métaux</i>														
Aluminium (Al)	200	µg/l	35	194	165	343	243	293	241	313	82	17	1100	570
Arsenic (As)	10	µg/l	15	17	2	2	2	2	2	2	2	2	25	42
Mercurure (Hg)	1	µg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Etain (Sn)		µg/l	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Chrome (Cr)	50	µg/l	5	5	5	5	0,005	0,005	5	5	5	5	5	5
Zinc (Zn)	5000	µg/l	10	11	10	10	10	13	13	47	17	10	10	10
Plomb (Pb)	10	µg/l	2	2	2	2	2	2	2	5	6	2	4	3
Cuivre (Cu)	2000	µg/l	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Nickel (Ni)	20	µg/l	5	10	7	7	9	14	8	5	18	16	7	5
Manganèse dissous (Mn)		µg/l	1910	1290	10	19	264	96	737	491	618	301	83	42
Manganèse total (Mn)	50	µg/l	2120	1320	10	26	267	132	163	492	833	310	83	48
Fer (Fe)	700	µg/l	37450	23930	192	1390	1170	507	5050	1950	5610	1410	11800	8630
Cadmium (Cd)	5	µg/l	1	1	1	1	0,001	0,001	1	1	1	1	1	1
<i>Composés Volatils</i>														
Benzène	1	µg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Toluène	700	µg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ethylbenzène	300	µg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
m-p-Xylène		µg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
o-Xylène		µg/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Xylène	500	µg/l	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Ethyl Tertio-butyl Ether		µg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Méthyl Tertio-butyl Ether		µg/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
<i>HAP</i>														
Somme des HAP 4	0,1	µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Somme des HAP 6	1	µg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Benzo(a)pyrène	0,01	µg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Benzo(b)fluoranthène		µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
Benzo(ghi)Pérylène		µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
Benzo(k)fluoranthène		µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
Fluoranthène		µg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Indène (1,2,3-cd) Pyrène		µg/l	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	
<i>Microbiologie</i>														
Organo Halogénés Adsorbables (AOX)		µg/l	30	30	10	20	50	10	50	30	40	50	130	110
PCB 28		µg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
PCB 52		µg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
PCB 101		µg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
PCB 118		µg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
PCB 138		µg/l	0,0002	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
PCB 153		µg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
PCB 180		µg/l	0,0002	0,00023	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
Somme des 7 PCB		µg/l	0,0002	0,00053	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	
<i>Microbiologie</i>														
Bactéries coliformes		ufs/100 ml	85	45008	20	1400	420	1600	1300	1400	85	72	1800	340
Escherichia coli		NFP/100 ml	9	1	1	12	22	1600	1	15	9	2	360	102
Entérocoques intestinaux		NFP/100 ml	4	1	1	3	1	76	4	1	5	1	11	1
Salmonella		/l litre	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

Tableau de la qualité des eaux souterraines sur la zone d'extension (Mars 2022) :

	Référence normative Guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - Juillet 2019	Unités	PZ Amont	PZ Aval Sud	PZ Aval Ouest	PZ Aval Nord	PZ Aval Nord- Ouest
Commentaire							
Date de prélèvement			31/03/22	31/03/22	31/03/22	31/03/22	31/03/22
<i>Physico-chimie</i>							
pH	9		6,4	6,3	6,4	6,9	6,8
Conductivité à 25°C	1100	µS/cm	210	340	320	170	190
Résistivité à 25 °C		ohm.cm	4854,37	2915,45	3174,6	5882,35	5376,34
Potentiel d'oxydo-réduction		mV	287,58	282,6	270,58	119,55	115,64
DCO		mg O2/l	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000	<5,000
DBO5		mg O2/l	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00
MES	25	mg/l	39,2	4	<4,00	191	11,8
Nitrates	50	mg NO3/l	46,6	87,5	50,1	<0,50	5,21
Azote Nitrique		mg N-NO3/l	10,5	19,8	11,3	<0,11	1,18
Nitrites	0,3	mg NO2/l	<0,01	0,03	0,089	<0,01	<0,01
Azote nitreux		mg N-NO2/l	<0,003	0,009	0,027	<0,003	<0,003
Azote Kjeldahl (NTK)		mg/l	<0,50	1,07	<0,50	<0,50	<0,50
Azote global		mg/l	10,52	20,84	11,34	<0,50	1,18
Ammonium	0,5	mg/l	0,031	0,043	0,084	0,076	0,034
Azote ammoniacal		mg N/l	0,024	0,033	0,065	0,059	0,027
Orthophosphates (PO4)	0,5	mg PO4/l	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Carbone Organique Total (COT)		mg C/l	0,28	0,8	0,67	0,24	0,28
<i>Anions et Cations</i>							
Magnésium (Mg)		mg/l	8,3	16	9,3	6,6	7,4
Calcium (Ca)		mg/l	7,7	9,4	14	6,9	4,8
LSFDE : Potassium (K)		mg/l	0,78	4,3	7,5	0,54	0,66
IX138 : Potassium (K)		mg/l	0,65	4,4	7,3	<0,5	0,52
Chlorures	250	mg/l	28	41,9	36,8	22,7	25,8
Sulfates (SO4)	250	mg/l	1,36	9,92	12,7	13,2	12,8
<i>Métaux</i>							
Arsenic (As)	10	µg/l	0,19	0,21	0,69	0,96	1,8
Mercuré (Hg)	1	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Etain (Sn)		µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrome (Cr)	50	µg/l	0,09	0,4	0,9	0,46	<0,05
Zinc (Zn)	5000	µg/l	13	20	18	12	12
Plomb (Pb)	10	µg/l	<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1
Cuivre (Cu)	2000	µg/l	0,4	0,6	0,7	0,3	0,2
Nickel (Ni)	20	µg/l	8,5	14	12	14	5,4
Manganèse (Mn)	50	µg/l	40	31	52	490	390
Fer (Fe)	200	µg/l	2,2	1,9	10	6800	5000
Cadmium (Cd)	5	µg/l	0,05	0,1	0,1	0,04	<0,1
<i>Composés Volatils</i>							
Benzène	1	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Toluène	700	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Ethylbenzène	300	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
m-p-Xylène		µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
o-Xylène		µg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Xylène	500	µg/l	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
BTEX totaux		µg/l	<0,62	<0,62	<0,62	<0,62	<0,62
<i>HAP</i>							
Somme des HAP 4	0,1	µg/l	<0,0112	<0,0112	<0,0112	<0,0112	<0,0112
Somme des HAP 6	1	µg/l	<0,0172	<0,0172	<0,0172	<0,0172	<0,0172
Somme des HAP 16		µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<i>Micropolluants</i>							
Organo Halogénés Adsorbables (AOX)		µg/l	14	23	100	16	18
<i>PCB</i>							
PCB 28		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 52		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 101		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 118		µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB 138		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 153		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
PCB 180		µg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
<i>Microbiologie</i>							
Bactéries coliformes		ufc/100 ml	< 1	< 1	1	< 1	< 1
Escherichia coli		ufc/100 ml	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Entérocoques intestinaux		NPP/100 ml	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
Salmonella		/1 litre	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré	Non mesuré
<i>Radiachimie</i>							
Activité en Tritium		Bq/l	<9,2	<9,1	<9,1	<9,6	<6,4
Activité Bêta globale hors potassium K40		Bq/l	<0,08	<0,12	<0,09	0,41	<0,09
Activité alpha global		Bq/l	<0,04	<0,05	<0,05	0,27	<0,05
Activité bêta global		Bq/l	<0,08	<0,12	0,23	0,43	<0,09

Essais de pompage menés sur les piézomètres de la zone d'extension :

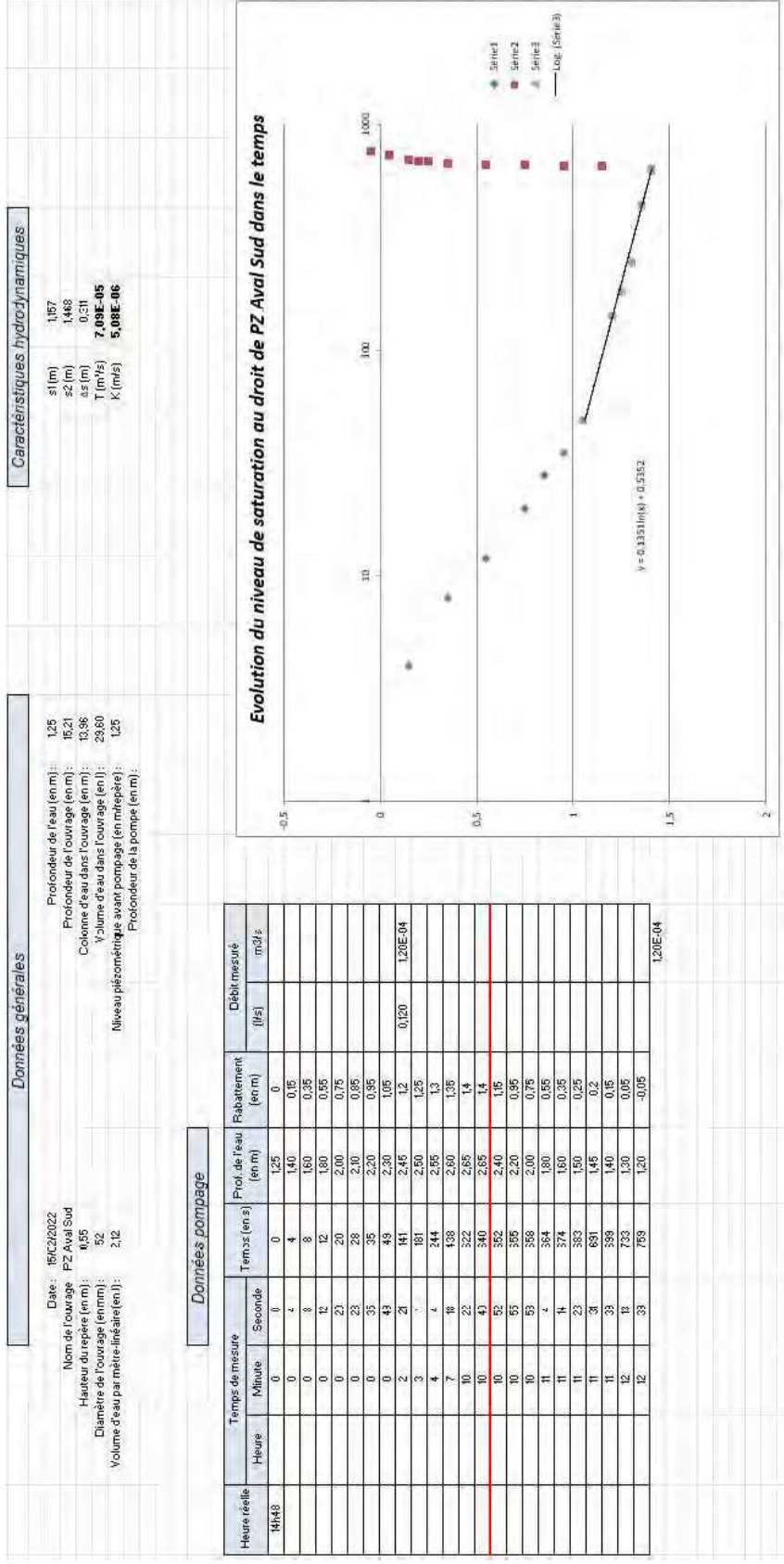
PZ Amont (SC) :

Données générales											
Date : 16/02/2022 Nom de l'ouvrage : PZ AmontSC Hauteur du repère (en m) : 0,455 Diamètre de l'ouvrage (en mm) : 32 Volume d'eau par mètre-linéaire (en l) : 2,12					Profondeur de l'eau (en m) : 3,72 Profondeur de l'ouvrage (en m) : 23,17 Colonne d'eau dans l'ouvrage (en m) : 25,45 Volume d'eau dans l'ouvrage (en l) : 53,96 Niveau piézométrique avant pompage (en mètre) : 3,88 Profondeur de la pompe (en m) : 15						
Données pompage											
Heure réelle	Temps de mesure		Prof. de l'eau (en m)	Rabatement (en m)	Débit mesuré (l/s)	Débit mesuré (m ³ /s)	Caractéristiques hydrodynamiques				
	Heure	Minute					Seconde	s1 (m)	s2 (m)	s3 (m)	T (m/s)
13h25	0	0	3,68	0			1523	2,278	0,754	2,48E-05	9,57E-07
	0	2	3,80	0,12							
	0	8	4,30	0,62							
	0	15	4,50	0,82							
	0	25	4,70	1,02							
	0	41	4,90	1,22							
	1	10	5,10	1,42							
	2	28	5,30	1,62	0,11	1,05E-04					
	4	15	5,50	1,82							
	5	16	5,60	1,92							
	7	2	4,22	5,70	2,02	0,11	1,05E-04				
	9	25	5,80	2,12							
	14	10	5,90	2,22							
	15	40	5,95	2,27							
	19	30	6,00	2,32							
	23	30	6,05	2,37							
	23	30	6,05	2,37							
	23	49	5,25	1,57							
	23	56	4,95	1,52							
	24	10	4,90	1,32							
	24	25	4,85	1,22							
	24	47	4,87	1,12							
	25	18	4,70	1,02							
	25	58	4,60	0,92							
	26	51	4,50	0,82							
	27	27	4,45	0,77							
	28	9	4,40	0,72							
	28	53	4,35	0,67							
	29	53	4,30	0,62							
	31	12	4,25	0,57							
	32	36	4,20	0,52							
	34	30	4,15	0,47							
	36	57	4,10	0,42							
	40	0	4,05	0,37							
	44	4	4	0,32							
14h15	50	0	3,38	0,30							

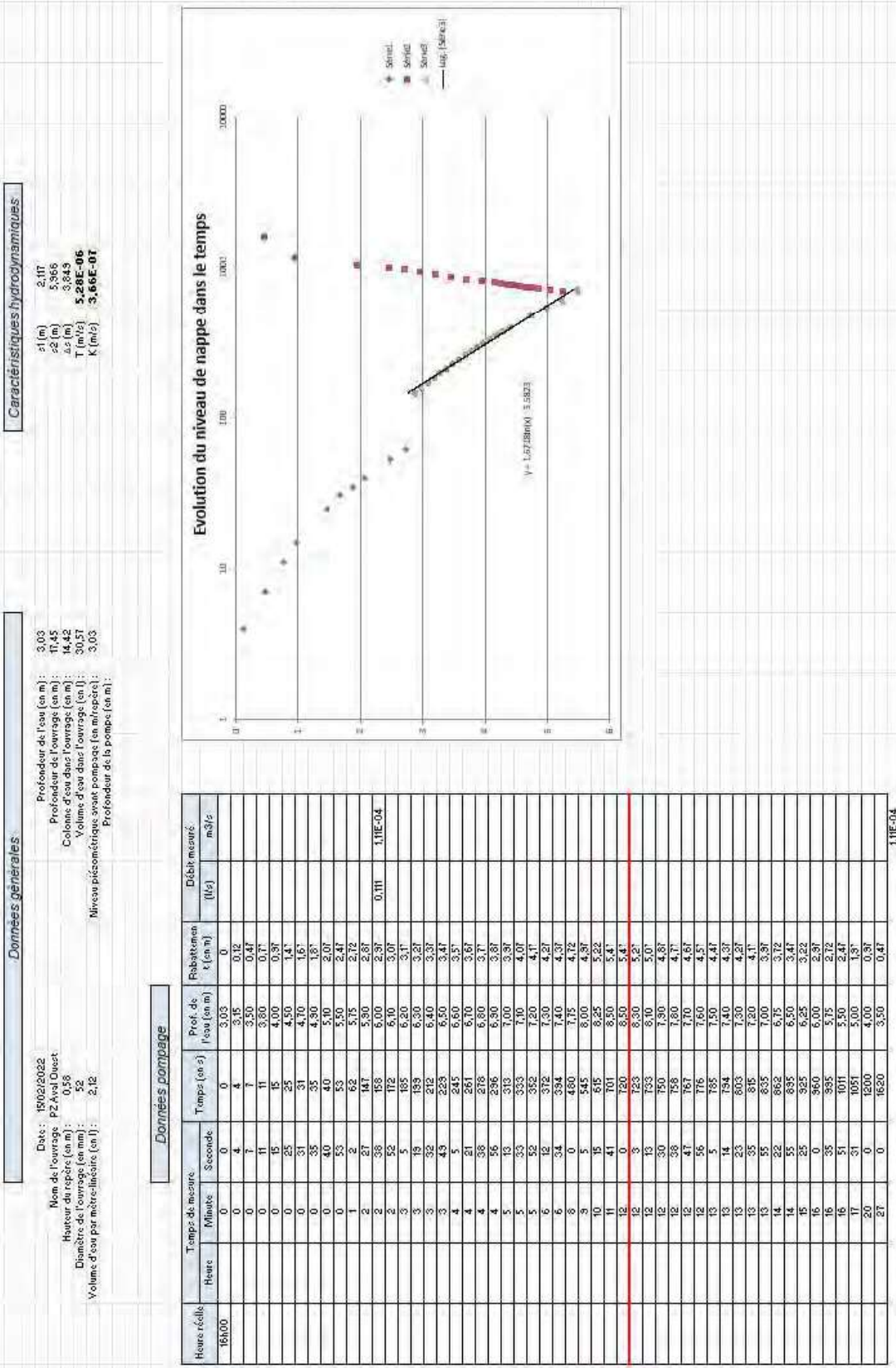
Evolution du niveau de saturation au droit de PZ Amont dans le temps

Heure réelle	Minute	Seconde	Prof. de l'eau (en m)	Rabatement (en m)	Débit mesuré (l/s)	Débit mesuré (m ³ /s)
13h25	0	0	3,68	0		
	0	2	3,80	0,12		
	0	8	4,30	0,62		
	0	15	4,50	0,82		
	0	25	4,70	1,02		
	0	41	4,90	1,22		
	1	10	5,10	1,42		
	2	28	5,30	1,62	0,11	1,05E-04
	4	15	5,50	1,82		
	5	16	5,60	1,92		
	7	2	4,22	5,70	2,02	0,11
	9	25	5,80	2,12		
	14	10	5,90	2,22		
	15	40	5,95	2,27		
	19	30	6,00	2,32		
	23	30	6,05	2,37		
	23	30	6,05	2,37		
	23	49	5,25	1,57		
	23	56	4,95	1,52		
	24	10	4,90	1,32		
	24	25	4,85	1,22		
	24	47	4,87	1,12		
	25	18	4,70	1,02		
	25	58	4,60	0,92		
	26	51	4,50	0,82		
	27	27	4,45	0,77		
	28	9	4,40	0,72		
	28	53	4,35	0,67		
	29	53	4,30	0,62		
	31	12	4,25	0,57		
	32	36	4,20	0,52		
	34	30	4,15	0,47		
	36	57	4,10	0,42		
	40	0	4,05	0,37		
	44	4	4	0,32		
14h15	50	0	3,38	0,30		

PZ Aval Sud :



PZ Aval Ouest :



PZ Aval Nord :

Données générales

Date: 17/02/2022
 Nom de l'ouvrage: PZ Aval Nord
 Hauteur de creusage (en m): 0,75
 Diamètre de l'ouvrage (en m): 52
 Volume d'eau par mètre linéaire (en l): 2,12

Profondeur de l'eau (en m): 0,83
 Profondeur de l'ouvrage (en m): 13,71
 Calculus d'eau dans l'ouvrage (en m): 12,88
 Volume d'eau dans l'ouvrage (en l): 273088
 Niveau piézométrique avant pompage (en mètres): 0,51
 Profondeur de la pompe (en m): 10

Caractéristiques hydrodynamiques

A1 (m): 2,655
 A2 (m): 5,296
 A3 (m): 2,741
 T1 (m/s): 8,39E-06
 K1 (m/s): 6,44E-07

Données pompage

Heure réelle	Temps de mesure		Temps (en s)	Press. de l'eau (en m)	Relativité (en m)	Débit mesuré (lit)	Débit mesuré (m³/h)
	Heure	Minute					
10h42	0	0	0	0,81	0		
	2	3	1,2	0,38	0		
	6	1,4	0,56				
	10	1,6	0,79				
	14	1,8	0,99				
	18	2	1,19				
	22	2,2	1,24				
	26	2,5	1,48				
	30	2,8	1,49				
	34	3,1	1,48				
	38	3,4	1,79				
	42	3,6	2,19				
	46	3,8	2,79				
	50	4,1	3,19				
	54	4,4	3,69				
	58	4,7	4,19				
	62	5,1	4,29				
	66	5,23	4,47				
	70	5,44	4,63				
	74	5,89	4,73				
	78	6,08	5,08				
	82	6,36	5,25				
	86	6,56	5,34				
	90	6,22	5,41				
	94	6,29	5,48				
	98	6,36	5,55				
	102	6,4	5,59				
	106	6,45	5,64				
	110	6,51	5,7				
	114	6,58	5,75				
	118	6,61	5,8				
	122	6,65	5,84				
	126	6,68	5,88				
	130	6,72	5,91				
	134	6,78	5,93				
	138	6,82	6,07				
	142	6,82	6,01				
	146	6,82	6,01				
	150	6,82	6,01				
	154	6,82	6,01				
	158	6,82	6,01				
	162	6,82	6,01				
	166	6,82	6,01				
	170	6,82	6,01				
	174	6,82	6,01				
	178	6,82	6,01				
	182	6,82	6,01				
	186	6,82	6,01				
	190	6,82	6,01				
	194	6,82	6,01				
	198	6,82	6,01				
	202	6,82	6,01				
	206	6,82	6,01				
	210	6,82	6,01				
	214	6,82	6,01				
	218	6,82	6,01				
	222	6,82	6,01				
	226	6,82	6,01				
	230	6,82	6,01				
	234	6,82	6,01				
	238	6,82	6,01				
	242	6,82	6,01				
	246	6,82	6,01				
	250	6,82	6,01				
	254	6,82	6,01				
	258	6,82	6,01				
	262	6,82	6,01				
	266	6,82	6,01				
	270	6,82	6,01				
	274	6,82	6,01				
	278	6,82	6,01				
	282	6,82	6,01				
	286	6,82	6,01				
	290	6,82	6,01				
	294	6,82	6,01				
	298	6,82	6,01				
	302	6,82	6,01				
	306	6,82	6,01				
	310	6,82	6,01				
	314	6,82	6,01				
	318	6,82	6,01				
	322	6,82	6,01				
	326	6,82	6,01				
	330	6,82	6,01				
	334	6,82	6,01				
	338	6,82	6,01				
	342	6,82	6,01				
	346	6,82	6,01				
	350	6,82	6,01				
	354	6,82	6,01				
	358	6,82	6,01				
	362	6,82	6,01				
	366	6,82	6,01				
	370	6,82	6,01				
	374	6,82	6,01				
	378	6,82	6,01				
	382	6,82	6,01				
	386	6,82	6,01				
	390	6,82	6,01				
	394	6,82	6,01				
	398	6,82	6,01				
	402	6,82	6,01				
	406	6,82	6,01				
	410	6,82	6,01				

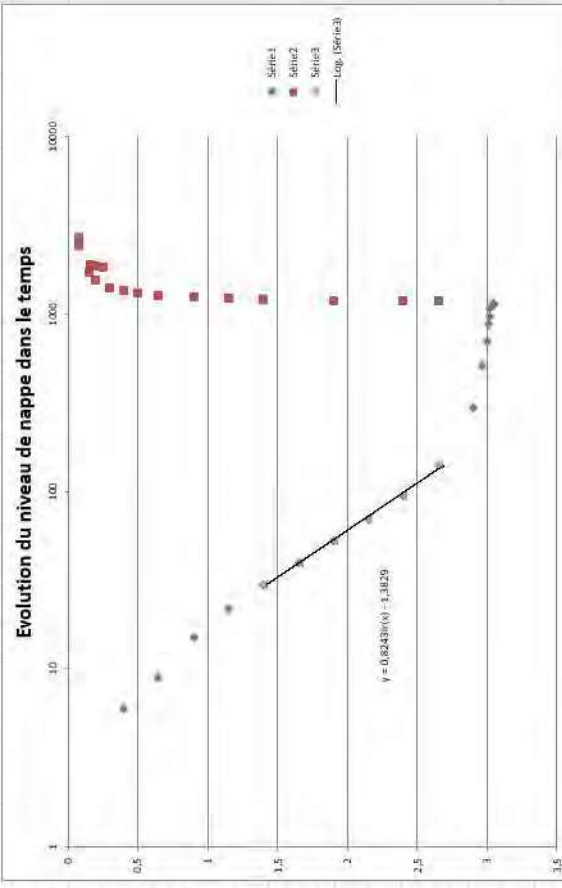
Evolution du niveau de nappe dans le temps

PZ Aval Nord-Ouest :

Données générales		Caractéristiques hydrodynamiques	
Date :	17/02/2022	Profondeur de l'eau (en m) :	1,12
Nom de l'ouvrage :	PZ Aval Nord-Ouest	Profondeur de l'ouvrage (en m) :	10,4
Hauteur du repère (en m) :	0,48	Colonnes d'eau dans l'ouvrage (en m) :	9,28
Diamètre de l'ouvrage (en mm) :	52	Volume d'eau dans l'ouvrage (en l) :	18,6736
Volume d'eau par mètre-linéaire (en l) :	2,12	Niveau piézométrique au(s) pompage (en mètres) :	1,1
		Profondeur de la pompe (en m) :	9
		s1 (m) :	2,413
		s2 (m) :	4,311
		as (m) :	1,898
		T (m/s) :	1,12E-06
		K (m/s) :	1,21E-06

Données pompage

Heure réelle	Temps de mesure		Prof. de l'eau (en m)	Rabatement (en m)	Débit mesuré (l/s)	m3/s
	Heure	Minute				
12h01						
	0	0	1,1	0		
	6	6	1,5	0,4		
	9	9	1,75	0,85		
	15	15	2	0,9		
	22	22	2,25	1,65	0,122	1,22E-04
	30	30	2,5	1,4		
	40	40	2,75	1,65		
	53	53	3	1,9		
	70	70	3,25	2,15		
	95	95	3,5	2,4		
	20	20	3,75	2,65		
	4	4	4	2,9		
	8	8	4,06	2,96	0,111	1,11E-04
	11	11	4,1	3		
	14	14	4,11	3,01		
	16	16	4,12	3,02		
	18	18	4,12	3,02		
	19	19	4,15	3,05		
	19	19	4,15	3,05		
	19	19	3,75	2,65		
	1	1	3,5	2,4		
	20	20	3	1,9		
	25	25	2,5	1,4		
	36	36	2,25	1,65		
	57	57	2	0,9		
	21	21	1,75	0,85		
	22	22	1,6	0,5		
	48	48	1,5	0,4		
	45	45	1,4	0,3		
	26	26	1,3	0,2		
	28	28	1,25	0,15		
	30	30	1,35	0,25		
	31	31	1,3	0,2		
	32	32	1,25	0,15		
	41	41	1,18	0,08		
12h46	45	45	1,18	0,08		1,17E-04



AQUA-MESURE
Analyses Aquamesure
6-8 rue de la closerie
ce 4803- lisses
91048 EVRY CEDEX
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-22-IV-041470-01

Version du : 02/05/2022

Page 1/6

Dossier N° : 22V010185

Date de réception : 01/04/2022

Référence dossier : Nom Commande : ACG Gueltas

N° Projet : ACG Environnement

Nom Projet : ACG Env.

Référence bon de commande : BC220323AB-A

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
001	Eau souterraine, de nappe phréatique	ACG Gueltas - Pz 1 /	(1203) (voir note ci-dessous) (179) (voir note ci-dessous) (2324) (voir note ci-dessous) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité. Acénaphthylène, Naphtalène : Observation d'un écart lors de la mise en oeuvre de la méthode d'essai. Résultat(s) émis hors des spécifications de la méthode accréditée.

(1203) Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation.

(179) AOX : échantillons congelés.

(2324) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

N° ech **22V010185-001** | Version AR-22-IV-041470-01(02/05/2022) | Votre réf. **ACG Gueltas - Pz 1** Page 2/6

Date de prélèvement	31/03/2022 09:00	Préleveur	PRELEVEUR AQUAMESURE
Date de réception	01/04/2022 09:35	Température de l'air de l'enceinte	5°C
Début d'analyse	01/04/2022 16:29		

ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

	Résultat	Unité
UMLLE : Escherichia coli et bactéries coliformes (/100ml) Prestation réalisée par nos soins		
Numération - Filtration sur membrane [Filtration sur membrane - Incubation 36°C - Dénombrement des colonies confirmées] - NF EN ISO 9308-1:2000		
Bactéries coliformes	#	< 1 ufc/100 ml
Escherichia coli	#	< 1 ufc/100 ml
UMYIS : Entérocoques intestinaux Prestation réalisée par nos soins		
Numération - NPP miniaturisé [Microplaques - Incubation à 44°C - Confirmation par fluorescence - Détermination du NPP] - NF EN ISO 7899-1		
	#	< 15 NPP/100 ml
UMPF8 : Salmonella (dans 1L) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Détection - Filtration sur membrane [Méthode qualitative - Pré-enrichissement - Enrichissements - Isolement et confirmation] - NF EN ISO 19250		
	*	Non mesuré /1 litre

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
ICBHX : Carbone Organique Total (COT) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Nord (Douai)		
Technique [Oxydation Chimique / IR] - NF EN 1484		
	#	0.28 mg C/l
IV001 : Mesure du pH Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie - NF EN ISO 10523		
Température de mesure du pH		18.5 °C
pH	#	6.4 Unités pH
IVK98 : Conductivité à 25°C Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie [Correction par calcul pour compensation de la température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		18.5 °C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	#	215 µS/cm
IXK98 : Conductivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685		
Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		19.9 °C
Conductivité à 25°C	*	210 µS/cm
IV039 : Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Méthode à petite échelle en tube fermé - ISO 15705		
	*	<5.000 mg O2/l
IV040 : Demande biochimique en oxygène (DBO5) Prestation réalisée par nos soins		
Electrochimie - NF EN ISO 5815-1		
	#	<3,00 mg O2/l
IV002 : Matières en suspension (MES) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Gravimétrie [Filtre WHATMAN 934-AH RTU /47] - NF EN 872		
	*	39.2 mg/l
IVA58 : Azote Kjeldahl (NTK) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Titrimétrie [Minéralisateur + Distillateur + Titrateur] - NF EN 25663		
	*	<0.50 mg N/l
IV05Q : Ammonium Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Ammonium (NH4)	*	0,031 mg NH4/l
Azote ammoniacal	*	0,024 mg N/l

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
IV05T : Nitrates Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Nitrates (en N) *	10.5	mg N-NO3/l
Nitrates *	46.6	mg NO3/l
IV05S : Nitrites Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Azote nitreux *	<0,003	mg N-NO2/l
Nitrites *	<0,01	mg NO2/l
IVS98 : Azote global (NO2+NO3+NTK) Prestation réalisée par nos soins	10,52	mg N/l
Calcul -		
IV05Y : Orthophosphates (PO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - Méthode interne	*	<0.15 mg PO4/l
IXA71 : Potentiel d'oxydoréduction (E PT/AgCl) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie -	287,58	mV
IXA37 : Résistivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - Méthode interne	4854,37	ohm.cm

ANIONS ET CATIONS

	Résultat	Unité
LSFDG : Magnésium (Mg) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	8,3 mg/l
LSFDD : Calcium (Ca) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	7,7 mg/l
LSFDE : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,78 mg/l
IV05P : Chlorures Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	28,0 mg/l
IV0A7 : Sulfates (SO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	1,36 mg/l
IX138 : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Chromatographie ionique - Conductimétrie - NF EN ISO 14911	*	0,65 mg/l

COMPOSES VOLATILS

	Résultat	Unité
IXBVC : m+p-Xylène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,03 µg/l
IXBV5 : Benzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20 µg/l
IXBVP : Toluène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,10 µg/l
IXBVJ : Ethylbenzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20 µg/l

COMPOSES VOLATILS		Résultat	Unité
IXBVY : o-Xylène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	<0.03	µg/l
HAP			
IXHA6 : Somme des HAP 16	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Calcul - Méthode interne	<0.05	µg/l
IXHAE : Injection HAP	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC-MS [par extraction L/L] - Méthode interne	-	
IX6RP : Acénaphthylène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.01	µg/l
IX6RK : Acénaphthène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.01	µg/l
IX6RC : Anthracène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.01	µg/l
IX6RR : Benzo(a)pyrène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.001	µg/l
IX6R7 : Benzo(a)anthracène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.001	µg/l
IX6RG : Benzo(b)fluoranthène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.005	µg/l
IX6RI : Benzo(ghi)Pérylène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0006	µg/l
IX6RH : Benzo(k)fluoranthène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.005	µg/l
IX6RF : Chrysène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0018	µg/l
IX6R8 : Dibenz(a,c/a,h)anthracène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.005	µg/l
IX6RD : Fluoranthène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.005	µg/l
IX6RA : Fluorène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.01	µg/l
IX6RN : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0006	µg/l
IX6RJ : Naphtalène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.05	µg/l
IX6RB : Phénanthrène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.002	µg/l
IX6RE : Pyrène	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.002	µg/l

PCB		Résultat	Unité			
IX6J9 : PCB 28	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JA : PCB 52	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JB : PCB 101	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JK : PCB 118	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0,005	µg/l		
IX6JC : PCB 138	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JD : PCB 153	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JE : PCB 180	Analyse soustraîtée à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
METAUX		Résultat	Unité			
LSFDY : Arsenic (As)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,19	µg/l		
LSFE5 : Mercure (Hg)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0,01	µg/l		
LSFDT : Etain (Sn)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0,2	µg/l		
LSFE1 : Chrome (Cr)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,09	µg/l		
LSFD7 : Zinc (Zn)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	13	µg/l		
LSFE3 : Plomb (Pb)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0,1	µg/l		
LSFE2 : Cuivre (Cu)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,4	µg/l		
LSFDU : Nickel (Ni)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	8,5	µg/l		
LSFDS : Manganèse (Mn)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	40	µg/l		
LSFDA : Fer (Fe)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	2,2	µg/l		
LSFDZ : Cadmium (Cd)	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,05	µg/l		
LS3ZV : Injection ICP/MS Métaux Totaux	Analyse soustraîtée à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Injection ICP -		-			

MICROPOLLUANTS

	Résultat	Unité
IXA46 : Organo halogénés adsorbables (AOX) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est * (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Coulométrie [Adsorption, Combustion] - NF EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	14	µg/l

MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DIVERS

	Résultat	Unité
IXMG3 : Injection multirésidus LL - GC / MS / MS Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	-	

RADIOCHIMIE

	Résultat	Unité
RA002 : Activité Bêta globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,08	Bq/l
RA005 : Activité en Tritium Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique [Scintillations en milieu liquide] - NF ISO 9698	<9,2	Bq/l
IVRA0 : Activité Bêta globale hors potassium K40 Prestation réalisée par nos soins Calcul - NF EN ISO 10704	<0,08	Bq/l
RA001 : Activité Alpha globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,04	Bq/l



Melanie Casimiro Gomes
Analytical Service Manager Local
Lab.

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

NGL : les valeurs inférieures à la LQ ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Pour la détermination de la DBO5 (NF EN ISO 5815-1) un minimum de deux dilutions et une mesure par dilution sont effectués sur chaque échantillon. Pour les eaux faiblement chargées, une seule dilution peut être suffisante.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

AQUA-MESURE
Analyses Aquamesure6-8 rue de la closerie
ce 4803- lisses
91048 EVRY CEDEX
FRANCE**RAPPORT D'ANALYSE**

N° de rapport d'analyse : AR-22-IV-041471-01

Version du : 02/05/2022

Page 1/6

Dossier N° : 22V010185

Date de réception : 01/04/2022

Référence dossier : Nom Commande : ACG Gueltas

N° Projet : ACG Environnement

Nom Projet : ACG Env.

Référence bon de commande : BC220323AB-A

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
002	Eau souterraine, de nappe phréatique	ACG Gueltas - Pz 2 /	(1203) (voir note ci-dessous) (179) (voir note ci-dessous) (2324) (voir note ci-dessous) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

(1203) Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation.

(179) AOX : échantillons congelés.

(2324) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

N° ech **22V010185-002** | Version AR-22-IV-041471-01(02/05/2022) | Votre réf. **ACG Gueltas - Pz 2** Page 2/6

Date de prélèvement	31/03/2022 10:00	Préleveur	PRELEVEUR AQUAMESURE
Date de réception	01/04/2022 09:35	Température de l'air de l'enceinte	5°C
Début d'analyse	01/04/2022 16:29		

ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

	Résultat	Unité
UMLLE : Escherichia coli et bactéries coliformes (/100ml) Prestation réalisée par nos soins		
Numération - Filtration sur membrane [Filtration sur membrane - Incubation 36°C - Dénombrement des colonies confirmées] - NF EN ISO 9308-1:2000		
Bactéries coliformes	#	< 1 ufc/100 ml
Escherichia coli	#	< 1 ufc/100 ml
UMYIS : Entérocoques intestinaux Prestation réalisée par nos soins		
Numération - NPP miniaturisé [Microplaques - Incubation à 44°C - Confirmation par fluorescence - Détermination du NPP] - NF EN ISO 7899-1		
	#	< 15 NPP/100 ml
UMPF8 : Salmonella (dans 1L) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Détection - Filtration sur membrane [Méthode qualitative - Pré-enrichissement - Enrichissements - Isolement et confirmation] - NF EN ISO 19250		
	*	Non mesuré /1 litre

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
ICBHX : Carbone Organique Total (COT) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Nord (Douai)		
Technique [Oxydation Chimique / IR] - NF EN 1484		
	#	0.8 mg C/l
IV001 : Mesure du pH Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie - NF EN ISO 10523		
Température de mesure du pH		18.5 °C
pH	#	6.3 Unités pH
IVK98 : Conductivité à 25°C Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie [Correction par calcul pour compensation de la température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		18.5 °C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	#	349 µS/cm
IXK98 : Conductivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685		
Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		20.3 °C
Conductivité à 25°C	*	340 µS/cm
IV039 : Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Méthode à petite échelle en tube fermé - ISO 15705		
	*	<5.000 mg O2/l
IV040 : Demande biochimique en oxygène (DBO5) Prestation réalisée par nos soins		
Electrochimie - NF EN ISO 5815-1		
	#	<3,00 mg O2/l
IV002 : Matières en suspension (MES) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Gravimétrie [Filtre WHATMAN 934-AH RTU /47] - NF EN 872		
	*	4.00 mg/l
IVA58 : Azote Kjeldahl (NTK) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Titrimétrie [Minéralisateur + Distillateur + Titrateur] - NF EN 25663		
	*	1.07 mg N/l
IV05Q : Ammonium Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Ammonium (NH4)	*	0,043 mg NH4/l
Azote ammoniacal	*	0,033 mg N/l

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
IV05T : Nitrates Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Nitrates (en N) *	19,8	mg N-NO3/l
Nitrates *	87,5	mg NO3/l
IV05S : Nitrites Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Azote nitreux *	0,009	mg N-NO2/l
Nitrites *	0,03	mg NO2/l
IVS98 : Azote global (NO2+NO3+NTK) Prestation réalisée par nos soins	20,84	mg N/l
Calcul -		
IV05Y : Orthophosphates (PO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - Méthode interne	<0,15	mg PO4/l
IXA71 : Potentiel d'oxydoréduction (E PT/AgCl) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie -	282,60	mV
IXA37 : Résistivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - Méthode interne	2915,45	ohm.cm

ANIONS ET CATIONS

	Résultat	Unité
LSFDG : Magnésium (Mg) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	16	mg/l
LSFDD : Calcium (Ca) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	9,4	mg/l
LSFDE : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	4,3	mg/l
IV05P : Chlorures Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	41,9	mg/l
IV0A7 : Sulfates (SO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	9,92	mg/l
IX138 : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Chromatographie ionique - Conductimétrie - NF EN ISO 14911	4,4	mg/l

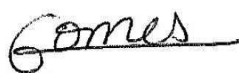
COMPOSES VOLATILS

	Résultat	Unité
IXBVC : m+p-Xylène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	<0,03	µg/l
IXBV5 : Benzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	<0,20	µg/l
IXBVP : Toluène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	<0,10	µg/l
IXBVJ : Ethylbenzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	<0,20	µg/l

COMPOSES VOLATILS		Résultat	Unité
IXBVY : o-Xylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0.03	µg/l
HAP			
IXHA6 : Somme des HAP 16 Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Calcul - Méthode interne	*	<0.05	µg/l
IXHAE : Injection HAP Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC-MS [par extraction L/L] - Méthode interne		-	
IX6RP : Acénaphthylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.01	µg/l
IX6RK : Acénaphthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.01	µg/l
IX6RC : Anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.01	µg/l
IX6RR : Benzo(a)pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.001	µg/l
IX6R7 : Benzo(a)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.001	µg/l
IX6RG : Benzo(b)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.005	µg/l
IX6RI : Benzo(ghi)Pérylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0006	µg/l
IX6RH : Benzo(k)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.005	µg/l
IX6RF : Chrysène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0018	µg/l
IX6R8 : Dibenz(a,c/a,h)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.005	µg/l
IX6RD : Fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.005	µg/l
IX6RA : Fluorène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.01	µg/l
IX6RN : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0006	µg/l
IX6RJ : Naphtalène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.05	µg/l
IX6RB : Phénanthrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.002	µg/l
IX6RE : Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.002	µg/l

PCB		Résultat	Unité			
IX6J9 : PCB 28	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JA : PCB 52	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JB : PCB 101	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JK : PCB 118	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0005	µg/l			
IX6JC : PCB 138	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JD : PCB 153	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JE : PCB 180	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
METAUX		Résultat	Unité			
LSFDY : Arsenic (As)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0,21	µg/l			
LSFE5 : Mercure (Hg)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.01	µg/l			
LSFDT : Etain (Sn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.2	µg/l			
LSFE1 : Chrome (Cr)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0,4	µg/l			
LSFD7 : Zinc (Zn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	20	µg/l			
LSFE3 : Plomb (Pb)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0,2	µg/l			
LSFE2 : Cuivre (Cu)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0,6	µg/l			
LSFDU : Nickel (Ni)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	14	µg/l			
LSFDS : Manganèse (Mn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	31	µg/l			
LSFDA : Fer (Fe)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	1.9	µg/l			
LSFDZ : Cadmium (Cd)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.10	µg/l			
LS3ZV : Injection ICP/MS Métaux Totaux	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Injection ICP -	-				

MICROPOLLUANTS			
	Résultat	Unité	
IXA46 : Organo halogénés adsorbables (AOX) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est * (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Coulométrie [Adsorption, Combustion] - NF EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	23	µg/l	
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DIVERS			
	Résultat	Unité	
IXMG3 : Injection multirésidus LL - GC / MS / MS Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	-		
RADIOCHIMIE			
	Résultat	Unité	
RA002 : Activité Bêta globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,12	Bq/l	
RA005 : Activité en Tritium Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique [Scintillations en milieu liquide] - NF ISO 9698	<9,1	Bq/l	
IVRA0 : Activité Bêta globale hors potassium K40 Prestation réalisée par nos soins	<0,12	Bq/l	
Calcul - NF EN ISO 10704			
RA001 : Activité Alpha globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,05	Bq/l	



Melanie Casimiro Gomes
Analytical Service Manager Local
Lab.

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

NGL : les valeurs inférieures à la LQ ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Pour la détermination de la DBO5 (NF EN ISO 5815-1) un minimum de deux dilutions et une mesure par dilution sont effectués sur chaque échantillon. Pour les eaux faiblement chargées, une seule dilution peut être suffisante.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

AQUA-MESURE
Analyses Aquamesure6-8 rue de la closerie
ce 4803- lisses
91048 EVRY CEDEX
FRANCE**RAPPORT D'ANALYSE**

N° de rapport d'analyse : AR-22-IV-041472-01

Version du : 02/05/2022

Page 1/6

Dossier N° : 22V010185

Date de réception : 01/04/2022

Référence dossier : Nom Commande : ACG Gueltas

N° Projet : ACG Environnement

Nom Projet : ACG Env.

Référence bon de commande : BC220323AB-A

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
005	Eau souterraine, de nappe phréatique	ACG Gueltas - Pz 5 /	(1203) (voir note ci-dessous) (179) (voir note ci-dessous) (2324) (voir note ci-dessous) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

(1203) Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation.

(179) AOX : échantillons congelés.

(2324) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

N° ech **22V010185-005** | Version AR-22-IV-041472-01(02/05/2022) | Votre réf. **ACG Gueltas - Pz 5** Page 2/6

Date de prélèvement	31/03/2022 12:20	Préleveur	PRELEVEUR AQUAMESURE
Date de réception	01/04/2022 09:35	Température de l'air de l'enceinte	5°C
Début d'analyse	01/04/2022 16:29		

ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

	Résultat	Unité
UMLLE : Escherichia coli et bactéries coliformes (/100ml) Prestation réalisée par nos soins		
Numération - Filtration sur membrane [Filtration sur membrane - Incubation 36°C - Dénombrement des colonies confirmées] - NF EN ISO 9308-1:2000		
Bactéries coliformes	#	< 1 ufc/100 ml
Escherichia coli	#	< 1 ufc/100 ml
UMYIS : Entérocoques intestinaux Prestation réalisée par nos soins		
Numération - NPP miniaturisé [Microplaques - Incubation à 44°C - Confirmation par fluorescence - Détermination du NPP] - NF EN ISO 7899-1		
	#	< 15 NPP/100 ml
UMPF8 : Salmonella (dans 1L) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Détection - Filtration sur membrane [Méthode qualitative - Pré-enrichissement - Enrichissements - Isolement et confirmation] - NF EN ISO 19250		
	*	Non mesuré /1 litre

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
ICBHX : Carbone Organique Total (COT) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Nord (Douai)		
Technique [Oxydation Chimique / IR] - NF EN 1484		
	#	0.28 mg C/l
IV001 : Mesure du pH Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie - NF EN ISO 10523		
Température de mesure du pH		18.5 °C
pH	#	6.8 Unités pH
IVK98 : Conductivité à 25°C Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie [Correction par calcul pour compensation de la température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		18.5 °C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	#	188 µS/cm
IXK98 : Conductivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685		
Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		20.0 °C
Conductivité à 25°C	*	190 µS/cm
IV039 : Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Méthode à petite échelle en tube fermé - ISO 15705		
	*	<5.000 mg O2/l
IV040 : Demande biochimique en oxygène (DBO5) Prestation réalisée par nos soins		
Electrochimie - NF EN ISO 5815-1		
	#	<3,00 mg O2/l
IV002 : Matières en suspension (MES) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Gravimétrie [Filtre WHATMAN 934-AH RTU /47] - NF EN 872		
	*	11.8 mg/l
IVA58 : Azote Kjeldahl (NTK) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Titrimétrie [Minéralisateur + Distillateur + Titracteur] - NF EN 25663		
	*	<0.50 mg N/l
IV05Q : Ammonium Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Ammonium (NH4)	*	0,034 mg NH4/l
Azote ammoniacal	*	0,027 mg N/l

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
IV05T : Nitrates Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Nitrates (en N) *	1,18	mg N-NO3/l
Nitrates *	5,21	mg NO3/l
IV05S : Nitrites Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Azote nitreux *	<0,003	mg N-NO2/l
Nitrites *	<0,01	mg NO2/l
IVS98 : Azote global (NO2+NO3+NTK) Prestation réalisée par nos soins	1,18	mg N/l
Calcul -		
IV05Y : Orthophosphates (PO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - Méthode interne	*	<0,15
mg PO4/l		
IXA71 : Potentiel d'oxydoréduction (E PT/AgCl) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie -	115,64	mV
IXA37 : Résistivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - Méthode interne	5376,34	ohm.cm

ANIONS ET CATIONS

	Résultat	Unité
LSFDG : Magnésium (Mg) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	7,4
mg/l		
LSFDD : Calcium (Ca) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	4,8
mg/l		
LSFDE : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,66
mg/l		
IV05P : Chlorures Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	25,8
mg/l		
IV0A7 : Sulfates (SO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	12,8
mg/l		
IX138 : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Chromatographie ionique - Conductimétrie - NF EN ISO 14911	*	0,52
mg/l		

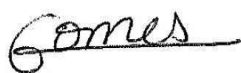
COMPOSES VOLATILS

	Résultat	Unité
IXBVC : m+p-Xylène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,03
µg/l		
IXBV5 : Benzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20
µg/l		
IXBVP : Toluène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,10
µg/l		
IXBVJ : Ethylbenzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20
µg/l		

COMPOSES VOLATILS		Résultat	Unité			
IXBVY : o-Xylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.		<0.03	µg/l			
HAP		Résultat	Unité			
IXHA6 : Somme des HAP 16 Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Calcul - Méthode interne		0.05	µg/l			
IXHAE : Injection HAP Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC-MS [par extraction L/L] - Méthode interne		-				
IX6RP : Acénaphthylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RK : Acénaphthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RC : Anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RR : Benzo(a)pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.001	µg/l			
IX6R7 : Benzo(a)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.001	µg/l			
IX6RG : Benzo(b)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RI : Benzo(ghi)Pérylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0006	µg/l			
IX6RH : Benzo(k)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RF : Chrysène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0018	µg/l			
IX6R8 : Dibenz(a,c/a,h)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RD : Fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RA : Fluorène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RN : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0006	µg/l			
IX6RJ : Naphtalène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		0.05	µg/l			
IX6RB : Phénanthrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.002	µg/l			
IX6RE : Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.002	µg/l			

PCB		Résultat	Unité			
IX6J9 : PCB 28	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JA : PCB 52	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JB : PCB 101	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JK : PCB 118	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0005	µg/l			
IX6JC : PCB 138	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JD : PCB 153	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
IX6JE : PCB 180	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	<0.0003	µg/l			
METAUX		Résultat	Unité			
LSFDY : Arsenic (As)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	1,8	µg/l			
LSFE5 : Mercure (Hg)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.01	µg/l			
LSFDT : Etain (Sn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.2	µg/l			
LSFE1 : Chrome (Cr)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.05	µg/l			
LSFD7 : Zinc (Zn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	12	µg/l			
LSFE3 : Plomb (Pb)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.1	µg/l			
LSFE2 : Cuivre (Cu)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0,2	µg/l			
LSFDU : Nickel (Ni)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5,4	µg/l			
LSFDS : Manganèse (Mn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	390	µg/l			
LSFDA : Fer (Fe)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5000	µg/l			
LSFDZ : Cadmium (Cd)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	<0.1	µg/l			
LS3ZV : Injection ICP/MS Métaux Totaux	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Injection ICP -	-				

MICROPOLLUANTS			
	Résultat	Unité	
IXA46 : Organo halogénés adsorbables (AOX) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est * (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Coulométrie [Adsorption, Combustion] - NF EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	18	µg/l	
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DIVERS			
	Résultat	Unité	
IXMG3 : Injection multirésidus LL - GC / MS / MS Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	-		
RADIOCHIMIE			
	Résultat	Unité	
RA002 : Activité Bêta globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,09	Bq/l	
RA005 : Activité en Tritium Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique [Scintillations en milieu liquide] - NF ISO 9698	<6,4	Bq/l	
IVRA0 : Activité Bêta globale hors potassium K40 Prestation réalisée par nos soins	<0,09	Bq/l	
Calcul - NF EN ISO 10704			
RA001 : Activité Alpha globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,05	Bq/l	



Melanie Casimiro Gomes
Analytical Service Manager Local
Lab.

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

NGL : les valeurs inférieures à la LQ ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Pour la détermination de la DBO5 (NF EN ISO 5815-1) un minimum de deux dilutions et une mesure par dilution sont effectués sur chaque échantillon. Pour les eaux faiblement chargées, une seule dilution peut être suffisante.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

AQUA-MESURE
Analyses Aquamesure6-8 rue de la closerie
ce 4803- lisses
91048 EVRY CEDEX
FRANCE**RAPPORT D'ANALYSE**

N° de rapport d'analyse : AR-22-IV-042219-01

Version du : 04/05/2022

Page 1/6

Dossier N° : 22V010185

Date de réception : 01/04/2022

Référence dossier : Nom Commande : ACG Gueltas

N° Projet : ACG Environnement

Nom Projet : ACG Env.

Référence bon de commande : BC220323AB-A

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
003	Eau souterraine, de nappe phréatique	ACG Gueltas - Pz 3 /	(1203) (voir note ci-dessous) (179) (voir note ci-dessous) (2324) (voir note ci-dessous) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

(1203) Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation.

(179) AOX : échantillons congelés.

(2324) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

N° ech **22V010185-003** | Version AR-22-IV-042219-01(04/05/2022) | Votre réf. **ACG Gueltas - Pz 3** Page 2/6

Date de prélèvement	31/03/2022 10:51	Préleveur	PRELEVEUR AQUAMESURE
Date de réception	01/04/2022 09:35	Température de l'air de l'enceinte	5°C
Début d'analyse	01/04/2022 16:29		

ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

	Résultat	Unité
UMLLE : Escherichia coli et bactéries coliformes (/100ml) Prestation réalisée par nos soins		
Numération - Filtration sur membrane [Filtration sur membrane - Incubation 36°C - Dénombrement des colonies confirmées] - NF EN ISO 9308-1:2000		
Bactéries coliformes	#	1 ufc/100 ml
Escherichia coli	#	< 1 ufc/100 ml
UMYIS : Entérocoques intestinaux Prestation réalisée par nos soins		
Numération - NPP miniaturisé [Microplaques - Incubation à 44°C - Confirmation par fluorescence - Détermination du NPP] - NF EN ISO 7899-1		
	#	< 15 NPP/100 ml
UMPF8 : Salmonella (dans 1L) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Détection - Filtration sur membrane [Méthode qualitative - Pré-enrichissement - Enrichissements - Isolement et confirmation] - NF EN ISO 19250		
	*	Non mesuré /1 litre

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
ICBHX : Carbone Organique Total (COT) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Nord (Douai) #		
Technique [Oxydation Chimique / IR] - NF EN 1484		
		0.67 mg C/l
IV001 : Mesure du pH Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Potentiométrie - NF EN ISO 10523		
Température de mesure du pH		15.9 °C
pH	*	6.4 Unités pH
IVK98 : Conductivité à 25°C Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Potentiométrie [Correction par calcul pour compensation de la température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		16.8 °C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	*	311 µS/cm
IXK98 : Conductivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685		
Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		20.2 °C
Conductivité à 25°C	*	320 µS/cm
IV039 : Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Méthode à petite échelle en tube fermé - ISO 15705		
	*	<5,000 mg O2/l
IV040 : Demande biochimique en oxygène (DBO5) Prestation réalisée par nos soins		
Electrochimie - NF EN ISO 5815-1		
	#	<3,00 mg O2/l
IV002 : Matières en suspension (MES) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Gravimétrie [Filtre WHATMAN 934-AH RTU /47] - NF EN 872		
	*	<4,00 mg/l
IVA58 : Azote Kjeldahl (NTK) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Titrimétrie [Minéralisateur + Distillateur + Titrateur] - NF EN 25663		
	*	<0.50 mg N/l
IV05Q : Ammonium Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Ammonium (NH4)	*	0.084 mg NH4/l
Azote ammoniacal	*	0.065 mg N/l

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
IV05T : Nitrates Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Nitrates (en N) *	11,3	mg N-NO3/l
Nitrates *	50,1	mg NO3/l
IV05S : Nitrites Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Azote nitreux *	0,027	mg N-NO2/l
Nitrites *	0,089	mg NO2/l
IVS98 : Azote global (NO2+NO3+NTK) Prestation réalisée par nos soins	11,34	mg N/l
Calcul -		
IV05Y : Orthophosphates (PO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - Méthode interne	*	<0,15
mg PO4/l		
IXA71 : Potentiel d'oxydoréduction (E PT/AgCl) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie -	270,58	mV
IXA37 : Résistivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - Méthode interne	3174,60	ohm.cm

ANIONS ET CATIONS

	Résultat	Unité
LSFDG : Magnésium (Mg) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	9,3
mg/l		
LSFDD : Calcium (Ca) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	14
mg/l		
LSFDE : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	7,5
mg/l		
IV05P : Chlorures Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	36,8
mg/l		
IV0A7 : Sulfates (SO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	12,7
mg/l		
IX138 : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Chromatographie ionique - Conductimétrie - NF EN ISO 14911	*	7,3
mg/l		

COMPOSES VOLATILS

	Résultat	Unité
IXBVC : m+p-Xylène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,03
µg/l		
IXBV5 : Benzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20
µg/l		
IXBVP : Toluène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,10
µg/l		
IXBVJ : Ethylbenzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20
µg/l		

COMPOSES VOLATILS		Résultat	Unité			
IXBVY : o-Xylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.		<0.03	µg/l			
HAP		Résultat	Unité			
IXHA6 : Somme des HAP 16 Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Calcul - Méthode interne		<0.05	µg/l			
IXHAE : Injection HAP Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC-MS [par extraction L/L] - Méthode interne		-				
IX6RP : Acénaphthylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RK : Acénaphthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RC : Anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RR : Benzo(a)pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.001	µg/l			
IX6R7 : Benzo(a)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.001	µg/l			
IX6RG : Benzo(b)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RI : Benzo(ghi)Pérylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0006	µg/l			
IX6RH : Benzo(k)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RF : Chrysène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0018	µg/l			
IX6R8 : Dibenz(a,c/a,h)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RD : Fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l			
IX6RA : Fluorène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l			
IX6RN : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0006	µg/l			
IX6RJ : Naphtalène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.05	µg/l			
IX6RB : Phénanthrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.002	µg/l			
IX6RE : Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.002	µg/l			

PCB		Résultat	Unité			
IX6J9 : PCB 28	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JA : PCB 52	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JB : PCB 101	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JK : PCB 118	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.005	µg/l		
IX6JC : PCB 138	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JD : PCB 153	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JE : PCB 180	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
METAUX		Résultat	Unité			
LSFDY : Arsenic (As)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,69	µg/l		
LSFE5 : Mercure (Hg)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0.01	µg/l		
LSFDT : Etain (Sn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0.2	µg/l		
LSFE1 : Chrome (Cr)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,9	µg/l		
LSFD7 : Zinc (Zn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	18	µg/l		
LSFE3 : Plomb (Pb)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0.1	µg/l		
LSFE2 : Cuivre (Cu)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,7	µg/l		
LSFDU : Nickel (Ni)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	12	µg/l		
LSFDS : Manganèse (Mn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	52	µg/l		
LSFDA : Fer (Fe)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	10	µg/l		
LSFDZ : Cadmium (Cd)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0.10	µg/l		
LS3ZV : Injection ICP/MS Métaux Totaux	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Injection ICP -		-			

MICROPOLLUANTS

	Résultat	Unité
IXA46 : Organo halogénés adsorbables (AOX) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est * (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Coulométrie [Adsorption, Combustion] - NF EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	100	µg/l

MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DIVERS

	Résultat	Unité
IXMG3 : Injection multirésidus LL - GC / MS / MS Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	-	

RADIOCHIMIE

	Résultat	Unité
RA002 : Activité Bêta globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	0.23	Bq/l
RA005 : Activité en Tritium Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique [Scintillations en milieu liquide] - NF ISO 9698	<9,1	Bq/l
IVRA0 : Activité Bêta globale hors potassium K40 Prestation réalisée par nos soins Calcul - NF EN ISO 10704	<0,09	Bq/l
RA001 : Activité Alpha globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	<0,05	Bq/l

Conclusion / Déclaration de conformité (Couverte par l'accréditation)



Melanie Casimiro Gomes
Analytical Service Manager Local
Lab.

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

NGL : les valeurs inférieures à la LQ ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Pour la détermination de la DBO5 (NF EN ISO 5815-1) un minimum de deux dilutions et une mesure par dilution sont effectués sur chaque échantillon. Pour les eaux faiblement chargées, une seule dilution peut être suffisante.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

AQUA-MESURE
Analyses Aquamesure
6-8 rue de la closerie
ce 4803- lisses
91048 EVRY CEDEX
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-22-IV-042220-01

Version du : 04/05/2022

Page 1/6

Dossier N° : 22V010185

Date de réception : 01/04/2022

Référence dossier : Nom Commande : ACG Gueltas

N° Projet : ACG Environnement

Nom Projet : ACG Env.

Référence bon de commande : BC220323AB-A

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
004	Eau souterraine, de nappe phréatique	ACG Gueltas - Pz 4 /	(1203) (voir note ci-dessous) (179) (voir note ci-dessous) (2324) (voir note ci-dessous) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité. Acénaphène, Acénaphthylène, Fluorène, Naphtalène : Observation d'un écart lors de la mise en oeuvre de la méthode d'essai. Résultat(s) émis hors des spécifications de la méthode accréditée.

(1203) Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation.

(179) AOX : échantillons congelés.

(2324) [Conductivité à 25°C] Les délais de mise en analyse pour ce(s) paramètre(s) sont supérieurs aux délais normatifs mais le résultat reste exploitable selon nos études de stabilité.

N° ech **22V010185-004** | Version AR-22-IV-042220-01(04/05/2022) | Votre réf. **ACG Gueltas - Pz 4** Page 2/6

Date de prélèvement	31/03/2022 11:50	Préleveur	PRELEVEUR AQUAMESURE
Date de réception	01/04/2022 09:35	Température de l'air de l'enceinte	5°C
Début d'analyse	01/04/2022 16:29		

ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

	Résultat	Unité
UMLLE : Escherichia coli et bactéries coliformes (/100ml) Prestation réalisée par nos soins		
Numération - Filtration sur membrane [Filtration sur membrane - Incubation 36°C - Dénombrement des colonies confirmées] - NF EN ISO 9308-1:2000		
Bactéries coliformes	#	< 1 ufc/100 ml
Escherichia coli	#	< 1 ufc/100 ml
UMYIS : Entérocoques intestinaux Prestation réalisée par nos soins		
Numération - NPP miniaturisé [Microplaques - Incubation à 44°C - Confirmation par fluorescence - Détermination du NPP] - NF EN ISO 7899-1		
	#	< 15 NPP/100 ml
UMPF8 : Salmonella (dans 1L) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Détection - Filtration sur membrane [Méthode qualitative - Pré-enrichissement - Enrichissements - Isolement et confirmation] - NF EN ISO 19250		
	*	Non mesuré /1 litre

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
ICBHX : Carbone Organique Total (COT) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Nord (Douai)		
Technique [Oxydation Chimique / IR] - NF EN 1484		
	#	0.24 mg C/l
IV001 : Mesure du pH Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie - NF EN ISO 10523		
Température de mesure du pH		18.5 °C
pH	#	6,9 Unités pH
IVK98 : Conductivité à 25°C Prestation réalisée par nos soins		
Potentiométrie [Correction par calcul pour compensation de la température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		18.5 °C
Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	#	162 µS/cm
IXK98 : Conductivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685		
Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - NF EN 27888		
Température de mesure de la conductivité		20.0 °C
Conductivité à 25°C	*	170 µS/cm
IV039 : Demande Chimique en Oxygène (ST-DCO) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Méthode à petite échelle en tube fermé - ISO 15705		
	*	<5.000 mg O2/l
IV040 : Demande biochimique en oxygène (DBO5) Prestation réalisée par nos soins		
Electrochimie - NF EN ISO 5815-1		
	#	<3,00 mg O2/l
IV002 : Matières en suspension (MES) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Gravimétrie [Filtre WHATMAN 934-AH RTU /47] - NF EN 872		
	*	191 mg/l
IVA58 : Azote Kjeldahl (NTK) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Titrimétrie [Minéralisateur + Distillateur + Titracteur] - NF EN 25663		
	*	<0.50 mg N/l
IV05Q : Ammonium Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024		
Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Ammonium (NH4)	*	0,076 mg NH4/l
Azote ammoniacal	*	0,059 mg N/l

ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

	Résultat	Unité
IV05T : Nitrates Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Nitrates (en N) *	<0,11	mg N-NO3/l
Nitrates *	<0,50	mg NO3/l
IV05S : Nitrites Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1		
Azote nitreux *	<0,003	mg N-NO2/l
Nitrites *	<0,01	mg NO2/l
IVS98 : Azote global (NO2+NO3+NTK) Prestation réalisée par nos soins	<0,50	mg N/l
Calcul -		
IV05Y : Orthophosphates (PO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - Méthode interne	*	<0,15
mg PO4/l		
IXA71 : Potentiel d'oxydoréduction (E PT/AgCl) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie -	119,55	mV
IXA37 : Résistivité à 25°C Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Potentiométrie [Correction à l'aide d'un dispositif de compensation de température] - Méthode interne	5882,35	ohm.cm

ANIONS ET CATIONS

	Résultat	Unité
LSFDG : Magnésium (Mg) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	6,6
mg/l		
LSFDD : Calcium (Ca) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	6,9
mg/l		
LSFDE : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,54
mg/l		
IV05P : Chlorures Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	22,7
mg/l		
IV0A7 : Sulfates (SO4) Prestation réalisée par nos soins COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-2024 Spectrométrie UV / Visible (Colorimétrie automatisée) - NF ISO 15923-1	*	13,2
mg/l		
IX138 : Potassium (K) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Chromatographie ionique - Conductimétrie - NF EN ISO 14911	*	<0,5
mg/l		

COMPOSES VOLATILS

	Résultat	Unité
IXBVC : m+p-Xylène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,03
µg/l		
IXBV5 : Benzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20
µg/l		
IXBVP : Toluène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,10
µg/l		
IXBVJ : Ethylbenzène Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.	*	<0,20
µg/l		

COMPOSES VOLATILS		Résultat	Unité
IXBVY : o-Xylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur * www.cofrac.fr) 1-0685 HS - GC/MS [HES] - NF ISO 11423-1.		<0.03	µg/l
HAP			
IXHA6 : Somme des HAP 16 Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) Calcul - Méthode interne		<0.05	µg/l
IXHAE : Injection HAP Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC-MS [par extraction L/L] - Méthode interne		-	
IX6RP : Acénaphthylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l
IX6RK : Acénaphthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l
IX6RC : Anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur * www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l
IX6RR : Benzo(a)pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.001	µg/l
IX6R7 : Benzo(a)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.001	µg/l
IX6RG : Benzo(b)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l
IX6RI : Benzo(ghi)Pérylène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0006	µg/l
IX6RH : Benzo(k)fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l
IX6RF : Chrysène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur * www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0018	µg/l
IX6R8 : Dibenz(a,c/a,h)anthracène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l
IX6RD : Fluoranthène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.005	µg/l
IX6RA : Fluorène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.01	µg/l
IX6RN : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC * ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.0006	µg/l
IX6RJ : Naphtalène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.05	µg/l
IX6RB : Phénanthrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.002	µg/l
IX6RE : Pyrène Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur * www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS [par extraction L/L] - Méthode interne		<0.002	µg/l

PCB		Résultat	Unité			
IX6J9 : PCB 28	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JA : PCB 52	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JB : PCB 101	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JK : PCB 118	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0005	µg/l		
IX6JC : PCB 138	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JD : PCB 153	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
IX6JE : PCB 180	Analyse soustraitee à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	*	<0.0003	µg/l		
METAUX		Résultat	Unité			
LSFDY : Arsenic (As)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,96	µg/l		
LSFE5 : Mercure (Hg)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0.01	µg/l		
LSFDT : Etain (Sn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	<0.2	µg/l		
LSFE1 : Chrome (Cr)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,46	µg/l		
LSFD7 : Zinc (Zn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	12	µg/l		
LSFE3 : Plomb (Pb)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,1	µg/l		
LSFE2 : Cuivre (Cu)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,3	µg/l		
LSFDU : Nickel (Ni)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	14	µg/l		
LSFDS : Manganèse (Mn)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	490	µg/l		
LSFDA : Fer (Fe)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	6800	µg/l		
LSFDZ : Cadmium (Cd)	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-1488 ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	*	0,04	µg/l		
LS3ZV : Injection ICP/MS Métaux Totaux	Analyse soustraitee à Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1) Injection ICP -		-			

MICROPOLLUANTS


	Résultat	Unité
IXA46 : Organo halogénés adsorbables (AOX) Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est * (Maxeville) COFRAC ESSAIS (portée sur www.cofrac.fr) 1-0685 Coulométrie [Adsorption, Combustion] - NF EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	16	µg/l

MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DIVERS

	Résultat	Unité
IXMG3 : Injection multirésidus LL - GC / MS / MS Analyse soustraite à Eurofins Hydrologie Est (Maxeville) GC/MS/MS [par extraction L/L] - Méthode interne	-	

RADIOCHIMIE

	Résultat	Unité
RA002 : Activité Bêta globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	0,43	Bq/l
RA005 : Activité en Tritium Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique [Scintillations en milieu liquide] - NF ISO 9698	<9,6	Bq/l
IVRA0 : Activité Bêta globale hors potassium K40 Prestation réalisée par nos soins	0,41	Bq/l
Calcul - NF EN ISO 10704		
RA001 : Activité Alpha globale Analyse soustraite à Eurofins Eichrom Radioactivité COFRAC ESSAIS * (portée sur www.cofrac.fr) 1-6490 Technique - NF EN ISO 10704	0,27	Bq/l



Melanie Casimiro Gomes
Analytical Service Manager Local
Lab.

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements, des analyses terrain et des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

NGL : les valeurs inférieures à la LQ ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Pour la détermination de la DBO5 (NF EN ISO 5815-1) un minimum de deux dilutions et une mesure par dilution sont effectués sur chaque échantillon. Pour les eaux faiblement chargées, une seule dilution peut être suffisante.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

Annexe 9.

Calculs d'équivalence de la barrière passive

ACG Environnement 2022

PROJET DE POURSUITE D'EXPLOITATION DE L'ISDND A GUeltas (56)

ETUDE D'EQUIVALENCE DE LA BARRIERE PASSIVE ET DU BASSIN LIXIVIAT

RESOLUTION MATHEMATIQUE

(MODELE MISP_V2)

Ce document constitue la résolution mathématique de l'équivalence en fond des futurs casiers du projet d'extension de l'ISDND de Gueltas. Elle est réalisée à l'aide du modèle MISP_V2 du BRGM (Développement et résolution de solutions analytiques).

La justification qualitative de l'équivalence est présentée dans le dossier de qualification géologique et hydrogéologique. Il conviendra de s'y référer.

SOMMAIRE

1	RAPPEL DU CONTEXTE	2
1.1	PHASE 1 : ETUDE D'APTITUDE	2
1.1.1	Contexte géologique	2
1.1.2	Contexte hydrogéologique	3
1.1.3	Synthèse sur l'aptitude.....	3
1.1.4	Conclusion sur l'aptitude régionale	3
1.2	PHASE 2 : ETUDE DE QUALIFICATION	4
1.2.1	Géologie.....	4
1.2.2	Hydrogéologie	5
1.2.3	Synthèse	5
2	PARAMETRAGE DU MODELE	6
2.1	HYPOTHESES DE CALCUL.....	6
2.2	ECRITURE MATHEMATIQUE	7
2.3	PARAMETRAGE DU MODELE ANALYTIQUE MISP_V2	8
2.4	CAS ETUDIES	8
2.4.1	Étude d'équivalence de la barrière passive	8
2.4.2	Étude d'équivalence du bassin de lixiviat	10
2.4.3	Structure recommandée pour les flancs	11
3	FEUILLES DE CALCUL.....	12

1

Rappel du contexte

L'étude de qualification géologique et hydrogéologique présentée dans le dossier principal a été réalisée selon le Guide de Bonnes Pratiques de l'AFNOR (FD X 30-438), paru en juillet 2017.

Elle est réalisée dans les règles de l'art en 3 phases d'études successives du général au particulier :

- L'étude d'aptitude à l'échelle régionale qui replace le site dans son contexte général et justifie de son implantation par l'analyse des principaux domaines (géologie, hydrogéologie, usage des eaux et hydrographie) et hiérarchise les avantages et les contraintes locales ;
- L'étude de qualification à l'échelle du site qui permet d'acquérir les données techniques locales sur les domaines géologiques, hydrogéologiques et géotechniques par des investigations lourdes de terrain (sondages carottés, piézomètres, etc...) ;
- L'étude de faisabilité du projet (préconisations techniques) avec notamment le dimensionnement de la barrière passive réglementaire en fonction du contexte local et l'étude de stabilité du projet justifiant de coefficient de sécurité à long termes.

1.1 Phase 1 : Etude d'aptitude

1.1.1 Contexte géologique

Les données géologiques et structurales qui sont acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- La zone d'études appartient au Massif Armoricaïn et plus spécifiquement au « Domaine Varisque de Bretagne centrale », composé par les roches les plus anciennes du massif (datant du Briovérien) ;
- Ces roches anciennes silteuses (anciens sédiments marins légèrement métamorphosés) ont subi l'effet du temps et ont été altérés en sables argileux sur plus de 30 m (altérites). Ces produits d'altération sont les horizons les plus favorables à l'échelle régionale à former la barrière de sécurité passive (notion de base des ISDND, 5 m à perméabilité inférieure à 10⁻⁶ m/s) ;

- Le site est localisé en domaine de plateau, zone la plus favorable :
 - Tectoniquement parlant car en dehors des couloirs de failles que caractérisent les vallées principales d'orientation sub-méridienne (à N20) ;
 - Et géologiquement parlant car où l'épaisseur d'altérites est la plus importante.

1.1.2 Contexte hydrogéologique

Les données hydrogéologiques qui sont acquises aux échelles régionales et locales sont les suivantes :

- Le site de Gueltas est localisé dans le domaine varisque de Bretagne centrale qui se caractérise par la présence de roches anciennes schisteuses ayant subi une altération intense tant et si bien que la roche mère profonde se situe à plus de 30 m de profondeur sous des horizons altérés argilisés peu perméable ;
- Cette couverture peu perméable induit l'absence de ressource en eau souterraine substantielle qui se concentre aléatoirement et uniquement au gré des fractures profondes de la roche mère saine et à forte profondeur (Les fractures de la roche jouent un rôle de drain des eaux infiltrées).
- Ainsi, il n'y a pas de captages AEP dans le secteur du fait de l'absence de ressource.

1.1.3 Synthèse sur l'aptitude

Les critères positifs pour le choix du site à l'échelle régionale sont les suivants :

1. En faveur de son aptitude géologique :
 - La présence à l'affleurement et sur des épaisseurs substantielles des altérites, unité géologique qui représente la formation la plus favorable et la plus apte à former la barrière passive du site à l'échelle régionale ;
2. En faveur de son aptitude hydrogéologique :
 - L'absence de nappe au sens hydrogéologique du terme dans les altérites ;
 - L'absence de captages d'eau potable potentiellement vulnérables au site.

1.1.4 Conclusion sur l'aptitude régionale

L'étude d'aptitude aux échelles régionales et locales a été réalisée à partir de sources bibliographiques et documentaires. Le site répond aux critères d'aptitude tels que définis dans le fascicule de l'AFNOR (FD X 30-438) pour la reconnaissance de sites d'installation de stockage de déchets.

Les critères d'aptitude géologique, hydrogéologique et hydrologique restent globalement favorables (peu contraignants) pour un projet d'ISDND, sous réserve de la mise en place d'une barrière passive équivalente à la réglementation (1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s ou équivalent).

1.2 Phase 2 : Etude de qualification

1.2.1 Géologie

Les caractéristiques des formations géologiques constituant le substratum du site sont clairement identifiées par les nombreux forages effectués (sondage carotté, sondages à destructifs, diagaphies, campagne de mesures géophysiques).

Le substratum géologique du site (siltite du Briovérien) a été altérée et on observe toute la succession classique des différents degrés d'altération en fonction de la profondeur. Ainsi, la succession lithologique locale est la suivante (de la base vers le sommet) :

- Le socle sain n'a pas été touché en sondage (à plus de 30 m) mais a été reconnu à près de 45 m en géophysique ;
- Le toit du socle altéré et induré (premier degré d'altération du socle) dessine une interface très légèrement pentée vers le Nord-Ouest (1,2%) en accord avec la topographie de la zone étudiée. La cote du toit varie de 133,5 m NGF au sud-ouest à 127,5 m NGF pour une cote moyenne d'environ 131 m NGF ;
- Les altérites meubles (islatérites argileuses et allotérites silteuses) ont partiellement été érodées en direction de la vallée au Nord du site (exutoire naturel des eaux de ruissellement). L'épaisseur de ces formations dites de couverture varie de 12,5 m sur le plateau au Sud à 1,5 m à proximité de la vallée au nord.

D'un point de vue structural, les investigations géophysiques ont montré l'extrême homogénéité des formations (électromagnétisme et panneaux électriques) sur au moins 30 m (pas de discontinuités). Notamment, la faille voisine notée sur la carte géologique (observable à travers des filons de quartz) pourrait se prolonger au droit du site (possiblement visible en fond de panneau à 45 m de profondeur) mais n'a pas d'effet sur le projet (faille de tension sans décalage et/ou estompée dans les altérites).

Dans le cadre du projet de SUEZ, il est préférable de s'ancrer dans les altérites meubles, formation la moins contraignante et la plus apte à former la barrière de sécurité passive du site.

Les essais de perméabilité in situ selon la norme en vigueur au droit de 12 sondages (NFX30-423) ont été réalisés sur site et ont donné une valeur de perméabilité moyenne de $9,5 \cdot 10^{-7}$ m/s pour les horizons constitutifs de la barrière passive en place. Les altérites silteuses sont à caractère semi-perméables en grand. Néanmoins, localement le seuil des 10^{-6} m/s est dépassé sur quelques valeurs tout en restant toujours proche de la valeur seuil.

Ainsi, le contexte géologique local est jugé peu contraignant et même favorable sous réserve de mise en place de mesures compensatoires répondre aux exigences réglementaires, avec en particulier :

- **La reconstitution du mètre supérieur de la barrière passive à $k < 1 \cdot 10^{-9}$ m/s ;**
- **Le renforcement de la barrière passive du fait de l'absence partielle des 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s (épaisseur acquise mais perméabilité supérieure ponctuellement).**

1.2.2 Hydrogéologie

La nature silteuse (texture fine) des horizons d'altération du socle présents sur plus de 30 m avec une perméabilité très faible (10^{-6} m/s) conjuguée à l'absence de pente en domaine de plateau comme c'est le cas au droit du site (pas de drain naturel) induisent une saturation des altérites (fonction capacitive). Un écoulement lent (1 à 2 m par an) s'effectue des points hauts topographiques vers les axes de drainage que forment les fonds de vallée (concordance entre les bassins versants hydrographiques et les bassins versants hydrogéologiques).

Les 11 piézomètres présents (les 6 sur l'ISDND actuelle et les 5 nouveaux pour la présente étude) ont permis de tracer l'esquisse piézométrique locale qui confirme les données développées dans l'étude d'aptitude régionale : au droit de la zone de poursuite d'activité, la nappe s'écoule d'Est en Ouest avec un gradient de 2,2 % en direction de la Belle-Chère (affluent de l'Ével/Blavet) qui draine les eaux. Le niveau piézométrique s'échelonne de 145 m NGF en amont à l'Est à moins de 130 m NGF en aval à l'ouest avec un niveau à faible profondeur (moins de 3 m).

La grandeur mathématique des caractéristiques hydrodynamiques acquises sur les 5 nouveaux piézomètres ajoutées aux mesures de perméabilité au sein des altérites ont confirmé le caractère non aquifère des horizons d'altération (formation semi-perméable).

Le seul niveau de nappe potentiellement productif est contenu en profondeur au droit du socle sain quand il est fracturé (drain donc écoulement possible). Il n'a pas été touché sur site (investigations jusqu'à 30 m de profondeur). L'aquifère profond n'est pas vulnérable (forte profondeur et couverture semi-perméable importante). Néanmoins, les eaux de saturation sont fortement vulnérables aux pollutions de surface (niveau sub-affleurant).

La faible profondeur de la cote de saturation implique la mise en place d'un système de rabattement en amont qu'il convient de dimensionner (en phase de préconisations techniques) afin de s'assurer de la non sollicitation de la barrière passive reconstituée et donc de la faisabilité technique du projet.

Compte-tenu des éléments développés ci-avant, le contexte hydrogéologique est considéré comme favorable à l'implantation du projet :

- **Sous réserve de la mise en place des barrières de sécurité passives et actives conformes à la réglementation ;**
- **Sous réserve de la mise en place d'un système de rabattement des eaux de saturation en amont du site** dans le cas où il serait dimensionné un projet plus profond que celle de la cote de saturation ;
- **Et sous réserve de rejets d'eau de surface conformes aux seuils réglementaires.**

1.2.3 Synthèse

La couche de 1 m à 10^{-9} m/s est absente : elle devra être reconstituée.

Les formations d'altération du socle qui forment nécessairement la barrière passive en place (couche d'atténuation) ont une perméabilité qui n'est pas conforme en tout point ($K > 10^{-6}$ m/s ponctuellement) ce qui justifie de dimensionner une barrière de sécurité passive équivalente.

2

Paramétrage du modèle

2.1 Hypothèses de calcul

Le code de calcul utilisé fait appel à des solutions analytiques dont les principales hypothèses de résolution se résument au cas d'un régime permanent en mode hydrodispersif (advection et dispersion-diffusion), d'un milieu saturé et d'un domaine à une dimension (1D) avec les conditions maximalistes pénalisantes suivantes :

- La barrière de sécurité passive est considérée comme étant poreuse, homogène, isotrope, indéformable et saturée en eau ;
- Le calcul du transfert massique des solutés en mode diffusif nécessite la sélection d'un traceur, en l'occurrence les chlorures ($R = 1$) ;
- Le calcul du flux de Darcy à travers la barrière passive est considéré avec un écoulement vertical, unidirectionnel et uniforme ;
- Le calcul du flux de Darcy dans l'aquifère est considéré avec un écoulement horizontal, unidirectionnel et uniforme ;
- Le mélange du flux massique d'infiltration avec celui de l'aquifère est supposé homogène ;
- Le terme source est supposé infini dans le temps avec une concentration unitaire constante dans le temps ;
- Le terme transfert est considéré comme nul (interaction entre la phase liquide interstitielle et la phase solide de la barrière géologique).

2.2 Ecriture mathématique

La migration verticale à partir du terme source à travers la barrière de sécurité passive est définie à partir de l'équation de transport suivante :

$$i \frac{\partial c(z,t)}{\partial z} - \theta D \frac{\delta^2 c(z,t)}{\delta z^2} = -R\theta \frac{\delta c(z,t)}{\delta t} - R\theta \lambda c(z,t)$$

- où :
- $c(z,t)$ = concentration à la profondeur z dans la couche et au temps t (M/L^3)
 - i = infiltration verticale (Darcy) ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - θ = teneur en eau volumique D = coefficient de diffusion-dispersion (L^2/T)
 - R = facteur retard à travers la barrière géologique
 - λ = constante de décroissance de premier ordre (T^{-1}).

Le coefficient de diffusion-dispersion (**D**) est :

$$D = \alpha \frac{i}{\theta} + D_0 \psi$$

- où :
- α = dispersivité longitudinale (L)
 - ψ = tortuosité
 - D_0 = coefficient de diffusion dans l'eau pure (L^2/T)

L'équation de transport dans l'aquifère est :

$$R_a \phi \frac{\delta C}{\delta t} = -q \frac{\delta C}{\delta x} - \phi D_x \frac{\delta^2 C}{\delta x^2} - \phi D_y \frac{\delta^2 C}{\delta y^2} - \phi D_z \frac{\delta^2 C}{\delta z^2} - R_a \phi \lambda_a C + M$$

- où :
- C = concentration dans l'aquifère au point x,y,z et au temps t (M/L^3)
 - ϕ = porosité de l'aquifère R_a = facteur de retard dans l'aquifère
 - D_x, D_y, D_z = coefficient de dispersion-diffusion dans les directions x,y,z (L^2/T)
 - λ_a = constante de dégradation de premier ordre dans l'aquifère (T^{-1})
 - M = flux massique à la surface de la nappe (sur l'aire $L \cdot B$) (M/T)

La concentration relative maximale (c^*) pour un temps quasi-infini dans l'aquifère en régime permanent est obtenue à partir de l'équation :

$$c^* = \frac{c_0}{1 + \frac{q_u E}{iL} \left[1 - \exp\left(-\frac{ie}{\theta D}\right) \right]} \quad (4)$$

- où :
- c_0 = concentration source unitaire
 - q_u = flux de DARCY dans l'aquifère en aval de la zone source ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - E = épaisseur de l'aquifère (L)
 - i = infiltration verticale ($L^3/L^2.T^{-1}$)
 - e = épaisseur de la barrière (L)
 - θ = teneur en eau volumique
 - L = plus grande longueur de la zone source dans la direction d'écoulement des eaux souterraines (L)

2.3 Paramétrage du modèle analytique MISP_V2

Le paramétrage est présenté dans le chapitre 3 de la présente note pour chacun des modèles testés.

La concentration relative maximale (c^*) est calculée en régime permanent au toit de l'aquifère ($z=0$), le long de l'axe du panache ($x = 100$).

La charge hydraulique a été fixée à 30 cm de lixiviats (charge maximale réglementaire en fond de site).

La modélisation est réalisée en simulant une infiltration sur une surface de 100 m², en absence de géomembrane et pour une source de pollution infinie dans le temps.

Concernant les paramètres mettant en jeu la perméabilité de la barrière passive, c'est la valeur la plus pénalisante qui a servi pour le modèle et qui est présentée dans le tableau ci-dessous :

Formation géologique	Perméabilité associée dans la modélisation (en m/s)
Silts meubles (produits d'altération du socle)	$4,0 \times 10^{-6}$

Tableau 1. Caractéristiques des formations géologiques

Pour la distance à la nappe, et compte tenu du fait que nous sommes en présence d'une nappe libre, nous avons imposé une cote « rabattue » selon la future gestion des eaux du site à 130,5 mètres NGF.

Pour l'épaisseur de matériaux en place, nous avons imposé, dans les calculs, l'épaisseur minimale définie dans le Guide d'équivalence à savoir 2 m entre le toit de l'aquifère et la base de la couche à 1.10^{-9} m/s reconstituée).

2.4 Cas étudiés

2.4.1 Étude d'équivalence de la barrière passive

Le calcul d'équivalence de la barrière passive s'inscrit dans le cadre de l'article 8 de l'arrêté ministériel du 15 février 2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux. Cet article stipule :

« 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 [...] »

Dans le cadre du calcul d'équivalence pour la barrière passive, les différents cas étudiés sont les suivants :

- Cas 1 (cas réglementaire) : 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 5 m à $k < 10^{-6}$ m/s ;
- Cas 2 (renforcement par un géosynthétique bentonitique, GSB) : GSB à $k < 5.10^{-11}$ m/s + 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 2 m de silts meubles en place à $k < 4,0.10^{-6}$ m/s ;
- Cas 3 (renforcement par surépaisseur) : 1,10 m à $k < 10^{-9}$ m/s + 2 m à $k < 4,0.10^{-6}$ m/s.

Pour chacun des cas étudiés, la performance hydraulique a été calculée à l'aide du logiciel MISP_V2 développé par le BRGM. La modélisation mathématique permet de calculer une concentration résiduelle dans la nappe présente sous le site à partir d'une pollution potentielle unitaire traversant la barrière passive.

Les performances des différents cas modélisés ont été comparées au cas réglementaire. Une structure est au moins équivalente au cas réglementaire dès lors que la concentration d'un polluant théorique dans la nappe est inférieure à celle issue du dispositif réglementaire :

- Si le rapport est supérieur à 1 : la solution offre une protection supérieure au cas réglementaire, la solution est donc recevable (exemple un rapport de 1,18 veut dire que la solution offre une protection 18 % meilleure que la réglementation) ;
- Si le rapport est inférieur à 1 : la solution n'est pas recevable car le degré de protection de la structure étudiée est inférieur à celle du cas réglementaire.

Les résultats sont présentés dans le [tableau 2](#) en page suivante.

Ainsi, les cas 2 et 3 sont équivalents à la structure réglementaire.

	Cas Réglementaire	Renforcement par un GSB	Renforcement par surépaisseur d'argile
	Cas 1	Cas 2	Cas 3
		<small>Eau souterraine rabattue à 130,5 m NGF</small>	
Épaisseur (m) :	6,00	3,01	3,10
k Darcy (m/s) :	5,97E-09	2,68E-09	0,00
Vitesse d'infiltration (m/s) :	1,294E-09	1,166E-09	1,272E-09
Temps de transfert (s) :	4,6E+09	2,6E+09	2,4E+09
Concentration (mg/l) :	1,62E-03	1,47E-03	1,59E-03
Rapport concentrations :	1,00	1,1025	1,0157
Amélioration (%) :		10,3%	1,6%

Tableau 2. Calculs d'équivalence de la barrière passive.

2.4.2 Étude d'équivalence du bassin de lixiviat

Le calcul d'équivalence de la barrière passive s'inscrit dans le cadre de l'article 8 de l'arrêté ministériel du 15 février 2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux. Cet article stipule :

« Les bassins de stockage de lixiviats sont étanches et résistants aux substances contenues dans les lixiviats. Leurs dispositifs d'étanchéité sont constitués, du haut vers le bas, d'une géomembrane et d'une barrière d'étanchéité passive présentant une perméabilité égale ou inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur une épaisseur d'au moins 50 centimètres ou tout système équivalent. »

Dans le cadre du calcul d'équivalence pour la barrière passive, les différents cas étudiés sont les suivants :

- Cas 4 (cas réglementaire) : 0,5 m à $k < 10^{-9}$ m/s ;
- Cas 5 (renforcement par un géosynthétique bentonitique, GSB) : GSB à $k < 5.10^{-11}$ m/s + des silts meubles en place à $k < 4.10^{-6}$ m/s (afin d'atteindre une épaisseur totale de 0,5 mètres) ;

	Cas Réglementaire	Renforcement par un GSB
	Cas 4	Cas 5
	0,5 m à 10^{-9}	GSB à 5.10^{-11} m/s Silts meubles à 4.10^{-6} m/s
Épaisseur (m) :	0,50	0,50
k Darcy (m/s) :	$1,00E-09$	$5,00E-11$
Vitesse d'infiltration (m/s) :	$3,00E-09$	$1,50E-10$
Temps de transfert (s) :	$1,7E+08$	$3,3E+09$
Concentration (mg/l) :	$1,51E-03$	$7,52E-04$
Rapport concentrations :	1,00	2,0019
Amélioration (%) :		100,2%

Tableau 3. Calculs d'équivalence du bassin de lixiviat.

Le cas 5 est équivalent à la réglementation en termes de performances.

2.4.3 Structure recommandée pour les flancs

Selon la législation française, pour la reconstitution d'une structure équivalente, l'épaisseur n'est pas spécifiée en flanc, comme illustré ci-dessus par le schéma p. **Erreur ! Signet non défini.** (extrait du guide AFNOR BP X 30-438).

Parmi les solutions équivalentes qui permettent de reconstituer la barrière passive, celle du GéoSynthétique Bentonitique (GSB) est fréquemment utilisée car elle satisfait aux performances hydrauliques définies par la réglementation ($k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s).

Le GSB est un produit industriel manufacturé pour chacun de ses composants. Parmi ceux-ci, la bentonite appartient à une famille spécifique d'argiles dont la composition chimique est importante en ce qui concerne sa perméabilité. On distingue ainsi :

- La bentonite sodique naturelle, issue de gisements nord-américain et indien ;
- La bentonite calcique activée, d'origine européenne.

Sur la totalité des flancs et en continuité du fond, nous recommandons de poser un GéoSynthétique Bentonitique à bentonite sodique en nappe de 0,8 cm d'épaisseur (en service après humidification), dont les caractéristiques hydrauliques à $k < 5 \cdot 10^{-11}$ m/s, sont au moins équivalentes à celles de la couche de 1 m à $k < 10^{-9}$ m/s.

Le GSB sera plaqué sur les flancs jusqu'à la tranchée d'ancrage au sommet du projet. L'entreprise de pose des géosynthétiques devra être certifiée ASQUAL et devra respecter l'état de l'art en matière de fourniture et pose de ces matériaux, tel que décrit dans le fascicule du Comité Français des Géosynthétiques relatif au GSB.

3

Feuilles de calcul

Cas 1 :

```

*****
****  MISP v3,          ACG Environnement, Juin 2023  ****
****  CAS 1 Fond Cas reglementaire  ****
*****
****  PARAMETRES DE LA SOURCE  ****
      1          OPTION_S pour le type de terme source
      50.00      Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
      50.00      Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
  1.00E+00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
      0.00      Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
  0.00E-00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
      0.00      Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
  2.00E-09      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
****  PARAMETRES DE LA COUCHE  ****
  6.27E-09      Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
      6.00      Epaisseur (m)
      0.25      Teneur en eau ( )
      0.30      Tortuosite ( )
      6.0E-01      Dispersivite (m)
      1.00      Coefficient de retard ( )
  0.00E+00      Constante de degradation (1/an)
****  PARAMETRES DE L'AQUIFERE  ****
  4.00E-06      Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
  4.00E-06      Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
      0.35      Porosite ( )
      10.00     Epaisseur (m)
  1.00E+00     Dispersivite en X (m)
  1.00E-01     Dispersivite en Y (m)
  1.00E-01     Dispersivite en Z (m)
      0.30      Tortuosite ( )
  0.00E-00     Cnte de degradation (1/an)
      1.00      Facteur Retard ( )
****  PARAMETRES DE RESTITUTION  ****
      *** PARAMETRES pour la sortie des flux
      0.10      Premier temps de calcul du flux (an)
      4          Nombre de cycles log temps
      10         Nombre de points par cycle log
      *** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
      2          *** OPTION_A pour le type de concentration
                (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
      0.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
      10.00     Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
      10         Nombre de subdivisions de l'intervalle
      2          *** OPTION_B pour le type de restitution
                (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
                Temps (an) pour le calcul
      0.00      Premier point X des profils de concentration (m)
      0          Nombre de cycle log
      0          Nombre de points par cycle log
                (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
      100.00     Coordonnee X (m) du point
      0.00      Coordonnee Y (m) du point
      0.00      Coordonnee Z (m) du point
      0.10      Premier temps de calcul (an)
      4          Nombre de cycles log
      10         Nombre de points par cycle log
      1          *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
      0.00      Valeur max de Y (m)
      0.00      Increment de Y (m)
      0.00      Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
      0.00      Profondeur max (m)
      0.00      Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
      0.00      Valeur de Y (m)
      1          *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
      0.00      Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
      0.00      Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****

```

Cas 2:

```

*****
**** MISP_v3, ACG Environnement, Juin 2023 ****
**** CAS 2 Fond GSB + 1 m à 10-9 ****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE ****
1 OPTION_S pour le type de terme source
50.00 Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
50.00 Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00 Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00 Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00 Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
0.00 Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09 Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE ****
1.17E-09 Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
3.00 Epaisseur (m)
0.25 Teneur en eau ( )
0.30 Tortuosite ( )
3.0E-01 Dispersivite (m)
1.00 Coefficient de retard ( )
0.00E+00 Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE ****
4.00E-06 Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06 Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35 Porosite ( )
10.00 Epaisseur (m)
1.00E+00 Dispersivite en X (m)
1.00E-01 Dispersivite en Y (m)
1.00E-01 Dispersivite en Z (m)
0.30 Tortuosite ( )
0.00E-00 Cnte de degradation (1/an)
1.00 Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION ****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10 Premier temps de calcul du flux (an)
4 Nombre de cycles log temps
10 Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2 *** OPTION_A pour le type de concentration
(1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
(2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00 Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10 Nombre de subdivisions de l'intervalle
2 *** OPTION_B pour le type de restitution
(1 : Repartition spatiale a temps fixe)
0.00 Temps (an) pour le calcul
0.00 Premier point X des profils de concentration (m)
0 Nombre de cycle log
0 Nombre de points par cycle log
(2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00 Coordonnee X (m) du point
0.00 Coordonnee Y (m) du point
0.00 Coordonnee Z (m) du point
0.10 Premier temps de calcul (an)
4 Nombre de cycles log
10 Nombre de points par cycle log
1 *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
(1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00 Valeur max de Y (m)
0.00 Increment de Y (m)
0.00 Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
(2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00 Profondeur max (m)
0.00 Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00 Valeur de Y (m)
1 *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00 Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00 Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
(rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****
    
```


Cas 3 :

```

*****
****      MISP_v3,          ACG Environnement, Juin 2023 *****
****      CAS 3 Fond       1,1 m à 10-9          *****
*****
****      PARAMETRES DE LA SOURCE *****
          1          OPTION_S pour le type de terme source
          50.00      Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
          50.00      Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00      Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
          0.00      Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00      Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
          0.00      Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09      Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
****      PARAMETRES DE LA COUCHE *****
1.27E-09      Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
          3.10      Epaisseur (m)
          0.25      Teneur en eau ( )
          0.30      Tortuosite ( )
          3.1E-01      Dispersivite (m)
          1.00      Coefficient de retard ( )
0.00E+00      Constante de degradation (1/an)
****      PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.00E-06      Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06      Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
          0.35      Porosite ( )
          10.00      Epaisseur (m)
1.00E+00      Dispersivite en X (m)
1.00E-01      Dispersivite en Y (m)
1.00E-01      Dispersivite en Z (m)
          0.30      Tortuosite ( )
0.00E-00      Cnte de degradation (1/an)
          1.00      Facteur Retard ( )
****      PARAMETRES DE RESTITUTION *****
          *** PARAMETRES pour la sortie des flux
          0.10      Premier temps de calcul du flux (an)
          4          Nombre de cycles log temps
          10         Nombre de points par cycle log
          *** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
          2          *** OPTION_A pour le type de concentration
                    (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
                    (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
          0.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00      Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
          10         Nombre de subdivisions de l'intervalle
          2          *** OPTION_B pour le type de restitution
                    (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
                    Temps (an) pour le calcul
          0.00      Premier point X des profils de concentration (m)
          0          Nombre de cycle log
          0          Nombre de points par cycle log
                    (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00      Coordonnee X (m) du point
          0.00      Coordonnee Y (m) du point
          0.00      Coordonnee Z (m) du point
          0.10      Premier temps de calcul (an)
          4          Nombre de cycles log
          10         Nombre de points par cycle log
          1          *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
                    (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
          0.00      Valeur max de Y (m)
          0.00      Increment de Y (m)
          0.00      Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
                    (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
          0.00      Profondeur max (m)
          0.00      Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
          0.00      Valeur de Y (m)
          1          *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
          0.00      Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
          0.00      Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
          0.00      Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
                    (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****
    
```

Cas 4 :

```

*****
**** MISP v3,          ACG Environnement, Juin 2023          ****
**** CAS 4 bassin lixiviat reg          ****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
1          OPTION_S pour le type de terme source
20.00     Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
50.00     Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00  Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00     Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00  Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
0.00     Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09  Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
3.00E-09  Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
0.50     Epaisseur (m)
0.25     Teneur en eau ( )
0.30     Tortuosite ( )
0.5E-01  Dispersivite (m)
1.00     Coefficient de retard ( )
0.00E+00  Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.00E-06  Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06  Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35     Porosite ( )
10.00    Epaisseur (m)
1.00E+00  Dispersivite en X (m)
1.00E-01  Dispersivite en Y (m)
1.00E-01  Dispersivite en Z (m)
0.30     Tortuosite ( )
0.00E-00  Cnte de degradation (1/an)
1.00     Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10     Premier temps de calcul du flux (an)
4        Nombre de cycles log temps
10       Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2        *** OPTION_A pour le type de concentration
          (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
          (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00     Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00    Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10       Nombre de subdivisions de l'intervalle
2        *** OPTION_B pour le type de restitution
          (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
          Temps (an) pour le calcul
0.00     Premier point X des profils de concentration (m)
0        Nombre de cycle log
0        Nombre de points par cycle log
          (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00   Coordonnee X (m) du point
0.00     Coordonnee Y (m) du point
0.00     Coordonnee Z (m) du point
0.10     Premier temps de calcul (an)
4        Nombre de cycles log
10       Nombre de points par cycle log
1        *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
          (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00     Valeur max de Y (m)
0.00     Increment de Y (m)
0.00     Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
          (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00     Profondeur max (m)
0.00     Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00     Valeur de Y (m)
1        *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00     Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00     Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00     Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
          (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****
    
```

CAS 5:

```

*****
**** MISP v3,          ACG Environnement, Juin 2023          ****
**** CAS 5 bassin lixiviat equiv          ****
*****
**** PARAMETRES DE LA SOURCE *****
1          OPTION_S pour le type de terme source
20.00     Longueur de la source dans la direction d'ecoulement des eaux (m)
50.00     Largeur de la source dans la direction perpendiculaire (m)
1.00E+00  Concentration source (mg/l) pour OPTION_S = 1, 2 ou 3
0.00     Duree de la concentration constante (an) (OPTION_S = 2)
0.00E-00  Constante de degradation de la conc. source (1/an) (OPTION_S = 3)
0.00     Parametre CA (kg/m3 an-0.5) (OPTION_S = 4)
2.00E-09  Coefficient de diffusion du solute dans l'eau pure (m2/s)
**** PARAMETRES DE LA COUCHE *****
2.44E-09  Vitesse d'infiltration (Darcy) verticale (m/s)
0.50     Epaisseur (m)
0.25     Teneur en eau ( )
0.30     Tortuosite ( )
0.5E-01  Dispersivite (m)
1.00     Coefficient de retard ( )
0.00E+00  Constante de degradation (1/an)
**** PARAMETRES DE L'AQUIFERE *****
4.00E-06  Flux de Darcy en limite amont de la zone source (m/s)
4.00E-06  Flux de Darcy en limite aval de la zone source (m/s)
0.35     Porosite ( )
10.00    Epaisseur (m)
1.00E+00  Dispersivite en X (m)
1.00E-01  Dispersivite en Y (m)
1.00E-01  Dispersivite en Z (m)
0.30     Tortuosite ( )
0.00E-00  Cnte de degradation (1/an)
1.00     Facteur Retard ( )
**** PARAMETRES DE RESTITUTION *****
*** PARAMETRES pour la sortie des flux
0.10     Premier temps de calcul du flux (an)
4        Nombre de cycles log temps
10       Nombre de points par cycle log
*** PARAMETRES pour les concentrations dans la nappe
2        *** OPTION_A pour le type de concentration
          (1 : Concentrations a profondeur(s) ponctuelle(s))
          (2 : Concentrations moyennes sur un intervalle de profondeur)
0.00     Prof. par rapport a la nappe de la limite sup de l'intervalle (m)
10.00    Prof. par rapport a la nappe de la limite inf de l'intervalle (m)
10       Nombre de subdivisions de l'intervalle
2        *** OPTION_B pour le type de restitution
          (1 : Repartition spatiale a temps fixe)
          Temps (an) pour le calcul
0.00     Premier point X des profils de concentration (m)
0        Nombre de cycle log
0        Nombre de points par cycle log
          (2 : Evolution dans le temps a point fixe)
100.00   Coordonnee X (m) du point
0.00     Coordonnee Y (m) du point
0.00     Coordonnee Z (m) du point
0.10     Premier temps de calcul (an)
4        Nombre de cycles log
10       Nombre de points par cycle log
1        *** OPTION_C pour la representation spatiale (si OPTION_B = 1)
          (1 : repartition spatiale en plan: profils en X a differents Y)
0.00     Valeur max de Y (m)
0.00     Increment de Y (m)
0.00     Valeur de Z (m) si OPTION_A = 1
          (2 : repartition spatiale en coupe: profils en X a differents Z)
0.00     Profondeur max (m)
0.00     Increment de profondeur (m) (zero si profondeur unique)
0.00     Valeur de Y (m)
1        *** OPTION_D pour un changement de repere (1: NON, 2: OUI)
0.00     Coordonnee Xs de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00     Coordonnee Ys de l'origine du repere 1 dans le repere 2
0.00     Angle (degres) entre les axes des X des reperes 1 et 2
          (rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre)
*****
    
```

Annexe 10.

Étude de stabilité

Technosol 2023



Rapport d'étude

TEA220496_P001_VD

ACG ENVIRONNEMENT
23, rue des Voyers
78440 PORCHEVILLE
FRANCE

Diagnostic géotechnique

Etude de stabilité des talus

Ecopôle de Gueltas
(56) GUELTAS

VOTRE INTERLOCUTEUR

Jacques-jean TONDJI BIYO

Num. 01 69 09 14 51.

jj.tondjibiyo@technosol-gengis.fr

SIÈGE SOCIAL
13, route de la Grange aux
Cercles
91160 Ballainvilliers
01 69 09 14 51
contact@technosol-gengis.fr
technosol-gengis.fr



RÉFÉRENCES

N° Affaire :	TEA220496_P001_VD	Pièce :	P001
Réf. du client :	[Référence commande]		

CLIENT

Nom et adresse
ACG ENVIRONNEMENT
23, rue des Voyers
78440 PORCHEVILLE
FRANCE

Nom du contact et coordonnées
M. Boris BRETAUDEAU
06.00.00.00.83
boris.bretaudeau@free.fr

INTERVENANTS TECHNOSOL

Rédacteur	Jacques-jean TONDJI BIYO
Vérificateur	Alix GODARD
Superviseur	Hervé WRIGHT

STATUT DU RAPPORT

Version	Date	Détails
A	10/11/2022	Version initiale
B	12/07/2023	Maj avec la phase de réaménagement
C	17/07/2023	Optimisation sur la cohésion des déchets
D	06/09/2023	Prise en compte du profil réel lors du décaissement
E		

MOD_IET_TEC_052

QUALIFICATIONS





1. PRESENTATION GENERALE – DEFINITION DE LA MISSION	4
1.1 .Mission et objectif	4
2. DOCUMENTS DE REFERENCE	5
3. VERIFICATION DE LA STABILITE DU PROJET	6
3.1 .Préambule	6
3.2 .Données hydrogéologiques sommaires du site.....	6
3.3 .Caractéristiques mécaniques des terrains du site.....	7
3.4 .Etude de la stabilité au glissement du projet au décaissement	7
3.4.1 Profil de decaissement.....	7
3.4.2 Géométrie du modele	8
3.4.3 Résultats de la modelisation	9
3.4.4 Conclusion (décaissement).....	12
3.5 .Etude de la stabilité au glissement du projet après réaménagement.....	13
3.5.1 Profil de reamenagement.....	13
3.5.2 Caracteristiques des dechets du site	13
3.5.3 Résultats de la modelisation	14
3.5.4 Conclusion sur le réaménagement.....	20

ANNEXES

- | | |
|---|---|
| 1 | Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013 |
|---|---|



1. PRESENTATION GENERALE – DEFINITION DE LA MISSION

A la demande de Mr Boris BRETAUDEAU de ACG Environnement, agissant pour le compte du groupe SUEZ, nous avons réalisé une étude géotechnique ponctuelle limitée à l'examen de la stabilité des talus à mettre en place dans le cadre des travaux d'extension du CSDU de Gueltas non loin de Pontivy dans le département du Morbihan (56).

1.1 Mission et objectif

La présente mission rentre dans le cadre d'un diagnostic géotechnique (mission ponctuelle de type G5) selon la norme NFP 94-500 de novembre 2013, sur la classification des missions géotechniques. Conformément à la demande de notre client qui a fait l'objet du devis TED221195, notre mission, strictement limitative, devra permettre, au décaissement et au réaménagement, de vérifier et valider les pentes de talus retenues dans le cadre des travaux d'extension du CSDU de Gueltas.

Cette mission essentiellement calculatoire sera réalisée à l'aide du logiciel de modélisation Talren V5.



2. DOCUMENTS DE REFERENCE

Pour cette étude, ACG Environnement nous a transmis dans un premier temps,

- Trois coupes types du projet lors du décaissement,
- Des extraits de différentes données géotechniques utilisées lors du projet initial.

Dans un second temps, il nous a été transmis les plans de réaménagement suivants :

- Schéma de principe Arase de terrassement, ind B du 14/06/2023,
- Schéma de principe Dessus de BSP, Ind B du 14/06/2023,
- Schéma de principe Réaménagement, Ind B du 14/06/2023,
- Schéma de principe Plans des coupes, Ind B du 14/06/2023, (Coupe AA').

Dans un troisième temps, il nous a été demandé de réaliser l'étude de stabilité lors du décaissement directement à partir du « schéma de principe Plan des coupes, Ind B du 14/06/2023, (Coupe AA') ».



3. VERIFICATION DE LA STABILITE DU PROJET

3.1 Préambule

Nous rappelons que pour les calculs qui vont suivre, nous avons utilisé le logiciel TALREN pour étudier la stabilité du projet en considérant un modèle 2D. Ce logiciel utilise la méthode des tranches de Bishop avec un glissement de type circulaire. On utilise une approche traditionnelle (situation provisoire et définitive), tout en respectant une démarche conforme à l'EUROCODE 7.

Sur la base d'un modèle géomécanique représentant le projet et à partir des caractéristiques du sol (angle de frottement et cohésion), un coefficient global (F) est calculé pour chaque surface potentielle de rupture. Il est admis que :

- Les talus restent toujours stables si le coefficient de sécurité est ≥ 1.5 ,
- La rupture est certaine si le coefficient de sécurité est < 1 ,

Entre les deux, il y a un domaine de stabilité d'autant plus précaire qu'on se rapproche de 1, avec un coefficient de sécurité de 1.3 retenu pour un talus provisoire (en cours d'exploitation).

On recherche donc un coefficient de sécurité de 1.3 en situation provisoire et de 1.5 en situation définitive.

3.2 Données hydrogéologiques sommaires du site

D'après les éléments transmis, le substratum au droit du projet serait constitué par une formation schisteuse dont les modifications physiques ont entraîné la succession lithologique suivante :

- Des Allotérites en place correspondant à des siltites légèrement argileuses de 0 à 1 m de profondeur,
- Des Isaltérites en place correspondant à un horizon silto-argileux entre 1 et 16.6 m de profondeur

NB : les remblais de la digue seront constitués des isaltérites du site, compactées à l'OPN.

Le contexte hydrogéologique correspondrait à celui d'une saturation totale de l'horizon des isaltérites.

Pour le projet, la nappe sera rabattue par tranchée drainante à 134 m NGF.



3.3 Caractéristiques mécaniques des terrains du site

Sur la base de la synthèse bibliographique qui nous a été transmise par ACG Environnement :

- Extrait du rapport Burgeap BGP200_Bx1 du 23/03/2006,
- Extrait du rapport Fairtec émis le 21/05/2012,
- Extrait du rapport GEOTEC OULAB-02-v2_ du 09/05/2022,

Les principales caractéristiques mécaniques des terrains au droit du site sont synthétisées ci-dessous :

Nature des sols	Cote basse (m NGF)	Epaisseur (m)	Pds volumique γ (KN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion C'(KPa)
Argiles		Env. 1.1	20	15	20
Remblais (Digue)		Env. 6.0	20	31	1
Allotérites en place		1.0	20	64	4
Isaltérites en place		15.6	21	27	18

NB : la valeur du frottement dans les Allotérites (64°) nous semble trop importante. Compte tenu de l'importance (moindre) de cette formation dans la stabilité du projet nous avons décidé sécuritairement de travailler avec un **angle de frottement dans cette formation de 33°**.

3.4 Etude de la stabilité au glissement du projet au décaissement

3.4.1 POFIL DE DECAISSEMENT

Le profil ci-dessous transmis par notre client correspond à la coupe AA' pour laquelle nous allons vérifier la stabilité vers l'intérieur aussi bien pour l'extrémité de droite que celle de gauche.

Nous rappelons que compte tenu de la configuration du logiciel de travail, l'étude de l'extrémité de droite nécessitera le retournement de modèle

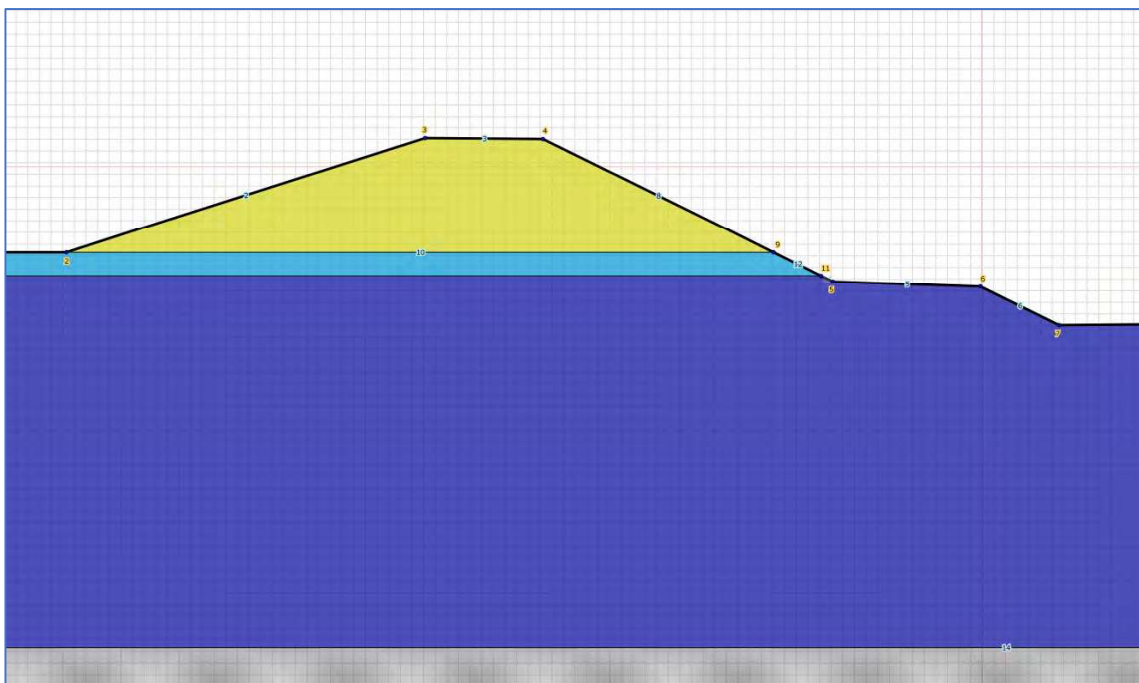


D'après les caractéristiques géométriques de cette coupe ;

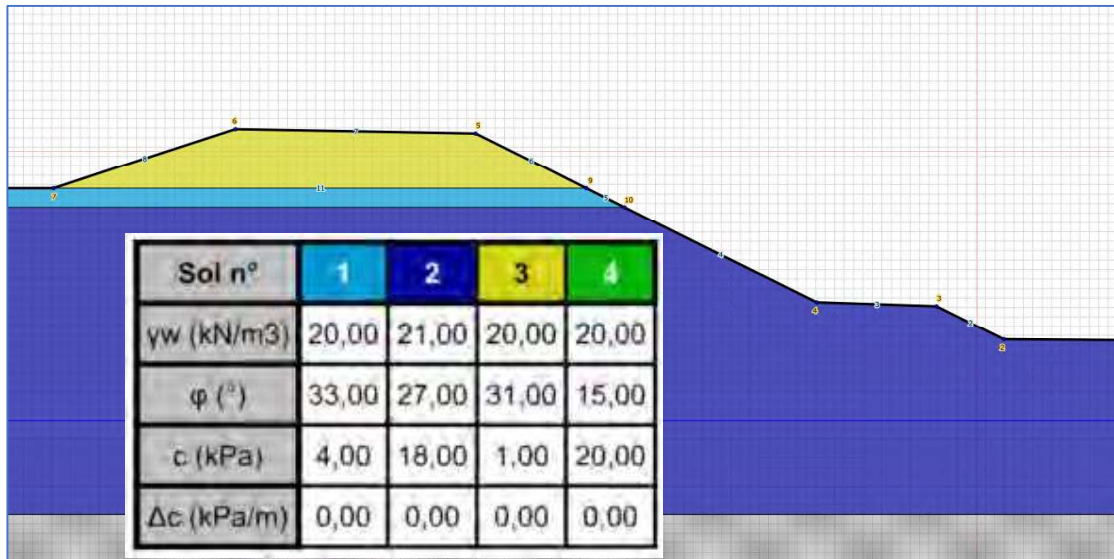
- Les différents talus intérieurs du projet auront des pentes de l'ordre de (2.04 à 2.02) H pour 1 V (soit environ **2H/1V**) et
- Des talus extérieurs de pentes de l'ordre de (3.15 à 3.08) H pour 1 V (soit environ **3H/1V**).

3.4.2 GEOMETRIE DU MODELE

Sur la base des différentes dimensions et des pentes de talus envisagées pour ce projet, nous avons obtenu les modèles schématisés ci-dessous.



Extrémité Gauche du profil.

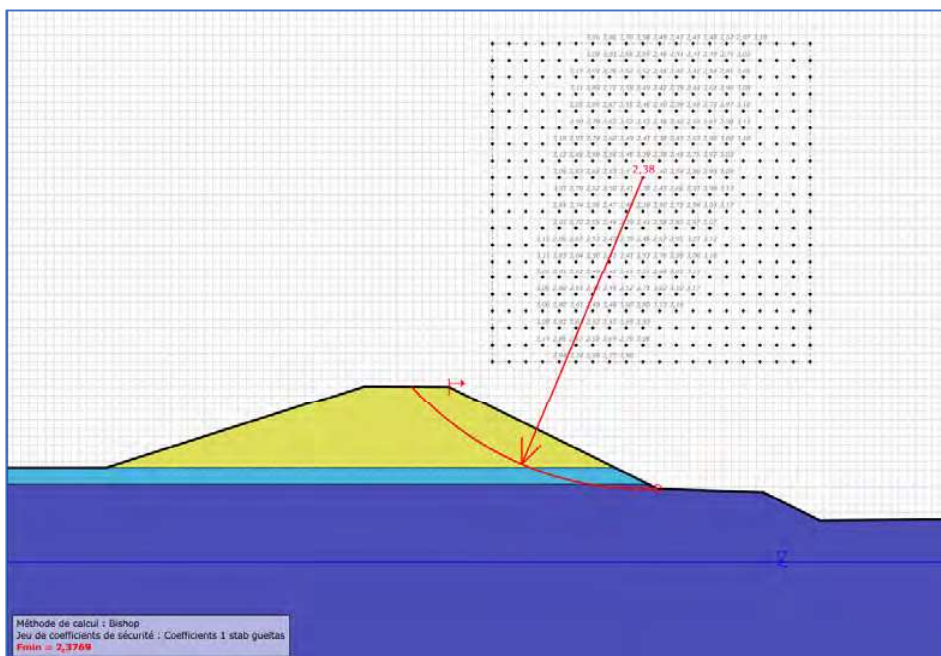


Extrémité droite du profil.

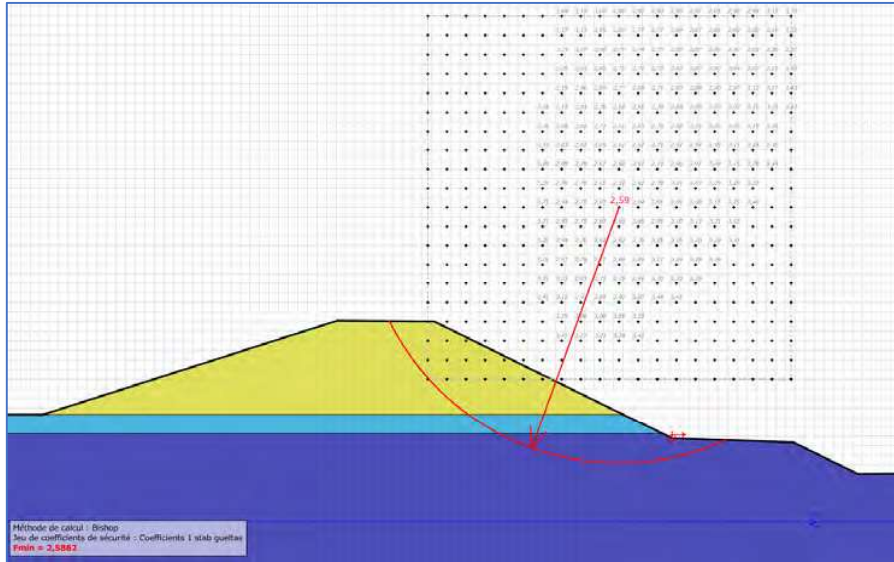
3.4.3 RESULTATS DE LA MODELISATION

A partir du modèle géo-mécanique détaillé ci-dessus nous avons examiné la stabilité du projet au décaissement pour les deux extrémités du profil. Pour chaque modèle, nous avons examiné des situations avec des cercles de rupture de plus en plus profonds (émergence du cercle de rupture en pied de talus et au-delà).

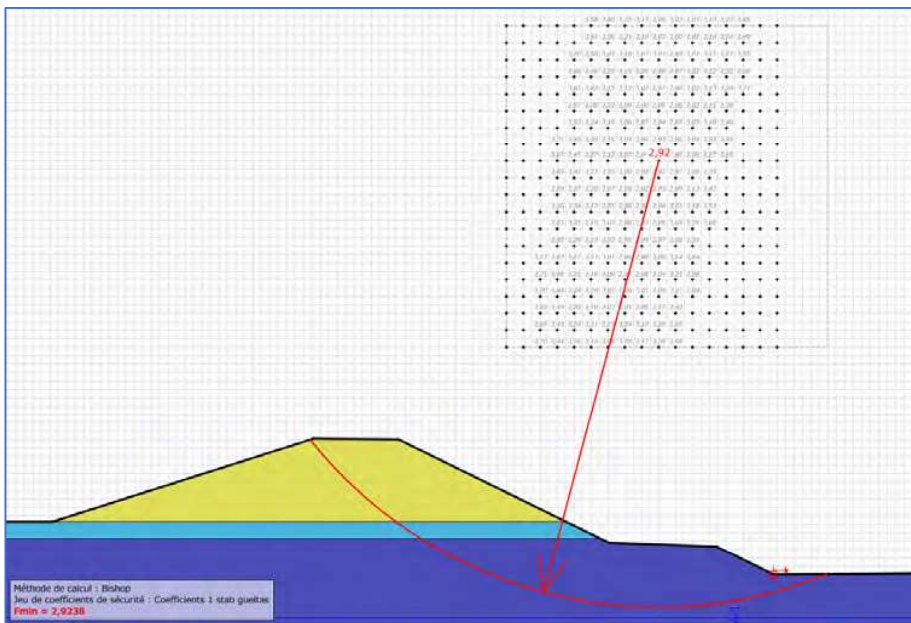
- POUR LA COUPE DE GAUCHE – PHASE1 (Situations 1 à 3).



Situation1 F=2.38



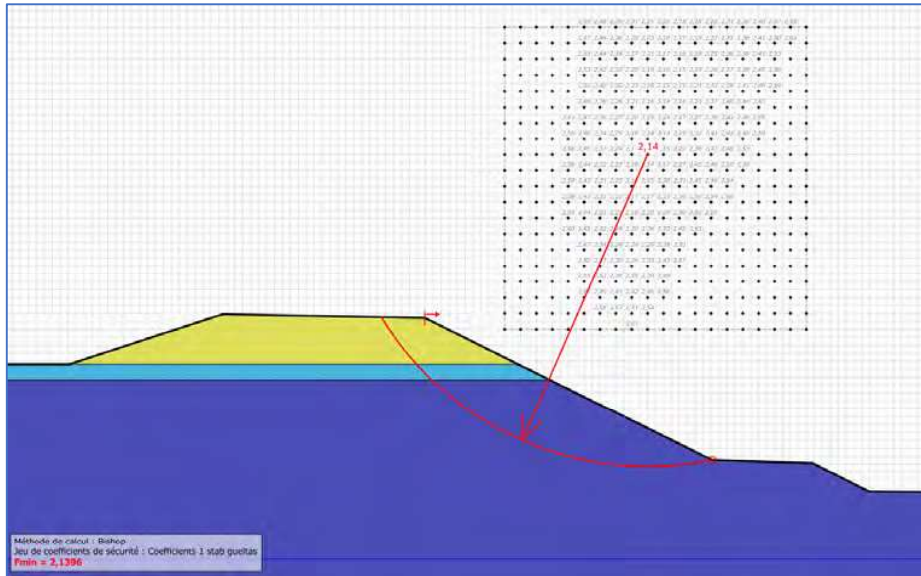
Situation2 F=2.59



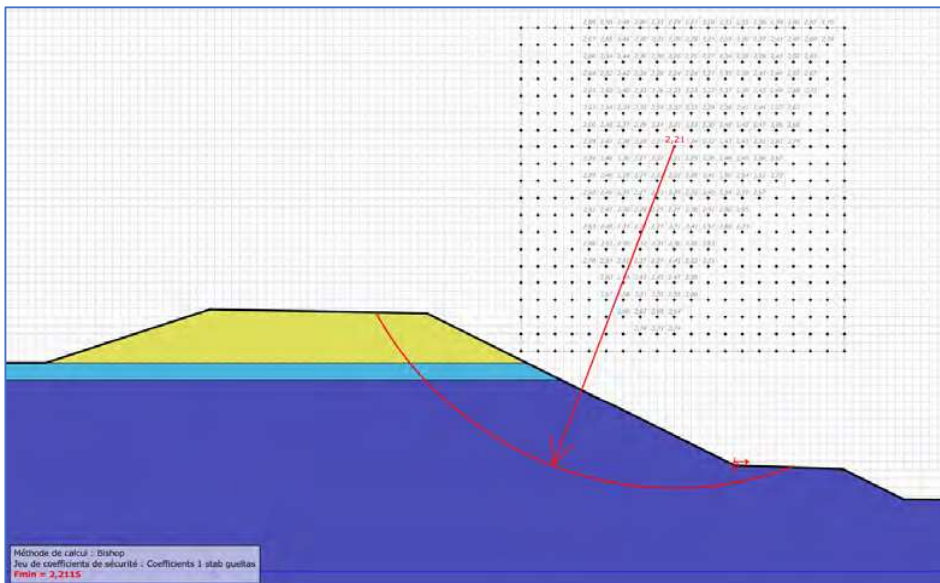
Situation3 F=2.92



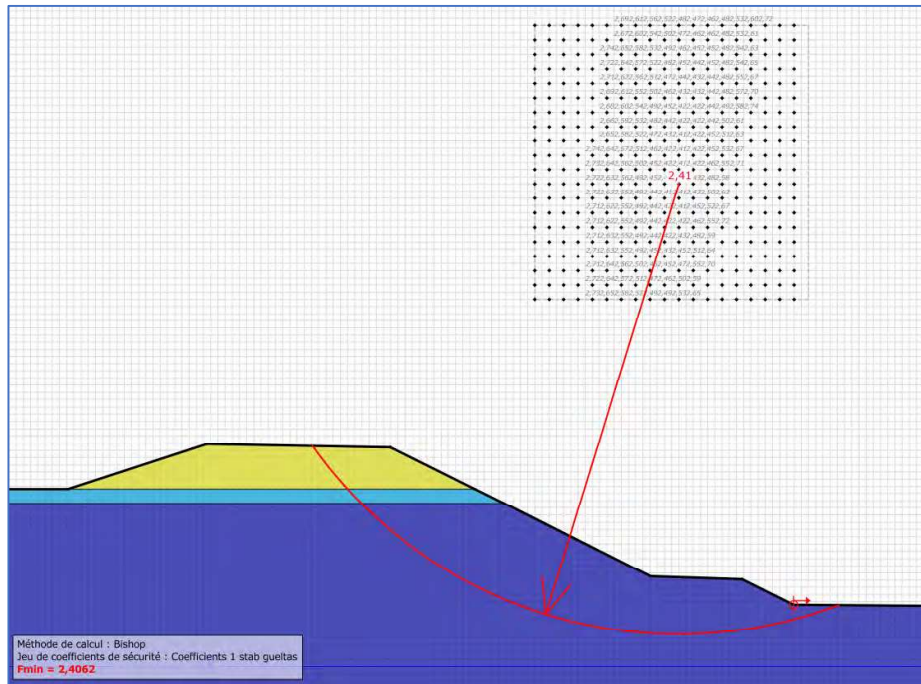
— POUR LA COUPE DE DROITE – PHASE1 (Situations 1 à 3).



Situation1 F=2.14



Situation2 F=2.21



Situation3 F=2.41

3.4.4 CONCLUSION (DECAISSEMENT).

En conclusion, sur la base des caractéristiques mécaniques optimisées lors de nos précédentes missions et consignées ci-dessous, la stabilité au décaissement pour les modèles examinés est satisfaisante.

Nature des sols	Cote basse (m NGF)	Epaisseur (m)	Pds volumique γ (KN/m ³)	Angle de frottement ϕ' (°)	Cohésion C' (KPa)
Argiles		Env. 1.1	20	15	20
Remblais (Digue)		Env. 6.0	20	31	10
Allotérites en place		1.0	20	33	4
Isaltérites en place		15.6	21	27	18

En effet, pour les modèles examinés, les matériaux qui constituent les sols support de l'extension n'ont que peu d'influence sur la stabilité des talus ; en particulier les isaltérites en place qui constituent un bon substratum épais et compact qui limite les possibilités de glissement profond.

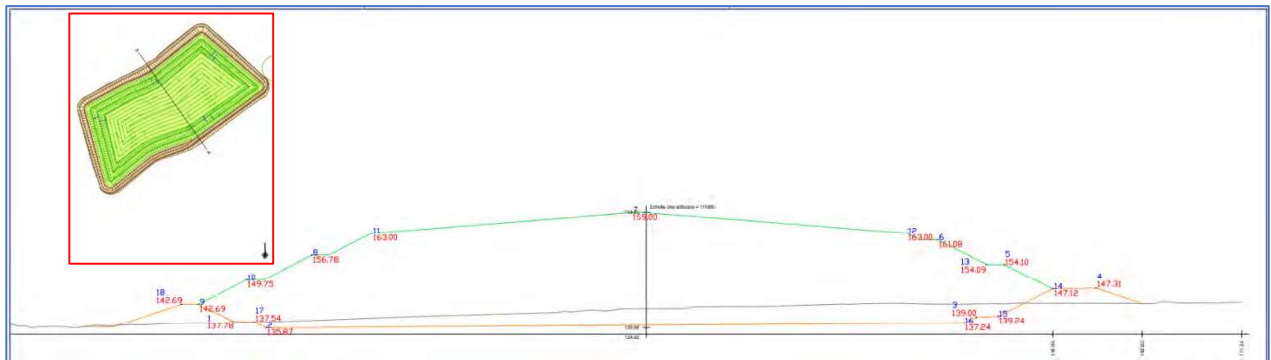


Notons dans la configuration géométrique retenue pour ce décaissement, la stabilité restera satisfaisante pour une cohésion dégradée dans les remblais de la digue ($C' = 1$ KPa) avec des coefficients de sécurité supérieur à 2 ($F > 2$).

3.5 Etude de la stabilité au glissement du projet après réaménagement

3.5.1 PROFIL DE REAMENAGEMENT

Le profil ci-dessous nous a été transmis pour le réaménagement. Il s'agit de le coupe AA' pour laquelle nous allons vérifier la stabilité vers l'extérieur aussi bien pour l'extrémité de droite que de gauche.



3.5.2 CARACTERISTIQUES DES DECHETS DU SITE

Outre les caractéristiques géomécaniques des principales formations rencontrées au droit du site et abordées aux chapitres 1.2.2 et 1.2.3, l'exploitation du site nécessite le stockage de déchets par définition hétérogènes et pour lesquels il n'est pas évident de déterminer des caractéristiques mécaniques.

En l'absence d'essais en laboratoire qui n'auraient que peu de représentativité au regard de l'hétérogénéité des déchets, la fourchette basse des caractéristiques mécaniques des déchets issues de la bibliographie est généralement de l'ordre de :

- 15 à 25° pour l'angle de frottement interne effectif,
- 0 à 10 KPa pour la cohésion effective.



Ces valeurs sécuritaires tiennent compte de l'éventualité de :

- Déchets dépourvus de fibre de renforcement,
- De déchets sous compactés,
- De déchets hétérogènes,
- De déchets très humides.

Rappelons que sur ce site, d'après les documents transmis par ACG Environnement (extrait du rapport Fairtec émis le 21/05/2012), des caractéristiques en principe sécuritaires ci-dessous avaient été retenues pour les déchets :

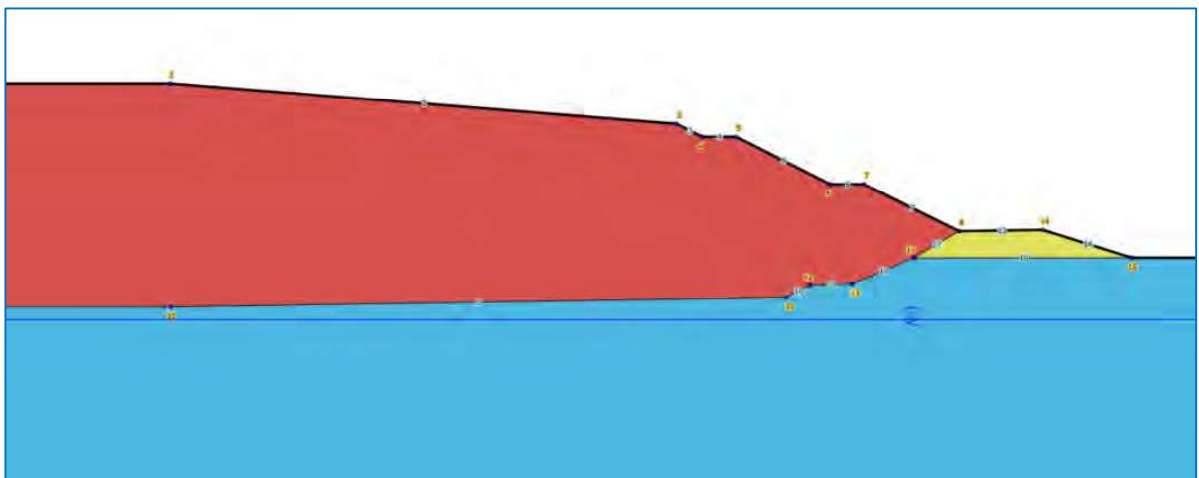
Cohésion effective :	C'	5 KPa,
Angle de frottement interne effectif :	ϕ'	20°,
Poids volumique :	γ	10 KN/m³.

3.5.3 RESULTATS DE LA MODELISATION

– GEOMETRIE DU MODELE.

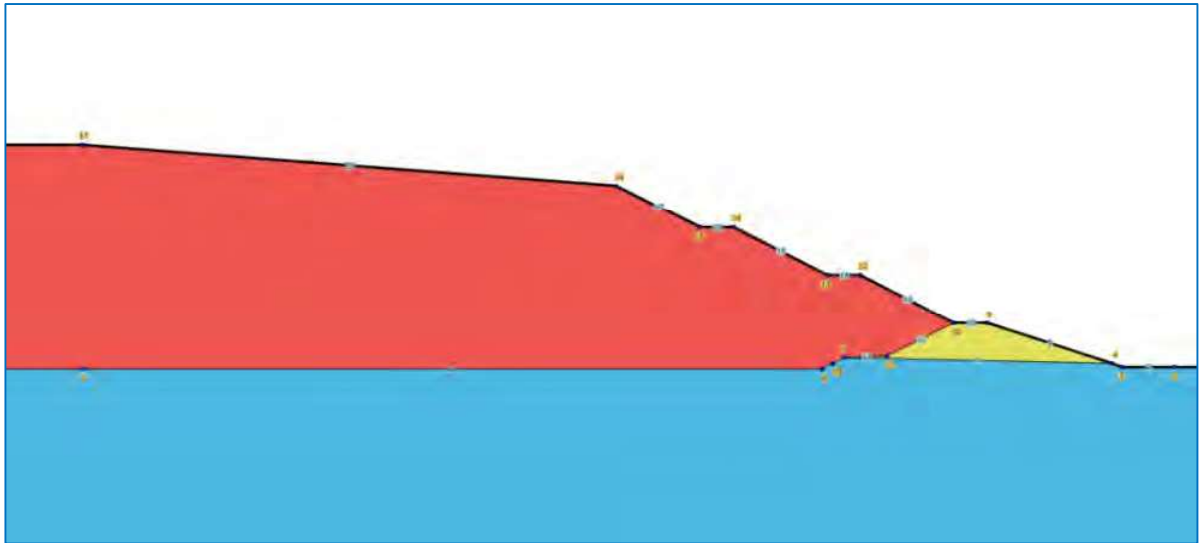
Notons que si la digue du côté droit de la coupe s'élève jusqu'à la cote 147 m NGF, à gauche elle ne dépasse pas la cote 143 m NGF. Le réaménagement des deux côtés selon la coupe transmise respecte des pentes de talus de 2H/1V.

Extrémité droite de la coupe





Extrémité gauche de la coupe



Couches et caractéristiques de sol

	Nom	Couleur	γ	ϕ	c
1	Couche 1 - Allotérites (Horizon argileux)	Blue	20,0	33,00	4,0
2	Couche 2 - Isaltérites (horizon silto-argileux)	Dark Blue	21,0	27,00	18,0
3	Couche 3 - Remblais (Isaltérites compactés à l'OPN)	Yellow	20,0	31,00	10,0
4	Couche 4 - Argile (fond de casier)	Green	20,0	15,00	20,0
5	Couche 5 - Déchets	Red	10,0	20,00	5,0

Sur la base du modèle géomécanique ci-dessus, nous avons examiné la stabilité du projet de réaménagement sur la base d'un substratum correspondant aux :

- Allotérites – PHASE 1,
- Isaltérites – PHASE 2 ;

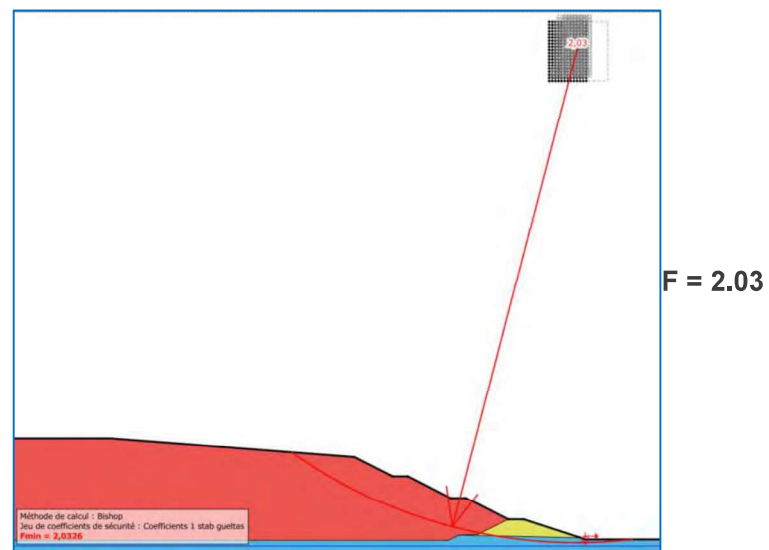
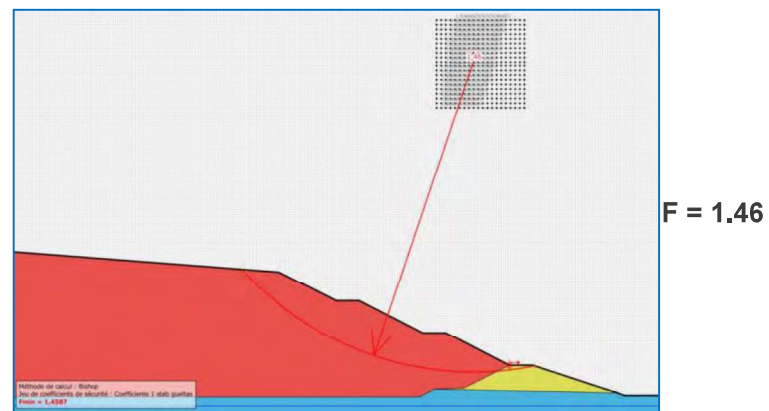
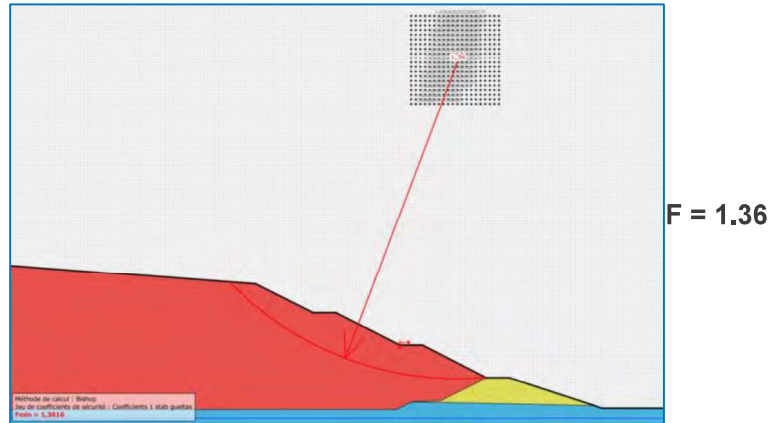
Pour chaque phase nous avons examiné trois situations :

- Cercle de rupture intéressant les déchets (cercle de subsurface),
- Cercle de rupture intéressant la digue périmétrique (cercle intermédiaire),
- Cercle de rupture intéressant le substratum (cercle profond).



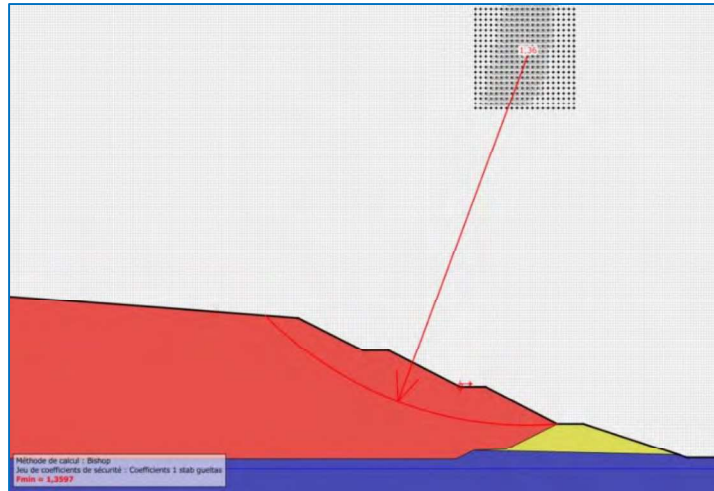
— RESULTATS DE LA COUPE DE GAUCHE.

Phase 1, situations 1, 2 et 3

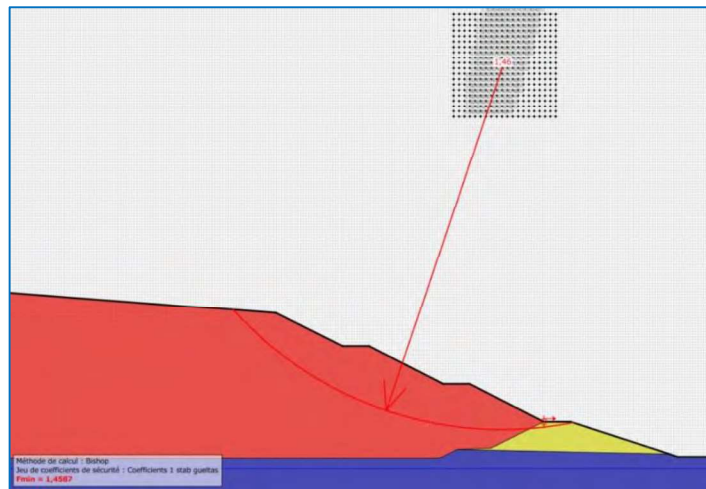




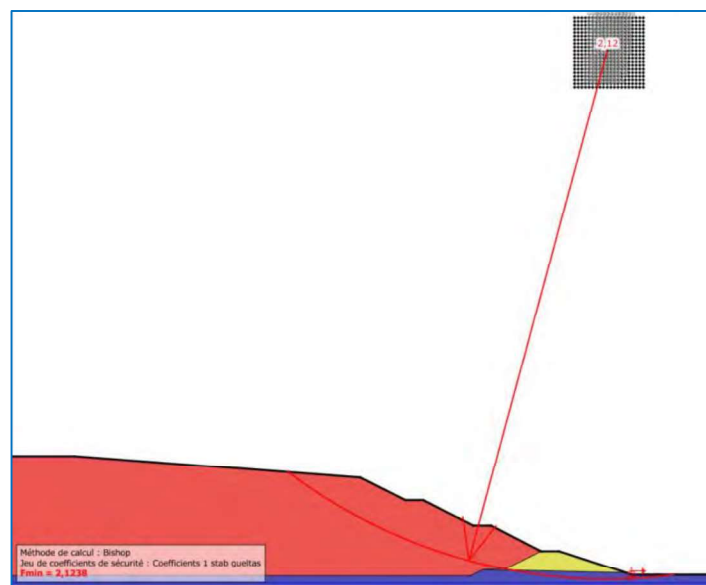
Phase 2, situations 1, 2 et 3



F = 1.36



F = 1.46

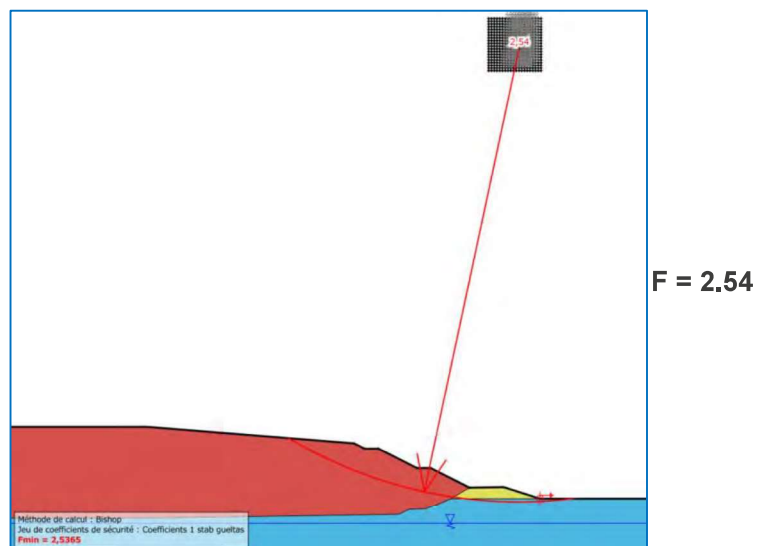
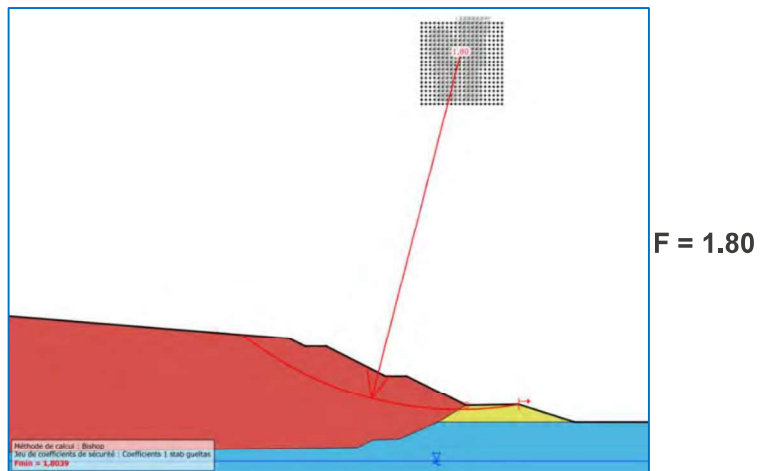
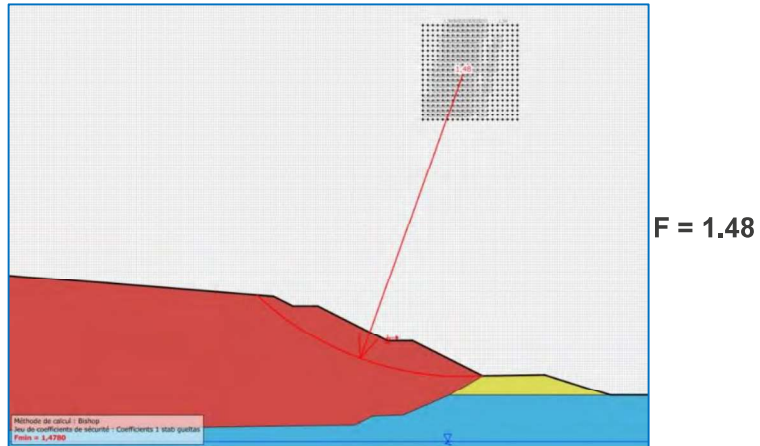


F = 2.12



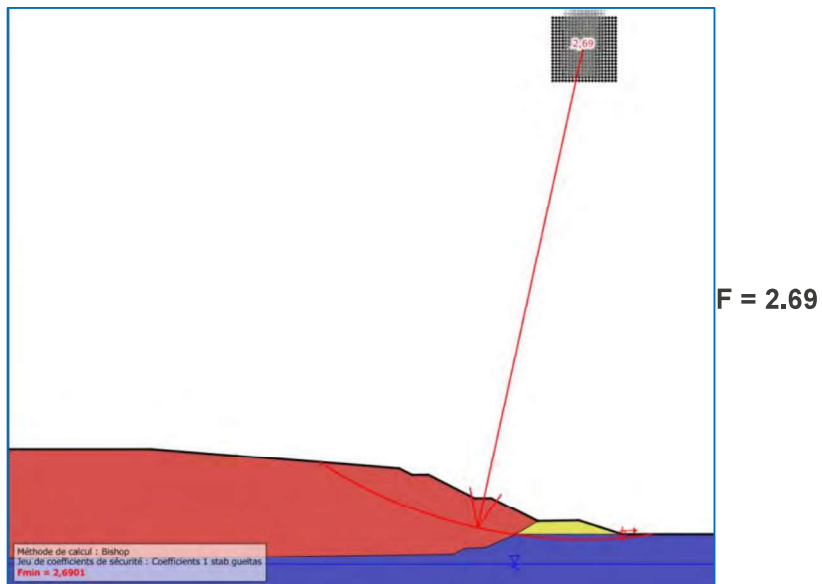
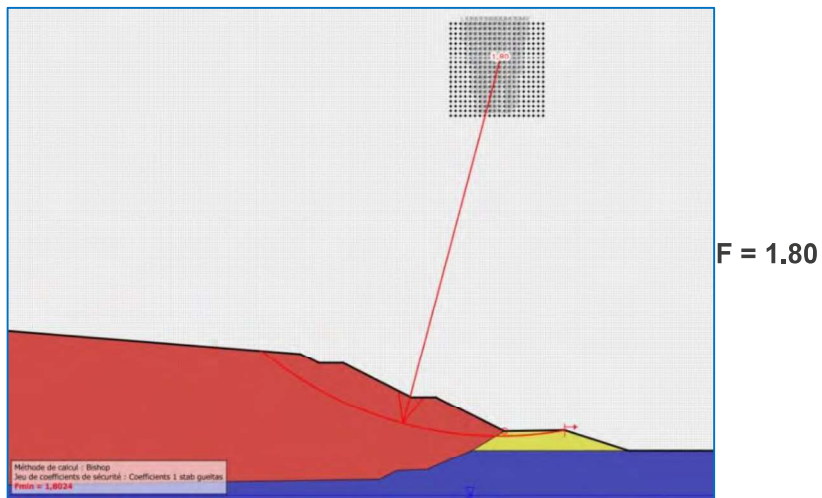
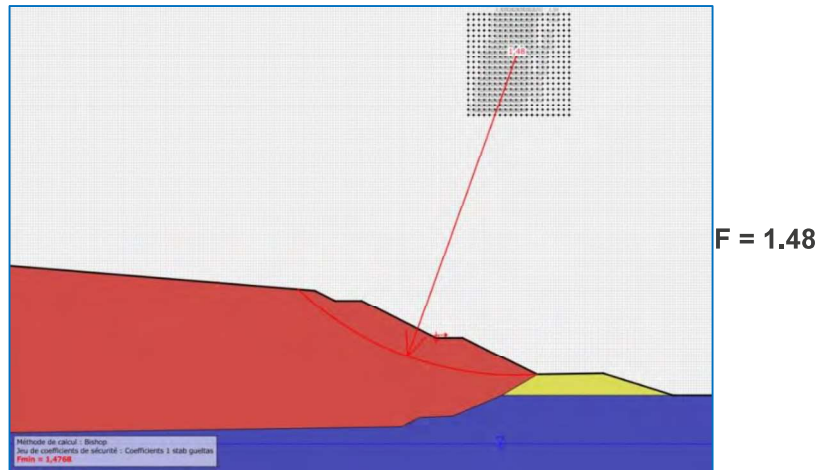
— RESULTATS DE LA COUPE DE DROITE.

Phase 1, situations 1, 2 et 3





Phase 2, situations 1, 2 et 3





— SYNTHÈSE DES RESULTATS A L'ISSU DU REAMENAGEMENT

COUPE DE GAUCHE

Phase 1 (Allotérites)	Situation 1	F= 1.36
	Situation 2	F= 1.46
	Situation 3	F= 2.03
Phase 2 (Isaltérites)	Situation 1	F= 1.36
	Situation 2	F= 1.46
	Situation 3	F= 2.12

COUPE DE DROITE

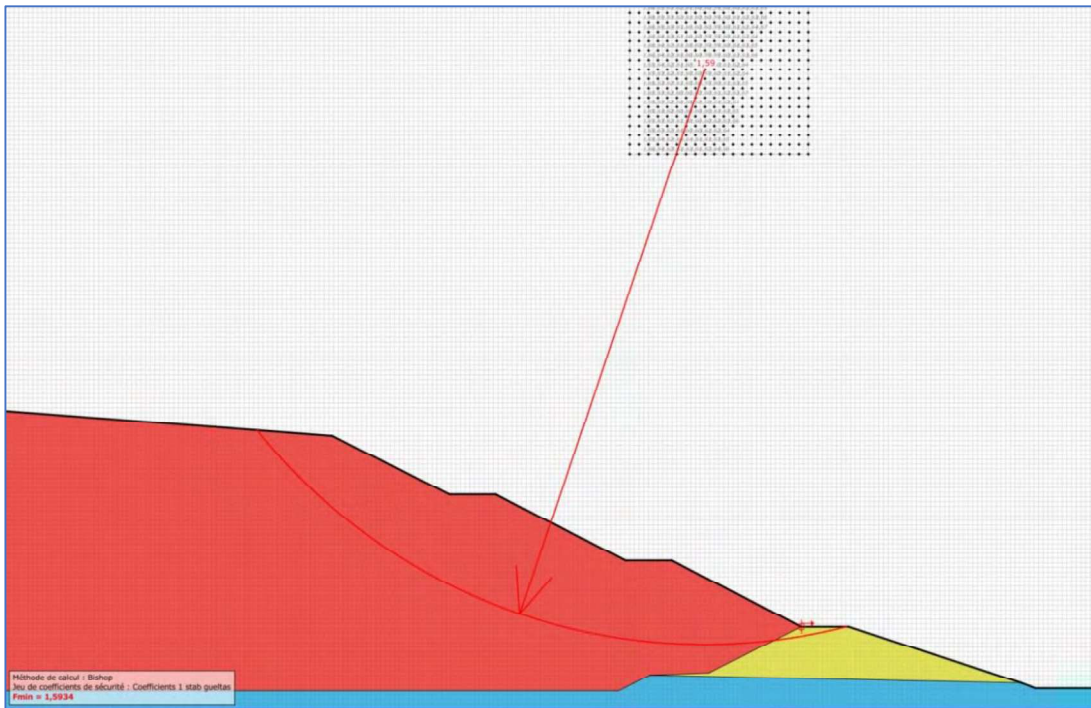
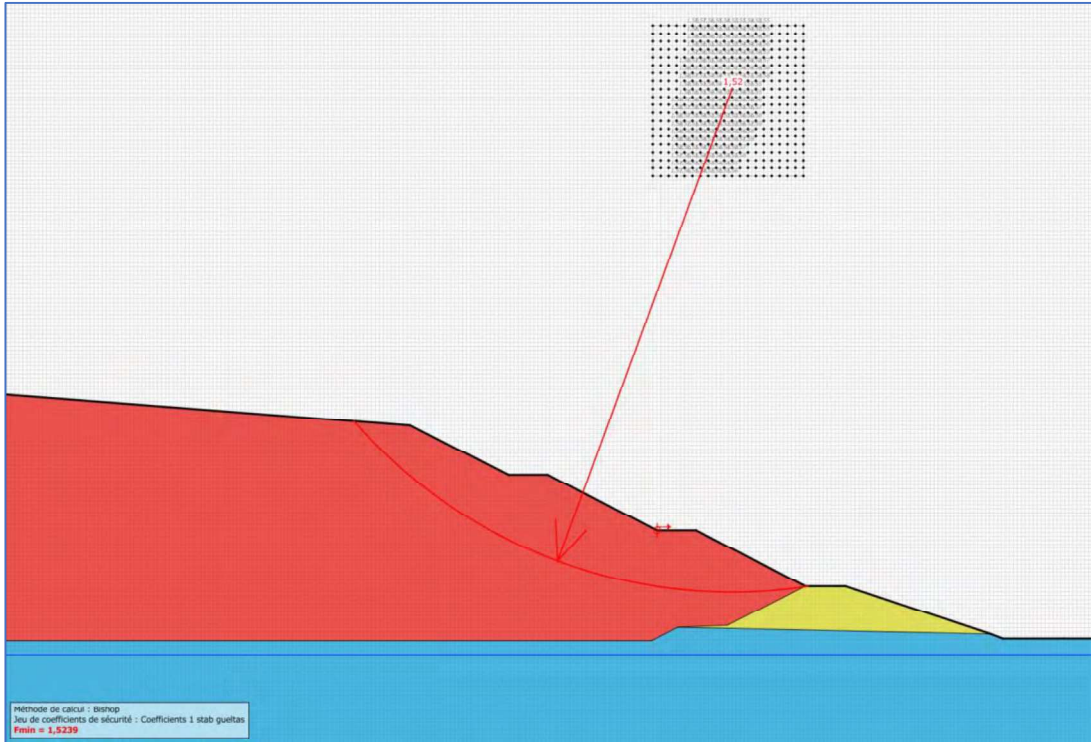
Phase 1 (Allotérites)	Situation 1	F= 1.48
	Situation 2	F= 1.80
	Situation 3	F= 2.54
Phase 2 (Isaltérites)	Situation 1	F= 1.48
	Situation 2	F= 1.80
	Situation 3	F= 2.69

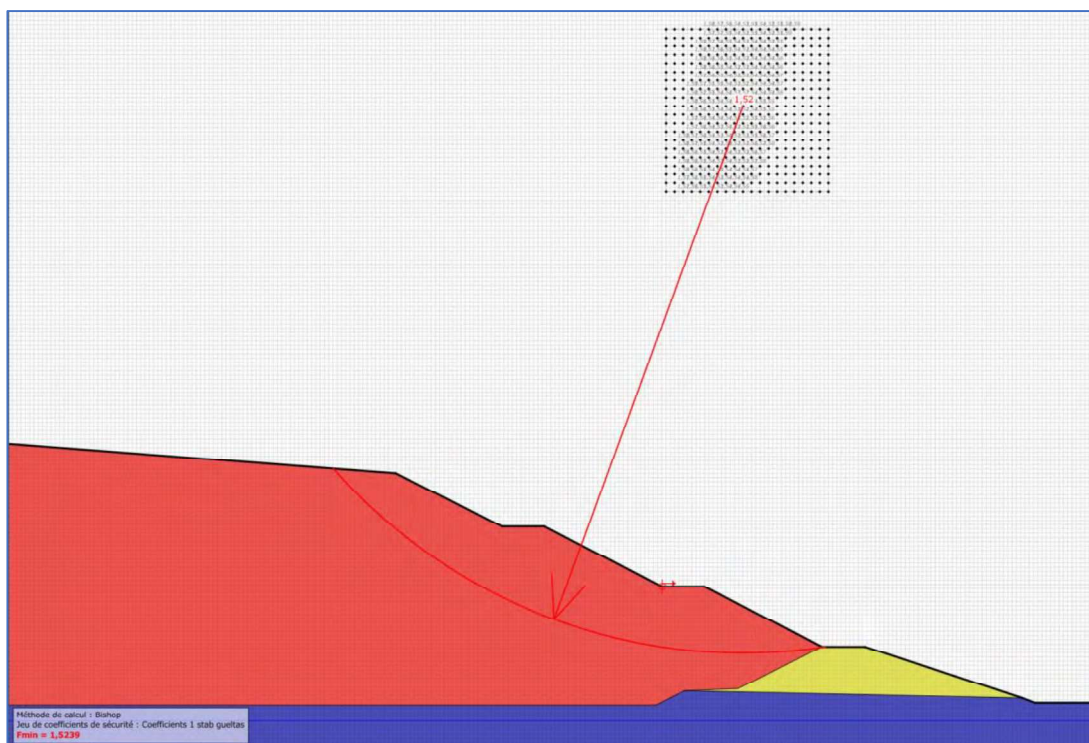
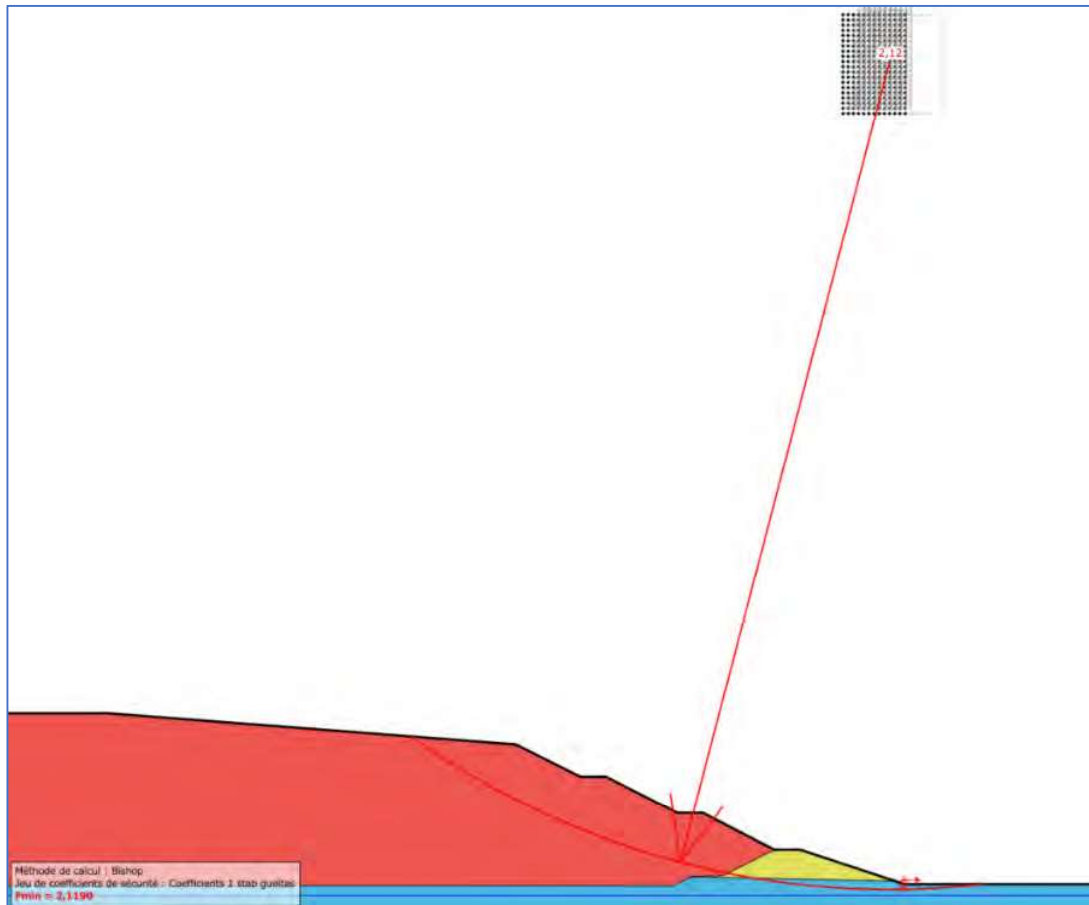
3.5.4 CONCLUSION SUR LE REAMENAGEMENT

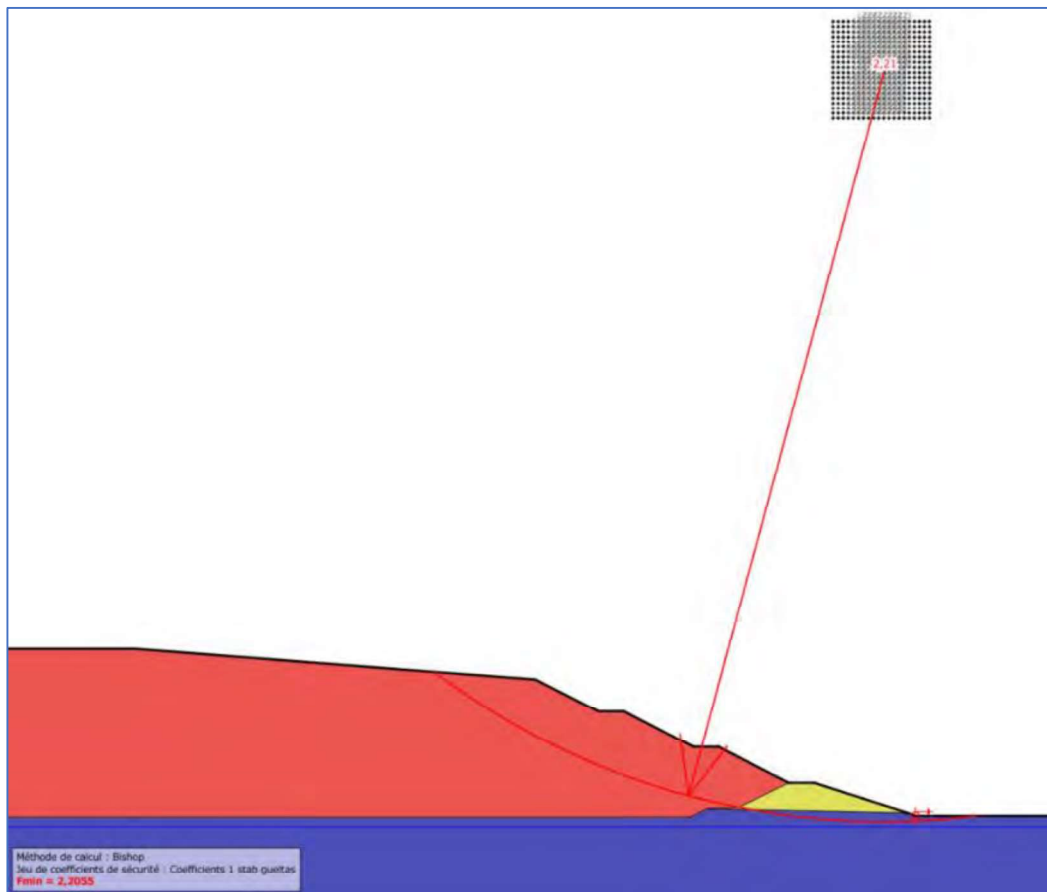
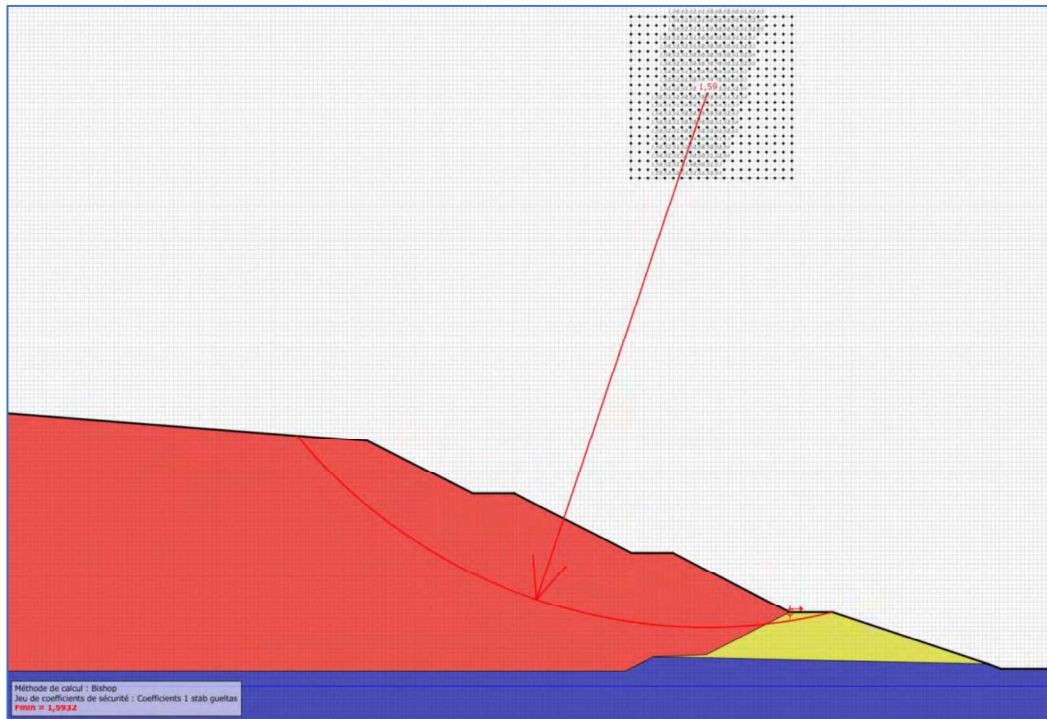
Comme pour le décaissement, la possibilité de glissement profond reste très limitée par le substratum en présence (Isaltérites ou Allotérites).

Dans la configuration retenue à ce stade, la stabilité du dôme de déchets est très tangente avec des coefficients de sécurité compris entre 1.36 et 1.46 ($F < 1.5$). Ceci est obtenu avec des caractéristiques mécaniques sécuritaires dans les déchets de 5 KPa de Cohésion effective, de 20 degrés d'Angle de frottement interne effectif et un poids volumique de 10 KN/m³.

Si une configuration de réaménagement du dôme de déchets avec des pentes de talus de 2H/1V est maintenue, une justification de l'amélioration des caractéristiques mécaniques des déchets sera nécessaire lors des travaux d'exécution. La modélisation montre qu'en passant de 5 KPa à 8 KPa de cohésion dans les déchets, nous obtenons les résultats ci-dessous :









Pour la géométrie de réaménagement étudiée, il est possible d'atteindre la stabilité du dôme de déchets pour les caractéristiques suivantes (dans les déchets) qui seront à justifier :

Cohésion effective :	C'	8 KPa,
Angle de frottement interne effectif :	ϕ'	20°,
Poids volumique :	γ	10 KN/m³.

TECHNOSOL reste à la disposition du Maître de l'Ouvrage et de son équipe de conception et de réalisation pour leur fournir tout renseignement complémentaire qu'ils pourraient juger utile concernant nos résultats de sondages et nos conclusions.

La description des missions normées et obligatoires ainsi que leur enchaînement sont présentés en annexe de ce rapport.



EXPLOITATION DU RAPPORT D'ETUDES

I - Le présent rapport d'étude a été établi à partir de la connaissance d'un projet au moment de cette étude. Il constitue un document indissociable dans lequel figurent les conclusions propres à ce projet. Toute exploitation partielle du rapport peut conduire à des erreurs d'interprétation et ne pourrait engager notre responsabilité.

II - En cas d'évolution de projet (par exemple changement d'implantation, changement de nature de construction, etc.), il importe de consulter le bureau d'étude géotechnique pour vérifier la bonne adaptation du projet en fonction du sol reconnu. Cette étape peut conduire à la réalisation d'une étude complémentaire si les informations du rapport d'étude s'avèrent insuffisantes.

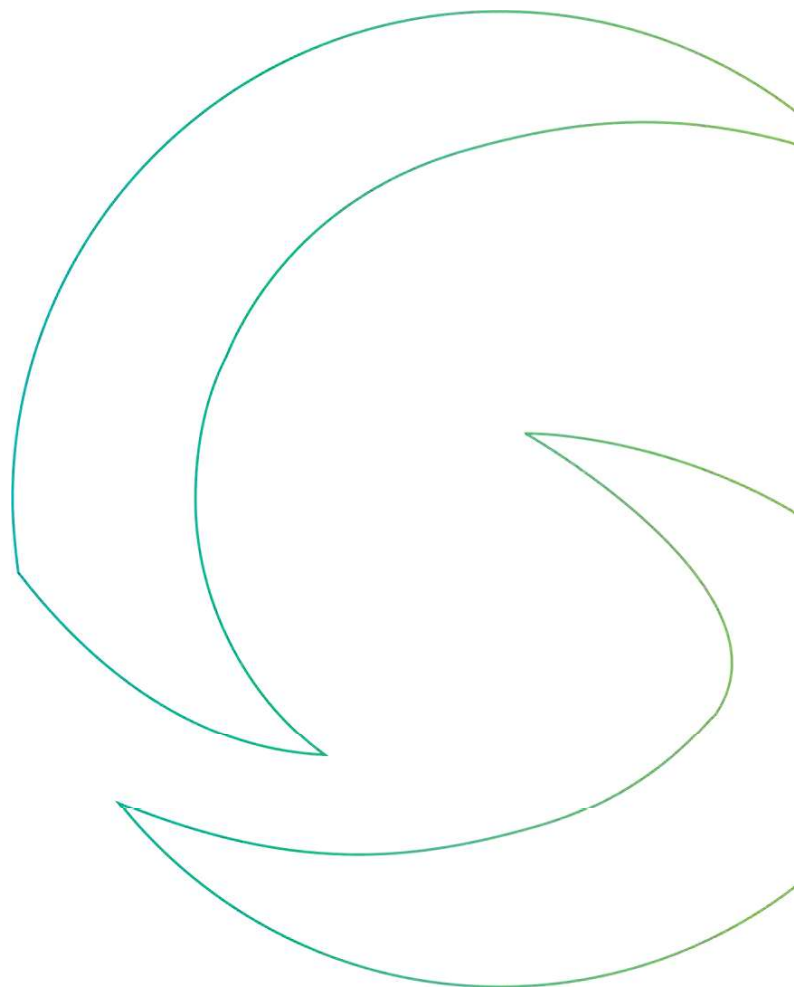
III - L'étude géotechnique est basée sur la réalisation d'un nombre réduit de sondages donnant des informations ponctuelles. Les variations de caractéristiques géologiques et géotechniques peuvent intervenir entre les sondages (anomalies naturelles ou anthropiques). Ces variations ne peuvent être imputables au bureau d'étude géotechnique mais devront être signalées de manière systématique au bureau d'étude géotechnique afin de vérifier la bonne adaptation des fondations au contexte nouveau.

IV - Les profondeurs des différentes couches de sols rencontrés sont données par rapport à une référence qui peut être locale ou rattachée à une référence officielle (NGF, IGN, CM). Dans tous les cas, il appartient au Maître d'Ouvrage de faire relier notre référence de nivellement à celle qui constituera la base du futur projet.

V - Notre société ne pourra être responsable de toute adaptation de fondations qui aura été apportée sur le chantier sans qu'elle ne lui ait été soumise.



Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique selon la norme NF P94-500 de novembre 2013



NF P94-500 – Novembre 2013

Tableau 1 -Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE ACT		Consultation sur le projet de base Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		<u>À la charge de l'entreprise</u>	<u>À la charge du maître d'ouvrage</u>		Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	EXE/MISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCEIACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)</p> <p>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p>Phase Étude</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles). • Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p>Phase Suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. • Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). • Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).
<p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p>Phase Supervision de l'étude d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <p>Phase Supervision du suivi d'exécution</p> <ul style="list-style-type: none"> • Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). • donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.
<p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. • Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



Synergie
d'expertises

SIÈGE SOCIAL - 01 69 09 14 51 - contact@technosol-gengis.fr
13, route de la Grange aux Cercles - 91160 Ballainvilliers

technosol-gengis.fr

SAS au capital de 120 000 € - APE : 7112B
Siret : 972 200 661 00015 - TVA : FR78 972 200 661

**AGENCE
ÎLE-DE-FRANCE**

13, route de la Grange aux Cercles
91160 Ballainvilliers
01 69 09 14 51
paris@technosol-gengis.fr

**AGENCE
BASSE-NORMANDIE**

1, rue Ampère
14120 Mondeville
02 31 73 63 30
caen@technosol-gengis.fr

**AGENCE
HAUTE-NORMANDIE**

10, rue des Jardiniers
76000 Rouen
02 35 66 22 30
rouen@technosol-gengis.fr

**AGENCE
AUVERGNE-RHONE-ALPES**

5, rue des Essarts
69500 Bron
04 87 91 55 28
lyon@technosol-gengis.fr

**AGENCE
NOUVELLE AQUITAINE**

4, voie Romaine
33610 Canéjan
05 33 09 27 70
bordeaux@technosol-gengis.fr