24 avril 2018

UMICORE - ANCIENNE MINE VIEILLE MONTAGNE - THOIRAS (30)

ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE A RESIDUS

Présenté à:
Umicore

RAPPORT

N° du Rapport: 1771901-R01-V1

Distribution:

Lucia Buvé
Jean-François Farrenq

Golder Associates

Preuve d'émission

Entreprise	Contact client	Version	Date d'émission	Mode de livraison
UMICORE	L. Buvé	V0-1 - Préliminaire	22/12/2017	électronique
UMICORE	L. Buvé	V0-2 - Préliminaire	05/03/2018	électronique
UMICORE	L. Buvé	V0-3 - Préliminaire	21/03/2018	électronique
UMICORE	L. Buvé	V0-4 - Préliminaire	22/03/2018	électronique
UMICORE	L. Buvé	V1 - Finale	24/04/2018	électronique

Limitations de l'étude

IMPORTANT : Il est important de lire la présente section avant de prendre connaissance des opinions, conseils, recommandations ou conclusions exprimés dans le présent document.

Le présent rapport a été préparé pour et à la demande d'UMICORE ("le Client"), dans le cadre de l'étude technique sur la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne à Thoiras (30) devant être effectuée par GOLDER ASSOCIATES SARL (Golder) aux termes du contrat de Consultant qui lui a été donné par le Client.

Ce rapport est indissociable du rapport de l'étude technique sur la stabilité, le confinement et la gestion des eaux pluviales (rapport Golder n°177190-R02-V1) présenté en ANNEXE E du présent rapport, et sur lequel il appuie ses résultats, conclusions et recommandations. Ce document, y compris tous les textes, données, tableaux, plans, figures, dessins et autres document, ont été préparés par Golder pour le seul bénéfice d'UMICORE.

Aucun engagement n'est pris vis-à-vis d'une partie autre que le Client et aucune garantie n'est concédée ni aucune déclaration faite à quelque partie que ce soit, autre que le Client, en ce qui concerne les opinions, conseils, recommandations ou conclusions exprimés dans les présentes.

Golder a préparé le présent rapport en s'appuyant sur la connaissance que Golder avait, à la date de l'étude :

- des normes ;
- de la technologie ; et
- de la législation et des codes français et communautaires en vigueur et applicables.

Toute modification apportée à ces textes est susceptible d'affecter l'exactitude des opinions, conseils, recommandations ou conclusions contenus dans le présent rapport. Cependant, lors de la communication de ses opinions, conseils, recommandations et conclusions, Golder a tenu compte des changements dont la législation et les réglementations sur l'environnement font, à sa connaissance, actuellement l'objet. Après la remise du présent rapport, Golder ne pourra être tenu d'informer le Client de tels changements ou de leurs éventuelles répercussions.

Golder reconnaît avoir été mandatée en partie pour ses connaissances et son expérience en matière de questions liées à l'environnement. Golder s'engage à étudier et à analyser toutes les informations qui lui seront fournies à la lumière de ses connaissances et de son expérience, et de toutes autres informations connues de Golder. Sous réserve de toute incompatibilité ou contradiction avec les informations déjà en sa possession, Golder est en droit de se fonder sur toutes les informations qui lui sont fournies et d'en assumer l'exactitude, sans vérification indépendante, et Golder n'est aucunement tenu de vérifier l'exactitude de ces informations.

Le contenu du présent rapport reflète l'opinion professionnelle de consultants expérimentés, spécialistes de l'environnement. Golder ne fournit pas de conseils juridiques spécifiques : il est donc recommandé de s'adresser à un juriste pour toute question d'ordre juridique.

Si les prestations ont inclus des forages et sondages ou l'interprétation de telles informations, une attention doit être portée sur le fait que des risques existent à chaque fois que de l'ingénierie et des disciplines affiliées sont mises en œuvre pour déterminer les conditions du sous-sol. Même un programme d'échantillonnage et de test précis et mis en place selon les règles de l'art peut échouer dans la détection de certaines conditions. Les conditions environnementales, géologiques, géotechniques, géochimiques et hydrologiques que Golder interprète peuvent différer des conditions réelles existantes entre les points d'échantillonnage. Le temps, les événements naturels et les activités sur et aux abords du site peuvent modifier les conditions découvertes.

Golder expose ses conclusions principales et fournit un résumé et une vue d'ensemble de ses conseils, opinions et recommandations dans le chapitre « Conclusion » du présent rapport. Cependant, d'autres parties du document font état des limitations sur les informations obtenues par Golder. Les conseils, opinions ou recommandations exprimés dans le chapitre « Conclusion » ne doivent donc pas être pris en compte avant d'avoir été étudiés dans le contexte du rapport pris dans son ensemble.

Tables des matières

1.0 CONTEXTE ET OBJECTIFS 7

1.1 Contexte 7

1.2 Objectifs et périmètre de l'étude technique 7

1.3 Documents de référence 8

1.4 Contenu de l'étude 8

1.5 Références bibliographiques 8

2.0 ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT 10

2.1 Contexte et situation géographique 10

2.2 Description de l'environnement de l'ouvrage 11

2.2.1 Environnement naturel 11

2.2.2 Conditions climatiques 12

2.2.3 Zones d'habitations et établissements voisins 13

2.2.4 Zones naturelles 14

2.2.5 Voies de communication 14

2.2.6 Autres activités à proximité du site 14

2.3 Description de l'ouvrage 15

2.3.1 Morphologie du bassin à résidu et de la digue 15

2.3.2 Travaux réalisés 16

2.3.3 Recouvrement actuel du bassin 18

2.3.4 Abords du bassin 19

2.3.5 Caractéristiques des matériaux constituants la digue 21

2.4 Situation environnementale 21

2.4.1 Qualité des eaux de surface 22

2.4.2 Qualité des sédiments 23

3.0 ACTIVITES DE SURVEILLANCE DE LA DIGUE 24

4.0 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS 25

5.0 CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS 26

5.1 Conditions climatiques 26

5.1.1 Précipitation 26

5.1.2 Foudre 27

5.1.3 Vent 27

5.2 Séismes ... 27
5.3 Mouvement de terrain, hors séisme ... 27
5.4 Argile gonflante ... 28
5.5 Avalanche ... 28
5.6 Feu de forêt ... 28
6.0 ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE ... 30
6.1 Etude accidentologique de la digue ... 30
6.2 Retour d'expérience ... 30
7.0 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES RISQUES EN TERMES DE PROBABILITE D'OCCURRENCE, D'INTENSITE, DE CINETIQUE DES EFFETS ET DE GRAVITE DES CONSEQUENCES ... 34
7.1 Description et principes de la méthodologie utilisée ... 34
7.1.1 Echelle de fréquence ou de probabilité ... 34
7.1.2 Niveau de gravité ... 35
7.1.3 Identification des scénarios d'accidents majeurs ... 37
7.2 Détermination des scénarios de défaillance ... 38
7.2.1 Identification des potentiels de dangers ... 38
7.2.1.1 Défaillance géotechnique ... 38
7.2.1.2 Confinement ... 39
7.2.2 Analyse de la fréquence / Vulnérabilité ... 39
7.2.2.1 Défaillance géotechnique ... 40
7.2.2.2 Confinement ... 41
7.2.3 Analyse de la gravité ... 44
7.2.3.1 Défaillance géotechnique ... 44
7.2.3.2 Confinement ... 45
7.3 Evaluations des risques ... 45
8.0 ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES ... 47
8.1 Résultats de l'étude technique ... 47
8.2 Etudes complémentaires et Travaux de réaménagement préconisés ... 47
8.2.1 Stabilité de la digue ... 47
8.2.2 Confinement ... 47
8.2.3 Gestion des eaux de ruissellement ... 48
8.3 Etude de réduction des risques ... 49
9.0 CONCLUSIONS ... 52

TABLEAUX

Tableau 1-1 : Quantification des scénarios d'accident 3

Tableau 1-2 : Risques identifiés comme nécessitant la mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques 4

Tableau 1-3 : Etude de réduction des risques pour les risques nécessitant initialement la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques 5

Tableau 2-1 : Normales mensuelles et annuelles à la station météorologique de Nîmes (1981-2010) - Source : Météo France [12] 12

Tableau 2-2: Rafale maximale de vent (en km/h) enregistrée dans le Gard - Source : Météo France [12] 12

Tableau 2-3: Records de précipitation depuis 1958 (en mm) enregistrée dans le Gard - Source : Météo France [12] 13

Tableau 5-1: Statistiques sur la période 1999 - 2014 sur la commune de Générargues, selon la méthode GEV Locale-Régionale - Durée de retour de fortes précipitations (données Météo France, [12]) 26

Tableau 5-2: Arrêtés de catastrophes naturelles [13] 29

Tableau 6-1: Causes de rupture les plus fréquentes ayant affecté les petits barrages (BRGM [10]) 31

Tableau 7-1: Niveaux de Probabilité / fréquence 35

Tableau 7-2: Niveaux de gravité sur les personnes 36

Tableau 7-3: Niveaux de gravité sur l'environnement 37

Tableau 7-5: Définition des potentiels de dangers liés au à une défaillance géotechnique 38

Tableau 7-6: Définition des potentiels de dangers liés au confinement 39

Tableau 7-7: Analyse de la vulnérabilité / fréquence des potentiels de dangers liés à une défaillance géotechnique 40

Tableau 7-8: Analyse de la vulnérabilité / fréquence des potentiels de dangers à l'affleurement de résidus 41

Tableau 7-9: Analyse de la gravité des potentiels de dangers liés à une défaillance géotechnique 44

Tableau 7-10: Analyse de la gravité des potentiels de dangers liés à l'affleurement de résidus 45

Tableau 7-11: Risques nécessitant la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques 46

FIGURES

Figure 2-1 : Localisation des sources et des puits pour le captage AEP à proximité de la digue à résidus 11

Figure 2-2 : Principe de la digue à résidus 15

Figure 2-3 : Coupe schématique Ouest - Est du bassin à résidus et ses environs : la sortie de la canalisation de surverse se situe dans le fossé bordier nord du bassin (sans échelle) 16

Figure 2-4 : Coupe schématique du bassin à résidu : configuration des nappages de résidus sur le relief à l'extérieur du bassin à résidus (sans échelle) 20

Figure 5-1 : Localisation des mouvements de terrain recensés (source : Géorisques) 28

PHOTOS

Figure 2-1 : Localisation des sources et des puits pour le captage AEP à proximité de la digue à résidus 11

Figure 2-2 : Principe de la digue à résidus 15

Figure 2-3 : Coupe schématique Ouest - Est du bassin à résidus et ses environs : la sortie de la canalisation de surverse se situe dans le fossé bordier nord du bassin (sans échelle) 16

Figure 2-4 : Coupe schématique du bassin à résidu : configuration des nappages de résidus sur le relief à l'extérieur du bassin à résidus (sans échelle)..... 20

Figure 5-1 : Localisation des mouvements de terrain recensés (source : Géorisques)..... 28

ANNEXES

ANNEXE A
Liste des figures

ANNEXE B
Fiches météorologiques

ANNEXE C
Fiches BASOL et BASIAS

ANNEXE D
Tableau d'analyse des risques

ANNEXE E
Rapport Golder n°1771901-R02-V1

RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE

Cette étude porte sur la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne située sur la commune de Thoiras (30), parcelles n°237 et 240. La digue de l'ancienne mine de Vieille Montagne n'est plus en activité depuis plus de quarante ans (arrêt de l'exploitation en 1971), la renonciation a été prononcée en 2004. La digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne n'est pas soumise au régime des ICPE.

Cette étude technique a été réalisée à la demande d'Umicore, de sa propre initiative en tant que propriétaire de la parcelle n°237 du terrain, afin de contrôler la nature et l'état des aménagements réalisés en 1995 pour assurer la stabilité de la digue et son confinement. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'état environnemental actuel de la digue et de proposer des travaux complémentaires de réaménagement en vue d'assurer sa pérennité. Elle porte sur la maitrise des fonctions suivantes :

- la stabilité de la digue ;
- le confinement de la digue et de ses résidus ;
- la gestion des eaux météoriques ;
- la pérennité de l'ouvrage.

La méthodologie utilisée pour la réalisation de cette étude est inspirée du cadre de réalisation d'une étude de dangers pour les installations soumises au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) selon l'arrêté du 12 Juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu. Bien que la réglementation de cet ouvrage ne s'applique pas à celle des ICPE, le choix de cette méthodologie a permis d'appliquer les mêmes critères d'évaluation que pour un ouvrage classé en activité.

Eléments historiques

Durant la période d'exploitation des mines, les minerais extraits étaient concentrés dans une laverie, dont les stériles étaient évacués jusqu'à un bassin de décantation (dénommé aujourd'hui digue à stériles).

Suite à l'arrêt de l'exploitation, des travaux d'aménagement ont été réalisés entre 1994 et 1996 notamment au niveau de la digue afin de réduire les nuisances générées par le site. Ces travaux ont consisté principalement en la création de fossés autour de la digue, en la mise en place d'enrochements, au recouvrement des résidus par de la terre végétale et la végétalisation de l'ensemble de la digue.

Découpage de la zone d'étude

Pour les besoins de l'étude, la digue a été subdivisée en cinq zones distinctes représentées sur la figure A13 (ANNEXE A) :

- Les flancs nord et sud de la digue ;
- La zone frontale de la digue ;
- Le plateau sommital ;
- Le versant extérieur nord ;
- Le versant extérieur sud.

Visites de terrain et Investigations

Lors des visites de site et des inspections de l'état de l'ouvrage sur le terrain, des défauts de confinement ont été localement observés au niveau des différentes zones de la digue. Des résidus sont également visibles localement à l'extérieur de l'emprise de la digue au niveau du versant extérieur nord. Ces observations de terrain sont reprises sur la figure A14 (ANNEXE A). Les fascines au niveau des flancs nord et sud de la digue présentent également des signes de dégradation liés au vieillissement des matériaux employés.

Une caractérisation des matériaux a également été réalisée lors de campagnes d'investigations : réalisation de sondages CPTu, prélèvements d'échantillons pour analyse en laboratoire géotechnique à partir de sondages à la pelle mécanique et d'un forage carotté ; installation de nouveaux piézomètres et essais de pompage et d'injection dans ces nouveaux ouvrages. Ces investigations ont permis d'apporter les informations d'entrée nécessaires à la réalisation d'une étude de stabilité géotechnique dont les résultats sont présentés dans le rapport Golder n°1771901-R02 en ANNEXE E de ce rapport.

Evaluation des potentiels de dangers - Analyse des risques

Pour la réalisation de cette étude, les aléas naturels liés aux séismes, aux mouvements de terrain hors séisme, aux argiles gonflantes, aux avalanches et aux feux de forêt n'ont pas été évalués puisqu'ils ont été considérés comme très faibles. Seul l'aléa lié aux conditions climatiques et plus particulièrement lié aux précipitations a été pris en compte. En effet, la digue est située dans une zone pouvant être impactée par de forts épisodes pluvieux (épisodes cévenols).

L'étude technique prend en compte l'ensemble des potentiels de dangers des différents composants de la digue, du fait de leur présence ou de leur fonctionnement. Les potentiels de danger ont été considérés à la fois d'un point de vue environnemental et d'un point de vue humain. Le risque de répercussion directe sur les personnes étant très limité dans le contexte actuel de la digue (absence de présence humaine dans la zone de mise en mouvement des sédiments en cas de rupture de digue), le niveau de gravité est essentiellement estimé sur la base des répercussions éventuelles sur l'environnement. Les potentiels de dangers ont été classés selon deux grands domaines : le domaine géotechnique et le domaine environnemental. Les potentiels de dangers identifiés sont :

- une instabilité de l'ensemble ou d'une partie de la digue ou une instabilité du plateau sommital. Ces instabilités peuvent provenir du fait de la présence d'eau, de la hausse du niveau de la nappe, des caractéristiques mécaniques des résidus, de l'hétérogénéité des matériaux mais aussi de l'obstruction ou de l'affaissement de la canalisation de surverse ;
- des phénomènes d'érosion au niveau des flancs, de la zone frontale et du plateau sommital de la digue. Ces phénomènes d'érosion peuvent être liés à des fortes pluies mais aussi à la dégradation des systèmes existant de stabilisation des pentes (fascines) ;
- le transport de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus déclenché par des vents forts associés à la sécheresse ;
- l'émission de poussières liées à l'affleurement ponctuel de résidus et dû à la présence humaine ou animale sur ces affleurements, notamment en période sèche ;
- la contamination des eaux superficielles en aval par les eaux de résurgence en pied de digue lors de précipitations ;
- la contamination des eaux superficielles de contact liée aux précipitations (phénomènes de ruissellement sur des zones où affleurent des résidus) ;
- la contamination de l'environnement par le transport de sédiments liée à l'affleurement ponctuel de résidus lors de forts épisodes pluvieux.

A partir de ces potentiels de dangers, une analyse des risques a été réalisée. Cette analyse consiste pour chaque zone de la digue précédemment identifiée à :

- Définir toutes les situations dangereuses susceptibles de survenir et d'avoir des effets sur la stabilité de la digue ou son confinement ;
- Déterminer les mécanismes déclenchants (d'origine interne ou externe) ;
- Déterminer la fréquence à laquelle ces situations dangereuses peuvent apparaitre ;
- Déterminer les niveaux de gravité de ces situations ;
- Evaluer le niveau de risque potentiel.

La méthode d'évaluation de la fréquence retenue pour l'étude des défauts de confinement est l'évaluation qualitative. En effet, en raison de l'absence de donnée statistique et de la nature de l'installation concernée (digue non active depuis plus de 40 ans), cette évaluation se base sur les observations de terrains et la connaissance des aléas historiques enregistrés sans qu'ils aient pour autant fait l'objet d'une quantification. La fréquence a été classée en cinq niveaux : de E (Extrêmement peu probable / Exceptionnel) à A (Courant / fréquent).

L'échelle de fréquence retenue pour l'étude géotechnique est l'évaluation semi-quantitative. Cette évaluation se base sur les conclusions d'une étude de stabilité réalisée sur la base des résultats des investigations de terrain et d'une modélisation de la stabilité de la digue dans ses conditions actuelles (voir étude de stabilité en ANNEXE E). L'étude de stabilité permet de calculer un facteur de sécurité de la digue et d'estimer sous différentes conditions (niveau d'eau, caractéristique des matériaux) le risque d'instabilité de l'ouvrage. L'étude de stabilité réalisée a permis d'établir que, dans sa condition actuelle, la digue est stable.

L'évaluation du niveau de gravité de chaque potentiel de danger est établie essentiellement sur la base de retours d'expérience et du jugement d'expert. Il s'agit donc d'une évaluation qualitative. La gravité a été classée en cinq niveaux, de 1 (modéré) à 5 (désastreux).

Le risque de répercussion directe sur les personnes étant très limité dans le contexte actuel de la digue, le niveau de gravité est essentiellement estimé sur la base des répercussions éventuelles sur l'environnement.

A partir de l'évaluation de la fréquence et de la gravité, le risque est défini en trois catégories à partir du tableau suivant.

Tableau 1-1 : Quantification des scénarios d'accident

		Probabilité				
		E (Extrêmement peu probable / Exceptionnel)	D (Très improbable / très rare)	C (Improbable / rare)	B (Probable / peu fréquent)	A (Courant / fréquent)
Gravité	5 (Désastreux)	5 E	5 D	5 C	5 B	5 A
	4 (Catastrophique	4 E	4 D	4 C	4 B	4 A
	3 (Important)	3 E	3 D	3 C	3 B	3 A
	2 (Sérieux)	2 E	2 D	2 C	2 B	2 A
	1 (Modéré)	1 E	1 D	1 C	1 B	1 A

Légende :	Acceptable	Maitrise des risques nécessaire	Maitrise des risques nécéssaire en priorité

Pour la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne, les risques considérés nécessitant la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques sont présentés dans le tableau suivant. **Aucun risque nécessitant la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques en urgence n'a été identifié.**

Le tableau de l'ensemble des risques est présenté en ANNEXE D du rapport.

Tableau 1-2 : Risques identifiés comme nécessitant la mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques

Domaine	Danger	Zone concernée	Evaluation du risque vis-à-vis de l'environnement	Evaluation du risque vis-à-vis des personnes
Lié à une instabilité de la digue	Instabilité structurelle de la digue (hétérogénéité des matériaux)	Toutes zones	**4 C**	**1 C**
	Affaissement de la canalisation de surverse	Plateau sommital	**4 C**	**1 C**
	Erosion	Flancs nord et sud de la digue	**2 A**	**1 B**
Lié aux affleurements ponctuels de résidus	**Emission** de poussières	Plateau sommital	**2 B**	**1 B**
		Flancs nord et sud de la digue	**2 B**	**1 B**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 B**
		Versant extérieur sud de la digue	**2 B**	**1 B**
	Contamination de l'environnement / des personnes par les **eaux superficielles de contact**	Plateau sommital	**2 C**	**1 E**
		Flancs nord et sud de la digue	**2 A**	**1 E**
		Versant extérieur sud de la digue	**2 C**	**1 E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**
	Contamination de l'environnement / des personnes par **transport de sédiment**	Flancs nord et sud de la digue	**2 C**	**1 E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**

Mesure de maîtrise des risques

L'étude de stabilité montre que la digue ne présente pas de défaut de stabilité dans les conditions actuelles. Il n'est donc pas envisagé de proposer des travaux de confortement afin d'en améliorer la stabilité. Il est toutefois recommandé de compléter les investigations de terrain dans les études de dimensionnement détaillé à venir, afin d'affiner le modèle théorique et de préciser ces études de stabilité. Au regard des résultats de cette première étude de stabilité, ces compléments d'investigations ne devraient pas remettre en cause les conclusions de cette première étude.

Afin de réduire les risques précédemment identifiés et d'assurer la pérennité du site, des solutions de remédiation sont proposées. Ces solutions concernent principalement la reprise intégrale du confinement des résidus et nécessitent la mise en œuvre des travaux suivants :

- Nettoyage des résidus présents en dehors du périmètre de la digue ;
- Retrait des fascines qui n'assureront bientôt plus les fonctions de support pour lesquelles elles avaient été installées ;

- Reprofilage et nivelage du plateau afin d'assurer une surface drainante et la mise en place du complexe de confinement;
- Travaux de couverture sur le plateau et les pentes afin de supprimer la contamination des eaux de surface par les résidus ;
- Travaux de drainage afin de réguler le rejet des eaux de ruissellement collectées sur les surfaces confinées et d'assurer leur évacuation de manière contrôlée et pérenne.

Les travaux proposés permettent de réduire les risques identifiés lors de cette étude de manière satisfaisante. En effet, les risques résiduels sont classés comme acceptables pour l'ensemble des potentiels de dangers.

Il est également à noter que ces travaux de confinement préconisés amélioreront la stabilité de l'ouvrage.

Le tableau suivant présente le risque résiduel estimé pour les risques nécessitant initialement la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques.

Tableau 1-3 : Etude de réduction des risques pour les risques nécessitant initialement la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques

Domaine	Danger	Zone concernée	Evaluation du risque vis-à-vis de l'environ-nement	Evaluation du risque vis-à-vis des personnes	Mesure pour diminuer le risque	Risque résiduel vis-à-vis de l'environ-nement	Risque résiduel vis-à-vis des personne s
Lié à une instabilité de la digue	Instabilité structurelle de la digue (hétérogénéité des matériaux)	Toutes zones	4 C	1 C	Réalisation d'une campagne de mesure complémentaire au CPTU afin d'affiner le modèle géotechnique utilisé pour les études de stabilité	4 E	1E
	Affaissement de la canalisation de surverse	Plateau sommital	4 C	1 C	Evacuation des eaux de ruissellement en surface par des fossés de collecte à réaliser Condamnation de la canalisation de surverse	4 E	1E
	Erosion	Flancs nord et sud de la digue	2 A	1 B	Reprise complète du confinement (pose notamment d'une géogrille de retenue des sols et ensemencement)	2 E	1E
Lié aux affleurements ponctuels de résidus	**Emission** de poussières	Plateau sommital	2 B	1 B	Reprise complète du confinement	2 E	1 E
		Flancs nord et sud de la digue	2 B	1 B		2 E	1E
		Versant extérieur nord de la digue	2 A	1 B		2 E	1E
		Versant extérieur sud de la digue	2 B	1 B		2 E	1E
	Contamination de l'environnement / des personnes	Plateau sommital	2 C	1 E		2 E	1E
		Flancs nord et sud de la digue	2 A	1 E		2 E	1E

Domaine	Danger	Zone concernée	Evaluation du risque vis-à-vis de l'environ-nement	Evaluation du risque vis-à-vis des personnes	Mesure pour diminuer le risque	Risque résiduel vis-à-vis de l'environ-nement	Risque résiduel vis-à-vis des personne s
	par les **eaux superficiell es de contact**	Versant extérieur sud de la digue	**2 C**	**1 E**		**2 E**	**1E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**		**2 E**	**1E**
	Contaminati on de l'environnem ent / des personnes par **transport de sédiment**	Flancs nord et sud de la digue	**2 C**	**1 E**		**2 E**	**1E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**		**2 E**	**1E**

1.0 CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1 Contexte

La société UMICORE a consulté Golder Associates SARL (Golder) le 16 décembre 2016 pour la réalisation d'une étude technique de la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne située sur la commune de Thoiras (30), plus précisément sur les parcelles cadastrales n°237 et 240. Ces parcelles appartiennent respectivement à la société UMICORE et à un particulier.

Cette étude a été réalisée à la demande d'Umicore, de sa propre initiative en tant que propriétaire de la parcelle n°237.

La digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne n'est pas soumise au régime des ICPE.

La digue de l'ancienne mine de Vieille Montagne n'est plus en activité depuis plus de quarante ans (arrêt de l'exploitation en 1971). La renonciation selon le code Minier a été prononcée en 2004 (précédemment la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne puis Union Minière).

1.2 Objectifs et périmètre de l'étude technique

La présente étude technique porte sur le périmètre de la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne située sur la commune de Thoiras (30), parcelles n°237 et 240 (figure A1 en ANNEXE A).

Cette digue à résidus n'est à ce jour plus utilisée : l'exploitation des mines a cessé en 1971. Suite à la renonciation à la concession minière prononcée en mars 2004, UMICORE est resté propriétaire d'une partie du terrain abritant la digue à stériles (parcelle n°237).

Suite à des travaux d'aménagement mis en œuvre en 1995 et 1996 sur la digue à résidus, UMICORE souhaite vérifier les risques inhérents à l'état actuel de la digue, afin de pouvoir mettre en œuvre les éventuelles mesures complémentaires de confortement et de confinement de l'édifice et d'assurer ainsi sa pérennité.

Cette étude technique porte sur la maitrise des fonctions suivantes :

- la stabilité de la digue ;
- le confinement de la digue et de ses résidus ;
- la gestion des eaux météoriques ;
- la pérennité de l'ouvrage.

La méthodologie utilisée pour la réalisation de cette étude est inspirée du cadre de réalisation d'une étude de dangers pour les installations soumises au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) selon l'arrêté du 12 Juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu. Bien que la réglementation de cet ouvrage ne s'applique pas à celle des ICPE, le choix de cette méthodologie a permis d'appliquer les mêmes critères d'évaluation que pour un ouvrage classé en activité.

1.3 Documents de référence

Cette mission se réfère aux prescriptions et normes suivantes :

- les articles L511-1, L512-3 et R512-31 du code de l'environnement et toutes les législations liées ;
- l'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu ;
- l'arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux ;
- l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation de la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

1.4 Contenu de l'étude

Cette étude comprend :

- une analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement ;
- une présentation des activités de surveillance de la digue depuis l'arrêt définitif des travaux en 1999 ;
- l'identification et la caractérisation des potentiels de dangers ;
- la caractérisation des aléas naturels ;
- une étude accidentologique et un retour d'expérience ;
- l'identification et la caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétiques des effets, et de gravité des conséquences ;
- une étude de réduction des risques ;
- des documents cartographiques.

1.5 Références bibliographiques

Les documents utilisés pour réaliser cette étude sont les suivants:

- [1] Union Minière et Bugeco (Rapport de présentation de la concession - Etat des lieux et travaux d'aménagement - 1998) ;
- [2] INERIS (Audit de la digue de résidus de traitement du gisement de Saint Félix de Pallières - 2007) ;
- [3] GEODERIS (Rapport La Croix de Pallières - 2008) ;
- [4] Dossier captages AEP (détermination des périmètres de protection et arrêtés préfectoraux 1984 - 2002) ;
- ICF Environnement :
  - [5] Diagnostic environnemental - Interprétation de l'état des milieux IEM - Rapport AIX12085IR-V1 (rapport phase 1 - Etude historique et documentaire, recensement des usages - 2012) ;

- [6] Diagnostic environnemental - Interprétation de l'état des milieux IEM - Rapport AIX12085IR-V1 (rapport final phases 2 et 3 - Caractérisation de l'état des milieux - 2013) ;
- [7] Campagne de caractérisation des eaux superficielles et sédiments - Campagne de caractérisation complémentaires de l'air extérieur - Mise à jour de l'IEM (2013) ;

- [8] Golder - Analyses des eaux superficielles, des sédiments et des sols : campagnes du 18/02 et 29/02 2016, n°1649765 ;
- [9] Rapport vidéo d'inspection caméra de la canalisation de surverse (2011) ;
- [10] BRGM - Méthodologie d'évaluation de la stabilité des digues à stériles uranifères - 2001 ;
- [11] Photos aériennes et historiques ;
- [12] Données Météo France ;
- [13] Données Géorisques ;
- [14] Base de données ARIA ;
- [15] Données Géoportail ;
- [16] Fiches BASOL et BASIAS.

2.0 ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT

2.1 Contexte et situation géographique

La Société Vielle Montagne (actuellement nommée UMICORE) a obtenu la concession de La Croix de Pallières (zinc, plomb argentifère et autre métaux fer excepté), la concession de Valleraube (pyrite de fer) et la concession de Pallières et Gravouillère (pyrite de fer) en 1977, après les avoir exploitées depuis 1911 (amodiataire). Ces trois concessions sont très imbriquées de par leur histoire et leur gîtologie.

La concession de La Croix de Pallières se situe à environ 15 km au sud-ouest d'Alès et à 1 km à l'ouest d'Anduze. Elle s'étend sur les communes de Saint Félix de Pallières, Thoiras, Tornac, Anduze et Corbès. Elle est située entre deux bassins versants, au nord le bassin de la rivière Aigues-mortes et au sud le bassin du Paleyrolle.

UMICORE a exploité la concession sur plusieurs périodes entre 1911 et 1971, date à laquelle tous les travaux ont été arrêtés au niveau de la mine de La Croix de Pallières ainsi que de la mine Joseph.

Lors de la période d'exploitation d'après-guerre, les minerais extraits étaient concentrés dans la laverie. Cette laverie a été construite en 1948 près des puits 3 et 3bis. Les stériles étaient alors évacués par voie hydraulique jusqu'à un bassin de décantation (dénommé digue à stériles). Durant la période d'exploitation, la laverie a produit près de 1 million de tonnes de stériles. En effet, entre 1845 et 1971, 80 000 tonnes de zinc et 34 000 tonnes de plomb ont été extraits. L'exploitation maximale a été menée entre 1967 et 1971 (130 600 tonnes de minerais traitées).

Suite à l'arrêt de l'activité minière, tous les bâtiments de la mine ont été démantelés en 1991. L'arrêté préfectoral du 25/01/1999 donne acte de l'arrêt définitif des travaux et de la cessation d'utilisation des installations minières sur les deux concessions de pyrite de fer dites de Valleraube et de Pallières et Gravouillères et prescrit des mesures complémentaires pour la concession de Croix de Pallières concernant exclusivement le dépôt de résidus de laverie (surveillance, maintenance, inscription d'une servitude au registre des hypothèques).

La renonciation a été obtenue en 2004 par Umicore (précédemment la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne puis Union Minière). D'après la base de données BASOL (site BASOL n° 30.0031), cet acte a mis fin à la police des mines, au profit de la police du Maire et sous la responsabilité du propriétaire foncier [16].

La digue à résidus de Vieille Montagne est recensée dans les bases de données BASOL et BASIAS sous le nom « la croix de Pallières ». Les fiches sont présentées en ANNEXE C [16]. La base de données BASIAS répertorie les anciens sites industriels et activités de service. La base de données BASOL répertorie les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. En 2016, la zone d'étude « La croix de Pallières » est classée comme « site nécessitant des investigations complémentaires ».

2.2 Description de l'environnement de l'ouvrage

2.2.1 Environnement naturel

La digue à résidus de la mine de Vieille Montagne se situe dans la partie supérieure du bassin versant de la rivière Aiguesmortes qui s'écoule en direction du nord. Le bassin à résidu se situe néanmoins à proximité de la ligne de partage des eaux avec le bassin versant du Paleyrolle qui s'écoule vers le sud. Toutefois, l'intégralité des eaux des écoulements de surface provenant du bassin à résidus alimentent le bassin d'Aigues-Mortes (figure A2 en ANNEXE A). Le réseau hydrographique est constitué par un réseau dendritique.

Le relief environnant est marqué par la présence d'une multitude de collines aux sommets arrondis, séparées par des vallons étroits. Le couvert végétal est assez développé au niveau de la digue à résidus, avec la présence d'arbustes et de quelques arbres. Selon la base de données CORINE Land Cover, la digue est située dans une zone de forêt de feuillus (code 311).

Concernant le contexte géologique, le site est adossé à une structure en horst active durant la sédimentation liasique, faisant apparaître le socle granitique. Ce horst met en évidence deux zones sédimentaires : à l'ouest un bassin triasique et liasique (de Mialet-Thairas) et à l'est, le bassin languedocien où les séries jurassiques se raccordent par des marches d'effondrements.

La digue est située sur des formations de calcaire indifférencié, datant du Lias.

La minéralisation du gisement de Pallières est de type sulfurée (Pyrite, Blende, Galène) et stratiforme, elle est surtout concentrée dans les dolomies Hettangiennes.

Le secteur présente un système aquifère fracturé de type karstique.

A proximité de la concession de la Croix de Pallières [4], plusieurs sources sont captées pour un usage AEP (Alimentation en Eau Potable), les sources de la Ranque, de Montaud, de la Cannebières, du Moulin d'Arnaud, du Bois de Bourguet, du Moulin de Baron, du Pont de Salindres. Un champ captant est également présent sur la commune de Tornac. La localisation de ces différents ouvrages est présentée dans la Figure 2-1.

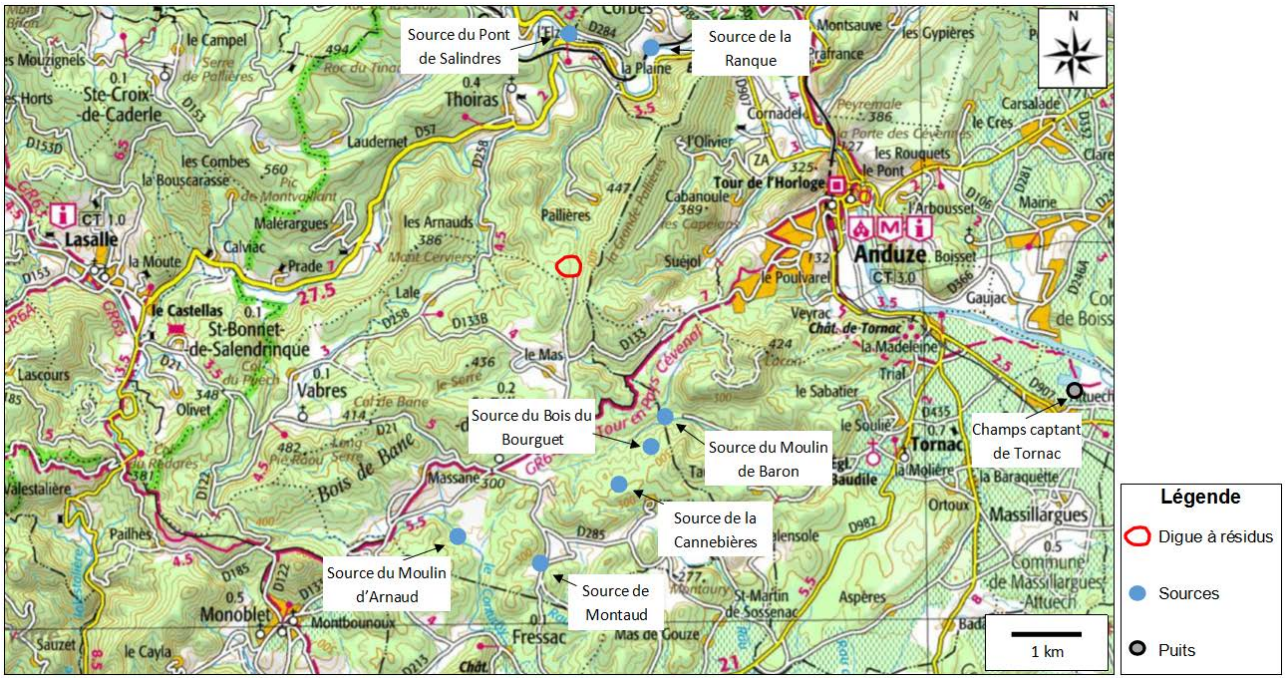


Figure 2-1 : Localisation des sources et des puits pour le captage AEP à proximité de la digue à résidus

2.2.2 Conditions climatiques

Une station de mesure est présente sur la ville de Nîmes, située à environ 40 km au sud-est de la commune de Thoiras. Le tableau suivant (Tableau 2-1) présente les normales mensuelles et annuelles durant la période de 1981 à 2010 à la station météorologique de Nîmes. Les fiches météorologiques complètes sont présentées en ANNEXE B.

Tableau 2-1 : Normales mensuelles et annuelles à la station météorologique de Nîmes (1981-2010) - Source : Météo France [12]

	Température moyenne (°C)	Vitesse du vent moyenné sur 10 min (en km/h)	Hauteur de précipitations moyenne (mm)	Durée moyenne d'ensoleillement (en h)	Evapotranspiration potentielle (en mm)
Janvier	6,8	11,5	64,7	141,6	26,0
Février	7,8	11,5	47,3	166,3	37,5
Mars	10,9	13,0	40,4	222,2	81,2
Avril	13,5	13,3	65,1	229,8	109,2
Mai	17,5	11,9	58,5	262	144,4
Juin	21,7	12,2	40,9	311	176,4
Juillet	24,9	12,6	28,2	341,1	198,1
Aout	24,4	11,9	53,3	301,6	169,0
Septembre	20,3	11,2	96,4	239	105,5
Octobre	16	10,8	119,2	166,6	58,8
Novembre	10,5	11,5	83,1	147,9	30,3
Décembre	7,4	11,5	65,8	134	25,4
Normale annuelle	15,2	11,9	762,9	2663,1	1161,8

Au niveau de la station météorologique de Nîmes, le vent souffle à une moyenne de 3,3 m/s soit 11,9 km/h. Il y a en moyenne 72 jours par an où le vent est supérieur à 60 km/h et 1,1 jour par an où le vent est supérieur à 100 km/h. Une rafale a été mesurée à 118,8 km/h le 19 Janvier 2000.

Dans le Gard, les rafales maximales enregistrées sont présentés dans le Tableau 2-2.

Tableau 2-2: Rafale maximale de vent (en km/h) enregistrée dans le Gard - Source : Météo France [12]

Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
118,8	111,6	108	100,8	93,6	90	93,6	93,6	93,6	100,8	115,2	104,4
19-2000	27-1990	25-1983	10-2005	7-1987	23-1995	6-1993	17-2003	22-1992	3-1988	14-2004	15-1988

Concernant les précipitations, dans le Gard, les records sont présentés dans le Tableau 2-3.

Tableau 2-3: Records de précipitation depuis 1958 (en mm) enregistrée dans le Gard - Source : Météo France [12]

En 6 min	En 15 min	En 30 min	En 1h	En 2h	En 3h	En 6h	En 12h	En 1 j	En 2 j	En 3 j
28	46	77	136	170	210	364	528	543	702	739
7/2013	9/2010	9/2010	9/2010	9/2002	9/2014	9/2002	9/2002	9/2002	2/1964	2/1964

Dans la zone étudiée, le climat est de type méditerranéen. Les normales annuelles de pluviométrie sont de 763 mm sur la station de Nîmes. Les précipitations sont irrégulières et sont parfois très intenses (fortes pluies sur des durées assez courtes), il s'agit d'épisodes dits « cévenols ».

Le climat de la commune de Thoiras est également de type méditerranéen, cependant, les précipitations sont parfois plus nombreuses en raison du relief par rapport à la plaine. L'été le climat se caractérise par des températures élevées et par des phénomènes de sécheresse. L'automne, les précipitations peuvent être intenses, épisodes cévenols.

2.2.3 Zones d'habitations et établissements voisins

La population résidant sur le territoire de la commune de Thoiras se caractérise par un habitat rural dispersé. Le village de Thoiras comptait 441 habitants en 2014.

Le centre-ville de Thoiras se situe à environ 2 km au nord/nord-ouest de la digue à résidus. Plusieurs mas sont situés à environ 1 km de la digue. Il est également à noter la présence d'habitations mobiles en face de la digue à stériles, sur d'anciennes haldes.

Concernant les établissements voisins, les sites BASOL et BASIAS ont été consultés. Dans un rayon de 5 km autour de la digue à résidus, un seul site BASOL a été identifié : il s'agit de la station-service Rollin située sur la commune d'Anduze).

Dans un rayon de 5 km autour de la digue, les sites BASIAS (en activité) suivants ont été recensés :

- usine Mirial située à environ 600 m au nord de la digue (fabrication de produits chimiques de base, de produits azotés et d'engrais, de matières plastiques de base, de caoutchouc synthétique ; production animale) ;
- usine des mines de Pallières situé à environ 1.5 km au sud de la digue (production animale ; extraction d'autres minerais de métaux non ferreux) ;
- sur la commune d'Anduze, deux garages automobiles, une société de sylviculture et d'exploitation forestière, deux stations-services.

Dans ce rayon de 5 km autour de la digue, des installations classées (ICPE) ont également été recensées :

- carrière Leygue Henri (à environ 1,8 km au nord, sur la commune de Thoiras) ;
- carrière André Jean-Paul (à environ 2,2 km au sud-est) ;
- sur la commune d'Anduze, entreprise de BTP (André TP), deux sociétés d'exploitation forestière et une installation de stockage de déchets inertes.

Sur la commune de Thoiras, aucune canalisation de matières dangereuses n'est présente selon le site Géorisques.

2.2.4 Zones naturelles

La digue à résidus est située en zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF type II). Par contre, elle n'est pas située en zones ZNIEFF type I, les premières zones de ce type sont situées à 2-3 km.

La digue est située en bordure de limite du Parc National des Cévennes et dans une zone de réserves de la biosphère. Dans un rayon de 10 km, il n'y a pas de Réserve Naturelle Régionale, ni de Parc Régional.

Concernant les aspects visuels, la digue est aujourd'hui en majeure partie recouverte par la végétation, l'impact visuel est donc faible.

2.2.5 Voies de communication

L'accès à la digue à résidus se fait par le sud depuis la route départementale D133 puis par une route carrossable. L'accès au bassin se fait par le chemin périphérique qui le contourne par l'ouest. Un chemin carrossable traverse également le bassin du sud au nord.

A l'entrée du site, des panneaux indicateurs signalent l'accès interdit et l'entrée dans une propriété privée. L'accès aux véhicules est empêché par des blocs de pierres au niveau de l'entrée de la digue.

D'autres panneaux en périphérie de la digue présentent les indications suivantes : « Ancien site minier, pollution aux métaux lourds, ne pas stationner, ne pas cueillir de végétaux, ne pas s'écarter des sentiers balisés ».

2.2.6 Autres activités à proximité du site

A l'est et à l'ouest de la digue un chemin de randonnée est présent : il s'agit d'une ancienne draille, cartographiée comme chemin de randonnée sur les cartes IGN. La présence de deux Dolmens à 500 et 900 m de la digue est également notifiée sur ces cartes.

Des manifestations festives ont eu lieu en face de la digue à résidus sur des haldes de produits d'extraction. Des habitations mobiles sont également présentes sur ces haldes.

Malgré la présence de panneaux indicateurs signalant l'accès interdit et l'entrée dans une propriété privée et malgré la présence de blocs rocheux à l'entrée du chemin d'accès de la digue, des traces de véhicules avait été observées sur le plateau lors d'une visite de site en 2016. Une piste de trial était également aménagée (végétation coupé et présence de cônes de signalisation). Des cartouches de chasse avaient été par ailleurs observées.

Lors des visites de 2017, aucune trace de véhicule n'a été observée au niveau du plateau sommital. La digue est cependant fréquentée par des piétons (loisir ou activité de chasse).

2.3 Description de l'ouvrage

2.3.1 Morphologie du bassin à résidu et de la digue

Les stériles de la laverie ont été stockés sous forme de bassin, au sein d'une légère dépression naturelle à partir de 1949. Le bassin à résidus est limité à l'est, au sud et au nord par une digue construite à partir de l'accumulation progressive de résidus de fraction grossière. Le bassin de décantation (plateau sommital) se situe en arrière de la digue et s'appuie en partie ouest directement contre les contreforts du relief.

La digue s'étend aujourd'hui sur une superficie d'environ 3,5 ha et est constituée par des matériaux calcaires et dolomitiques de granulométries très fines, comprises entre 0 et 200 µm. Environ 900 000 t de stériles ont été stockés au niveau de cette digue selon le rapport Union Minière et Bugeco de 1998 [1]. Suite aux modélisations réalisées en 2017 par Golder (cf. rapport Golder n°1771901-R02-V0), le volume de résidus est estimé entre 300 000 et 350 000 m^3.

Le principe de constitution de la digue est illustré sur le schéma suivant (Figure 2-2). Un cyclone placé en tête de digue permettait de séparer les éléments grossiers en sous verse des éléments fins en surverse. Les fines se décantaient dans le bassin ainsi constitué derrière la masse des grossiers qui formaient barrage. Les eaux clarifiées se déversaient, à l'extrémité du bassin, dans une tuyauterie passant sous la digue avant de rejoindre l'Aigues mortes. Le cyclone et la bouche d'exhaure étaient progressivement relevés en fonction de l'élaboration du dépôt. La digue a été construite selon la méthode « amont ».

Les photographies historiques (figures A3 à A9 [11 - 15] en ANNEXE A) permettent de mettre en évidence l'évolution du site avec notamment la progradation des résidus vers l'ouest contre le relief de la vallée.

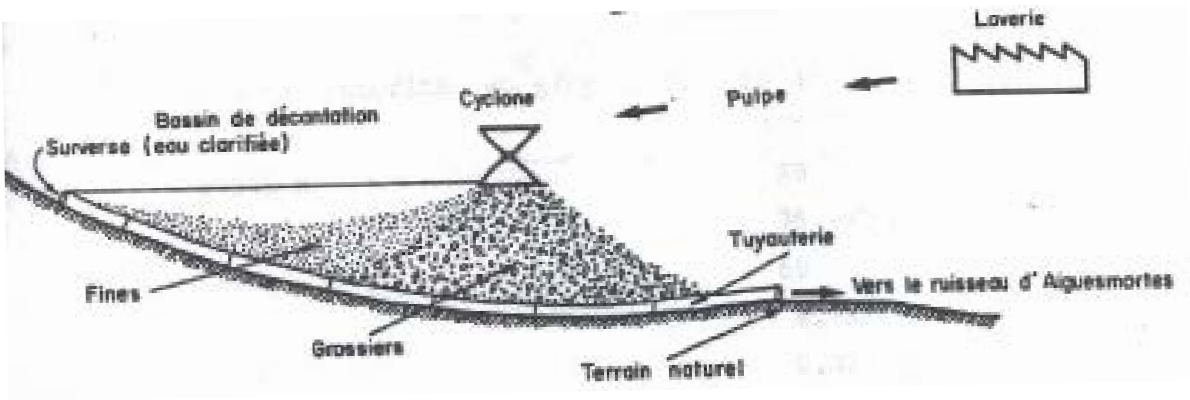


Figure 2-2 : Principe de la digue à résidus

La canalisation de surverse présente sous la digue à résidus permet aujourd'hui le drainage des eaux météoriques tombant sur la plateforme sommitale du bassin à résidus. L'entrée est située à proximité immédiate du relief dans la zone de décantation la plus éloignée de la digue.

En Octobre 2011, une inspection caméra de la canalisation de surverse a été réalisée [9]. La canalisation mesure approximativement 220 m de long, 207 m ont été inspectés depuis l'entrée. La vidéo permet de mettre en évidence la présence d'eau à partir de 125 m depuis l'entrée de la canalisation. Des fissures sont également visibles sur une large section, avec des traces d'infiltration d'eau régulières. Ces infiltrations d'eau dans la canalisation de surverse expliquent donc le très faible débit (goutte à goutte) observé en sortie de canalisation lors des épisodes de sécheresse.

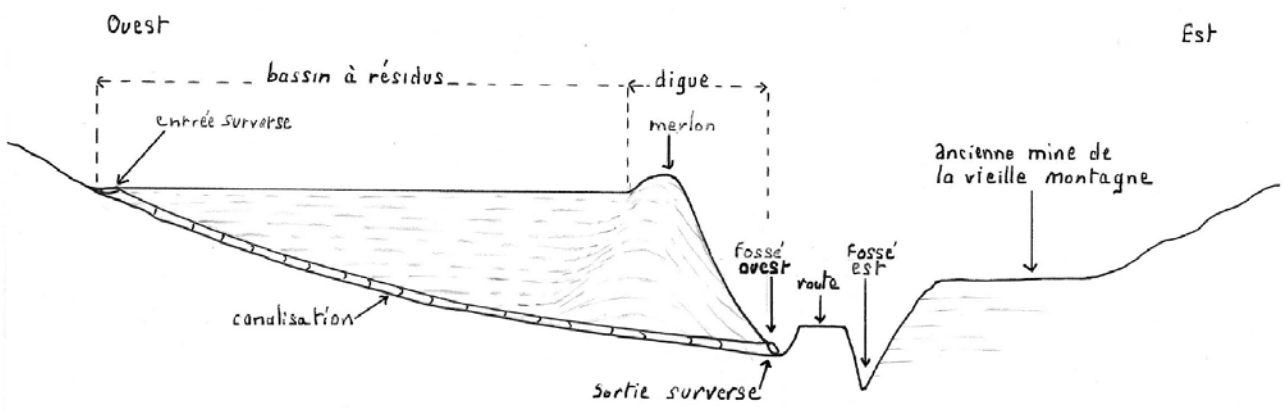


Figure 2-3 : Coupe schématique Ouest - Est du bassin à résidus et ses environs : la sortie de la canalisation de surverse se situe dans le fossé bordier nord du bassin (sans échelle)

La partie sommitale du bassin est constituée par un plateau présentant une légère pente vers l'ouest (0,2°), délimitée à l'est par un merlon subcirculaire qui matérialise le sommet de la digue. Malgré la présence de la surverse, cette surélévation favorise le développement d'une zone d'accumulation des eaux de ruissellement lors de fortes pluies.

Les talus présentent des pentes variables pouvant atteindre fréquemment une pente de 25° au niveau des zones les plus inclinées (talus frontal, talus nord).

Le plateau sommital de la digue est situé à une altitude moyenne de 348 m. Au niveau de la sortie de la surverse l'altitude est de 323 m, ce qui fait une hauteur d'environ 25 m par rapport au niveau de l'ancien fond de la vallée. Un levé topographique de la zone a été réalisé en 2017, les plans sont présentés sur les figures A10 à A12 de l'ANNEXE A.

Pour les besoins de l'étude, la digue a été subdivisée en cinq zones distinctes :

- Les flancs nord et sud de la digue ;
- La zone frontale de la digue ;
- Le plateau sommital ;
- Le versant extérieur nord ;
- Le versant extérieur sud.

Ces zones sont représentées sur la figure A13 de l'ANNEXE A.

2.3.2 Travaux réalisés

En 1994, un piézomètre a été foré au niveau du front de la digue (là où l'épaisseur de résidus est la plus importante). Le piézomètre est implanté à 26 m de profondeur, le terrain naturel a quant à lui été atteint à 23,5 m de profondeur.

Suite à l'arrêt de l'activité minière, des travaux ont été réalisés afin d'éliminer les risques de nuisances générées par le site et plus particulièrement par la digue à résidus. Pour mettre un terme aux risques de dispersion des résidus, des travaux ont été engagés entre 1995 et 1996 au niveau de la digue à résidus de l'ancienne mine de Vielle Montagne.

La première phase de travaux a débuté en 1995, et a consisté en la réalisation des actions suivantes :

- Création d'une tranchée drainante autour de la digue (580 m de long) ;

- Enrochement en pied de digue (coté est) ;
- Création d'une voie de circulation à l'ouest pour dévier la circulation des véhicules qui empruntaient le site ;
- Reprofilage du plateau de la digue pour amener les eaux vers la buse d'évacuation (canalisation de la surverse) ;
- Couverture avec de la terre argileuse sur une épaisseur de 30 à 50 cm ;
- Plantation d'arbres sur une partie du plateau et sur les talus ;
- Ensemencement général de la digue avec des graminées ;
- Aménagement d'une piste pour le « club cévenol d'aéromodélisme ».

Suite à un hiver 1995-1996 exceptionnellement pluvieux (400 mm de pluie en 6h le 4 octobre), d'importantes ravines se sont formées sur les talus. Ces conditions climatiques ont également pénalisé l'implantation de la végétation. Ainsi, une deuxième phase de travaux a été réalisée en 1996. Les travaux entrepris ont été les suivants:

- Nouvel apport de terre afin de combler les ravines ;
- Pose d'un tapis biodégradable pré-ensemencé sur tous les flancs de la digue ;
- Plantation d'arbres ;
- Fascinage d'une partie des flancs nord et sud.

Ces travaux d'aménagements avaient pour objectif d'enrayer l'érosion et de confiner les résidus. Une photographie aérienne prise à cette période (1996) (Figure A8, ANNEXE A) permet notamment de mettre en évidence l'emplacement du tapis biodégradable, les enrochements en pied de digue ainsi que les plantations d'arbres entreprises au niveau du plateau sommital.

Un procès-verbal de récolement a été émis par la DRIRE le 22 juin 1999, attestant de la bonne réalisation de ces travaux.

Suite aux travaux d'aménagement de 1995 et 1996, le niveau de l'eau dans la digue a baissé, jusqu'à atteindre le niveau du terrain naturel. En effet, avant les travaux, le niveau de l'eau dans le forage piézométrique était situé 5 m au-dessus du terrain naturel. A la suite des travaux, ce niveau était descendu à environ 15 cm au-dessus du terrain naturel (même en période d'orage), gage de l'efficacité des aménagements [1].

Suite à une visite de la DREAL sur site, des travaux de maintenance ponctuels ont été à nouveau engagés en 2011 :

- Reconstitution du confinement par apport ponctuel de terre végétale des aires de bauge des sangliers ;
- Reconstitution de la revanche le long de la crête de la digue ;
- Inspection caméra de la canalisation de surverse ;
- Mise en place d'enrochement à l'entrée du plateau sommital du bassin pour limiter la pénétration de véhicule ;
- Réfection du fossé nord.

En 2016 et 2017, de nouveaux apports de terre ont été réalisés à différents endroits au niveau du plateau sommital :

- Sur le chemin présent sur le bassin et ses alentours ;

- Dans la partie nord-ouest du bassin, à proximité du relief ;
- Au niveau de la prise de la canalisation de surverse. Le recouvrement de la zone s'est accompagné de la pose d'empierrements destinés à prévenir tout risque d'érosion par les écoulements de surface ;
- Au niveau des points investigués en 2017 (sondages à la pelle mécanique, nouveaux piézomètres).

Des apports de terre ont également été réalisés au nord-ouest de la digue où des résidus affleuraient.

En 2017, ces zones ont été ensemencées.

2.3.3 Recouvrement actuel du bassin

- **Plateau sommital**

Les résidus de laverie constituant le dépôt sont recouverts par une enveloppe de confinement initialement constituée par environ 30 cm de terre végétale. Cette fonction de confinement vise à éviter les envols de poussières de résidus qui présentent une granulométrie très fine et à écarter le risque de transfert de substances contaminantes dans les eaux de ruissellement et le transport de sédiments.

Lors des investigations de terrain et des visites de site réalisées en 2016 et 2017, les épaisseurs de recouvrement semblaient irrégulières et localement insuffisantes (10 à 15 cm d'épaisseur) pour assurer un confinement efficace des sédiments sous-jacents à long terme. De plus, des affleurements de résidus ponctuels ont été observés sur certaines zones. Ces zones affleurantes de résidus sont parfois utilisées comme bauges par les sangliers.

Des résidus affleurent également ponctuellement au niveau du plateau sommital suite à la présence d'animaux fouisseurs sur la digue.

Le plateau sommital du bassin est essentiellement recouvert par des graminées et des arbustes, ainsi que par quelques résineux. Certaines zones restent cependant peu végétalisée en raison du manque de terre, ou de l'affleurement de résidus minier.

Le plateau sommital représente une superficie d'environ 2 ha. Il est bordé dans sa moitié sud/est par un merlon d'une hauteur moyenne de 0,70m. Ce merlon s'étend le long de la crête de la digue, depuis l'entrée sud du plateau jusqu'au piézomètre existant. Ce merlon se prolonge ensuite en s'amenuisant vers le nord au niveau du chemin bordier qui suit la crête de la digue.

Le chemin de crête de la digue a fait l'objet d'un reprofilage par apport de terre végétale en 2016 et 2017. Il se situe aujourd'hui en légère surélévation (environ 0,30m) par rapport au niveau du plateau sommital.

- **Zone frontale de la digue**

La zone frontale de la digue représente une superficie d'un peu moins de un hectare (0,9 ha).

La végétalisation au niveau de la zone frontale de la digue est d'avantage avancée que sur le plateau sommital, avec le développement de nombreux résineux de taille adulte. La moitié supérieure de la zone frontale présente cependant plus de zones enherbées que la moitié inférieure (végétation arbustive et arboricole).

Quelques zones ponctuelles d'affleurement de résidus ont également été observées. Ces zones correspondent généralement à l'affleurement de résidus au niveau du système racinaires des arbres (érosion).

- **Flancs nord et sud de la digue**

Les flancs nord et sud de la digue représentent une superficie d'environ 0,7 ha.

Au niveau des flancs nord et sud de la digue, des fascines en bois ont été installées en 1996 afin de stabiliser les pentes. Ces fascines sont toujours visibles en 2017 mais elles sont dans un état dégradé qui peut compromettre à terme la tenue de la couche de terre végétale confinant actuellement les résidus.

Des zones d'érosion (ravinement) avec affleurement de résidus ont également été observées.

La localisation de l'ensemble des observations réalisé est présentée en figure A14 de l'ANNEXE A.

2.3.4 Abords du bassin

Lors des travaux de réaménagement engagés en 1995, des fossés drainants ont été creusés le long des limites nord et sud du bassin à résidus. Suite à une très forte érosion due aux forts épisodes pluvieux, le fossé nord est renforcé en 1996 avec des enrochements qui maintiennent le flanc nord du bassin. Ces enrochements se poursuivent en pied de talus de la digue (à l'est, le long de la route d'accès longeant l'Aiguesmortes). Ces enrochements n'existent pas dans le fossé bordier au sud du bassin.

En partie nord, le fossé est surmonté par des enrochements mesurant environ 2,5 m de hauteur. Ces enrochements ne semblent pas avoir subi de déformation depuis leur mise en place.

A l'est de la digue, au niveau du pied du talus, les enrochements mesurent entre 0,8 et 1,2 m de hauteur. Ces derniers ne semblent pas avoir subi de déformation depuis leur mise en place.

En partie ouest, le bassin est directement adossé au relief naturel : aucun fossé drainant n'est observé le long de cette bordure. Cependant, un fossé a été creusé à l'extérieur de l'emprise de la digue lors des travaux réalisés en 1995/1996. Ce fossé permet de drainer les eaux météoriques provenant des terrains naturels situés en amont de la digue. En partie nord-ouest, le fond du fossé est au même niveau topographique que le plateau sommital du bassin. Le fond du fossé se surélève par rapport au niveau topographique de la digue à mesure que l'on progresse vers le sud.

- **Versant extérieur nord de la digue**

Des résidus miniers à granulométrie fine et homogène (sables argileux) affleurent sur le flanc extérieur du fossé drainant qui longe le bassin à résidus au nord. En 2008, des analyses ont été réalisées par Geoderis [3], révélant des teneurs élevées en plomb et en zinc (respectivement 3100 ppm et 6800 ppm). Ces résultats indiquent que des résidus miniers s'observent en dehors du secteur d'emprise de la digue.

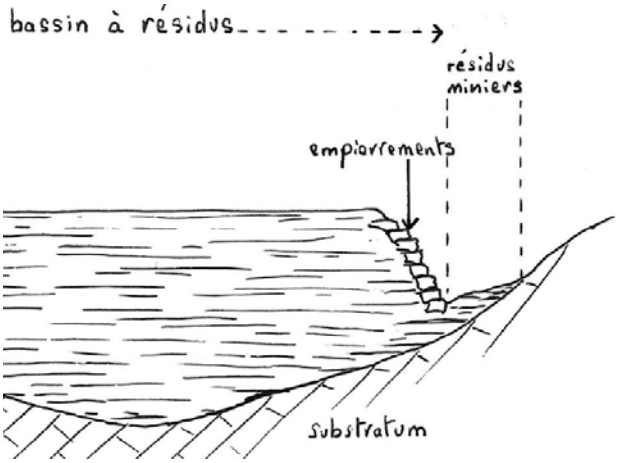


Figure 2-4 : Coupe schématique du bassin à résidu : configuration des nappages de résidus sur le relief à l'extérieur du bassin à résidus (sans échelle)

Versant extérieur sud de la digue

Au niveau du versant extérieur sud de la digue, l'affleurement de résidus est moins important qu'au niveau du versant extérieur nord. Cependant, quelques résidus affleurant ont été observés lors des visites de site de 2017. Une zone d'érosion a également été observée sur le versant extérieur de la digue.

La localisation de l'ensemble des observations réalisées est présentée en figure A14 de l'ANNEXE A.

2.3.5 Caractéristiques des matériaux constituants la digue

En 2017, des investigations ont été réalisées au niveau du plateau sommital pour caractériser les matériaux constituant la digue à résidus :

- Onze sondages à la pelle mécanique à 4 m de profondeur maximum, avec prise d'échantillons pour caractérisation géotechnique des matériaux (teneur en eau, limite d'Atterberg, granulométrie, essai œdométrique, essai de cisaillement). Des coupes litho-stratigraphiques ont également pu être réalisées.
- Deux sondages CPT et huit sondages CPTu pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des résidus dans le bassin. Les CPTu ont complété ces informations avec des mesures de la pression interstitielle et de la perméabilité ;
- Trois piézomètres pour vérifier la présence d'eau : deux piézomètres forés à la tarière mécanique et un piézomètre foré au carottier (prise de trois échantillons pour caractérisation géotechnique des matériaux : granulométrie, sédimentométrie, teneur en eau, limite d'Atterberg, essai cisaillement, perméabilité à l'œdomètre).

Ces investigations ont permis de mettre en évidence un zonage latéral des résidus, avec une prédominance de sables fins silteux vers le front de la digue et une diminution de la granulométrie vers le fond du bassin de décantation (silts et argiles). Les résultats des sondages CPT/CPTU présentent de fréquentes variations verticales de résistance et de frottement, révélant une stratification importante et une lithologie hétérogène au sein des résidus (stratifications également visible sur les photographies aérienne historique). Les piézomètres réalisés révèlent localement la présence d'eau dans les résidus et plus particulièrement à la base du dépôt. Des essais de pompage et d'injection ont également été réalisés, ils révèlent de faible perméabilité de l'ordre de 10^{-8} m²/s.

Les résultats détaillés de ces investigations / analyses ainsi que leurs localisations sont présentés dans le rapport Golder n°1771901-R02-V0 (ANNEXE E). Ces résultats ont permis de développer le modèle géométrique théorique de la digue utilisé pour l'étude de stabilité, le bilan hydrologique et le dimensionnement de la couverture de confinement.

2.4 Situation environnementale

A partir de 1948, une laverie a été installée afin de concentrer par flottation les sulfures (galène, blende et pyrite). Le minerai provenait d'une part du gisement de Pallières et d'autre part de la mine de Durfort. Durant la période de fonctionnement de la laverie, les réactifs suivants étaient utilisés : sulfate de zinc, sulfure de sodium, cyanure de sodium, chaux, sulfate de cuivre, ethylxanthate de potassium, amylxanthate de potassium et de l'huile de pin. Depuis l'arrêt de l'exploitation, ces réactifs ne sont plus utilisés ni stockés sur le site.

En 2016, Golder [8] a réalisé deux campagnes de prélèvement des eaux superficielles et des sédiments au niveau du bassin à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne et ses environs afin de caractériser la qualité des eaux de ruissellement et des sédiments issus du bassin et des formations avoisinantes (figure A15 et A16). Les prélèvements ont été réalisés après des épisodes pluvieux d'intensité différente : le premier prélèvement après un épisode d'intensité faible (10 mm durant la semaine précédant les prélèvements), le second après un épisode d'intensité forte (67 mm durant les 48 h précédant les prélèvements).

La localisation des points de prélèvement est présenté sur les figures A15 et A16 (ANNEXE A) pour les eaux superficielles. Pour les sédiments, la localisation des points de prélèvement est similaire.

2.4.1 Qualité des eaux de surface

Localisation des prélèvements

Des prélèvements d'eau de surface ont été réalisés les 18 et 29 février 2016 au niveau des points suivants :

- Sur la digue : au niveau de l'entrée de la canalisation de surverse ;
- En pied de digue
  - En sortie de la canalisation de surverse ;
  - Dans le fossé localisé au pied de la digue (ESURF-FOSSE-EST-digue). Ce fossé récupère les eaux de ruissellement provenant à la fois du talus frontal de la digue, mais aussi une partie des eaux de ruissellement provenant du bassin versant situé en amont de la digue, depuis la ligne de partage des eaux entre les bassins de l'Aiguesmortes et du Paleyrolle ;
- Dans le fossé localisé au pied de la halde du puits n°3 situé en face de la digue (ESURF-FOSSE-EST-halde). Ce fossé est alimenté à la fois par les eaux d'exhaure des anciennes galeries minières situées dans le flanc est de la vallée, et par les eaux de ruissellement après des épisodes pluvieux.

Ces deux fossés sont séparés par le chemin carrossable qui longe la digue à l'ouest et le carreau de la mine de Vielle Montagne à l'est (voir Figure 2-3).

- En aval de la digue
  - Dans le ruisseau à 180 m (aval 01) de la limite nord-est de la digue ;
  - Dans le ruisseau à 1,2 km (aval Aigues) de la limite nord-est de la digue.

Les eaux prélevées en aval de la digue constituent un mélange des eaux des fossés du pied de la digue et du pied de la halde.

Programme analytique

Les eaux de surfaces ont fait l'objet des analyses suivantes :

- pH ;
- Matières en suspension (MES) ;
- Métaux totaux : chrome, nickel, cuivre, zinc, arsenic, cadmium, antimoine, plomb, mercure, fer
- Autres paramètres :
  - Sulfates ;
  - Cyanures aisément libérables et cyanures totaux ;
  - Carbone organique total.

Critères de références

L'évaluation de la qualité des eaux de surface analysées s'est basée sur les critères de référence établis par l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de la qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code, et dans l'ordre de priorité suivant :en fonction de l'existence de critères existants :

- Annexe I : limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine ;

- Annexe II : limites de qualité des eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ;
- Annexe III : limites de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Résultats sur les eaux de surface

Les résultats montrent des concentrations toutes inférieures aux critères de référence au niveau de l'entrée de la canalisation de surverse. En sortie de canalisation, les résultats d'analyse montrent en revanche des concentrations supérieures aux critères de références en zinc et cadmium pour la première campagne de prélèvement et des concentrations nettement diminuées inférieures au groupe A1 de l'annexe III pour la deuxième campagne. Les concentrations significatives en zinc et cadmium mesurées lors de la première campagne de prélèvement mettent en évidence la présence d'infiltration d'eau dans la canalisation de surverse depuis l'eau contenue dans les résidus (pas de concentration significative observée dans les eaux en entrée de canalisation).

Les eaux du fossé en pied de digue présentent des concentrations supérieures aux critères de référence en zinc, cadmium et plomb pour un pH d'environ 7,3.

Les eaux du fossé au pied de la halde présentent des concentrations plus élevées que le fossé en pied de digue, notamment pour le plomb, et des pH plus acide de l'ordre de 3,3. Cette différence de pH démontre bien des origines différentes de ces deux eaux.

Les prélèvements réalisés en aval montrent une diminution de la concentration jusqu'à une absence de détection des métaux analysés à 1,2 km en aval de la digue.

Lors de la seconde campagne d'échantillonnage, les eaux en sortie de la canalisation de surverse ne présentent pas de concentrations supérieures aux critères de référence en éléments analysés, alors que les eaux du fossé en pied de digue et surtout les eaux en pied de halde présentent des concentrations significatives en zinc, cadmium et surtout en plomb. Ces concentrations se retrouvent nettement diminuées en aval immédiat de la digue (ESURF-AVAL-01), et ne sont plus détectées en aval éloigné (ESURF-AVAL-AIGUES). Ces observations montrent que :

- L'impact de l'Aiguesmortes par les eaux de ruissellement provenant de la digue reste nettement minoritaire par rapport à celle provenant du fossé situé au pied de la halde ;
- L'impact de l'Aiguesmortes par les eaux de ruissellement provenant de la digue, de la halde et des zones situées en amont se dissipe rapidement en raison d'une dilution et n'est plus détecté à 1,2km en aval de la digue.

2.4.2 Qualité des sédiments

Des prélèvements de sédiment ont été réalisés simultanément aux prélèvements des eaux superficielles.

Le programme analytique est similaire à celui des eaux de surface.

Critères de références

L'évaluation de la qualité des sédiments analysés s'est basée sur les critères suivants :

- Les valeurs de bruit de fond géochimique local identifiées dans l'étude d'IEM [7] ;
- Programme ASPITET : teneurs totales en éléments traces dans les sols de France :
  - gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires ;
  - gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées ;

- gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles.

Résultats sur les sédiments

La quasi-totalité des sédiments prélevés présente des concentrations en cuivre, zinc, arsenic, cadmium, mercure et plomb supérieures aux critères de référence ASPITET établis pour les valeurs de fond géochimique national ou les valeurs maximales des anomalies naturelles fortes. Il est cependant à noter que, à l'exception du cuivre dont la teneur est supérieure au bruit de fond régional mais inférieure aux valeurs d'anomalie naturelle modérée, le point de prélèvement situé à 1,2 km en aval de la digue présente des concentrations dans les sédiments toutes inférieures au bruit de fond local dans les sols mesuré lors de l'IEM réalisée par ICF [7]. L'impact des sédiments provenant de la digue sur la qualité des sédiments prélevés en aval n'est par conséquent pas quantifiable.

3.0 ACTIVITES DE SURVEILLANCE DE LA DIGUE

Le site n'est plus en activité depuis plus de 40 ans. Les informations historiques disponibles sur les dispositifs de surveillance de la digue lors de son activité ne sont pas connues.

Cette partie ne retrace que les informations concernant les actions engagées pour assurer la surveillance de l'ouvrage depuis l'arrêt définitif des travaux en 1999.

Lors de ce décret, une obligation de surveillance et d'entretien du site a été faite à la société concessionnaire pour une durée de cinq ans. Un contrat de surveillance et d'entretien a été souscrit par Umicore auprès de la société TM34 jusqu'en 2004.

Afin de vérifier l'état de la canalisation de surverse, une inspection caméra a été réalisée en 2011 [9].

La surveillance régulière de la digue a repris depuis 2012 et se poursuit jusqu'à ce jour. Elle consiste en des visites au minimum trimestrielles permettant d'observer l'évolution de l'état général de l'ouvrage et de ses environs. Cependant, aucun dispositif de surveillance automatique n'est actuellement mis en place sur l'ouvrage. L'ouvrage fait l'objet d'un contrôle visuel, aucun inclinomètre n'est installé sur la digue.

En 2016, Golder est intervenu sur site à deux reprises afin de réaliser des prélèvements d'eau superficielle et de sédiment. En 2017, Golder est intervenu à plusieurs reprises pour réaliser des investigations complémentaires sur le site (sondages à la pelle mécanique, sondages CPT/CPTU, essais de pompage et d'injection et visite du site). Trois piézomètres ont également été implantés au niveau du plateau sommital afin de mettre en évidence ou non la présence d'eau dans les résidus.

4.0 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

Un potentiel de danger est un système (naturel ou créé par l'homme) comportant un (ou plusieurs) danger(s). On entend par « danger » une propriété intrinsèque (énergie potentielle, toxicité, explosibilité, inflammabilité…) à un système technique (retenue d'eau, élévation d'une charge, mise sous pression d'un liquide ou d'un gaz...), à une substance (matières constituant des sédiments, polluants...), etc., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ».

Cette étude prend en compte l'ensemble des potentiels de dangers des différents composants de la digue, du fait de leur présence ou de leur fonctionnement. Les potentiels de dangers ont été classés selon deux grands domaines, le domaine géotechnique et le domaine environnemental. Les potentiels de dangers sont :

- une instabilité de l'ensemble ou d'une partie de la digue ou une instabilité du plateau sommital (disfonctionnement de la canalisation de surverse). Ces instabilités peuvent provenir du fait de la présence d'eau, de la hausse du niveau de la nappe, des caractéristiques mécaniques des résidus, de l'hétérogénéité des matériaux mais aussi de l'obstruction ou de l'affaissement de la canalisation de surverse ;
- des phénomènes d'érosion au niveau des flancs, de la zone frontale et du plateau sommital de la digue. Ces phénomènes d'érosion peuvent être liés à des fortes pluies mais aussi à la dégradation des systèmes existant de stabilisations des pentes (fascines) ;
- le transport de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus et déclenché par des vents forts associés à la sécheresse ;
- aux émissions de poussières liées à l'affleurement ponctuel de résidus et à la présence humaine ou animale sur ces affleurements en saison sèche ;
- la contamination des eaux superficielles en aval par les eaux de résurgence en pied de digue lors de précipitation ;
- la contamination des eaux superficielles de contact liée à des précipitations (phénomène de ruissellement sur des zones affleurantes de résidus) ;
- la contamination de l'environnement par le transport de sédiments liée à l'affleurement ponctuel de résidus lors de forts épisodes pluvieux.

5.0 CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS

L'étude des risques liés aux aléas naturels intègre une caractérisation de l'ampleur des phénomènes et de leur incidence potentielle sur l'ouvrage. Chacun des aléas est en mesure de se manifester selon différents scénarios. Chaque scénario est associé à une probabilité d'occurrence (ou à une période de retour exprimée en années). Pour tous les aléas à considérer, l'ampleur d'un scénario est inversement proportionnelle à sa probabilité d'occurrence : plus l'ampleur du scénario adverse est importante, et moins l'évènement est fréquent.

5.1 Conditions climatiques

L'occurrence des conditions climatiques extrêmes (basses et hautes températures, pluies intenses, vents forts) constitue une agression externe possible à retenir dans le cadre de cette étude. En effet, la digue à résidus de Saint Felix de Pallières est située dans une zone caractérisée par un climat de type méditerranéen. De plus, les précipitations y sont irrégulières et sont parfois très intenses (fortes pluies sur des durées assez courtes), connues sous le nom d'épisodes « cévenols » qui ont lieu principalement à l'automne. L'été les températures sont élevées, les phénomènes de sécheresse sont assez fréquents.

5.1.1 Précipitation

Afin de justifier la probabilité d'occurrence de danger lié aux précipitations, des données sur les périodes de retour ont été collectées. Ces données sont disponibles sur la commune de Générargues, commune la plus proche de la digue pour laquelle des données sont disponibles auprès de Météo France. Cette commune est située à 5 km au nord-est de la digue.

Les durées de retour de fortes précipitations ont été collectées sur une période allant de 1999 à 2014 pour des épisodes d'une heure et de vingt-quatre heures. Ces durées de retour prennent également en compte les données de 3 autres stations situées à proximité de Saint Jean du Gard, Cardet et Deaux : méthode GEV Locale-Régionale. Les fiches sont présentées en ANNEXE B.

Tableau 5-1: Statistiques sur la période 1999 - 2014 sur la commune de Générargues, selon la méthode GEV Locale-Régionale - Durée de retour de fortes précipitations (données Météo France, [12])

Durée de retour	Hauteur estimée (mm) - épisode de 1 h	Hauteur estimée (mm) - épisode de 24 h
5 ans	64,7	221,2
10 ans	82,4	280,5
20 ans	102,9	350,0
30 ans	116,5	396,6
50 ans	135,8	462,7
75 ans	152,9	522,0
100 ans	166,2	568,1

Concernant les inondations, la commune de Thoiras est recensée dans un atlas des zones inondables. Un risque de crue torrentielle ou un risque de montée rapide de cours d'eau est présent. La commune est soumise à un PPRN inondation (Plan de Prévention des Risques Naturels inondation).

La digue de Saint Felix de Pallières est située en partie supérieure du bassin versant de la rivière Aiguesmortes. La digue est de plus située à proximité de la ligne de partage des eaux (localisé environ 500m au sud) avec le bassin versant du Paleyrolle. Ainsi l'aléa inondation peut être considéré comme nul au niveau de la digue.

5.1.2 Foudre

Concernant la foudre, dans le Gard le niveau kéraunique (Nk) est de 36 (nombre de jour par an où l'on entend le tonnerre) et la densité de foudroiement moyenne est de 2,6 (nombre d'impact de foudre par an et par km²). Statistiquement, la commune de Thoiras est plus exposée aux manifestations orageuses que la moyenne nationale (Nk est égal à 20 à l'échelle nationale).

Cependant, il n'y a aucune installation électrique présente sur le site, le risque est donc mineur. La foudre peut néanmoins potentiellement engendrer un incendie avec pour conséquence éventuelle la dégradation de certaines infrastructures actuelles de maintien des terres de confinement (fascines) et donc engendrer par la suite une dégradation du confinement.

5.1.3 Vent

Pour le vent des données sont disponibles à la station météorologique de Nimes-Courbessac située à 40 km de la zone d'étude [12], le vent est en moyenne de 3,3 m/s (soit environ 12 km/h).

En cas d'affleurement des résidus, le vent (associé à une période de sécheresse) peut entrainer des émissions de poussière. Il est à noter que la végétation actuelle qui couvre partiellement la digue limite les effets d'éventuelle dispersion de poussières.

De fortes rafales de vent peuvent également engendrer des chutes de branche ou d'arbre qui peuvent créer des embâcles dans les fossés de drainage mais aussi venir boucher la canalisation de surverse.

5.2 Séismes

Depuis 2010 (décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010), la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant la France en cinq zones de sismicité croissante (1 très faible - 2 faible - 3 modéré - 4 moyen - 5 fort).

La commune de Thoiras est située en zone de sismicité 2, faible.

Un séisme pourrait provoquer une rupture de la digue à résidus, cependant, vu que le site est classé en zone de sismicité faible, les séismes ne sont pas considérés comme un aléa naturel majeur.

5.3 Mouvement de terrain, hors séisme

La commune de Thoiras n'est pas soumise à un PPRN mouvement de terrain.

Autour du site, 19 mouvements de terrain ont été recensés et ont été localisés sur la Figure 5-1 suivante.

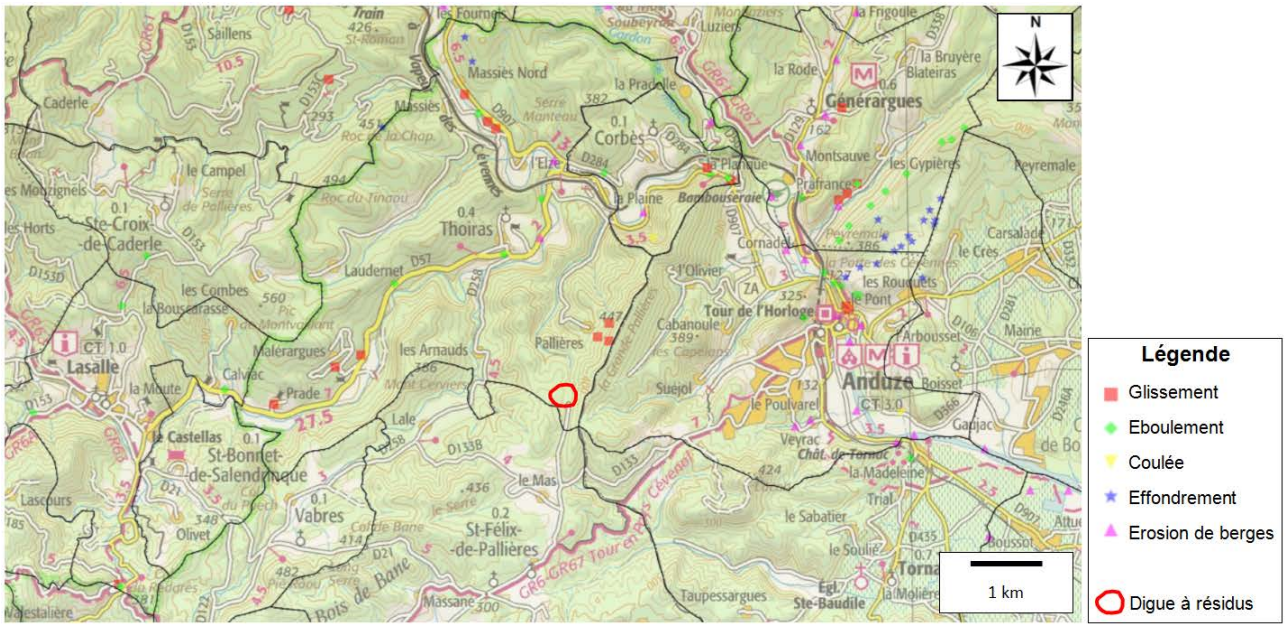


Figure 5-1 : Localisation des mouvements de terrain recensés (source : Géorisques)

Les mouvements de terrain sont une problématique majeure sur la digue à résidus de l'ancienne mine de vieille montagne. Cet aléa est discuté dans les autres chapitres de ce document.

5.4 Argile gonflante

Concernant le risque de retrait-gonflement des argiles, l'aléa est nul à faible sur la commune de Thoiras. Aucune formation contenant des argiles gonflantes n'est répertoriée dans la zone de la digue de Saint Félix de Pallières.

5.5 Avalanche

Concernant le risque d'avalanche, l'aléa est nul sur la commune de Thoiras.

5.6 Feu de forêt

Selon le site georisques.gouv.fr qui recense les risques par commune, la commune de Thoiras est également soumise au risque feu de forêt.

Suite à un incendie (acte malveillant ou naturel), une dégradation du confinement pourrait être observée.

Sur la commune de Thoiras, 8 arrêtés de catastrophes naturelles ont été recensés entre 1982 et 2014 [13] (Tableau 5-2).

Tableau 5-2: Arrêtés de catastrophes naturelles [13]

Date début	Date fin	Risque	Date arrêté	Date JO
19/10/1994	21/10/1994	Inondations et coulées de boue	03/03/1995	17/03/1995
03/11/1994	07/11/1994		26/11/1994	25/11/1994
03/10/1995	06/10/1995		26/12/1995	07/01/1994
08/09/2002	10/09/2002		19/09/2002	20/09/2002
22/10/2008	22/10/2008		13/03/2009	18/03/2009
17/09/2014	20/09/2014		26/09/2014	27/09/2014
21/10/2008	10/02/2009	Mouvement de terrain	25/06/2009	01/07/2009
06/11/1982	10/11/1982	Tempête	18/11/1982	19/11/1982

Pour la digue à résidus, le principal aléa naturel est lié aux conditions climatiques. En effet des évènements climatiques pourraient provoquer une évolution morphologique de la digue. Un fort épisode pluvieux peut ainsi engendrer une dégradation des caractéristiques mécaniques du terrain et donc des phénomènes d'érosion du plateau, mais aussi de la digue ou encore une instabilité de la digue par une accumulation d'eau dans la partie sommitale.

Dans le cas où les résidus seraient mal confinés, le vent peut également jouer un rôle non négligeable, notamment par rapport aux envols de poussières.

6.0 ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE

6.1 Etude accidentologique de la digue

Que ce soit durant la période d'exploitation de la mine ou depuis sa fermeture, aucun événement concernant des accidents ou des instabilités notables de la digue n'est à ce jour recensé.

Cependant, entre l'arrêt de l'exploitation de la mine et les travaux d'aménagement initiés en 1994, le rapport de l'Union Minière et Bugeco [1] établi en 1998 mentionne l'apparition de traces d'érosion d'origine éolienne et hydraulique ou liée aux passages répétés de véhicules (moto, 4x4).

Pour pallier à ces différents désordres, des travaux d'aménagement ont été réalisés sur la digue à partir de 1994. Ces travaux ont consistés à un recouvrement du bassin par de la terre végétale. Suite à un hiver 1995-1996 exceptionnellement pluvieux (400 mm de pluie en 6h le 4 octobre), d'importantes ravines se sont formées sur les talus et des phénomènes d'érosion sont apparus au sein de la couverture nouvellement mise en place.

L'ensemble de ces observations sont antérieures aux travaux de réaménagement de la digue entrepris en 1996 (voir § 2.3.2, page 16).

Le document de l'INERIS [2] décrit qu'en 2001, le merlon de protection placé sur la digue et permettant de créer un bassin de rétention en cas de pluie importante s'est détérioré et n'existe plus « sur une certaine longueur », à proximité de l'ancienne piste d'aéromodélisme. D'après ce rapport, ce manque aurait mis en défaut à cette époque le système de fonctionnement assurant la rétention des eaux sur la plate-forme de la digue à résidus. Toujours d'après ce rapport, « des désordres sont apparus en 2002 sur le flanc nord de la digue suite à des pluies exceptionnelles ». Aucune autre précision n'est apportée afin de localiser et d'évaluer la nature exacte de ces désordres.

En 2007 une visite du site par l'INERIS [2] met en évidence les observations suivantes :

- « Une partie de l'enrochement mis en place lors de la création du fossé périphérique apparaît désordonné. Il s'agit de la trentaine de mètres situés en dessous de l'exutoire » (fossé nord). « Comparativement, les enrochements situés en amont présentent un alignement géométrique bien meilleur ». le rapport signale que ce manque d'alignement laisse suggérer « l'existence des mouvements de terrain à cet endroit qui aurait pu désordonner les blocs. Aucun autre indice n'est visible dans la pente qui domine cette zone d'enrochement ». D'après le Maitre d'Ouvrage, la position de ces enrochements n'a pas bougé : l'alignement moins ordonné de ces derniers n'est pas lié à des mouvements de terrain mais simplement à une pose moins rectiligne des blocs les constituant.
- Une dégradation de la zone située autour de l'entrée de la canalisation de surverse (très fort ravinement, rupture des buses en plusieurs endroits, et une épaisseur moyenne de terre végétale de recouvrement limitée à 20cm ;
- L'absence de merlon au niveau du sommet de la digue à certains endroits (non précisés). Cette zone fait probablement référence à la zone où se situe actuellement le chemin bordier qui se prolonge sur le sommet de la digue, depuis le piézomètre existant jusqu'au flanc nord de la digue (décrit en section 2.3.3).

Tel que décrit dans la section 2.3.3, lors des visites de site réalisées en 2017, des désordres ponctuels ont été observés au niveau du confinement notamment suite à la dégradation naissante des fascines au niveau des flancs nord et sud de la digue.

6.2 Retour d'expérience

Dans le cadre de sa mission de service public, le BRGM a été chargé par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques du MATE de définir une méthodologie de diagnostic et d'évaluation des risques

d'instabilité à long terme des digues de stockage des résidus de traitement des minerais d'uranium [10]. Cette étude permet donc d'avoir un retour d'expérience sur la gestion de ce type de stockage.

Ce rapport du BRGM [10] fait états de la typologie des désordres pouvant affecter les digues à stériles. Ce rapport souligne que les digues à stériles sont des ouvrages plus fragiles et plus sujets à incidents que les barrages classiques de retenus d'eau, car :

- en général, elles ne sont pas conçues pour être complétement remplies d'eau ; par suite, elles résistent mal aux sollicitations liées à un niveau d'eau trop élevé pendant une longue période (pluie exceptionnelles …), ni a fortiori aux effets d'un débordement par-dessus la crête ;
- les dispositifs de maîtrise du niveau d'eau dans la retenue (vidange de fond, évacuateur de crues, notamment pour les barrages de thalweg), sont souvent insuffisants ou mal entretenus, voire rapidement obstrués ;
- enfin, par opposition à la mine proprement dite, les digues à stériles apparaissent comme des installations annexes, qui ne correspondent souvent ni au souci majeur ni à la spécialité principale des ingénieurs de l'exploitation.

Pour les digues en sables cyclonés, d'autres causes de fragilité sont citées :

- la géométrie et la qualité des matériaux constitutifs de la digue évoluent en permanence, tout comme la nature et le niveau des produits stockés ; ainsi, tout dysfonctionnement des cyclones se traduit par une hétérogénéité locale de la digue (donc de sa perméabilité et de sa résistance), ce qui peut être dangereux. Inversement, la consolidation des boues décantées peut s'accompagner de la formation de nouveaux minéraux ou de phénomènes de cimentation, ce qui améliore les caractéristiques mécaniques de l'ensemble digue - bassin ;
- il n'existe pas toujours de plan ou document relatant exactement l'historique de leur édification, ni de compte rendu détaillé sur les désordres constatés et les réparations effectuées ni de mesures suffisamment régulières de surveillance ou d'auscultation.

De plus, selon le rapport du BRGM [10], les digues construites selon la méthode « amont » sont potentiellement plus dangereuses car les surélévations de la digue sont entièrement situées à l'aplomb de boues plus ou moins bien consolidées. La méthode « amont » correspond au principe suivant : les sables sont déversés uniquement vers l'amont ; à l'aval de l'ouvrage, le dépôt ne déborde pas de son emplacement primitif (cas de la digue à résidus de l'ancienne mine de Vielle Montagne).

Dans ce même rapport sont reportés des résultats d'enquêtes internationales, portant sur des milliers de cas, sur les causes de rupture ou désordres graves ayant affecté les petits barrages en général. Les causes de rupture les plus fréquentes peuvent être classées de diverses manières, et sont présentées dans le Tableau 6-1. Le lien avec la digue à résidus de l'ancienne mine de Vielle Montagne est également présenté sur ce tableau.

Tableau 6-1: Causes de rupture les plus fréquentes ayant affecté les petits barrages (BRGM [10])

Causes de dégradation	Pourcentage	Exemple de lien avec la digue
Selon le mécanisme :		
Erosion externe (ravinement, débordement, affouillement…) Submersion (dont évacuateur inadapté)	30 %	érosion ponctuelles au niveau des fascines dégradées (flancs nord et sud de la digue) Défaillance potentielle au niveau de la canalisation de surverse en cas d'obturation

Causes de dégradation	Pourcentage	Exemple de lien avec la digue
Percolation excessives, érosion interne (percolations, drainage défaillant…)	50 %	Défaillance potentielle au niveau de la canalisation de surverse
Glissement des talus (surtout aval) et autres causes	20 %	Zone frontale et flancs nord et sud de la digue
Selon la partie d'ouvrage concernée :		
Défaillance des ouvrages annexes	44 %	Présence de la canalisation de surverse à la base des résidus
Mauvais comportement du corps de l'ouvrage	25 %	Absence de signe d'instabilité depuis l'arrêt de l'exploitation
Défaillance des fondations	12 %	Absence de signe d'instabilité depuis l'arrêt de l'exploitation
Selon l'origine des erreurs humaines :		
Erreurs durant les essais et reconnaissances préalables	45 à 50 %	N/A : pas d'activité sur site, absence d'information
Erreurs de conception et de dimensionnement	20 à 30 %	N/A : pas d'activité sur site, absence d'information
Erreurs de construction	20 à 25 %*	N/A : pas d'activité sur site, absence d'information
Erreurs d'exploitation et de surveillance	5 %*	N/A : pas d'activité sur site, absence d'information pendant la période d'activité. Surveillance régulière de la digue et de ses environ depuis 2012.

**les pourcentages de ces deux catégories sont certainement plus élevés dans le cas des digues à stériles édifiées progressivement.*

L'étude des accidents survenus sur des ouvrages similaires ainsi que l'étude du BRGM ont permis de mettre en évidence les causes principales d'instabilité des digues :

- défaillance de structure ;
- défaillance du système de drainage ;
- remplissage excessif du bassin et précipitation exceptionnelle ;
- glissement / rupture due à forte pluie (montée en charge de l'ouvrage).

Les résultats statistiques d'une enquête réalisée en 1988 aux Etats-Unis confirment les principales causes d'instabilité des digues et montrent les éléments important à contrôler sur un tel ouvrage. Ces études montrent :

- la maîtrise des écoulements (superficiels et interstitiels) est le point clé qui conditionne le plus souvent la pérennité à long terme des digues ;
- les organes dit « annexes », à vocation hydraulique (filtres et drains, dispositifs d'étanchéité, rigoles anti-ruissellement, évacuateur de crues, canal de dérivation …), sont les parties les plus sensibles ;

l'expérience montre que leur bon fonctionnement est souvent suspendu à des détails d'exécution ou d'entretien ;

- la stabilité du flanc aval vis-à-vis d'un glissement d'ensemble n'est que l'un des aspects de la pérennité de la digue, qui vient loin derrière dans l'échelle des risques.

7.0 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES RISQUES EN TERMES DE PROBABILITE D'OCCURRENCE, D'INTENSITE, DE CINETIQUE DES EFFETS ET DE GRAVITE DES CONSEQUENCES

7.1 Description et principes de la méthodologie utilisée

L'évaluation des risques est menée sur les deux types de défaillances potentielles identifiés :

- La défaillance de stabilité géotechnique de la digue ;
- Les défauts de confinement des résidus.

Un découpage fonctionnel basé sur un zonage géographique de la digue est réalisé pour permettre l'évaluation du risque propre à la configuration de chacune des zones. Pour chaque zone, l'analyse des risque consiste ensuite à :

- Définir toutes les situations dangereuses susceptibles de survenir et d'avoir des effets sur la stabilité de la digue ou sur son confinement,
- Déterminer les mécanismes déclenchants (d'origine interne ou externe au système) ;
- Déterminer les niveaux de gravité de ces situations ;
- Déterminer la fréquence à laquelle ces situations dangereuses peuvent apparaitre;
- Evaluer le niveau de risque potentiel ;
- Lister les mesures de prévention et de protection existantes.

Ce type d'analyse systématique permet aussi de donner une réponse adaptée aux différents risques identifiés.

Le risque est évalué pour chaque scénario possible à partir de la détermination :

- D'un niveau de gravité qui représente l'étendue des conséquences du scénario en cas d'occurrence ;
- D'un niveau de probabilité ou fréquence qui correspond :
  - à la probabilité pour que le scénario identifié se réalise avec les conséquences déterminées ;
  - à la fréquence à laquelle ce scénario peut se répéter avec les conséquences déterminées.

7.1.1 Echelle de fréquence ou de probabilité

Il existe différentes méthodes pour évaluer la probabilité d'un événement qui peuvent être classées en trois catégories. Ces différentes méthodes sont les suivantes :

- L'évaluation Qualitative : ce type d'évaluation permet de qualifier la probabilité de manière souvent subjective. L'évaluation qualitative est souvent attribuée à partir du retour d'expérience et des dires d'expert.
- L'évaluation quantitative : La fréquence de l'événement est exprimée en nombre d'occurrence par an. Les méthodes utilisées sont nombreuses. L'estimation de la fréquence nécessite l'utilisation de méthodes statistiques plus ou moins approfondies, en adéquation avec les données d'entrée disponibles pour la quantification (sources de données génériques ou autres).
- L'évaluation semi-quantitative : Ces méthodes sont souvent une combinaison des méthodes précédentes et peuvent se présenter sous plusieurs formes. La probabilité peut être exprimée par un indice (par

exemple, échelle de 0 à 4) ou un ordre de grandeur de la fréquence d'occurrence (10-4 occurrences par an et par site).

En raison de l'absence de données statistique et de la nature de l'installation concernée (digue non active depuis plus de 40 ans), l'échelle de fréquence retenue pour l'étude des défauts de confinement est l'évaluation qualitative. Cette évaluation se base sur les observations de terrains et la connaissance des aléas historiques enregistrés sans qu'ils aient pour autant fait l'objet d'une quantification.

L'échelle de fréquence retenue pour l'étude géotechnique est l'évaluation semi-quantitative. Cette évaluation se base sur les conclusions de l'étude de stabilité, étude réalisée sur la base des investigations de terrain et d'une modélisation de la stabilité de la digue. L'étude de stabilité permet de calculer un facteur de sécurité de la digue et d'estimer sous différentes conditions (niveau d'eau, caractéristique des matériaux) le risque d'instabilité de l'ouvrage.

L'ensemble de cette étude ainsi que les méthodes de calculs utilisées pour les modélisations sont détaillées en ANNEXE E.

Tableau 7-1: Niveaux de Probabilité / fréquence

Niveau de probabilité / fréquence	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**
	Possible mais extrêmement peu probable / Exceptionnel	Très improbable / Très rare	Improbable / Rare	Probable / Peu fréquent	Courant / Fréquent
Description qualitative	N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	S'est déjà produit dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	S'est déjà produit et/ou peut se reproduire pendant la durée de vie de l'installation	S'est produit sur un site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures réductrices

7.1.2 Niveau de gravité

Le niveau de gravité d'un accident sur un ouvrage hydraulique est directement fonction des conséquences qu'il engendre. Ces conséquences peuvent être humaines, matérielles, économiques ou environnementales.

Selon l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation, l'échelle de gravité des conséquences humaines s'établie de la manière suivante :

Tableau 7-2: Niveaux de gravité sur les personnes

Niveau de gravité	Répercussions sur les Personnes (zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine)[1]
5. Désastreux	Plus de 1 000 personnes exposées
4. Catastrophique	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
3. Important	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. Sérieux	Moins de 10 personnes exposées
1. Modéré	Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

Dans le cas de la digue de Saint Félix de Palière, l'évaluation de la gravité des conséquences humaines d'un accident tient compte de la configuration suivante du site :

- La digue se situe dans une zone reculée, sans habitation en aval dans le cours de l'Aigues Mortes ;
- La digue ne présente pas de risque de propagation d'onde lié à une éventuelle rupture de l'ouvrage : le bassin de décantation ne contient pas d'eau ;
- La présence humaine la plus proche se situe sur le carreau de mine du puits n°3, en face de la digue, à une hauteur de 15 mètres au-dessus du pied de la digue, et à une distance de 115 mètres entre le sommet du talus frontal et les premières habitations.

Dans l'hypothèse d'une action combinée d'évènements météorologiques, sismiques et d'altération du massif conduisant à une dégradation des conditions de stabilité de la digue et une rupture de l'édifice, la modélisation la plus défavorable simulée montre que les masses mises en mouvement par la loupe de glissement représenteraient un volume qui, selon la configuration du site, ne pourrait glisser que sur une faible distance. Le retalutage concomitant au phénomène amènerait à un nouvel angle d'équilibre proche de l'angle de frottement des matériaux (cas le plus défavorable à 28° et autres mesures entre 32° et 35°). Les matériaux se déplaceraient dans l'environnement proche du point de rupture et seraient canalisés et arrêtés par le talus de la halde dont le pied se situe au plus proche à une quinzaine de mètres du pied de la digue et dont la hauteur avoisine les 15 mètres. **Le risque de répercussion directe sur les personnes, est par conséquent extrêmement peu probable. Un niveau 1 de gravité a par conséquent été retenu pour l'ensemble des évaluations vis-à-vis des personnes.**

L'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines tel que définies par l'arrêté du 29 septembre 2005 ne parait par conséquent pas adapté au contexte actuel, dans la mesure où le risque humain est quasi-inexistant et que cette échelle ne permet pas d'évaluer la gravité des conséquences sur l'environnement.

Le risque de répercussion directe sur les personnes étant très limité dans le contexte actuel de la digue, le niveau de gravité est essentiellement estimé sur la base des répercussions éventuelles sur l'environnement.

L'évaluation du niveau de gravité environnementale de chaque évènement est ici établie sur la base des études environnementales existantes, notamment l'IEM réalisé par ICF Environnement en 2013 [7], et les résultats d'analyses de prélèvements réalisés sur les eaux de surface et les sédiments dans le lit de l'Aigues-Mortes en aval de la digue [8].

Il s'agit donc d'une évaluation semi-qualitative basée à la fois sur ces données existantes et le jugement d'expert. Le tableau ci-dessous présente les niveaux de gravité utilisés pour évaluer la gravité de ces conséquences sur l'environnement.

[1] D'après l'annexe III relative à l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident à l'extérieur des installations. Arrêté du 29 septembre 2005 relative à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Tableau 7-3: Niveaux de gravité sur l'environnement

Niveau de gravité	Répercussions sur l'environnement
5. Désastreux	Pollution majeure et durable externe au site
4. Catastrophique	Pollution importante externe au site avec conséquences environnementales réversibles
3. Important	Pollution détectée en aval éloigné du site
2. Sérieux	Pollution détectée et limitée aux abords immédiats du site
1. Modéré	Pollution détectées et limitée au site

7.1.3 Identification des scénarios d'accidents majeurs

A partir du niveau de gravité et de la fréquence, le risque est classé en trois classes :

- Zone « rouge » : lorsque le résultat de l'étude amène à positionner un ou plusieurs scénarios d'accident dans la zone de la matrice de criticité caractérisée par une classe de gravité élevée et une classe de probabilité supérieure, cela signifie que le risque est élevé et que **des mesures de maitrise des risques doivent être mises en œuvre de manière prioritaire et sans délai** ;

- Zone « jaune » : lorsque le résultats de l'étude amène à positionner un ou plusieurs scénarios d'accident dans les zones de la matrice de criticité caractérisées notamment par une classe de gravité importante et une classe de probabilité intermédiaire, cela signifie que l'ouvrage ne peut pas être considéré comme entièrement satisfaisant du point de vue de la sécurité, et que **des mesures de maitrise des risques doivent être mises en œuvre en vue d'atteindre, dans les conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible**, compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation. Ces risques seront acceptés seulement si la réduction des risques est impossible ou si les coûts sont disproportionnés par rapport à l'amélioration attendue (démarche ALARP : «as low as reasonably practicable ») ;

- Zone « verte » : lorsque le résultat de l'étude amène à positionner l'ensemble des scénarios d'accident dans les zones de la matrice de criticité caractérisées notamment par une classe de probabilité inférieure ou par une classe de gravité moyenne et une classe de probabilité intermédiaire ou encore par une classe de gravité modérée et une classe de probabilité supérieure, cela signifie que **l'ouvrage est réputé sûr et que le risque est acceptable.**

Tableau 7-4 : Quantification des scénarios d'accident

		Probabilité / Fréquence				
		E (Extrêmement peu probable / Exceptionnel)	D (Très improbable / très rare)	C (Improbable / rare)	B (Probable / peu fréquent)	A (Courant / fréquent)
Gravité	5 (Désastreux)	5 E	5 D	5 C	5 B	5 A
	4 (Catastrophique	4 E	4 D	4 C	4 B	4 A
	3 (Important)	3 E	3 D	3 C	3 B	3 A
	2 (Sérieux)	2 E	2 D	2 C	2 B	2 A
	1 (Modéré)	1 E	1 D	1 C	1 B	1 A

Légende :	Acceptable	Maitrise des risques nécessaire	Maitrise des risques nécessaire en priorité

7.2 Détermination des scénarios de défaillance

7.2.1 Identification des potentiels de dangers

Les potentiels de dangers sont définis dans la partie 4.0 de cette étude. Ils sont repris sous forme de tableau dans cette section du rapport (cf. ANNEXE D).

7.2.1.1 Défaillance géotechnique

Tableau 7-5: Définition des potentiels de dangers liés au à une défaillance géotechnique

Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant
1 à 5	Toutes zones	Instabilité structurelle de la digue	Hausse de niveau de nappe
			Caractéristiques mécaniques des résidus (granulométrie, cisaillement…)
			Hétérogénéité des matériaux
3	Plateau sommital	Instabilité structurelle de la digue	Obstruction de la canalisation de surverse
			Affaissement de la canalisation de surverse
1	Flancs nord et sud de la digue	Erosion	Fortes pluies
			Dégradation des systèmes existants de stabilisation des pentes : rupture progressive des fascines en bois
2	Zone frontale de la digue	Erosion	Fortes pluies
3	Plateau sommital		

Suite à l'identification de ces défaillances, il est important de noter que les défaillances géotechniques auront des conséquences sur l'environnement (augmentation du contact des résidus avec la surface).

Les risques d'instabilité liés au risque séismique, à la présence d'argile gonflante et aux avalanches n'ont pas été considérés dans cette section puisque ces derniers ont été précédemment considérés comme inexistants (cf. § 5.1.2, 5.2, 5.4, 5.5).

7.2.1.2 Confinement

Tableau 7-6: Définition des potentiels de dangers liés au confinement

Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant
1 à 5	Toutes zones	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Vent fort associé à la sécheresse sur des zones exposées au vent
1 à 5	Toutes zones	**Emission** de poussière liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Présence humaine ou animale sur les résidus associés à la sécheresse
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par les **eaux de résurgence en pied de digue**	Fortes pluies
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Fortes pluies, ruissellement
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments** lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Fortes pluies, ravinement des zones non confinées

Il est à noter que le confinement actuel des résidus peut être dégradé par des phénomènes naturels ou anthropiques causés par la foudre pour le premier ou via des actes malveillants pour le second.

7.2.2 Analyse de la fréquence / Vulnérabilité

Cette étape vise à caractériser les scénarios de défaillance en termes de fréquence. La fréquence à laquelle ces potentiels de dangers identifiés peuvent se manifester dépendra de la vulnérabilité du milieu et de sa configuration (cf section 2.3).

Les Tableau 7-7 et Tableau 7-8 présentent les fréquences / vulnérabilités définies selon la méthodologie présentée ci-dessus, ainsi que la justification de ces niveaux.

7.2.2.1 Défaillance géotechnique

Tableau 7-7: Analyse de la vulnérabilité / fréquence des potentiels de dangers liés à une défaillance géotechnique

Zones concernées		Danger	Analyse de la vulnérabilité / fréquence	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)
1 à 5	Toutes zones	Instabilité structurelle de la digue	- Les piézomètres réalisés dernièrement révèlent localement la présence d'eau dans les résidus, notamment à la base des résidus ; - Faible perméabilité mesurée dans les résidus: peut induire des hausses du niveau piézométrique	E	E
			Les investigations de terrain et essais de laboratoire montrent une cohérence des caractéristiques mécaniques des matériaux rencontrés	E	E
			Les sondages au CPTU présentent de fréquentes variations verticales de résistance et de frottement des terrains traversés, révélant une stratification importante et une lithologie hétérogène au sein des résidus ; cette hétérogénéité s'observe sur les photographies historiques : nombreuses stratifications visibles dans l'épaisseur de la digue	C	C
3	Plateau sommital	Instabilité structurelle de la digue	Accumulation de végétaux à l'entrée de la canalisation, associée à un apport de terre / résidus lors des pluies : colmatage de l'entrée de la canalisation.	E	E
			- Canalisation vétuste - Aucun renseignement historique disponible sur le mode de mise en place et son étanchéité ; - Présence de fissures et d'eau dans la canalisation	C	C
1	Flancs nord et sud de la digue	Erosion	- Pentes importantes (jusqu'à 25°) favorisant l'érosion ; - Episodes pluvieux violents fréquents	C	C
			- Etat vétuste et putrescible des matériaux constituant les fascines (bois non traité) ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	A	B
2	Zone frontale de la digue	Erosion	Forte végétalisation de la zone frontale	E	E
3	Plateau sommital		- Recouvrement par végétation rase et buissons sur la majeure partie du plateau ; - Le plateau sommital présente une morphologie plane et horizontale	E	E

7.2.2.2 Confinement

Tableau 7-8: Analyse de la vulnérabilité / fréquence des potentiels de dangers à l'affleurement de résidus

	Zones concernées	Danger	Analyse de la vulnérabilité / fréquence	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)
1	Flancs nord et sud de la digue	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Zone fortement végétalisée ; - Résidus affleurant localement sous le système racinaire des arbres (érosion) et au niveau des fascines dégradées ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	D	D
2	Zone frontale de la digue		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Zone fortement végétalisée ; - Résidus affleurant ponctuellement sous le système racinaire des arbres (érosion locale) ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	E	E
3	Plateau sommital		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Zone d'affleurement des résidus limitée ; - Zone végétalisée en majeure partie ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	E	E
4	Versant extérieur nord de la digue		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Affleurement des sédiments le long du flanc nord du fossé ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	C	C
5	Versant extérieur sud de la digue		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Affleurement locale des sédiments le long du flanc sud du fossé ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	D	D

	Zones concernées	Danger	Analyse de la vulnérabilité / fréquence	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)
1	Flancs nord et sud de la digue	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens au sein de cette période ; - Zone fortement végétalisée ; - Résidus affleurant ponctuellement sous le système racinaire des arbres (érosion locale) et au niveau des fascines ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ; - fraction pulvérulente favorisant l'envol de poussière lorsque le sol est foulé	B	B
2	Zone frontale de la digue		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Zone fortement végétalisée ; - Résidus affleurant ponctuellement sous le système racinaire des arbres (érosion locale) ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	E	E
3	Plateau sommital	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Zone d'affleurement des résidus limitée ; - Zone végétalisée en majeure partie - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	B	B
4	Versant extérieur nord de la digue		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; - Affleurement des sédiments le long du flanc nord du fossé ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ; - Fraction pulvérulente favorisant l'envol de poussière lorsque le sol est foulé	A	B
5	Versant extérieur sud de la digue		- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse ; - Vents moyens pendant la période de sécheresse ; -Affleurement local des sédiments le long du flanc sud du fossé ; - Fréquentation peu fréquente de la zone par les chasseurs et randonneurs ;	B	B

	Zones concernées	Danger	Analyse de la vulnérabilité / fréquence	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)
			- Fraction pulvérulente favorisant l'envol de poussière lorsque le sol est foulé		
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par les **eaux de résurgence en pied de digue**	Pas de résurgence observée au niveau de la digue. Très faible débit (goutte à goutte) en sortie de la canalisation de surverse lors des épisodes de sécheresse	E	E
1	Flancs nord et sud de la digue	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	- Episodes de pluie violents ; - Confinement dégradé et affleurement des sédiments plus important en raison de l'érosion dans les talwegs ; - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	A	E
2	Zone frontale de la digue		- Zone frontale recouverte par de la terre végétale, ensemencée et plantée : actuellement fortement végétalisée ; - Présence ponctuelle de résidus affleurant sous les racines ; - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	D	E
3	Plateau sommital		- Episodes de pluie violents ; - Affleurement ponctuel des résidus - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	C	E
4	Versant extérieur nord de la digue		- Episodes de pluie violents ; - Affleurement des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante ; - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	A	E
5	Versant extérieur sud de la digue		- Episodes de pluie violents ; - Affleurement local des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante ; - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	C	E
1	Flancs nord et sud de la digue	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Affleurement des résidus plus important en raison de l'érosion dans les talwegs - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	C	E
2	Zone frontale de la digue		- Zone frontale recouverte par de la terre végétale, ensemencée et plantée : actuellement fortement végétalisée ; - Présence locale de résidus affleurant sous les racines ; - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	E	E

	Zones concernées	Danger	Analyse de la vulnérabilité / fréquence	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)
3	Plateau sommital	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments** lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Zone végétalisée en majeure partie. Zone plane, peu sujette à l'érosion - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	E	E
4	Versant extérieur nord de la digue		Affleurement des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante. - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	A	E
5	Versant extérieur sud de la digue		Affleurement local des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante ; - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	B	E

7.2.3 Analyse de la gravité

Cette étape vise à caractériser les scénarios de défaillance en termes de gravité / conséquence. Les Tableau 7-9 et Tableau 7-10 présentent les niveaux de gravité définis selon la méthodologie présentée ci-dessus, ainsi que la justification de ces niveaux.

7.2.3.1 Défaillance géotechnique

Tableau 7-9: Analyse de la gravité des potentiels de dangers liés à une défaillance géotechnique

Zones concernées		Danger	Analyse de la gravité	Gravité (environnement)
1 à 5	Toutes zones	Instabilité structurelle de la digue	En cas de présence d'une zone saturée, l'épaisseur de la zone saturée au sein des résidus influe fortement sur la stabilité de la digue	4
			Des changements de caractéristiques des résidus influent sur la stabilité de la digue	4
				4
3	Plateau sommital	Instabilité structurelle de la digue	Evacuation des eaux météoriques compromise entrainant la mise en charge du plateau sommital	4
			Evacuation des eaux météoriques compromise entrainant la mise en charge du plateau sommital	4
1	Flancs nord et sud de la digue	Erosion	- Perte de la stabilité des flancs de la digue - Phénomène de cavage au niveau des enrochements bordiers	3
			- Perte de stabilité des résidus en surface - Augmentation de l'érosion et perte progressive de la couverture végétale existante.	2
2	Zone frontale de la digue	Erosion	Perte de la stabilité du talus	3
3	Plateau sommital		Contact entre les terres / résidus et les eaux de surface limité + absence de ruissellement : érosion limitée	1

7.2.3.2 Confinement

Tableau 7-10: Analyse de la gravité des potentiels de dangers liés à l'affleurement de résidus

Zones concernées		Danger	Analyse de la gravité	Gravité (environnement)
1 à 5	Toutes zones	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	- Ingestion et inhalation de poussières - Présence humaine ou animale sur la zone de transport des poussières	1
1 à 5	Toutes zones	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Ingestion et inhalation de poussières	2
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par les **eaux de résurgence en pied de digue**	Contact des eaux de résurgence avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Contact des eaux météoriques avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2
1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Transfert de résidus vers les cours d'eau et points bas en aval de la digue	2

7.3 Evaluations des risques

A partir des niveaux définit pour la fréquence et la gravité, le risque a été évalué. Aucun risque nécessitant la mise en place de mesure de maitrise des risques prioritaire n'a été identifié. Le tableau suivant présente les risques nécessitant la mise en œuvre de mesure de maitrise des risques. Le tableau de l'ensemble des risques est présenté en ANNEXE D.

Il est à noter que les systèmes en place permettant le confinement des résidus (recouvrement par de la terre végétale et fascine pour la stabilité du confinement) sont par endroit dégradés. En effet, des affleurements de résidus ont été mis en évidence en plusieurs endroits de la digue, la vétusté des fascines a également été mise en évidence sur les flancs nord et sud de la digue. Sans travaux complémentaires, une dégradation progressive du confinement sera inévitable.

L'ensemble des risques identifiés ne présentent pas actuellement un caractère nécessitant la mise en œuvre de dispositions de réhabilitation en urgence.

Tableau 7-11: Risques nécessitant la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques

Domaine	Danger	Zone concernée	Evaluation du risque vis-à-vis de l'environnement	Evaluation du risque vis-à-vis des personnes
Lié à une instabilité de la digue	Instabilité structurelle de la digue (hétérogénéité des matériaux)	Toutes zones	**4 C**	**1 C**
	Affaissement de la canalisation de surverse	Plateau sommital	**4 C**	**1 C**
	Erosion	Flancs nord et sud de la digue	**2 A**	**1 C**
Lié à l'affleurement ponctuel de résidus	**Emission** de poussières	Plateau sommital	**2 B**	**1 B**
		Flancs nord et sud de la digue	**2 B**	**1 B**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 C**
		Versant extérieur sud de la digue	**2 B**	**1 B**
	Contamination de l'environnement / des personnes par les **eaux superficielles de contact**	Plateau sommital	**2 C**	**1 E**
		Flancs nord et sud de la digue	**2 A**	**1 E**
		Versant extérieur sud de la digue	**2 C**	**1 E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**
	Contamination de l'environnement / des personnes par **transport de sédiment**	Flancs nord et sud de la digue	**2 C**	**1 E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**

8.0 ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES

8.1 Résultats de l'étude technique

Suite à l'évaluation des risques, une étude de réduction des risques a été réalisée. Cette étude est présentée dans le rapport Golder n°1771901-R02 en ANNEXE E et concerne les risques identifiés comme nécessitant la mise en œuvre de mesures complémentaires de maitrise des risques.

Cette étude comprend une étude géotechnique de stabilité de la digue, une étude de confinement et une étude hydraulique pour la gestion des eaux de surface.

L'étude de stabilité montre que la digue ne présente pas de défaut de stabilité dans les conditions actuelles. Il n'est donc pas envisagé de proposer des travaux de confortement afin d'en améliorer la stabilité. Il est toutefois recommandé de compléter les investigations de terrain dans les études de dimensionnement détaillé à venir, afin d'affiner le modèle théorique et de préciser les études de stabilité. Au regard des résultats de cette première étude de stabilité, ces compléments d'investigations ne devraient pas remettre en cause les conclusions de cette première étude.

L'étude de confinement évalue les actions à mettre en œuvre pour réduire les risques liés au niveau des zones d'affleurement ponctuel de résidus identifiées dans l'étude de dépôt sur l'ensemble de la digue. Les solutions de confinement proposées permettent également de réduire les risques liés à l'érosion et à la dispersion des résidus en surface.

L'étude hydraulique établie un bilan hydrologique ainsi qu'un plan de collecte des eaux superficielles pour répondre aux exigences réglementaires en matière de rejet des eaux pluviales dans le milieu naturel, une fois le confinement de la digue mis en place.

8.2 Etudes complémentaires et Travaux de réaménagement préconisés

Les travaux préconisés concernent la reprise du confinement de la digue et la mise en place d'un système de collecte et de gestion des eaux pluviales du bassin versant dont les écoulements sont interceptés par la digue.

8.2.1 Stabilité de la digue

L'étude de stabilité confirme que, même en considérant un facteur de sécurité, la digue est stable dans les conditions actuelles et qu'il n'est pas envisagé de proposer des travaux de confortement afin d'améliorer la stabilité de l'ouvrage.

Les résultats des 4 CPTU réalisés le long de la crête de la digue révèlent une répartition spatiale régulière des différentes formations, et notamment la présence d'une fraction sableuse plus importante qui semble répartie sur l'ensemble du talus qui constitue la digue.

La méthode de déposition historique des résidus dans l'espace et le temps et l'incertitude subsistante liée à cette méthode invite cependant à la prudence quant à cette homogénéité constatée sur ces 4 CPTU.

Golder recommande la réalisation d'investigations complémentaires (CPTu ou sondages) au niveau de la digue, et particulièrement à l'interface présumée des sables et des silts afin de préciser le modèle des sols utilisé pour les études de stabilité et de dimensionnement.

8.2.2 Confinement

Les travaux de confinement préconisés considèrent la mise en œuvre des travaux suivants :

- **Travaux préparatoires et de terrassement**

- déboisement de l'ensemble de la surface ;
- décapage des surfaces végétalisées ;
- Excavation des résidus affleurant hors emprise de la digue ;
- Retrait des fascines ;
- Reprofilage du plateau sommital et des pentes de la zone frontale pour favoriser l'écoulement des eaux de surface.

- **Travaux de confinement**
  - Au niveau du plateau sommital : la couverture a été dimensionnée afin de confiner les résidus et de minimiser l'infiltration des eaux de pluies avec la mise en place du complexe suivant :
    - Pose d'un géotextile de protection, d'une membrane d'étanchéité, et d'un géocomposite de drainage ;
    - Recouvrement des membranes par de la terre végétale ;
    - Ensemencement par des graminées.
  - Au niveau de la zone frontale et des flancs nord et sud de la digue : l'infiltration d'eau est réduite. L'absence d'une géomembrane d'étanchéité sur la pente permet le drainage de l'eau résiduelle éventuellement présente dans les résidus et évite ainsi l'augmentation de la pression interstitielle au niveau de la pente. La mise en place du complexe suivant est donc proposée :
    - Pose d'un géocomposite de drainage, d'une géogrille de retenue des sols ;
    - Recouvrement des géocomposites par de la terre végétale ;
    - Ensemencement par des graminées ;
    - Pose d'un géotextile anti-érosion biodégradable.

La surface totale de la zone concernée par le confinement est de l'ordre de 3.7ha.

La reprise du confinement limitera également l'infiltration d'eau dans les résidus, et augmentera donc la stabilité de l'ouvrage.

8.2.3 Gestion des eaux de ruissellement

Le confinement de la digue va nécessiter la mise en place d'un système de gestion des eaux de ruissellement afin d'assurer l'évacuation des eaux de surface de manière contrôlée et pérenne. Pour cela, la construction de fossés périphériques est proposée. Les travaux de drainage consistent à la construction des ouvrages suivants :

- Un fossé placé sur le plateau sommital récoltant les eaux de ruissellement du plateau sommital et du bassin versant en amont de la digue ;
- Des fossés périphériques placés sur les flancs nord et sud de la digue ;
- Un fossé aval placé le long de la route en pied du talus frontal de la digue.

Le système de gestion des eaux de ruissellement issues du bassin versant de la digue et de sa partie amont sera dimensionné en concertation avec la DDTM du département du Gard afin de concevoir le système le plus adapté aux conditions environnementales du site.

L'instabilité structurelle de la digue liée à la canalisation de surverse (obstruction ou affaissement) a également été prise en compte dans l'étude de réduction des risques. Il est proposé de combler cette canalisation. Le système de drainage réalisé suite au recouvrement de la digue prendra en charge les eaux de ruissellement initialement récoltées par cet ouvrage.

Au vu du contexte climatique de la zone (épisode cévenol), le phasage des travaux recommandés sera un élément majeur à prendre en compte lors de la réalisation des travaux.

8.3 Etude de réduction des risques

Les travaux proposés dans l'étude technique permettent de réduire les risques identifiés dans l'étude du dépôt de la digue de manière satisfaisante. Les tableaux suivants présentent le risque résiduel estimé pour les risques nécessitant initialement la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques.

Tableau 8-1 : Etude de réduction des risques pour les risques nécessitant initialement la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques

Domaine	Danger	Zone concernée	Evaluation du risque vis-à-vis de l'environnement	Evaluation du risque vis-à-vis des personnes	Mesure pour diminuer le risque	Risque résiduel vis-à-vis de l'environnement	Risque résiduel vis-à-vis des personnes
Lié à une instabilité de la digue	Instabilité structurelle de la digue (hétérogénéité des matériaux)	Toutes zones	**4 C**	**1 C**	Réalisation d'une campagne de mesure complémentaire au CPTU ou sondage afin d'affiner le modèle géotechnique utilisé pour les études de stabilité	**4 E**	**1E**
	Affaissement de la canalisation de surverse	Plateau sommital	**4 C**	**1 C**	Evacuation des eaux de ruissellement en surface par des drains de collecte à réaliser Condamnation de la canalisation de surverse	**4 E**	**1E**
	Erosion	Flancs nord et sud de la digue	**2 A**	**1 B**	Reprise complète du confinement (pose notamment d'une géogrille de retenue des sols et ensemencement)	**2 E**	**1E**
Lié à l'affleurement ponctuel de résidus	**Emission** de poussières	Plateau sommital	**2 B**	**1 B**	Reprise complète du confinement	**2 E**	**1 E**
		Flancs nord et sud de la digue	**2 B**	**1 B**		**2 E**	**1E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 B**		**2 E**	**1E**
		Versant extérieur sud de la digue	**2 B**	**1 B**		**2 E**	**1E**
	Contamination de l'environnement / des personnes par les **eaux superficielles de contact**	Plateau sommital	**2 C**	**1 E**		**2 E**	**1E**
		Flancs nord et sud de la digue	**2 A**	**1 E**		**2 E**	**1E**
		Versant extérieur sud de la digue	**2 C**	**1 E**		**2 E**	**1E**

Domaine	Danger	Zone concernée	Evaluation du risque vis-à-vis de l'environnement	Evaluation du risque vis-à-vis des personnes	Mesure pour diminuer le risque	Risque résiduel vis-à-vis de l'environnement	Risque résiduel vis-à-vis des personnes
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**		**2 E**	**1E**
	Contamination de l'environnement / des personnes par **transport de sédiment**	Flancs nord et sud de la digue	**2 C**	**1 E**		**2 E**	**1E**
		Versant extérieur nord de la digue	**2 A**	**1 E**		**2 E**	**1E**

9.0 CONCLUSIONS

L'étude du dépôt de la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne (30) a permis de mettre en évidence les risques environnementaux et humains liés à cet ouvrage ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour réduire ces risques.

Pour cela, les potentiels de danger ont été considérés à la fois d'un point de vue environnemental et d'un point de vue humain. Le risque de répercussion directe sur les personnes étant très limité dans le contexte actuel de la digue (absence de présence humaine dans la zone de mise en mouvement des sédiments en cas de rupture de digue), le niveau de gravité est essentiellement estimé sur la base des répercussions éventuelles sur l'environnement. Ces dangers ont été identifiés à partir des différents composants de la digue, du fait de leur présence ou de leur fonctionnement. Les potentiels de dangers ont été classés selon deux grands domaines, le domaine géotechnique (lié à la stabilité) et le domaine environnemental (lié à des défauts de confinement). L'estimation du risque s'est faite sur la base des connaissances de l'environnement du site, des observations et des investigations de terrain. Pour le volet géotechnique, une étude de stabilité a été réalisée. **Cette étude de stabilité montre que la digue est stable dans les conditions actuelles.**

Aucun risque nécessitant la mise en œuvre de mesures complémentaires de maitrise des risques vis-à-vis des personnes n'a été identifié. Les risques identifiés comme nécessitant la mise en œuvre de mesures complémentaires de maitrise des risques pour l'environnement sont les suivants :

- Risque d'instabilité structurelle lié à l'affaissement éventuel de la canalisation de surverse et à l'érosion ;
- Risque lié à la dégradation naissante du confinement
  - Emission de poussières ;
  - Contamination des eaux superficielles de contact ;
  - Transport de sédiments.

Ces risques ne présentent pas au moment de la réalisation de cette étude de caractère critique nécessitant la mise en œuvre de mesures de réhabilitation d'urgence. Cependant, au vu des observations réalisées, le confinement est amené à se dégrader dans le temps (zones de résidus affleurant ponctuellement due à l'érosion de la couverture, dégradation des fascines au niveau des flancs de la digue et affouillement par des animaux fouisseurs).

Les travaux complémentaires d'aménagement suivants sont proposés afin de réduire les risques et d'assurer un confinement pérenne des résidus :

- Réalisation d'investigations complémentaires (CPTu) au niveau de la digue, et particulièrement à l'interface présumée des sables et des silts afin de préciser le modèle des sols utilisé pour les études de stabilité et de dimensionnement ;
- Nettoyage des résidus présents en dehors du périmètre de la digue ;
- Retrait des fascines qui n'assureront bientôt plus les fonctions de support pour lesquelles elles avaient été installées ;
- Reprofilage et nivelage du plateau afin d'assurer une surface drainante et la mise en place du complexe de confinement ;
- Travaux de couverture sur le plateau et les pentes afin de minimiser la contamination des eaux de surface par les résidus ;

- Travaux de drainage afin de réguler le rejet des eaux de ruissellement collectées sur les surfaces confinées et d'assurer leur évacuation de manière contrôlée et pérenne (drains périphériques et bassins de régulation).

L'ensemble de ces travaux proposés permet de réduire les risques identifiés lors cette étude de manière à obtenir un risque résiduel acceptable. Les travaux de confinement préconisés amélioreront encore la stabilité de l'ouvrage.

Golder attire l'attention d'Umicore sur le fait qu'une partie des travaux de confinement et de gestion des eaux de surface recommandées dans cette étude devra être réalisée sur des terrains situés à l'extérieur de la propriété d'Umicore (parcelle n°237), notamment sur les parcelles adjacentes n°240 et 241.

Page de signatures du Rapport

GOLDER ASSOCIATES SARL

Coralie Ménard Ingénieur d'études	Christophe André Géologue Sénior - Chef de projet	Sébastien Corre Directeur de projet

CME/CAN/SCO

ANNEXE A

Liste des figures

Figure A1 : Localisation de la digue à résidus

Figure A2 : Contexte hydrographique

Figure A3 : Vue aérienne historique (1946)

Figure A4 : Vue aérienne historique (1955)

Figure A5 : Vue aérienne historique (1962)

Figure A6 : Vue aérienne historique (1970)

Figure A7 : Vue aérienne historique (1985)

Figure A8 : Vue aérienne historique (1996)

Figure A9 : Vue aérienne actuelle (2010)

Figure A10 : Plan topographique

Figure A11 : Plan du géomètre sur photo aérienne prise durant les travaux (1996)

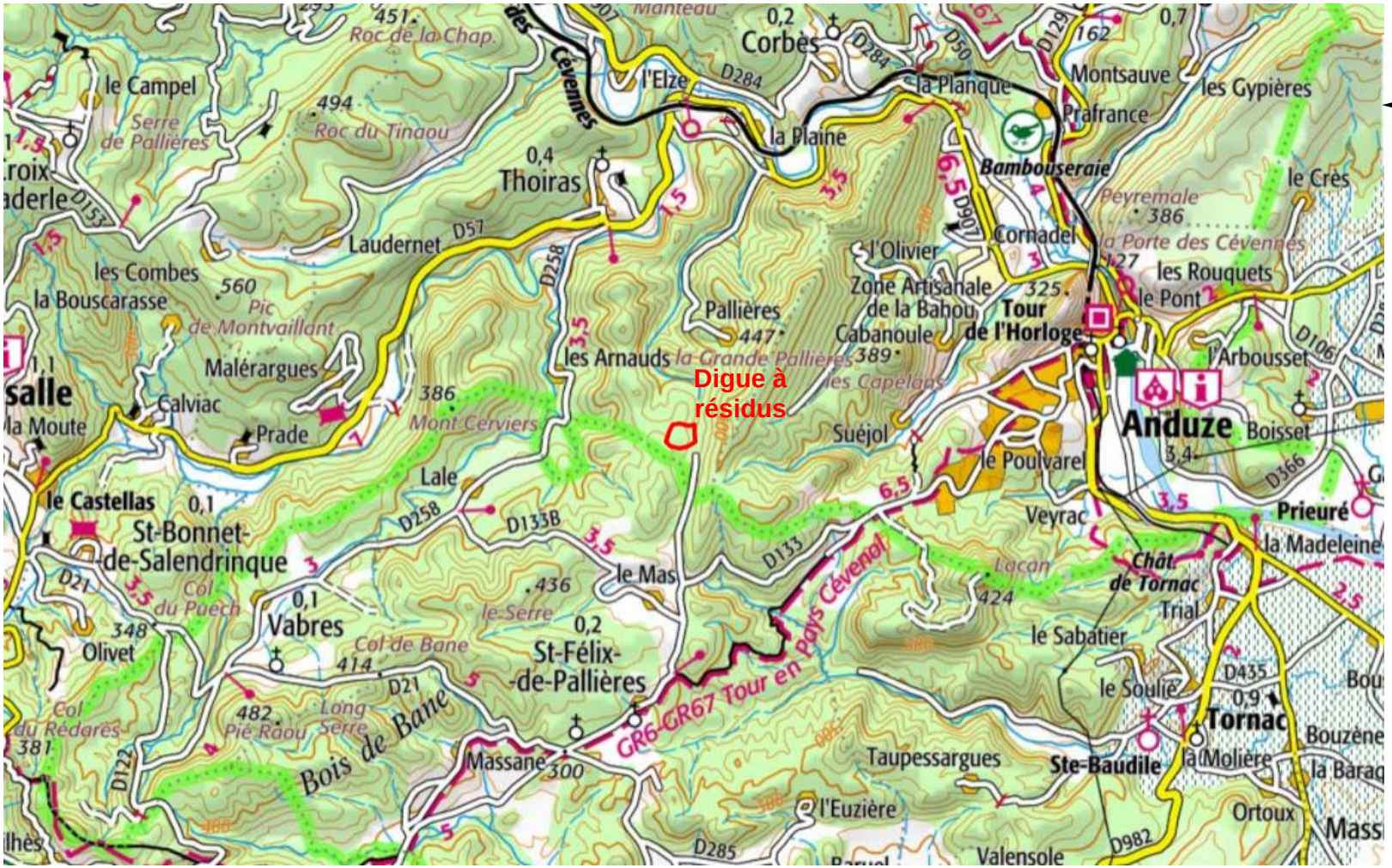
Figure A12 : Cote altimétrique sur fond de photo aérienne (2010)

Figure A13 : Localisation du zonage de la digue

Figure A14 : Synthèse des observations de terrain

Figure A15 : Localisation des points d'échantillonnage des eaux superficielles lors de la campagne de prélèvements de 2016 (vue générale)

Figure A16 : Localisation des points d'échantillonnage des eaux superficielles lors de la campagne de prélèvements de 2016 autour du bassin à résidus



Golder Associates	N° projet :	**1771901-R01-V0**	Client:	**UMICORE**
	Date :	**Décembre 2017**	Projet:	**ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE A RESIDUS**
	Echelle:	**Graphique**	**FIGURE A1 : Localisation de la digue à résidus**	
	Dessiné par :	**CME**		
	Revu par :	**CAN**		

LÉGENDE

- Emprise historique de la digue
- Cours d'eau
- Bassin versant d'Aigues Mortes
- Bassin versant de Palleyrole

0 250 500

METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

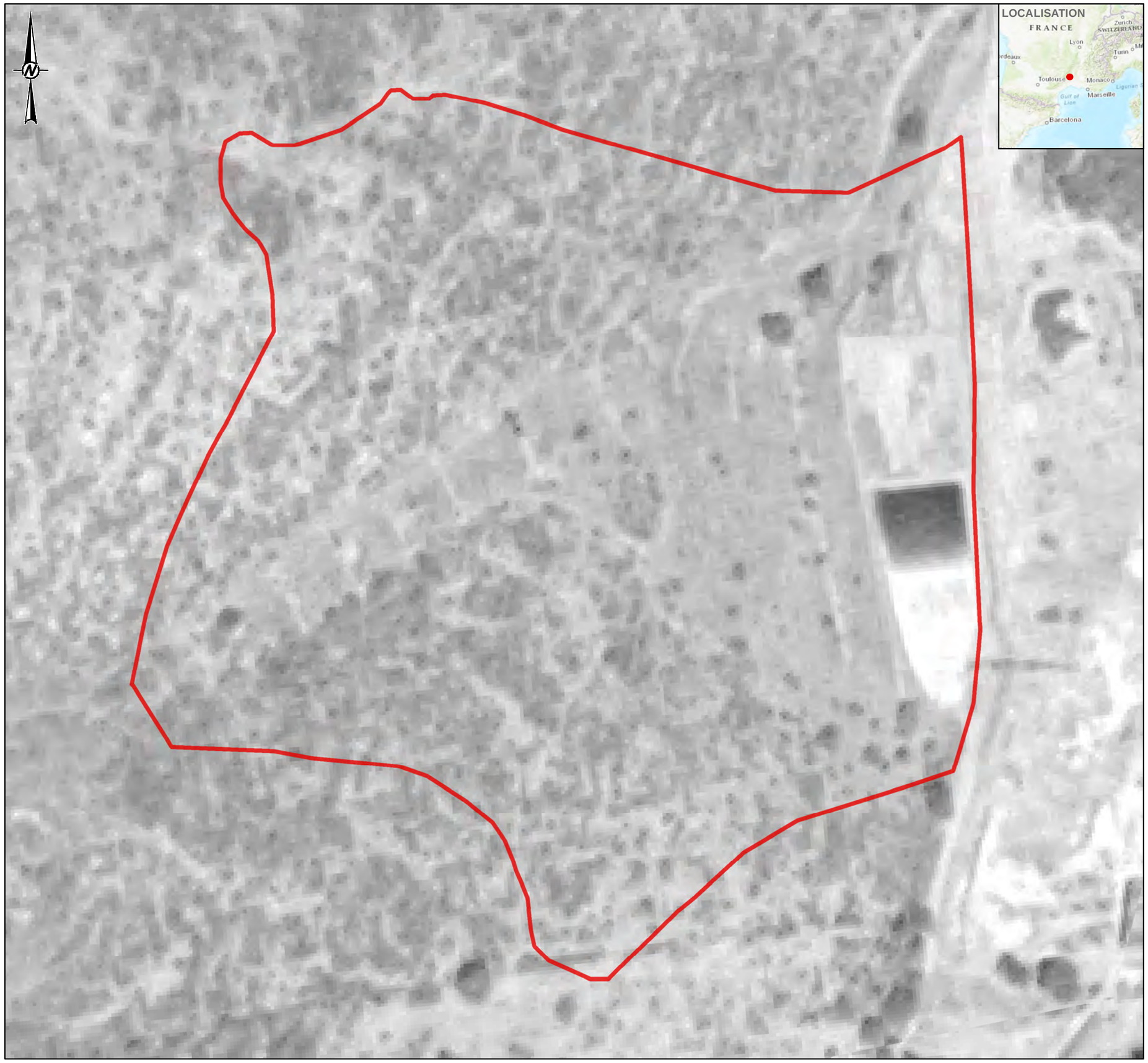
TITRE
CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

CONSULTANT
Golder Associates

DATE	14/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A2

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0



LEGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50

METRES

REFERENCE(S)

1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 1946

CLIENT

UMICORE

PROJET

ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE

VUE AÉRIENNE HISTORIQUE (1946)

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	**A3**

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0

LÉGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50

METRES

REFERENCE(S)

1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 1955

CLIENT

UMICORE

PROJET

ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE

VUE AÉRIENNE HISTORIQUE (1955)

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	**A4**

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0

LEGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 1962

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
VUE AÉRIENNE HISTORIQUE (1962)

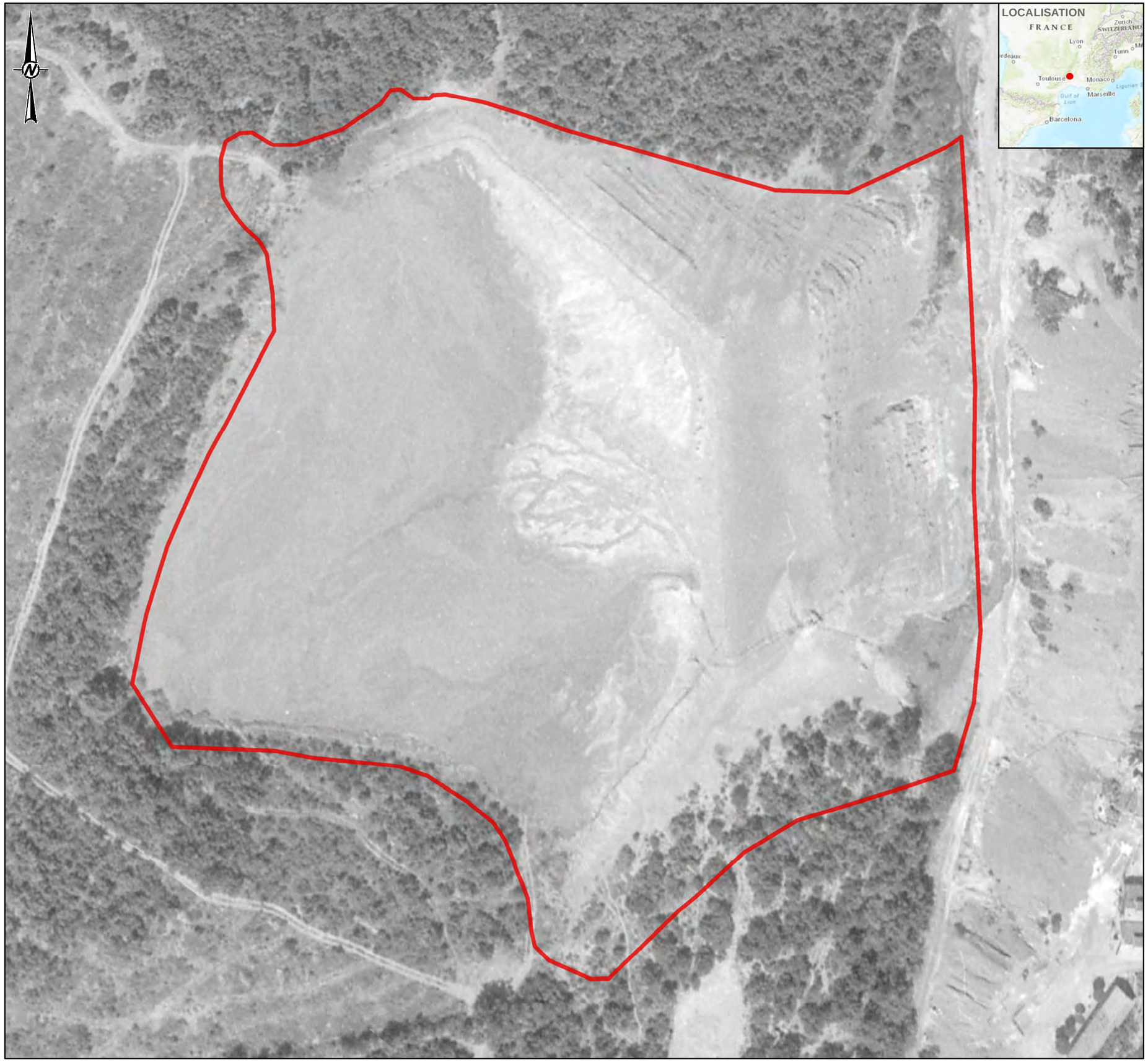
CONSULTANT

Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A5

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0



LEGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 1970

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
VUE AÉRIENNE HISTORIQUE (1970)

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	**A6**

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0

LÉGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 1985

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
VUE AÉRIENNE HISTORIQUE (1985)

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A7

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0

LEGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 1996

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
VUE AÉRIENNE HISTORIQUE (1996)

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	15/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	**A8**

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0

LÉGENDE

Emprise historique de la digue

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
VUE AÉRIENNE ACTUELLE

CONSULTANT
Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	**A9**

25mm
IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3

GÉOMÈTRE-EXPERT
CONSEILLER VALORISER GARANTIR

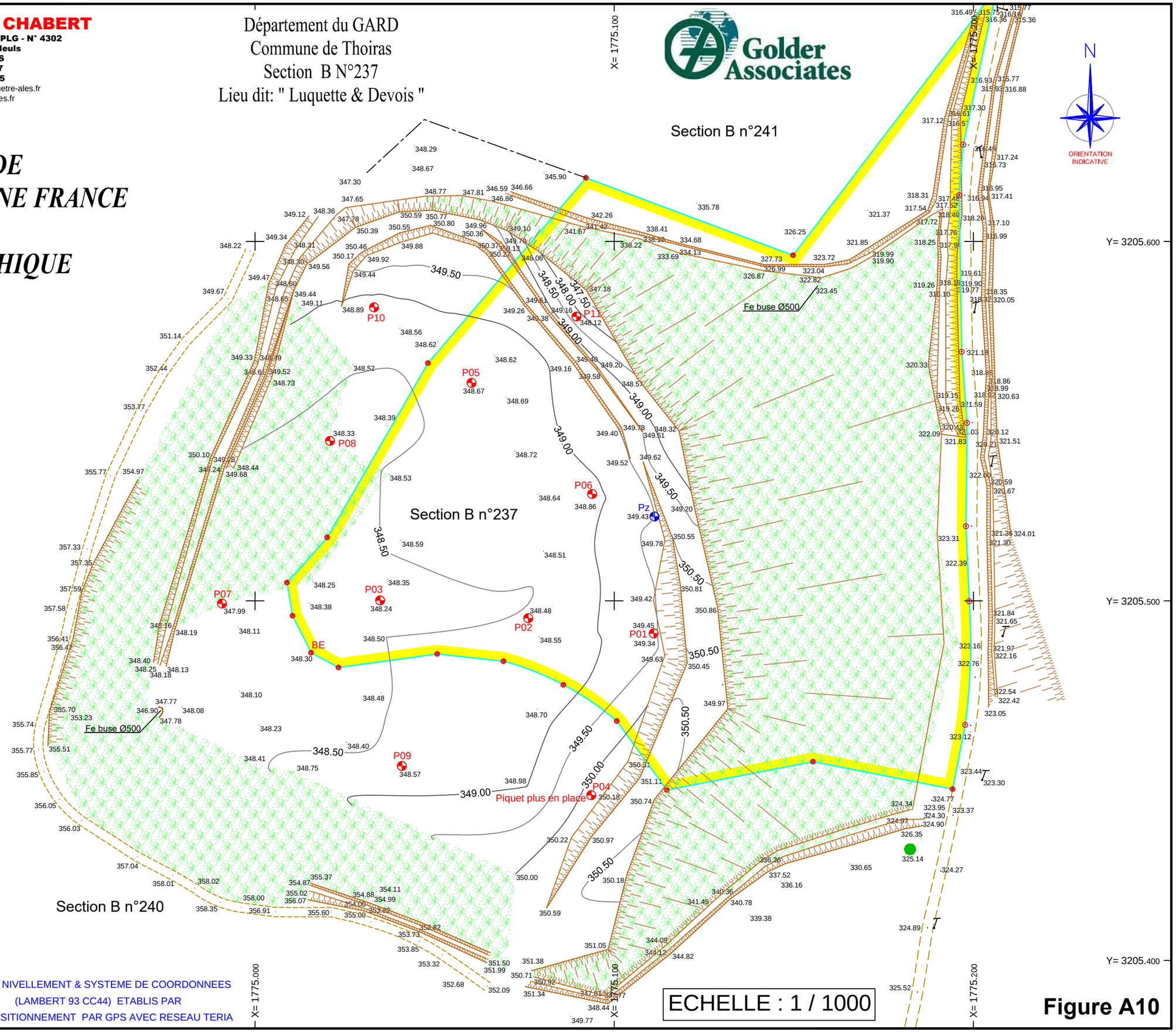
PATRICK CHABERT
Géomètre-expert DPLG - N° 4302
104 chemin des Tilleuls
30100 ALES
Tél : 04 66 52 16 57
Fax : 09 59 80 33 35
E-mail : chabert@geometre-ales.fr
site : www.geometre-ales.fr

Département du GARD
Commune de Thoiras
Section B N°237
Lieu dit: " Luquette & Devois "

Golder Associates

PROPRIETE DE S.A. VIEILLE MONTAGNE FRANCE

PLAN TOPOGRAPHIQUE



LEGENDE

- Limite de propriété
- Application Cadastrale
- Bord chemin
- Mur de soutènement
- Fossé
- Talus
- Poteau PTT
- BE Borne OGE
- Sondage
- Piézomètre
- Zone broussailleuse
- Propriété de S.A. VIEILLE MONTAGNE FRANCE

NOTA: LES LIMITES PÉRIMÉTRIQUES DE LA PARCELLE CADASTRÉE SECTION B N°247 SONT CONFORMES AU PLAN DE BORNAGE DRESSÉ LE 12/01/2012 PAR LE GÉOMÈTRE-EXPERT SOUS LE N° DE DOSSIER 11-112 .

Dressé le 26 Juin 217

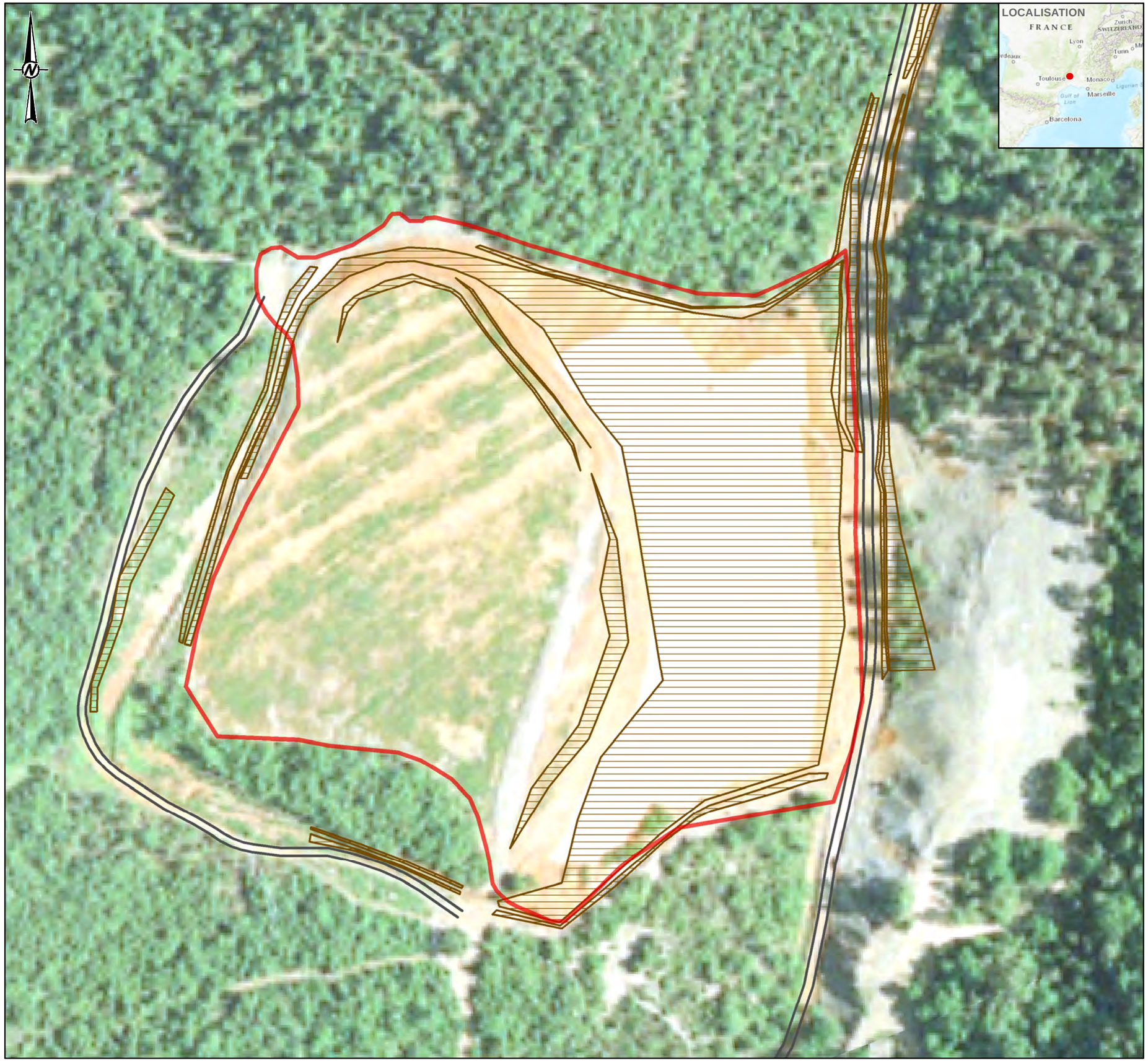
ORDRE DES GEOMETRES EXPERTS
Patrick CHABERT
104 chemin des Tilleuls
30100 ALES
tél 04.66.52.16.57
fax 09.59.80.33.35
chabert@geometre-ales.fr
N° d'inscription 4302

NOTA : NIVELLEMENT & SYSTEME DE COORDONNEES (LAMBERT 93 CC44) ETABLIS PAR GEOPOSITIONNEMENT PAR GPS AVEC RESEAU TERIA

ECHELLE : 1 / 1000

Figure A10

Dossier N°11-112-2017 reproduction interdite



LEGENDE

- Emprise historique de la digue
- Talus

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
PLAN DU GÉOMÈTRE SUR PHOTO AÉRIENNE PRISE DURANT LES TRAVAUX (1996)

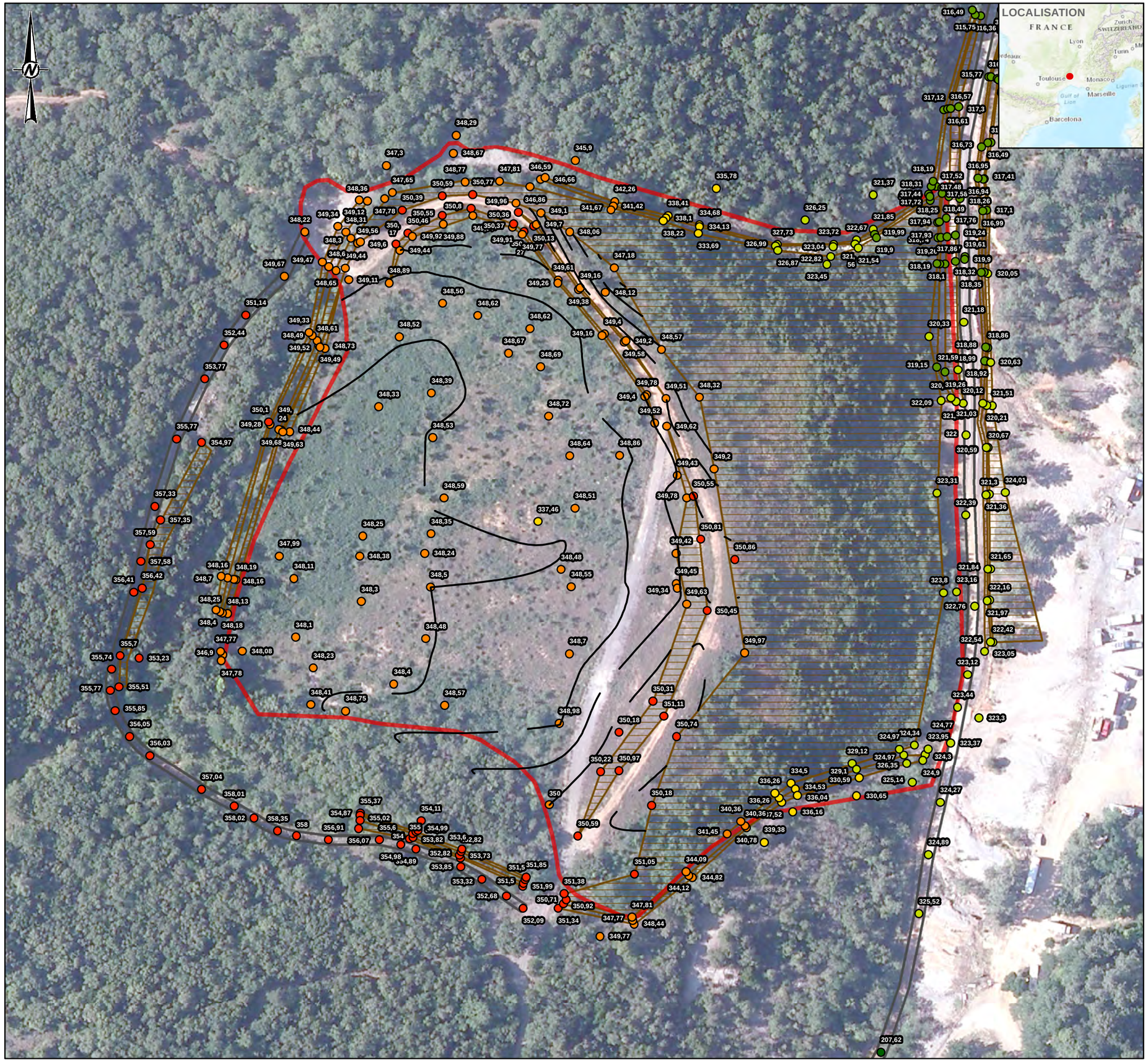
CONSULTANT

Golder Associates

DATE	05/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A11

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0



LEGENDE

- Emprise historique de la digue
- Talus
- Chemins

Altitude [m NGF]

- 195 - 310
- 310 - 320
- 320 - 330
- 330 - 340
- 340 - 350
- 350 - 360
- Isoligne

0 25 50 METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

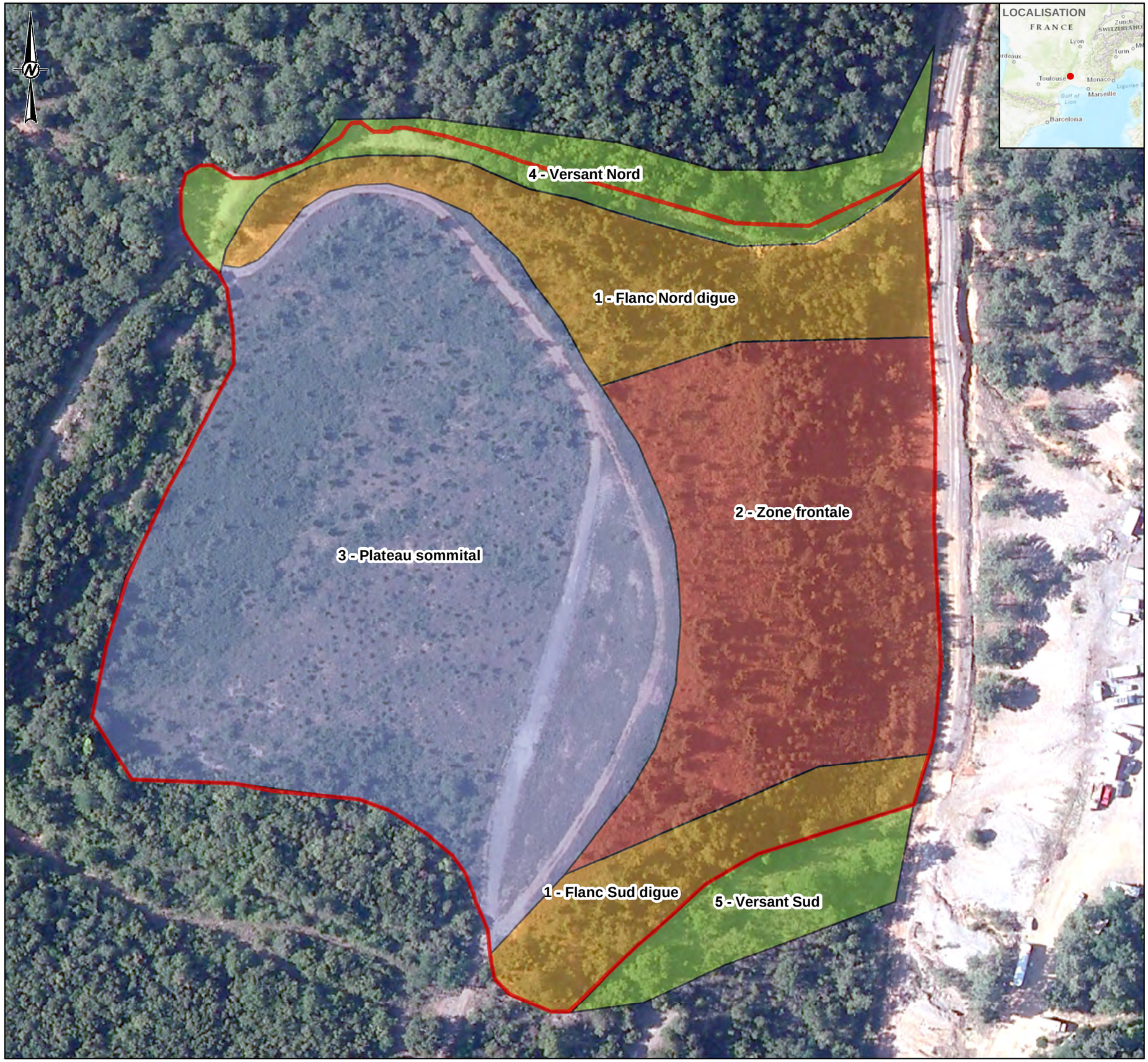
TITRE
COTE ALTIMETRIQUE SUR FOND DE PHOTO AERIENNE (2010)

CONSULTANT
Golder Associates

DATE	05/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A12

25mm
IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3



LÉGENDE

Emprise historique de la digue

Zonage actuel du site

- Flancs de la digue
- Plateau sommital
- Versants extérieurs de la digue
- Zone Frontale de la digue

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
ZONAGE DE LA DIGUE

CONSULTANT

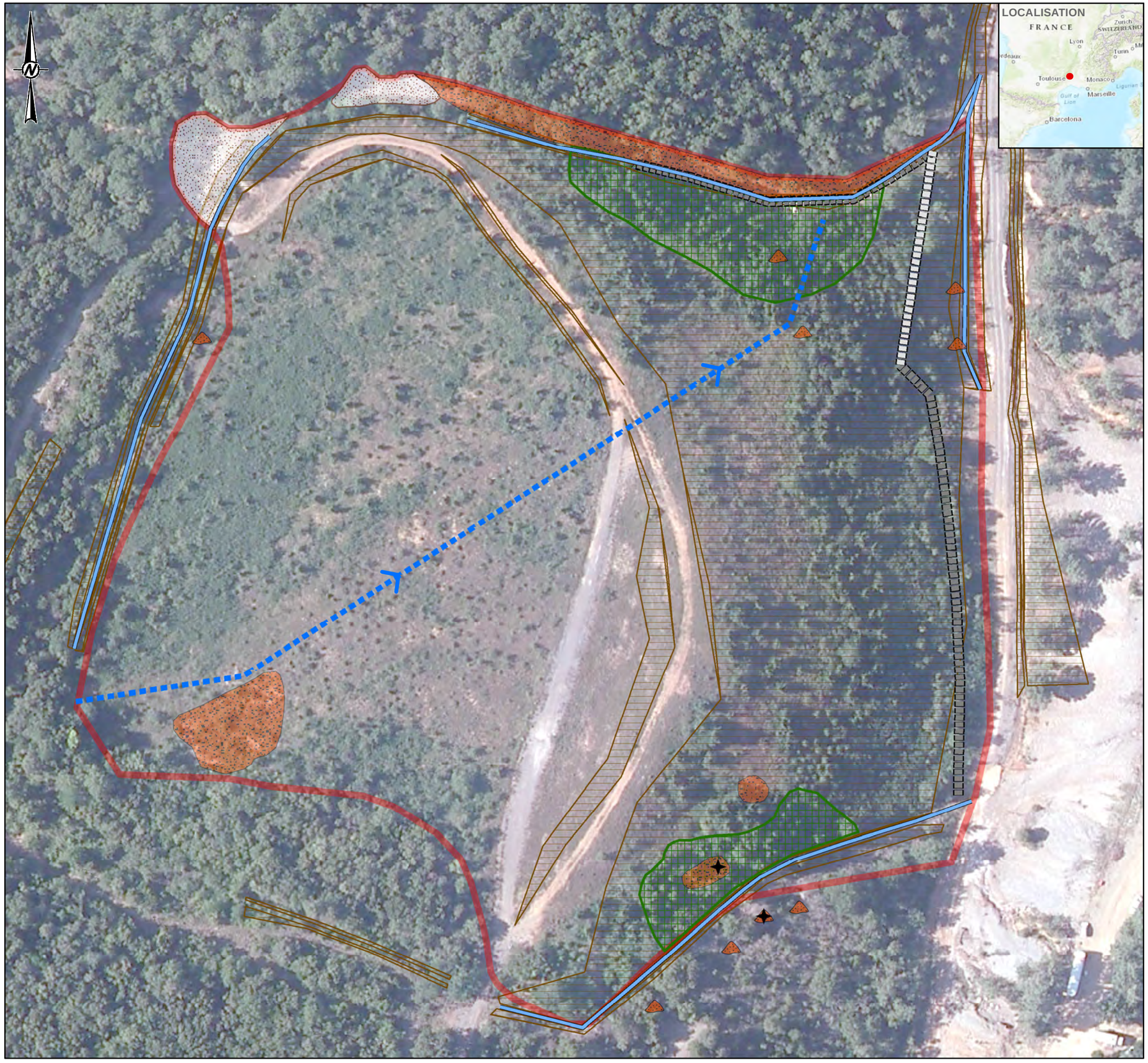
Golder Associates

DATE	15/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A13

PATH: C:\Users\WBerlin\Documents\SIG_Workspace\SIG_UMICORE\MXD\1771901_001_Plan_Localisation.mxd

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0



LÉGENDE

Emprise historique de la digue

Composante hydraulique

Fossé

Canalisation de surverse

Talus

Enrochements

Enrochements observés

Enrochements supposés

Observations liées à la problématique "résidus" et / ou érosion

Zone de résidus affleurants

Zone de résidus récemment recouverte de terre

Observation ponctuelle de résidus

Observation ponctuelle d'érosion

Zone de fascines

0 25 50

METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS DE TERRAIN

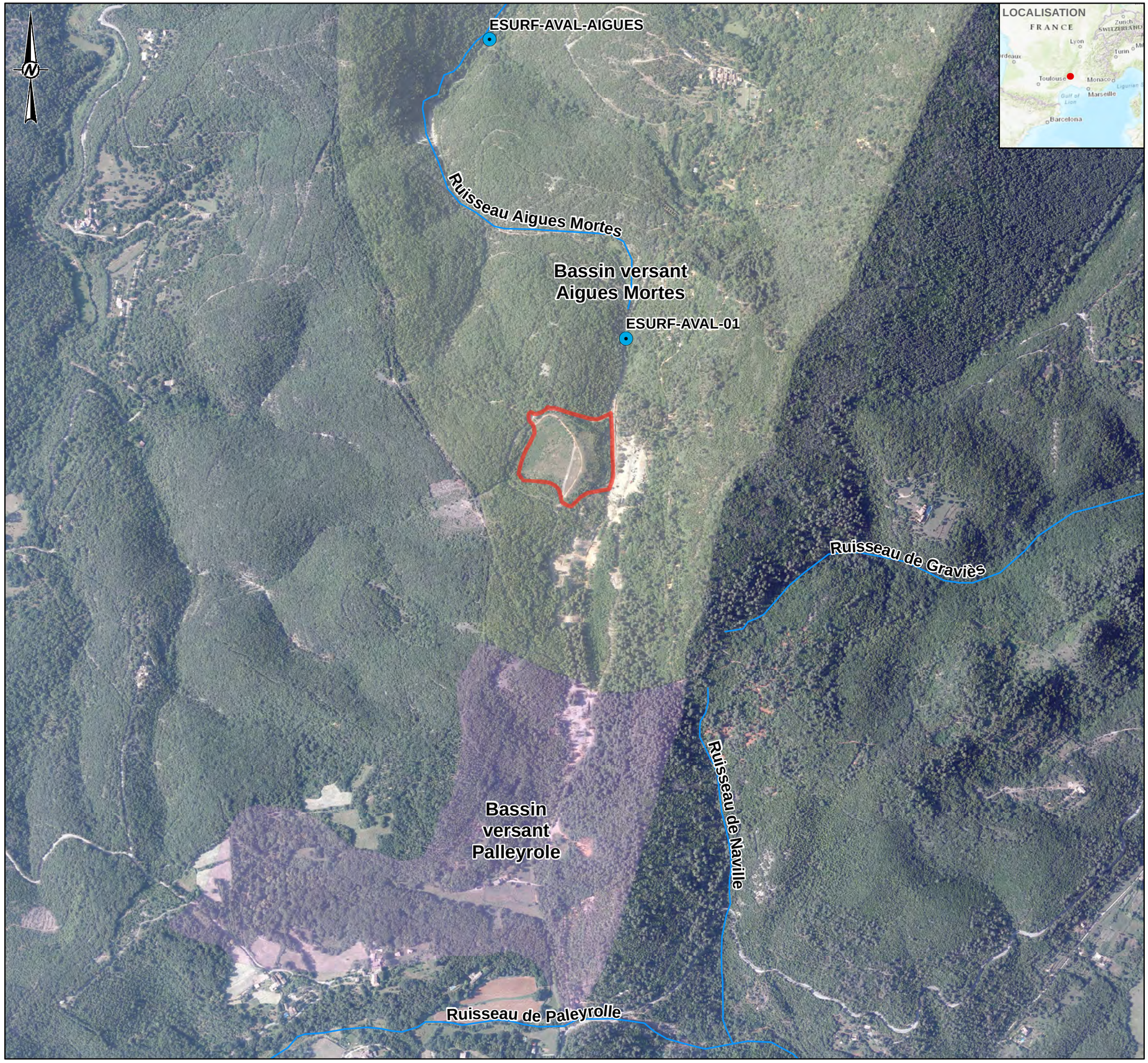
CONSULTANT

Golder Associates

DATE	08/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	**A14**

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0



LÉGENDE

- Emprise historique de la digue
- Cours d'eau
- Bassin versant d'Aigues Mortes
- Bassin versant de Palleyrole

Points d'échantillonage

- Eau de Surface

0 250 500

METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
LOCALISATION DES POINTS D'ÉCHANTILLONAGE DES EAUX SUPERFICIELLES LORS DE LA CAMPAGNE DE 2016 (VUE GÉNÉRALE)

CONSULTANT
Golder Associates

DATE	14/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A15

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3
25mm
0

LÉGENDE

- Emprise historique de la digue
- Bassin versant d'Aigues Mortes
- Bassin versant de Palleyrole

Points d'échantillonage

- Eau de Surface

0 50 100

METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE DU DEPOT DE LA DIGUE À RÉSIDUS

TITRE
LOCALISATION DES POINTS D'ÉCHANTILLONAGE DES EAUX SUPERFICIELLES LORS DE LA CAMPAGNE DE 2016 AUTOUR DU BASSIN À RÉSIDUS

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	14/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R01-V0	1	A	A16

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3

25mm

PATH: \\lyn1-s-main01\Projects\2017_Projets\1771901_UMICORE_EDD\5- Documents de travail\1_SIG\MXD\1771901_XX_Prelevement_Eau_Sup_Zoom.mxd

ANNEXE B

Fiches météorologiques

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981−2010 et records

NIMES−COURBESSAC (30)

Indicatif : 30189001, alt : 59m, lat : 43°51'24"N, lon : 04°24'18"E

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
	La température la plus élevée (°C)										Records établis sur la période du 01−01−1922 au 19−01−2014		
	21.3	23.8	27.3	30.7	34.7	39.1	38.8	41.6	35.4	31.9	26.1	20.6	**41.6**
Date	30−2013	05−1933	21−1990	08−2011	31−2001	29−1935	24−2006	09−1923	03−2006	04−2011	03−1970	18−1987	**1923**
	Température maximale (moyenne en °C)												
	11.0	12.4	16.0	18.6	23.0	27.5	31.0	30.5	25.7	20.4	14.5	11.3	**20.2**
	Température moyenne (moyenne en °C)												
	6.8	7.8	10.9	13.5	17.5	21.7	24.9	24.4	20.3	16.0	10.5	7.4	**15.2**
	Température minimale (moyenne en °C)												
	2.7	3.2	5.8	8.3	12.1	15.8	18.7	18.4	14.9	11.5	6.5	3.6	**10.2**
	La température la plus basse (°C)										Records établis sur la période du 01−01−1922 au 19−01−2014		
	−12.2	−14.0	−6.8	−2.0	1.0	2.3	5.0	9.2	5.4	−1.0	−4.8	−9.7	**−14.0**
Date	07−1985	23−1948	02−2005	04−1935	09−1925	15−1923	24−1925	30−1935	30−1974	30−1932	30−1925	28−1962	**1948**
	Nombre moyen de jours avec												
Tx >= 30°C	.	.	.	.	0.9	8.3	20.6	17.8	3.1	0.1	.	.	**50.7**
Tx >= 25°C	.	.	0.3	1.5	9.5	22.2	29.6	29.1	17.8	2.8	.	.	**112.8**
Tx <= 0°C	0.4	0.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	**0.5**
Tn <= 0°C	7.6	5.8	1.5	0.1	.	.	.	.	.	.	1.9	5.5	**22.3**
Tn <= −5°C	0.7	0.2	0.0	.	.	.	.	.	.	.	.	0.2	**1.1**
Tn <= −10°C	0.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**0.1**
	Tn : Température minimale, Tx : Température maximale												
	La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)										Records établis sur la période du 01−01−1922 au 19−01−2014		
	95.0	81.9	86.9	70.5	132.4	63.8	89.0	129.3	215.2	266.8	122.6	103.2	**266.8**
Date	11−1932	11−1987	30−1948	28−1928	24−1948	14−2007	14−2001	26−1987	06−2005	12−1990	10−1923	24−1957	**1990**
	Hauteur de précipitations (moyenne en mm)												
	64.7	47.3	40.4	65.1	58.5	40.9	28.2	53.3	96.4	119.2	83.1	65.8	**762.9**
	Nombre moyen de jours avec												
Rr >= 1 mm	5.7	5.2	4.9	6.8	5.9	4.4	2.8	3.8	5.2	7.0	6.8	5.8	**64.2**
Rr >= 5 mm	2.7	2.5	2.1	3.8	3.0	2.4	1.2	2.2	3.2	4.1	3.6	3.2	**34.0**
Rr >= 10 mm	1.9	1.8	1.3	2.1	1.8	1.2	0.8	1.6	2.4	3.1	2.4	1.9	**22.2**
	Rr : Hauteur quotidienne de précipitations												

Edité le : 29/01/2014 dans l'état de la base

N.B.: La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues
en l'état ou sous forme de produits dérivés est strictement interdite sans l'accord de METEO−FRANCE

METEO−FRANCE − Direction de la Production
42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex
https://public.meteofrance.com/public

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1981−2010 et records

NIMES−COURBESSAC (30)

Indicatif : 30189001, alt : 59m, lat : 43°51'24"N, lon : 04°24'18"E

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
	Degrés Jours Unifiés (moyenne en °C)												
	346.8	288.7	220.5	137.8	42.8	4.8	0.1	0.1	10.4	77.1	225.2	327.4	**1681.7**
	Rayonnement global (moyenne en J/cm²) Données non disponibles												
	Durée d'insolation (moyenne en heures)												
	141.6	166.3	222.2	229.8	262.0	311.0	341.1	301.6	239.0	166.6	147.9	134.0	**2662.9**
	Nombre moyen de jours avec fraction d'insolation												
= 0 %	6.2	3.2	2.3	3.0	1.4	0.8	0.2	0.2	1.4	3.3	4.7	5.6	**32.0**
<= 20 %	10.1	6.6	5.8	6.1	5.9	2.8	1.5	1.9	5.3	10.3	9.0	10.3	**75.3**
>= 80 %	10.6	11.7	12.7	11.2	11.5	13.4	16.5	15.6	14.3	9.9	10.6	10.4	**148.2**
	Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)												
	26.0	37.5	81.2	109.2	144.4	176.4	198.1	169.0	105.5	58.8	30.3	25.4	**1161.8**
	La rafale maximale de vent (m/s) Records établis sur la période du 01−01−1981 au 19−01−2014												
	33	31	30	28	26	25	26	26	26	28	32	29	**33**
Date	19−2000	27−1990	25−1983	10−2005	07−1987	23−1995	06−1993	17−2003	22−1992	03−1988	14−2004	15−1988	**2000**
	Vitesse du vent moyenné sur 10 mn (moyenne en m/s)												
	3.2	3.2	3.6	3.7	3.3	3.4	3.5	3.3	3.1	3.0	3.2	3.2	**3.3**
	Nombre moyen de jours avec rafales												
>= 16 m/s	7.0	6.4	8.8	7.6	5.0	4.3	5.2	4.4	4.6	5.4	6.5	7.1	**72.4**
>= 28 m/s	0.1	0.2	0.2	0.1	.	.	.	.	.	0.1	0.3	0.1	**1.1**
	16 m/s = 58 km/h, 28 m/s = 100 km/h												
	Nombre moyen de jours avec												
Brouillard	1.2	1.2	1.5	0.5	0.5	0.2	0.3	0.4	1.3	0.9	1.1	0.9	**9.9**
Orage	0.3	0.3	0.5	1.6	2.6	3.1	3.0	4.1	3.6	2.2	1.3	0.4	**23.1**
Grêle	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	.	**1.1**
Neige	0.8	0.6	0.2	.	.	.	.	.	.	.	0.3	0.5	**2.4**

− : donnée manquante . : donnée égale à 0

Ces statistiques sont établies sur la période 1981−2010 sauf pour les paramètres suivants : insolation (1991−2010), ETP (2001−2010).

Edité le : 29/01/2014 dans l'état de la base

N.B.: La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues en l'état ou sous forme de produits dérivés est strictement interdite sans l'accord de METEO−FRANCE

METEO−FRANCE − Direction de la Production
42 avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex
https://public.meteofrance.com/public

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 1 heure − Méthode GEV Locale−Régionale

Statistiques sur la période 1999−2014

GENERARGUES (30)

Indicatif : 30129001, alt : 139 m., lat : 44°04'24"N, lon : 03°58'36"E

L'échantillon des fortes pluies ayant servi à ajuster les paramètres de la **loi Locale−Régionale GEV :**
- contient **51** valeurs **maximales annuelles**
- provient également des **3** stations : **30269006 (ST_JEAN_DU_GARD), 30068001 (CARDET), 30101001 (DEAUX)** situées sur un **rayon de 13.4 km**

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	64.7 mm	55.4 mm	76.4 mm
10 ans	82.4 mm	70.9 mm	100.3 mm
20 ans	102.9 mm	88.7 mm	131.2 mm
30 ans	116.5 mm	100.0 mm	153.4 mm
50 ans	135.8 mm	116.3 mm	186.9 mm
75 ans	152.9 mm	130.0 mm	218.7 mm
100 ans	166.2 mm	140.1 mm	245.6 mm

Paramètre de forme k = −0.26

Paramètre d'échelle = 14.45 Paramètre de localisation = 38.2

VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITE

Station	Hauteur observée	Date
30068001 (CARDET)	135.8 mm	07/09/2010
30129001 (GENERARGUES)	123.7 mm	09/09/2002
30101001 (DEAUX)	117.6 mm	07/09/2010
30068001 (CARDET)	96.8 mm	08/09/2002
30269006 (ST_JEAN_DU_GARD)	81.1 mm	17/09/2014

** Les précipitations en 1 heure sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.*

Edité le : 15/09/2017

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO−FRANCE

Pôle Régional de relation Clients
63, Chemin de l'Aérodrome 30000 NIMES
Tél. : 04 42 95 90 70 − Fax : . − Email : contact.sud−est@meteo.fr

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 1 heure − Méthode GEV Locale−Régionale

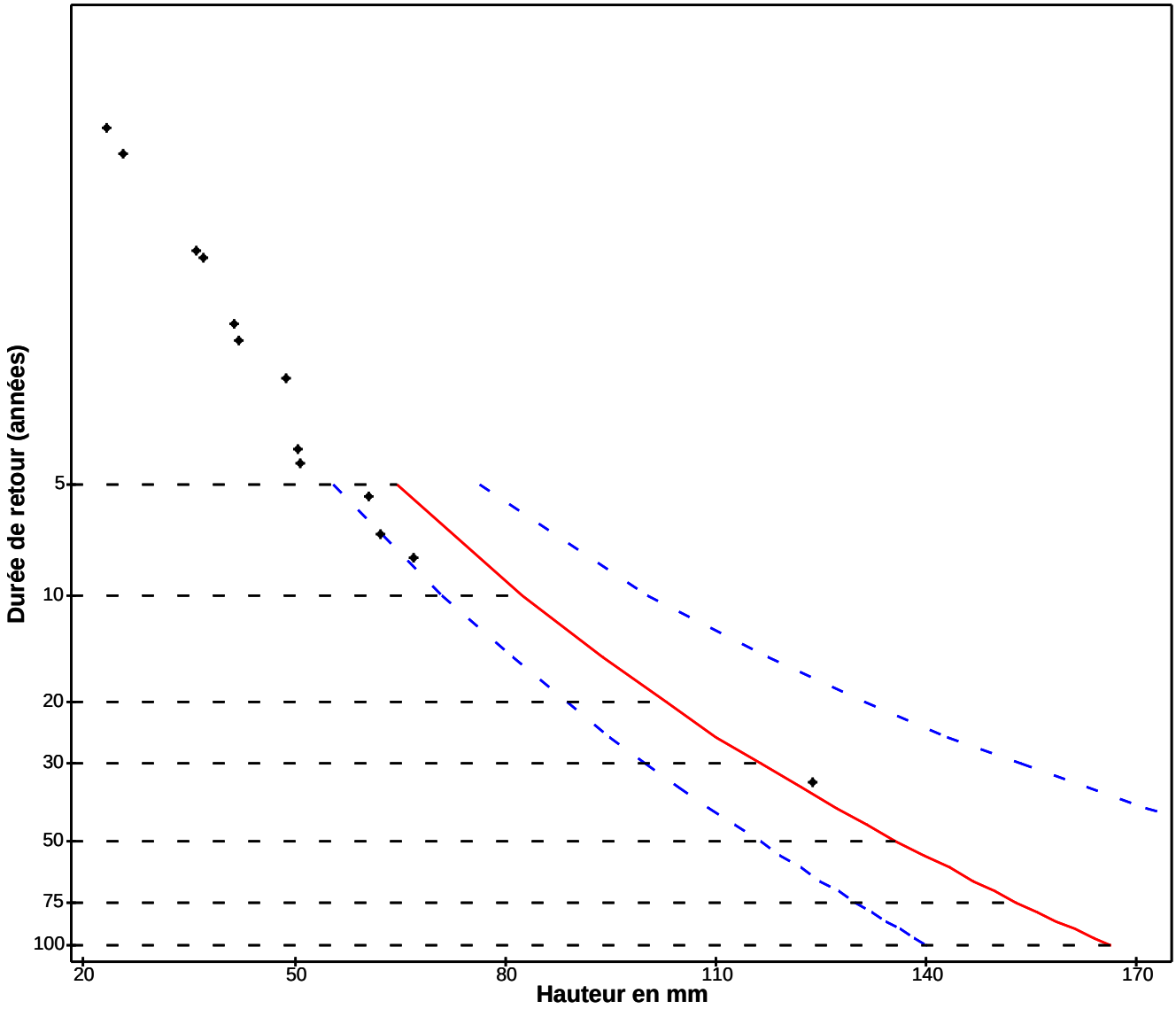
Statistiques sur la période 1999−2014

GENERARGUES (30)

Indicatif : 30129001, alt : 139 m., lat : 44°04'24"N, lon : 03°58'36"E

GRAPHIQUE D'AJUSTEMENT

La droite donne la hauteur de précipitations estimée pour une durée de retour exprimée en années.
Les observations sont pointées. L'intervalle de confiance à 70 % est représenté en pointillés.



Edité le : 15/09/2017

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO−FRANCE

Pôle Régional de relation Clients
63, Chemin de l'Aérodrome 30000 NIMES
Tél. : 04 42 95 90 70 − Fax : . − Email : contact.sud−est@meteo.fr

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 24 heures − Méthode GEV Locale−Régionale

Statistiques sur la période 1999−2014

GENERARGUES (30)

Indicatif : 30129001, alt : 139 m., lat : 44°04'24"N, lon : 03°58'36"E

L'échantillon des fortes pluies ayant servi à ajuster les paramètres de la **loi Locale−Régionale GEV :**
− contient **124** valeurs **maximales annuelles**
− provient également des **5** stations : **30269006 (ST_JEAN_DU_GARD), 30101001 (DEAUX), 30352002 (VILLEVIEILLE), 34274001 (ST_MARTIN_DE_LONDRES), 30189001 (NIMES−COURBESSAC)** situées sur un **rayon de 42 km**

Durée de retour	Hauteur estimée	Intervalle de confiance à 70 %	
5 ans	221.2 mm	190.5 mm	258.2 mm
10 ans	280.5 mm	242.6 mm	333.8 mm
20 ans	350.0 mm	304.4 mm	428.0 mm
30 ans	396.6 mm	345.0 mm	493.8 mm
50 ans	462.7 mm	401.2 mm	593.4 mm
75 ans	522.0 mm	450.9 mm	687.1 mm
100 ans	568.1 mm	489.3 mm	764.5 mm

Paramètre de forme k = −0.27

Paramètre d'échelle = 47.3 Paramètre de localisation = 133.58

VALEURS MAXIMALES DE L'ECHANTILLON TRAITE

Station	Hauteur observée	Date
30129001 (GENERARGUES)	586.8 mm	08/09/2002
30269006 (ST_JEAN_DU_GARD)	362.2 mm	08/09/2002
30101001 (DEAUX)	295.4 mm	08/09/2002
30189001 (NIMES−COURBESSAC)	267.0 mm	12/10/1990
30189001 (NIMES−COURBESSAC)	264.1 mm	02/10/1988

** Les précipitations en 24 heures sont issues de mesures de l'intensité des précipitations par pas de 6 minutes et sont décomptées sur 24 heures glissantes.*

Edité le : 15/09/2017

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO−FRANCE

Pôle Régional de relation Clients
63, Chemin de l'Aérodrome 30000 NIMES
Tél. : 04 42 95 90 70 − Fax : . − Email : contact.sud−est@meteo.fr

DUREES DE RETOUR DE FORTES PRECIPITATIONS

Episode : 24 heures − Méthode GEV Locale−Régionale

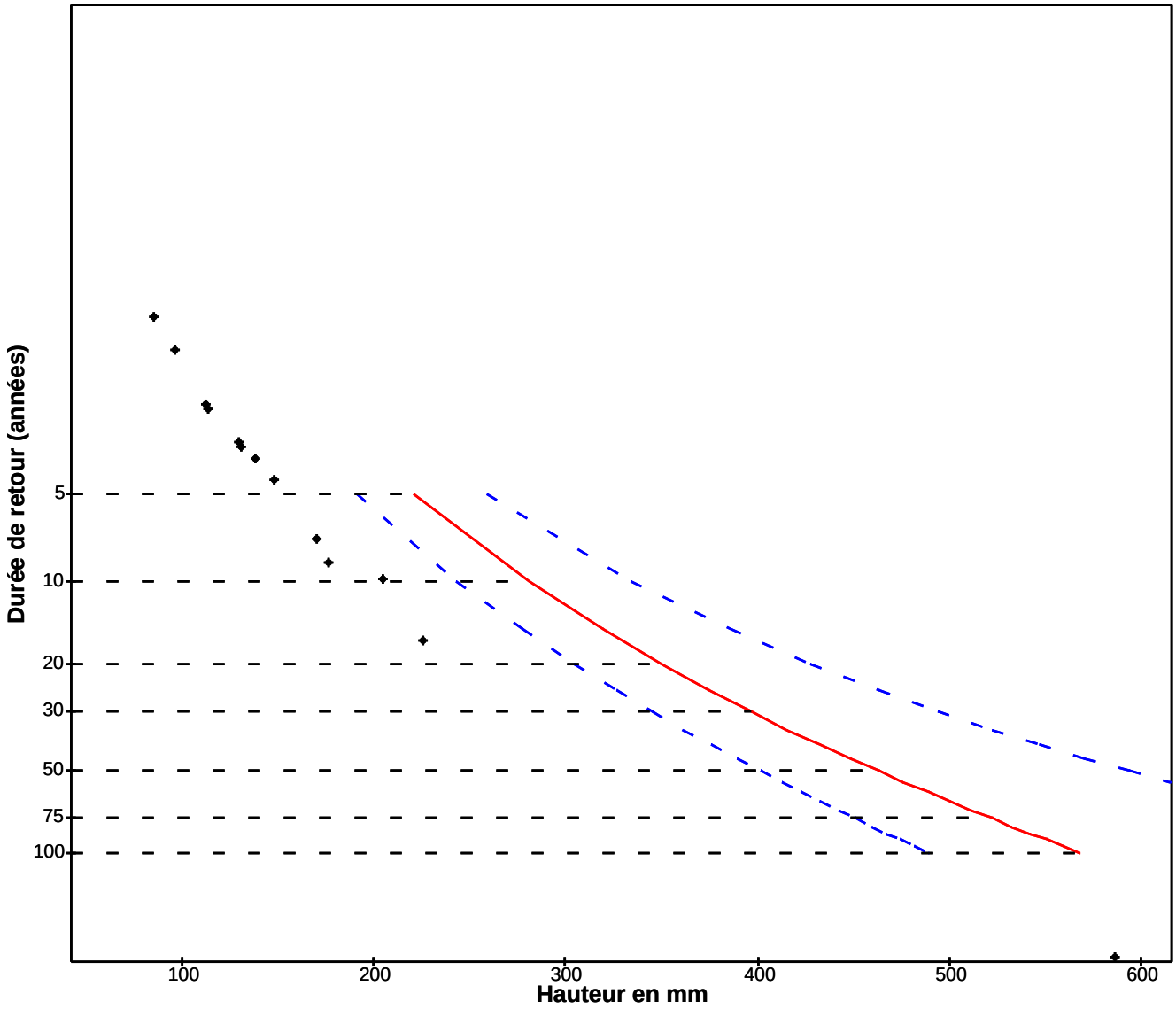
Statistiques sur la période 1999−2014

GENERARGUES (30)

Indicatif : 30129001, alt : 139 m., lat : 44°04'24"N, lon : 03°58'36"E

GRAPHIQUE D'AJUSTEMENT

La droite donne la hauteur de précipitations estimée pour une durée de retour exprimée en années.
Les observations sont pointées. L'intervalle de confiance à 70 % est représenté en pointillés.



Edité le : 15/09/2017

N.B. : La vente, redistribution ou rediffusion des informations reçues,
en l'état ou sous forme de produits dérivés, est strictement interdite sans l'accord de METEO−FRANCE

Pôle Régional de relation Clients
63, Chemin de l'Aérodrome 30000 NIMES
Tél. : 04 42 95 90 70 − Fax : . − Email : contact.sud−est@meteo.fr

ANNEXE C

Fiches BASOL et BASIAS

LRO3002037

Fiche Détaillée

Pour connaitre le cadre réglementaire et la méthodologie de l'inventaire historique régional, consultez le préambule départemental.

1 - Identification du site

Unité gestionnaire : LRO
Créateur(s) de la fiche : VERET E.
Date de création de la fiche : (*) 15/01/1999
Nom(s) usuel(s) : MINE DE SAINT FELIX à la Croix de Pallières
Raison(s) sociale(s) de l'entreprise :

Raison sociale	Date connue (*)
UMICORE, ex UNION MINIERE, ex Vieille Montagne	

Etat de connaissance : Pollué connu
Visite du site : Oui, site localisé
Modificateur(s) de la fiche :

Nom modificateur	Date connue (*)
BRGM/BASIAS	12/02/2014

2 - Consultation à propos du site

Consultation mairie : Oui
Date consultation mairie : (*) 08/09/1998
Réponse mairie : Oui

3 - Localisation du site

Dernière adresse : Lieu dit Croix de pallières
Code INSEE : 30252
Commune principale : SAINT-FELIX-DE-PALLIERES (30252)
Zone Lambert initiale : Lambert III

Projection	L.zone (centroïde)	L2e (centroïde)	L93 (centroïde)	L2e (adresse)
X (m)	729600	729747	776436	
Y (m)	193700	1893604	6326332	

Carte géologique :

Carte	Numéro carte	Huitième
LE VIGAN	937	

4 - Propriété du site

Propriétaires :

Nom (raison	Date de	Type	Exploitant

sociale)	référence (*)		
Vieille Montagne	01/01/1911	Entreprise privée ou son représentant	Oui
Groupement Foncier Agricole ?	01/01/2000	Association	Non

Nombre de propriétaires actuels : Multiple

Commentaire : Le site a été succesivement la propriété notamment de "Vieille Montagne", Union Minière et UMICORE. Une partie a été vendue (2000 ??) à une association

5 - Activités du site

Etat d'occupation du site : Activité terminée

Date de première activité : (*) 01/01/1809

Date de fin d'activité : (*) 16/07/1971

Origine de la date : DCD=Date connue d'après le dossier

Historique des activités sur le site :

N° ordre	Libellé activité	Code activité	Date début (*)	Date fin (*)	Importance	groupe SEI	Date du début	Ref. dossier	Autres infos
1	Extraction d'autres minerais de métaux non ferreux	B07.29Z	01/01/1809	16/07/1971	Autorisation	1er groupe	DCD=Date connue d'après le dossier	AD30_1032W152 - Internet et Arrêté prefectoral du 16/07/1971	

Produit(s) utilisé(s) ou généré(s) par l'activité du site :

N° activité	Libellé produit	Code produit	Quantite m3	Quantité tonne/semaine
1	Plomb, Litharge	B14		
2	Zinc	B19		

Exploitant(s) du site :

Nom de l'exploitant ou raison sociale	Date de début d'exploitation (*)	Date de fin d'exploitation (*)
Vieille Montagne	01/01/1911	16/07/1971

Commentaire(s) : Extraction de pyrite, zinc et plomb

6 - Utilisations et projets

Nombre d'utilisateur(s) actuel(s) : Multiple

7 - Utilisateurs :

Nom utilisateur	Type d'utilisateur	Statut utilisateur
Associations	Association	Propriétaire

Site en friche :	Oui
Site réaménagé :	Non
Commentaire :	La mairie signale en 1998 que : "Un dossier exhaustif de réhabilitation du site a été élaboré par l'Union Minière et Bugeco (Bureau d'Etude). La DRIRE notamment, ainsi que la Préfecture et Sous-Préfecture du Gard, doivent avoir ce dossier. Nous en possédons, également, un en mairie."

8 - Environnement

9 - Etudes et actions

Etude(s) connue(s) ? : Oui

Requalification paysagère connue ? : Non

Sélection des sites	Test de sélection des sites	Date de première étude connue (*)	Nature de la décision
Diagnostic approfondi des risques :	Etude INERIS en 2004		

10 - Document(s) associé(s)

11 - Bibliographie

Source d'information : Archives départementales du Gard 1032W152

Autre(s) source(s) : Mairie de Saint Félix de Pallières (8/09/1998)

12 - Synthèse historique

Historique : Cette mine faisait partie de l'ensemble d'industries extractives des Mines de Pallières.

La concession de pyrite de fer de Pallières est accordée à André Bardet en 1809, puis confirmée et rendue perpétuelle pour son gendre, Jules Mirial, en 1812. Agrandie en 1822 par l'apport de la concession de la Gravoulière, l'exploitation reste artisanale et alimente principalement l'usine de vitriol Mirial jusqu'à la constitution, vers 1856, de la Compagnie des mines de Pallières. En 1844 : découverte de la présence en profondeur de sphalérite et de galène (minerais de zinc et plomb). Après 1857, développement important, la pyrite est livrée à Salindres (usine Péchiney) et à Marseille, la sphalérite à l'usine de zinc de la Grand-Combe.
En 1865 : 1er four de grillage du minerai (J.B. Pastre directeur). Déclin progressif, puis passage au début du 20e siècle (1911) à la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne qui exploite le site jusqu'à sa fermeture en 1971. Il n'y eut pas de production de 1914 à 1916, mais un rééquipement complet achevé en 1920. L'usine de traitement du minerai (broyage et concentration) fut construite en 1926 et un nouveau puits fut fonçé en 1947.

«…L'arrêté préfectoral du 16 juillet 1971 donne acte de la déclaration d'abandon de tous les travaux de la mine de la Croix de Pallières par la Société de la Vieille Montagne après épuisement des réserves

exploitables connues à cette époque".
De 1975 à 1981, le BRGM, dans le cadre d'un partenariat pour la recherche d'extension du minerai de Pb-Zn avec la Société de la Vieille Montagne, a entrepris une campagne d'exploration générale (géochimie, géophysique, sondages, ...) sur le secteur s'étendant de la Croix de Pallières jusqu'à Durfort, au sud du horst de Pallières. L'ensemble des sondages réalisé par le BRGM sur la période n'a pas trouvé de minéralisations économiques suffisantes pour relancer l'exploitation, laquelle a cessé en juillet 1971 conformément aux écrits du dernier exploitant "Sté Vieille Montagne".

La société Vieille-Montagne fusionna en 1989 avec d'autres sociétés actives dans les non-ferreux pour donner l'Union Minière.
Union minière est devenue Umicore en 2001, entreprise belge de production de métaux, spécialisée dans la production de zinc et de produits avancés (pour les nouvelles technologies), métaux précieux, catalyseurs, etc.
Le terrain a été acquis pour partie par une association "Groupement Foncier Agricole". Le contrat renvoie aux arrêtés préfectoraux faisant état du passé minier du site. Les bâtiments du carreau furent détruits en 1991.

Description géologique : La mine est adossée à une structure en horst active durant la sédimentation liassique et qui fait apparaître le socle granitique. Ce horst met en évidence deux zones sédimentaires : à l'ouest, un bassin triassique et liasique (de Mialet-Thairas) et à l'est, le bassin languedocien avec des marches d'effondrements.
Minéralogie : Le minerai était constitué de sphalérite et galène dans des couches dolomitiques. La galène est peu argentifère, mais contient 14 % de fer, 6,5 kg par tonne de cadmium et 350 gr par tonne de germanium.

13 - Etudes et actions Basol

(*) La convention retenue pour l'enregistrement des dates dans la banque de données BASIAS est la suivante :
- si la date n'est pas connue, le champ est saisi ainsi : 01/01/1111, ou sans date indiquée.
- si les dates ne sont pas connues mais qu'une chronologie relative a pu être établie dans une succession d'activités, d'exploitants, de propriétaires, ...etc., les champs "date" sont successivement :

- - 01/01/1111,
- - 01/01/1112,
- - 01/01/1113,
- - ou sans date indiquée,

- si l'année seule est connue, le champ date est : 01/01/année précise,
- si la date est connue précisément, elle est notée : jour/mois/année.

Pollution des sols : BASOL

Base de données BASOL sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif

Télécharger au format CSV

Région : Occitanie
Département : 30
Site BASOL numéro : 30.0031
Situation technique du site : Site nécessitant des investigations supplémentaires
Date de publication de la fiche : 26/05/2016
Auteur de la qualification : DREAL GS Gard/Lozère

Localisation et identification du site

Nom usuel du site : LA CROIX DE PALLIERES
Localisation :
Commune : Saint-Félix-de-Pallières
Arrondissement :
Code postal : - **Code INSEE :** 30252 (233 habitants)
Adresse :
Lieu-dit :
Agence de l'eau correspondante : Rhône - Méditerranée - Corse
Code géographique de l'unité urbaine : 30000 : (124 740 habitants)

Géoréférencement :

Référentiel	Coordonnée X	Coordonnée Y	Précision	Précision (autre)
LAMBERT93	775245	6327830	Adresse (rue)	

Référentiel	Coordonnée X	Coordonnée Y	Précision	Précision (autre)
LAMBERT II ETENDU				

Parcelles cadastrales :
Non défini

Plan(s) cartographique(s) :
- plan-cartographique-30.0031--1.pdf
- plan-cartographique-30.0031--2.pdf

Responsable(s) actuel(s) du site :

il s'agit

Qualité du responsable :

Caractérisation du site à la date du 18/08/2014

Description du site :
La zone d'étude est localisée dans le département du GARD (30) sur une partie du territoire des communes de St-FELIX-DE-PALLIERES, de THOIRAS et de TORNAC. Elle se trouve au sein du périmètre d'un ensemble d'anciennes concessions minières : CROIX DE PALLIERES, PALLIERES ET GRAVOUILLERE et VALLERAUBE (ancienne mine Joseph).

La zone d'étude comprend deux anciens sites miniers :
- dans la partie nord, la zone des anciennes mines de la Vieille Montagne,
- dans la partie sud-est, la zone de l'ancienne mine Joseph.

Le périmètre de l'étude est concerné par deux bassins versants et intègre les abords des deux ruisseaux d'Aiguesmortes et de Paleyrolle jusqu'à leur débouché (Gardon de Saint Jean et Ourne respectivement).

La mine Joseph se situe dans les limites de la concession de pyrite de fer de VALLERAUBE et dans la concession de la CROIX DE PALLIERES. Les travaux miniers ont concerné un massif pyritique qui affleure de part et d'autre du ruisseau de Paleyrolle.

La mine Joseph fut exploitée dès l'époque romaine pour la galène argentifère. Elle a été exploitée de manière conséquente avant 1907 (pas d'indication connue de la production). Entre 1948 et 1955, 24 000 t de minerai renfermant 4,5 % de plomb métal environ auraient été extraits. En 1955, la mine Joseph est abandonnée.

L'activité en surface semblait limitée à quelques bâtiments et aucun traitement de minerai n'aurait été réalisé sur site.

En ce qui concerne les travaux de sécurisation, les bâtiments en ruine ont été rasés en 1990 et tous les accès aux travaux souterrains ont été effondrés et nivelés au bull ou à la pelle mécanique.

Les concessions CROIX DE PALLIERES et PALLIERES ET GRAVOUILLERE ont été exploitées pour la pyrite, le plomb, le zinc et l'argent.

Le gisement de la mine de la CROIX DE PALLIERES est un minerai sulfuré de zinc et de plomb argentifère, la blende étant largement majoritaire (Zn/Pb = 4).

Une partie de cette concession de la CROIX DE PALLIERES est incluse dans la concession de pyrite de fer de PALLIERES ET GRAVOUILLERE, gisement exploité artisanalement et alimentant principalement l'usine de vitriol exploitée au lieu-dit la fabrique de 1812 à 1856. Après 1857, la pyrite est livrée à SALINDRES (usine Péchiney) et à MARSEILLE, la sphalérite à l'usine de zinc de LA GRAND'COMBE.

Le gisement de la CROIX DE PALLIERES, connu depuis l'époque romaine, a donné lieu à trois grandes périodes d'exploitation dès 1844 (année de découverte du gisement de minerai de zinc et de galène argentifère de Pallières) : 1844 - 1888, 1911 - 1931 et enfin 1948 - 1971.

La mine a produit, lors de son exploitation, 80 000 t de zinc, 34 000 t de plomb, 30 t d'argent, 520 t de cadmium et 28 t de germanium.

Environ 130 personnes étaient employées en période d'activité normale du chantier minier et de la laverie.

La mine de la CROIX DE PALLIERES possédait de nombreux bâtiments en surface sur le carreau de l'exploitation : laboratoires, hangars, ateliers, cantines, logements, transformateurs, etc. Les bâtiments au niveau du carreau de la mine furent détruits en 1991.

En ce qui concerne la concertation préalable à la mise en sécurité du site, des réunions associant notamment les élus des communes de St-FELIX-DE-PALLIERES et de THOIRAS, la DRIRE ainsi que le dernier exploitant minier (UNION MINIERE FRANCE SA devenue UMICORE) ont été organisées les 01.12.1994, 11.06.1996 et 06.05.1998.

Comme suite au déroulement des procédures administratives réglementaires en vigueur, les actes suivants ont été pris :

- arrêté préfectoral du 25.01.1999 donnant acte de l'arrêt définitif des travaux et de la cessation d'utilisation des installations minières sur les deux concessions de pyrite de fer dites de VALLERAUBE et de PALLIERES ET GRAVOUILLERES et prescrivant des mesures complémentaires pour ce qui est de la concession de mines de zinc, plomb, argent et autres métaux, le fer excepté, dite concession LA CROIX DE PALLIERES ; ces mesures complémentaires concernaient exclusivement le dépôt de résidus de laverie (surveillance, maintenance, inscription d'une servitude au registre des hypothèques),

- arrêté préfectoral n°99/1738 du 06.07.1999 donnant acte de l'arrêt définitif des travaux d'utilisation d'installations minières dans la concession de mines de zinc, plomb, argent et autres métaux, le fer excepté, dite concession CROIX DE PALLIERES,

- arrêté ministériel du 19.03.2004 acceptant la renonciation de la société UMICORE à la concession de mines de zinc, plomb argentifère et autres métaux, le fer excepté, dite concession CROIX DE PALLIERES,

- arrêté ministériel du 18.05.2004 acceptant la renonciation de la société UMICORE à la concession de mines de pyrite de fer, dite concession de PALLIERES ET GRAVOUILLERES,

- arrêté ministériel du 14.04.2005 acceptant le renonciation de la société UMICORE à la concession de mines de pyrite de fer, dite concession de VALLERAUBE.

En conséquence, la police des mines ne s'exerce plus, au profit de la police du Maire et sous la responsabilité du propriétaire foncier.

La zone d'étude comprend un habitat dispersé ou hameau ainsi qu'un dépôt occupé par une association "La Mine, espace temporaire d'accueil". Ce dépôt, situé sur le territoire communal de THOIRAS, présente de fortes marques d'érosion. Les propriétaires du site, animateurs de l'association, ont été informés de la situation par la DRIRE et la DDASS dès 2007 ; ils ont alors annoncé que le dépôt n'était occupé que temporairement.

A noter la présence - côté THOIRAS - d'un autre dépôt de résidus de laverie résultant de l'activité industrielle connexe à l'activité minière de l'époque ; les minerais extraits y étaient concentrés par flottation. Ce dépôt est aujourd'hui totalement végétalisé, et sa gestion est assurée par l'ancien exploitant minier UMICORE.

Description qualitative :
Dans le cadre de l'application de la circulaire SEI du 05.09.2005 relative à l'action nationale "sites et sols pollués au plomb", la DRIRE LANGUEDOC-ROUSSILLON a cherché à identifier, à partir des connaissances disponibles, les sites miniers ou industriels connexes susceptibles de présenter des pollutions au plomb.

Parmi les sites identifiés dans le GARD (30), celui de LA CROIX DE PALLIERES, avec ses vestiges d'anciennes installations de traitement de minerai de plomb à proximité d'habitations, a été identifié comme présentant des zones à fortes concentrations en plomb et autres métaux, à l'issue de la mission d'inventaire des risques miniers environnementaux pour la région LANGUEDOC-ROUSSILLON, confiée par la DRIRE à son expert GEODERIS. Ce dernier a conclu son travail par la rédaction d'une fiche intitulée "CROIX DE PALLIERES" communiquée par courrier du 11.12.2008 du Préfet aux maires de St-FELIX-DE-PALLIERES et de THOIRAS.

Le Ministère, saisi par la DRIRE des résultats de ce travail, ne retient alors pas ce site parmi ceux à traiter en priorité, en raison de l'habitat dispersé et de l'occupation à l'époque temporaire du dépôt occupé par l'association "La Mine, espace temporaire d'accueil".

Une occupation résidentielle permanente du dépôt ainsi que l'organisation de rassemblements musicaux - sans précaution particulière - in situ ont été constatées depuis fin 2010.

Une étude d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) a été lancée en juillet 2012 ; la recherche de compatibilité, ou non, entre les usages actuels et les milieux est appelée Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM). Il s'agit d'une démarche réalisée en application de la méthodologie nationale en matière de gestion des sites et sols pollués.

La réalisation d'une IEM sur l'ancien site minier de St-FELIX-DE-PALLIERES, THOIRAS et TORNAC a été déléguée au BRGM qui a sélectionné comme prestataire le bureau d'études ICF ENVIRONNEMENT.

Le 04.07.2013, les principaux résultats de l'IEM ont été présentés à M. le Préfet, aux services concernés ainsi qu'aux élus de St-FELIX-DE-PALLIERES et THOIRAS.

Compte tenu des résultats des investigations complémentaires de terrain menées en 2013 (analyses complémentaires de l'air ambiant extérieur réalisées en août 2013 et caractérisation des eaux superficielles et sédiments échantillonnés en octobre 2013), une mise à jour des grilles de calculs de l'IEM a été finalisée en mars 2014, sans toutefois remettre en cause les principales conclusions déjà présentées.

L'IEM comprend 5 secteurs d'études (voir plans cartographiques à la rubrique B - Identification du site) :
- ancienne mine Joseph et usages aval ruisseau de Paleyrolle (secteur 1)
- riverains au sud des anciennes mines de la Vieille Montagne (secteur 2)
- anciennes mines de la Vieille Montagne (secteur 3)
- Gravouillère et Fabrique (secteur 4)
- Pallières et usages aval ruisseau Aigues Mortes (secteur 5)

Les milieux suivants ont été investigués : sols superficiels, eaux aux points d'usage (recensés), eaux superficielles et sédiments (pas d'usage recensé), air et denrées alimentaires.

Les résultats de l'IEM sur la compatibilité des usages actuels avec les milieux sont :
- secteurs 1 et 3 jugés incompatibles pour le milieu sols, dans les zones au droit des anciennes activités minières : secteur 1 à proximité d'un gîte (anciennes activités de traitement du minerai) / secteur 3 : plusieurs zones le long de la route (zones de dépôts et haldes)

- secteurs 2 et 4 jugés majoritairement dans la zone d'incertitude pour le milieu sols. A noter dans le secteur 4, la présence d'une zone avec ancienne activité d'extraction de pyrite (avant les années 1900)

- secteur 5 jugé compatible. Ce secteur s'est révélé être un "vrai" secteur témoin

L'intégralité de l'étude IEM (3 rapports) a été communiquée aux mairies de St-FELIX-DE-PALLIERES, de THOIRAS et de TORNAC.

Description du site

Origine de l'action des pouvoirs publics : AUTRE
ACTION PLOMB
Date de la découverte : 01/08/2010

Origine de la découverte :

- [ ] Recherche historique
- [ ] Travaux
- [x] Transactions
- [ ] Dépôt de bilan
- [ ] cessation d'activité, partielle ou totale
- [ ] Information spontanée
- [ ] Demande de l'administration
- [ ] Analyse captage AEP ou puits ou eaux superficielles
- [ ] Pollution accidentelle

Autre : Habitat devenu permanent du dépôt investi par l'association "La Mine, espace temporaire d'accueil"

Types de pollution :

- [ ] Dépôt de déchets
- [ ] Dépôt aérien
- [ ] Dépôt enterré
- [ ] Dépôt de produits divers
- [x] Sol pollué
- [ ] Nappe polluée
- [ ] Pollution non caractérisée

Origine de la pollution ou des déchets ou des produits :

- [ ] Origine accidentelle
- [x] Pollution due au fonctionnement de l'installation
- [ ] Liquidation ou cessation d'activité
- [ ] Dépôt sauvage de déchets
- [x] Autre

Situation technique du site

Evénement	Prescrit à la date du	Etat du site	Date de réalisation

Interprétation de l'état des milieux (IEM)	18/07/2011	Site nécessitant des investigations supplémentaires

Démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), actée par lettre du Ministre d'Etat et, par délégation par le Directeur Général de la Prévention des Risques, par lettre en date du 18/07/2011

Rapports sur la dépollution du site : *Aucun document n'a été transféré pour le moment.*

Caractérisation de l'impact

Déchets identifiés (s'il s'agit d'un dépôt de déchets) :

- [ ] Déchets non dangereux
- [ ] Déchets dangereux
- [ ] Déchets inertes

Produits identifiés (s'il s'agit d'un dépôt de produits) :

- [ ] Ammonium
- [ ] Arsenic (As)
- [ ] Baryum (Ba)
- [ ] BTEX (Benzène, Toluène, Ethyl-benzène et Xylènes)
- [ ] Cadmium (Cd)
- [ ] Chlorures
- [ ] Chrome (Cr)
- [ ] Cobalt (Co)
- [ ] Cuivre (Cu)
- [ ] Cyanures
- [ ] H.A.P.
- [ ] Hydrocarbures
- [ ] Mercure (Hg)
- [ ] Molybdène (Mo)
- [ ] Nickel (Ni)
- [ ] PCB-PCT
- [ ] Pesticides
- [ ] Substances radioactives
- [ ] Plomb (Pb)
- [ ] Sélénium (Se)
- [ ] Solvants halogénés
- [ ] Solvants non halogénés
- [ ] Sulfates
- [ ] TCE (Trichloroéthylène)
- [ ] Zinc (Zn)

Autres :

Polluants présents dans les sols :

- [ ] Ammonium
- [x] Arsenic (As)
- [ ] Baryum (Ba)
- [ ] BTEX
- [x] Cadmium (Cd)
- [ ] Chlorures
- [ ] Chrome (Cr)
- [ ] Cobalt (Co)
- [ ] Cuivre (Cu)
- [ ] Cyanures
- [ ] H.A.P.
- [ ] Hydrocarbures
- [ ] Mercure (Hg)
- [ ] Molybdène (Mo)
- [ ] Nickel (Ni)
- [ ] PCB-PCT
- [ ] Pesticides
- [x] Plomb (Pb)
- [ ] Sélénium (Se)
- [ ] Solvants halogénés
- [ ] Solvants non halogénés
- [ ] Substances radioactives
- [ ] Sulfates
- [ ] TCE
- [x] Zinc (Zn)

Autre(s) polluant(s) présent(s) dans les sols :
Antimoine (Sb) Fer (Fe) Manganèse (Mn)

Polluants présents dans les nappes :

- [ ] Aluminium (Al)
- [ ] Ammonium
- [ ] Arsenic (As)
- [ ] Baryum (Ba)
- [ ] BTEX
- [ ] Cadmium (Cd)
- [ ] Chlorures
- [ ] Chrome (Cr)
- [ ] Cobalt (Co)
- [ ] Cuivre (Cu)
- [ ] Cyanures
- [ ] Fer (Fe)
- [ ] H.A.P.
- [ ] Hydrocarbures
- [ ] Mercure (Hg)
- [ ] Molybdène (Mo)
- [ ] Nickel (Ni)
- [ ] PCB-PCT

- [ ] Pesticides
- [ ] Sélénium (Se)
- [ ] Solvants non halogénés
- [ ] Sulfates
- [ ] Zinc (Zn)
- [ ] Plomb (Pb)
- [ ] Solvants halogénés
- [ ] Substances radioactives
- [ ] TCE

Autre(s) polluant(s) présent(s) dans les nappes :
Aucun

Polluants présents dans les sols ou les nappes :

- [ ] Ammonium
- [ ] Baryum (Ba)
- [ ] Cadmium (Cd)
- [ ] Chrome (Cr)
- [ ] Cuivre (Cu)
- [ ] H.A.P.
- [ ] Mercure (Hg)
- [ ] Nickel (Ni)
- [ ] Pesticides
- [ ] Sélénium (Se)
- [ ] Solvants non halogénés
- [ ] TCE (Trichloroéthylène)
- [ ] Arsenic (As)
- [ ] BTEX (Benzène, Toluène, Ethyl-benzène et Xylènes)
- [ ] Chlorures
- [ ] Cobalt (Co)
- [ ] Cyanures
- [ ] Hydrocarbures
- [ ] Molybdène (Mo)
- [ ] PCB-PCT
- [ ] Plomb (Pb)
- [ ] Solvants halogénés
- [ ] Sulfates
- [ ] Zinc (Zn)

Autres :

Risques immédiats :

- [ ] Produits inflammables
- [ ] Produits explosifs
- [ ] Produits toxiques
- [ ] Produits incompatibles
- [ ] Risque inondation
- [ ] Risque inondation
- [ ] Fuites et écoulements
- [ ] Accessibilité au site

Importance du dépôt ou de la zone polluée :
Tonnage (tonne) :
Volume (m3) :
Surface (ha) :

Informations complémentaires :
Aucune

Environnement du site

Zone d'implantation :

Hydrogéologie du site :

- [ ] Absence de nappe.
- [ ] Présence d'une nappe.

Utilisation actuelle du site :

- [ ] Site industriel en activité.
- [ ] Site industriel en friche.
- [x] Site ancien réutilisé
  - [ ] Zone résidentielle
  - [ ] Zone agricole
  - [x] Zone naturelle
  - [ ] Espace vert accueillant du public
  - [ ] Équipements sportifs
  - [ ] Commerce, artisanat
  - [ ] Parking

- [ ] École
- [ ] Autres établissements recevant du public (ERP)
- [ ] Autre :

Impacts constatés :

- [ ] Captage AEP arrêté (aduction d'eau potable)
- [ ] Teneurs anormales dans les eaux superficielles et/ou dans les sédiments
- [ ] Teneurs anormales dans les eaux souterraines
- [ ] Teneurs anormales dans les végétaux destinés à la consommation humaine ou animale
- [ ] Plaintes concernant les odeurs
- [ ] Teneurs anormales dans les animaux destinés à la consommation humaine
- [x] Teneurs anormales dans les sols
- [ ] Santé
- [ ] Sans
- [ ] Inconnu
- [ ] Pas d'impact constaté après dépollution

poussières

Surveillance du site

Milieu surveillé :

- [ ] Eaux superficielles, fréquence (n/an) :
- [ ] Eaux souterraines, fréquence (n/an) :

Etat de la surveillance :

- [ ] Absence de surveillance justifiée

Raison :

- [ ] Surveillance différée en raison de procédure en cours

Raison :

Début de la surveillance :
Arrêt effectif de la surveillance :
Résultat de la surveillance à la date du :
Résultat de la surveillance, autre :

Restrictions d'usage et mesures d'urbanisme

Restriction d'usage sur :

- [ ] L'utilisation du sol (urbanisme)
- [ ] L'utilisation du sous-sol (fouille)
- [ ] L'utilisation de la nappe
- [ ] L'utilisation des eaux superficielles
- [ ] La culture de produits agricoles

Mesures d'urbanisme réalisées :

- [ ] Servitude d'utilité publique (SUP)

Date de l'arrêté préfectoral :

- [ ] Porter à connaissance risques, article L121-2 du code de l'urbanisme

Date du document actant le porter à connaissance risques L121-2 code de l'urbanisme :

- [ ] Restriction d'usage entre deux parties (RUP)

Date du document actant la RUP :

- [ ] Restriction d'usage conventionnelle au profit de l'Etat (RUCPE)

Date du document actant la RUCPE :

- [ ] Projet d'intérêt général (PIG)

Date de l'arrêté préfectoral :

- [ ] Inscription au plan local d'urbanisme (PLU)
- [ ] Acquisition amiable par l'exploitant
- [ ] Arrêté municipal limitant la consommation de l'eau des puits proche du site

Informations complémentaires :

Traitement effectué

- [ ] **Mise en sécurité du site**
  - [ ] Interdiction d'accès
  - [ ] Gardiennage
  - [ ] Evacuation de produits ou de déchets
  - [ ] Pompage de rabattement ou de récupération
  - [ ] Reconditionnement des produits ou des déchets

Autre :

- [x] **Traitement des déchets ou des produits hors site ou sur le site**
  - [ ] Stockage déchets dangereux
  - [ ] Stockage déchets non dangereux
  - [x] Confinement sur site
  - [ ] Physico-chimique
  - [ ] Traitement thermique

Autre : Dépôt de résidus de laverie totalement végétalisé et dont la gestion est assurée par l'ancien exploitant minier (UMICORE)

- [ ] **Traitement des terres polluées**
  - [ ] Stockage déchets dangereux
  - [ ] Stockage déchets non dangereux
  - [ ] Traitement biologique
  - [ ] Traitement thermique
  - [ ] Excavation des terres
  - [ ] Lessivage des terres
  - [ ] Confinement
  - [ ] Stabilisation
  - [ ] Ventilation forcée
  - [ ] Dégradation naturelle

Autre :

- [ ] **Traitement des eaux**
  - [ ] Rabattement de nappe
  - [ ] Drainage

Traitement :

- [ ] Air stripping
- [ ] Vapour stripping
- [ ] Filtration
- [ ] Physico-chimique
- [ ] Biologique
- [ ] Oxydation (ozonation...)

Autre :

Imprimer la fiche **Pour tout commentaire** Contactez-nous

ANNEXE D

Tableau d'analyse des risques

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
Géotechnique	1 à 5	Toutes zones	Instabilité structurelle de la digue	Hausse de niveau de nappe	E	E	- Les piézomètres réalisés dernièrement révèlent localement la présence d'eau dans les résidus, notamment à la base des résidus - Faible perméabilité mesurée dans les résidus: peut induire des hausses du niveau piézométrique	4	1	En cas de présence d'une zone saturée, l'épaisseur de la zone saturée au sein des résidus influe fortement sur la stabilité de la digue	4E	1E	Pas d'instabilité actuelle constatée influence de la hausse du niveau piézométrique relativement limitée sur la stabilité de la digue			
				Caractéristiques mécaniques des résidus (granulométrie, cisaillement...)	E	E	Les investigations de terrain et essais de laboratoire montrent une cohérence des caractéristiques mécaniques des matériaux rencontrés	4	1	Des changements de caractéristiques des résidus influent sur la stabilité de la digue	4E	1E	les tests de laboratoire indiquent une homogénéité des caractéristiques des matériaux entre eux			
				Hétérogénéité des matériaux	C	C	Les sondages au CPTU présentent de fréquentes variations verticales de résistance et de frottement des terrains traversés, révélant une stratification importante et une lithologie hétérogène au sein des résidus cette hétérogénéité s'observe sur les photographies historiques : nombreuses stratifications visibles dans l'épaisseur de la digue	4	1	Des changements de caractéristiques des résidus influent sur la stabilité de la digue	4C	1C	Les résultats des 4 CPTU réalisés le long de la crête de la digue révèlent une répartition spatiale régulière des différentes formations. ceci est reflété dans les résultats de l'analyse de stabilité (digue géotechniquement stable). Toutefois la méthode de déposition historique des résidus dans l'espace et le temps et l'incertitude subsistante liée à cette méthode invite à la prudence quant à cette homogénéité constatée sur ces 4 CTPTU.	Réalisation d'une campagne de mesure complémentaire au CPTU afin d'affiner le modèle géotechnique utilisé pour les études de stabilité	4E	1E
	3	Plateau sommital	Instabilité structurelle de la digue	Obstruction de la canalisation de surverse	E	E	Accumulation de végétaux à l'entrée de la canalisation, associée à un apport de terre / résidus lors des pluies : colmatage de l'entrée de la canalisation	4	1	Evacuation des eaux météoriques compromise entrainant la mise en charge du plateau sommital	4E	1E	-Augmentation de l'instabilité de la digue due à la mise en charge du plateau sommital - Risque diminué (probabilité de constater l'obstruction) si l'état de la canalisation fait l'objet d'un suivi régulier : intervention possible pour déboucher la canalisation rapidement			
	3	Plateau sommital		Affaissement de la canalisation de surverse	C	C	- Canalisation vétuste - Aucun renseignement historique disponible sur le mode de mise en place et son étanchéité - Présence de fissures et d'eau dans la canalisation	4	1	Evacuation des eaux météoriques compromise entrainant la mise en charge du plateau sommital	4C	1C	- Augmentation de l'instabilité de la digue due à la mise en charge du plateau sommital - Risque aggravé par le côté irréversible de l'avarie : l'affaissement de la canalisation ne peut être réparé : nécessité recourir à une autre méthode pour évacuer les eaux de surfaces sur le plateau sommital	Evacuation des eaux de ruissellement en surface par des fossés de collecte à réaliser Condamnation de la canalisation de surverse	1E	1E
	1	Flancs nord et sud de la digue	Erosion	Fortes pluies	C	C	- Pentes importantes (jusqu'à 25°) favorisant l'érosion - Episodes pluvieux violents fréquents	3	1	- Perte de la stabilité des flancs de la digue - Phénomène de cavage au niveau des enrochements bordiers	3C	1C	Déstabilisation des flancs et accélération de l'érosion	Reprise complète du confinement (pose notamment d'une géogrille de retenue des sols et ensemencement)	1E	1E

PRELIMINAIRE

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environnement)	Fréquence / Vulnérabilité (personnes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
	1	Flancs nord et sud de la digue	Erosion	Dégradation des systèmes existants de stabilisation des pentes : rupture progressive des fascines en bois	A	B	- Etat vétuste et putrescible des matériaux constituant les fascines (bois non traité) - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs	2	1	- Perte de stabilité des résidus en surface - Augmentation de l'érosion et perte progressive de la couverture végétale existante.	2A	1 B	- Déstabilisation des flancs et accélération de l'érosion	Reprise complète du confinement (pose notamment d'une géogrille de retenue des sols et ensemencement)	2E	1E
	2	Zone frontale de la digue	Erosion	Fortes pluies	E	E	Forte végétalisation de la zone frontale	3	1	Perte de la stabilité du talus	3E	1E	- Faible risque de déstabilisation du talus en raison d'un recouvrement végétal important ; - Accélération de l'érosion possible au niveau des zones présentant un défaut de recouvrement			
	3	Plateau sommital	Erosion	Fortes pluies	E	E	- Recouvrement par végétation rase et buissons sur la majeure partie du plateau - Le plateau sommital présente une morphologie plane et horizontale	1	1	Contact entre les terres / résidus et les eaux de surface limité + absence de ruissellement : érosion limitée	1E	1E	Forte végétalisation sur zone plane et horizontale, limitant notablement les risques d'érosion			

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environ-nement)	Fréquence / Vulnérabilité (person-nes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
Environnemental (affleurement de résidus)	1	Flancs nord et sud de la digue	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Vent fort associé à la sécheresse sur des zones exposées au vent	D	D	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Zone fortement végétalisée - Résidus affleurant localement sous le système racinaire des arbres (érosion) et au niveau des fascines dégradées - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs	1	1	- Ingestion et inhalation de poussières - Présence humaine ou animale sur la zone de transport des poussières	1D	1D	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières			
	2	Zone frontale de la digue	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Vent fort associé à la sécheresse sur des zones exposées au vent	E	E	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Zone fortement végétalisée - Résidus affleurant ponctuellement sous le système racinaire des arbres (érosion locale) - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs	1	1	- Ingestion et inhalation de poussières - Présence humaine ou animale sur la zone de transport des poussières	1E	1E	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières			

PRELIMINAIRE

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environ-nement)	Fréquence / Vulnérabilité (person-nes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
	3	Plateau sommital	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Vent fort associé à la sécheresse sur des zones exposées au vent	E	E	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Zone d'affleurement des résidus limitée - Zone végétalisée en majeure partie - Fréquentation peu fréquente de la partie sommitale par des chasseurs et randonneurs	1	1	- Ingestion et inhalation de poussières - Présence humaine ou animale sur la zone de transport des poussières	1E	1E	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières			
	4	Versant extérieur nord de la digue	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Vent fort associé à la sécheresse sur des zones exposées au vent	C	C	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Affleurement des résidus le long du flanc nord du fossé - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs	1	1	- Ingestion et inhalation de poussières - Présence humaine ou animale sur la zone de transport des poussières	1C	1C	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières			
	5	Versant extérieur sud de la digue	**Transport** de poussières lié à l'affleurement ponctuel de résidus	Vent fort associé à la sécheresse sur des zones exposées au vent	D	D	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Affleurement locale des résidus le long du flanc sud du fossé - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs	1	1	- Ingestion et inhalation de poussières - Présence humaine ou animale sur la zone de transport des poussières	1D	1D	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières			
	1	Flancs nord et sud de la digue	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Présence humaine ou animale sur les résidus associée à la sécheresse	B	B	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens au sein de cette période - Zone fortement végétalisée - Résidus affleurant ponctuellement sous le système racinaire des arbres (érosion locale) et au niveau des fascines - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs - fraction pulvérulente favorisant l'envol de poussière lorsque le sol est foulé	2	1	Ingestion et inhalation de poussières	2B	1B	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières	Reprise complète du confinement	2E	1E

PRELIMINAIRE

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environ-nement)	Fréquence / Vulnérabilité (person-nes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
	2	Zone frontale de la digue	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Présence humaine ou animale sur les résidus associée à la sécheresse	E	E	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Zone fortement végétalisée - Résidus affleurant ponctuellement sous le système racinaire des arbres (érosion locale) - Fréquentation peu fréquente de la zone frontale de la digue par des chasseurs et randonneurs	2	1	Ingestion et inhalation de poussières	2E	1E	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières			
	3	Plateau sommital	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Présence humaine ou animale sur les résidus associée à la sécheresse	D	D	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse - Zone d'affleurement des résidus limitée - Zone végétalisée en majeure partie - Fréquentation peu fréquente de la partie sommitale par des chasseurs et randonneurs	2	1	Ingestion et inhalation de poussières	2B	1B	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières		2E	1E
	4	Versant extérieur nord de la digue	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Présence humaine ou animale sur les résidus associée à la sécheresse	A	B	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse -Affleurement des résidus le long du flanc nord du fossé - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs ; - fraction pulvérulente favorisant l'envol de poussière lorsque le sol est foulé	2	1	Ingestion et inhalation de poussières	2A	1B	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Emission de poussière observée par temps sec lorsque les résidus affleurant sont foulés ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières	Reprise complète du confinement	2E	1E
	5	Versant extérieur sud de la digue	**Emission** de poussières liée à l'affleurement ponctuel de résidus	Présence humaine ou animale sur les résidus associés à la sécheresse	B	B	- Zone sujette à des périodes prolongées de sécheresse - Vents moyens pendant la période de sécheresse -Affleurement local des résidus le long du flanc sud du fossé - Fréquentation peu fréquente des flancs extérieurs de la digue par des chasseurs et randonneurs - fraction pulvérulente favorisant l'envol de poussière lorsque le sol est foulé	2	1	Ingestion et inhalation de poussières	2B	1B	- passage d'animaux ; - Toxicité reconnue seulement à partir d'une exposition chronique ; - Emission de poussière observée par temps sec lorsque les résidus affleurant sont foulés ; - Dégradation progressive du confinement existant constatée pouvant engendrer un risque croissant d'émission de poussières	Reprise complète du confinement	2E	1E

PRELIMINAIRE

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environ-nement)	Fréquence / Vulnérabilité (person-nes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
Environnemental (affleurement de résidus)	1 à 5	Toutes zones	Contamination de l'environnement par les **eaux de résurgence en pied de digue**	Fortes pluies	E	E	Pas de résurgence observée au niveau de la digue. Très faible débit (goutte à goutte) en sortie de la canalisation de surverse lors des épisodes de sécheresse	2	1	Contact des eaux de résurgence avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2E	1E	- Contamination des eaux de surface: propagation de la contamination vers les cours d'eau en aval de la digue. - Apport des eaux de résurgence très limité vers les cours d'eau aval			
	1	Flancs nord et sud de la digue	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Fortes pluies, ruissellement	A	E	- Episodes de pluie violents - Confinement dégradé et affleurement des sédiments plus important en raison de l'érosion dans les talwegs - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	2	1	Contact des eaux météoriques avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2A	1E	Contamination des eaux de surface: propagation de la contamination vers les cours d'eau en aval de la digue.	Reprise complète du confinement	4E	1E
	2	Zone frontale de la digue	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Fortes pluies, ruissellement	D	E	- Zone frontale a été recouverte par de la terre végétale, ensemencée et plantée : actuellement fortement végétalisée. - Présence ponctuelle de résidus affleurant sous les racines - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	2	1	Contact des eaux météoriques avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2D	1E	Contamination des eaux de surface: propagation de la contamination vers les cours d'eau en aval de la digue.	Reprise complète du confinement	4E	
	3	Plateau sommital	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Fortes pluies, ruissellement	C	E	- Episodes de pluie violents - affleurement des résidus - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	2	1	Contact des eaux météoriques avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2C	1E	- Contamination des eaux de surface: évacuation des eaux contaminées via la canalisation de surverse et Propagation de la contamination vers les cours d'eau en aval de la digue	Reprise complète du confinement	2C	1E
	4	Versant extérieur nord de la digue	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Fortes pluies, ruissellement	A	E	- Episodes de pluie violents - Affleurement des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante; - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	2	1	Contact des eaux météoriques avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2A	1E	Contamination des eaux de surface: propagation de la contamination vers les cours d'eau en aval de la digue.	Reprise complète du confinement	2E	1E
	5	Versant extérieur sud de la digue	Contamination de l'environnement par les **eaux superficielles de contact**	Fortes pluies, ruissellement	C	E	- Episodes de pluie violents - Affleurement local des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante; - ingestion d'eau par une personne extrêmement peu probable	2	1	Contact des eaux météoriques avec les sédiments : solubilisation des métaux (notamment le zinc et le cadmium)	2C	1E	Contamination des eaux de surface: propagation de la contamination vers les cours d'eau en aval de la digue.	Reprise complète du confinement	2E	1E

PRÉLIMINAIRE

Domaine	Zones concernées		Danger	Mécanisme déclenchant	Fréquence / Vulnérabilité (environ-nement)	Fréquence / Vulnérabilité (person-nes)	Justification de la fréquence	Gravité (environ-nement)	Gravité (person-nes)	Justification de la gravité	Risques (environ-nement)	Risques (person-nes)	Commentaires sur le risque actuel	Mesures pour diminuer le risque	Risque résiduel (environ-nement)	Risques résiduel (person-nes)
	1	Flancs nord et sud de la digue	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Fortes pluies, ravinement des zones non confinées	C	E	Affleurement des sédiments plus important en raison de l'érosion dans les talwegs - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	2	1	Transfert de résidus vers les cours d'eau et points bas en aval de la digue	2C	1E	Extension de la contamination en aval de la digue	Reprise complète du confinement	2E	1E
	2	Zone frontale de la digue	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Fortes pluies, ravinement des zones non confinées	E	E	- Zone frontale a été recouverte par de la terre végétale, ensemencée et plantée : actuellement fortement végétalisée. - Présence locale de résidus affleurant sous les racines - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	2	1	Transfert de résidus vers les cours d'eau et points bas en aval de la digue	2E	1E	Extension de la contamination en aval de la digue			
	3	Plateau sommital	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Fortes pluies, ravinement des zones non confinées	E	E	Zone végétalisée en majeure partie. Zone plane, peu sujette à l'érosion - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	2	1	Transfert de résidus vers les cours d'eau et points bas en aval de la digue	2E	1E	Extension de la contamination en aval de la digue			
	4	Versant extérieur nord de la digue	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Fortes pluies, ravinement des zones non confinées	A	E	Affleurement des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	2	1	Transfert de résidus vers les cours d'eau et points bas en aval de la digue	2A	1E	Extension de la contamination en aval de la digue	Reprise complète du confinement	4E	1E
	5	Versant extérieur sud de la digue	Contamination de l'environnement par **transport de sédiments**	Fortes pluies, ravinement des zones non confinées	B	E	Affleurement local des résidus soumis directement aux précipitations et au lessivage du fond du ravin en cas de présence d'eau courante - ingestion de sédiment par une personne extrêmement peu probable	2	1	Transfert de résidus vers les cours d'eau et points bas en aval de la digue	2B	1E	Extension de la contamination en aval de la digue	Reprise complète du confinement	4E	

PRELIMINAIRE

ANNEXE E

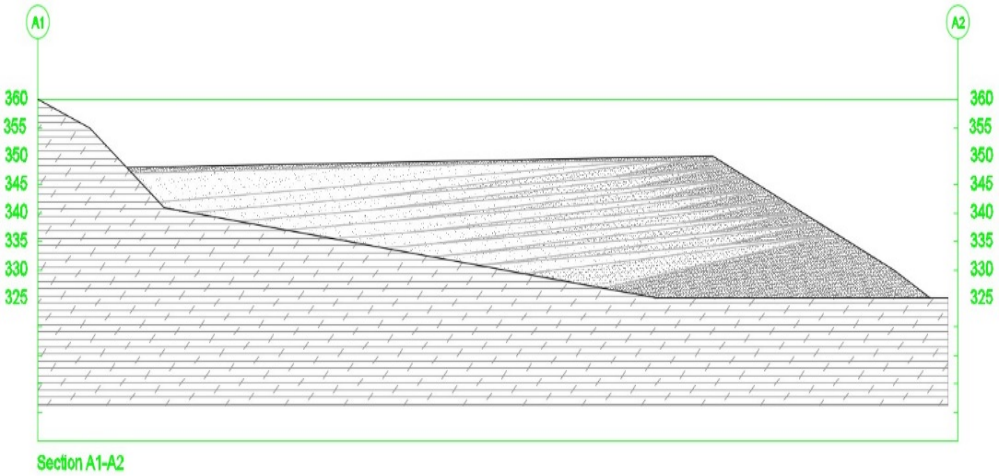
Rapport Golder n°1771901-R02-V1

24/04/2018

UMICORE - ANCIENNE MINE DE VIEILLE MONTAGNE - THOIRAS (30)

Annexe à l'étude du dépôt de la digue à résidus : Etude technique sur la stabilité, le confinement et la gestion des eaux pluviales. Proposition de travaux complémentaires

Présenté à:
UMICORE



RAPPORT

N° du Rapport: 1771901-R02-V1

Distribution:

Lucia Buvé
Jean-François Farrenq

Golder Associates

Preuve d'émission

Entreprise	Contact client	Version	Date d'émission	Mode de livraison
UMICORE	L. Buvé	V0-1 – Préliminaire	22/12/2017	électronique
UMICORE	L. Buvé	V0-2 – Préliminaire	05/03/2018	électronique
UMICORE	L. Buvé	V0-3 – Préliminaire	21/03/2018	électronique
UMICORE	L. Buvé	V0-4 – Préliminaire	22/03/2018	électronique
UMICORE	L. Buvé	V1 – Finale	24/04/2018	électronique

Limitations de l'étude

IMPORTANT : Il est important de lire la présente section avant de prendre connaissance des opinions, conseils, recommandations ou conclusions exprimés dans le présent document.

Le présent rapport a été préparé pour et à la demande d'UMICORE ("le Client"), et présente les résultats de l'étude technique de stabilité, l'étude hydraulique et de confinement réalisé dans le cadre de l'étude du dépôt des résidus de la digue de l'ancienne mine de Vieille Montagne à Thoiras (30) devant être effectuée par Golder Associates Sarl (Golder) aux termes du contrat de Consultant qui lui a été donné par le Client.

Ce document, y compris tous les textes, données, tableaux, plans, figures, dessins et autres document, a été préparé par Golder pour le seul bénéfice d'UMICORE.

Ce rapport est indissociable du rapport de l'étude du dépôt des résidus de la digue de l'ancienne mine de Vieille Montagne (rapport n°177190-R01-V1), dont il représente une annexe. L'ensemble des limitations du rapport n°177190-R01-V1 sont applicables au présent rapport.

Tables des matières

1.0 PRESENTATION 4

2.0 OBSERVATIONS DE TERRAIN 4

3.0 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES 5

3.1 Introduction 5

3.2 Sondages CPT et CPTu 5

3.2.1 Principe 5

3.2.2 Résultats 6

3.2.3 Interprétation 6

3.3 Sondages à la pelle mécanique 7

3.3.1 Description des sondages 7

3.3.2 Résultats 7

3.4 Piézomètres 8

3.5 Tests de pompage-injection 8

4.0 ANALYSES GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRES 9

4.1 Introduction 9

4.2 Essais d'identification et de classification des sols 9

4.2.1 Identification granulométrique 9

4.2.2 Masse volumique 10

4.2.3 Bleu de méthylène 11

4.2.4 Limites d'Atterberg 11

4.2.5 Conclusions et classification des sols 13

4.3 Essais œdométriques 14

4.3.1 Principe 14

4.3.2 Résultats 14

4.4 Essais de cisaillement 15

4.4.1 Principe 15

4.4.2 Résultats 15

5.0 ETUDE DE STABILITE 16

5.1 Risques liés à l'instabilité de la digue 16

5.2 Géométrie de la digue 16

5.3 Calculs de stabilité ... 17
5.3.1 Méthode de calcul ... 17
5.3.2 Caractéristiques mécaniques des résidus ... 17
5.3.3 Modélisation ... 18
5.3.4 Résultats ... 20
5.3.5 Conclusions ... 22
6.0 TRAVAUX DE REAMENAGEMENT PRECONISES ... 23
6.1 Travaux de confinement ... 23
6.1.1 Travaux de terrassement et de reprofilage ... 23
6.1.2 Travaux de recouvrement ... 23
6.2 Gestion des eaux de ruissellement ... 24
6.2.1 Contexte réglementaire ... 24
6.2.2 Contexte hydrographique et hydrologique ... 24
6.2.3 Collecte des eaux de ruissellement ... 26
6.2.4 Régulation des rejets ... 26
7.0 CONCLUSIONS ... 27

TABLEAUX

Tableau 1: Sondages CPT et CPTu ... 5
Tableau 2: Echantillons et profondeurs de prélèvement ... 7
Tableau 3: Installation des piézomètres ... 8
Tableau 4: Tests de pompage-injection ... 8
Tableau 5: Essais d'identification et de classification des sols ... 9
Tableau 6: Masse volumique des particules solides ... 10
Tableau 7: Seuils VBS de caractérisation des sols ... 11
Tableau 8: Valeurs de bleu de méthylène ... 11
Tableau 9: Limites d'Atterberg ... 12
Tableau 10: Classification des échantillons de sol ... 13
Tableau 11: Coefficients de consolidation et perméabilités ... 14
Tableau 12: Essais de cisaillement ... 15
Tableau 13: Paramètres des matériaux ... 18
Tableau 14: Cas de figure pour le calcul du facteur de sécurité ... 18
Tableau 15: Facteurs de sécurité calculés pour les huit cas de figure. ... 20

FIGURES

Figure 1: Granulométrie sur la fraction totale pour l'ensemble des échantillons 10

Figure 2: Diagramme de plasticité et résultats des échantillons P07 et P08 12

Figure 3: Section de la digue modélisée pour l'étude de stabilité..... 16

Figure 4: Diagramme des forces - Méthode de Morgenstern-Price..... 17

Figure 5: Profil de la digue - GeoStudio 2018 19

Figure 6: Surface de glissement et masse réputée instable (en vert) pour les cas 1 et 2 (niveau piézométrique simulé en bleu dans le cas n°2) 21

Figure 7: Présentation des bassins versants en présence et des systèmes d'évacuation des eaux de ruissellement actuels..... 25

ANNEXES

ANNEXE A
Figures

ANNEXE B
Données de terrain et interprétations

ANNEXE C
Résultats d'analyses de laboratoire

ANNEXE D
Résultats de l'étude de stabilité

1.0 PRESENTATION

L'étude du dépôt de la digue à résidus a permis de mettre en évidence les dangers que peuvent présenter les installations du site de la digue à résidus de Saint Félix. Cette étude décrit les accidents ou incidents potentiels, les conditions hasardeuses du site et établit les risques sur la base des probabilités d'occurrence et des conséquences de ces dangers.

Les principaux scénarios de défaillance mis en évidence par l'étude du dépôt de la digue à résidus nécessitant la mise en œuvre de mesures de maitrise des risques sont les suivants :

- Une instabilité de la digue liée aux caractéristiques des matériaux et à la vétusté des installations de drainage existantes ;
- L'érosion de la digue liée à la dégradation progressive du système de stabilisation existant et aux fortes pluies ;
- L'émission et le transport de poussières depuis les zones d'affleurement ponctuel de résidus, en fonction des conditions climatiques ;
- La contamination de l'environnement liée à la dispersion de résidus depuis les affleurements ponctuels, associée au ruissellement des eaux superficielles de contact.

La présente étude se compose de plusieurs étapes indispensables à l'établissement de mesures et solutions adaptées aux problématiques mise en évidence par l'étude du dépôt de la digue à résidus :

- La réalisation d'investigations géotechniques, comprenant sondages et essais in situ, et analyses de laboratoires afin de caractériser les matériaux constituant la digue et les conditions hydrogéologiques ;
- Une étude de stabilité afin de confirmer ou infirmer la stabilité de la digue dans les conditions actuelles, et les éventuels travaux de stabilisation à apporter à l'ouvrage ;
- L'établissement d'un bilan hydrographique et hydrologique permettant ensuite le dimensionnement d'un système de drainage et de collecte des eaux de surface ;
- Le dimensionnement d'une couverture de confinement afin de minimiser la contamination de l'environnement.

De plus, la mise en œuvre de l'ensemble des travaux d'aménagement complémentaire proposés- (drainage et recouvrement) est également décrite dans cette étude.

2.0 OBSERVATIONS DE TERRAIN

Une série d'inspections de terrain a permis de mettre en évidence l'état des composants existants ainsi que des affleurements ponctuels de résidus à divers endroits de la digue.

Deux zones de fascines ont été identifiées sur les flancs nord et sud de la digue. Les observations indiquent des signes de dégradation liés au vieillissement des matériaux employés.

Deux zones de résidus affleurant ont été observées sur le plateau sommital et le flanc sud de la digue, ainsi qu'une troisième le long du versant nord, hors de l'emprise de la digue.

La canalisation de surverse existante, qui traverse la digue du sud-ouest au nord-est, présente également des signes de vétusté. Une accumulation de végétaux a été observée à l'entrée de la canalisation.

L'ensemble des observations de terrains est présenté sur la Figure A1 de l'ANNEXE A, ainsi que dans le rapport principal de l'étude du dépôt de la digue à résidus.

3.0 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

3.1 Introduction

Les investigations géotechniques suivantes ont été réalisées sur la digue afin de mettre en évidence une éventuelle hétérogénéité des matériaux et de révéler la présence d'eau dans le sol :

- 11 sondages à la pelle mécanique, réalisés par TM34 en juin 2017 sous la supervision de Coralie Ménard et Christophe André, Golder Associates.
- 2 sondages CPT et 8 sondages CPTu, réalisés par Ginger CEPTP en juillet 2017 sous la supervision de Matthias Lavigne, Golder Associates.
- 3 piézomètres, installés en octobre 2017 par Althéa Ingénierie et sous la supervision de Coralie Ménard, Golder Associates.
- 2 tests de pompage-injection, réalisés en novembre 2017 par Coralie Ménard et Matthias Lavigne, Golder Associates.

La localisation des sondages et des piézomètres est présentée sur la Figure A2 dans l'ANNEXE A.

Les caractéristiques obtenues ont été nécessaires afin d'évaluer le risque d'instabilité de la digue. Ils ont également permis d'effectuer une estimation du ruissellement et de l'infiltration sur la zone frontale et le plateau sommital afin de proposer une solution de confinement adaptée.

La totalité des résultats et les rapports d'interprétation des investigations géotechniques sont présentés dans l'ANNEXE B.

3.2 Sondages CPT et CPTu

3.2.1 Principe

Les sondages au pénétromètre statique CPT (*Cone Penetration Test*) ont été effectués afin d'obtenir des informations concernant la nature et la séquence du sous-sol ainsi que les propriétés physiques et mécaniques du sous-sol.

Les sondages CPTu (*Cone Penetration Test with pore pressure u*) ont permis de mesurer la pression interstitielle et la perméabilité en plus des informations sur le sous-sol.

La liste de sondages ainsi que leur profondeur et les informations sur la pression d'eau sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1: Sondages CPT et CPTu

CPT03	Date & heure : 06/07/2017 de 8h55 à 9h15
	Refus : 12,87m
	Pression Eau : NA
CPT07	Date & heure : 06/07/2017 de 8h35 à 8h50
	Refus : 7,84 m
	Pression Eau : NA
CPTU01	Date & heure : 06/07/2017 de 10h10 à 10h45
	Refus : 15,16m
	Pression Eau : débute à 6,80m forte augmentation à 14m
CPTU02	Date & heure : 06/07/2017 de 9h20 à 10h00
	Refus : 11,53m
	Pression Eau : débute à 6m bonne concordance avec les niveaux granulométriques

CPT03	Date & heure : 06/07/2017 de 8h55 à 9h15
	Refus : 12,87m
	Pression Eau : NA
CPTU04	Date & heure : 06/07/2017 de 14h10 à 14h40
	Refus : 6,61m (déviation)
	Pression Eau : Petite valeur à 3,20m, augmente progressivement à partir de 5,50m
CPTU05	Date & heure : 06/07/2017 de 12h50 à 15h15
	Refus : 12,61m (friction)
	Pression Eau : Augmentation légère à 4,50m jusqu'à 10m
CPTU06	Date & heure: 06/07/2017 de 10h50 à 11h40
	Refus : 20,28m
	Pression Eau : débute à 9,80m sur 1m puis forte augmentation à 18m
CPTU08	Date & heure: 06/07/2017 de 11h50 à 12h15
	Refus : 8,01m
	Pression Eau : augmente de façon linéaire
CPTU10	Date & heure : 06/07/2017 de 12h20 à 12h40
	Refus : 4,42m (déviation et refus en pointe)
	Pression Eau : légère augmentation à partir de 1,40m
CPTU11	Date & heure : 06/07/2017 de 13h20 à 14h00
	Refus : 14,21m
	Pression Eau : Petite valeur à 3,90m, augmente progressivement à partir de 7m

3.2.2 Résultats

Les résultats des sondages CPT et CPTu se présentent sous forme de coupes représentant la résistance de pointe (qc), le frottement latéral (fs) et le rapport de frottement (Rf) en fonction de la profondeur sondée.

Les résultats des sondages CPTu comportent également une coupe de la pression interstitielle dynamique (u2) en fonction de la profondeur sondée.

3.2.3 Interprétation

Les sondages CPT et CPTu ont été réalisés jusqu'au substratum. Les résultats permettent de mettre en évidence de fréquentes variations verticales de résistance et de frottement des terrains traversés, révélant une stratification importante et une lithologie hétérogène au sein des résidus.

Les sondages effectués sur la crête de la digue indiquent une résistance de pointe plus élevée et par conséquent la présence d'un sol plus dense et compact. La résistance de pointe diminue à mesure que l'on s'éloigne de la crête de la digue et s'approche du relief.

Les résultats des CPTs indiquent que la résistance de pointe augmente en direction de la crête de la digue, mettant en évidence la présence de matériaux grossiers au niveau du talus. Les sondages CPTs les plus proches de la crête de la digue indiquent une variation de la résistance de pointe mettant en évidence une alternance de matériaux durs et meubles. L'absence de compaction durant le rehaussement de la digue est supposée.

Les résultats des sondages CPTs et CPTUs, combinés aux observations de terrains et à l'étude des photographies historiques, ont permis de développer le modèle géométrique théorique de la digue utilisé pour l'étude de stabilité, le bilan hydrologique et le dimensionnement de la couverture de confinement.

3.3 Sondages à la pelle mécanique

3.3.1 Description des sondages

Les sondages à la pelle mécaniques ont été réalisés afin d'établir des coupes litho-stratigraphiques et de mettre en évidence d'éventuelles variations latérales de faciès.

Ces sondages ont été effectués à une profondeur maximale de 4 mètres et des prélèvements de résidus ont été effectués aux profondeurs présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2: Echantillons et profondeurs de prélèvement

Nom de l'échantillon	Profondeur de prélèvement (m)	Profondeur maximale (m)	Commentaires
P01	3,3	3,8	
P02	1	4	
P03	4	4	
P04	3,3 - 3,6	4	
P05	4	4	
P06	2,6	4	
P07	1,6	4	
P08	4	4	
P09	pas de prélèvement	1,6	Sous-sol rocheux (calcaire) a 1,6m de profondeur
P10	4	4	
P11	2,4	4	

3.3.2 Résultats

Les sondages ont permis de mettre en évidence des variations latérales de faciès.

Les sondages P07, P08, P09 et P10, situés sur la partie ouest du plateau sommital, indiquent une prédominance d'argiles et de silts.

Les sondages P01, P04, P06 et P11, situés vers la crête de la digue, indiquent quant à eux une prédominance de sables silteux et argileux.

La quantité d'argiles et de silts observée dans les sondages diminue de façon progressive en direction de la crête de la digue.

3.4 Piézomètres

Trois nouveaux piézomètres ont été installés sur le plateau sommital de la digue afin de vérifier la présence d'eau et l'épaisseur de la zone saturée au sein du plateau. Les diamètres et profondeurs des forages sont présentés dans le Tableau 3.

Tableau 3: Installation des piézomètres

Piézomètre	Forage	Diamètre du forage (mm)	Diamètre du piézomètre (‘’)	Profondeur du piézomètre à partir de la hauteur du capot (m)
PZ01	tarière mécanique	200	2	16,74
PZ05	tarière mécanique	200	2	13
PZ06	Carottier	114	2	20,65

3.5 Tests de pompage-injection

Deux slug tests ont été réalisés dans les piézomètres PZ01 et PZ06. Aucun test n'a été effectué dans le piézomètre PZ05 pour cause d'absence d'eau.

Les transmissivités et perméabilités du sol à l'injection et au pompage ont été calculées à partir des résultats et sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4: Tests de pompage-injection

Piézomètre	Intervalle testé (m)	Géologie de l'intervalle testé	Niveau d'eau statique (m)	Pompage		Injection	
				Transmissivité (m^2/s)	Perméabilité K (m/s)	Transmissivité (m^2/s)	Perméabilité K (m/s)
PZ01	3,7 - 16,7	Sable et argile	12,57	3,7E-07	9,0E-08	1,0E-06	2,5E-07
PZ05	10,6 - 13	Sable	Absence d'eau	-	-	-	
PZ06	18,6 - 20,6	Argile	18,772	1.9E-07	9.8E-08	1.3E-06	7.1E-07

4.0 ANALYSES GEOTECHNIQUES DE LABORATOIRES

4.1 Introduction

Les analyses laboratoires ont été effectuées en complément des investigations géotechniques afin d'identifier les sols composants sur la digue et de compléter les caractéristiques mécaniques des matériaux prélevés.

Ces caractéristiques ont été nécessaires à l'étude de stabilité de la digue et rentrent également en compte dans l'estimation du ruissellement et de l'infiltration.

La totalité des résultats et les rapports d'interprétation des analyses de laboratoire sont présentés dans l'ANNEXE C.

4.2 Essais d'identification et de classification des sols

Différents essais ont été réalisés afin d'effectuer la classification des sols à partir des échantillons prélevés. Le Tableau 5 présente les échantillons sur lesquels les tests ont été réalisés.

Tableau 5: Essais d'identification et de classification des sols

Echantillon	Granulométrie	Bleu de méthylène	Masse volumique	Limite d'Atterberg
P01	x	x	x	
P02	x	x		
P03	x	x		
P04	x	x		
P05	x	x		
P06	x	x		
P07	x		x	x
P08	x			x
P10	x	x		
P11	x	x		
PZ06 7,5-8,3m	x	x		x
PZ06 15,15-15,85m	x	x		x
PZ06 18,2-19,1m	x	x		x

Un essai d'identification granulométrique par sédimentation a également été effectué sur l'échantillon P07 et sur les 3 échantillons prélevés au piézomètre PZ06.

4.2.1 Identification granulométrique

L'identification granulométrique par tamisage a permis d'établir le pourcentage de passants sur tamisat à 50mm.

Une identification granulométrique par sédimentation a été nécessaire sur 3 échantillons riches en sables très fins et argiles afin d'établir le pourcentage de passant sur tamisat à 80µm.

La majorité des échantillons contiennent un pourcentage élevé de particules fines (<80 µm), entre 85 et 100%, comme le montre la Figure 1.

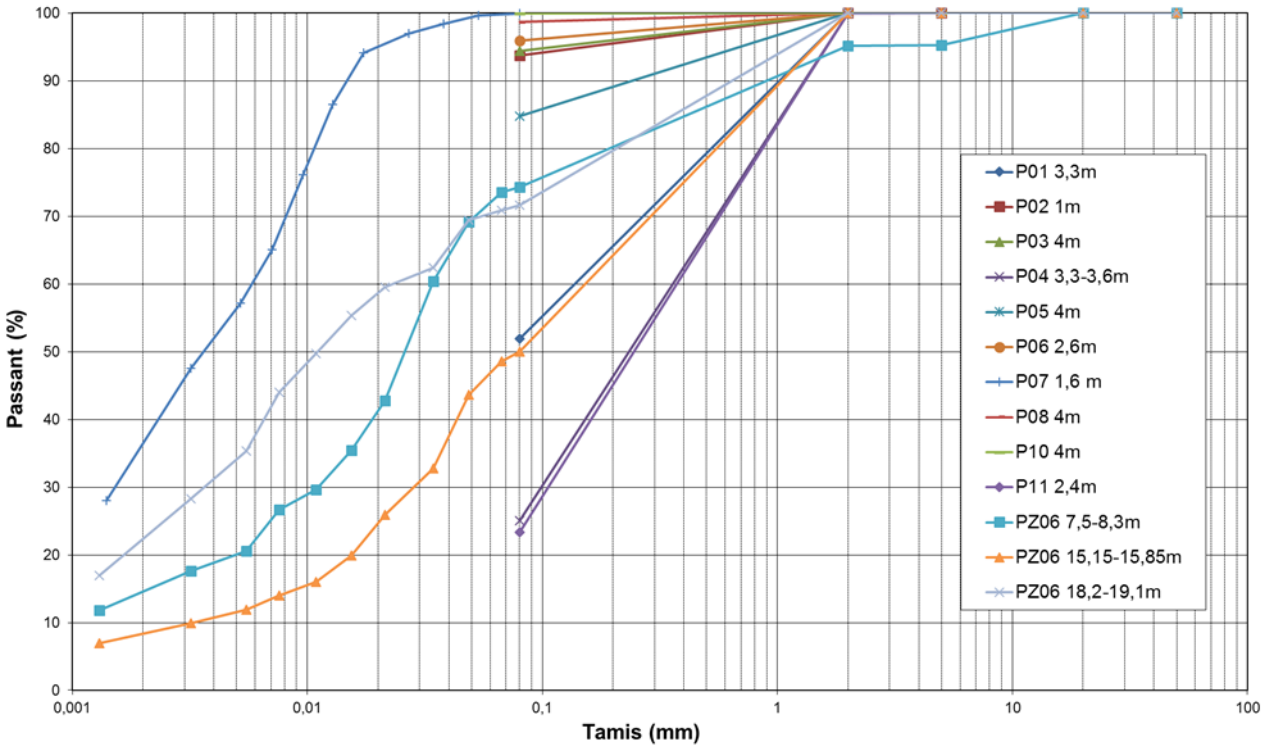


Figure 1: Granulométrie sur la fraction totale pour l'ensemble des échantillons

Les échantillons prélevés aux points de sondages P01, P04 et P11, situés sur la crête de la digue et à proximité de la zone frontale, contiennent quant à eux un pourcentage plus faible de particules fines, la quantité variant entre 23 et 52% environ.

Ces résultats viennent confirmer le modèle théorique utilisé pour l'étude de stabilité, le bilan hydrologique et le dimensionnement de la couverture de confinement.

4.2.2 Masse volumique

La masse volumique des particules solides a été déterminée pour deux échantillons provenant de deux points de sondages différents.

La masse volumique des particules solides des échantillons de sol prélevés aux points de sondage P01 et P07 est présenté dans le Tableau 6.

Tableau 6: Masse volumique des particules solides

Echantillon	Masse volumique (g/cm^3)
P01	2,864
P07	2,836

La valeur moyenne est donc de 2,85 g/cm$^{3.}$

4.2.3 Bleu de méthylène

Les mesures de la capacité d'absorption de bleu de méthylène ont permis d'évaluer la richesse en argile des échantillons grâce au calcul de la VBS (Valeur de bleu de méthylène).

Les catégories de sol sont définies en fonction de valeurs présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7: Seuils VBS de caractérisation des sols

Valeur de bleu de méthylène (VBS)	Catégorie de sol
VBS < 0,1	Sol insensible à l'eau
0,2 ≤ VBS < 1,5	Sol sablo-silteux, sensible à l'eau
1,5 ≤ VBS < 2,5	Sol sablo-argileux, peu plastiques
2,5 ≤ VBS < 6	Sol silteux de plasticité moyenne
6 ≤ VBS < 8	Sol argileux
VBS > 8	Sol très argileux

Les valeurs de bleu de méthylène obtenues pour les échantillons testés sont présentées dans le Tableau 8.

Tableau 8: Valeurs de bleu de méthylène

Echantillon	VBS
P01	0,12
P02	0,19
P03	0,25
P04	0,07
P05	0,09
P06	0,18
P10	0,31
P11	0,06

Les résultats des essais au bleu de méthylène indiquent que la moitié des échantillons proviennent de sols sablo-silteux sensibles à l'eau. Les échantillons prélevés aux points de sondages P01, P04, P05 et P11 situés sur la crête de la digue à proximité de la zone frontale, proviennent de sols insensibles à l'eau.

Ces résultats permettent de confirmer la prédominance de sols sableux sur la crête de la digue et indiquent une augmentation de la quantité d'argile en direction de la partie ouest du plateau sommital. Ces observations permettent ainsi de confirmer la validité du modèle théorique de la digue utilisé pour la présente étude.

4.2.4 Limites d'Atterberg

Les essais de détermination des limites d'Atterberg ont permis de déterminer les teneurs en eau remarquables situées à la limite de liquidité (WL) et la limite de plasticité (WP) pour cinq échantillons provenant de trois points de sondage différents.

Les limites d'Atterberg obtenues pour les échantillons prélevés aux points de sondage P07 et P08 sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9: Limites d'Atterberg

Echantillon	Teneur en eau W_n	Limite de liquidité W_L	Limite de plasticité W_P	Indice de plasticité I_P
P07	26,9%	24,1%	23%	7,1
P08	30,4%	16,9%	15,4%	7,6
PZ06 0,5-8,3 m	16,8%	20,2%	-	-
PZ06 15,15-15,85 m	16,6%	20,7%	-	-
PZ06 18,2-19,1 m	32,1%	38,5%	-	-

Les résultats des échantillons P07 et P8 permettent de caractériser les matériaux prélevés comme des argiles silteuses peu plastiques, comme l'indique la Figure 2 .

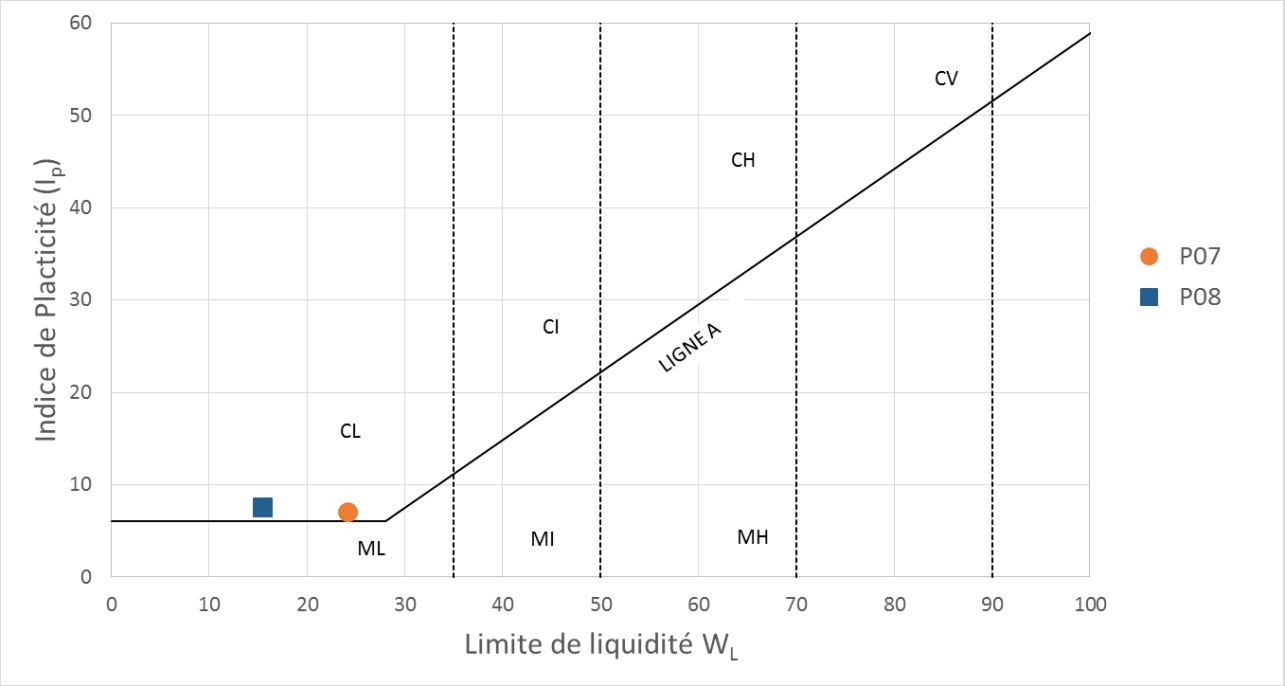


Figure 2: Diagramme de plasticité et résultats des échantillons P07 et P08

4.2.5 Conclusions et classification des sols

L'ensemble des résultats des essais d'identification ont permis d'établir la classe de sol d'appartenance de chaque échantillon. La classification des sols selon le G.T.R 92[1], conforme à la norme NF P 11-300, est présentée dans le Tableau 10.

Tableau 10: Classification des échantillons de sol

Echantillon	Classe du sol	Description
P01	A1	Sable moyen avec passe très fine
P02	A1	Sable argileux, très lité, humide
P03	A1	Argile grise légèrement sableuse, très finement stratifiée
P04	B5	Sable fin a moyen avec passe d'argile centimétrique a pluri-centimétrique
P05	A1	Sable gris moyen à fin, silteux, légèrement humide, quelques passes d'argile centimétriques, lité
P06	A1	Sable moyen à fin avec argile grise, humide
P07	A1	Argile gris, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, traces de circulation d'eau
P08	A1	Argile très laminée, humide
P10	A1	Argile grise, litée, humide.
P11	B5	Sable moyen gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétriques

La majorité des échantillons proviennent de sols fins. Néanmoins, les échantillons prélevés aux points de sondages P04 et P11 proviennent de sols définis comme sablo-graveleux contenant une grande quantité de silts (selon la norme NF P 11-300).

[1] Guide des terrassements routiers, réalisation des remblais et des couches de forme, LCPC, SETRA, 1992

4.3 Essais œdométriques

4.3.1 Principe

Des essais de compressibilité ont été effectués sur deux échantillons prélevés à 2 points de sondages. Ces essais ont permis d'établir les courbes de consolidation, qui donnent le tassement de l'échantillon en fonction du temps sous application d'une contrainte constante et les courbes de compressibilité, qui indiquent le tassement total en fonction du logarithme de la contrainte appliquée. La perméabilité des échantillons a ensuite été calculée en fonction des résultats bruts.

Des essais de perméabilité à l'œdomètre ont été effectués sur trois échantillons prélevés à l'emplacement du piézomètre PZ06.

4.3.2 Résultats

Les coefficients de consolidation ainsi que les perméabilités obtenues pour chaque échantillon en fonction de la contrainte appliquée sont présentés dans le Tableau 11.

Tableau 11: Coefficients de consolidation et perméabilités

Echantillon	Profondeur (m)	σ_v (kPa)	C_v (m^2/s)	K_{moyen} (m/s)
P01	3,3	270	9,0E-08	4,24E-09
P01		540	8,0E-08	2,82E-09
P01		1080	4,9E-08	1,00E-09
P04	3,3-3,6	248	8,2E-09	1,04E-09
P04		497	3,8E-09	3,49E-10
P04		992	2,5E-09	1,75E-10
P06	2,6	227	2,17E-08	1,9E-09
P06		454	4,63E-08	3,79E-09
P06		908	1,55E-08	5,92E-10
P11	2,4	168	2,4E-08	3,62E-09
P11		336	2,2E-08	2,34E-09
P11		672	1,9E-08	1,21E-08
PZ06	7,5-8,3	300	-	2,12E-08
PZ06	15,15-15,85	400	-	1,45E-08
PZ06	18,2-19,1	500	-	9,99E-10

Les résultats montrent que :

- **les coefficients de consolidation sont compris entre 2,5E-09 et 9,0E-08 m²/s ;**
- **les perméabilités moyennes sont comprises entre 2,12^{E}-8 et 1,75^{E}-10 m/s.**

4.4 Essais de cisaillement

4.4.1 Principe

Des essais de cisaillement rectiligne à la boite ont été effectués sur 7 échantillons prélevés à 4 points de sondage et un piézomètre afin d'obtenir les caractéristiques mécaniques des sols en procédant au cisaillement rectiligne sous charge constante.

Ces essais ont permis d'obtenir la cohésion et l'angle de frottement interne des sols prélevés.

L'ensemble des échantillons testés ont été prélevés à proximité de la crête de la digue, à proximité de la zone frontale. Les résultats sont donc uniquement représentatifs de la zone concernée.

4.4.2 Résultats

La cohésion et l'angle de frottement obtenus pour l'ensemble des échantillons sont présentés dans le Tableau 12. Ces résultats sont utilisés dans l'étude de stabilité.

Tableau 12: Essais de cisaillement

Echantillon	Profondeur (m)	Résistance de pic		Résistance à l'état final	
		c_p (kPa)	Φ_p (°)	c_f (kPa)	Φ_f (°)
P01	3,3	4	34	2	33
P04	3,3-3,6	3	35	3	34
P06	2,6	0	34	2	33
P11	2,4	5	35	3	35
PZ06	7,5-8,3	15	31	6	32
PZ06	15,15-15,85	40	37	0	32
PZ06	18,5-18,7	77	26	46	28

Les résultats montrent que :

- **les cohésions sont globalement faibles de l'ordre de 0 et 6 kPa hormis pour l'échantillon PZ06 qui présente une valeur de 46 kPa ;**
- **les angles de frottement sont globalement homogènes de l'ordre de 32 à 35 ° hormis pour PZ06 qui présente une valeur de 28.**

5.0 ETUDE DE STABILITE

5.1 Risques liés à l'instabilité de la digue

Les investigations de terrain et les analyses de laboratoires ont mis en évidence une hétérogénéité verticale des matériaux et la présence d'eau dans les résidus. Ces caractéristiques constituent une condition hasardeuse pouvant influer fortement sur la stabilité de la digue.

Le tableau présenté en Annexe E du rapport Golder n°1771901-R01 présente les dangers liés aux caractéristiques mécaniques des résidus et à l'instabilité de la digue.

C'est pourquoi une étude de stabilité de la digue a été effectuée afin d'établir les risques de mouvements ou de rupture. L'analyse permet de calculer le facteur de sécurité de la digue en fonction du niveau d'eau contenue dans les résidus et des caractéristiques mécaniques des matériaux, et permet de modéliser différentes solutions pour améliorer la stabilité de la digue.

5.2 Géométrie de la digue

La géométrie considérée pour l'étude de stabilité part du principe que la digue a été formée par un ensemble de « cyclones ». Ces « cyclones » séparent en deux phases, par centrifugation, les résidus:

- Les matériaux grossiers vont constituer le corps de la digue ;
- Les matériaux silteux et/ou argileux (sous forme de boues) sont renvoyées vers l'intérieur du bassin ou ils décantent et se consolident progressivement.

Cette méthode de dépôts des résidus implique que les matériaux grossiers sont déposés au plus proche de la crête de la digue.

L'étude des photos historiques a permis d'estimer la hauteur de la digue d'origine à 10m et le modèle considère 7 rehaussements successifs avec des dépôts comprenant des matériaux fins, moyens et grossiers.

La section présentée sur la Figure 3 est basée sur le modèle topographique de la digue. La crête de la digue se trouve à +350 m d'altitude, la base à +325 m d'altitude et la pente du talus est approximativement 1:2. La digue est supposée construite sur le substratum rocheux.

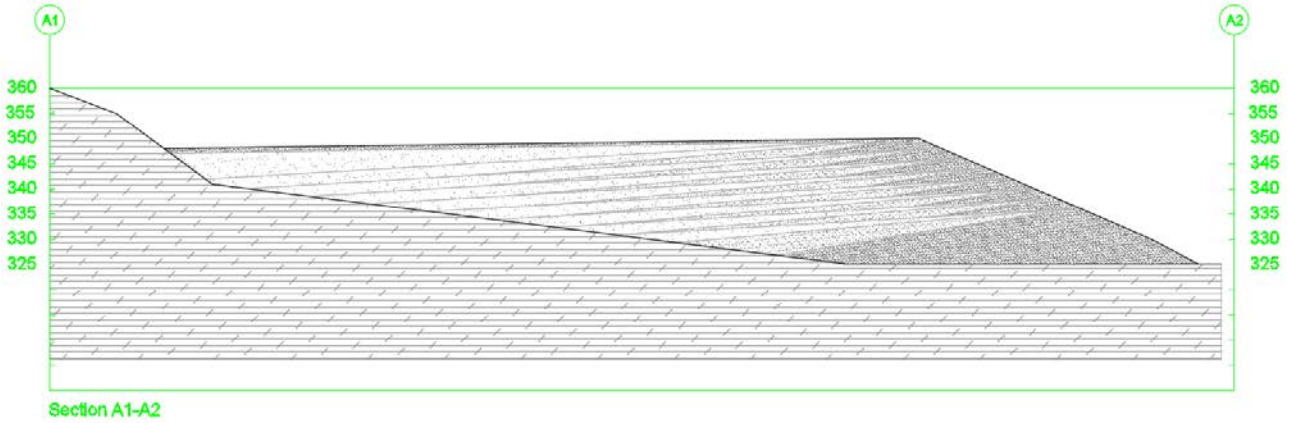


Figure 3: Section de la digue modélisée pour l'étude de stabilité

5.3 Calculs de stabilité

5.3.1 Méthode de calcul

Le programme GeoStudio 2018 a été utilisé afin d'effectuer les études de stabilité et d'infiltration.

Les études de stabilité nécessitent l'utilisation du module Slope/W.

La masse réputée instable par rapport à la surface de glissement envisagée est découpée en tranches verticales juxtaposées de faible épaisseur. Chaque tranche est considérée comme un solide indéformable, en équilibre sur la ligne de glissement.

La méthode de Morgenstern-Price a été utilisée pour les calculs de stabilité. Cette méthode prend en considération les contraintes de cisaillement et la force normale affectant les tranches. Le diagramme des forces considérées pour cette méthode est présenté sur la Figure 4.

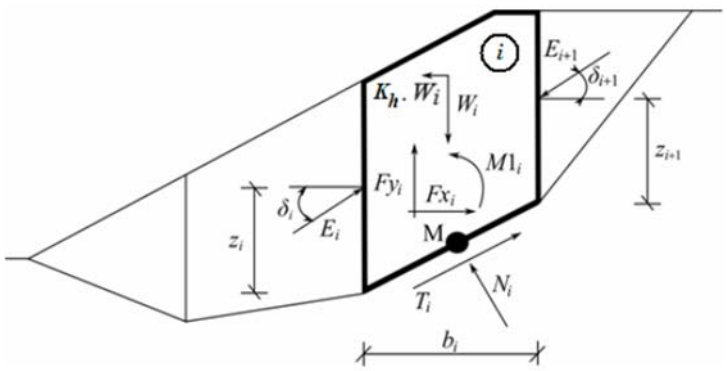


Figure 4: Diagramme des forces - Méthode de Morgenstern-Price

Le calcul de stabilité permet de déterminer le facteur de sécurité FS qui correspond au quotient de la résistance au cisaillement par les contraintes de cisaillement.

$$FS = \frac{\text{Résistance au cisaillement}}{\text{Contraintes de cisaillement}} = \frac{\text{Forces résistantes}}{\text{Forces motrices}}$$

Slope/W permet de modéliser la surface de glissement grâce à deux méthodes différentes :

- *Entry and Exit (« entrée et sortie »)*
- *Grid and Radius (« grille et rayon »)*

Un coefficient de sécurité de 1,0 représente ainsi l'état théorique ou les forces de résistance sont égales aux forces motrices et/ou de l'instabilité peut être déclenchée. Un coefficient de sécurité de 1,5 représente un état ou les forces résistantes sont 50% plus importantes que les forces motrices.

Seule la valeur minimale du facteur de sécurité a été retenue, indépendamment de la méthode utilisée.

5.3.2 Caractéristiques mécaniques des résidus

Les paramètres utilisés pour la modélisation proviennent des résultats des investigations de terrain et des analyses de laboratoires. Le critère de Mohr-Coulomb a été utilisé pour la modélisation, à partir de valeurs conservatrices de l'angle de friction et du coefficient de cohésion présentés dans le Tableau 13.

L'ensemble des modélisations fait appel à une analyse combinant sols saturés et non saturés.

Tableau 13: Paramètres des matériaux

Type de sol	Représentation sur la coupe	Densité (kN/m^3)	Angle de friction (º)	Coefficient de cohésion (kPa)
Sable		20	35	0
Silt		20	30	0
Matériau argileux		20	28	0
Matériau argileux (saturé)		20	0	20

La cohésion des différents résidus est considérée comme étant égale à 0 sauf l'argile saturée dont le coefficient de cohésion est égal à 20 kPa, ce qui est également une hypothèse conservative.

5.3.3 Modélisation

Huit cas de figure basés sur des niveaux d'eau différents et prenant en compte les différents types de résidus ont été modélisés. Les paramètres de calculs pour chaque cas sont présentés dans le Tableau 14.

Tableau 14: Cas de figure pour le calcul du facteur de sécurité

Cas	Paramètres de calcul	Commentaires
1	Absence d'eau	Le calcul est basé sur la géométrie présentée au chapitre 5.2.
2	Présence d'eau	Le calcul est basé sur la géométrie présentée au chapitre 5.2 et le niveau d'eau est celui maximal relevé dans les piézomètres.
3	Présence d'eau et d'une couche de résidus sableux supplémentaire en matériaux de fondation	Dans ce cas de figure la géométrie de la digue est légèrement changée et on suppose la présence d'une couche de 5 m de sable dans les fondations. Le niveau d'eau est celui maximal relevé dans les piézomètres.
4	Présence d'eau et matériaux non saturés	Le calcul est basé sur la géométrie présentée au chapitre 5.2 et le niveau d'eau est celui maximal relevé dans les piézomètres. Les matériaux sont supposés non saturés.
5	Présence d'un fossé	Le calcul prend en compte la présence d'un fossé de 1,5m de profondeur au pied de la digue.
6	Présence d'eau - Niveau d'eau maximal	Le calcul est basé sur la géométrie présentée au chapitre 5.2 et permet d'obtenir le niveau d'eau maximal donnant un coefficient de sécurité égal à 1.
7	Présence d'eau - Angle de friction minimal	Le calcul est basé sur la présence d'un matériau unique et permet d'obtenir l'angle de friction minimal donnant un coefficient de sécurité égal à 1.
8	Cas n°2 : Présence d'eau, mais augmentation de l'angle de friction des sables de 35 à 36 degrés)	Le calcul est basé sur la géométrie du cas n°2, le niveau d'eau est celui maximal relevé dans les piézomètres, mais l'angle de friction des sables est de 36 degrés au lieu de 35 degrés

Les différents cas permettent la modélisation des conditions actuelles du site mais également de certaines conditions théoriques extrêmes (étude de sensibilité, cas 6 et 7).

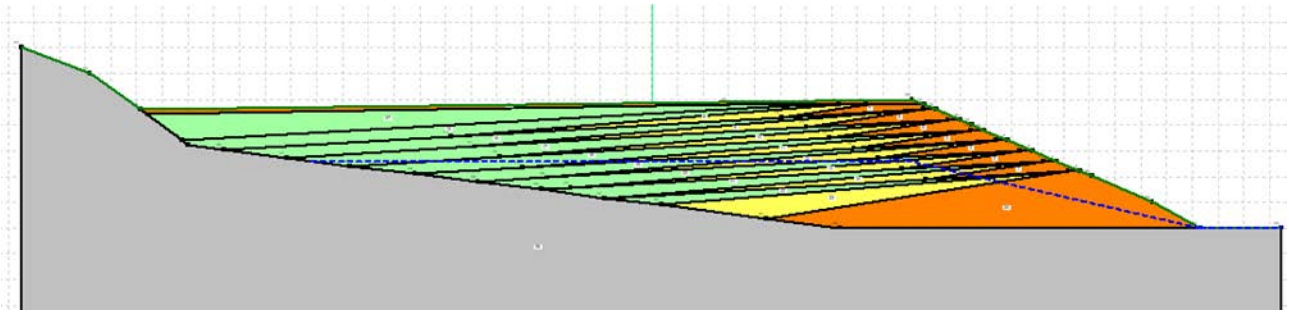
Les cas 1 et 2 sont les plus représentatifs des conditions actuelles du site. Le cas 2 a été modélisé à partir du niveau d'eau maximum relevé (+337m). Ce niveau d'eau n'a cependant été relevé qu'à un seul point de sondage, les niveaux relevés aux autres points de sondage étant moins élevés.

Les cas 3 à 5 testent l'impact d'un changement de géométrie de la digue. Le cas 3 suppose la présence d'une couche de 5 mètres de sables sous les fondations et le cas 4 celle de matériaux fins non saturés. Le cas 5 modélise quant à lui la présence d'un fossé de 1,5 mètre de profondeur aux pieds de la digue.

Les cas 6 et 7 font appel à une approche itérative et permettent d'obtenir le niveau d'eau (cas 6) ainsi que l'angle de friction (cas 7) pour lesquels le facteur de sécurité est égal à 1.

Le cas 8 est une autre étude de sensibilité des paramètres permettant d'étudier l'influence directe de l'angle de friction sur le coefficient de sécurité.

Le profil modélisé et correspondant à la hauteur maximale de la digue est représenté sur la Figure 5.



Type de sol	Représentation sur la coupe
Sable	
Silt	
Matériau argileux	

- - - - - : Niveau piézométrique simulé

Figure 5: Profil de la digue - GeoStudio 2018

5.3.4 Résultats

Les résultats et les facteurs de sécurité correspondants aux huit cas modélisés sont présentés dans le Tableau 15. Les valeurs du facteur de sécurité correspondent à un glissement affectant la stabilité de la digue.

Tableau 15: Facteurs de sécurité calculés pour les huit cas de figure.

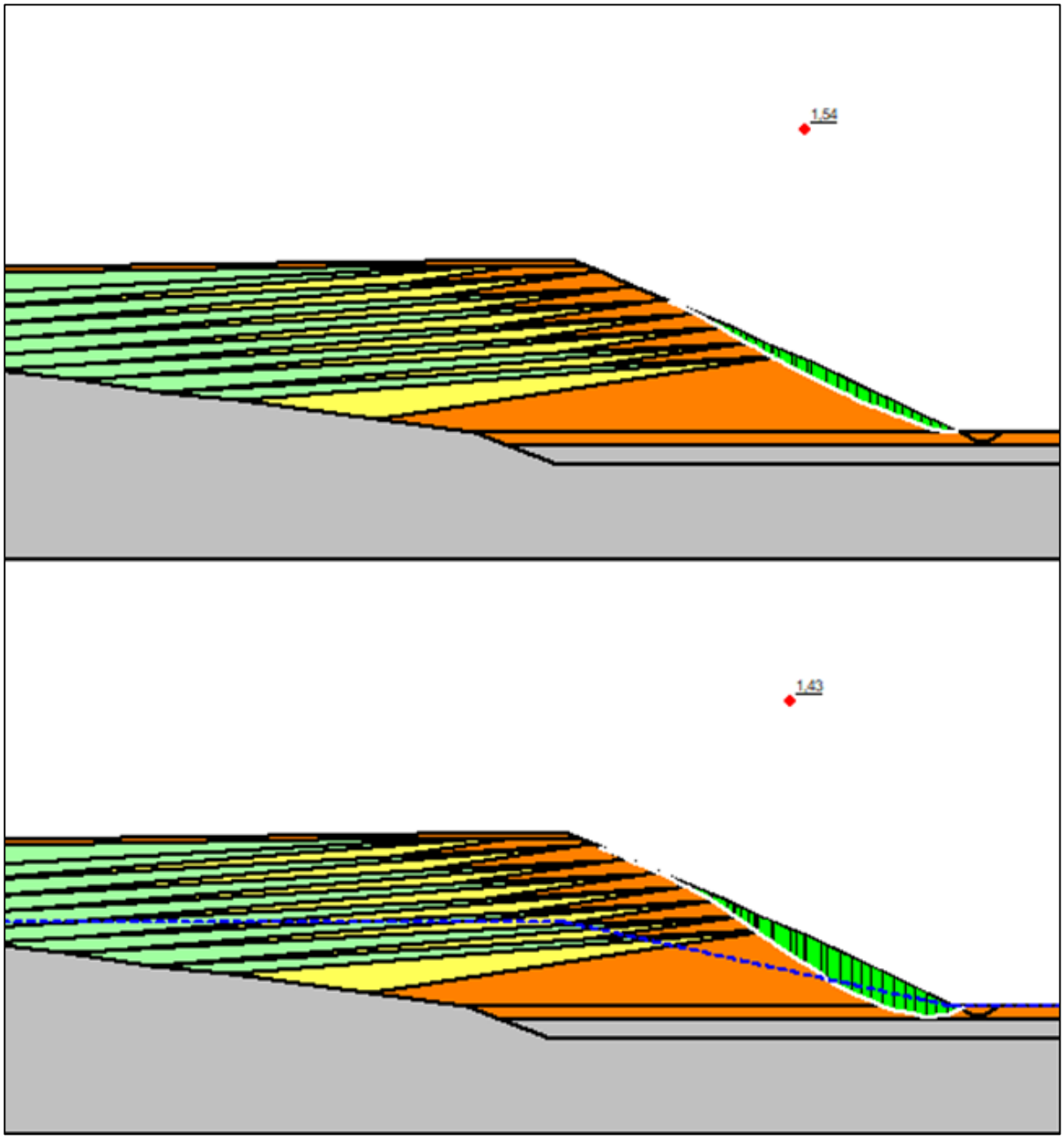
Cas	FS	Commentaires
1	1,54	La digue est considérée comme stable avec un facteur de sécurité supérieur à 1,5.
2	1,43	La digue est considérée comme stable, même si coefficient de sécurité est inférieur à 1,5.
3	1,43	La digue est considérée comme stable, même si coefficient de sécurité est inférieur à 1,5.
4	1,44	La digue est considérée comme stable, même si coefficient de sécurité est inférieur à 1,5.
5	1,48	La digue est considérée comme stable, même si coefficient de sécurité est inférieur à 1,5.
6	1,00	Le niveau d'eau maximum obtenu est de +347, soit 10 m plus eau que le niveau maximal relevé (+337m).
7	1,00	L'angle de friction maximum obtenue est de 26º, soit de 2 à 9 degré de moins que les valeurs retenues
8	1,50	La digue est considérée comme stable avec un facteur de sécurité égal à 1,5.

La surface de glissement modélisée ainsi que la masse réputée instable pour les cas 1 et 2 sont représentées sur la Figure 6.

Une valeur de FS de 1,5 est théoriquement fixée pour valider la stabilité de la digue à long terme. Il est à noter que certains coefficients de sécurité obtenus par l'étude de stabilité sont légèrement en deçà de 1,5. Ces premiers résultats ont conduit à l'étude des cas 6, 7 et 8 pour étudier l'influence des paramètres les plus importants pour la stabilité.

Il est considéré que les coefficients de sécurité compris entre 1,4 et 1,5 sont suffisants pour assurer la stabilité de la digue en l'état actuel des connaissances de l'ouvrage et des reconnaissances réalisées, et sont compris dans la zone d'incertitude inhérente à cette étude.

Ainsi, les études de sensibilité montrent que les paramètres les plus influents sur la stabilité de la digue (niveaux piézométriques, angles de friction des matériaux) devraient changer drastiquement (et de manière jugée irréaliste) pour atteindre un coefficient de sécurité de 1,0, correspondant au coefficient de sécurité théorique engendrant un état d'instabilité. De plus, il est à souligner que les paramètres de sols retenus pour l'étude sont conservateurs, et qu'une augmentation de l'angle de friction des sables de 1 degré suffit pour amener le coefficient de sécurité à 1,5.



Type de sol	Représentation sur la coupe
Sable	
Silt	
Matériau argileux	
Masse réputée instable	

- - - - - : Niveau piézométrique simulé

Figure 6: Surface de glissement et masse réputée instable (en vert) pour les cas 1 et 2 (niveau piézométrique simulé en bleu dans le cas n°2)

L'ensemble des résultats de l'étude de stabilité est présenté en détails dans l'ANNEXE D.

5.3.5 Conclusions

Les études géotechniques et l'étude de stabilité réalisées montrent que la digue est stable dans sa configuration actuelle, et qu'il n'apparait pas nécessaire ni opportun de prévoir des travaux de confortement spécifiques pour en améliorer la stabilité. Cela est particulièrement vrai dans la mesure où un reprofilage de la pente (afin d'obtenir une pente plus faible) entrainerait potentiellement une mobilisation des silts et argiles et impacterait négativement la stabilité de l'ouvrage. De plus, des travaux de confortement en pied sont difficilement envisageables du fait de la géométrie de la digue.

Il est à noter que les deux éléments principaux affectant la stabilité sont la présence de nappe dans les résidus, ainsi que de l'hétérogénéité des matériaux constitutifs de la digue.

De plus, les mesures proposées dans cette étude pour assurer le confinement de la digue et le drainage autour de l'ouvrage vont rapidement empêcher la recharge en eau dans les résidus. Ils permettront ainsi de réduire la quantité d'eau dans les résidus à court terme et sa disparation totale probable à long terme, entrainant de fait une augmentation de la stabilité de la digue.

Les résultats des 4 CPTU réalisés le long de la crête de la digue révèlent une répartition spatiale régulière des différentes formations, et notamment la présence d'une fraction sableuse plus importante qui semble répartie sur l'ensemble du talus qui constitue la digue. La méthode de déposition historique des résidus dans l'espace et le temps et l'incertitude subsistante liée à cette méthode invite cependant à la prudence quant à cette homogénéité constatée sur ces 4 CPTU. Golder recommande la réalisation d'investigations complémentaires (CPTu) au niveau de la digue, et particulièrement à l'interface présumée des sables et des silts afin de préciser le modèle des sols utilisé pour les études de stabilité et de dimensionnement.

6.0 TRAVAUX DE REAMENAGEMENT PRECONISES

Les études réalisées ont permis de monter que l'ouvrage ne nécessitait pas de travaux de confortement pour améliorer sa stabilité, mais que des travaux sont à prévoir afin d'assurer le nettoyage de la zone, le reprofilage et le drainage, ainsi que la couverture de la digue afin d'en assurer une fermeture pérenne. Les travaux proposés sont résumés dans les sections suivantes, et ont été divisés en travaux de terrassement, couverture et drainage.

Le tableau présenté en Annexe E du rapport Golder n°1771901-R01-V1 présente les dangers liés aux caractéristiques mécaniques des résidus et les situations hasardeuses nécessitant la mise en place de mesures de recouvrement de la digue.

Une solution de recouvrement et de confinement de la digue est proposée afin de remédier au risque d'érosion et de contamination de l'environnement.

6.1 Travaux de confinement

6.1.1 Travaux de terrassement et de reprofilage

La première étape du reprofilage consiste à préparer l'ensemble de la surface à recouvrir et nécessite par conséquent le déboisement et débroussaillage de la zone concernée afin de retirer la totalité de la végétation et des souches. Les travaux de terrassement et de reprofilage devront inclure les actions suivantes :

- Retrait des fascines bois sur les flancs de la digue ;
- condamnation de la canalisation de surverse ;
- excavation des résidus hors emprise de la digue et transport sur la zone sommitale pour reprofilage.

6.1.2 Travaux de recouvrement

Les travaux de recouvrement recommandés consistent en la pose d'un complexe d'étanchéité sur le plateau sommital de la digue afin de confiner les résidus et de minimiser l'infiltration des eaux de pluie. Ce complexe d'étanchéité sera par la suite recouvert par de la terre végétale et un ensemencement sera réalisé afin de végétaliser les surfaces de manière pérenne avec des végétaux adaptés ne compromettant pas l'intégrité du complexe d'étanchéité à long terme.

L'infiltration sur la zone frontale de la digue et les flancs est considéré comme minimale. Ceci est dû à la pente plus importante (30%) qui favorise le ruissellement des eaux de pluie jusqu'au fossé de pied. La fourniture et pose d'un complexe drainant favorisant le ruissellement en surface et le drainage des eaux infiltrées sera préféré au complexe étanche. En effet, l'absence d'une géomembrane sur la pente permet le drainage de l'eau résiduelle éventuellement présente dans les résidus et évite ainsi l'augmentation de la pression interstitielle au niveau de la pente.

Les pentes seront également végétalisées avec des essences locales non arbustives adaptées au complexe de protection et aux pentes existantes.

6.2 Gestion des eaux de ruissellement

6.2.1 Contexte réglementaire

Le confinement de la digue engendrera la mise en place d'une couverture étanche d'une surface supérieure à 1ha.

D'après la nomenclature précisée à l'article R214-1 du code de l'environnement, le régime de « *Rejets d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin versant naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet* », « *étant supérieur à 1ha mais inférieure à 20ha* », il conviendra de construire un dossier de rejet des eaux pluviales qui sera soumis à déclaration auprès des autorités compétentes.

Pour cette raison, un bilan hydrologique ainsi qu'un plan de collecte des eaux superficielles seront établis sur la base des prérequis présentés dans le guide technique de la Préfecture du Gard (Guide technique de réalisation des dossiers, Rubrique 2.1.5.0 de la loi sur l'eau - Préfecture du Gard, Octobre 2008), afin de répondre aux exigences en matière de rejet des eaux pluviales dans le milieu naturel, fixées par la réglementation actuellement en vigueur dans le département du Gard.

6.2.2 Contexte hydrographique et hydrologique

Trois bassins versants ont été identifiés à partir de l'étude du modelé du relief :

- Le bassin versant 1 située hors de l'empreinte de la digue
- Le bassin versant 2 correspondant au plateau sommital
- Le bassin versant 3 correspondant à la zone frontale

L'étendue des bassins versants est présentée sur la Figure 7.

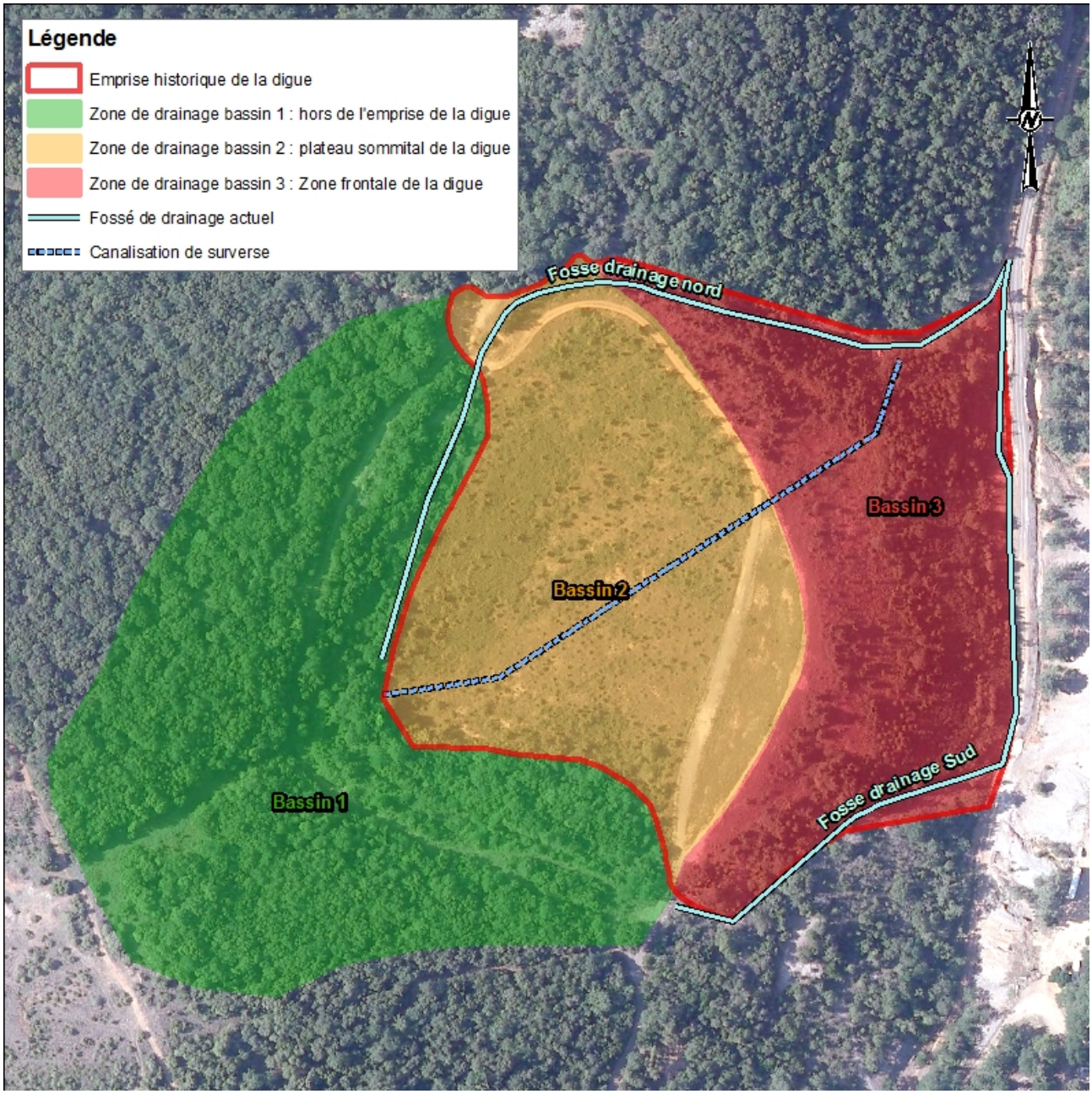


Figure 7: Présentation des bassins versants en présence et des systèmes d'évacuation des eaux de ruissellement actuels.

Les eaux de ruissellement des bassins 1 et 2 sont évacuées à la fois par le fossé de drainage nord et par la canalisation de surverse dont l'entrée se situe à proximité du relief en bordure ouest des derniers résidus. Pour cette raison, les estimations du débit et la conception des futurs fossés seront effectués en considérant les bassins versants 1 et 2 comme une zone de drainage unique.

6.2.3 Collecte des eaux de ruissellement

La collecte et gestion des eaux de ruissellement nécessiteront préalablement la réalisation d'un reprofilage du plateau sommital pour améliorer les écoulements et prévenir une accumulation d'eau sur le plateau.

Un système de drainage composé de fossés périphériques d'évacuation des eaux météoriques sera dimensionné afin de permettre l'écoulement des eaux de ruissellement depuis le plateau sommital jusqu'au lit de l'Aigues-Mortes prenant naissance au nord-est de la digue. Les eaux de ruissellement issues des zones frontales et bordières seront également récupérées par ce système de gestion.

6.2.4 Régulation des rejets

Le système de gestion des eaux de ruissellement issues du bassin versant de la digue et de sa partie amont sera dimensionné en concertation avec la DDTM du département du Gard afin de concevoir le système le plus adapté aux conditions environnementales du site.

Il est à noter que les travaux de confinement de la digue, tels qu'ils sont prévus de réaliser, devraient modifier de manière négligeable le volume des eaux de ruissellement actuel et leur écoulement jusqu'au lit de l'Aigues-Mortes pour les raisons suivantes :

- Les perméabilités mesurées au sein des résidus miniers présentent une perméabilité très faible, de l'ordre de 9.10^{-8}m/s, signifiant que l'infiltration des eaux météoriques sur le plateau sommital représente un faible volume, l'essentiel de ce volume étant évacué soit par la canalisation de surverse, soit par les fossés bordiers existants. Le confinement intégral de la digue par un complexe synthétique ne devrait pas engendrer une augmentation notable des ruissellements par rapport à la situation actuelle.
- Les fossés de récupération des eaux de ruissellement existants situés sur le pourtour de la digue, notamment sur sa bordure occidentale, ne présentent pas de trace d'érosion notable depuis leur création (1996). Ces observations montrent que les volumes d'eau de ruissellement provenant du bassin versant situé en amont de la digue et rejoignant les fossés bordiers représentent un volume restreint. Cette constatation peut s'expliquer par le fait que les eaux météoriques s'infiltrent en majeure partie dans les formations calcaire fissurées, limitant ainsi le ruissellement vers l'aval.

7.0 CONCLUSIONS

Cette étude a permis d'étudier en détail les risques identifiés dans l'étude du dépôt de la digue à résidus de l'ancienne mine de Vieille Montagne, afin d'en préciser la nature et également de proposer les solutions de réaménagement complémentaire qui pourraient être envisagées pour réduire les risques et assurer la fermeture pérenne du site.

Ainsi, l'ensemble des étapes de l'étude présentée dans ce rapport précise les mesures nécessaires pour assurer la reprise de la couverture actuelle par la mise en place d'un confinement complet et définitif de l'intégralité de la digue.

Les conclusions suivantes ont pu être établies :

- La digue est stable dans les conditions actuelles. Ainsi, il n'est pas envisagé de proposer des travaux de confortement de la digue afin d'améliorer la stabilité de l'ouvrage. Il est toutefois recommandé de compléter les investigations de terrain dans les études de dimensionnement détaillé à venir, afin d'affiner le modèle théorique et de préciser les études de stabilité. Au regard des résultats de cette première étude de stabilité, ces compléments d'étude recommandés ne devraient pas remettre en cause les conclusions de cette première étude.
- Les travaux d'aménagement complémentaire sont donc proposés afin d'adresser les problématiques principales suivantes :
  - Nettoyage des résidus présents en dehors du périmètre de la digue ;
  - Retrait des fascines qui perdent progressivement la fonction de support pour laquelle elles avaient été installées ;
  - Reprofilage et nivelage du plateau afin d'assurer une surface drainante et la mise en place du complexe de confinement;
  - Travaux de couverture sur plateau et pentes afin de minimiser la contamination des eaux de surface par les résidus ;
  - Travaux de drainage afin de réguler le rejet des eaux de ruissellement collectées sur les surfaces confinées et d'assurer leur évacuation de manière contrôlée et pérenne.

Les travaux proposés permettent de réduire les risques identifiés lors de l'étude du dépôt de la digue à résidus de manière satisfaisante.

Page de signatures du Rapport

GOLDER ASSOCIATES SARL

Jussara Lourenco
Ingénieur géologue

Romain Girard
Ingénieur géotechnicien Senior, Associé

Christophe André
Chef de projet

Sébastien Corre
Directeur de projet

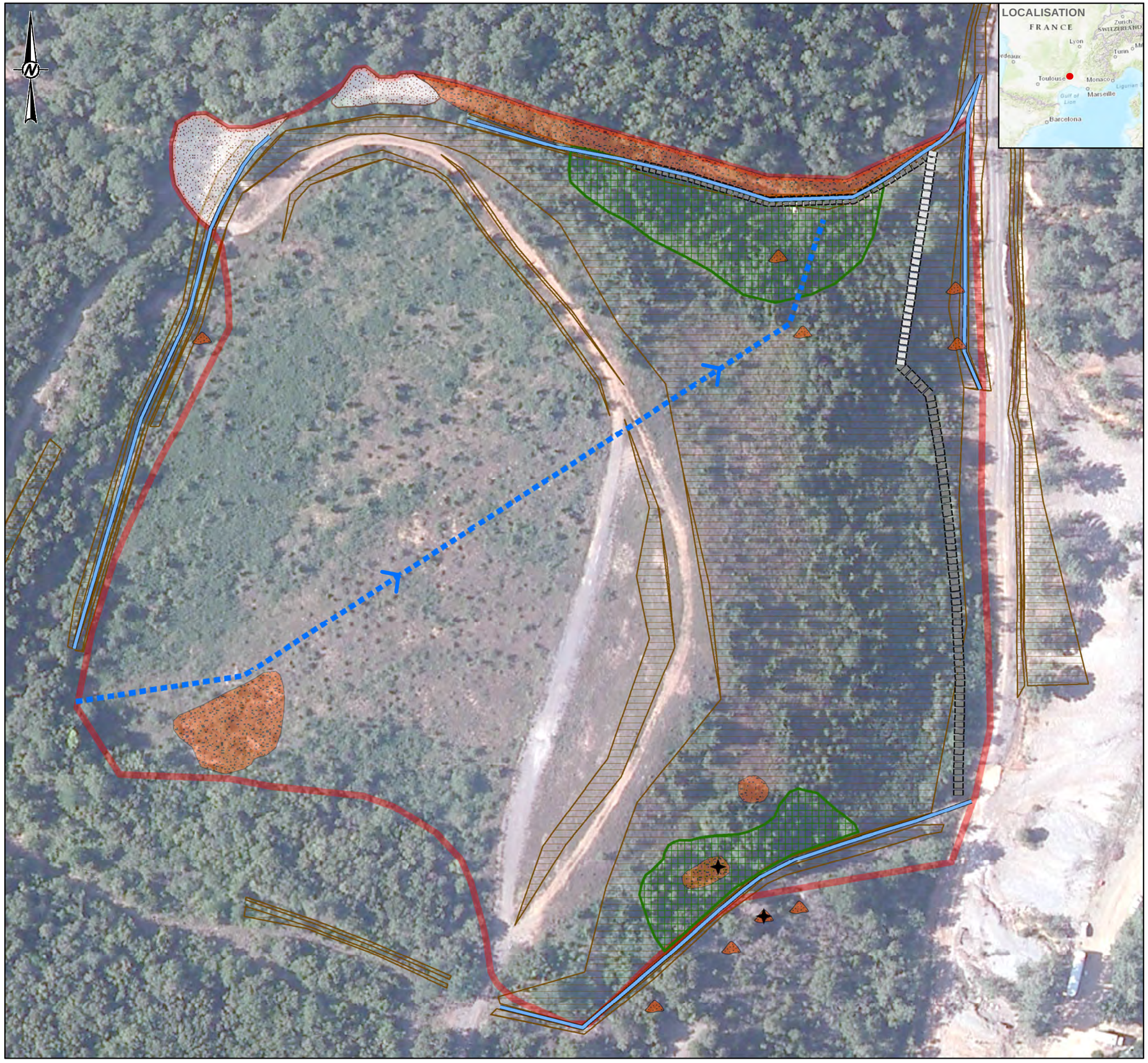
JLO/RGI/CAN/SCO

ANNEXE A

Figures

Figure A1 : Synthèse des observations de terrain

Figure A2 : Plan de localisation des investigations



LÉGENDE

Emprise historique de la digue

Composante hydraulique

Fossé

Canalisation de surverse

Talus

Enrochements

Enrochements observés

Enrochements supposés

Observations liées à la problématique "résidus" et / ou érosion

Zone de résidus affleurants

Zone de résidus récemment recouverte de terre

Observation ponctuelle de résidus

Observation ponctuelle d'érosion

Zone de fascines

0 25 50

METRES

REFERENCE(S)

1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT

UMICORE

PROJET

ETUDE TECHNIQUE SUR LA STABILITÉ, LE CONFINEMENT ET LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

TITRE

SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS DE TERRAINS

CONSULTANT

Golder Associates

DATE	08/12/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

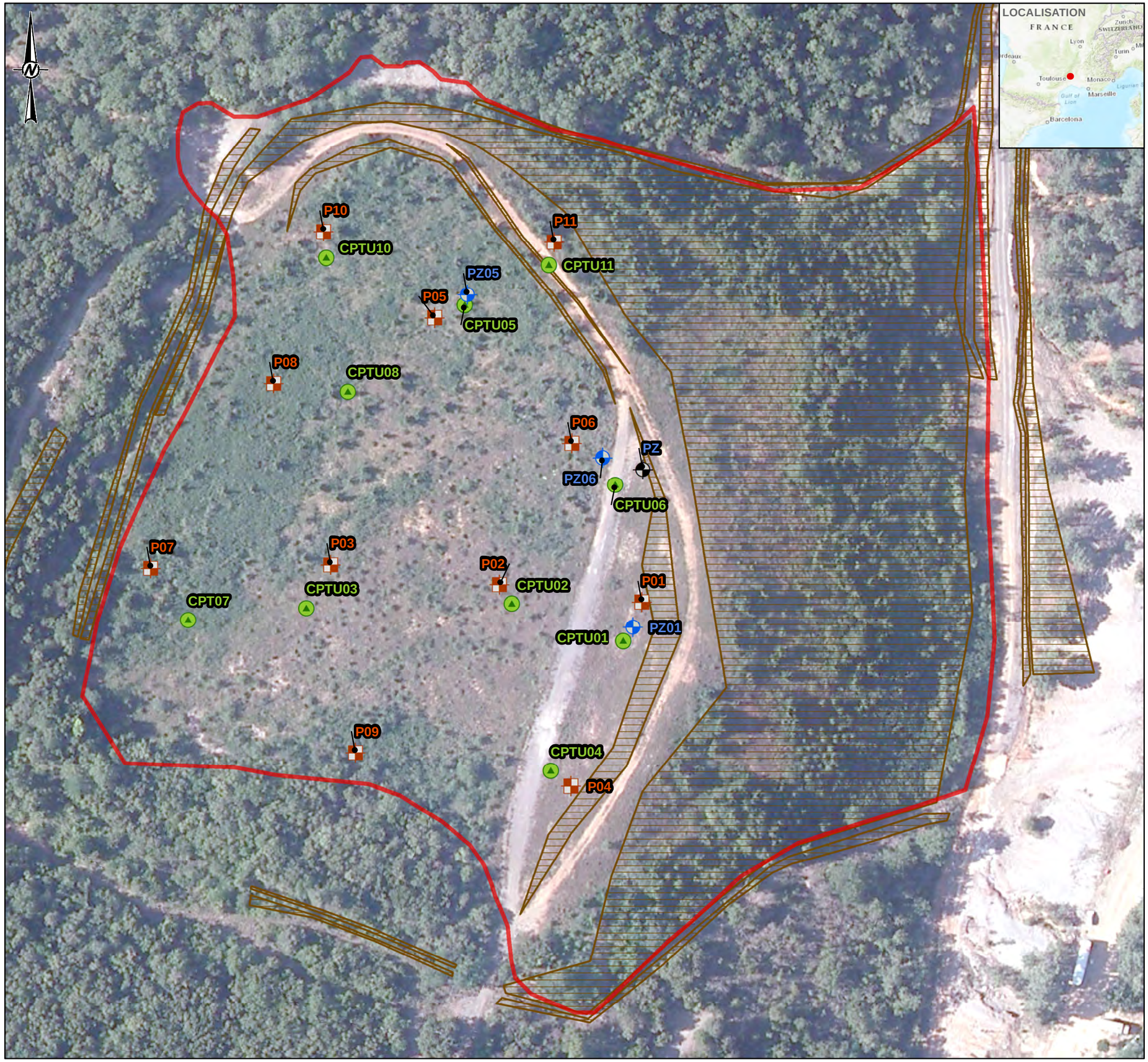
PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R02-V0	1	A	A1

IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO A3

25mm

0

PATH: \\lyn1-s-main01\Projects\2017_Projets\1771901_UMICORE_EDD\5- Documents de travail\1_SIG\SIG_UMICORE\MXD\1771901_XX_Synthese_Observ_Terrain.mxd



LEGENDE

- Emprise historique de la digue
- Talus

Suivi des eaux souterraines

- Piézomètre historique
- Nouveau piézomètre (2017)

Prélèvement de sol

- Sondage à la pelle mécanique
- CPTU

0 25 50
METRES

REFERENCE(S)
1. SYSTÈME DE COORDONNÉES : RGF93 CC44
2. FOND DE PLAN : IMAGERIE SATELLITE - IGN, 2010

CLIENT
UMICORE

PROJET
ETUDE TECHNIQUE SUR LA STABILITÉ, LE CONFINEMENT ET LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

TITRE
PLAN DE LOCALISATION DES INVESTIGATIONS

CONSULTANT
Golder Associates

DATE	14/11/2017
DESSINÉ PAR	WBE
PRÉPARÉ PAR	WBE
REVU PAR	CME
APPROUVÉ PAR	CAN

PROJET NO.	CONTROL	REV.	FIGURE
1771901-R02-V0	1	A	A2

PATH : C:\Users\WBertin\Documents\SIG_Workspace\SIG_UMICORE\MXD\1771901_002_Localisation_Investigations.mxd
IF THIS MEASUREMENT DOES NOT MATCH WHAT IS SHOWN, THE SHEET SIZE HAS BEEN MODIFIED FROM: ISO-A3
25mm
0

ANNEXE B

Données de terrain et interprétations

Annexe B1 : Fiches de sondages à la pelle mécanique et pose des piézomètres

Annexe B2 : Coupes des sondages CPT et CPTu

Annexe B3 : Interprétation de coupes des sondages CPT et CPTu

Annexe B4 : Rapports d'analyses des tests de pompage-injection

ANNEXE B1

Fiches de sondages à la pelle mécanique et pose des piézomètres

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P01**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775111,0
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205491,0
Date début :	14-juin	**Heure début:**	8h30	**Z :**	349,4
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	9h00		
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	2

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais / Terre végétale					
		0,4 m	Sable fin à moyen avec passée silteuse, stratifié pluricentimétrique			1		
		0,9 m	Sable moyen un peu silteux, stratifié			2		
	1						0,9 m	8h45 (1)
		1,2 m	Argile plastique humide, très collante			3 - 4		
		1,6 m	Sable gris avec alternance silt/argile, quelques fragments de bois					
	2					5		
			Passe de15 cm d'argile			6		
			Sable moyen avec passe très fine *					
	3							
						7	3,3 m	9h00
						8		
		3,8 m	Fin du sondage					
	4							
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires :

Fosse orientée E/W
Sable humide
* à analyser

Ech à 0,9 m, fuite du sac d'échantillonage, perte d'eau
(1) ech non analysé

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P02**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775076,1
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205495,2
Date début :	14-juin	**Heure début:**	9h30	**Z :**	348,5
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	10h10		
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
		0,3 m	Remblais					
	1		Sables argileux, très lités, humides, gris			12 - 13	1 m	9h45
	2		Fine stratification de sable fin et sable moyen, avec argile, humide, lité, stratification millimétrique à centimétrique			14		
			Passé centimétrique d'argile humide et mole					
	3							
	4	4 m	Fin du sondage			15		
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fosse orientée NW/SE
sondage plus homogène que P01 et P04

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**		**P03**
Intitulé:	Cévennes				**X :**	1775034,8
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées**	**Y :**	3205500,2
Date début :	14-juin	**Heure début:**	10h15		**Z :**	348,2
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	10h30			
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**		☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**		2

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique		Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant.	
		Coupe	Description				Prof.	Date/ Heure
	0							
			Remblais					
		0,2 m	Alternance millimétrique à centimétrique de sable et silt, brun clair			19		
		0,8 m	Sable moyen gris foncé					
	1							
		1,2 m	Argile grise			20 - 21		
							1,5 m	10h20 (1)
		1,8 m						
	2		Argile grise un peu plus sableuse, humide De plus en plus humide en profondeur très finement stratifié, laminé			22		
	3							
	4	4 m	Fin du sondage			23 - 24	4 m	10h25
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fosse orientée N S
(1) ech non analysé

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P04**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775093,6
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205445,9
Date début :	14-juin	**Heure début:**	7h35	**Z :**	350,1
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	9h20		
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
		0,2 m						
	1							
	2					27 - 28		
		2,5 m	Argile très fine, très plastique, très humide, molle, pas de tenu			29		
		2,8 m	Sable gris fin à moyen, passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique					
	3		Sable légèrement humide			30	3,3 - 3,6 m	8h25 *
			Passe un peu plus argileuse			31		
	4	4m	Fin du sondage			32		
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fosse orientée E W
* echantillon représentatif de la majeure partie des sables rencontrés

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P05**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775060,3
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205560,6
Date début :	14-juin	**Heure début:**	13h40	**Z :**	348,6
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	13h55		
Intervenant :	CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais ocre					
		0,3 m	Sable moyen à fin gris à ocre, lité			35		
		0,6 m	Sables gris silteux légèrement humides, quelques passes d'argile centimetrique					
	1							
						36		
						34		
	2							
			Sable gris moyen à fin, silteux légèrement humide, quelques passes d'argile centimetrique, lité					
	3							
						37		
	4					38 - 39		
		4 m	Fin du sondage				4 m	13h50 *
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage: Rebouchage du sondage avec les cuttings

Gestion des cuttings: Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fouille orientée NW SE
* Echantillon représentatif du sondage

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P06**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775093,9
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205529,8
Date début :	14-juin	**Heure début:**	11h40	**Z :**	348,8
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	12h00		
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais					
		0,3 m	Sable moyen gris/ocre			42		
		0,6 m	Sable moyen avec passe d'argile grise, légèrement humide			43		
		0,8 m						
	1		Argile fine grise, litée			44		
		1,3 m	Sable moyen avec des passes d'argile millimetrique à centimétrique			45		
	2							
			Sable moyen à fin avec argile grise, humide, de plus en plus humide en profondeur			46	2,6 m	11h55
	3							
	4	4 m	Fin du sondage			47		
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : orientée NE SW

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P07**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1774990,8
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205499,3
Date début :	14-juin	**Heure début:**	10h40	**Z :**	348,0
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	11h00		
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais ocre					
		0,3 m	Sable très fin, stratifié			50		
		0,6 m	Argile plastique humide, molle, compacte, laminée					
	1							
		1,2 m	Argile plastique grise, partie ocre signe de circulation d'eau. fissure humide			51 52		
							1,6 m	11h00
	2	2 m	Sable, silt stratifié (15 cm)					
		2,2 m	Argile grise, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, trace de circulation d'eau			53		
	3							
	4	4 m	Fin du sondage			54 - 55		
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fouille orientée N S
* echantillon représentatif du sondage

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**		**P08**
Intitulé:	Cévennes				**X :**	1775020,9
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées**	**Y :**	3205544,5
Date début :	14-juin	**Heure début:**	13h15		**Z :**	348,3
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	13h30			
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**		☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**		1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais ocre					
		0,3 m	Sable fin à moyen gris avec fracture, circulation d'eau trace ocre			58		
		0,7 m	Sable fin à moyen avec éléments argileux, gris					
	1							
		1,2 m				59 - 60		
			Argile très laminé humide					
			Argile de plus en plus humide Très laminée, molle					
	2							
	3							
	4	4 m	Fin du sondage			61 - 62	4 m	13h25
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage: Rebouchage du sondage avec les cuttings

Gestion des cuttings: Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fouille orientée NW SE

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**		**P09**
Intitulé:	Cévennes				**X :**	1775040,9
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées**	**Y :**	3205454,1
Date début :	14-juin	**Heure début:**	11h05		**Z :**	348,5
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	11h30			
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**		☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**		0

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique		Humi dité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant.	
		Coupe	Description				Prof.	Date/ Heure
	0							
			Terre végétale					
		0,3 m	Salbe moyen lité gris					
		0,6 m	Sable silteux avec passe d'argile millimétrique à centimétrique, légèrement humide			65		
	1							
		1,6 m	Refus, arrêt du sondage Calcaire / terrain naturel			66		
	2							
	3							
	4							
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	/	Date de réception des échantillons au laboratoire:	/

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fouille orientée E W
Pas d'échantillon

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**P10**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775033,1
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées Y :**	3205581,7
Date début :	14-juin	**Heure début:**	14h00	**Z :**	349,8
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	14h20		
Intervenant :	CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais ocre					
		0,3 m	Sable gris moyen à fin, stratifié, quelques passes argileuses			68		
	1							
		1,2 m	Argile grise litée, de plus en plus humide en profondeur			67		
	2							
	3							
						69		
	4	4 m	Refus, arret du sondage			70 - 71	4 m	14h15
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fouille orientée NE SW

Golder Associates

SOL
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**		**P11**
Intitulé:	Cévennes				**X :**	1775089,5
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées**	**Y :**	3205579,1
Date début :	14-juin	**Heure début:**	12h10		**Z :**	348,1
Date fin :	14-juin	**Heure fin:**	12h30			
Intervenant :	CAN / CME			**Photo :**		☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**		1

Moyen de reconnaissance : ☑ PM ☐ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…):

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations organoleptiques	Photo en annexe	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure
	0							
			Remblais ocre					
		0,4 m	Sable moyen laminé, gris, quelques passe					
	1							
		1,2 m	Passe sableuse très laminée, un peu d'argile					
		1,4 m	Sable moyen, gris, légèrement humide de plus en plus humide en profondeur, quelques passes d'argile laminée centimétrique					
	2							
						75	2,4 m	12h20 *
	3							
						76		
	4	4 m	Fin du sondage			77		
	5							

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	16-juin	Date de réception des échantillons au laboratoire:	16-juin

Modalités de rebouchage du sondage:	Rebouchage du sondage avec les cuttings
Gestion des cuttings:	Recouvrement final de la zone avec de la terre végétale

Commentaires : Fouille orientée NE SW
* echantillon représentatif du sondage, à analyser

Rapport de forage

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**		**Pz 01**
Intitulé:	Cévennes				**X :**	1775108,8
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées**	**Y :**	3205484,8
Date début :	12-oct	**Heure début:**	13h00		**Z :**	349,5
Date fin :	13-oct	**Heure fin:**	13h00			
Intervenant :	CME			**Photo :**		☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**		non

Moyen de reconnaissance : ☐ PM ☑ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…): Diamètre ext 200 mm - passe de 1,5m - pointe perdue

Equipement : PVC 50/60 mm crépiné entre 3 et 16 m
capot métallique hors sol (+0,86 m PVC/sol), cadenas artillerie

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe (m)	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations	PID ppm	Echant. Prof.	Echant. Date/Heure	Coupe technique
	0								
		0 - 0,5	sable moyen gris						Cimentation
		0,5 - 1	sable moyen gris, plus humide en profondeur						Bentonite
	1								
		1 - 1,5	sable moyen foncé, quelques nodule sable fin						Ciment
		1,5 - 2	sable fin gris noir						
	2								
		2 - 2,5	sable fin gris silteux humide						Bentonite
		2,5 - 3	sable moyen						
	3								
		3 - 3,5	sable moyen gris						
		3,5 - 4	sable moyen gris						
	4								
		4 - 4,5	sable moyen gris qq nodule + induré						
		4,5 - 5	sable moyen						
	5								
		5 - 5,5	sable moyen, qq nodule (2-3 cm) plus induré (argile) a 5,5 m plus de nodule silteux (moins humide que 2-2,5m)						
		5,5 - 6	sable moyen avec nodule inférieur à 1 cm (sable fin à silt						
	6								
			sable fin avec nodule plus induré						

Rapport de forage

		6 - 6,5	sable fin avec nodule plus induré (sable fin à silt)					Massif drainant
		6,5 - 7	sable fin avec nodule plus induré (sable fin à silt)					
	7	7 - 7,5	sable très fin à argile, plus humide en profondeur, grain visible à l'oeuil nu					
		7,5 - 8	sable très fin, humide gris, plutôt induré					
	8	8 - 8,5	sable fin à moyen, humide					
		8,5 - 9	sable fin à moyen, humide					
	9	9 - 9,5	sable très fin humide / argile					
		9,5 - 10	sable moyen (moins humide que précédent)					
	10	10 - 10,5	pas de remontée de matériaux présence d'eau ??					
		10,5 - 15,3						
		15,3	machine bloque un peu		à la remontée du train de tiges, 2m80 d'argile au fond			
		15,3 - 16,1						Bentonite

Date d'envoi des échantillons au laboratoire: /	Date de réception des échantillons au laboratoire: /

Modalités de rebouchage du sondage:	cf profil
Gestion des cuttings:	étalé sur le sol puis recouvert de terre végétale
Commentaires :	PVC est remonté de 20 cm pendant la remonté des tiges (fond à 16,75 m/PVC) Niveau d'eau avant developpement : 12,25 m / PVC A la fin du développement, piézomètre vidé, eau à 16,415 m/PVC Après 5 min : eau à 16,182 m/PVC Après 45 min : eau à 14,412 m/PVC Après 2h10 : eau à 12,691 m/PVC

Rapport de forage

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**	**Pz 05**
Intitulé:	Cévennes			**X :**	1775068,3
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées** **Y :**	3205566,3
Date début :	16-oct	**Heure début:**	11h00	**Z :**	348,6
Date fin :	17-oct	**Heure fin:**	9h00		
Intervenant :	CME			**Photo :**	☑
Cond. météo :	Soleil			**Nb / N° échantillon :**	non

Moyen de reconnaissance : ☐ PM ☑ Tarière ☐ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…): Diamètre ext 200 mm - passe de 1,5m - pointe perdue

Equipement : PVC 50/60 mm crépiné entre 10 et 12,4 dans les sables
capot métallique hors sol (+ 0,60 m PVC/sol), cadenas artillerie

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe (m)	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations	PID ppm	Echant. Prof.	Echant. Date/Heure	Coupe technique
	0								
		0 - 0,5	sable fin légèrement silteux						Cimentation
		0,5 - 1	argile molle						Bentonite
	1								
		1 - 1,5	sable fin au fond argile molle, légèrement humide						Ciment
		1,5 - 2	argile humide, très collante						
	2								
		2 - 2,5	argile humide, très collante						
		2,5 - 3	argile (20 cm) puis sable fin						
	3								
		3 - 3,5	argile à sable très fin, très mou, himide						
		3,5 - 4	sable très fin, légèrement silteux						
	4								
		4 - 4,5	pas de remontée						
		4,5 - 5	pas de remontée						
	5								
		5 - 5,5	très peu de remontée sable très fin lègèrement silteux						
		5,5 - 6	très peu de remontée sable très fin silteux						
	6								
			très peu de remontée						

Rapport de forage

6 - 6,5	très peu de remontée sable très fin silteux		
6,5 - 7	pas de remontée		
7 - 7,5	très peu de remontée sable très fin argileux à argile		
7,5 - 8	sable très fin argileux		
8 - 8,5	pas de remontée		
8,5 - 9	très peu de remontée sable très fin lègèrement silteux		
9 - 9,5	sable très fin plus argileux que passe précédente, humide		
9,5 - 10	argile		
10 - 10,5	sable très fin silteux humide		
10,5 - 11	pas de remontée		
11 - 11,5	peu de remontée sable très fin silteux humide	à la remontée du train de tiges, sable fin silteux sur 1m70	
11,5 - 12	argile collante		
12 - 12,4	argile collante		

Cuttings

Bentonite

Massif drainant

Bentonite

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	/	Date de réception des échantillons au laboratoire:	/

Modalités de rebouchage du sondage:	cf profil
Gestion des cuttings:	étalé sur le sol puis recouvert de terre végétale

Commentaires :

Fond du piezo à 12,96 m/PVC
Pas d'eau avant developpement dans l'ouvrage
A la fin du développement, piézomètre vidé, eau à 12,869 m/PVC
Après 3 min : eau à 12,862 m/PVC
Après 34 min : eau à 12,914 m/PVC
Après 1h15 : eau à 12,939 m/PVC

Rapport de forage

N° projet :	1771901			**Point d'observation :**		**Pz 06**
Intitulé:	Cévennes				**X :**	1775101,3
Lieu:	Saint Felix de Pallières			**Coordonnées**	**Y :**	3205526,3
Date début :	11-oct	**Heure début:**	10:40		**Z :**	348,8
Date fin :	12-oct	**Heure fin:**	13:00			
Intervenant :	CME			**Photo :**		☑
Cond. météo :	Soleil (couvert en milieu de journée)			**Nb / N° échantillon :**		oui

Moyen de reconnaissance : ☐ PM ☐ Tarière ☑ Carottier ☐ Autre :

Caractéristiques (Type, Ø…): Diamètre 100 mm, longueur de 1,5 m

Equipement : PVC 50/60 mm crépiné entre 18 et 20 m dans les argiles
capot métallique hors sol (+ 0,73 m PVC/sol), cadenas artillerie

Eau	Profondeur (m)	Coupe géologique: Coupe (m)	Coupe géologique: Description	Humidité	Observations	PID ppm	Echant. Prof.	Echant. Date/ Heure	Coupe technique
	0								
		0 - 0,1	terre végétale ocre						Cimentation
		0,1 - 0,4	sable moyen gris (trace ocre)						
		0,3 - 0,65	sable moyen gris clair						
		0,65 - 0,7	sable moyen plus foncé						Bentonite
	1	0,7 - 1,1	sable moyen gris foncé						
		1,1 - 1,27	sable moyen gris (moins induré)						
			tassement de 0,23 m						
		1,5 - 1,8	sable moyen peu induré						
		1,8 - 1,95	silt induré						
	2	1,95 - 2	sable moyen gris induré						
		2 - 2,1	argile humide						
		2,1 - 2,2	sable moyen						
		2,2 - 2,45	sable moyen à fin						
		2,45 - 2,7	sable fin plus sec, plus clair (ocre par endoirt)						
			tassement de 0,30 m						
	3								
		3 - 3,22	sable fin, qq éléments centimétrique						
		3,22 - 3,35	sable moyen		gaine de la carotte tordu				
		3,4 - 3,6	sable moyen						
	4								
			problème à la remontée de la carotte, il manque 0,9 m						
		4,5 - 4,7	sable fin gris						
	5	4,7 - 5,1	sable moyen, passe plus fine de 2 cm à 5 cm de profondeur						
		5,1 - 5,15	argile						
		5,15 - 5,4	sable fin						
		5,4 - 5,5	sable moyen						
		5,5 - 5,6	sable fin						
			tassement de 0,40m						Ciment
	6								

Rapport de forage

	6 - 6,1	sable fin	
	6,1 - 6,3	sable très fin silteux	
	6,3 - 6,62	sable moyen gris foncé	
	6,62 - 6,75	sable fin gris clair ocre	
	6,75 - 6,85	silt gris	
7	6,85 - 7,1	sable fin	
		tassement de 0,40m	
	7,5 -7,85	silt humide avec sable très fin	echt.
8	7,85 - 8,3	sable très fin silteux	
	8,3 - 8,65	silt argileux	
		tassement de 0,35 m	
9	9 - 9,15	sable très fin argileux	
	9,15 - 9,65	argile	
	9,65 - 10	sable très fin argileux	
10	10 - 10,27	silt	
		tassement de 0,23 m	
	10,5 - 10,75	sable fin	
	10,75 - 10,9	argile humide	
11	10,9 - 11,05	silt à sable fin	
	11,05 - 11,2	sable moyen	
	11,2 - 11,49	sable fin avaec passe plus foncé vers 11,3m (noir, laminé)	
	11,49 - 11,5	sable moyen	
	11,5 - 11,65	sable fin gris	
12		tassement de 0,35 m	
	12 - 12,1	sable fin	
	12,1 - 12,22	sable moyen	
	12,2 - 12,25	sable fin à silt induré	
	12,25 - 12,3	sable moyen	
13		problème à la remonté, gaine abimée	
		20 cm de sable moyen	
	13,5 - 13,65	sable moyen à sable fin	
	13,65 - 13,7	sable fin à silt	
	13,7 - 13,8	sable moyen à sable fin	
14	13,8 - 14	sable fin	
	14 - 14,15	sable moyen	

Cimentation

Rapport de forage

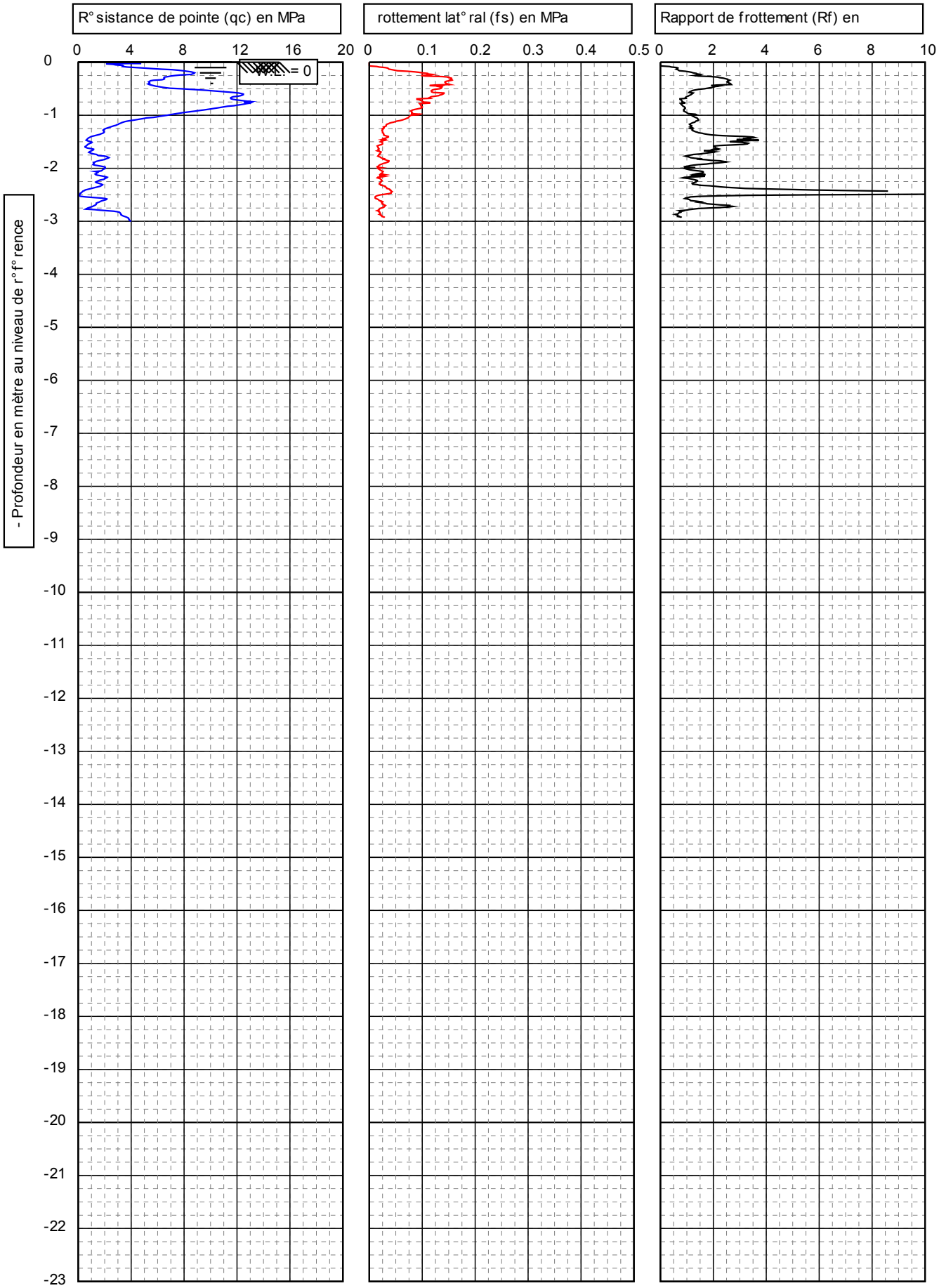
		14 - 14,15	sable moyen					
15								
		15 - 15,15	silt					
		15,15 - 15,85	sable fin	passe plus fine que la précédente	echt.			
16		15,85 -15,95	silt à sable fin					
		16,5 - 16,85	sable fin					Bentonite
17		16,85 - 16,95	argile plus molle que la couche au dessus (plus humide)					
		16,85 - 17,13	argile à silt					
		17,13 - 17,4	sable fin					
		17,4 - 17,7	sable très fin silteux					
		17,7 - 17,76	silt à sable fin					
18								
		18 - 18,25	argile compacte silteuse					Massif drainant
		18,25 - 18,3	argile plus molle (plus humide) silteuse					
19		18,3 - 19,1	argile compacte, plastique, grise à argile silteuse		echt.			
		19,1 - 19,15	sable fin très compact, gris					
		19,15 - 19,3	argile compacte grise silteuse					
		19,3 - 19,5	argile brune compacte, éléments centimétrique (2-3cm)					
		19,5 - 19,72	argile compacte brune + elements millimétrique à centimétrique (grave)					
		19,72 - 19,75	sable dans matrice argileuse					
		19,75 - 19,9	argile compacte					
20		19,9 - 19,95	silt					
		19,95 - 20,2	argile compacte					Bentonite
		20,2 - 20,3	sable et elements 2-3mm dans matrice argileuse + clair, sec					
		20,3 - 20,4	sable et au fond de la carotte; argile brune, très compact					

Date d'envoi des échantillons au laboratoire:	Prise en charge par le foreur	Date de réception des échantillons au laboratoire:	/

Modalités de rebouchage du sondage:	cf profil
Gestion des cuttings:	cuttings étalés sur le sol puis recouvert de terre végétale, création de petit bassin de décantation pour stocker l'eau utilisée pendant le forage, puis fermeture des bassins et recouvrement avec de la terre végétale
Commentaires :	Fond du piezo à 20,55 m/PVC Niveau d'eau avant developpement : 18,555 m/PVC A la fin du développement, piézomètre vidé, eau à 19,2 m/PVC Après 2h : eau à 18,945 m/PVC Après 3h15 : eau à 18,875 m/PVC

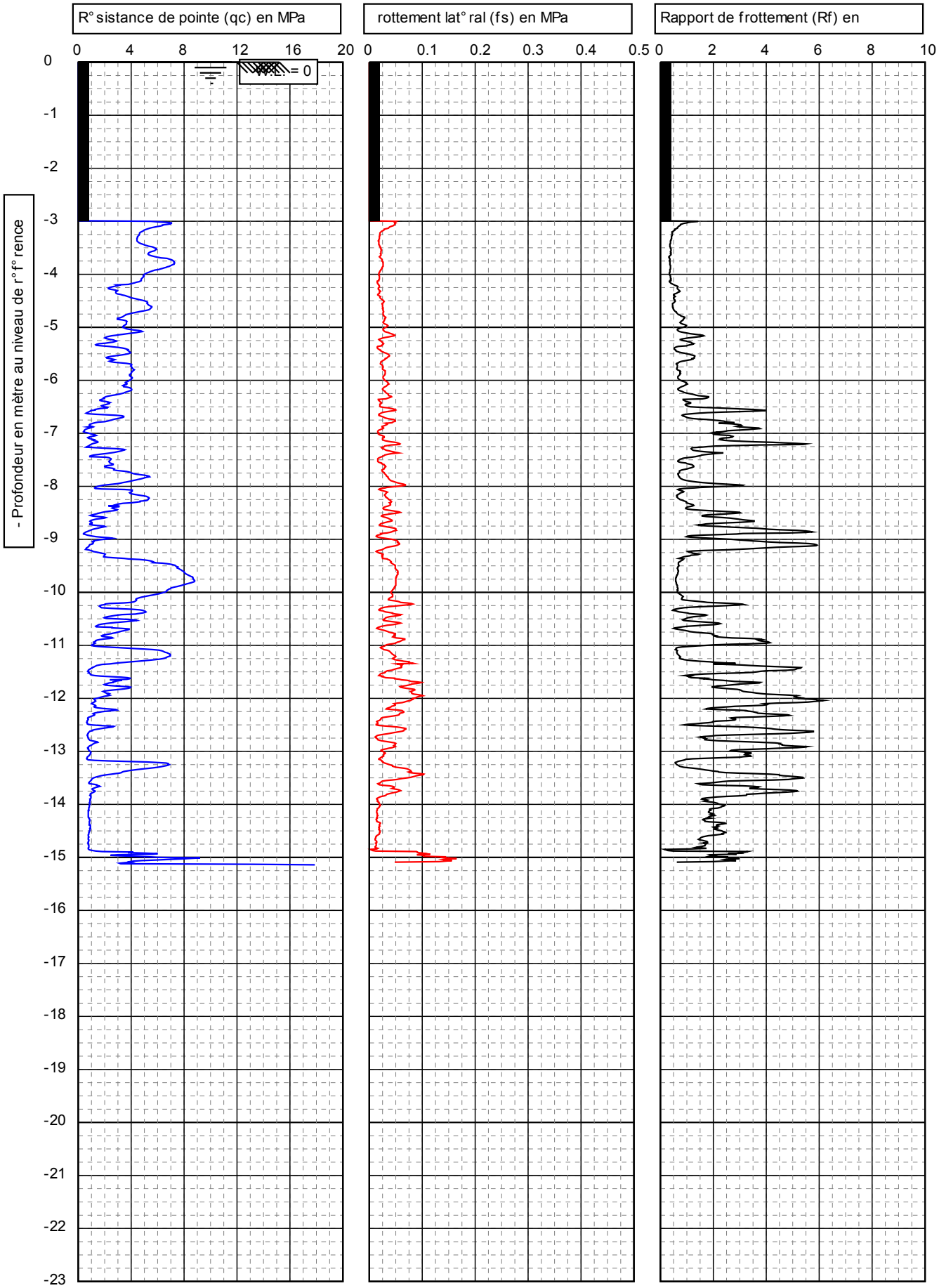
ANNEXE B2

Coupes des sondages CPT et CPTu



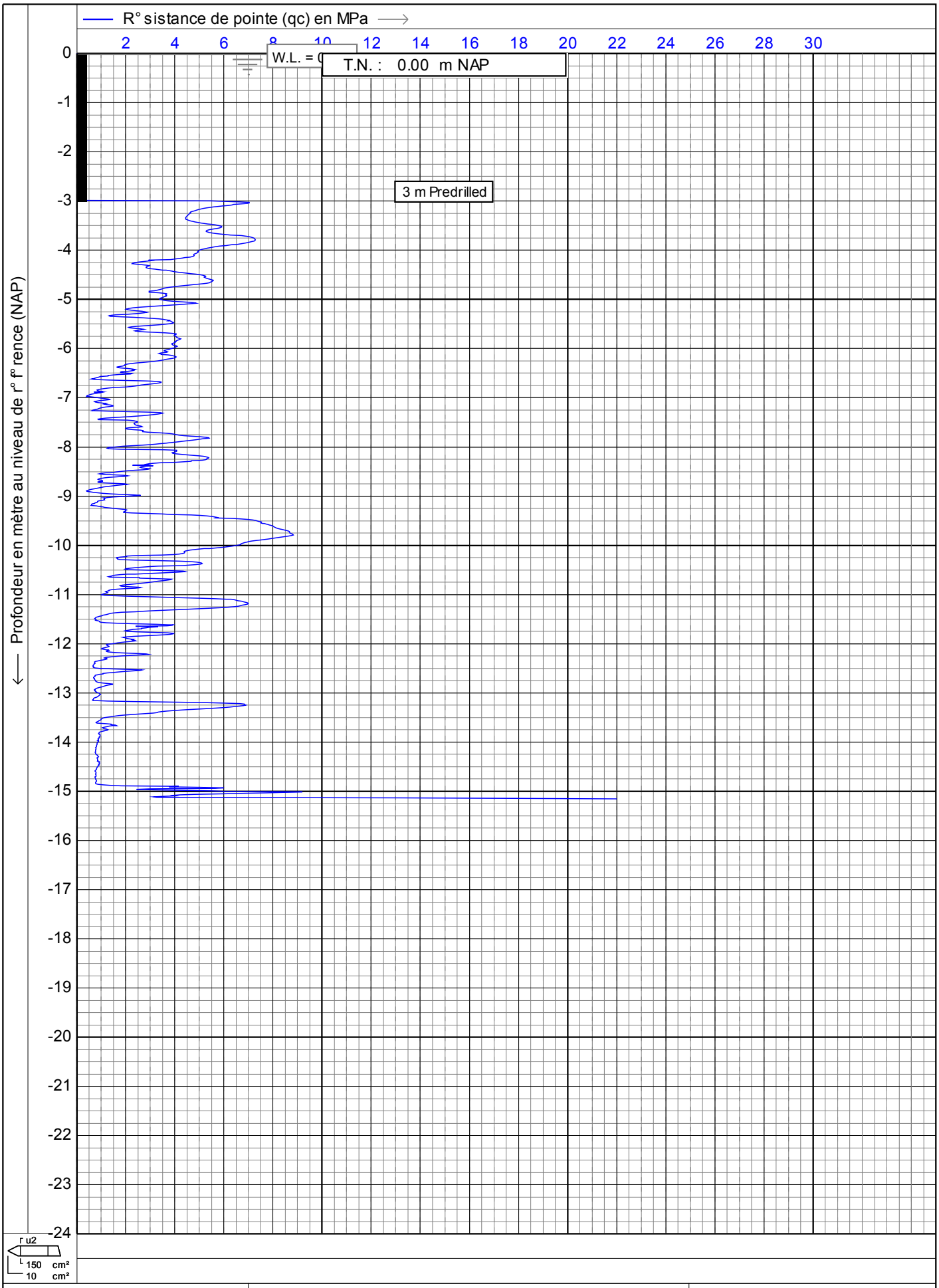
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: PO1 1/1

CPTask V1.28



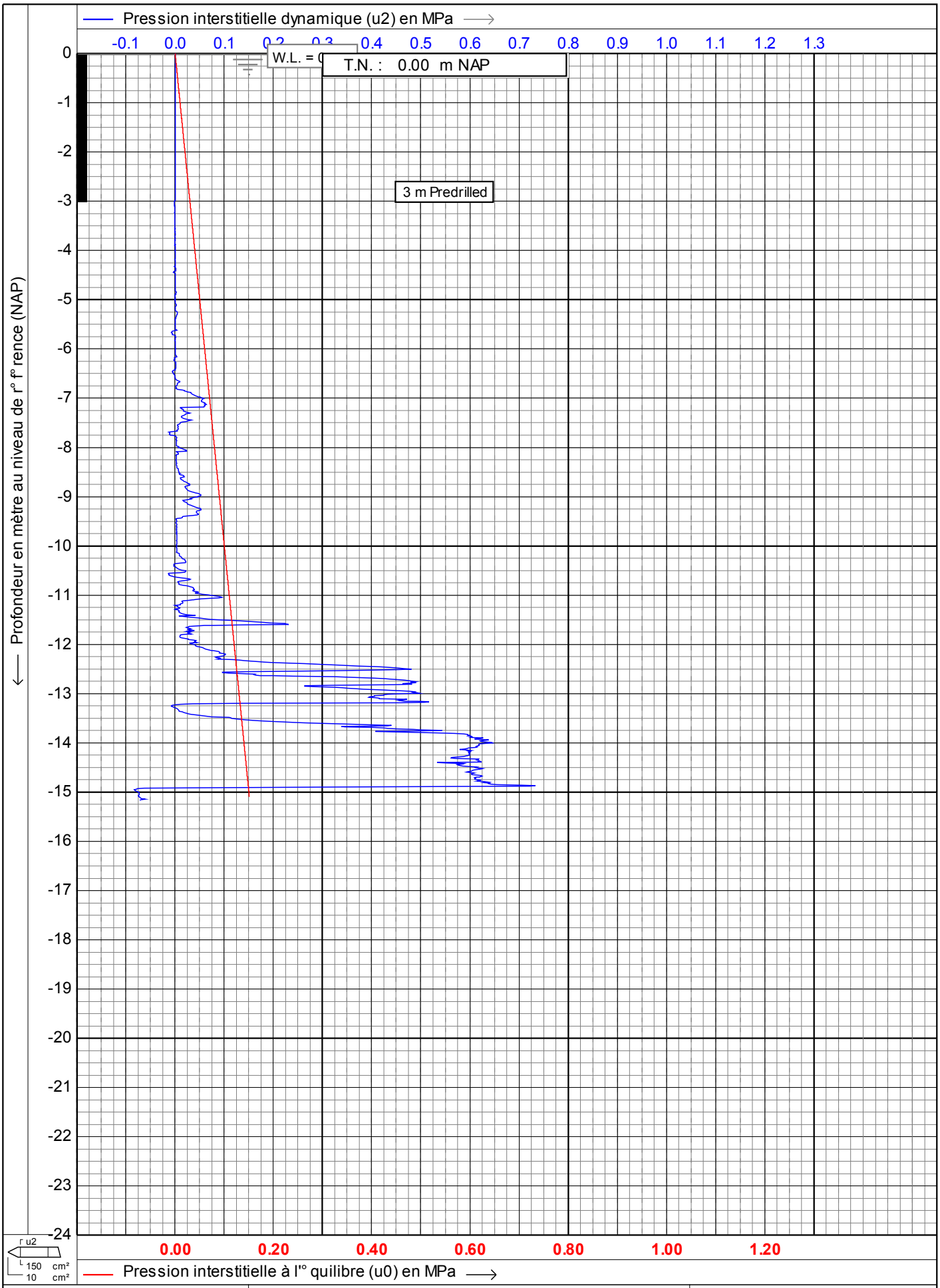
u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 3
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: C10CFIIP.C13428
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: PO1 CPTU 1/1

CPTask V1.28



Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
Projet : **Résidus miniers**	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
	N° projet	: CMO2.H.2072
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: PO1 CPTU 1/2

CPTask V1.28



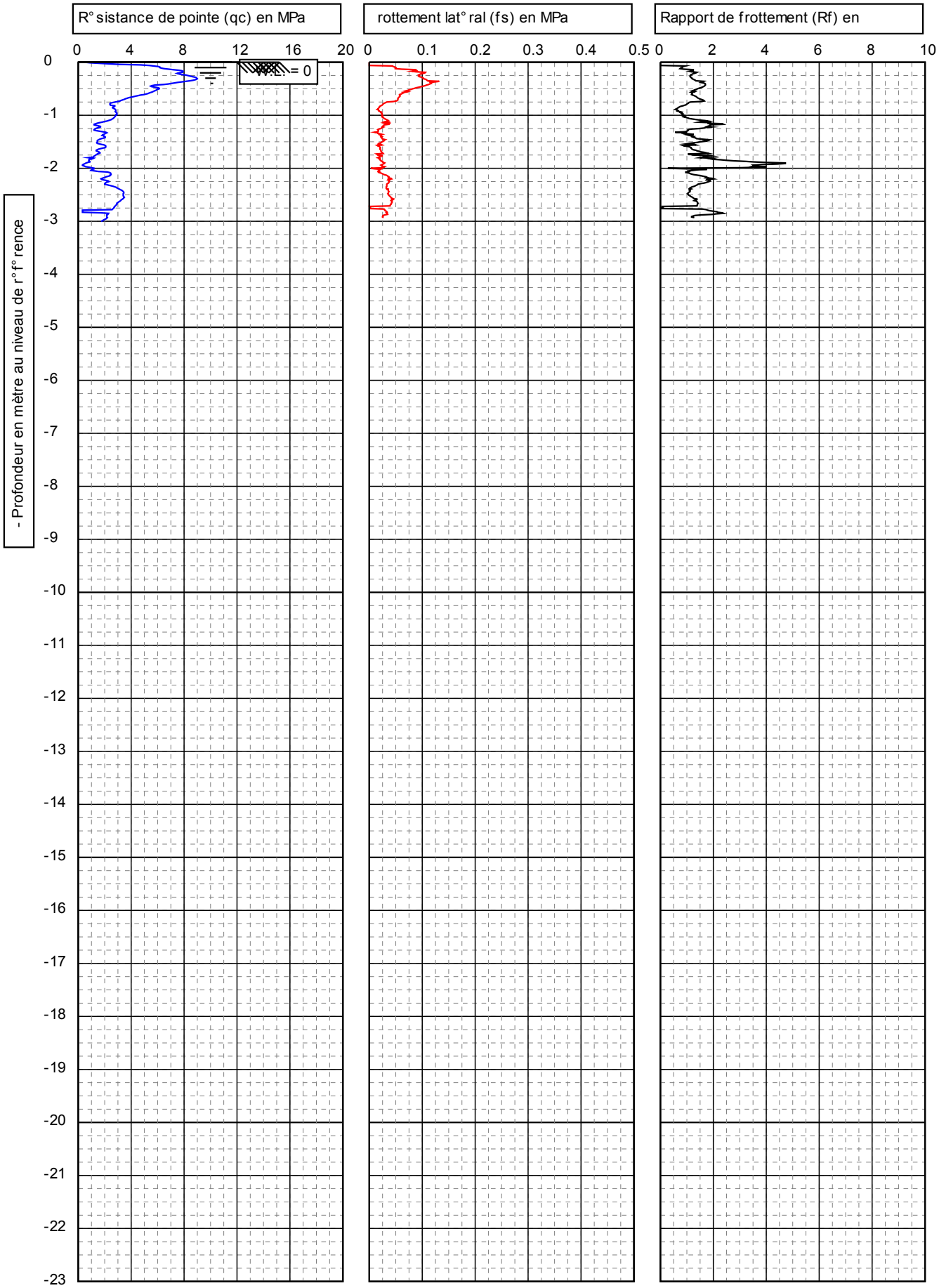
Test according NEN 5140 class 1

Projet : **Résidus miniers**

Site : **ST FELIX PALLIERE**

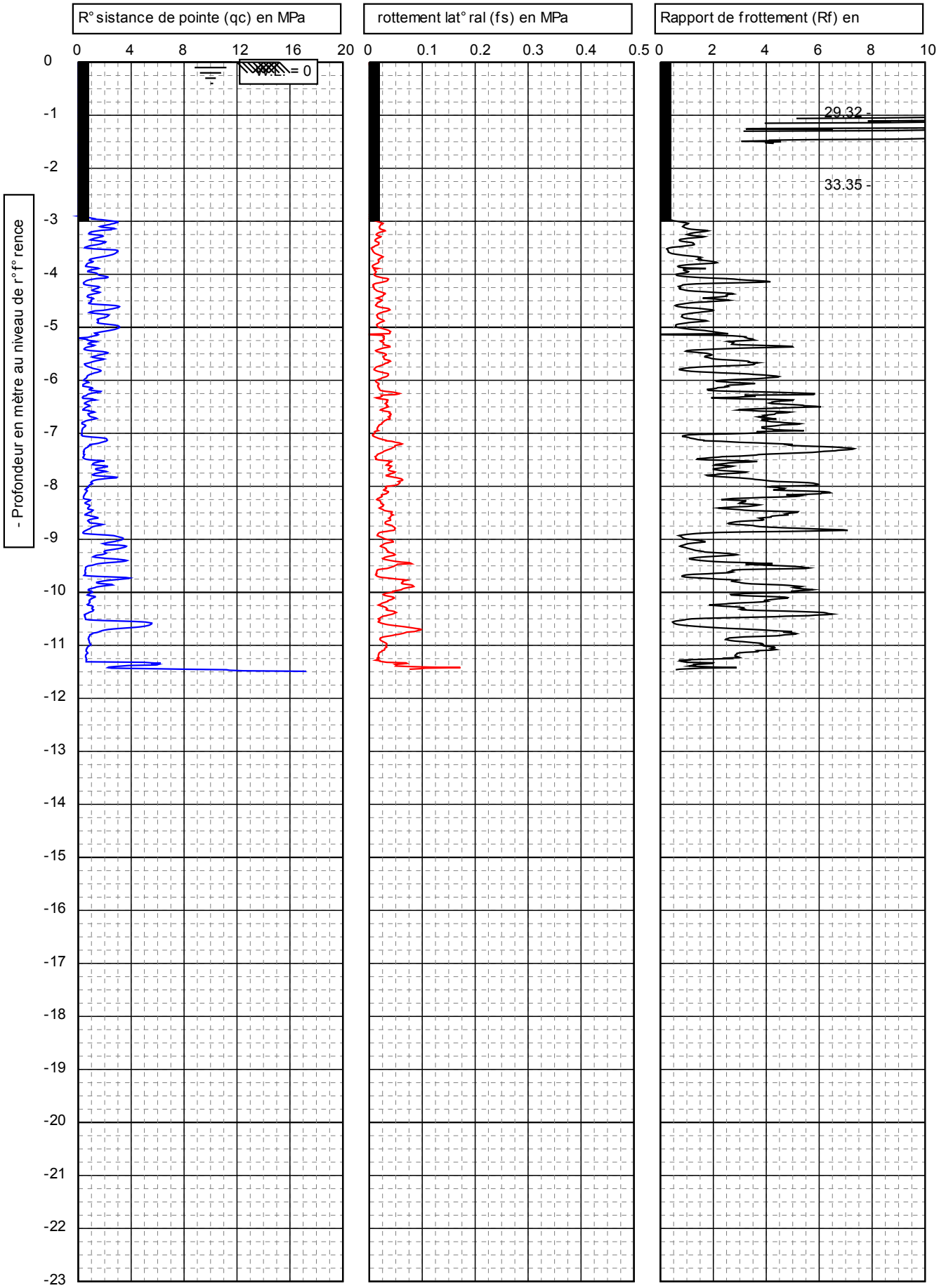
Date	: **1-1-2003**
N° pointe	: **C10CFIIP.C13428**
N° projet	: **CMO2.H.2072**
N° essai	: **PO1 CPTU** **2/2**

CPTask V1.28



225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : **0**
	T.N. **0 NAP**	Niv. eau: **0**	Date: **01/01/2003**
Projet: **Résidus miniers**			N° pointe: **S15CFII.S14604**
Site: **ST FELIX PALLIERE**			N° projet: **CMO2.H.2072**
Position:			N° essai: **PO2** 1/1

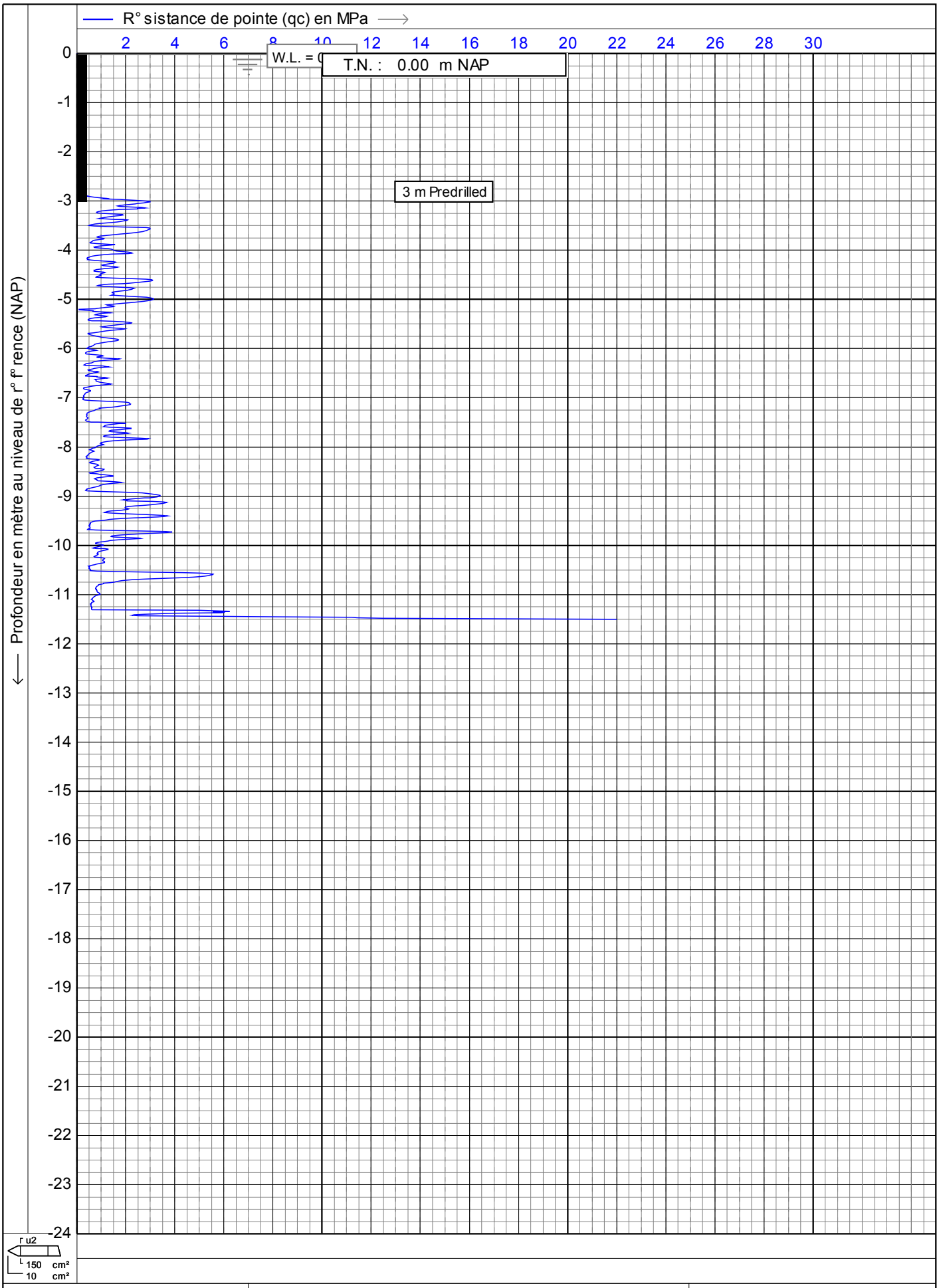
CPTask V1.28



	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 3
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet: Résidus miniers			N° pointe: C10CFIIP.C13428
Site: ST FELIX PALLIERE			N° projet: CMO2H 2072
Position:			N° essai: PO2_CPTu2 1/1

u2 150 cm² 10 cm²

CPTask V1.28

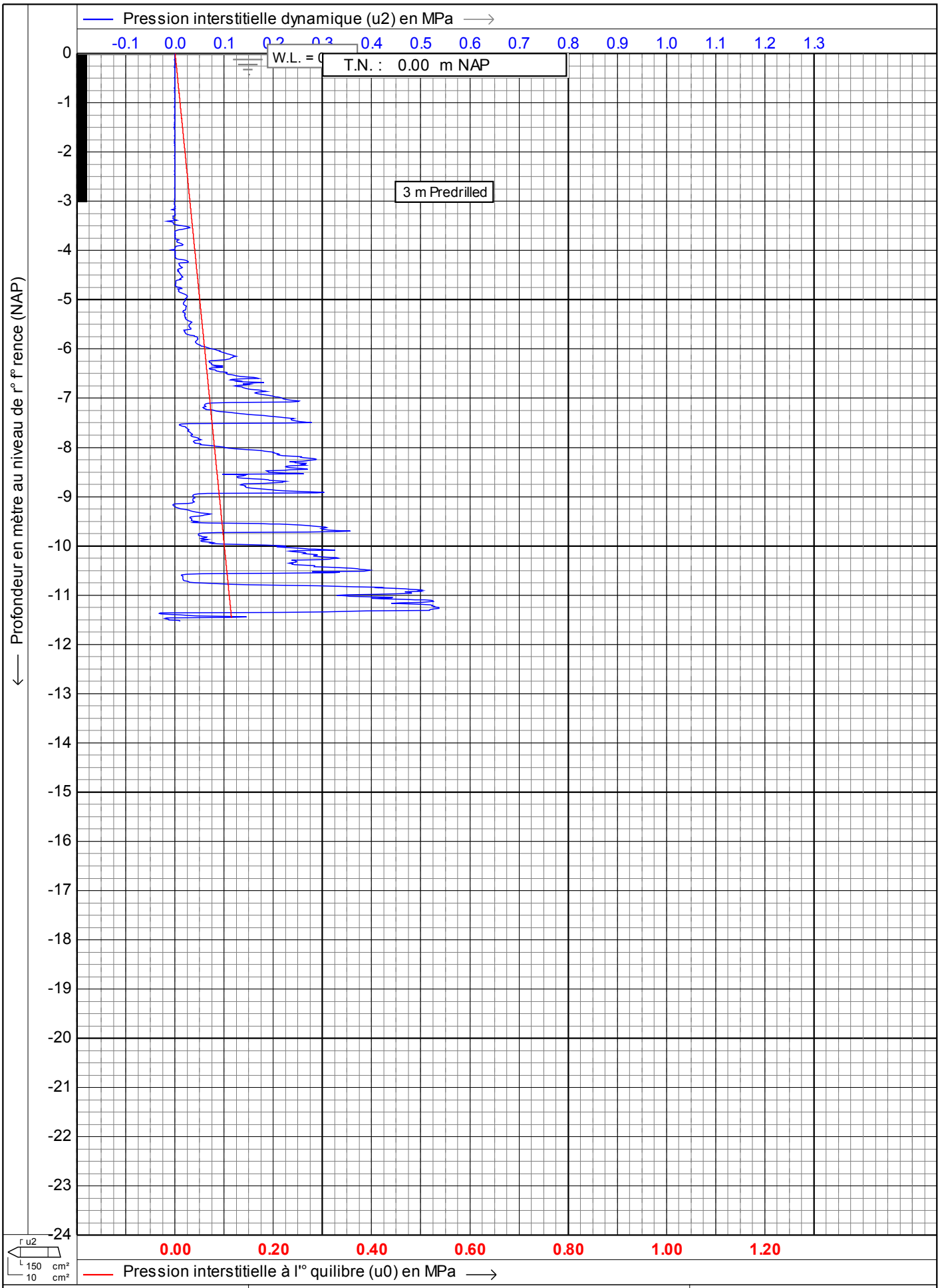


Test according NEN 5140 class 1

Projet	:	**Résidus miniers**
Site	:	**ST FELIX PALLIERE**

Date	:	**1-1-2003**
N° pointe	:	**C10CFIIP.C13428**
N° projet	:	**CMO2H 2072**
N° essai	:	**PO2_CPTu2** — **1/2**

CPTask V1.28

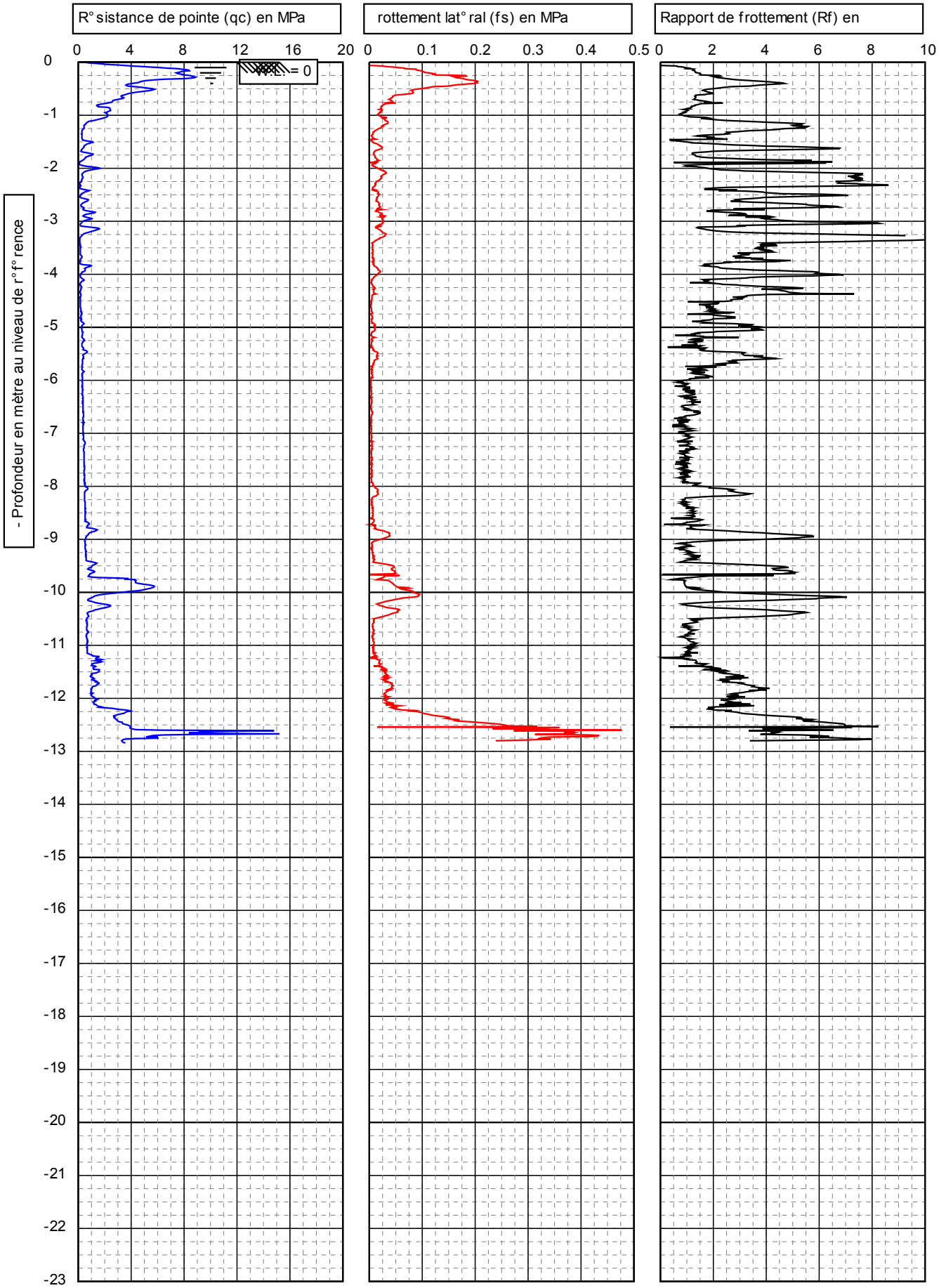


Test according NEN 5140 class 1

Projet	:	**Résidus miniers**
Site	:	**ST FELIX PALLIERE**

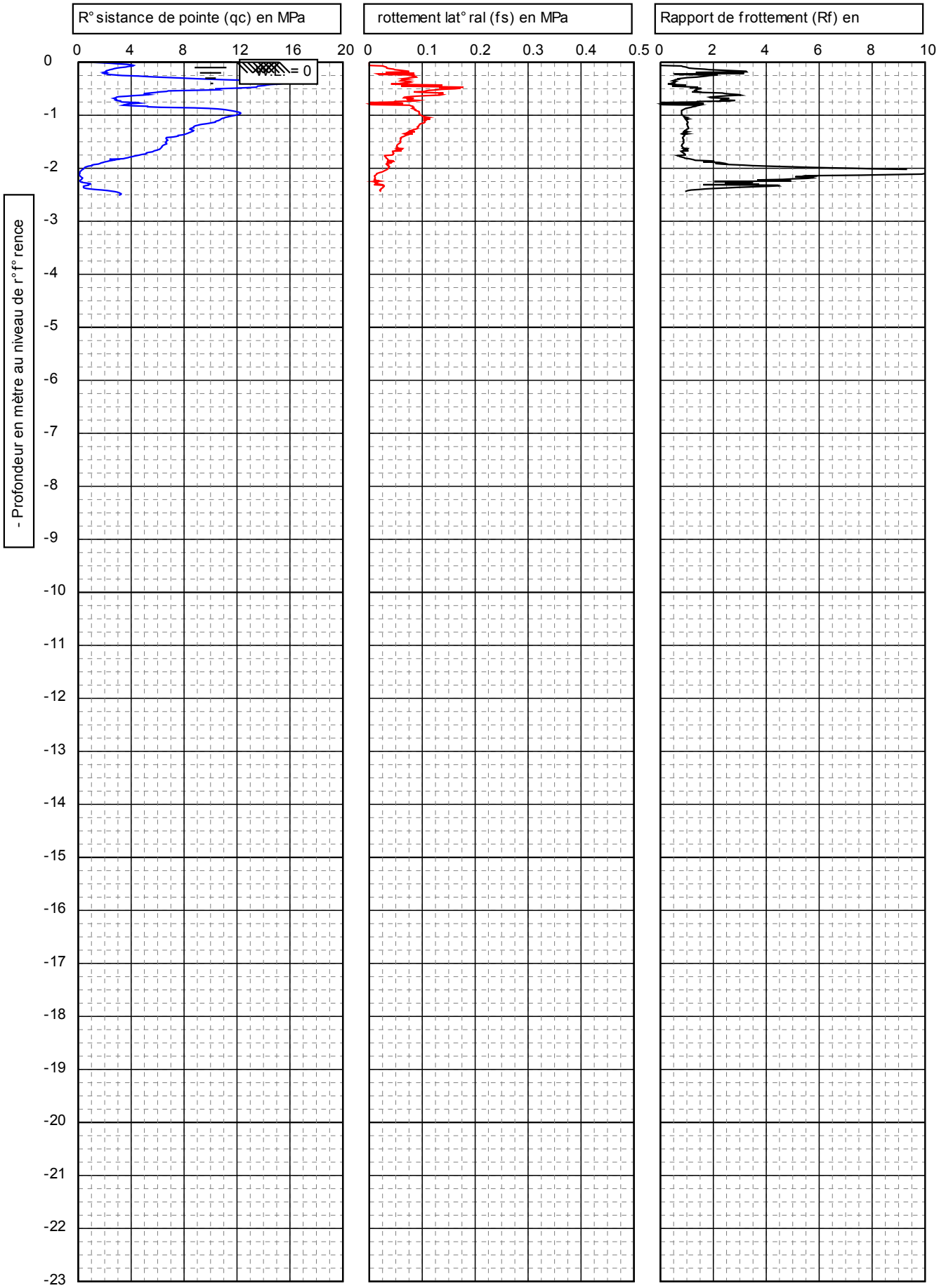
Date	:	**1-1-2003**
N° pointe	:	**C10CFIIP.C13428**
N° projet	:	**CMO2H 2072**
N° essai	:	**PO2_CPTu2** **2/2**

CPTask V1.28



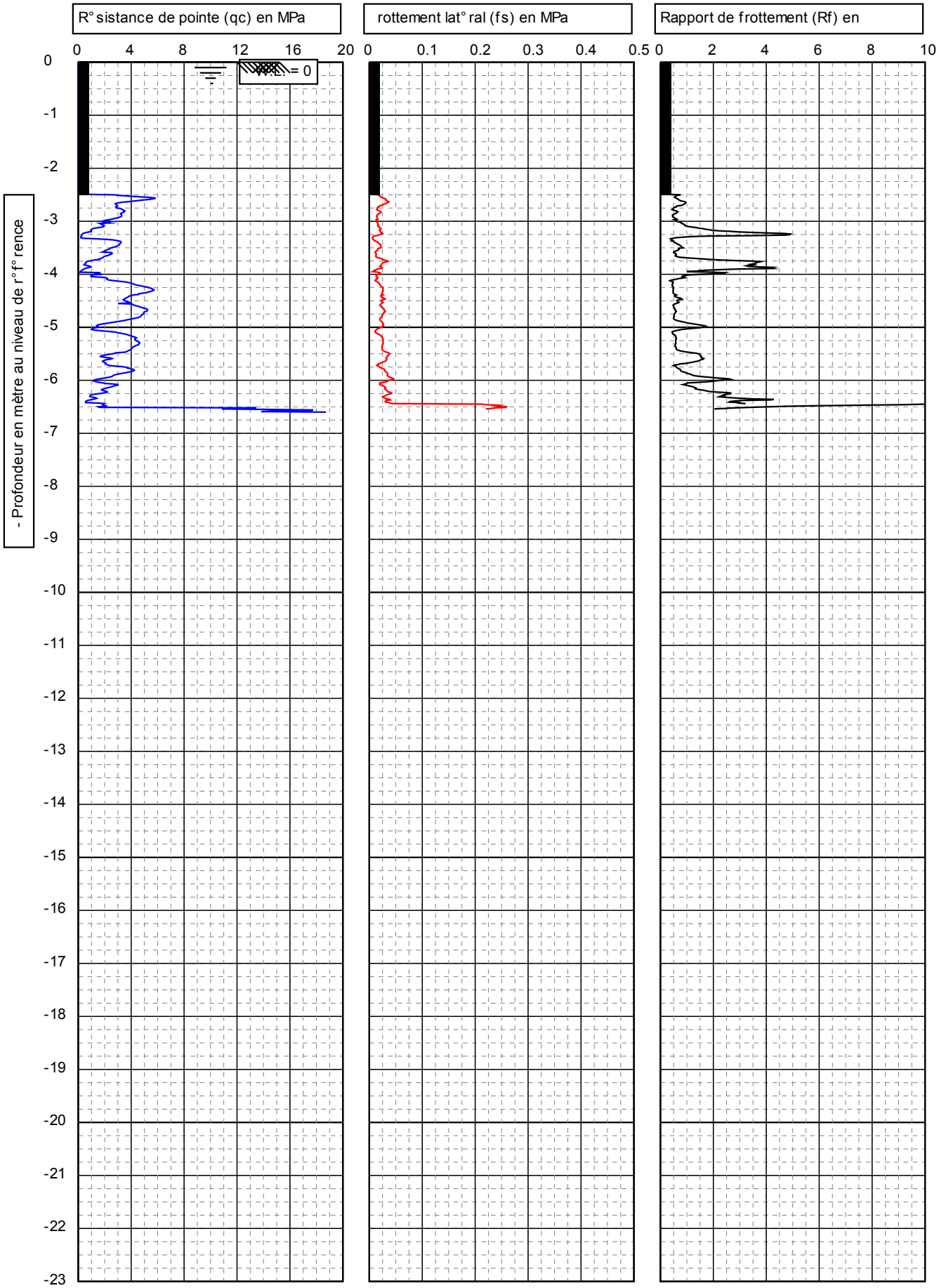
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: P03 1/1

CPTask V1.28



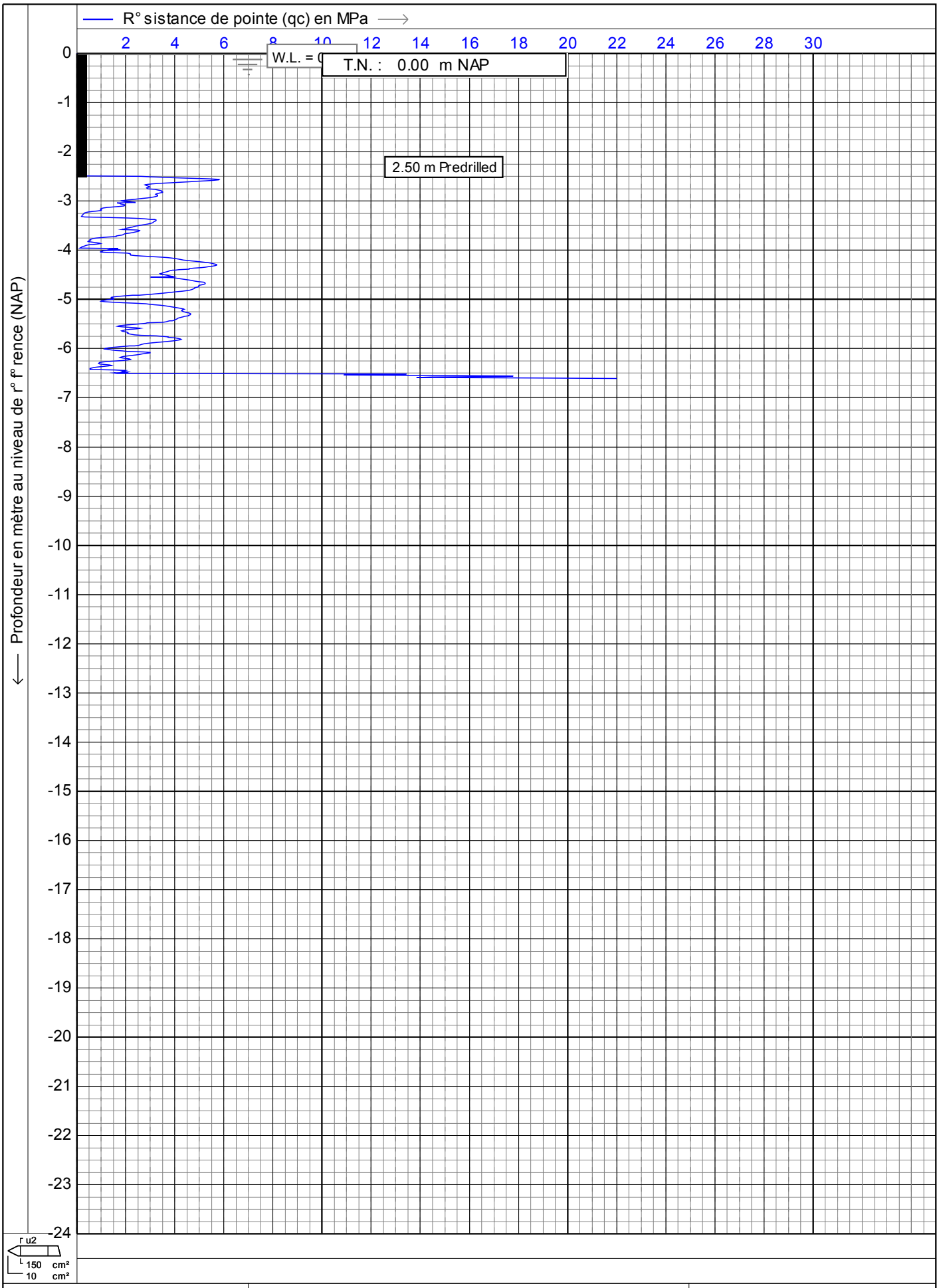
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: P04 1/1

CPTask V1.28



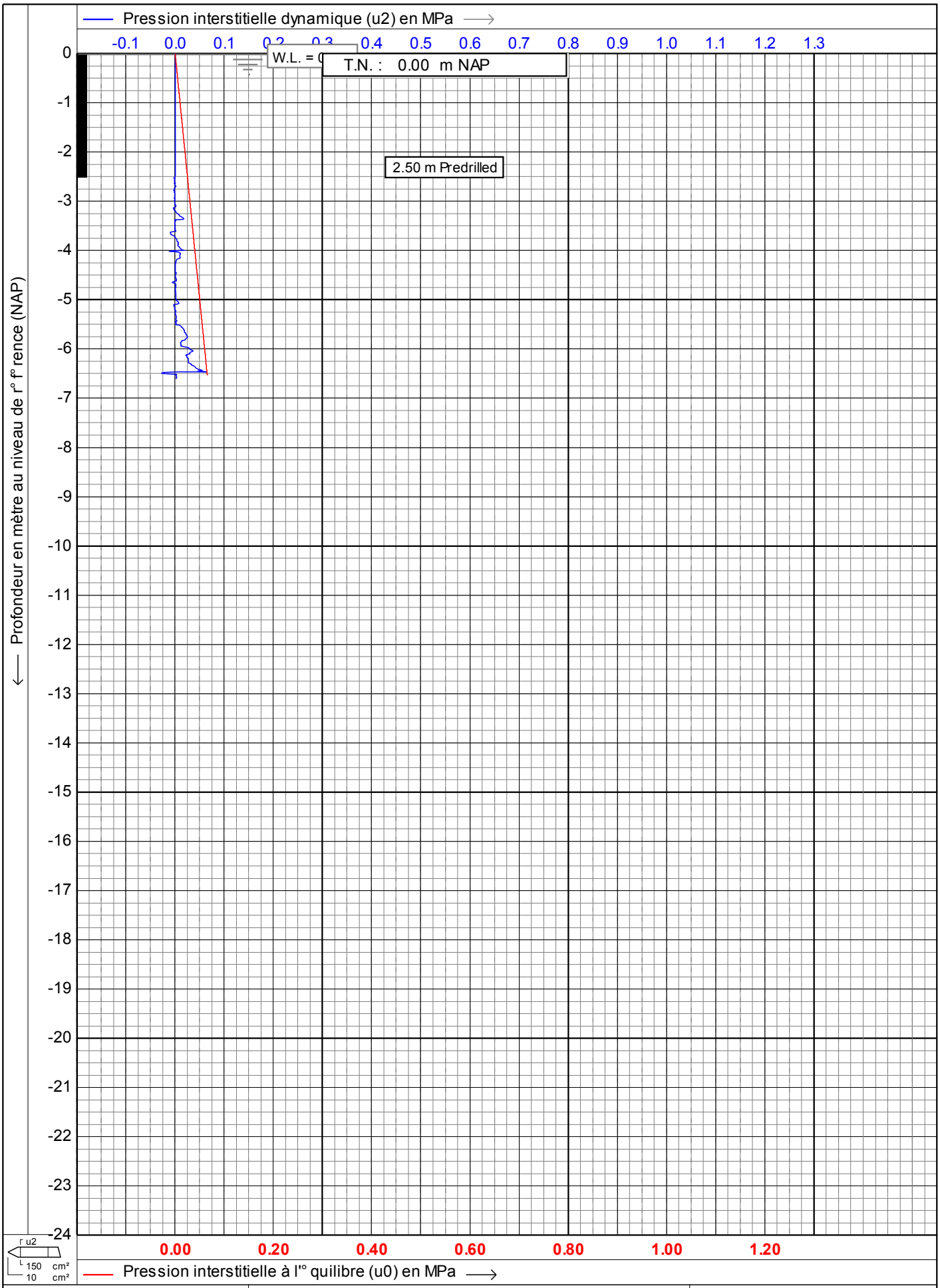
u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : **2.5**
	T.N. **0 NAP**	Niv. eau: **0**	Date: **01/01/2003**
Projet: **Résidus miniers**			N° pointe: **C10CFIIP.C13428**
Site: **ST FELIX PALLIERE**			N° projet: **CMO2.H.2072**
Position:			N° essai: **P04_CPTU4** **1/1**

CPTask V1.28



Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
Projet : **Résidus miniers**	N° projet	: **CMO2.H.2072**
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: P04_CPTU4 — 1/2

CPTask V1.28



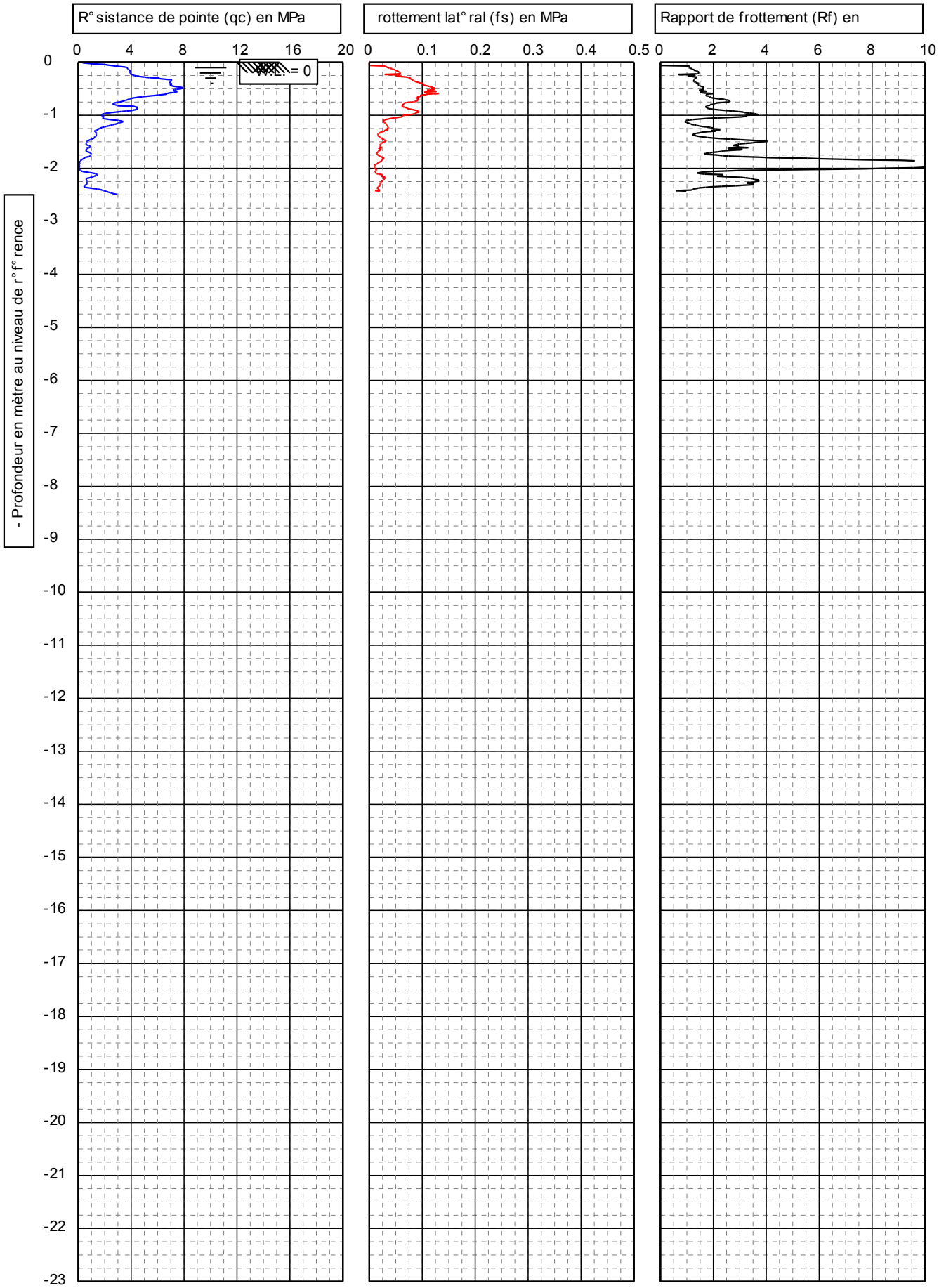
Test according NEN 5140 class 1

Projet	:	**Résidus miniers**
Site	:	**ST FELIX PALLIERE**

Date	:	**1-1-2003**
N° pointe	:	**C10CFIIP.C13428**
N° projet	:	**CMO2.H.2072**
N° essai	:	**P04_CPTU4**

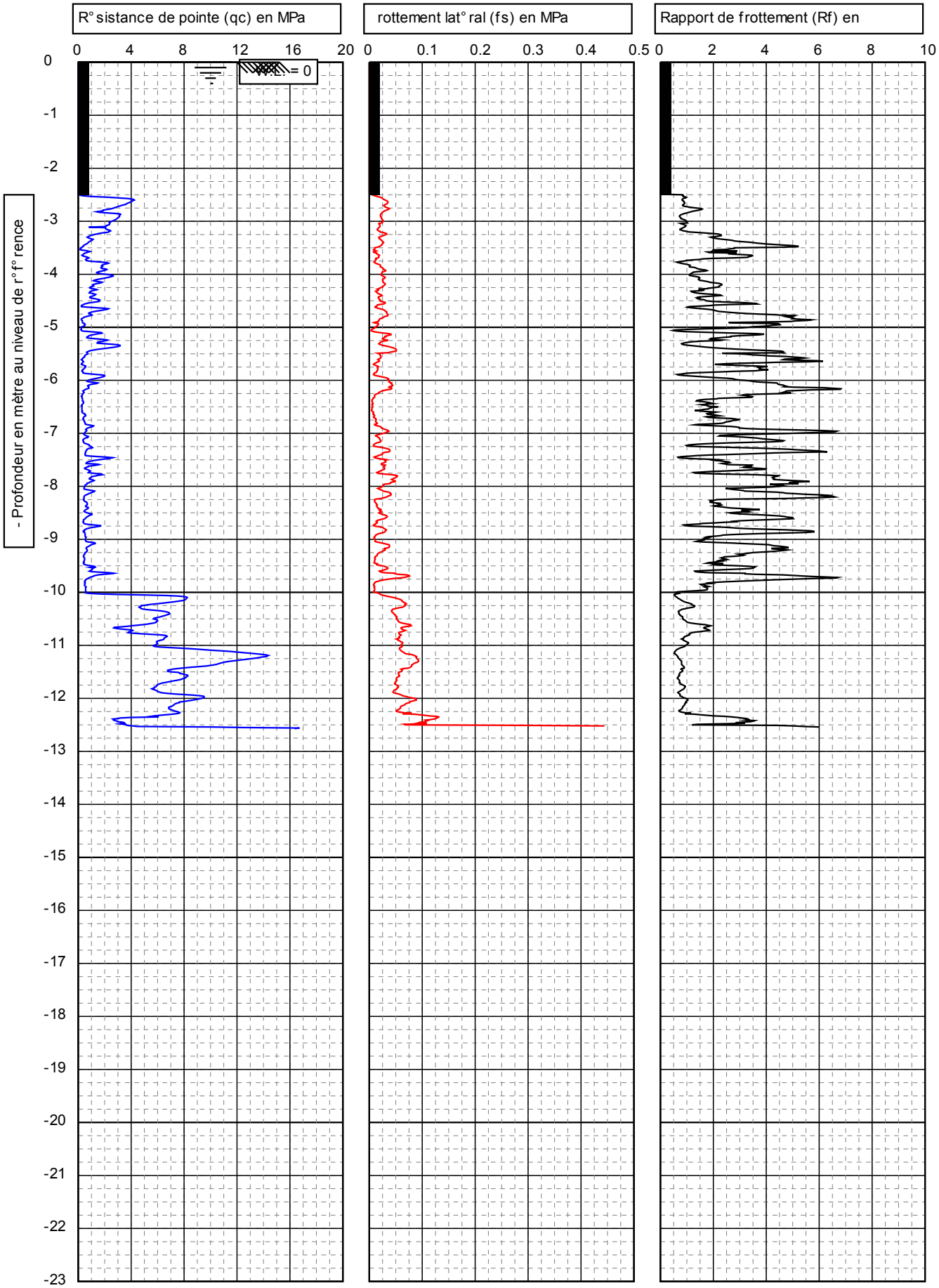
2/2

CPTask V1.28



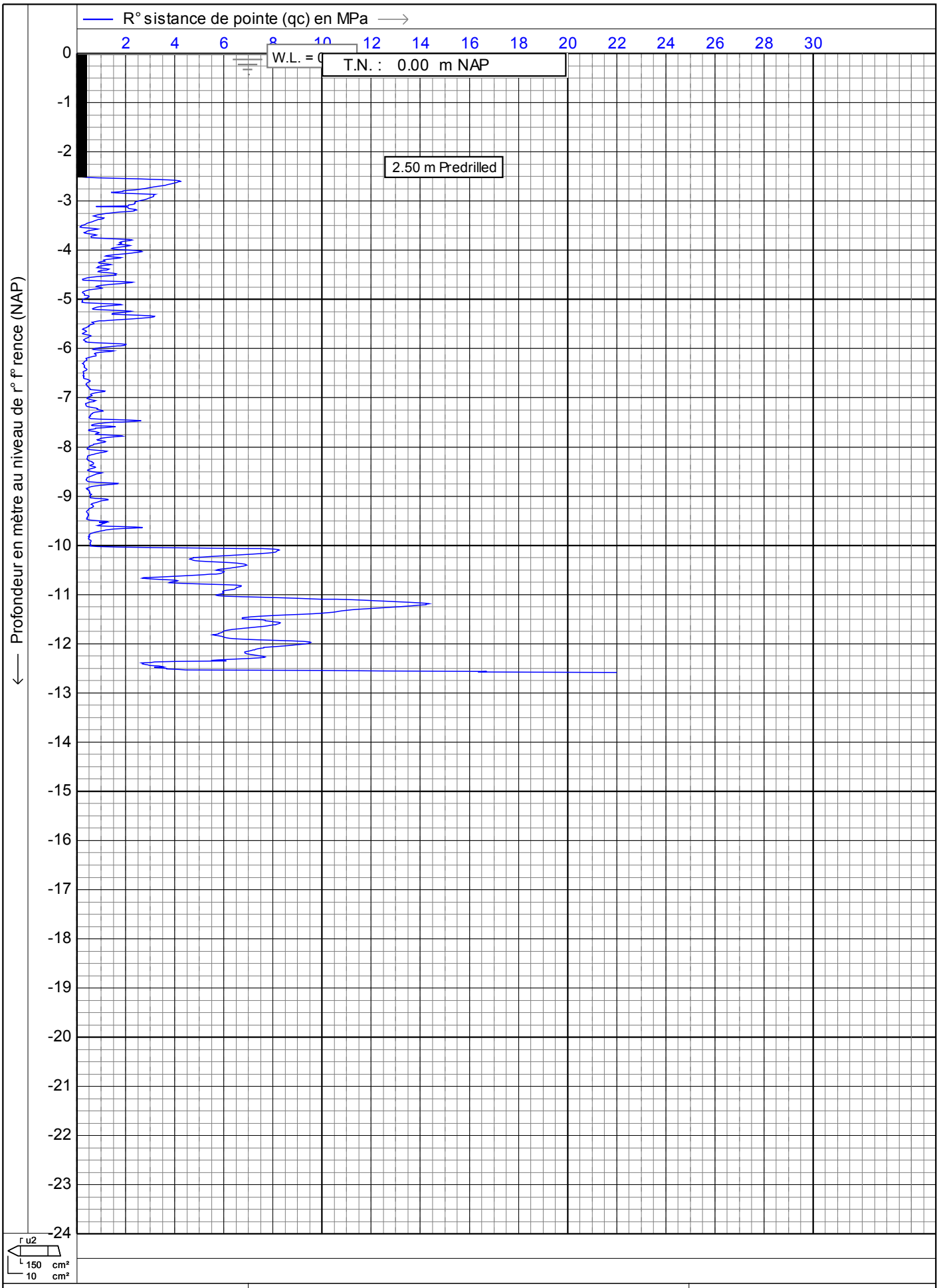
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: P05 1/1

CPTask V1.28



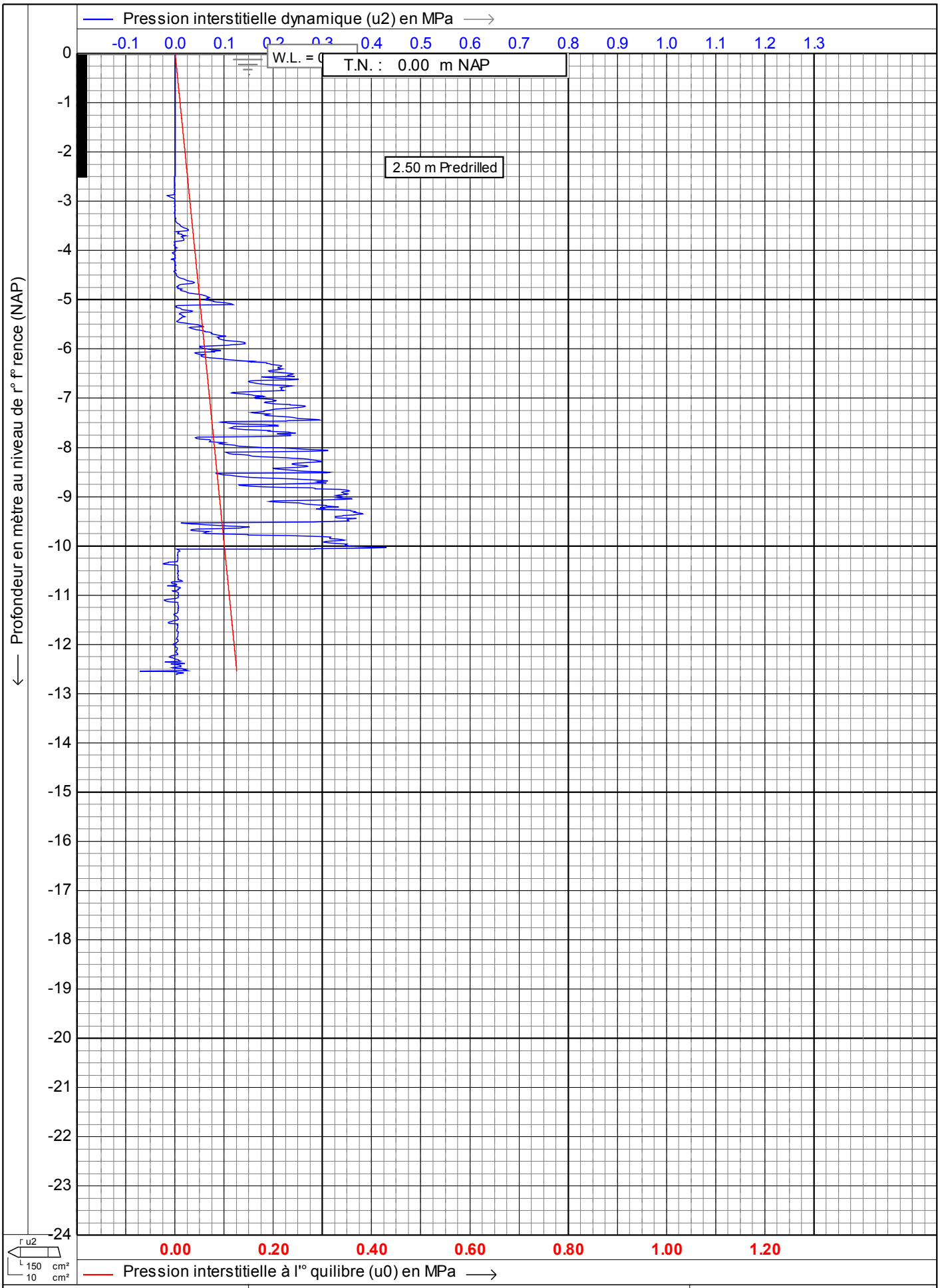
u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1	Avant trou :	2.5
	T.N. 0 NAP — Niv. eau: 0	Date:	01/01/2003
Projet:	Résidus miniers	N° pointe:	C10CFIIP.C13428
Site:	ST FELIX PALLIERE	N° projet:	CMO2.H.2072
Position:		N° essai:	P05_CPTU5 — 1/1

CPTask V1.28



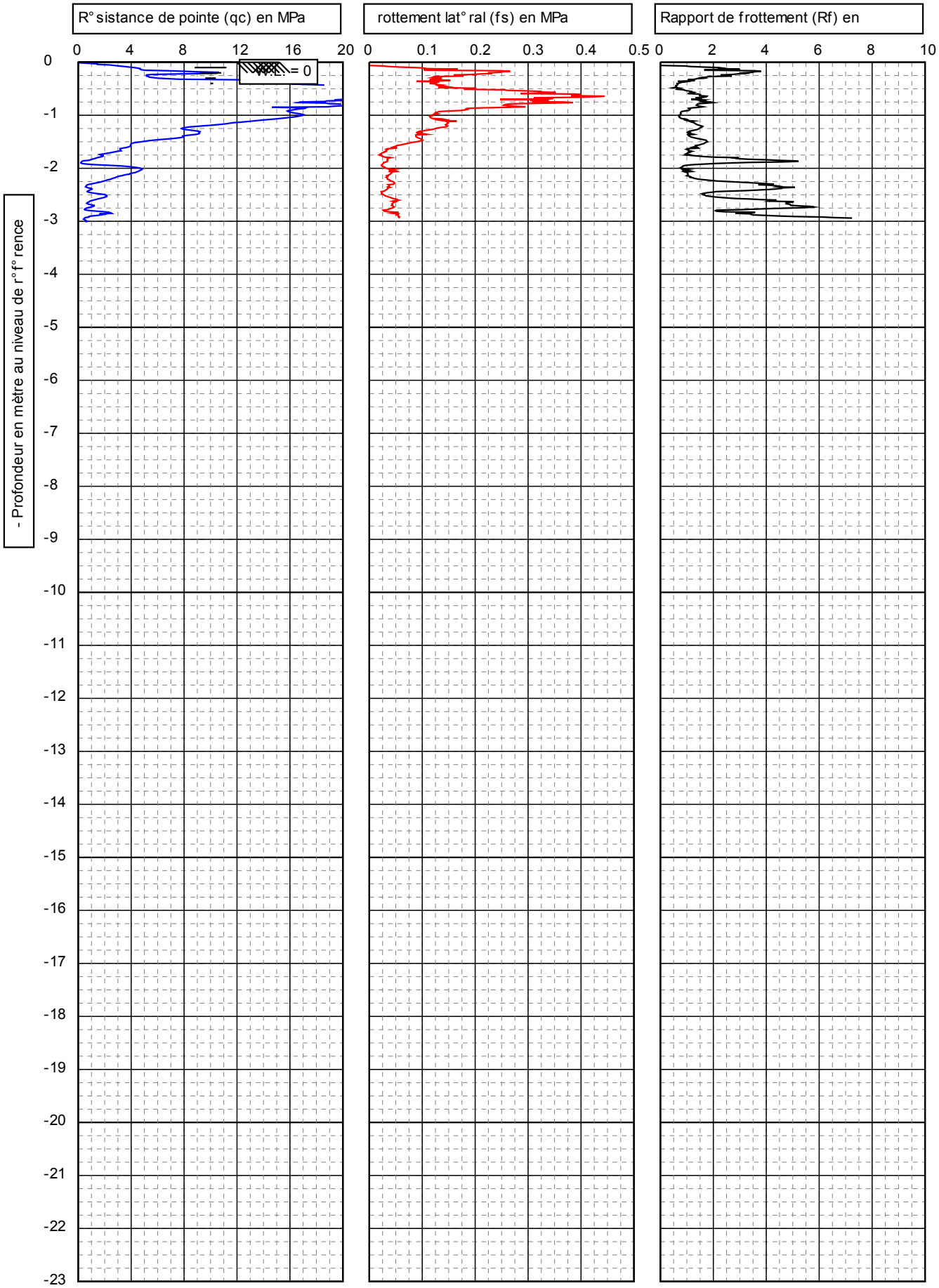
Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
Projet : **Résidus miniers**	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
	N° projet	: CMO2.H.2072
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: P05_CPTU5 1/2

CPTask V1.28



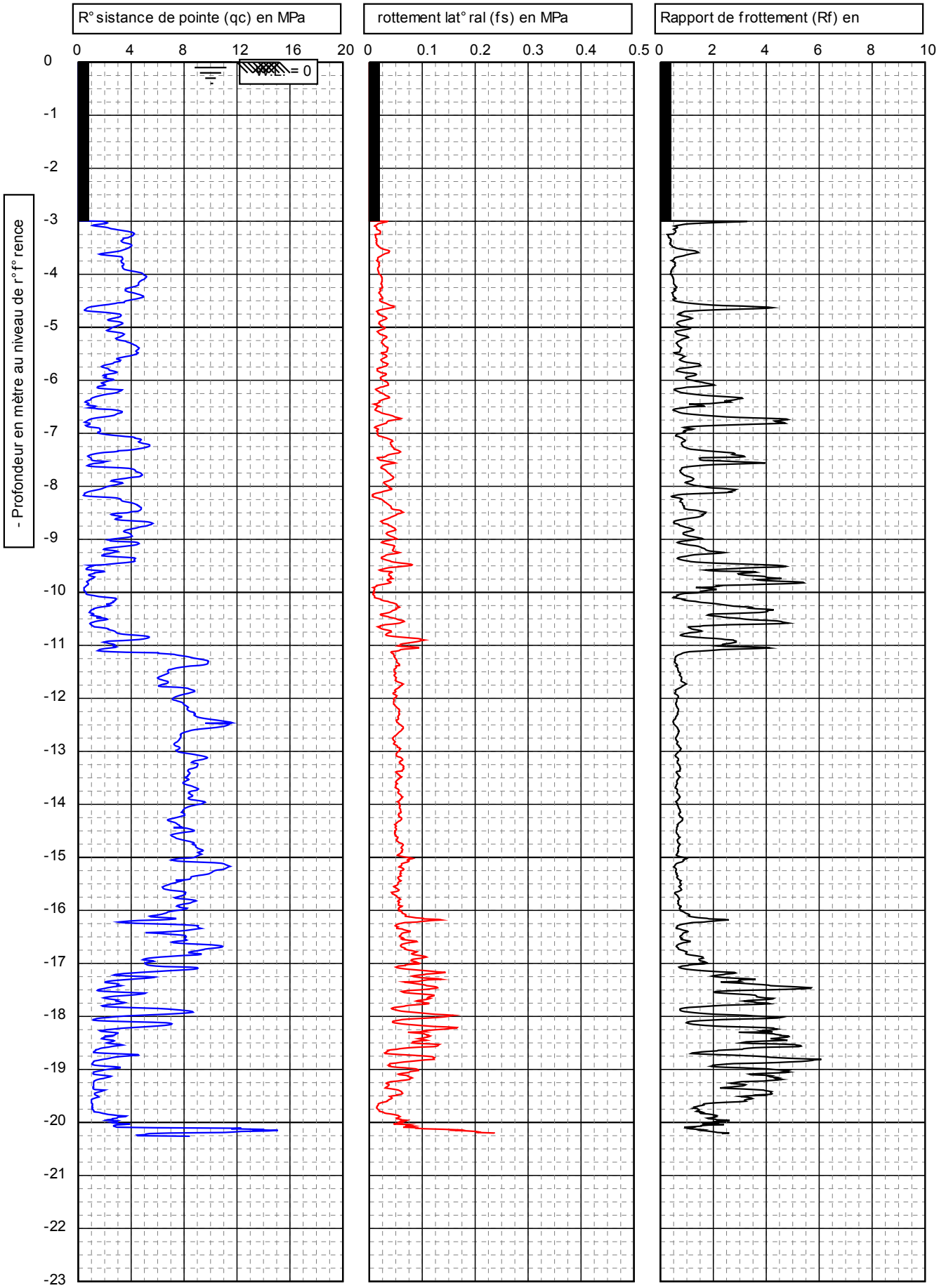
Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
Projet : **Résidus miniers**	N° projet	: **CMO2.H.2072**
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: P05_CPTU5 — 2/2

CPTask V1.28



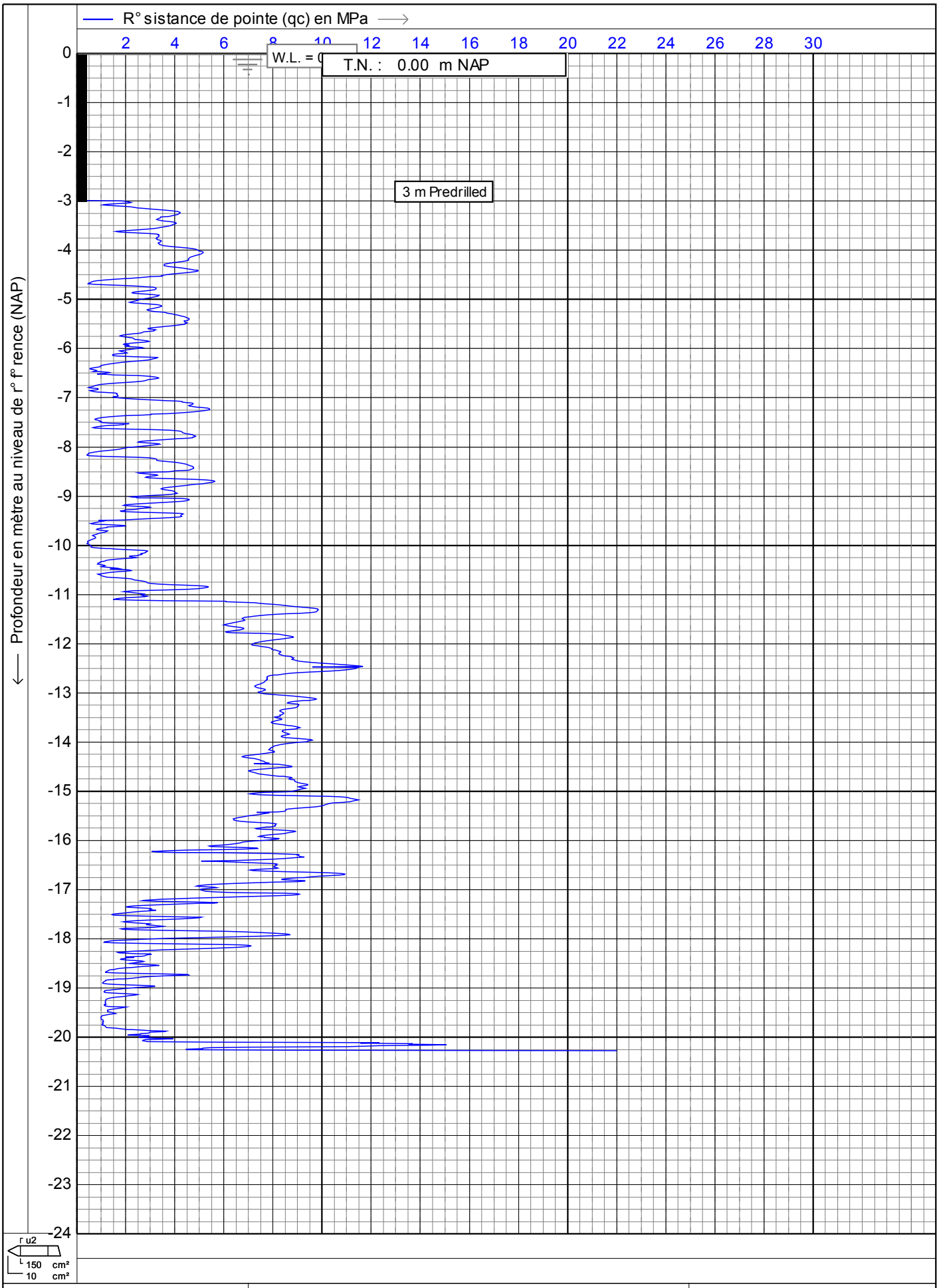
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: PO6 1/1

CPTask V1.28



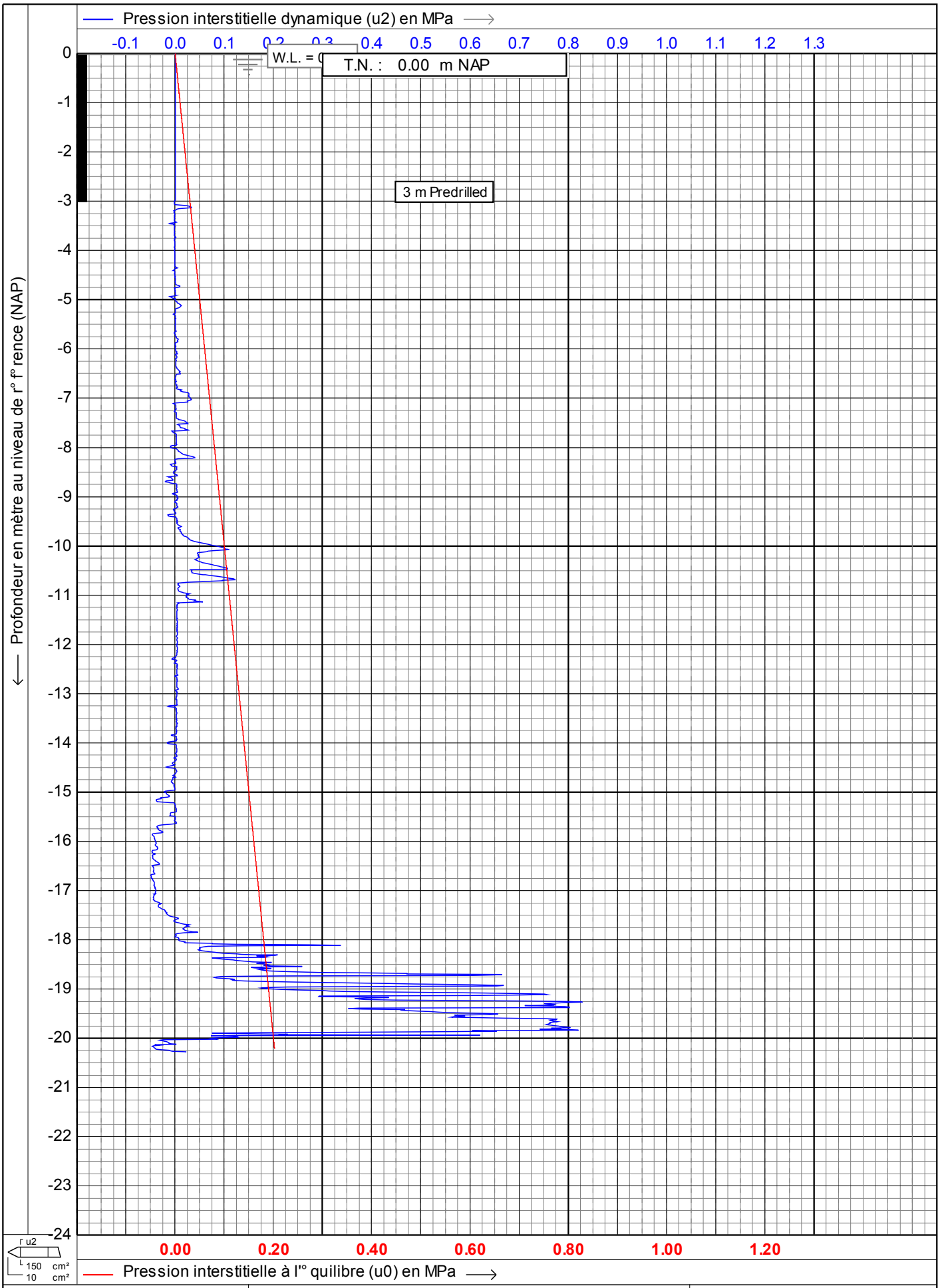
u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 3
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: C10CFIIP.C13428
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: PO6_CPTU6 1/1

CPTask V1.28



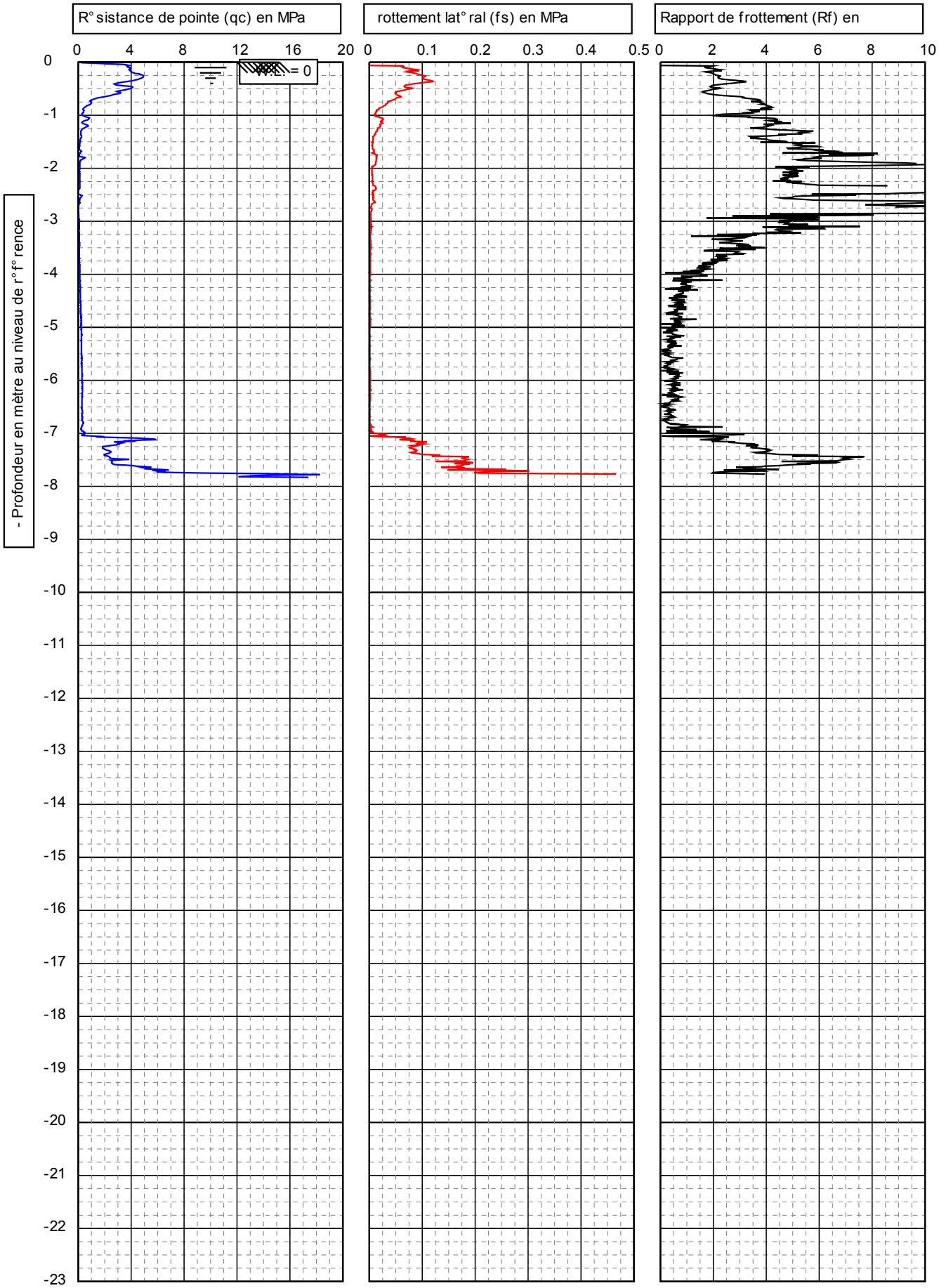
Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
Projet : **Résidus miniers**	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
	N° projet	: **CMO2.H.2072**
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: PO6_CPTU6 — 1/2

CPTask V1.28



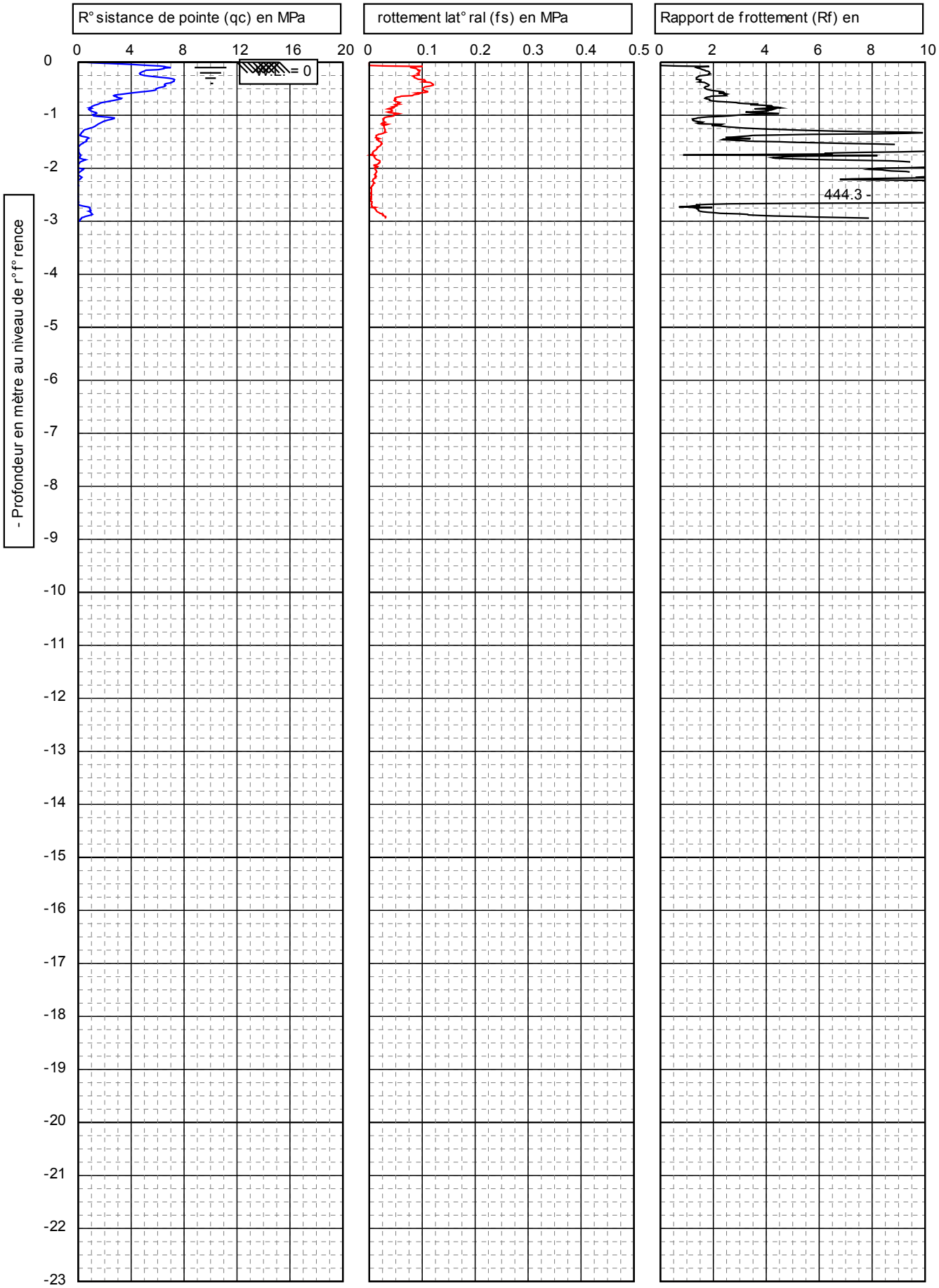
Test according NEN 5140 class 1	Date : **1-1-2003**	
Projet : **Résidus miniers**	N° pointe : **C10CFIIP.C13428**	
	N° projet : **CMO2.H.2072**	
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai : **PO6_CPTU6**	**2/2**

CPTask V1.28



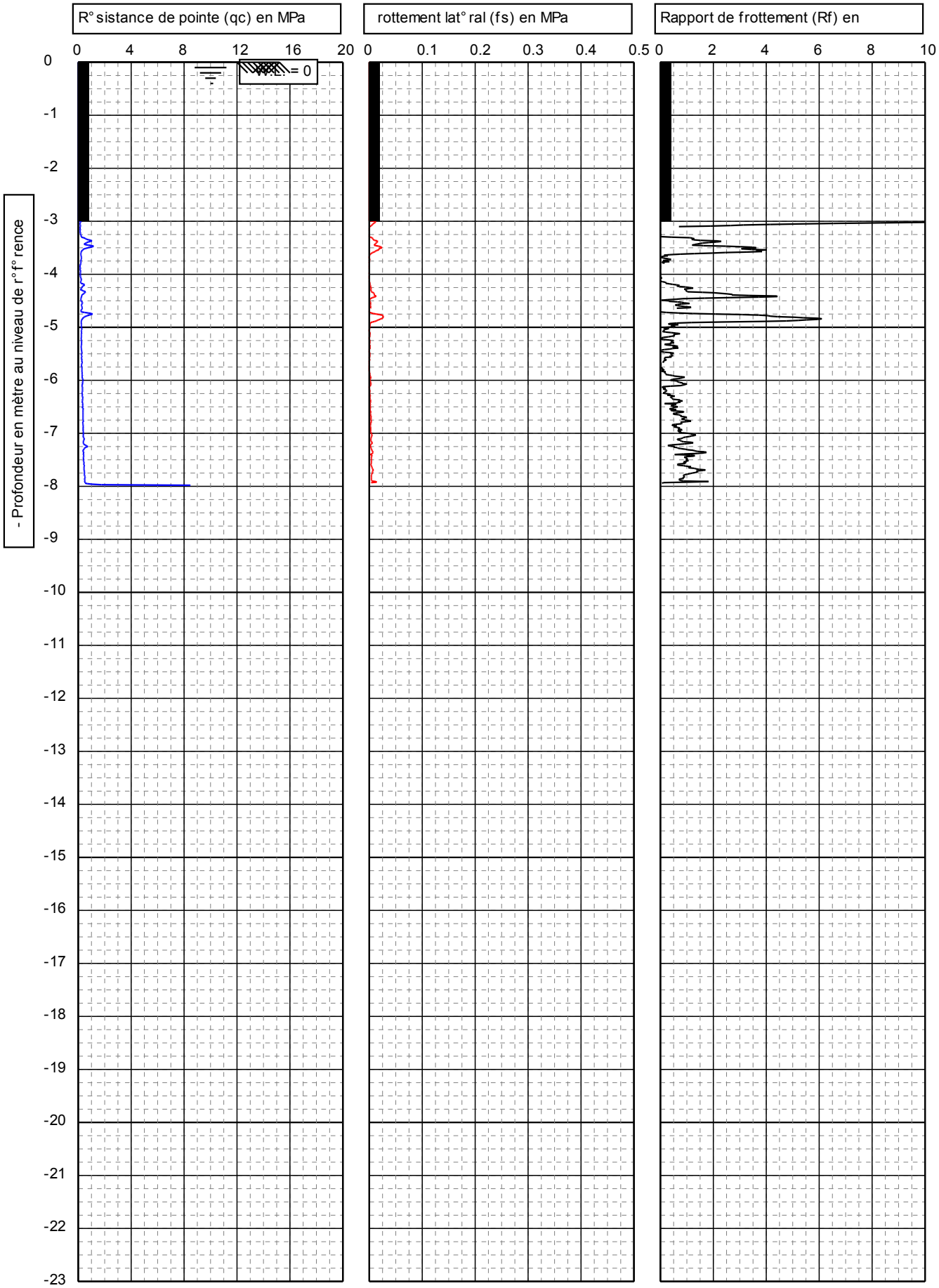
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : **0**
	T.N. **0 NAP**	Niv. eau: **0**	Date: **01/01/2003**
Projet:	**Résidus miniers**		N° pointe: **S15CFII.S14604**
Site:	**ST FELIX PALLIERE**		N° projet: **CMO2.H.2072**
Position:			N° essai: **P07** 1/1

CPTask V1.28



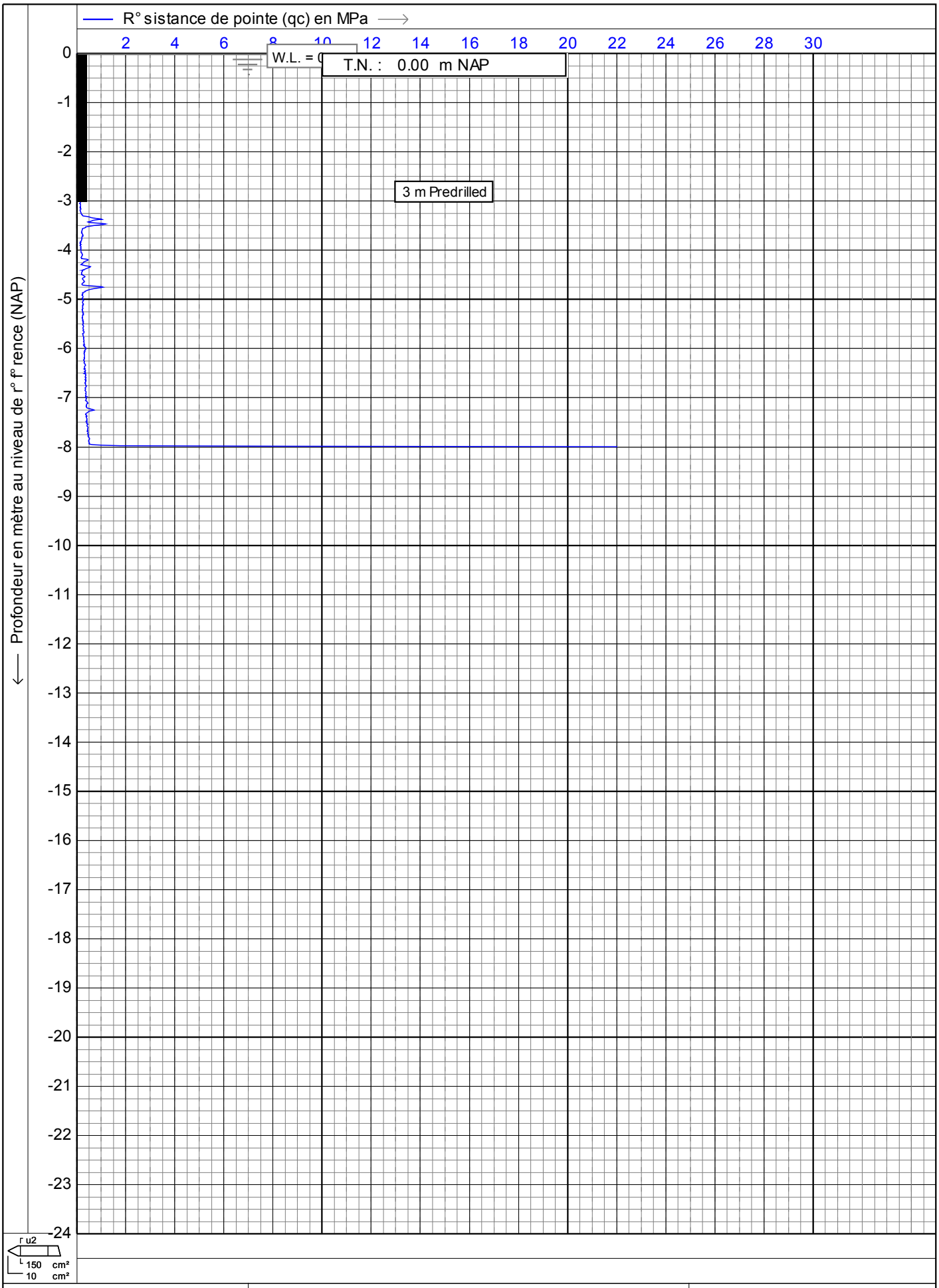
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: P08 1/1

CPTask V1.28



u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 3
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: C10CFIIP.C13428
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: PO8_CPTU8 1/1

CPTask V1.28



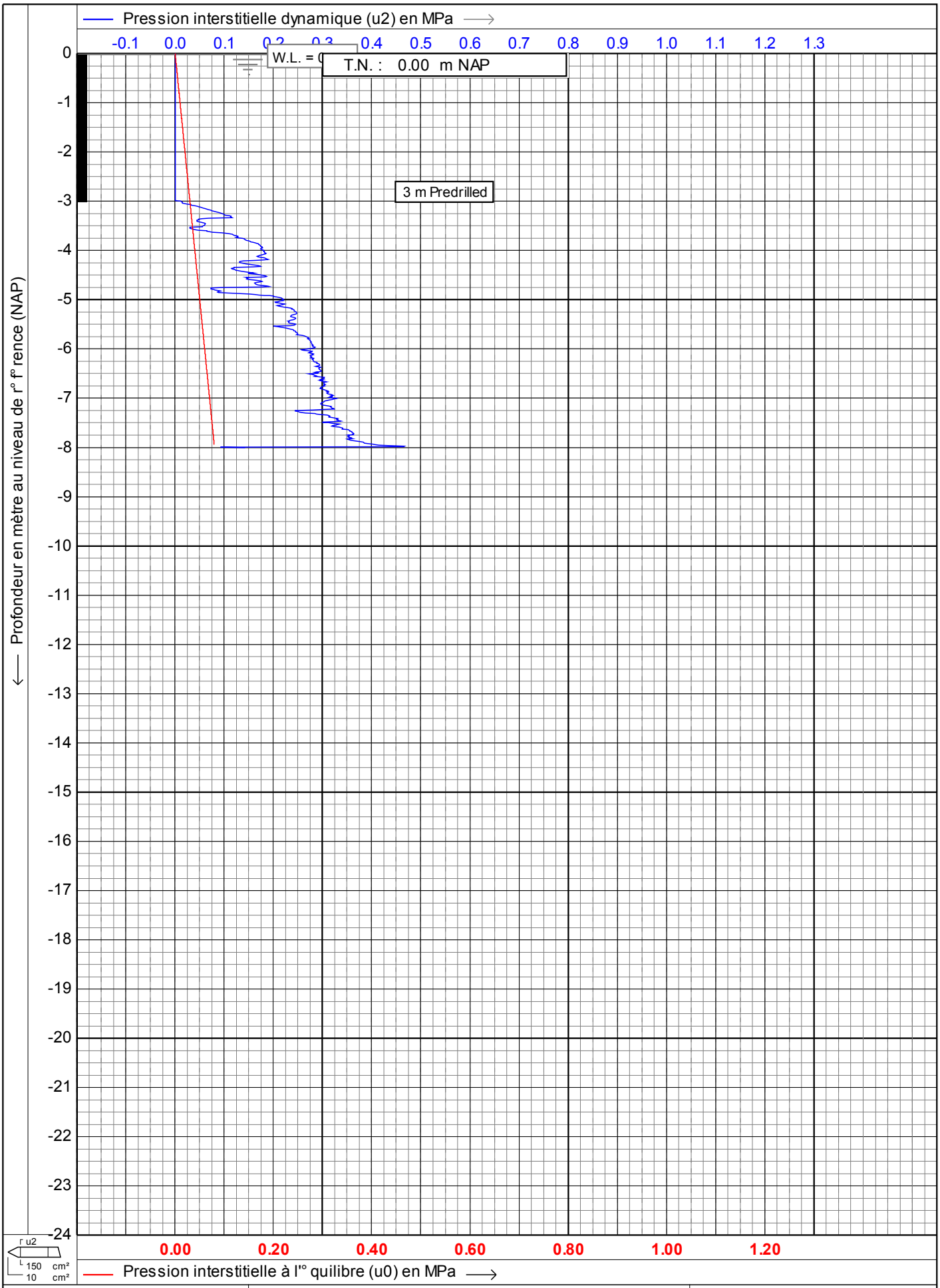
Test according NEN 5140 class 1

Projet : **Résidus miniers**

Site : **ST FELIX PALLIERE**

Date	: **1-1-2003**
N° pointe	: **C10CFIIP.C13428**
N° projet	: **CMO2.H.2072**
N° essai	: **PO8_CPTU8** **1/2**

CPTask V1.28



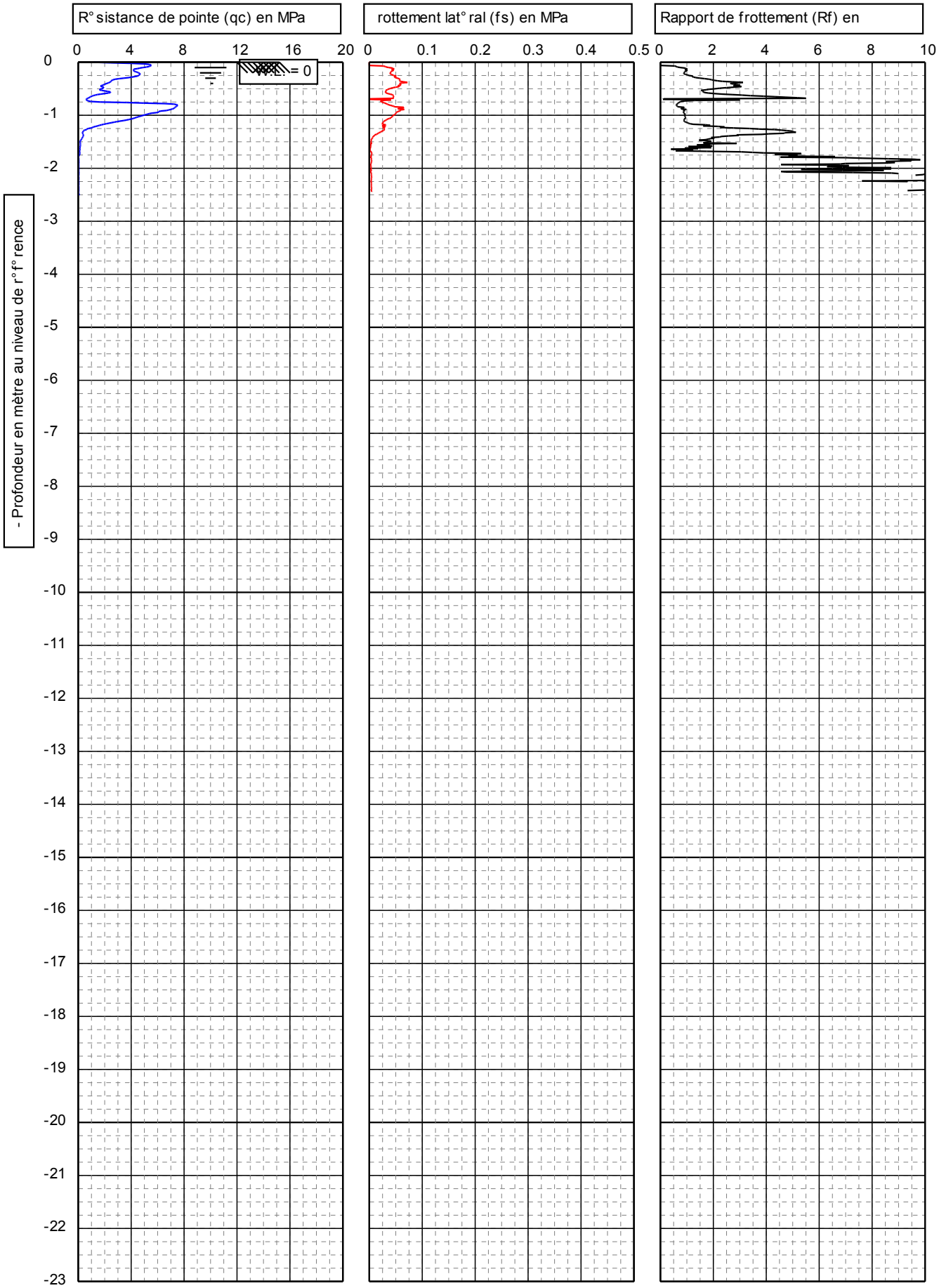
Test according NEN 5140 class 1

Projet : **Résidus miniers**

Site : **ST FELIX PALLIERE**

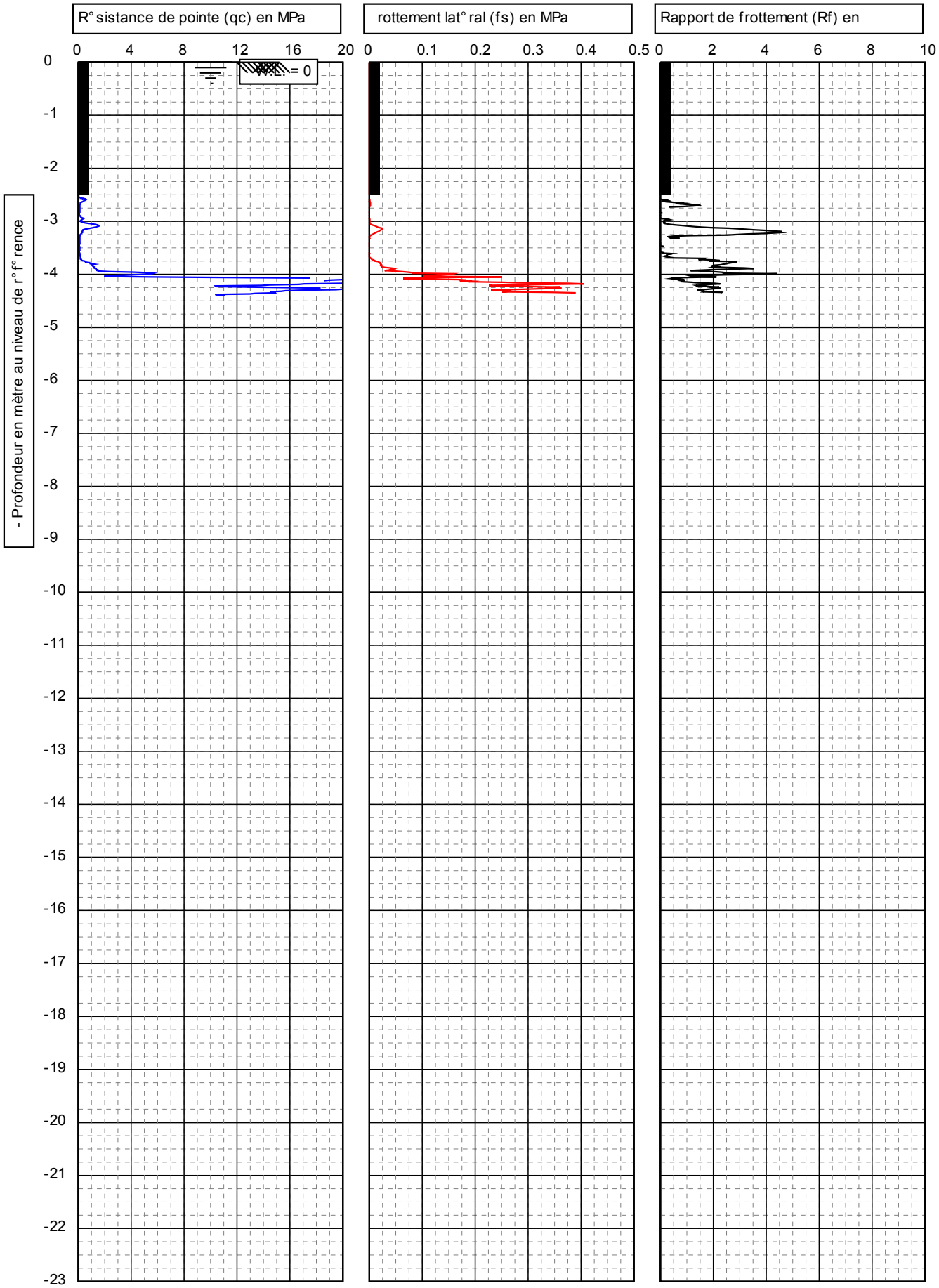
Date	: **1-1-2003**
N° pointe	: **C10CFIIP.C13428**
N° projet	: **CMO2.H.2072**
N° essai	: **PO8_CPTU8** **2/2**

CPTask V1.28



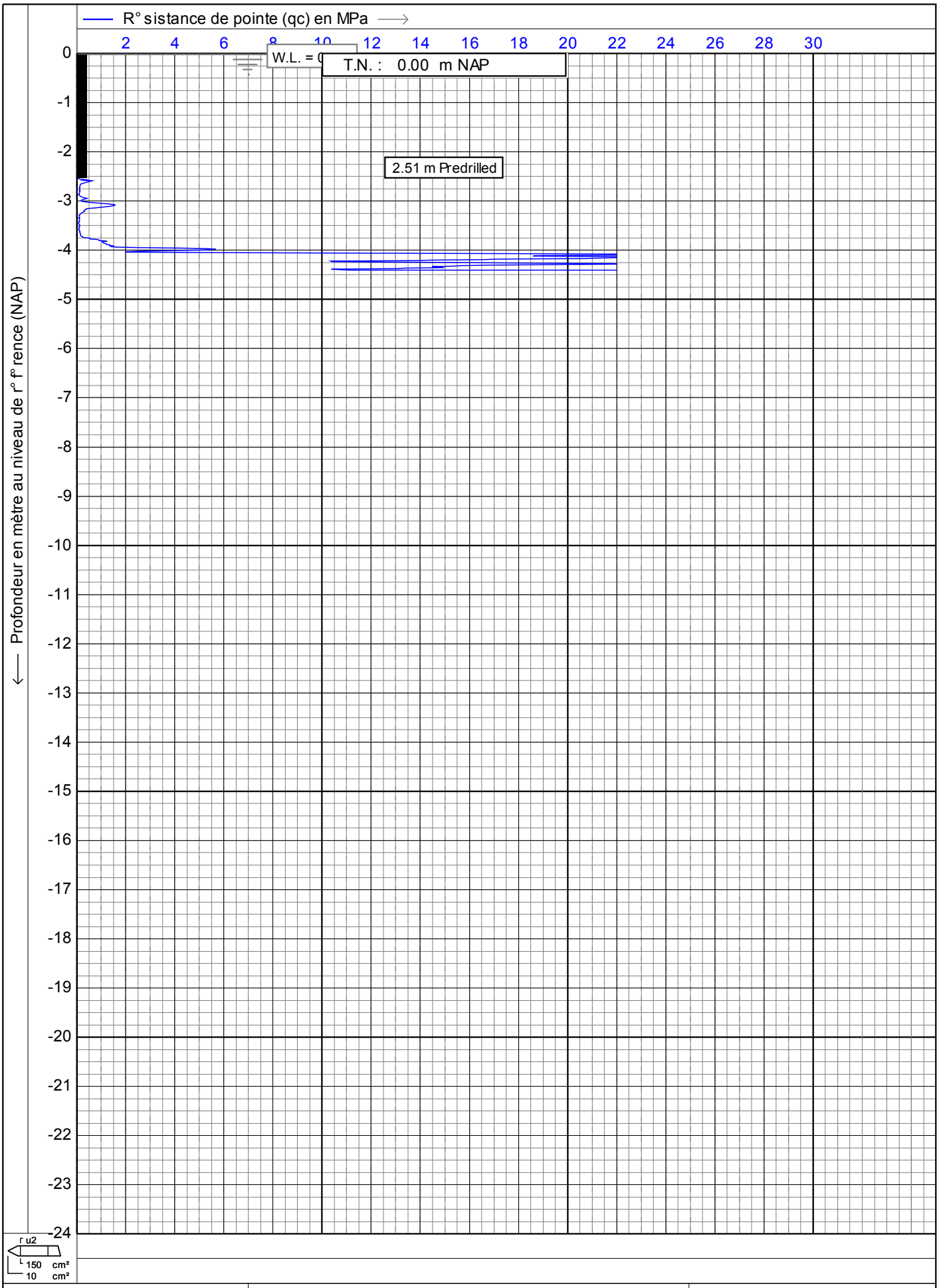
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: P10 1/1

CPTask V1.28



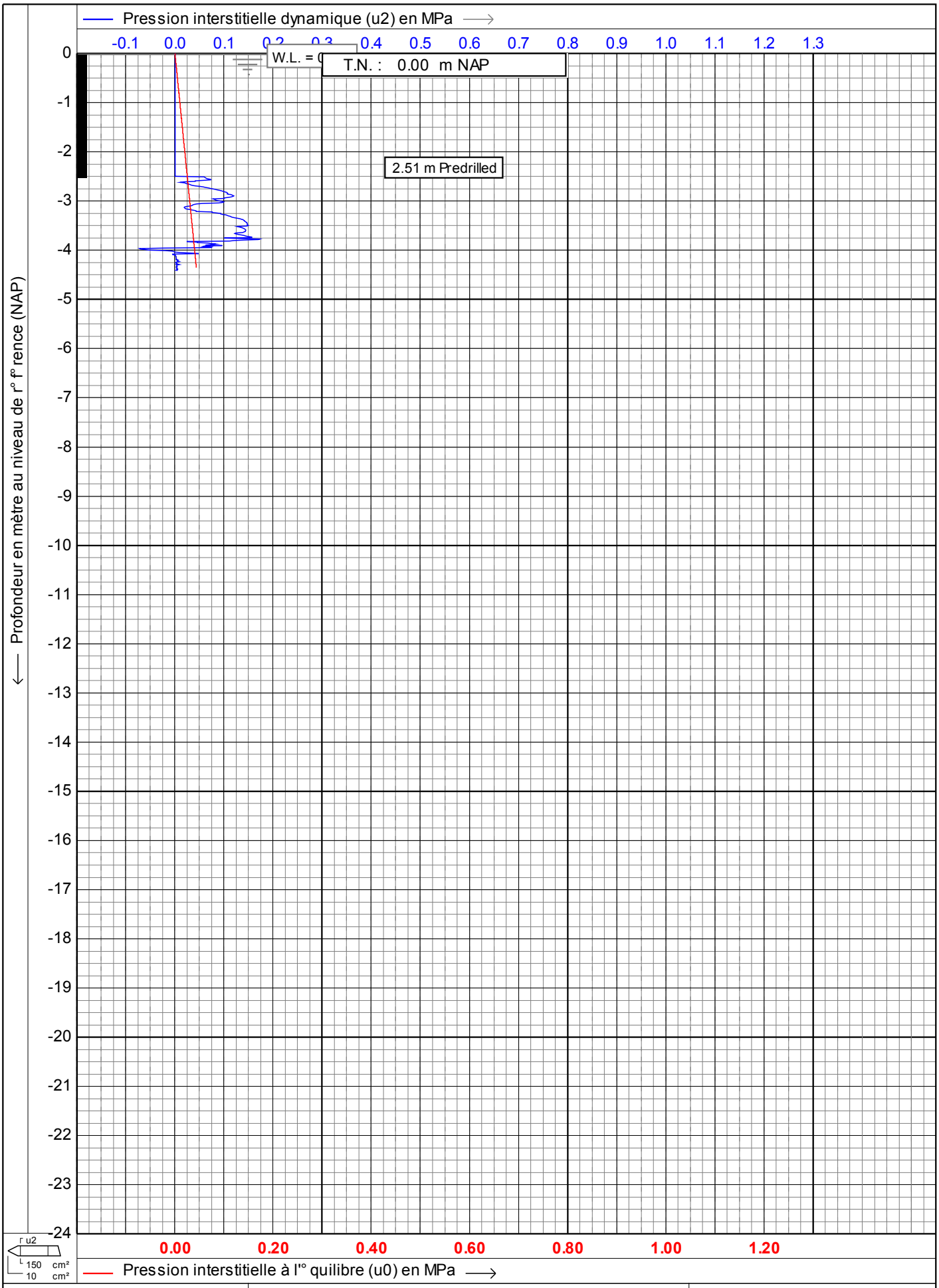
u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : **2.51**
	T.N. **0 NAP**	Niv. eau: **0**	Date: **01/01/2003**
Projet: **Résidus miniers**			N° pointe: **C10CFIIP.C13428**
Site: **ST FELIX PALLIERE**			N° projet: **CMO2.H.2072**
Position:			N° essai: **P10_CPTU10** **1/1**

CPTask V1.28



Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
Projet : **Résidus miniers**	N° projet	: **CMO2.H.2072**
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: P10_CPTU10 — 1/2

CPTask V1.28



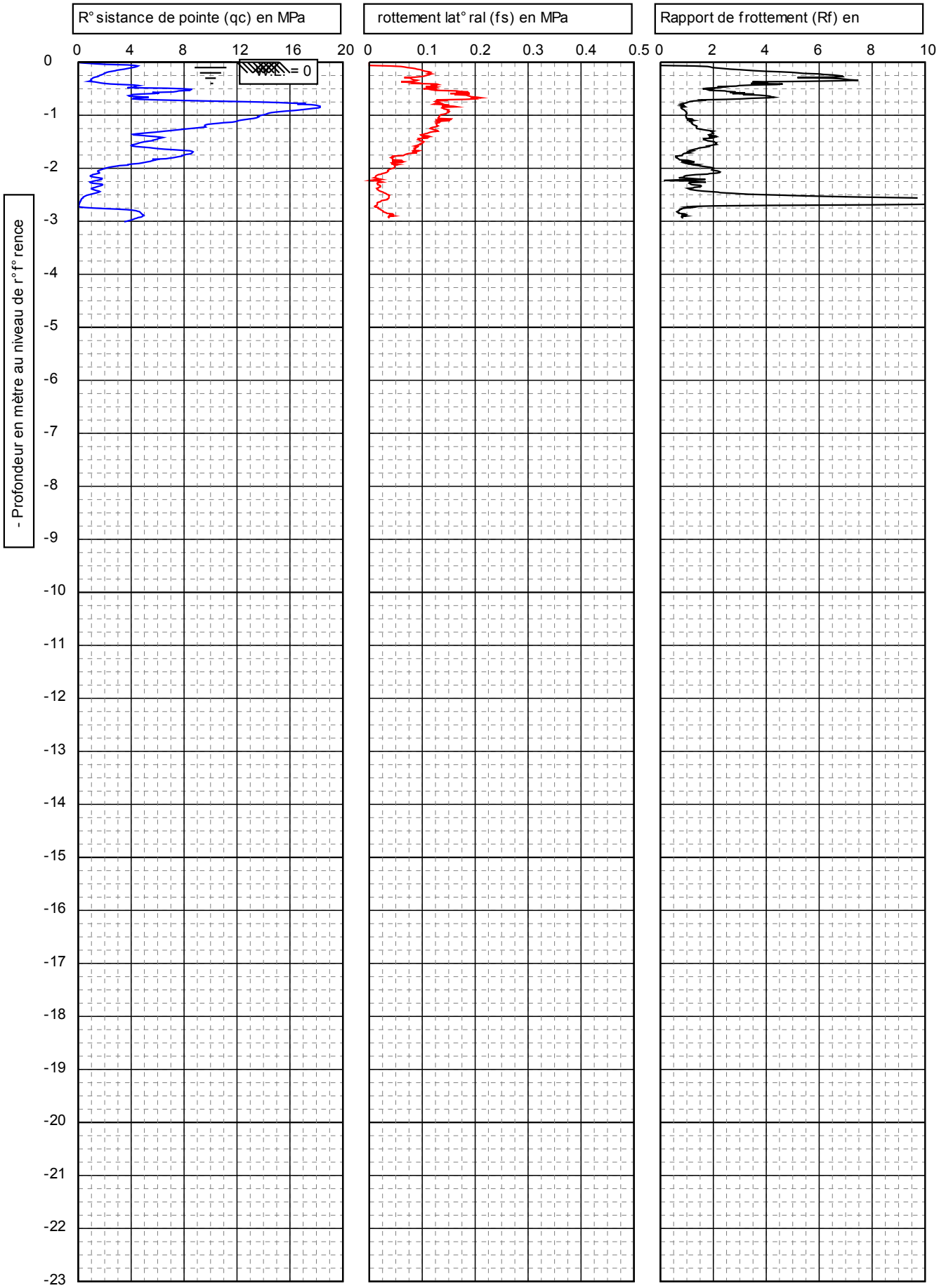
Test according NEN 5140 class 1

Projet : **Résidus miniers**

Site : **ST FELIX PALLIERE**

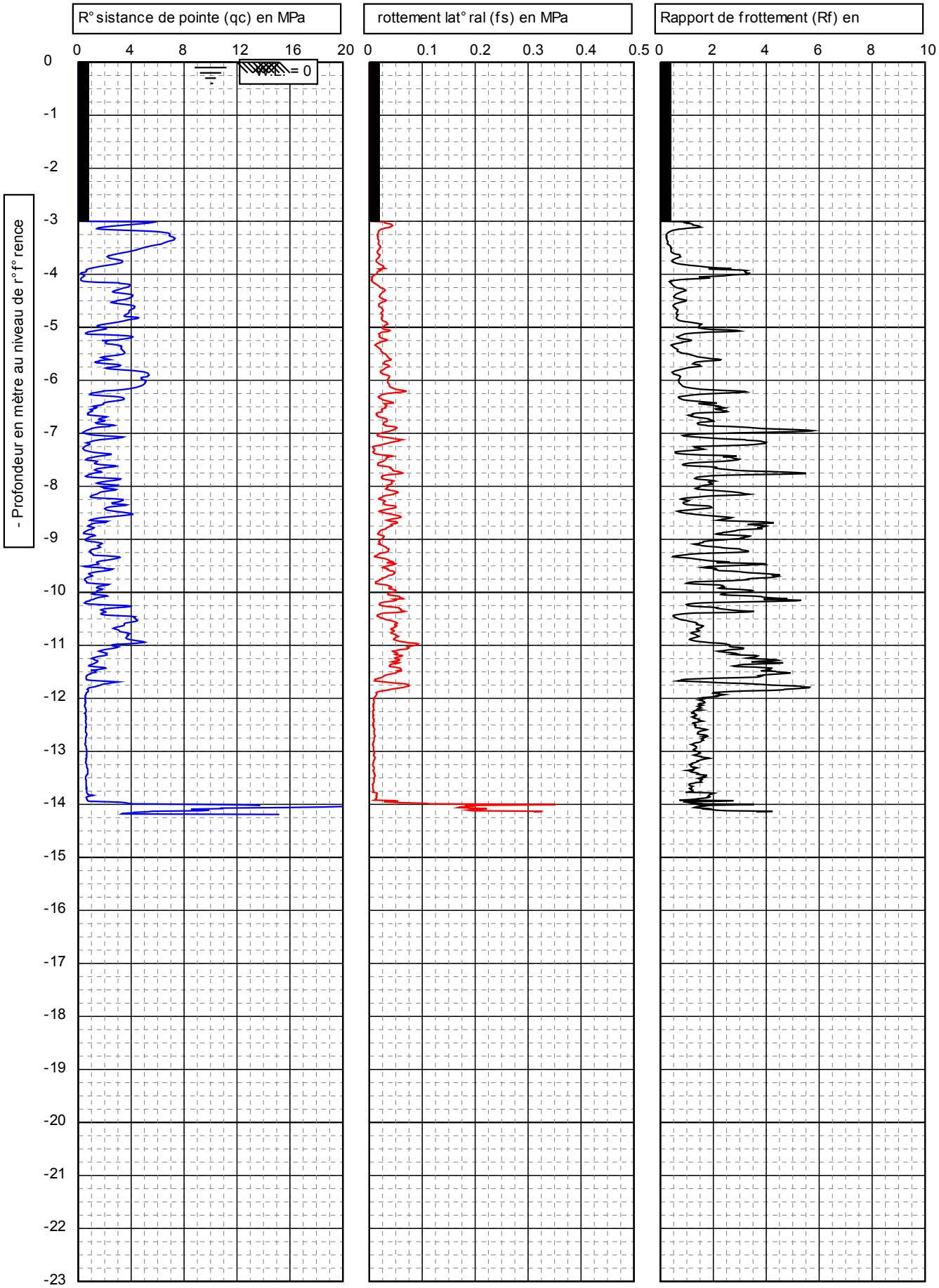
Date	: **1-1-2003**
N° pointe	: **C10CFIIP.C13428**
N° projet	: **CMO2.H.2072**
N° essai	: **P10_CPTU10** **2/2**

CPTask V1.28



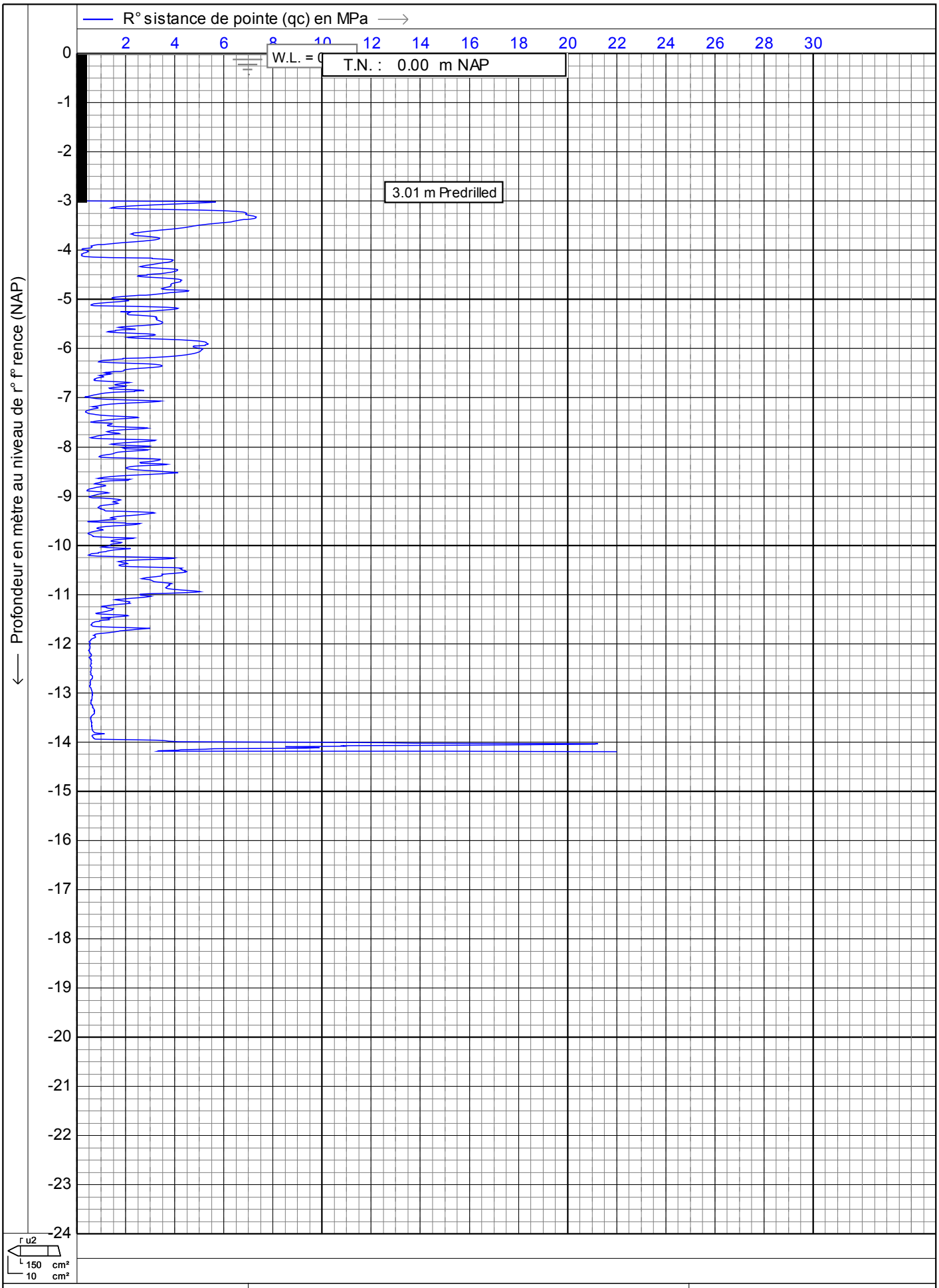
225 cm² / 15 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : 0
	T.N. 0 NAP	Niv. eau: 0	Date: 01/01/2003
Projet:	Résidus miniers		N° pointe: S15CFII.S14604
Site:	ST FELIX PALLIERE		N° projet: CMO2.H.2072
Position:			N° essai: PO11 1/1

CPTask V1.28



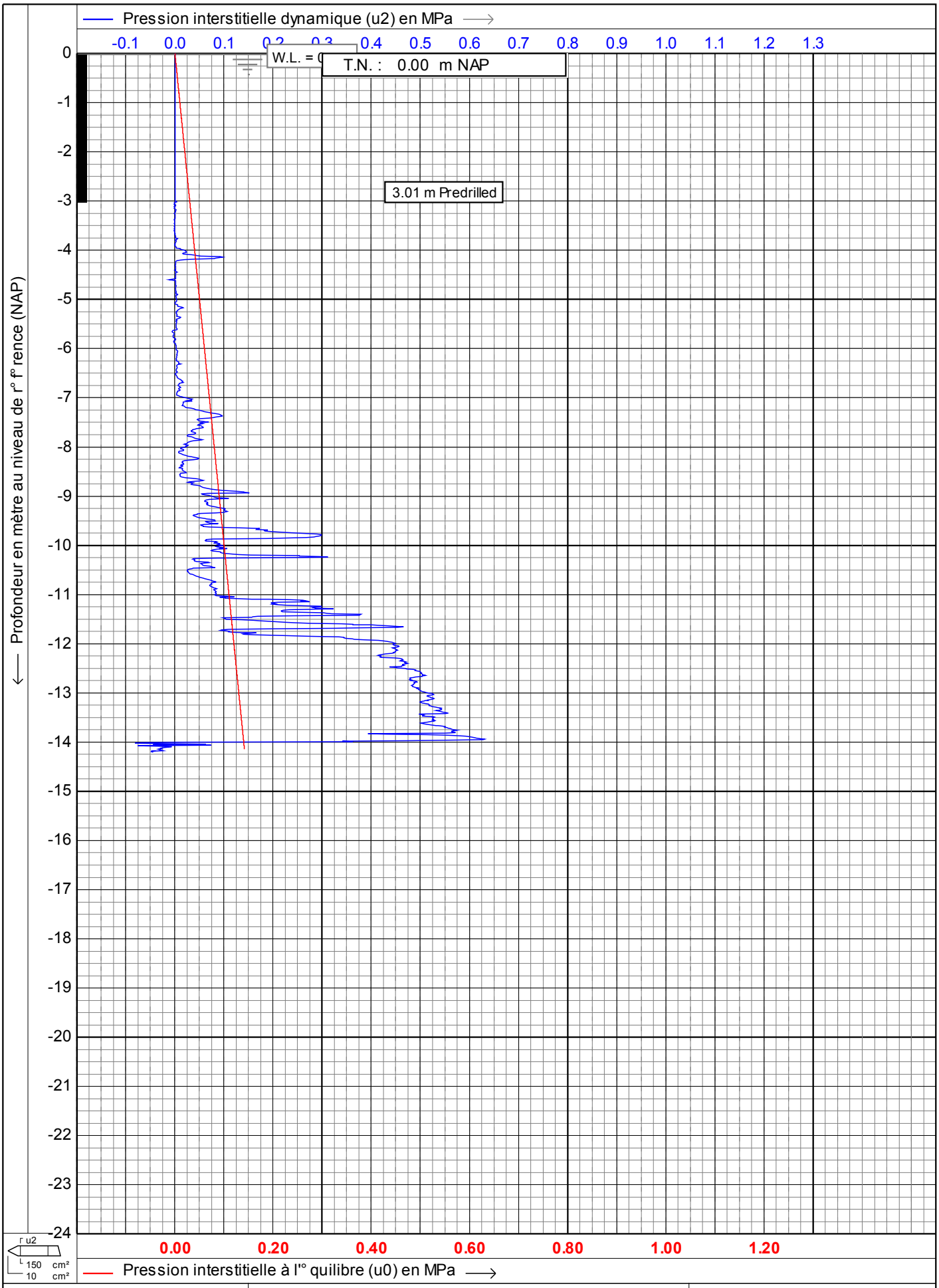
u2 150 cm² 10 cm²	Test according NEN 5140 class 1		Avant trou : **3.01**
	T.N. **0 NAP**	Niv. eau: **0**	Date: **01/01/2003**
Projet: **Résidus miniers**			N° pointe: **C10CFIIP.C13428**
Site: **ST FELIX PALLIERE**			N° projet: **CMO2.H.2072**
Position:			N° essai: **PO11_CPTU11** **1/1**

CPTask V1.28



Test according NEN 5140 class 1	Date	: 1-1-2003
Projet : **Résidus miniers**	N° pointe	: C10CFIIP.C13428
	N° projet	: CMO2.H.2072
Site : **ST FELIX PALLIERE**	N° essai	: PO11_CPTU11 1/2

CPTask V1.28



Test according NEN 5140 class 1

Projet : **Résidus miniers**

Site : **ST FELIX PALLIERE**

Date	: **1-1-2003**
N° pointe	: **C10CFIIP.C13428**
N° projet	: **CMO2.H.2072**
N° essai	: **PO11_CPTU11** **2/2**

CPTask V1.28

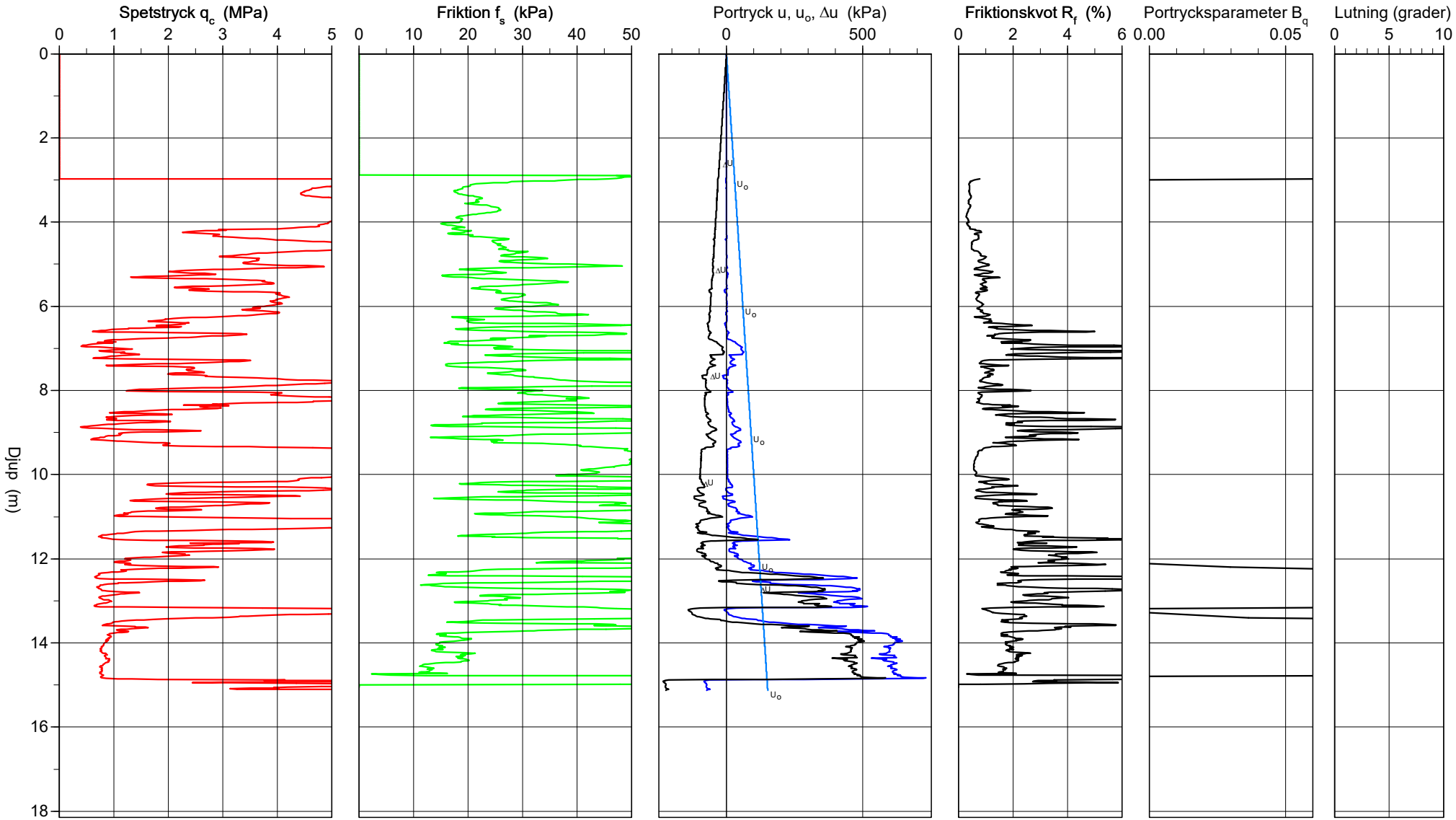
ANNEXE B3

Interprétation de coupes des sondages CPT et CPTu

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	15.16 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	0.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

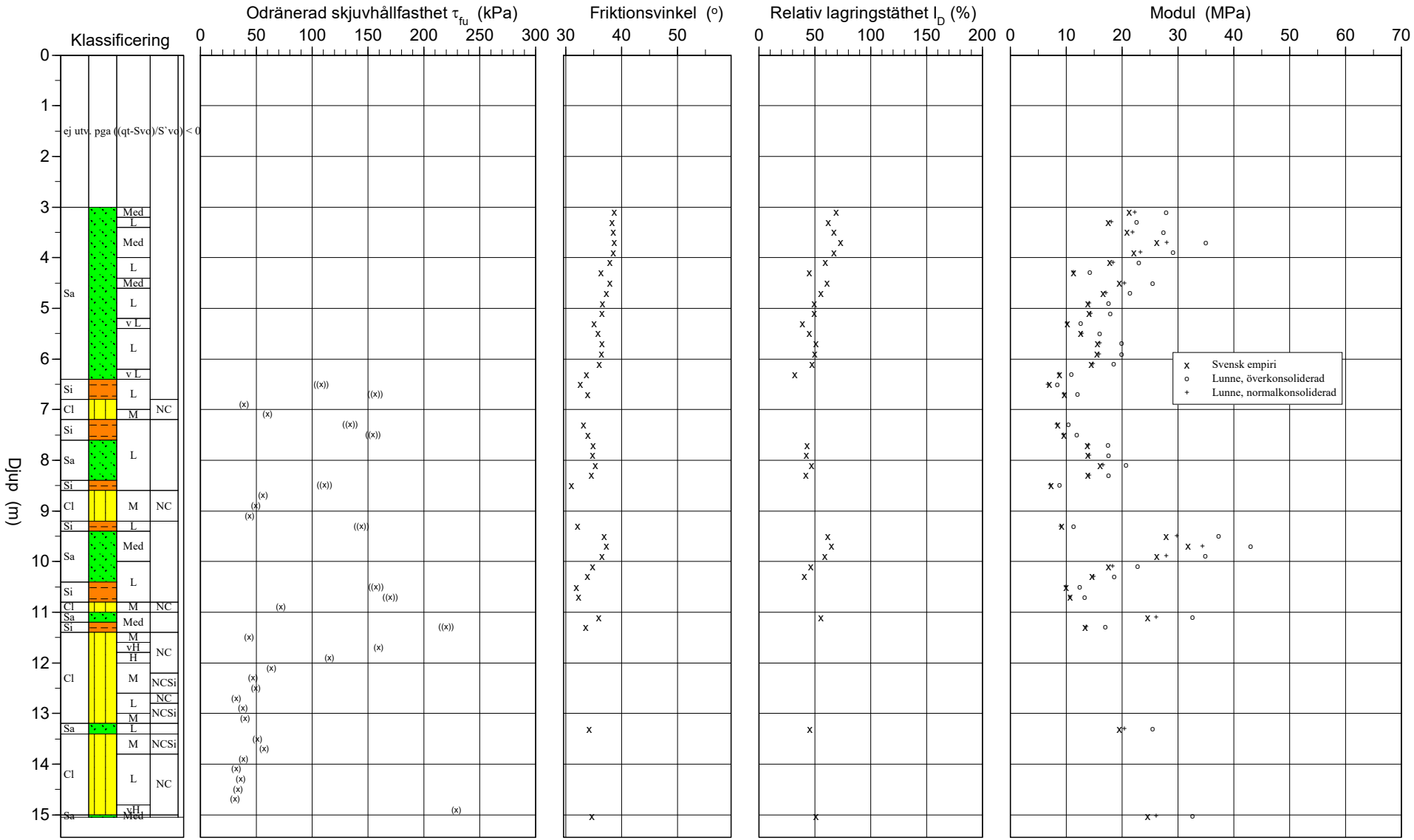
Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P01-CPTu
Datum	2017-06-07



2017-08-24

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	0.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

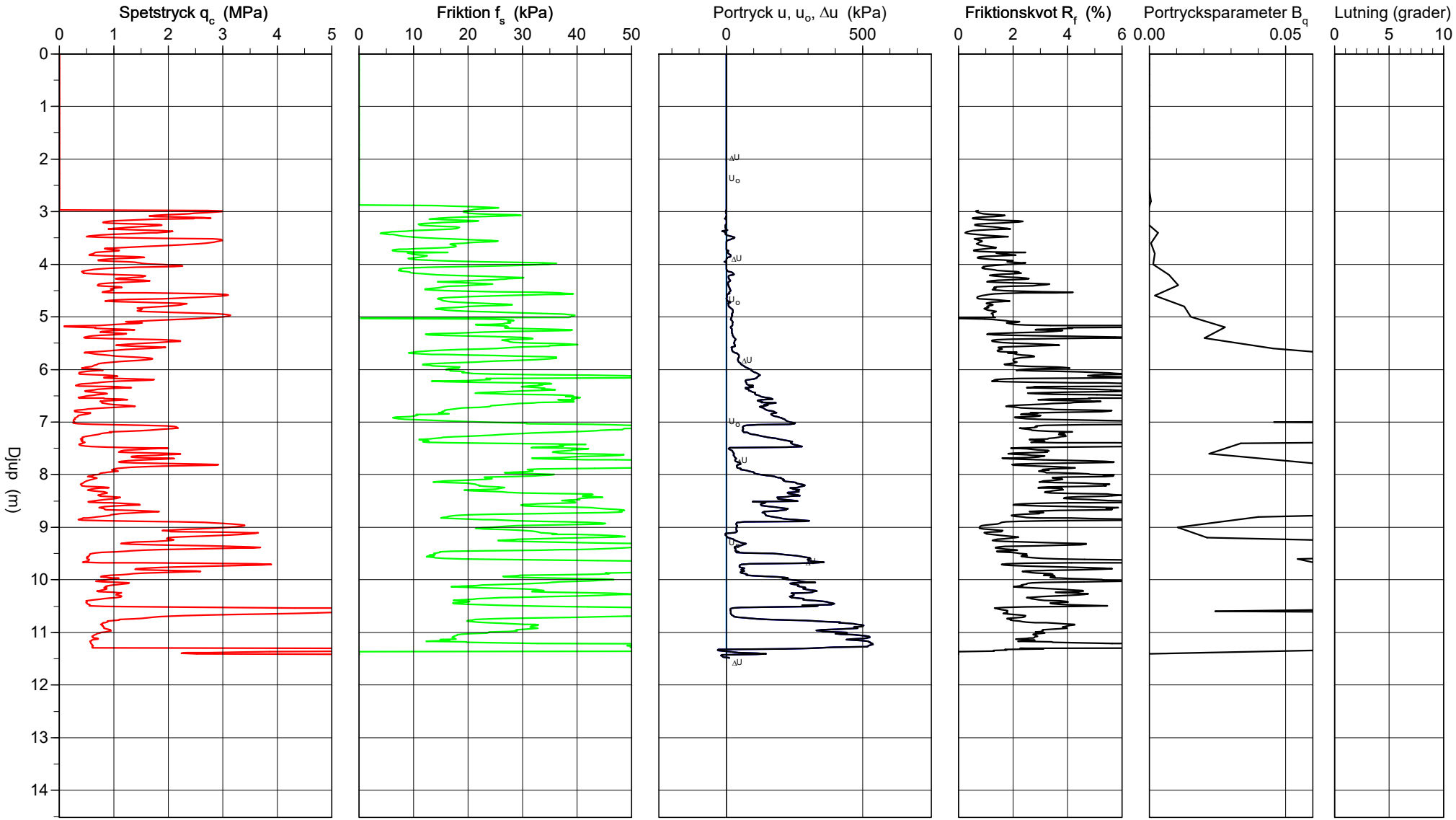
Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P01-CPTu
Datum	2017-06-07



CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	11.53 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	15.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P02-CPTu
Datum	2017-06-07

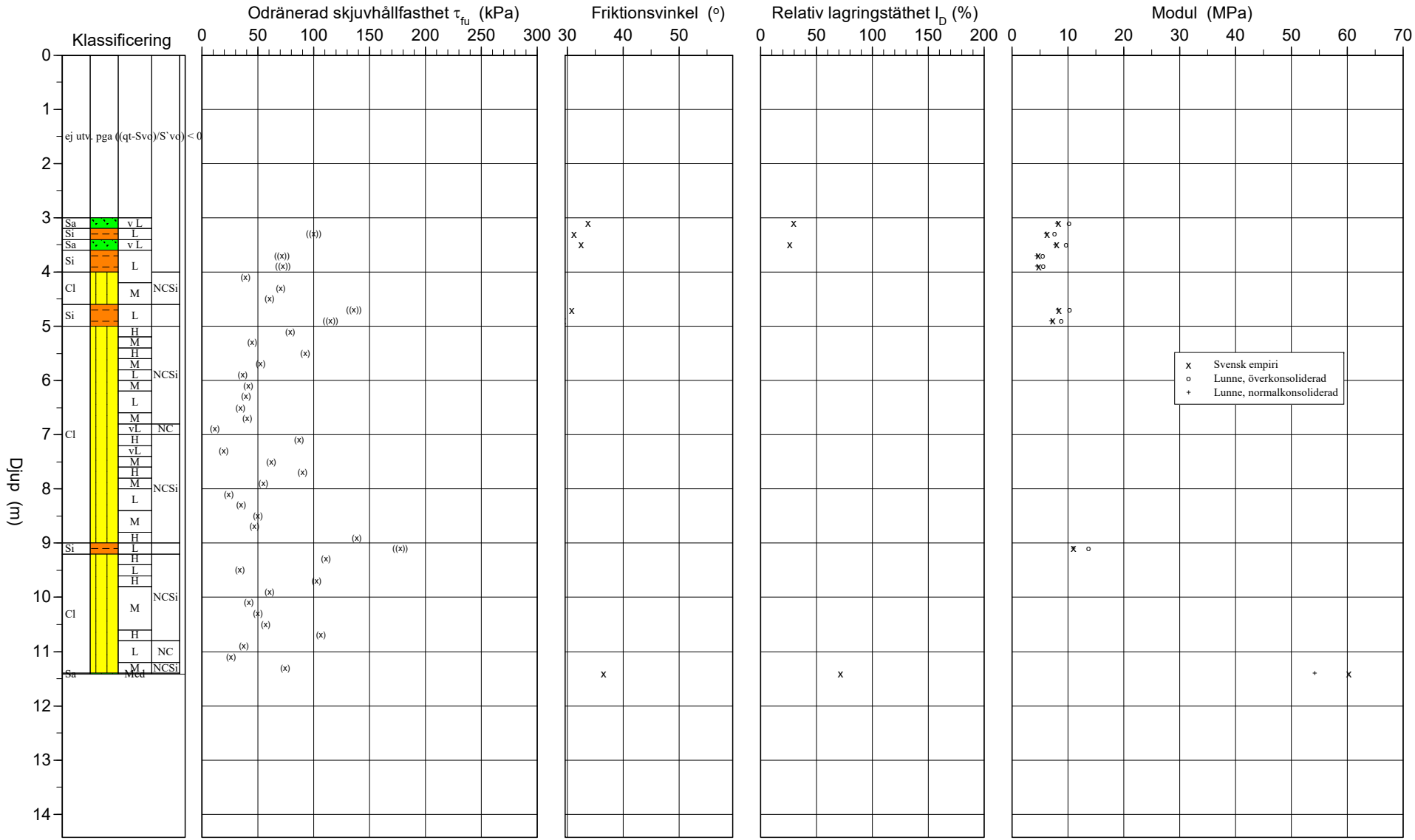


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P02.CPW

2017-08-24

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	15.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P02-CPTu
Datum	2017-06-07

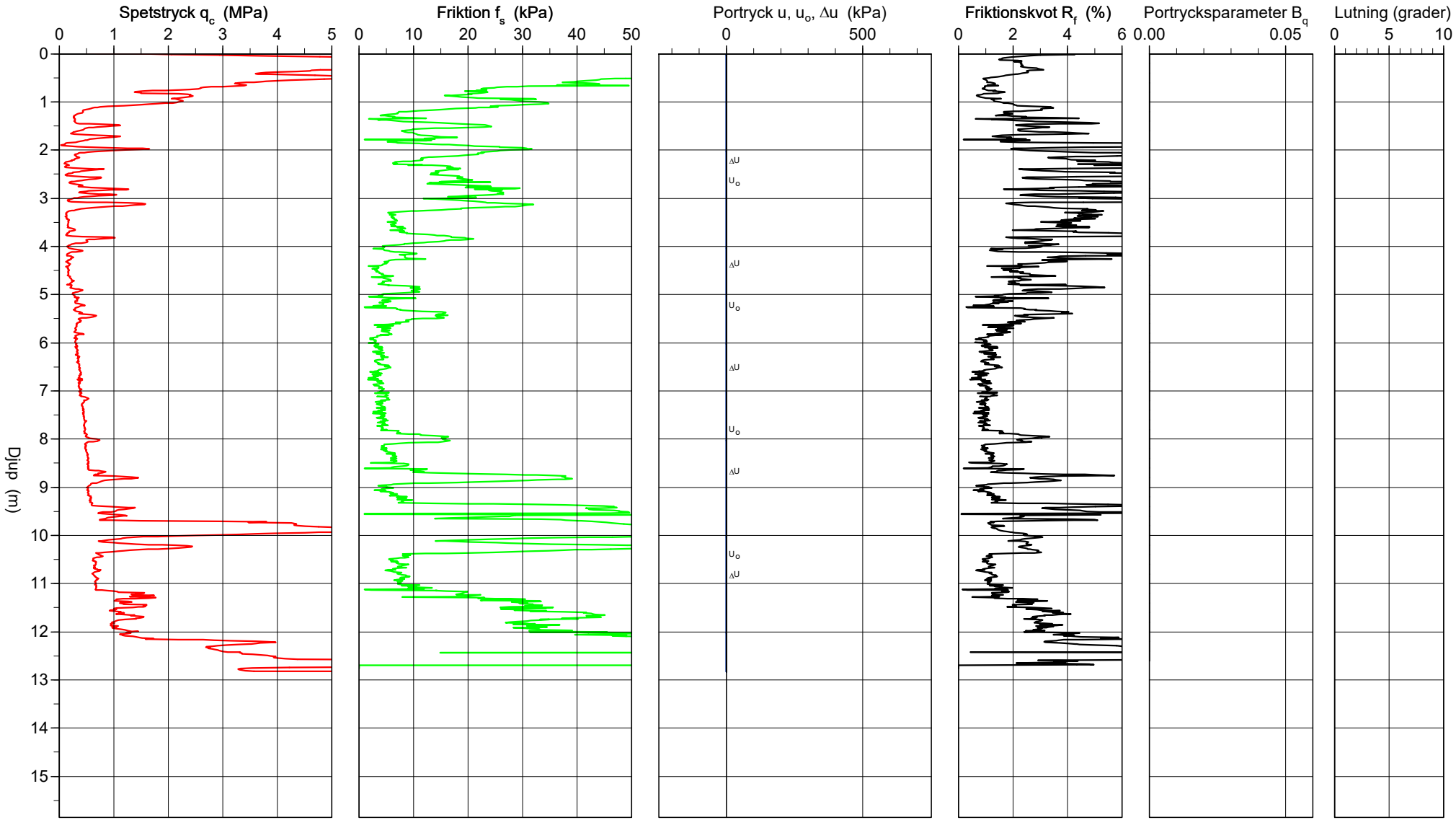


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P02.CPW 2017-08-24

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	0.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	12.87 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	14.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P03-CPT
Datum	2017-06-07

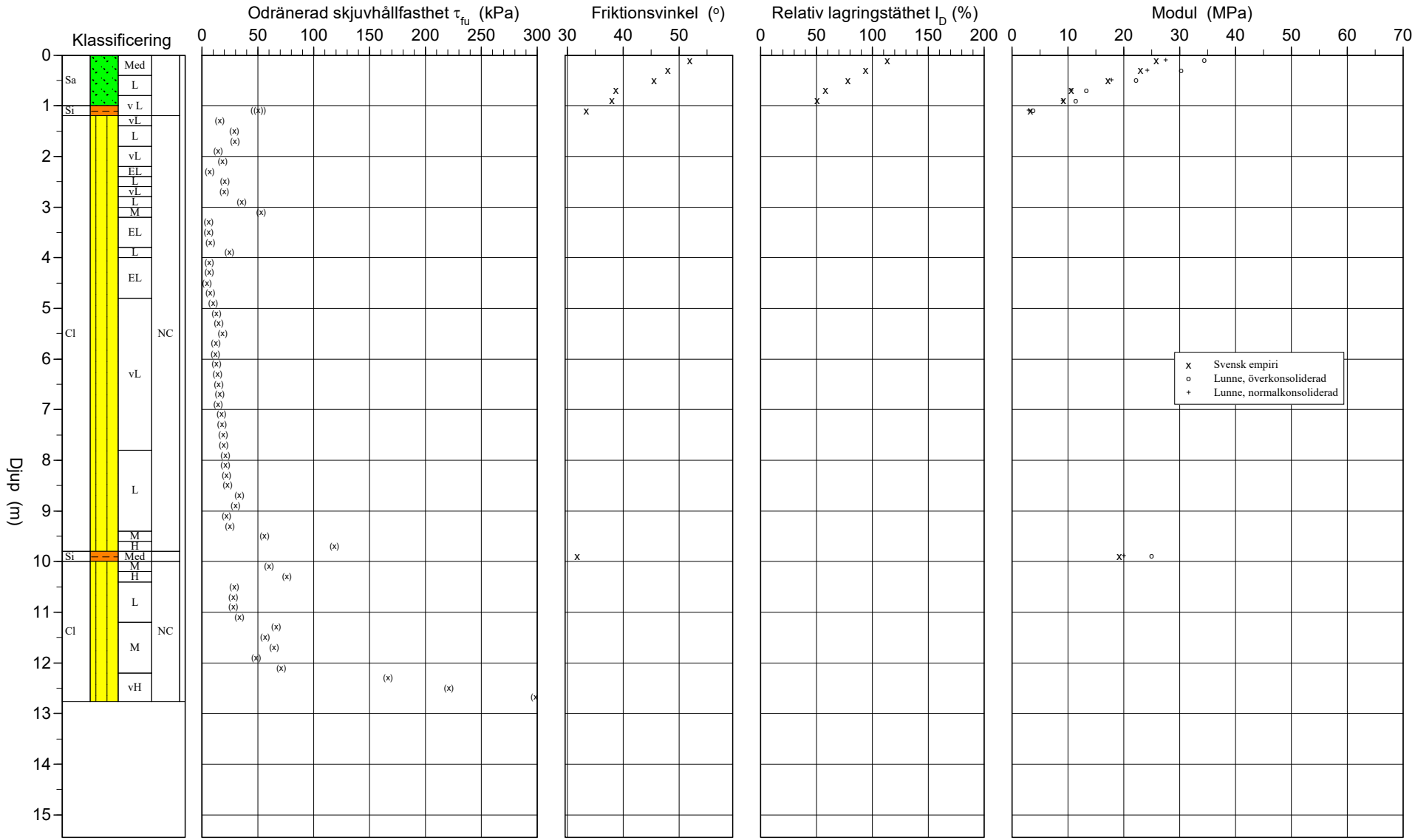


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P03.CPW

2017-08-24

Referens		Förborrningsdjup	0.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	14.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P03-CPT
Datum	2017-06-07

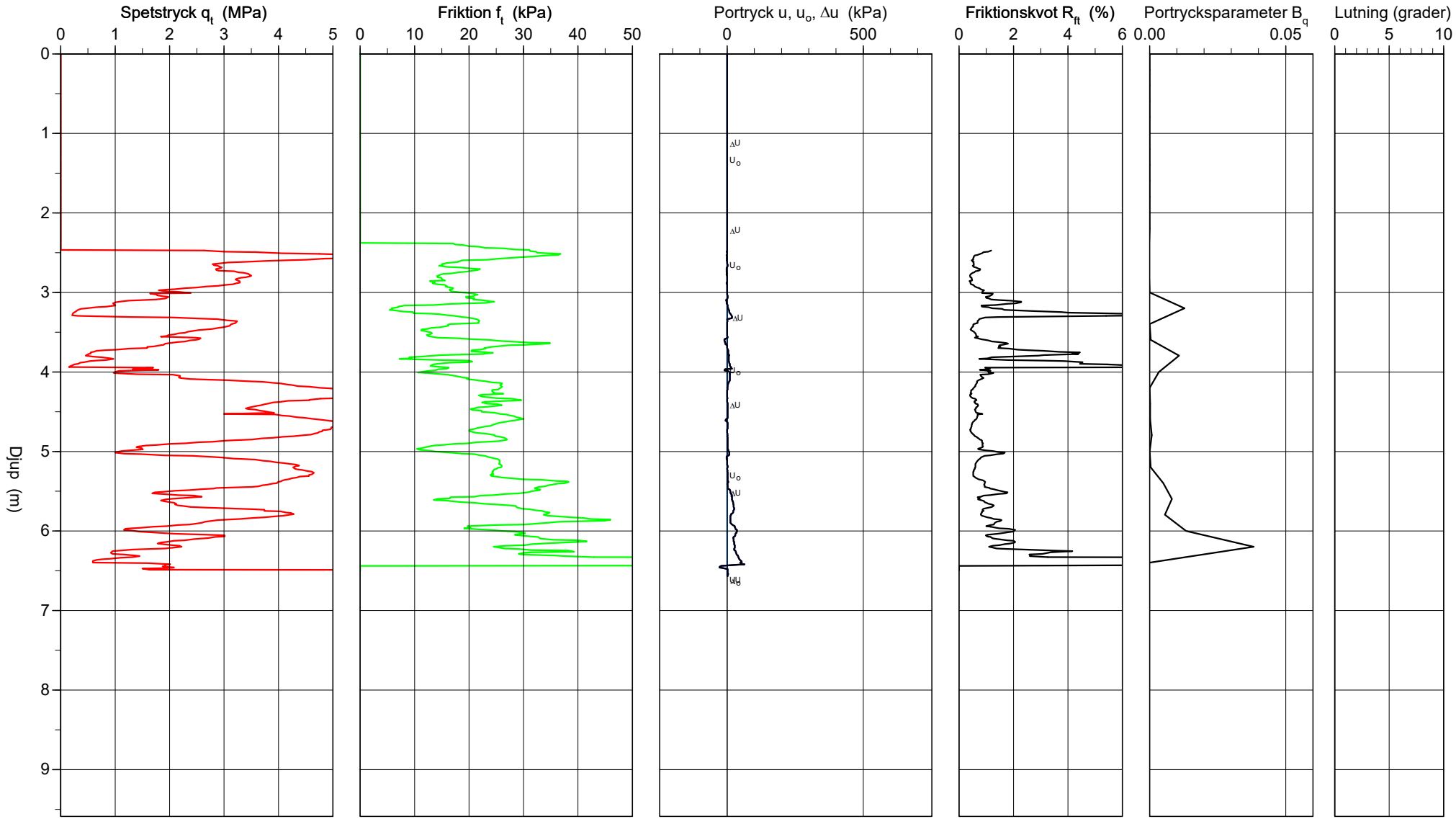


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P03.CPW 2017-08-24

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	6.61 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	7.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P04-CPTu
Datum	2017-06-07



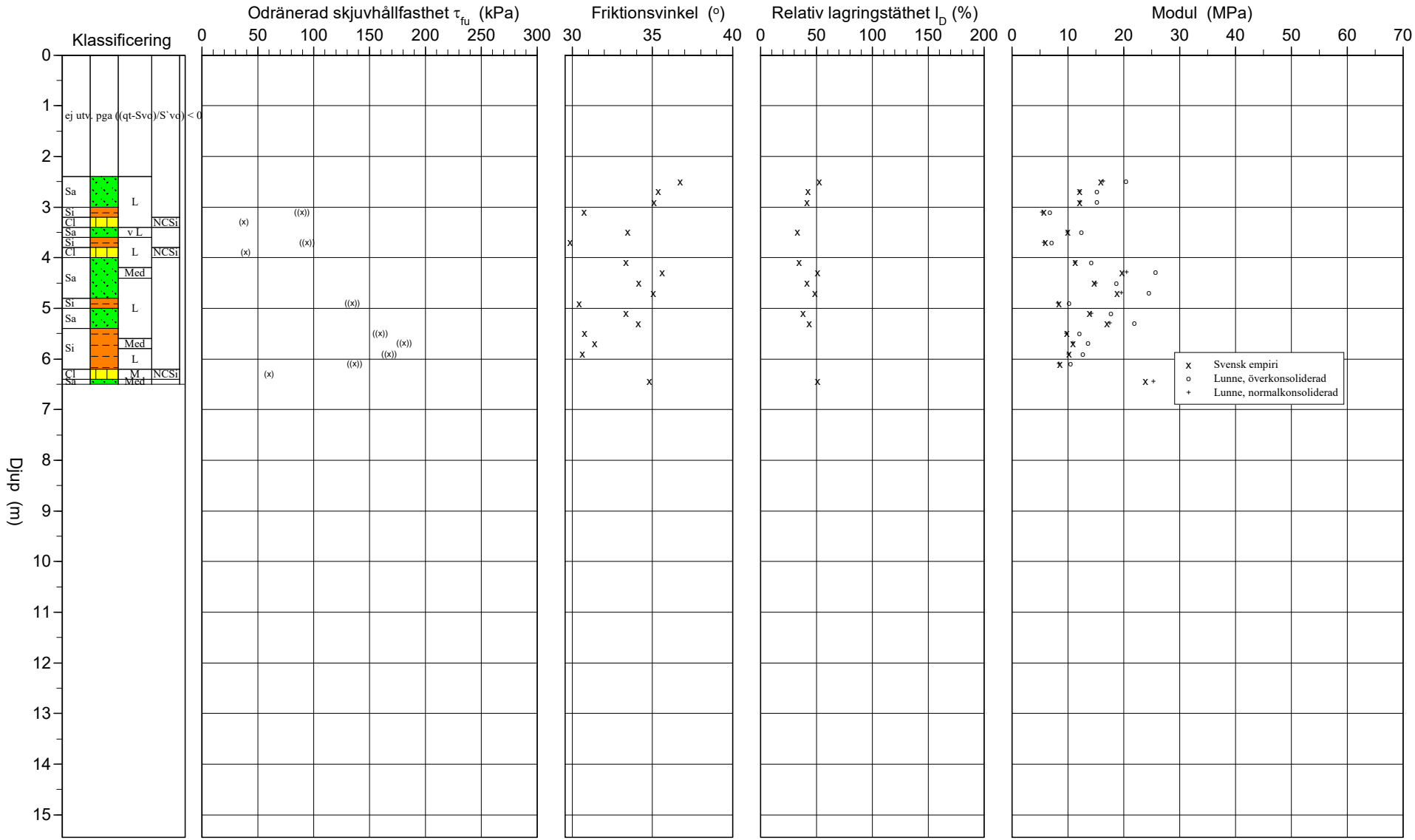
C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P04.CPW

2017-08-24

CPT-sondering utvärderad enligt SGI Information 15 rev.2007

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	7.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P04-CPTu
Datum	2017-06-07

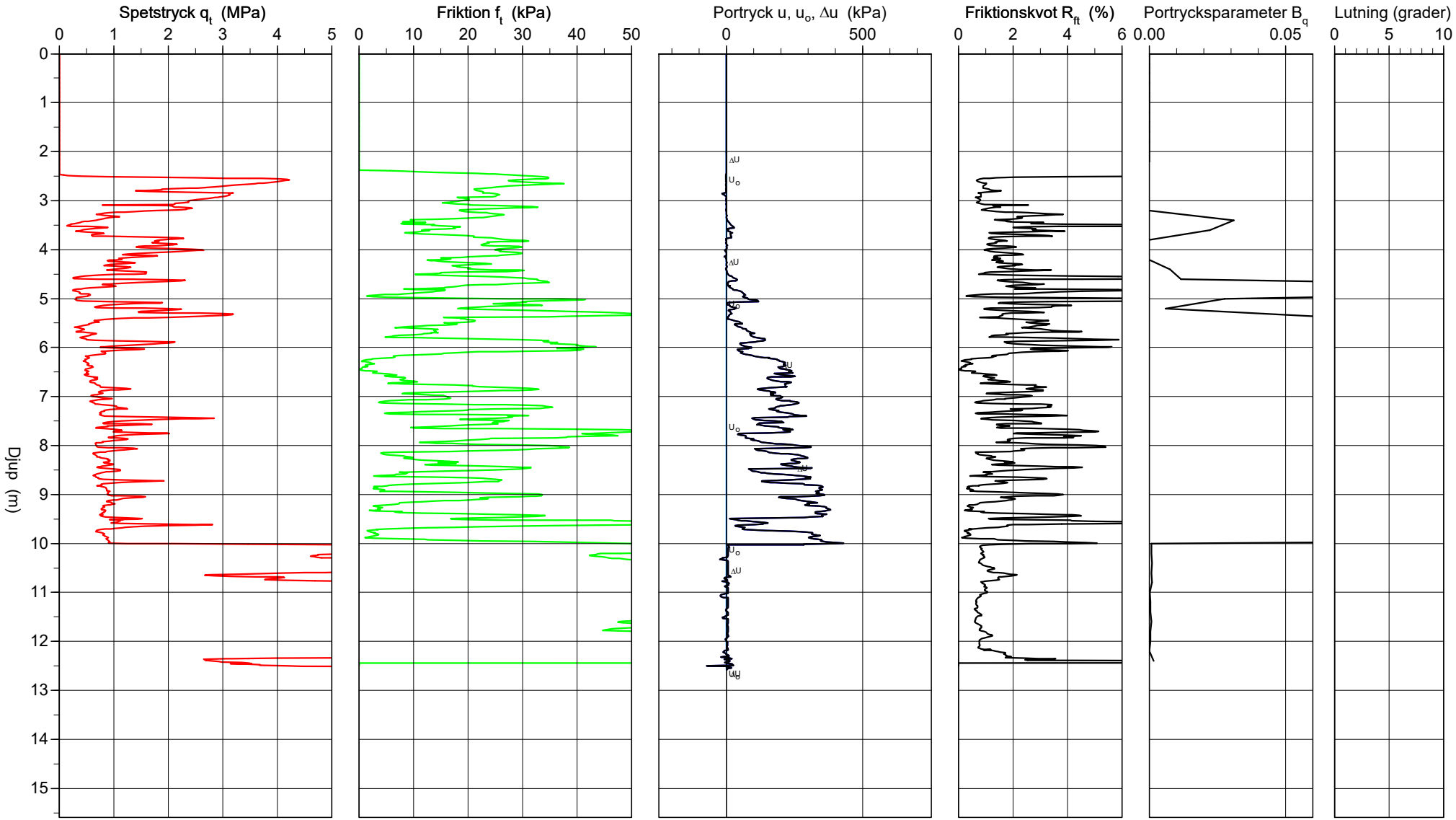


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P04.CPW 2017-08-24

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	12.61 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	14.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P05-CPTu
Datum	2017-06-07



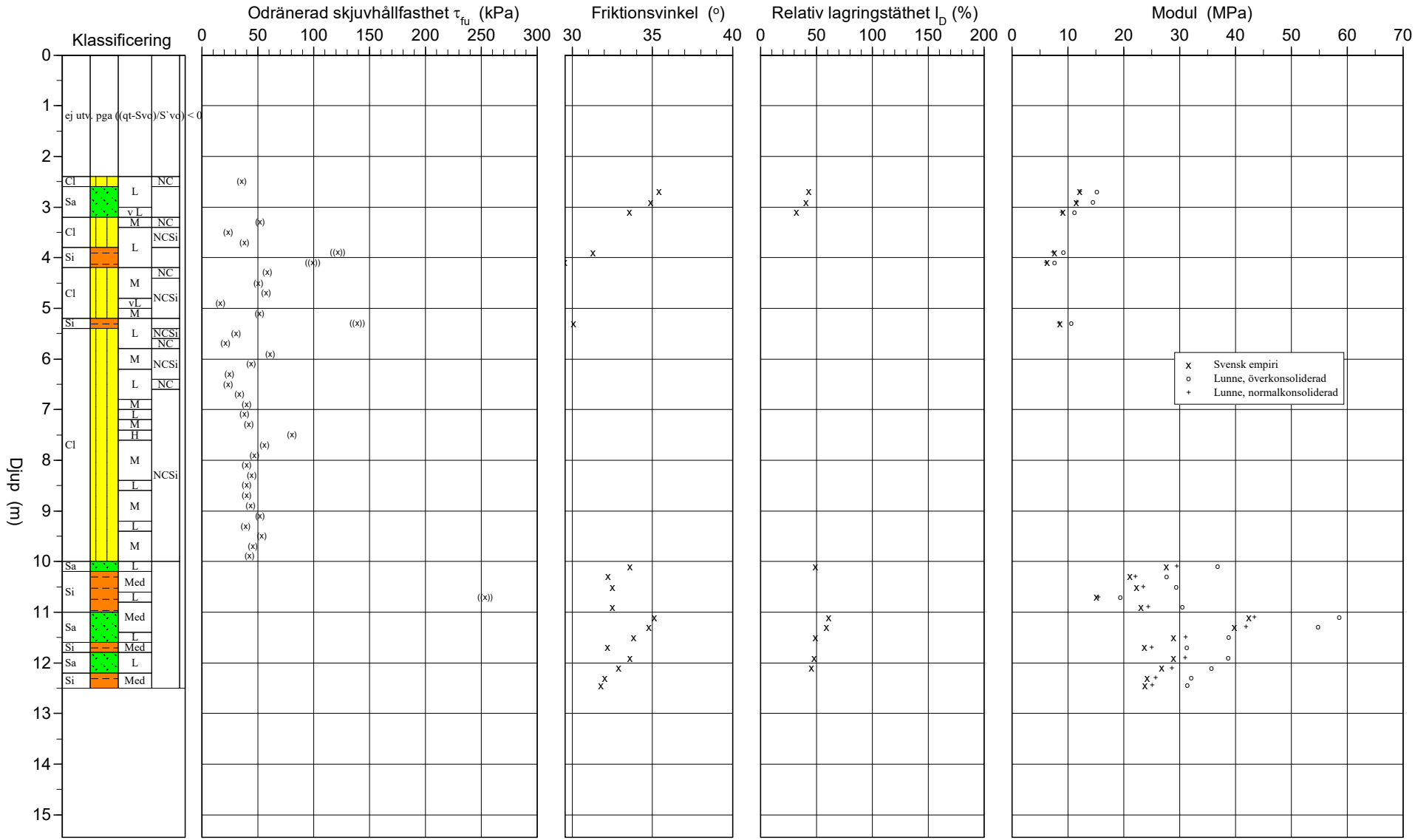
C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P05.CPW

2017-08-24

CPT-sondering utvärderad enligt SGI Information 15 rev.2007

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	14.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P05-CPTu
Datum	2017-06-07

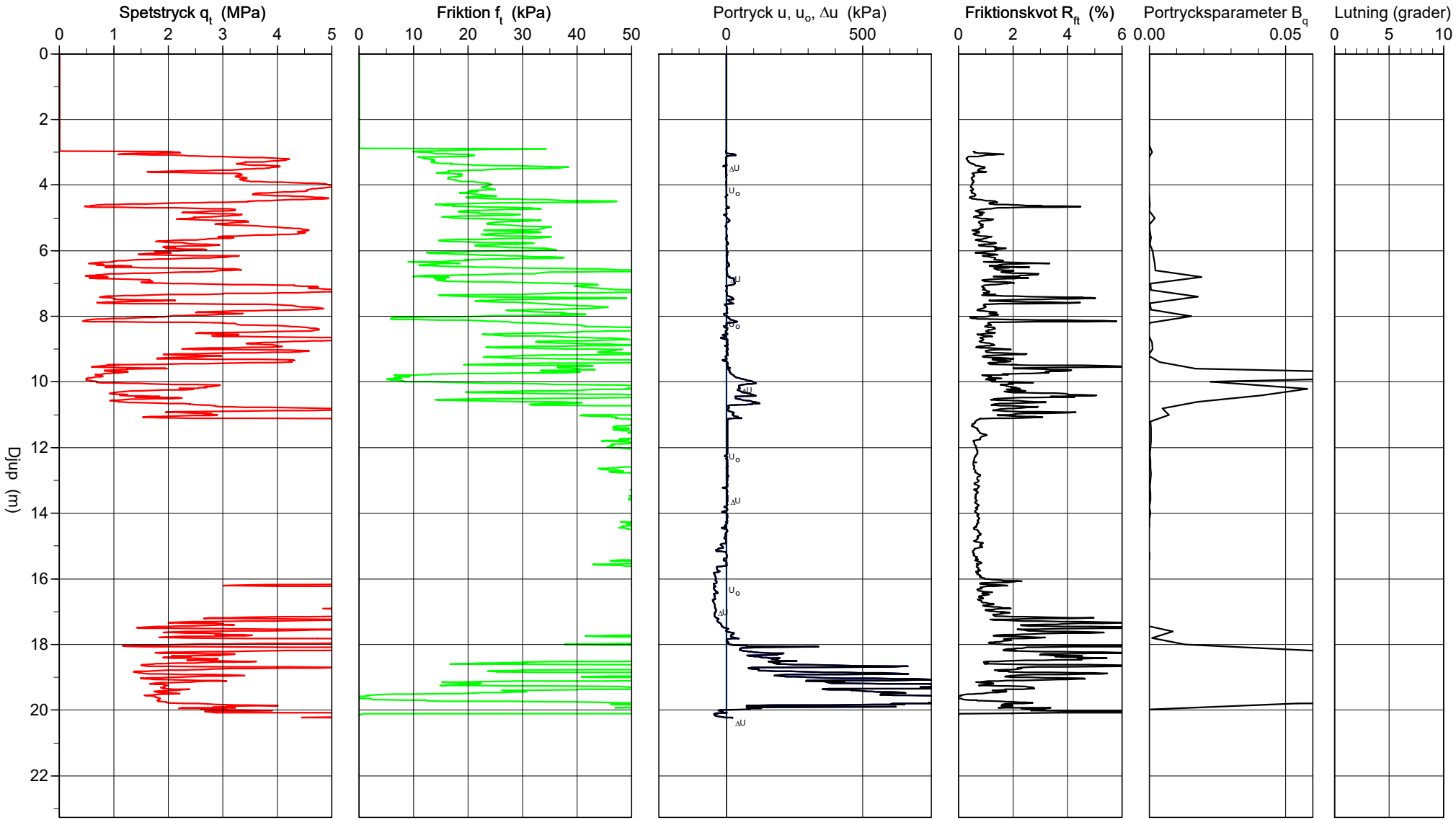


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P05.CPW 2017-08-24

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	20.28 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	25.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P06-CPTu
Datum	2017-06-07



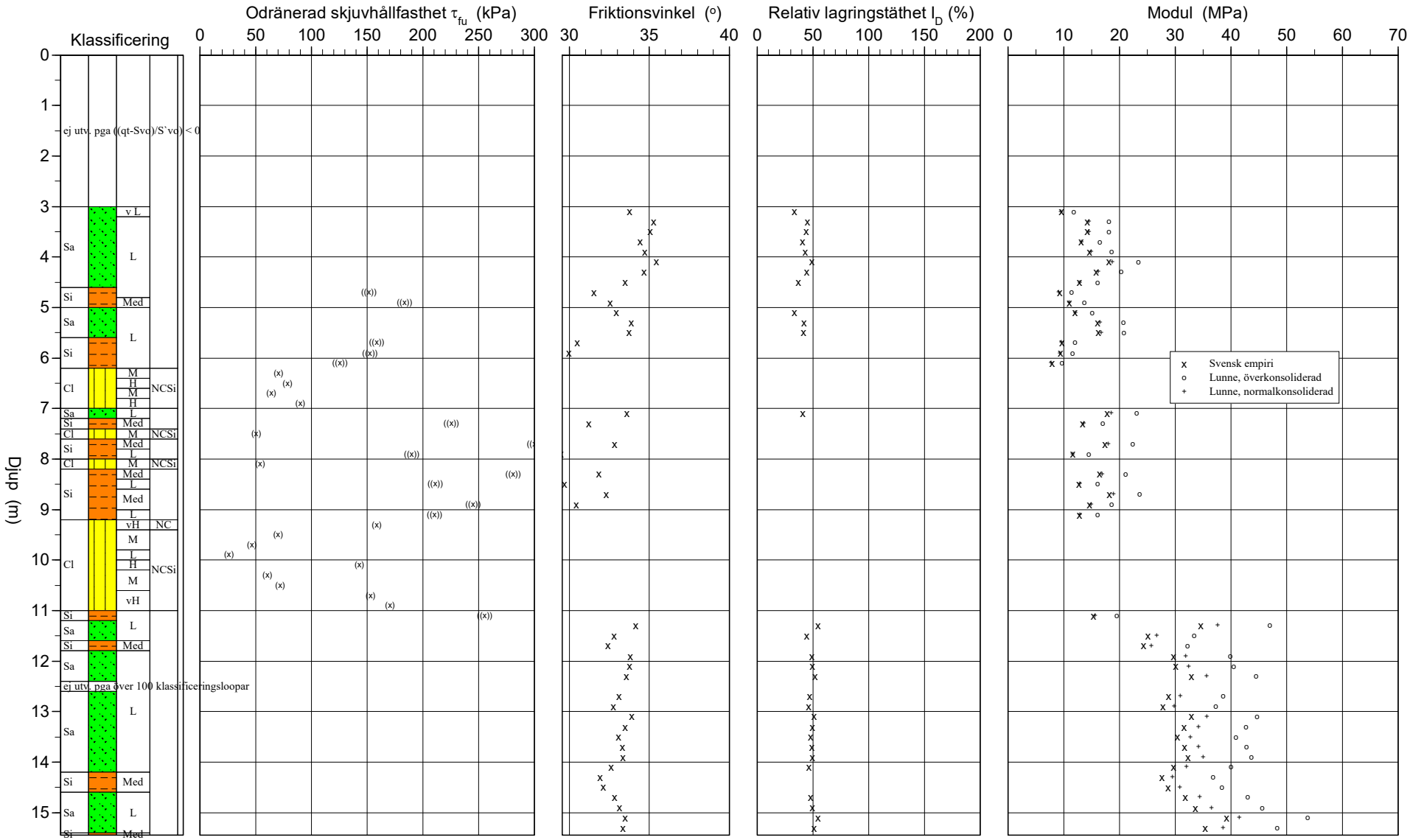
C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P06.CPW

2017-08-24

CPT-sondering utvärderad enligt SGI Information 15 rev.2007

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	25.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P06-CPTu
Datum	2017-06-07

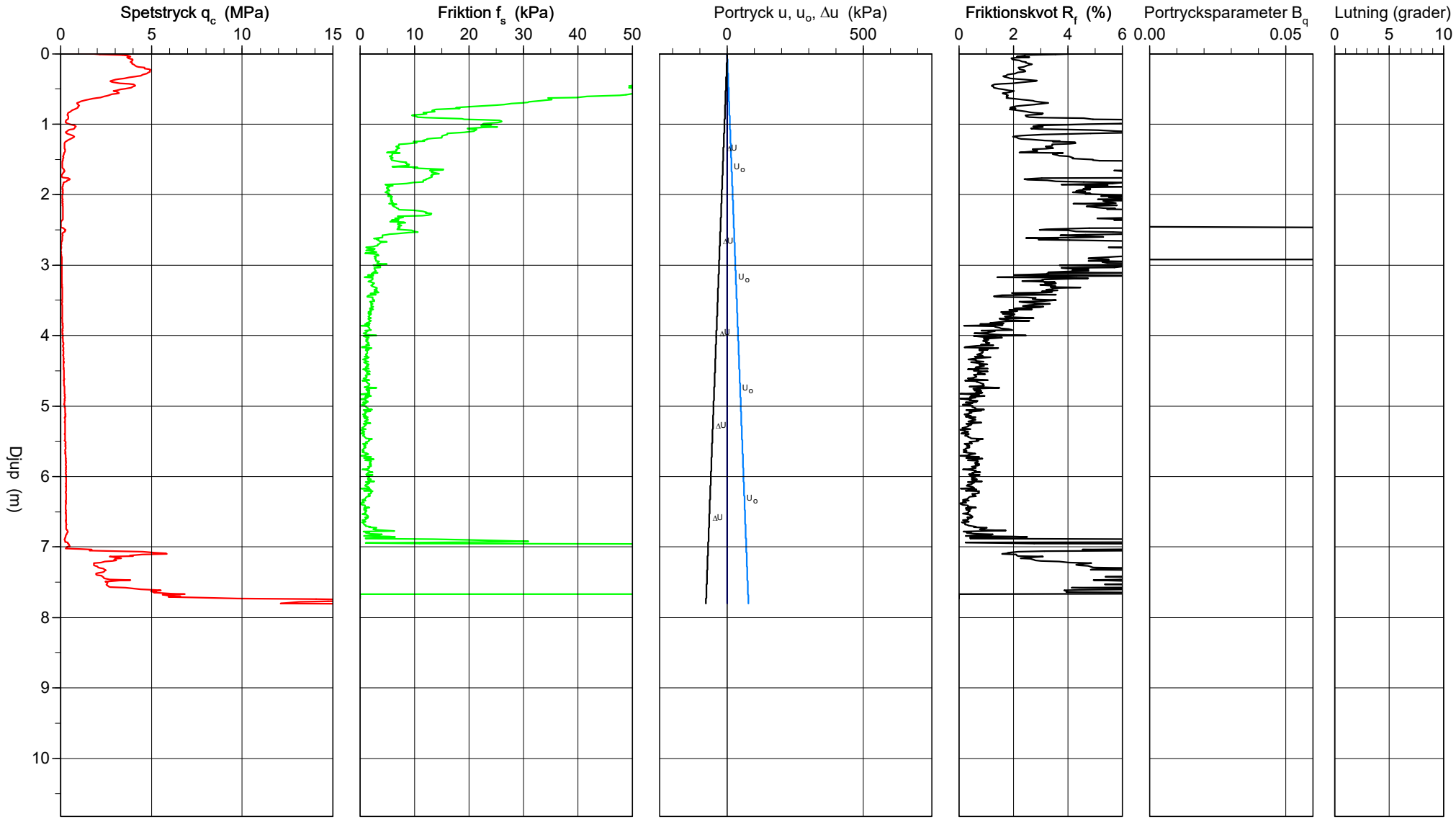


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P06.CPW 2017-08-24

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	0.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	7.84 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	0.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P07-CPT
Datum	2017-06-07

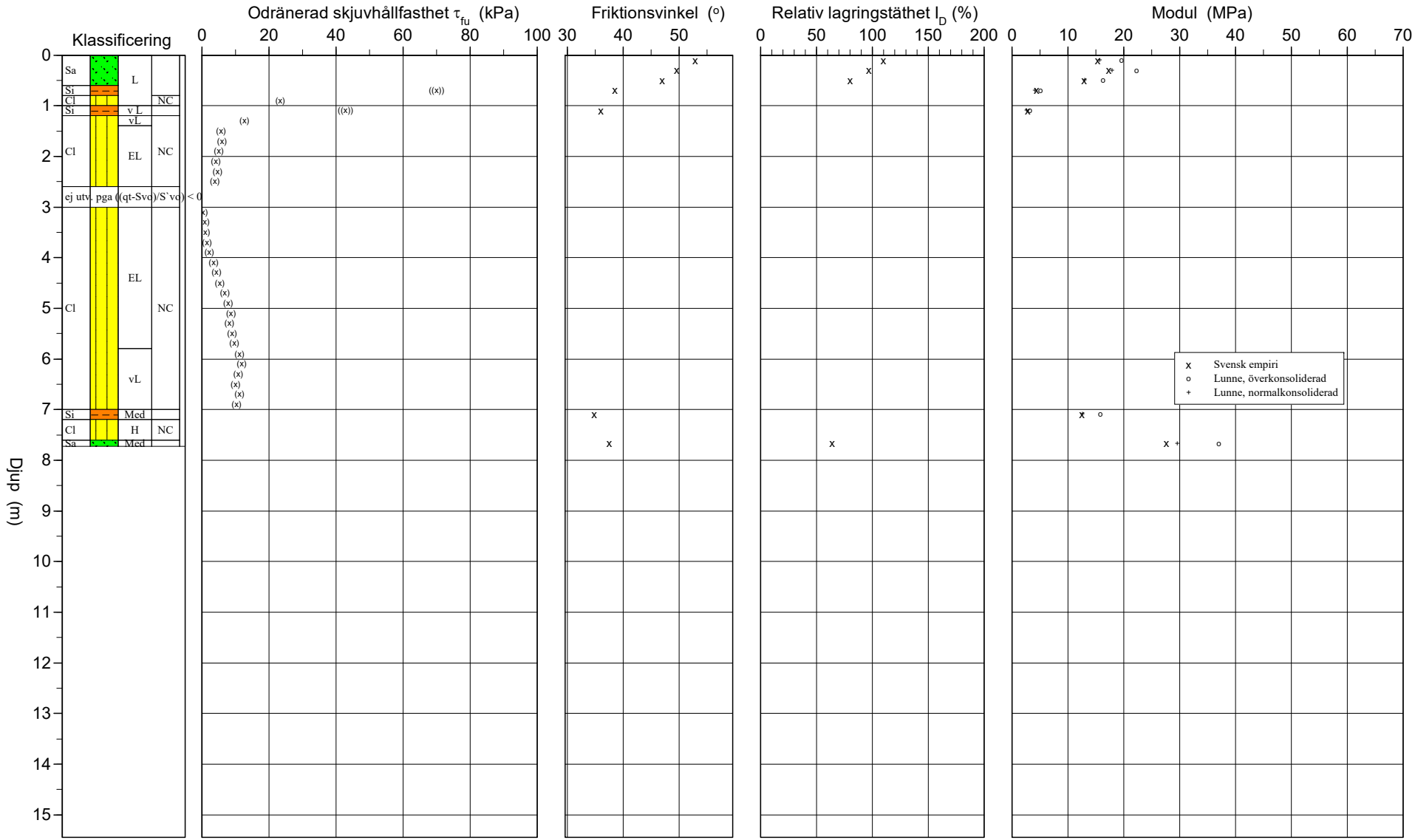


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P07.CPW

2017-08-24

Referens		Förborrningsdjup	0.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	0.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P07-CPT
Datum	2017-06-07

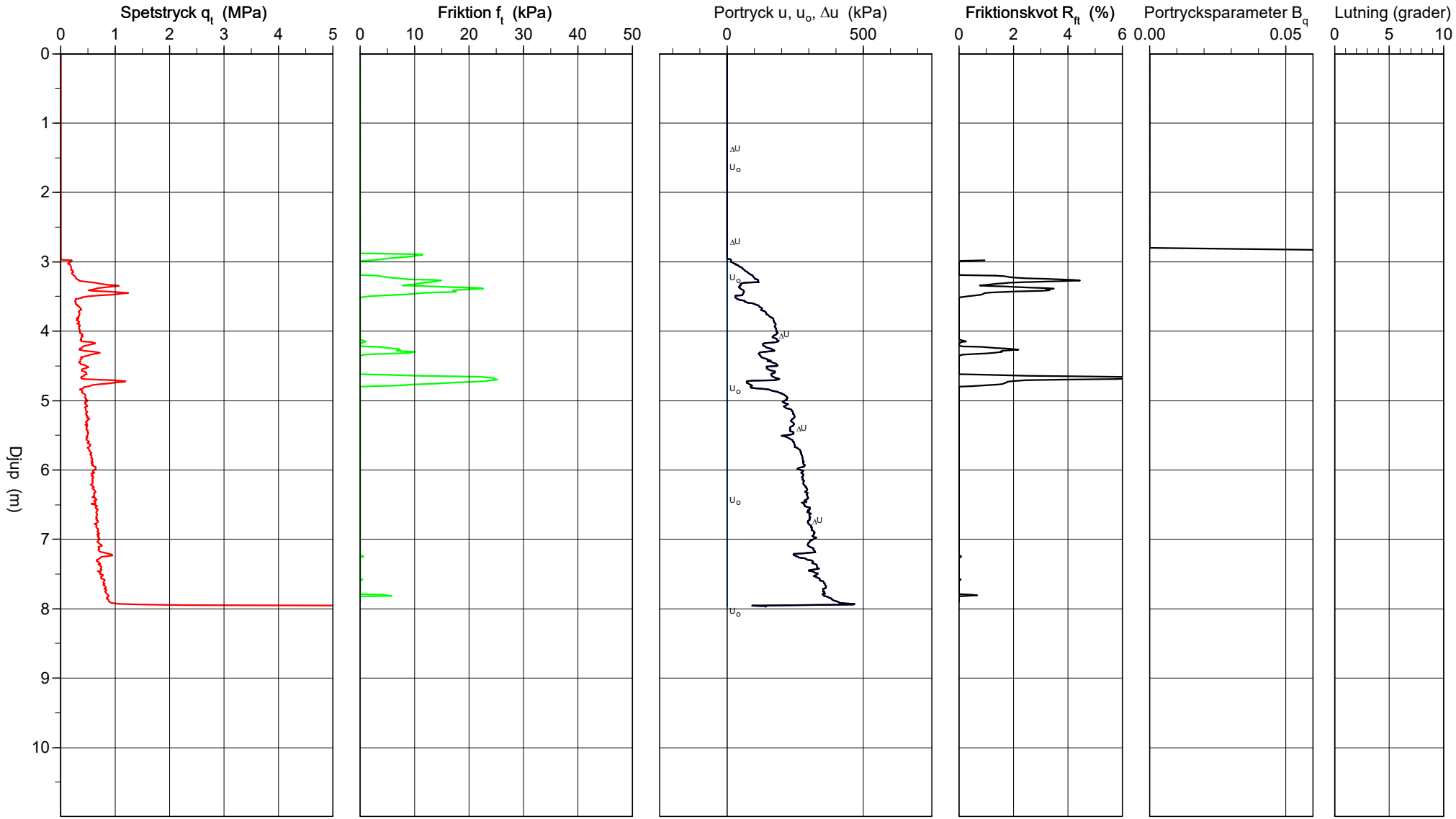


C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P07.CPW 2017-08-24

CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	8.01 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	9.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P08-CPTu
Datum	2017-06-07



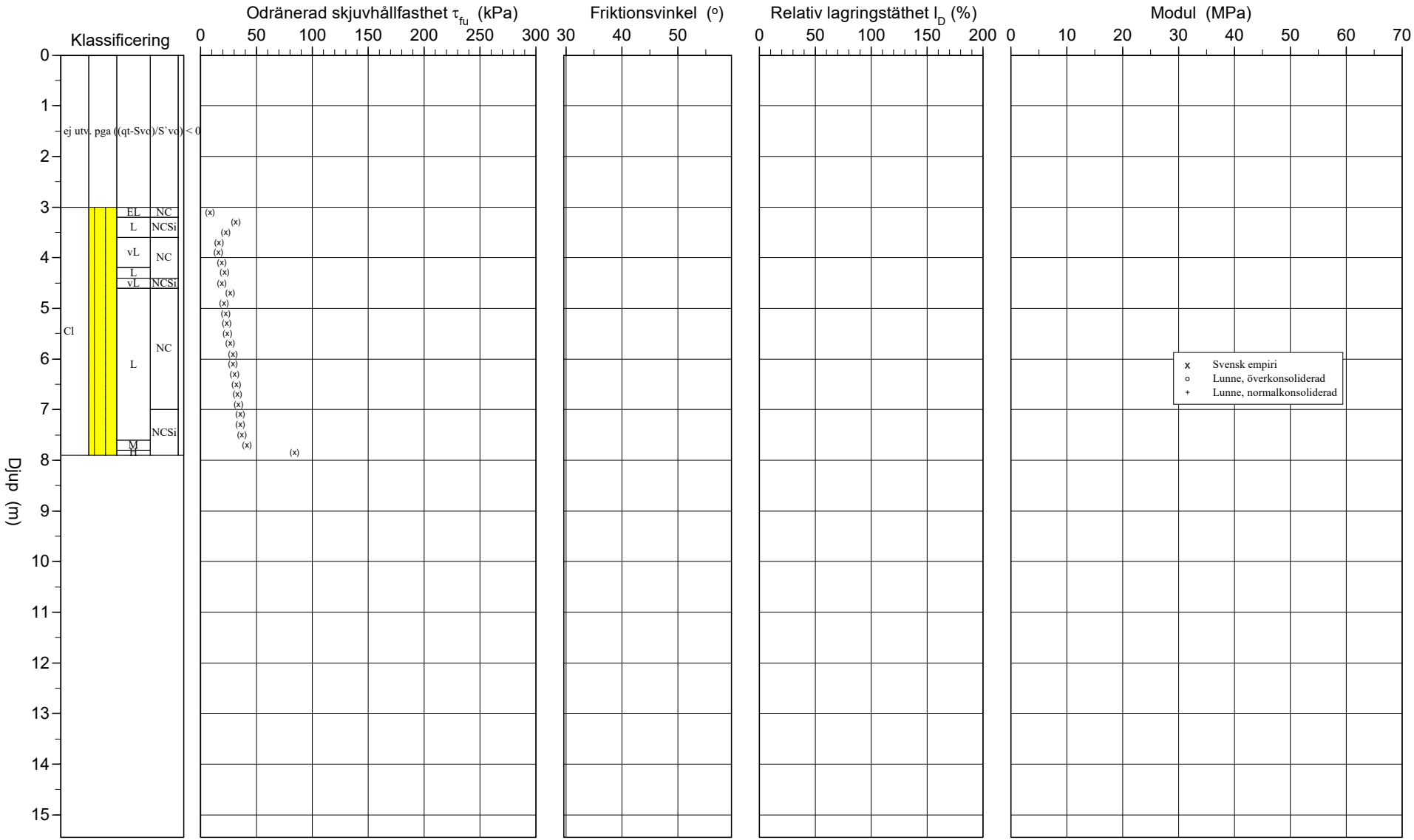
C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P08.CPW

2017-08-24

CPT-sondering utvärderad enligt SGI Information 15 rev.2007

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	9.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

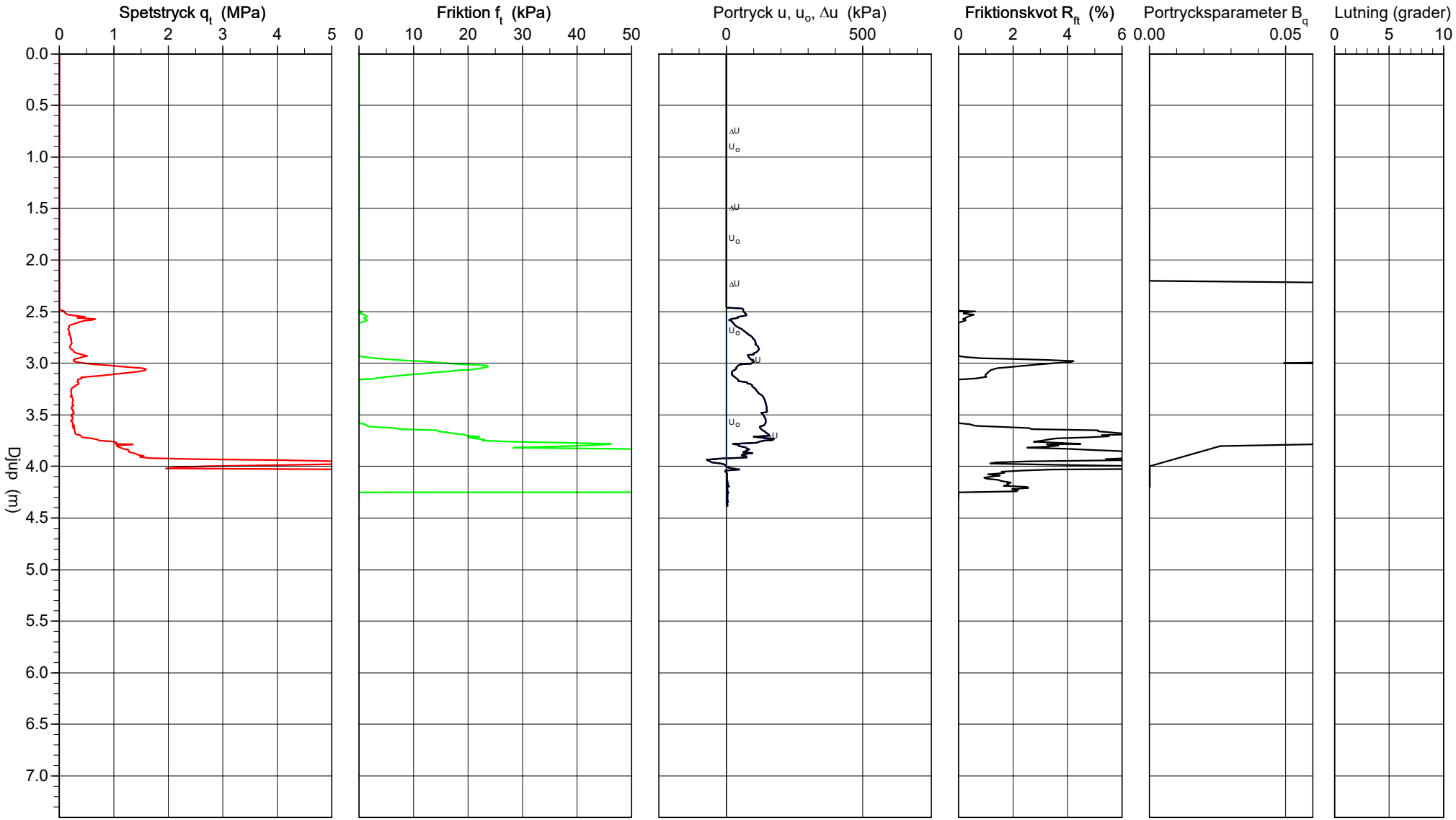
Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P08-CPTu
Datum	2017-06-07



CPT-sondering utförd enligt EN ISO 22476-1

Förborrningsdjup	3.00 m	Referens		Vätska i filter	
Start djup	0.00 m	Nivå vid referens		Borrpunktens koord.	
Stopp djup	4.42 m	Förborrat material		Utrustning	
Grundvattennivå	6.00 m	Geometri	Normal	Sond nr	4257

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P10-CPTu
Datum	2017-06-07



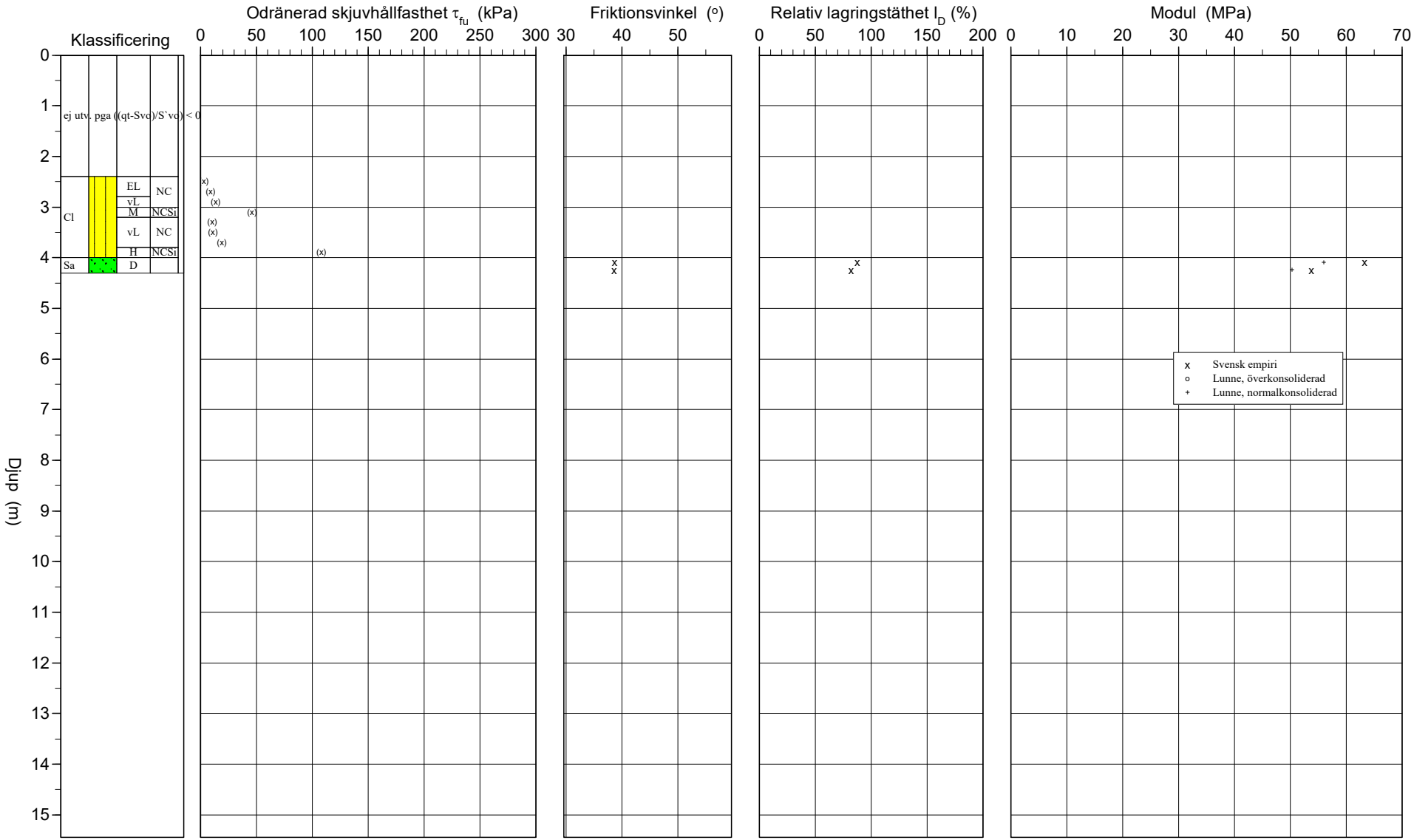
C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P10.CPW

2017-08-24

CPT-sondering utvärderad enligt SGI Information 15 rev.2007

Referens		Förborrningsdjup	3.00 m	Utvärderare	
Nivå vid referens		Förborrat material		Datum för utvärdering	
Grundvattenyta	6.00 m	Utrustning			
Startdjup	0.00 m	Geometri	Normal		

Projekt	
Projekt nr	
Plats	ST FELIX PALLIERE
Borrhål	P10-CPTu
Datum	2017-06-07



C:\Users\tbym\My_Projects\2017\Umicore\CPT\interpretation\P10.CPW 2017-08-24

ANNEXE B4

Rapport d’analyse des tests de pompage-injection

Rapport d'analyse des résultats de tests de pompage-injection

RAPPORT

Tables des matières

1.0 PIEZOMETRE PZ01 1

1.1 Données de base 1

1.2 Propriétés des fluides 1

1.3 Définition de la séquence Hydrobench 1

1.4 Analyse des Resultats 3

1.4.1 Analyse des résultats du test de pompage 3

1.4.2 Analyse des résultats du test d'injection 4

2.0 PIEZOMETRE PZ06 6

2.1 Données de base 6

2.2 Propriétés des fluides 6

2.3 Définition de la séquence Hydrobench 6

2.4 Analyse des Résultats 7

2.4.1 Analyse des résultats du test de pompage 7

2.4.2 Analyse des résultats du test d'injection 9

3.0 PIEZOMETRE PZ06C 10

3.1 Données de base 10

3.2 Propriétés des fluides 10

3.3 Définition de la séquence Hydrobench 11

3.4 Analyse des Résultats 12

3.4.1 Analyse des résultats du test de pompage 12

3.4.2 Analyse des résultats du test d'injection 13

1.0 PIEZOMETRE PZ01

1.1 Données de base

Projet	St Félix de Palières
Site	Digue
Piézomètre Source	PZ01
Test Name	Test 1

Intervalle	Haut: 12,57 m Bas: 16,74 m		
Intervalle	4,17 m		
Porosité	0.10		
Rayon du forage	0,100 m	Rayon du tube	0.025 m
Inclinaison	0,0 degré		
Volume	131,004 litres		
Type de forage	Source		

1.2 Propriétés des fluides

Densité	1000,0 kg/m³
Viscosité	0,001 Pa*s
Compressibilité	2,0e-09 1/Pa

1.3 Définition de la séquence Hydrobench

Nom	Catégorie	t(o) [heures]	P(o) [kPa]	P(i) [kPa]	Rate [l/min]	C [m³/Pa]
PSR	Pression variable	0,00000	136,23		-	2,0e-07
DPW	dP-Event1	0,38222	136,18	36,1 *	-	2,0e-07
SW	Pompage	0,49778	100,06	136.2	-	2,0e-07
DPI	dP-Event2	17,27833	136,27	-13,4 *	-	2,0e-07
SI	Injection	17,45111	149,69	136,3		2,0e-07
END	Pression variable	19,70889	136,57			2,0e-07

PSR
SW
SI
ΔP1
ΔP2
Surface Gauge (m H2O)
16.5
16
15.5
15
14.5
14
13.5
13
12.5
12
11.5
11
10.5
10
9.5
PZ01
06/11/2017 14:24
06/11/2017 19:12
07/11/2017 00:00
07/11/2017 04:48
07/11/2017 09:36
Date&Time

1.4 Analyse des Resultats

1.4.1 Analyse des résultats du test de pompage

Pression statique: 137,33 kPa

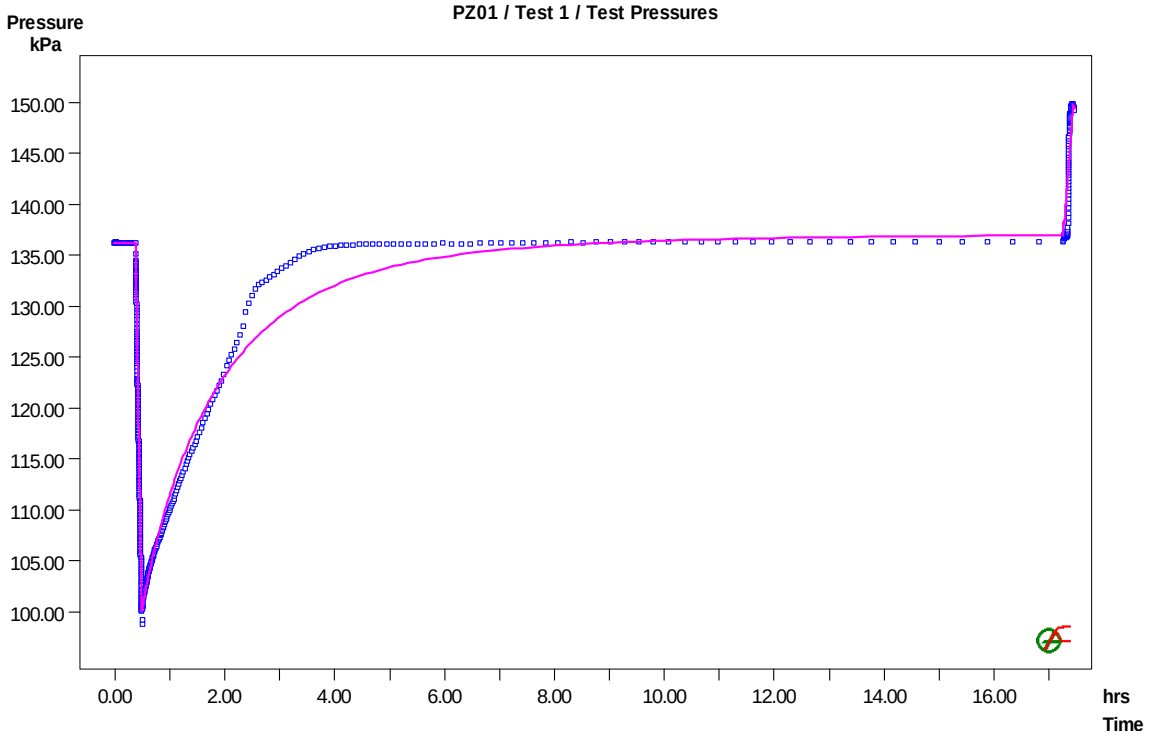
Paramètres Shell

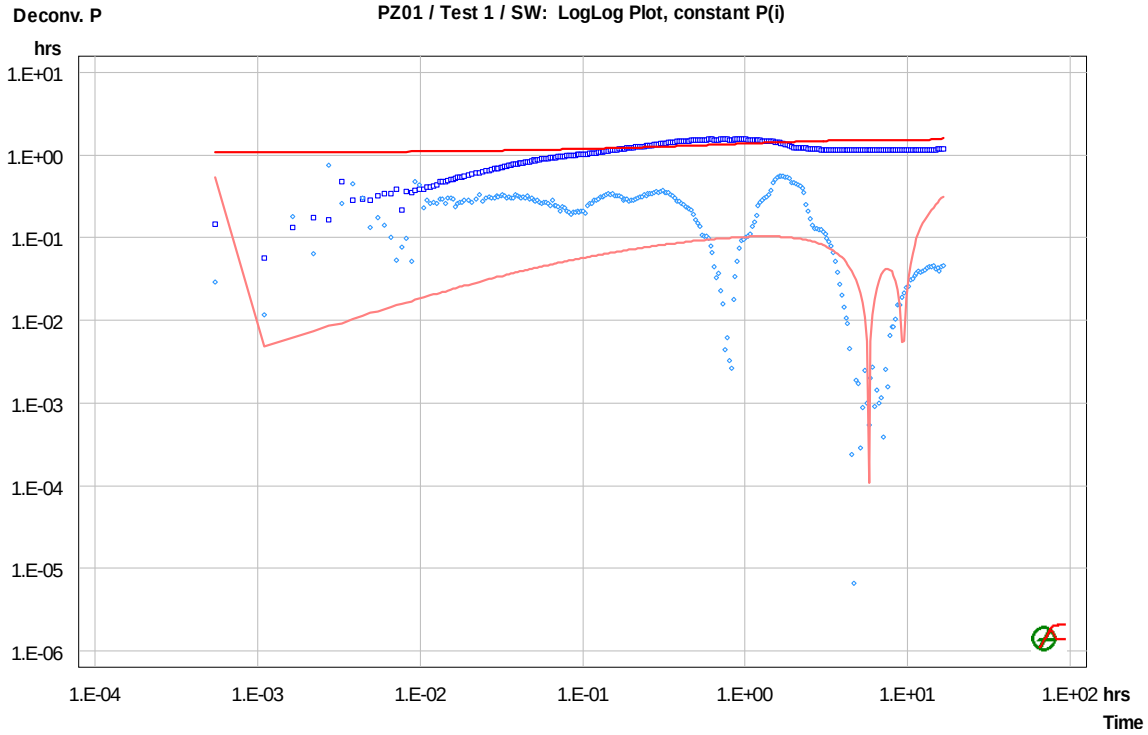
	Transmissivité [m²/s]	Storativité [-]	Rayon [m]	Dimension du débit [-]
Shell 1	3.7e-07	1.5e-06	- -	2.0

Perméabilité = 9e-08 m/s

Paramètres de la séquence:

Nom	Wellbore Storage [m³/Pa]	Skin [-]
PSR	2,1e-07	0.0
DPW	2,1e-07	0.0
SW	2,1e-07	0.0
DPI	2,1e-07	0.0
SI	2,1e-07	0.0
END	2,1e-07	0.0





1.4.2 Analyse des résultats du test d'injection

Pression statique: 135,01 kPa

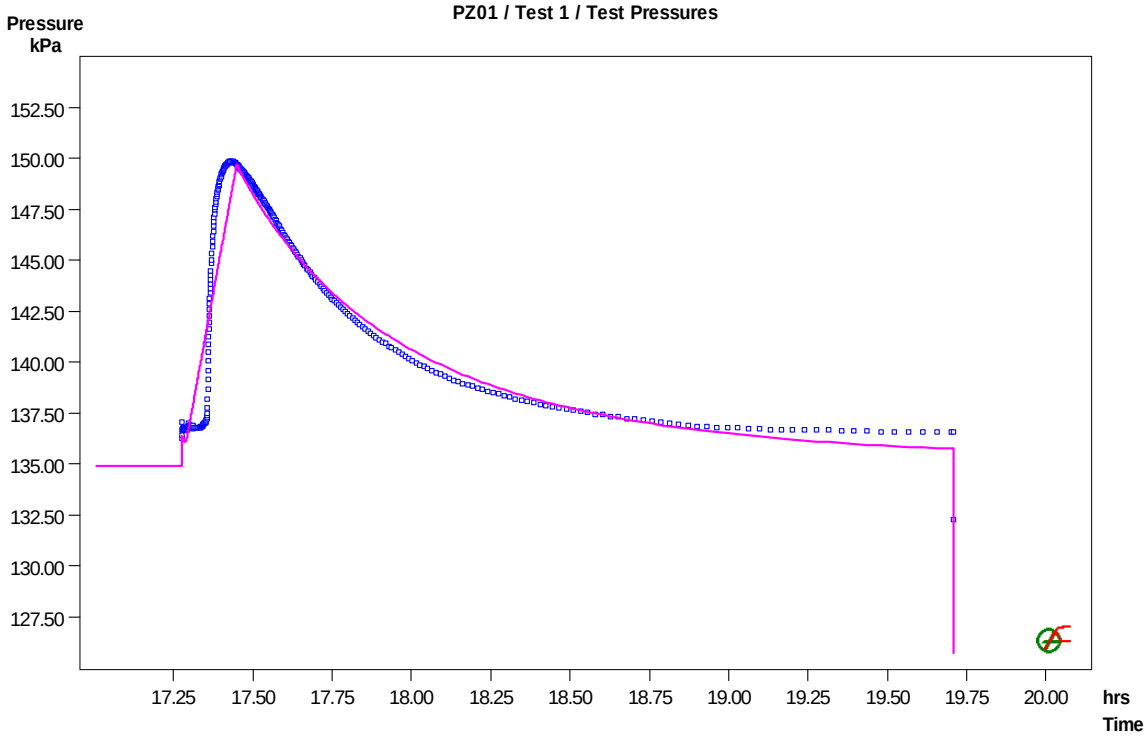
Paramètres Shell

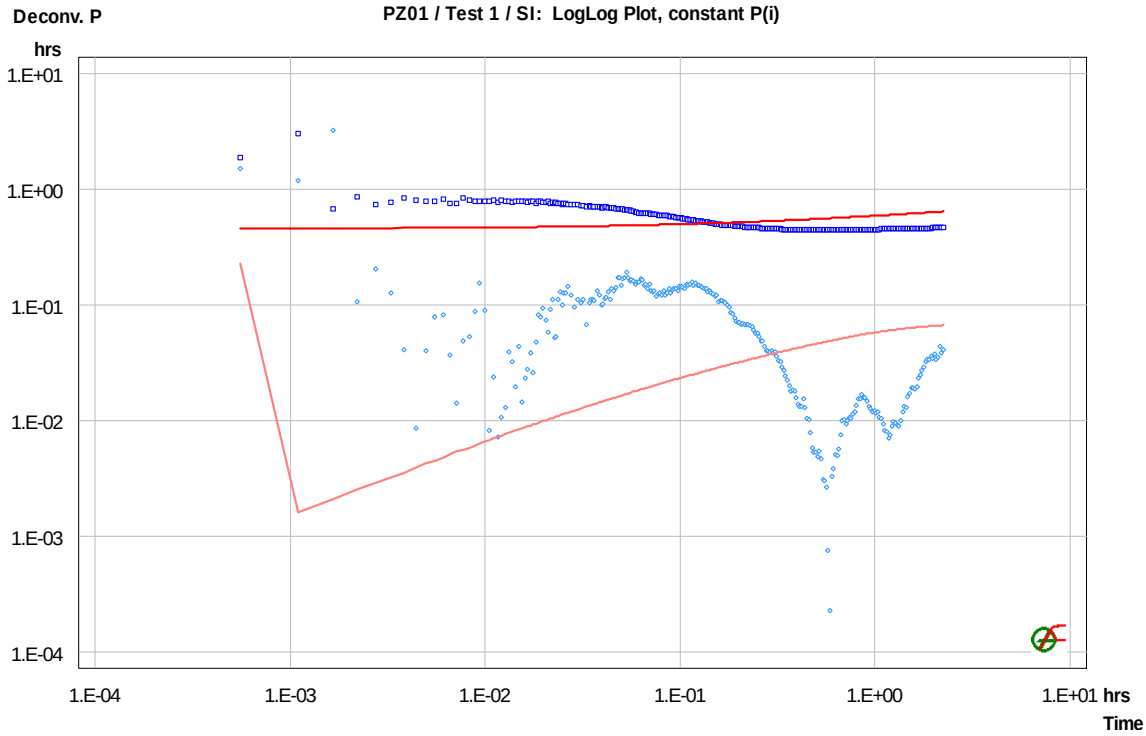
Name	Transmissivité [m²/s]	Storativité [-]	Rayon [m]	Dimension du débit [-]
Shell 1	1,0e-06	1,5e-06	- -	2,0

Perméabilité = 2.5e-07 m/s

Paramètres de la séquence:

Nom	Wellbore Storage [m³/Pa]	Skin [-]
PSR	2,1e-07	0,0
DPW	2,1e-07	0,0
SW	2,1e-07	0,0
DPI	2,1e-07	0,0
SI	2,1e-07	0,0
END	2,1e-07	0,0


PZ01 / Test 1 / Test Pressures
Pressure
kPa
152.50
150.00
147.50
145.00
142.50
140.00
137.50
135.00
132.50
130.00
127.50
17.25
17.50
17.75
18.00
18.25
18.50
18.75
19.00
19.25
19.50
19.75
20.00
hrs
Time


PZ01 / Test 1 / SI: LogLog Plot, constant P(i)
Deconv. P
hrs
1.E+01
1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
1.E-04
1.E-04
1.E-03
1.E-02
1.E-01
1.E+00
1.E+01
hrs
Time

2.0 PIEZOMETRE PZ06

2.1 Données de base

Projet	St Félix de Palières
Site	Digue
Piézomètre Source	PZ06
Test Name	Test 1

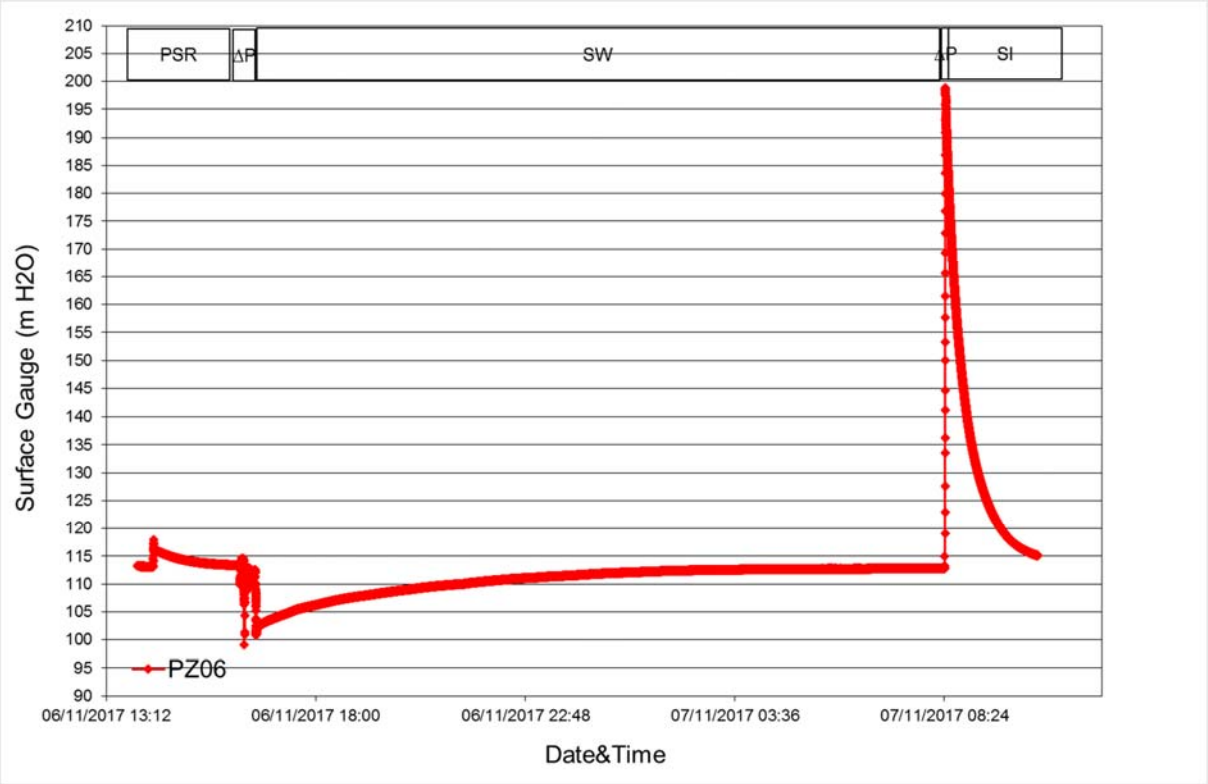
Intervalle	Haut: 18,75 m Bas: 20,65 m		
Intervalle	1,90 m		
Porosité	0.10		
Rayon du forage	0,057 m	Rayon du tube	0.025 m
Inclinaison	0,0 degré		
Volume	19,393 litres		
Type de forage	Source		

2.2 Propriétés des fluides

Densité	1000,0 kg/m³
Viscosité	0,001 Pa*s
Compressibilité	2,0e-09 1/Pa

2.3 Définition de la séquence Hydrobench

Nom	Catégorie	t(o) [heures]	P(o) [kPa]	P(i) [kPa]	Rate [l/min]	C [m³/Pa]
PSR1	Pression variable	0,00000	136,23		-	2,0e-07
PSR2	Pression variable	2,34778	1111,68			
DP	dP-Event1	2,69889	1100,53	112,1 *	-	2,0e-07
SW	Pompage	2,71000	988,46	1100,5	-	2,0e-07
DPI	dP-Event2	18,48944	1107,10	-843,2 *	-	2,0e-07
SI	Injection	18,50722	1950,26	1107,1		2,0e-07



2.4 Analyse des Résultats

2.4.1 Analyse des résultats du test de pompage

Pression statique: 1110,37 kPa

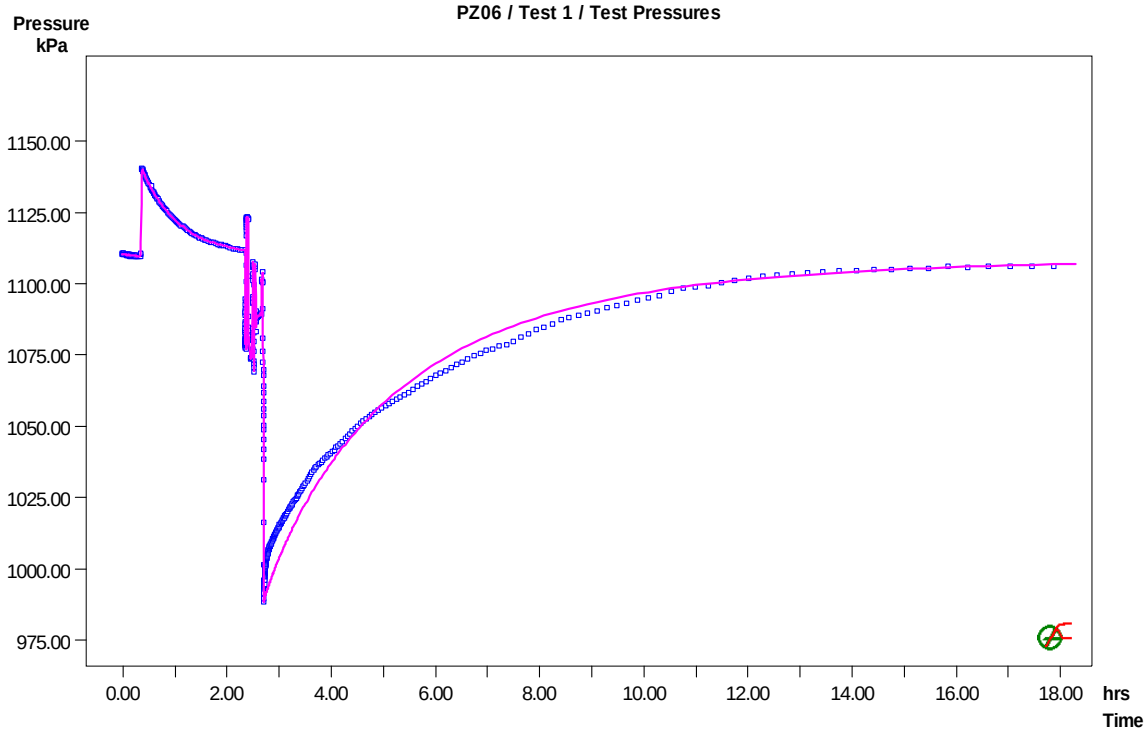
Paramètres Shell

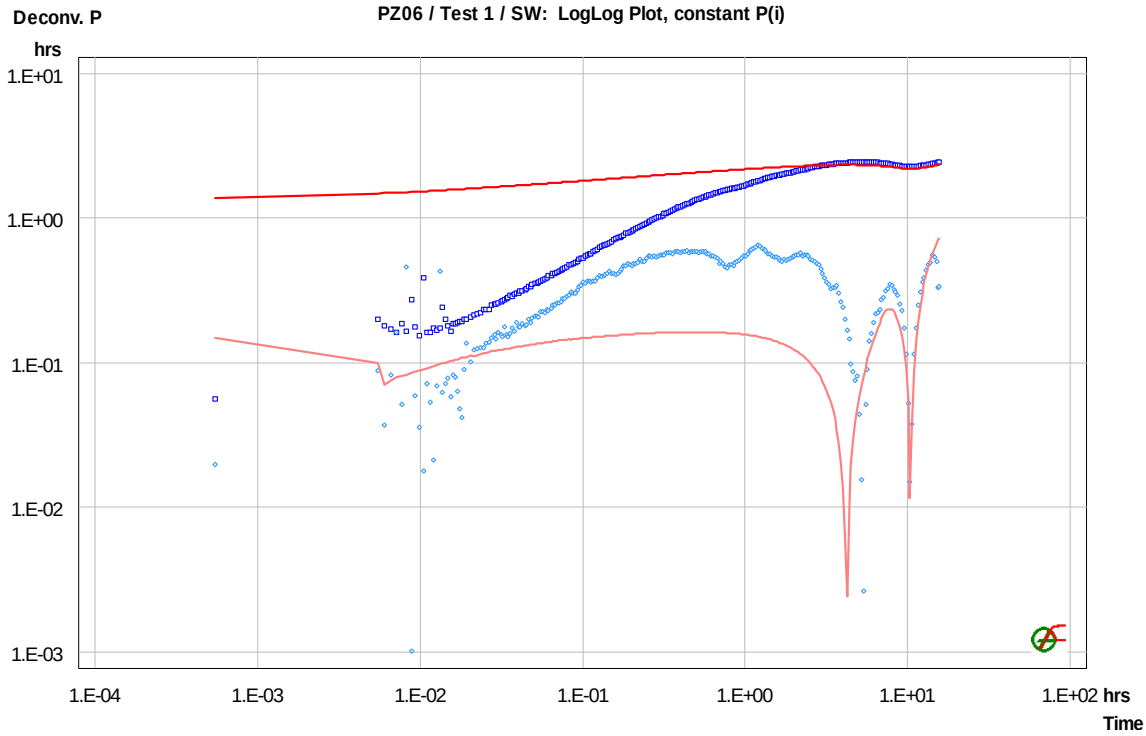
	Transmissivité [m²/s]	Storativité [-]	Rayon [m]	Dimension du débit [-]
Shell 1	2,0e-07	3,7e-06	- -	2,0

Perméabilité = 1e-07 m/s

Paramètres de la séquence:

Nom	Wellbore Storage [m³/Pa]	Skin [-]
PSR1	2,1e-07	0,0
PSR2	2,1e-07	0,0
DP	2,1e-07	0,0
SW	2,1e-07	0,0
DPI	2,1e-07	0,0
SI	2,1e-07	0,0


PZ06 / Test 1 / Test Pressures
Pressure
kPa
1150.00
1125.00
1100.00
1075.00
1050.00
1025.00
1000.00
975.00
0.00
2.00
4.00
6.00
8.00
10.00
12.00
14.00
16.00
18.00
hrs
Time


PZ06 / Test 1 / SW: LogLog Plot, constant P(i)
Deconv. P
hrs
1.E+01
1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-03
1.E-04
1.E-03
1.E-02
1.E-01
1.E+00
1.E+01
1.E+02
hrs
Time

2.4.2 Analyse des résultats du test d'injection

Pression statique: 1106,69 kPa

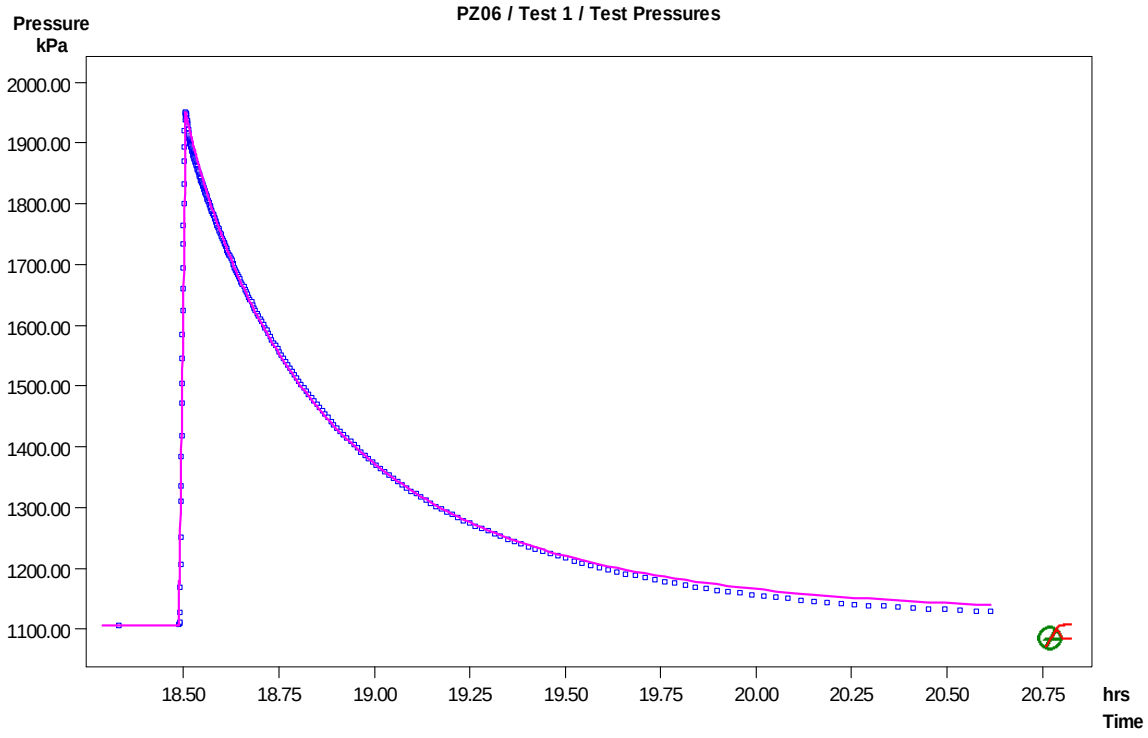
Paramètres Shell

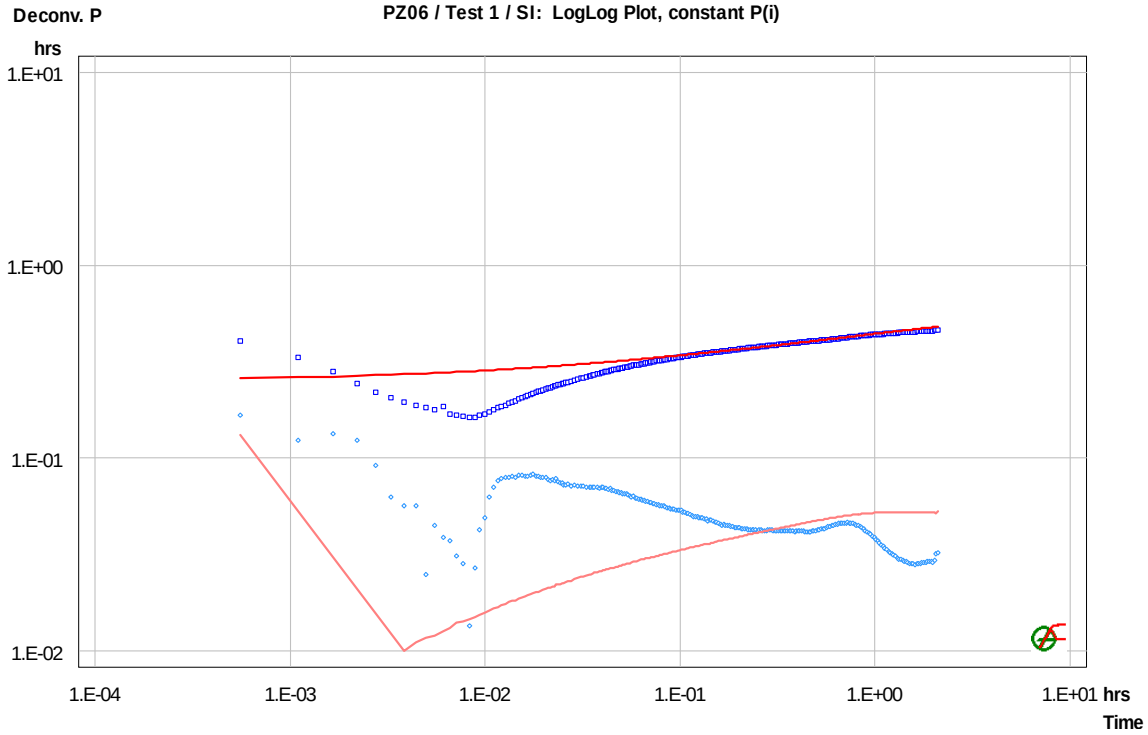
Name	Transmissivité [m²/s]	Storativité [-]	Rayon [m]	Dimension du débit [-]
Shell 1	6,3e-06	3,7e-06	- -	2,0

Perméabilité = 3,3e-06 m/s

Paramètres de la séquence:

Nom	Wellbore Storage [m³/Pa]	Skin [-]
PSR1	1,2e-06	-2,0
PSR2	1,2e-06	-2,0
DP	1,2e-06	-2,0
SW	1,2e-06	-2,0
DPI	1,2e-06	-2,0
SI	1,2e-06	-2,0





3.0 PIEZOMETRE PZ06C

3.1 Données de base

Projet	St Félix de Palières
Site	Digue
Piézomètre Source	PZ06
Test Name	Test 1

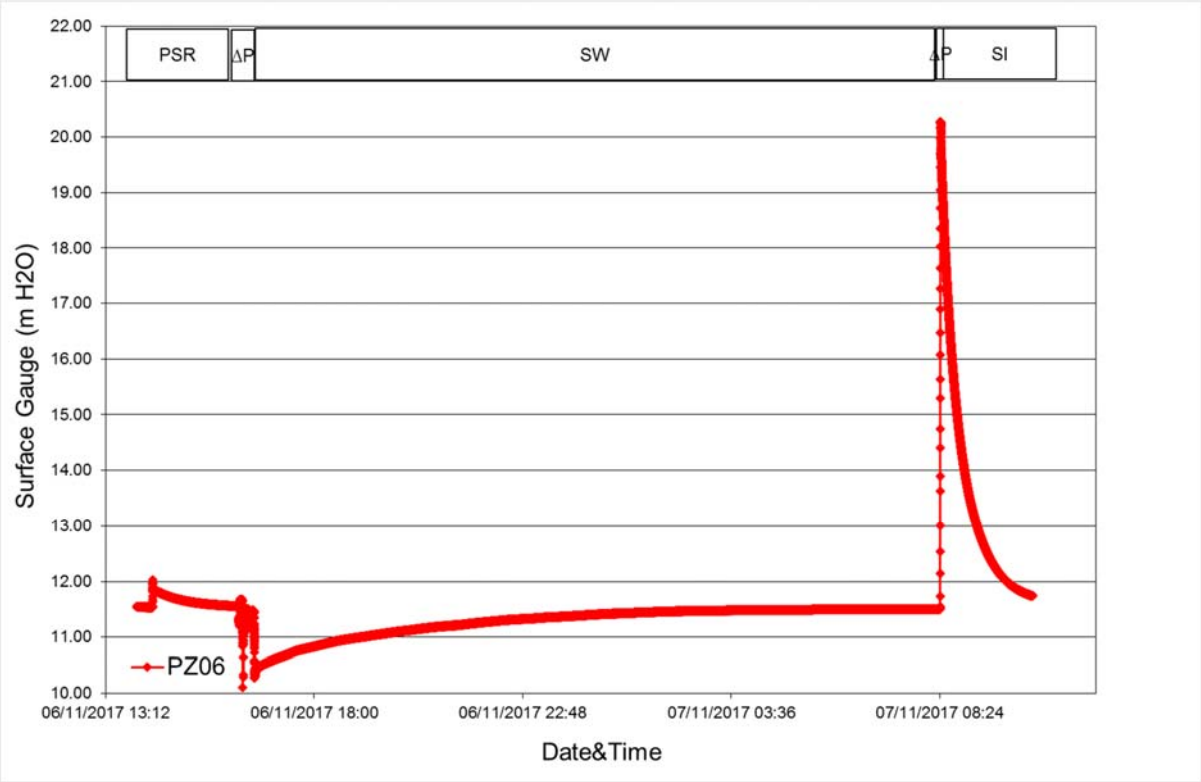
Intervalle	Haut: 18,75 m Bas: 20,65 m		
Intervalle	1,90 m		
Porosité	0.10		
Rayon du forage	0,057 m	Rayon du tube	0.025 m
Inclinaison	0,0 degré		
Volume	19,393 litres		
Type de forage	Source		

3.2 Propriétés des fluides

Densité	1000,0 kg/m³
Viscosité	0,001 Pa*s
Compressibilité	2,0e-09 1/Pa

3.3 Définition de la séquence Hydrobench

Nom	Catégorie	t(o) [heures]	P(o) [kPa]	P(i) [kPa]	Rate [l/min]	C [m³/Pa]
PSR	Pression variable	0.00000	113.24		-	2,0e-07
dPW	dP-Event1	2.69889	112.22	11.4 *	-	2,0e-07
SW	Pompage	2.71000	100.80	112.2	-	2,0e-07
dPI	dP-Event2	18.49000	112.91	-86.0 *	-	2,0e-07
SI	Injection	18.50722	198.87	112.9		2,0e-07



3.4 Analyse des Résultats

3.4.1 Analyse des résultats du test de pompage

Pression statique: 113,36 kPa

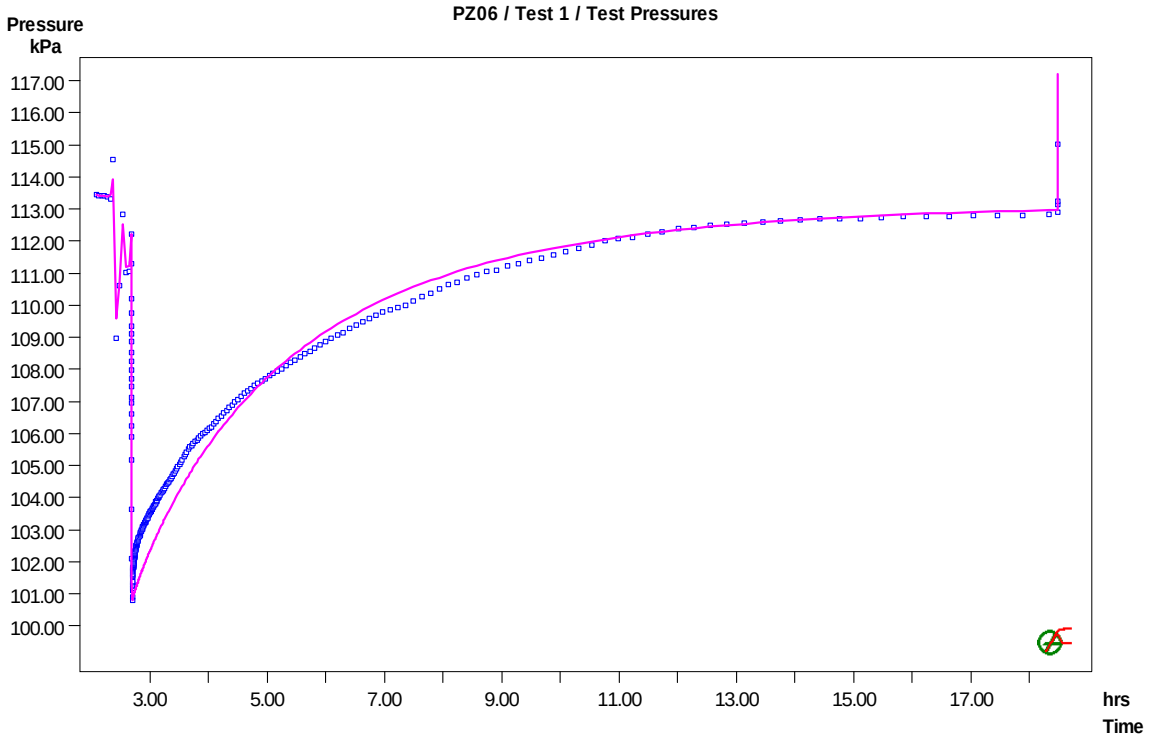
Paramètres Shell

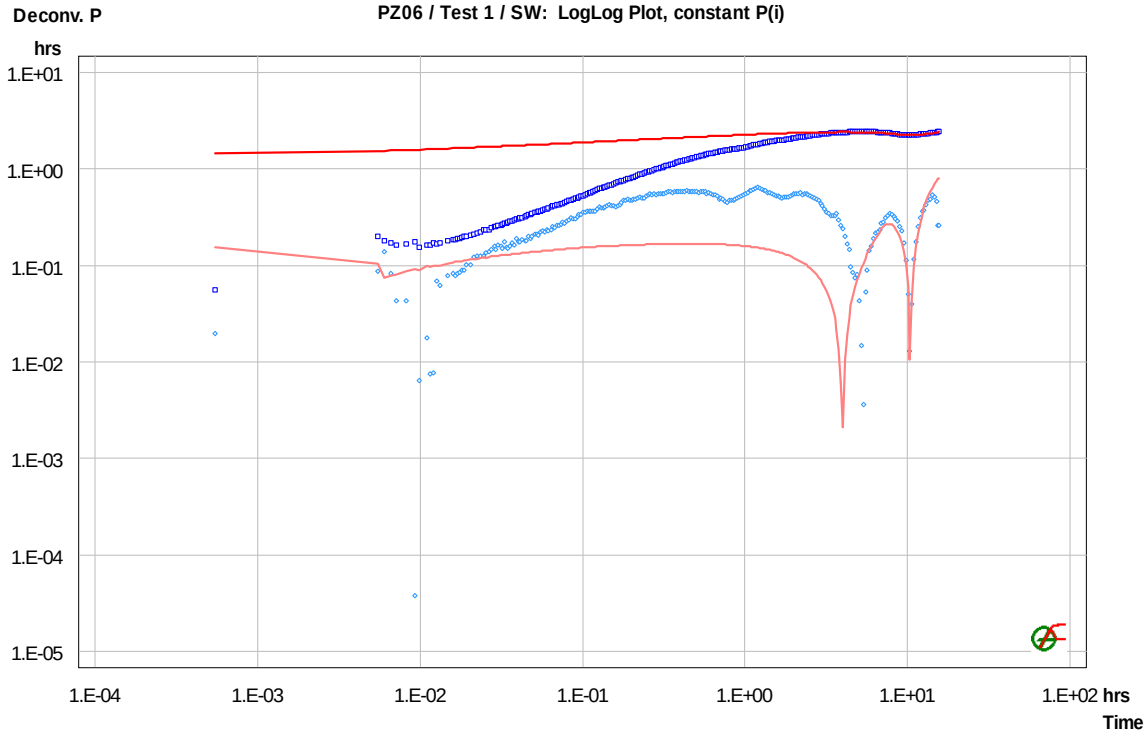
	Transmissivité [m²/s]	Storativité [-]	Rayon [m]	Dimension du débit [-]
Shell 1	1,9e-07	3,7e-06	- -	2.0

Perméabilité = 9e-08 m/s

Paramètres de la séquence:

Nom	Wellbore Storage [m³/Pa]	Skin [-]
PSR	2,0e-07	0,0
dPW	2,0e-07	0,0
SW	2,0e-07	0,0
dPI	2,0e-07	0,0
SI	2,0e-07	0,0





3.4.2 Analyse des résultats du test d'injection

Pression statique: 112,91 kPa

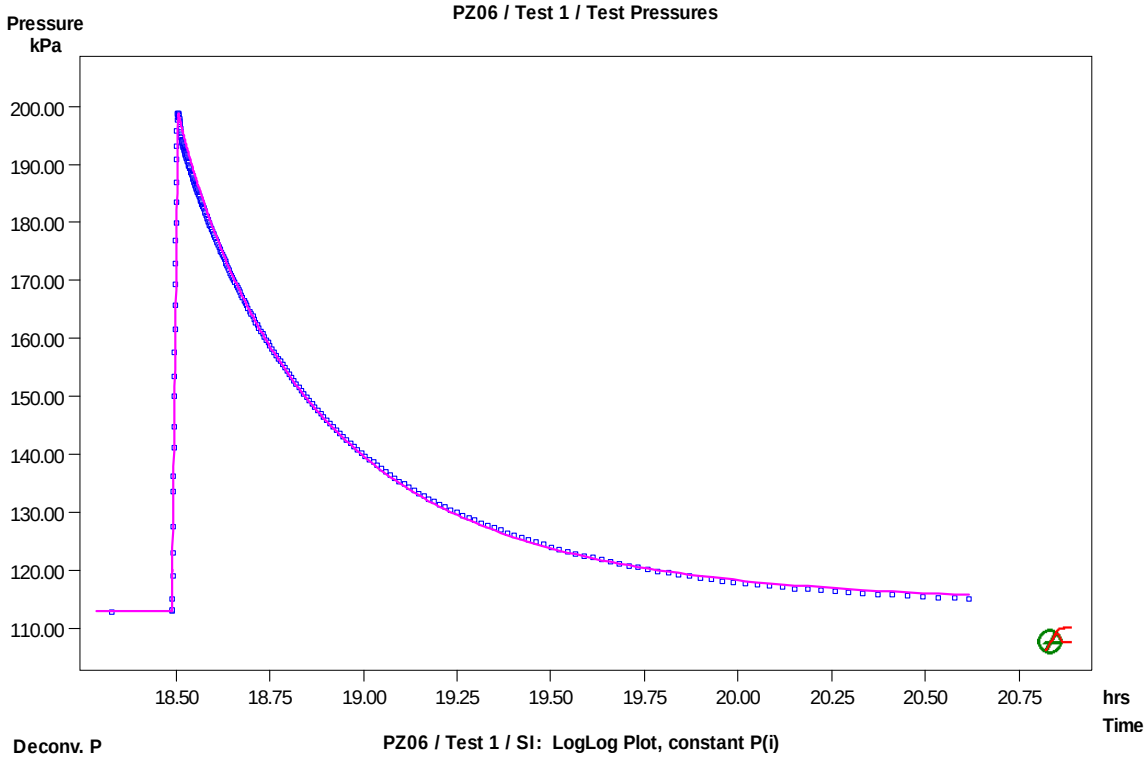
Paramètres Shell

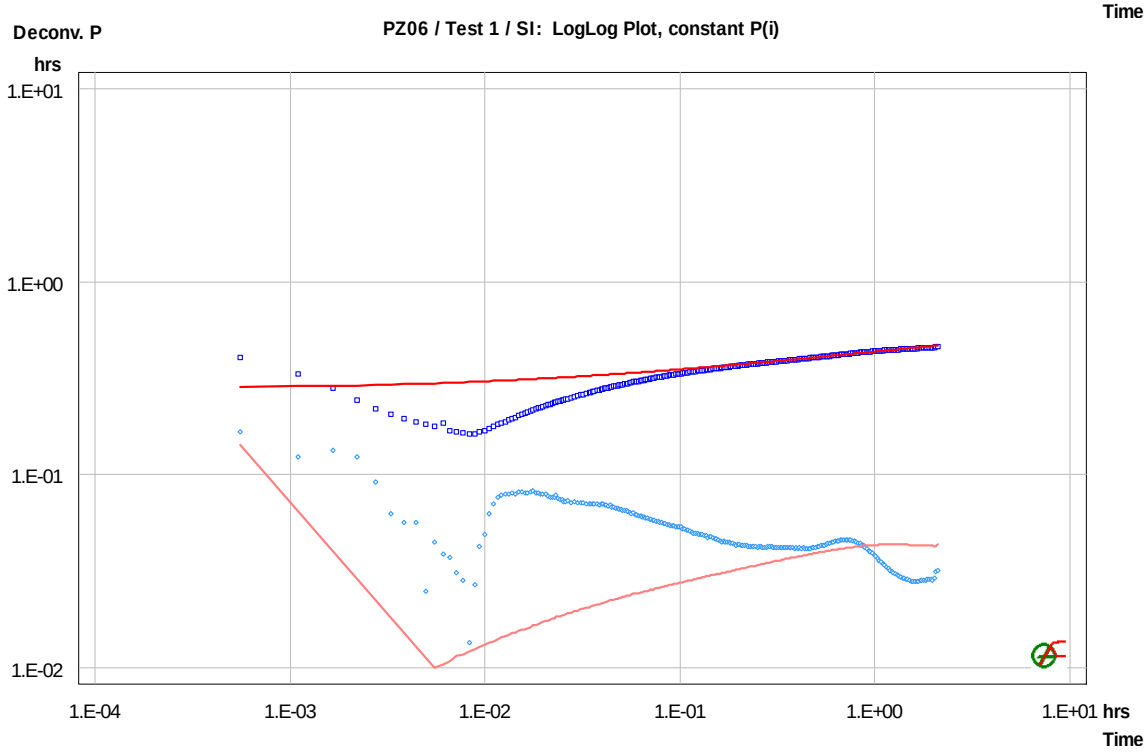
Name	Transmissivité [m²/s]	Storativité [-]	Rayon [m]	Dimension du débit [-]
Shell 1	1,4e-06	3,7e-06	- -	2,0

Perméabilité = 2.5e-07 m/s

Paramètres de la séquence:

Nom	Wellbore Storage [m³/Pa]	Skin [-]
PSR	2,0e-07	0,0
dPW	2,0e-07	0,0
SW	2,0e-07	0,0
dPI	2,0e-07	0,0
SI	2,0e-07	0,0


PZ06 / Test 1 / Test Pressures
Pressure
kPa
200.00
190.00
180.00
170.00
160.00
150.00
140.00
130.00
120.00
110.00
18.50
18.75
19.00
19.25
19.50
19.75
20.00
20.25
20.50
20.75
hrs
Time


PZ06 / Test 1 / SI: LogLog Plot, constant P(i)
Deconv. P
hrs
1.E+01
1.E+00
1.E-01
1.E-02
1.E-04
1.E-03
1.E-02
1.E-01
1.E+00
1.E+01
hrs
Time

ANNEXE C

Résultats d'analyses de laboratoire

Annexe C1 : Classification des sols, Labo Antémys (pelle mécanique) - Althéa Ingénierie (Sondage carotté)

Annexe C2 : Essais à l'œdomètre, Labo Antémys (pelle mécanique) - Althéa Ingénierie (Sondage carotté)

Annexe C3 : Essais de cisaillement rectiligne à la boite, LaboAntémys (pelle mécanique) - Althéa Ingénierie (Sondage carotté)

ANNEXE C1

Classification des sols

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

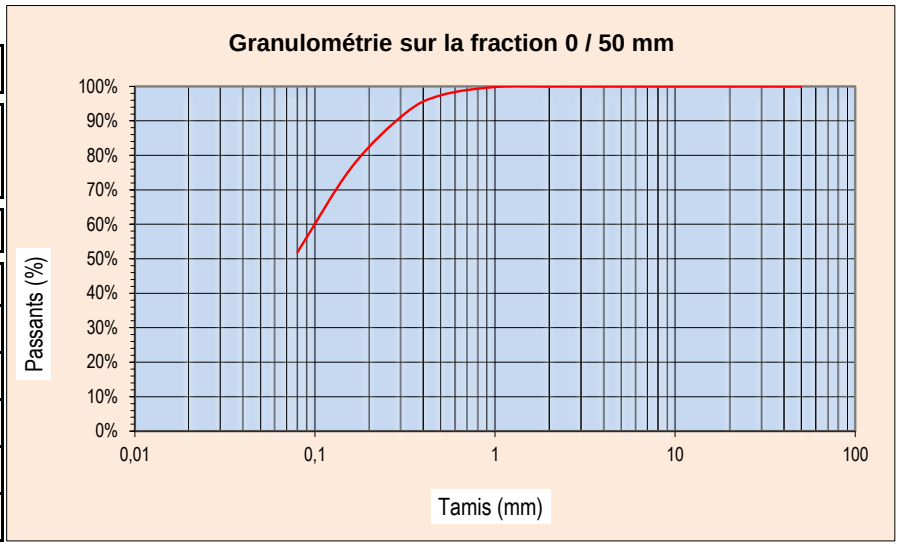
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P01
Prof. échantillon (m):	3,30
Prof. prélt (m) :	3,30
Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	2,2

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**51,9%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,12**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**16,6%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Détermination de la masse volumique des particules solides

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-054)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	05/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P01
Prof. échantillon (m):	3,30
Prof. prélt (m) :	3,30
Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine

Concassage du sol	oui
Procédé de désaérage	dépression

N° du ballon		5	6
m1	Masse du ballon (g)	31,460	30,169
m2	Masse du ballon + sol (g)	60,332	57,233
ms	Masse de sol (g)	28,872	27,064
m3	Masse du ballon + sol + eau (g)	98,501	96,880
m4	Masse du ballon + eau (g)	79,636	79,335
T°	Température de l'essai (°C)	20,50	20,50
ρw	Masse volumique de l'eau (g/cm3)	1,000	1,000

Masse volumique des particules solides (g/cm3)	2,885	2,843
	2,864	

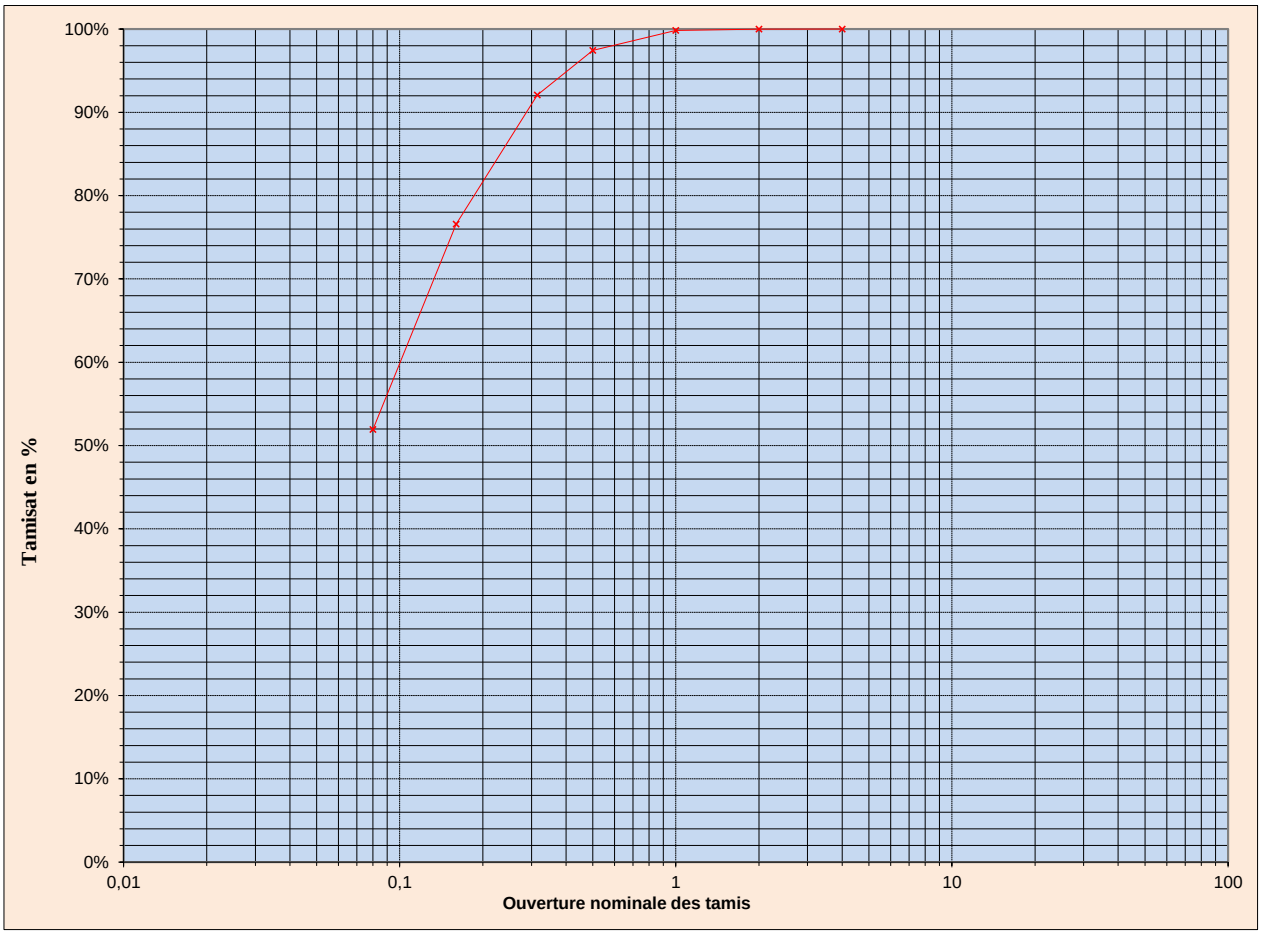
Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P01
Prof. échantillon (m):	3,30
Prof. prélt (m) :	3,30
Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine



dm :	2	mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax :	2,2	mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau	16,6 %

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant %	100,0%	99,8%	97,4%	92,1%	76,6%	51,9%		

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme française NF P 94-068, Octobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	27/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P01
		Prof. échantillon (m):	3,30
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,30
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	21,6
Masse totale humide (g)	1767,45
Masse totale sèche (g)	1519
Masse de l'eau (g)	248,45
Masse du sol sec (g)	1497,4
Teneur en eau %	**16,6%**

Echantillonnage	
Masse humide (m1 en g)	110,5
Masse sèche (m0 en g)	94,8

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm^3 ou ml)
11

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,12

Date :	03/07/2017	Observations :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

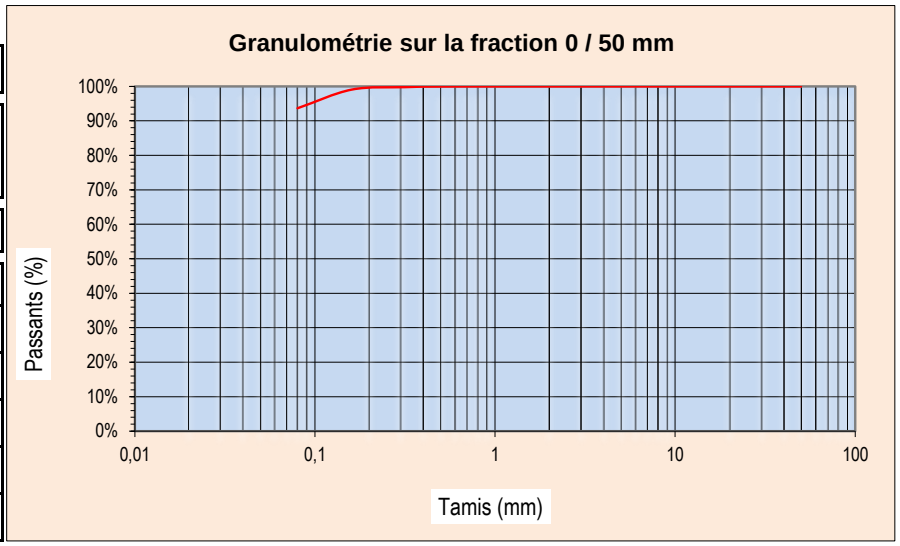
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P02
Prof. échantillon (m):	1,0
Prof. prélt (m) :	1,0
Description visuelle des sols :	Sable argileux, très lité, humide

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	1,1

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**93,7%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,19**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**21,8%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1

Date :	03 07 2017	bservation :	Date : 03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur : A

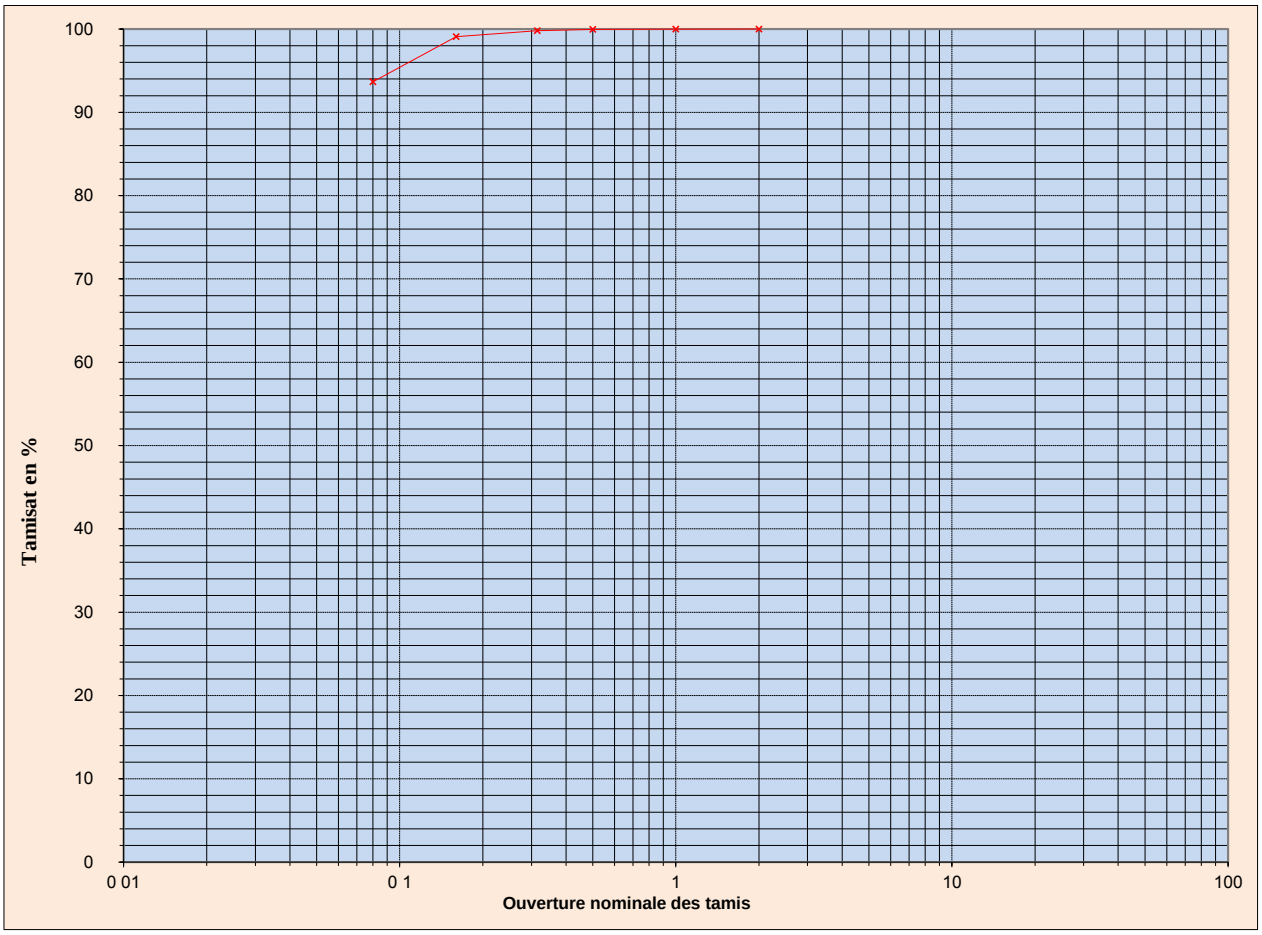
LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai r° alis° conform° ment à la norme N P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P02
Prof. échantillon (m):	1,0
Prof. prélt (m) :	1,0
Description visuelle des sols :	Sable argileux, très lité, humide



dm :	1	mm (plus grand tamis utilis°)
Dma :	1 1	mm (diam. ma du plus gros grain)

Teneur en eau	21 8

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant	100 0	100 0	100 0	99 8	99 1	93 7		

Date :	03 07 2017	bservation :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme fran aise N P 94-068 ctobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	28/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P02
		Prof. échantillon (m):	1,0
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	1,0
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable argileux, très lité, humide
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	317 4
Masse totale umide (g)	2385 15
Masse totale sèc e (g)	2015
Masse de l'eau (g)	370 15
Masse du sol sec (g)	1697 6
Teneur en eau %	**21,8%**

Echantillonnage	
Masse umide (m1 en g)	84 7
Masse sèche (m0 en g)	69,5

Volume V de solution de bleu de m° t yl° ne à 10g l inject° (cm^3 ou ml)
13

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,19

Date :	03 07 2017	bservations :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

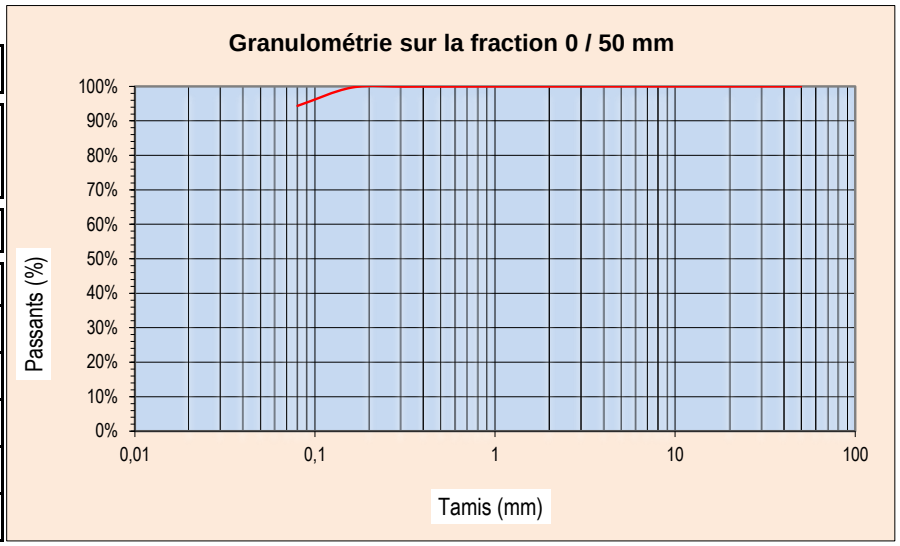
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P03
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile grise légèrement sableuse, très finement stratifiée

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	2,2

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**94,4%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,25**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**26,5%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1

Date :	03/07/2017	Observation : Limite d'Atterberg non réalisable (matériau non stable dans la coupelle)	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

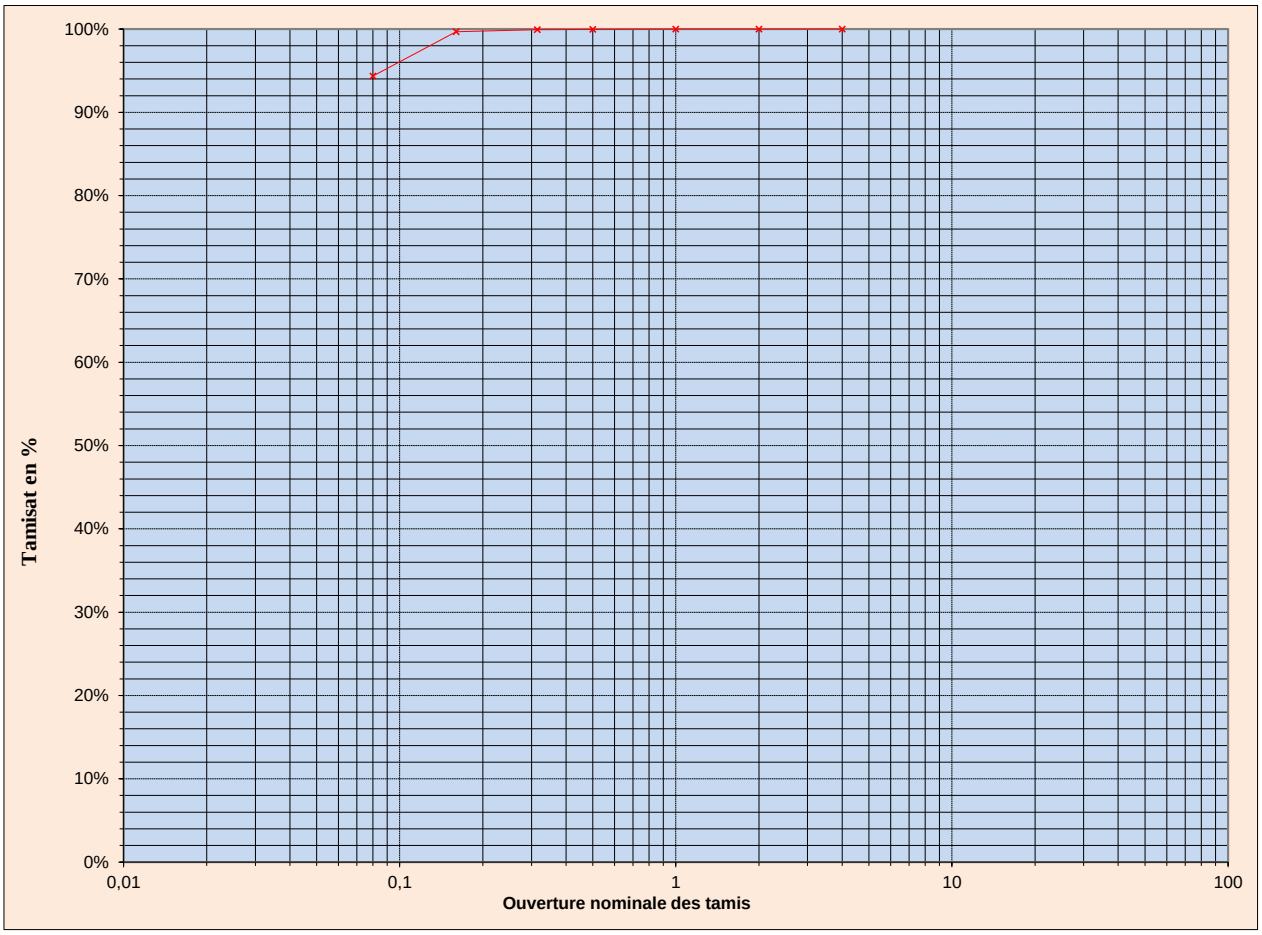
LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P03
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile grise légèrement sableuse, très finement stratifiée



dm :	2	mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax :	2,2	mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau	26,5 %

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant %	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	99,7%	94,4%		

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme française NF P 94-068, Octobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P03
		Prof. échantillon (m):	4,00
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	4,00
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Argile grise légèrement sableuse, très finement stratifiée
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	2,94
Masse totale humide (g)	83,38
Masse totale sèche (g)	69,284
Masse de l'eau (g)	14,096
Masse du sol sec (g)	66,344
Teneur en eau %	**21,2%**

Echantillonnage	
Masse humide (m1 en g)	58,05
Masse sèche (m0 en g)	47,9

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm^3 ou ml)
12

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,25

Date :	03/07/2017	Observations :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

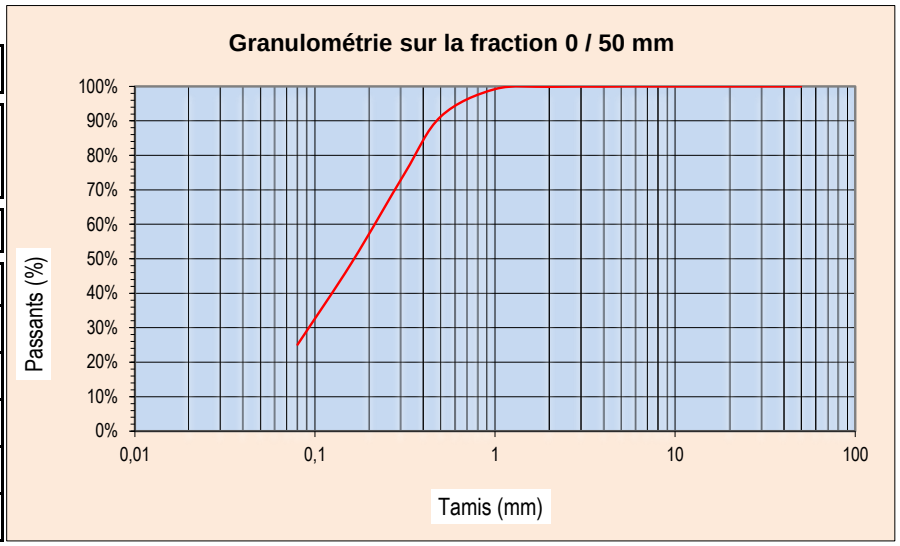
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P04
Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	4,3

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**99,9%**
0,08	**25,1%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,07**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**8,3%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

B5

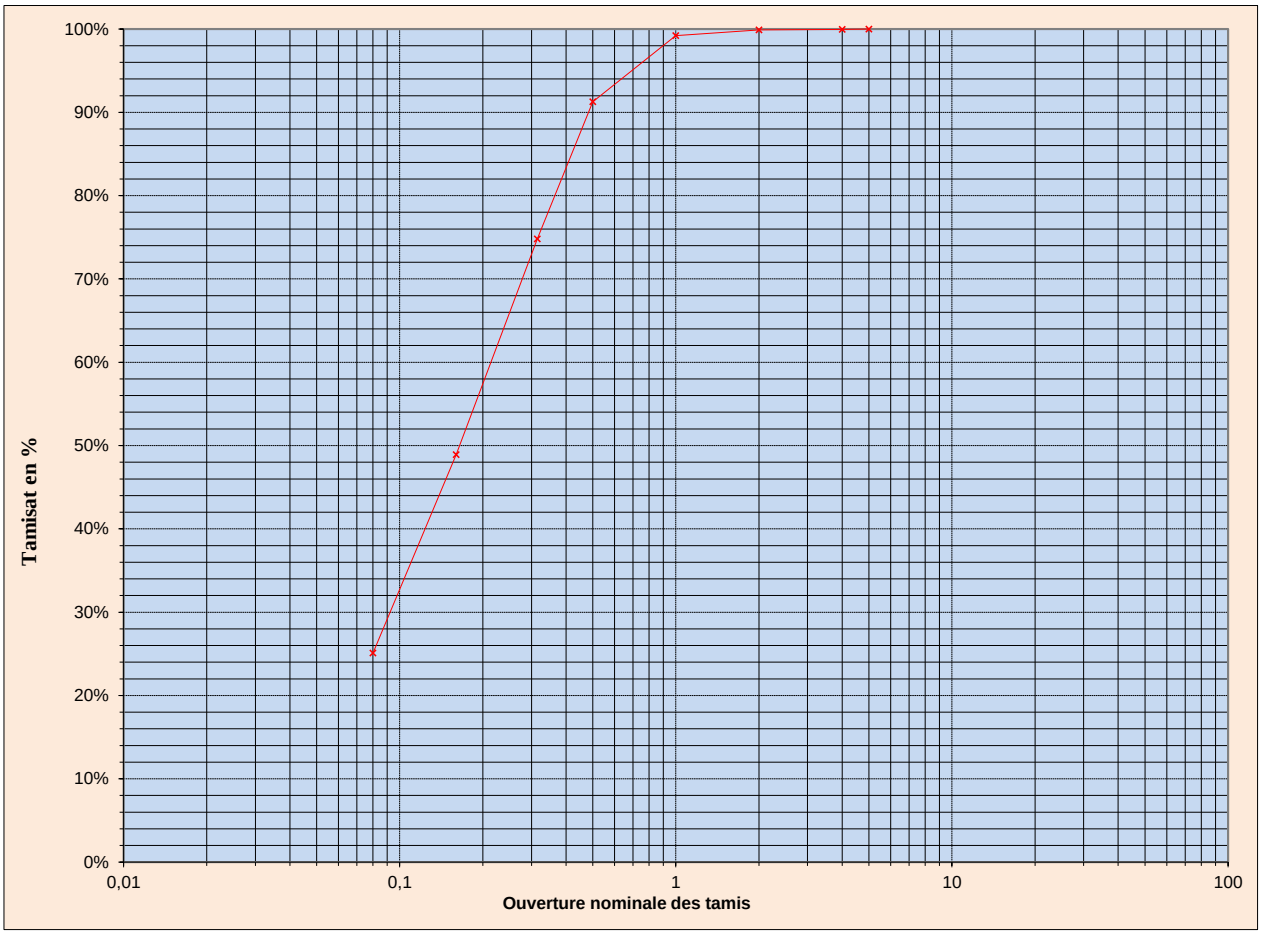
Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P04
Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique



dm :	4	mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax :	4,3	mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau	8,3 %

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%	100,0%
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant %	99,9%	99,2%	91,3%	74,8%	48,9%	25,1%		

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme française NF P 94-068, Octobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	27/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P04
		Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	21,5
Masse totale humide (g)	1424,9
Masse totale sèche (g)	1317
Masse de l'eau (g)	107,9
Masse du sol sec (g)	1295,5
Teneur en eau %	**8,3%**

Echantillonnage	
Masse humide (m1 en g)	90,55
Masse sèche (m0 en g)	83,6

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm^3 ou ml)
6

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,07

Date :	03/07/2017	Observations :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

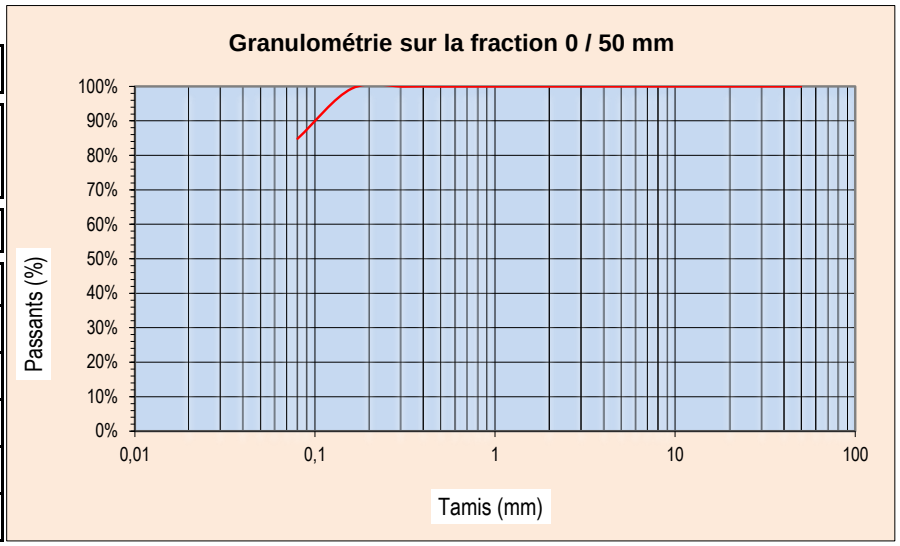
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P05
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Sable gris moyen à fin, silteux légèrement humide, quelque passe d'argile centimétrique, lité

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	1,3

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**84,8%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,09**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**15,4%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1

Date :	03 07 2017	bservation :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

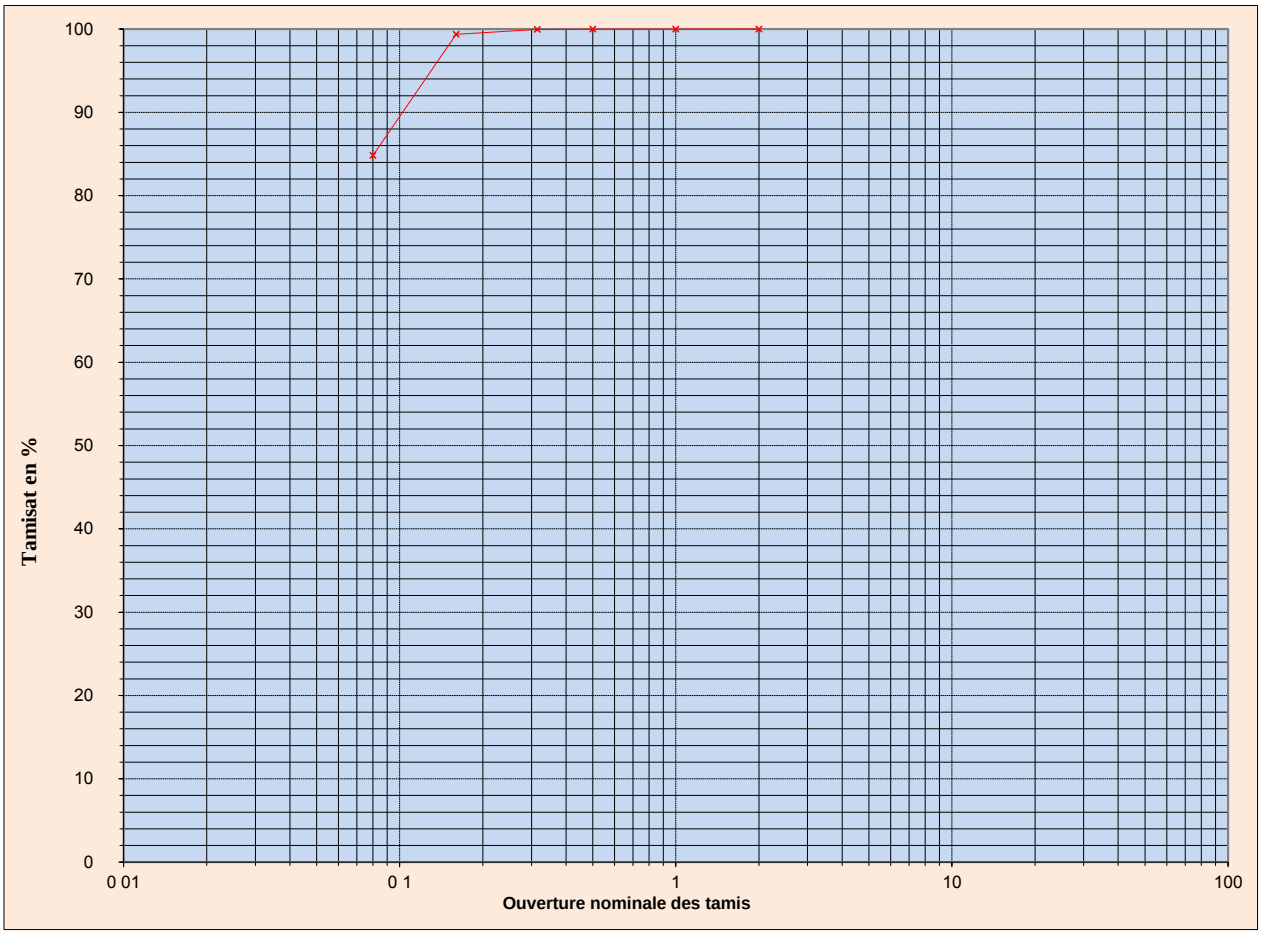
LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai r° alis° conform° ment à la norme N P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P05
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Sable gris moyen à fin, silteux légèrement humide, quelque passe d'argile centimétrique, lité



dm :	1	mm (plus grand tamis utilis°)
Dma :	1 3	mm (diam. ma du plus gros grain)

Teneur en eau	15 4

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant	100 0	100 0	100 0	100 0	99 4	84 8		

Date :	03 07 2017	bservation :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme fran aise N P 94-068 ctobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	27/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P05
		Prof. échantillon (m):	4,0
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	4,0
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable gris moyen à fin, silteux légèrement humide, quelque passe d'argile centimétrique, lité
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	21 8
Masse totale umide (g)	1914 1
Masse totale sèc e (g)	1662
Masse de l'eau (g)	252 1
Masse du sol sec (g)	1640 2
Teneur en eau %	**15,4%**

Echantillonnage	
Masse umide (m1 en g)	88 95
Masse sèche (m0 en g)	77,1

Volume V de solution de bleu de m° t yl° ne à 10g l inject° (cm^3 ou ml)
7

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,09

Date :	03 07 2017	bservations :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

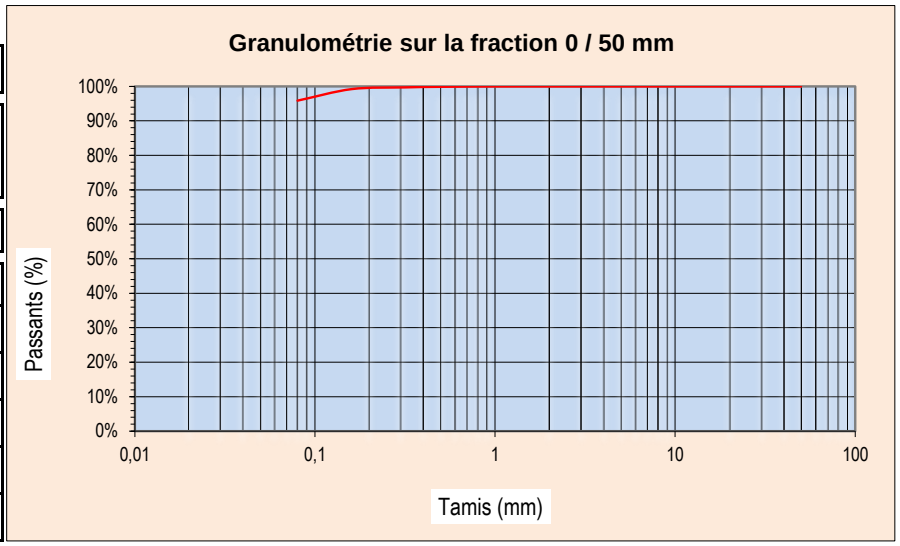
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P06
Prof. échantillon (m):	2,6
Prof. prélt (m) :	2,6
Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	1,1

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**95,9%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,18**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**27,5%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1

Date :	03 07 2017	bservation :	Date : 03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur : A

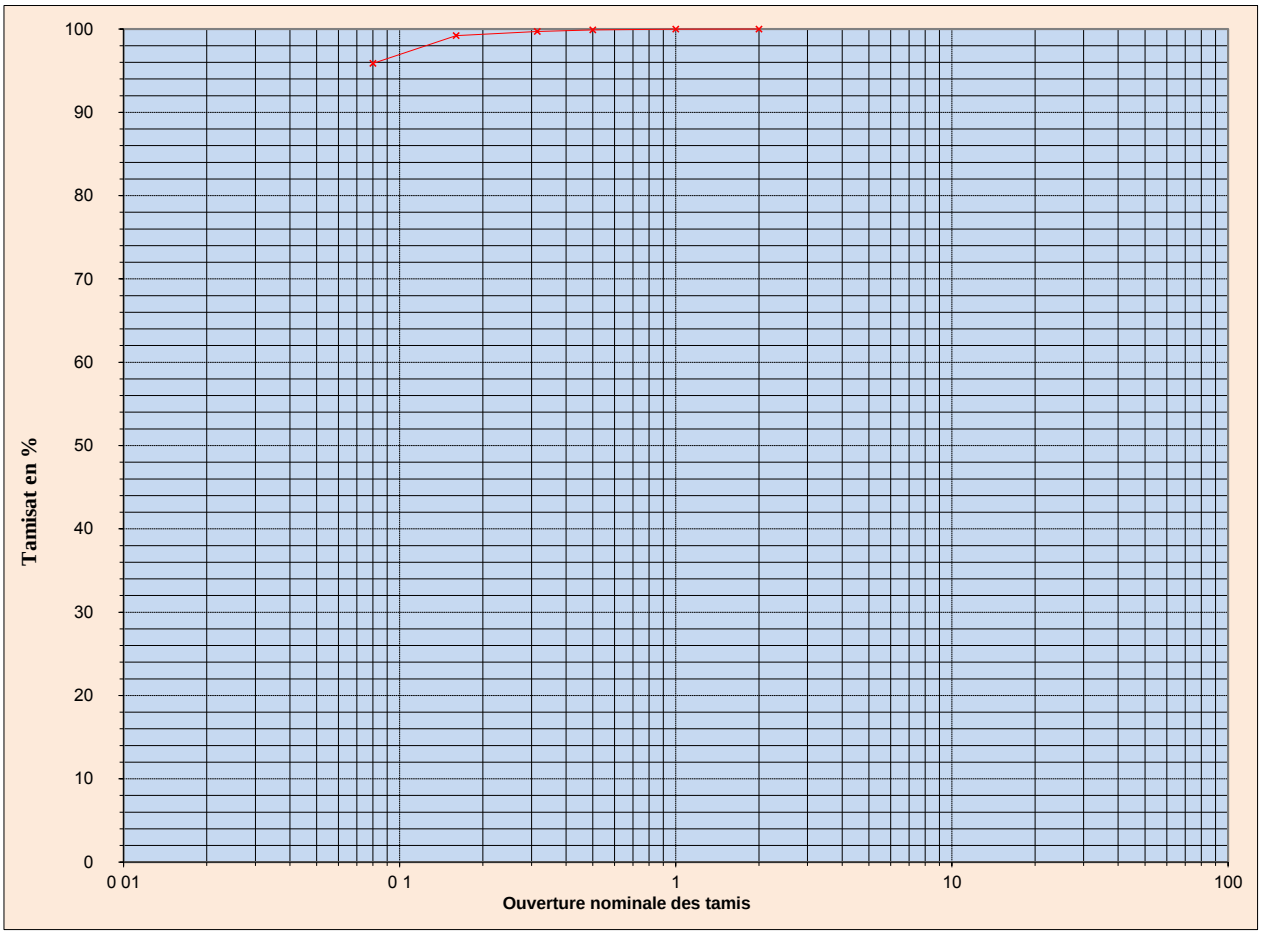
LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai r° alis° conform° ment à la norme N P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P06
Prof. échantillon (m):	2,6
Prof. prélt (m) :	2,6
Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide



dm :	1	mm (plus grand tamis utilis°)
Dma :	1 1	mm (diam. ma du plus gros grain)

Teneur en eau	27 5

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant	100 0	100 0	99 9	99 7	99 2	95 9		

Date :	03 07 2017	bservation :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme fran aise N P 94-068 ctobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	28/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P06
		Prof. échantillon (m):	2,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	368 6
Masse totale umide (g)	1983 1
Masse totale sèc e (g)	1635
Masse de l'eau (g)	348 1
Masse du sol sec (g)	1266 4
Teneur en eau %	**27,5%**

Echantillonnage	
Masse umide (m1 en g)	62 8
Masse sèche (m0 en g)	49,3

Volume V de solution de bleu de m° t yl° ne à 10g l inject° (cm^3 ou ml)
9

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,18

Date :	03 07 2017	bservations :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

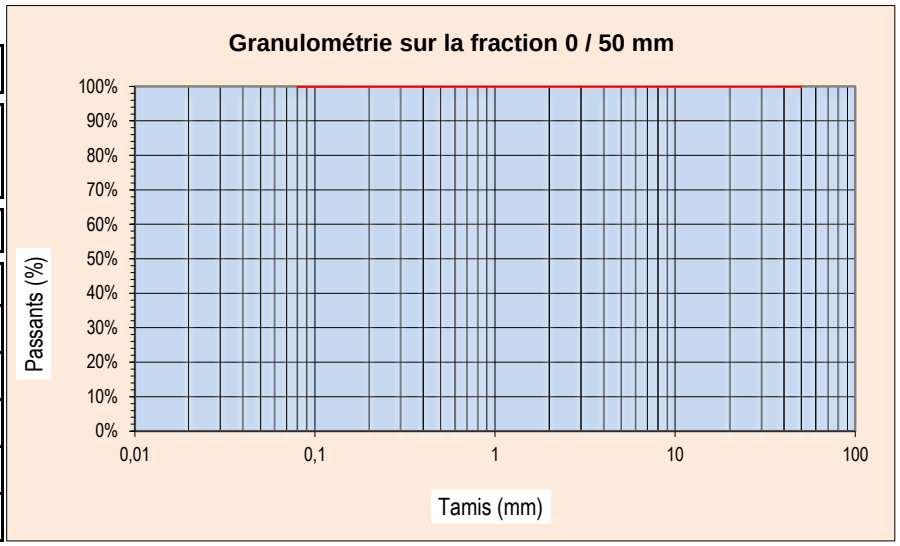
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P07
Prof. échantillon (m):	1,6
Prof. prélt (m) :	1,6
Description visuelle des sols :	Argile grise, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, trace de circulation d'eau

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	0,6

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**99,9%**



Argilosité	Norme	Valeur
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	**7,1**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**26,9%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur
Indice de consistance Ic	NF P94-051	**-0,40**

CLASSE du SOL

A1

Date :	03/07/2017	Observation : matériau très humide	Date : 03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

LaboAntémys

LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Détermination de la masse volumique des particules solides

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-054)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	00/01/1900
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	0
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P07
Prof. échantillon (m):	1,60
Prof. prélt (m) :	1,60
Description visuelle des sols :	Argile grise, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, trace de circulation d'eau

Concassage du sol	oui
Procédé de désaérage	dépression

N° du ballon		7	3
m1	Masse du ballon (g)	30,893	32,494
m2	Masse du ballon + sol (g)	52,357	50,850
ms	Masse de sol (g)	21,464	18,356
m3	Masse du ballon + sol + eau (g)	94,050	96,700
m4	Masse du ballon + eau (g)	80,156	84,815
T°	Température de l'essai (°C)	20,50	20,50
ρw	Masse volumique de l'eau (g/cm3)	1,000	1,000

Masse volumique des particules solides (g/cm3)	2,835	2,837
	2,836	

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P07
Prof. échantillon (m):	1,6
Prof. prélt (m) :	1,6
Description visuelle des sols :	Argile grise, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, trace de circulation d'eau

dm :	0,5	mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax :	0,6	mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau	26,9 %

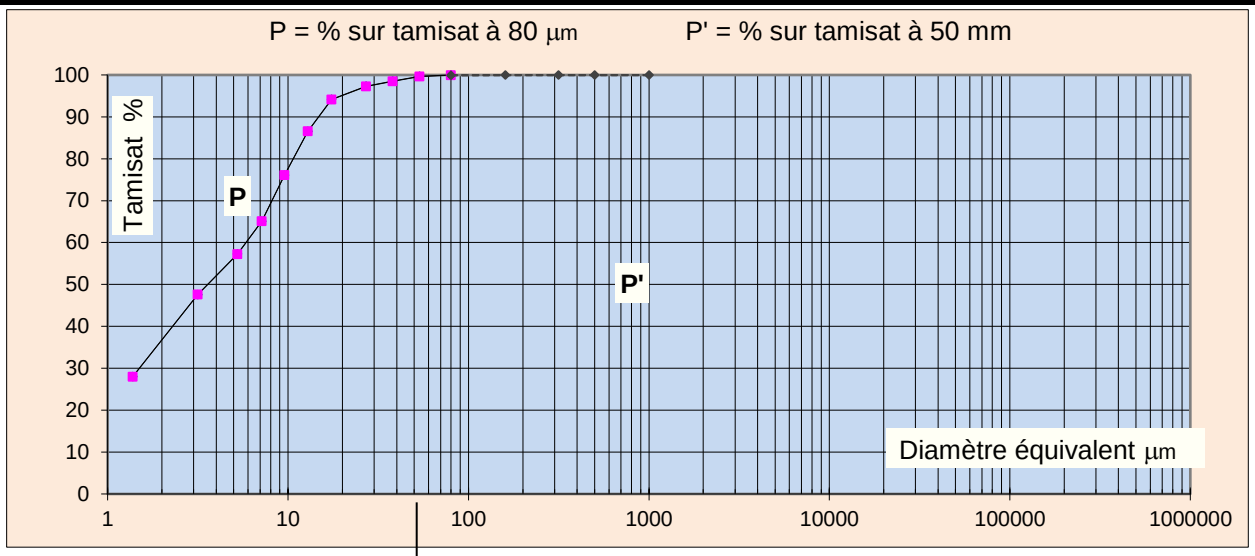
Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant %	100%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%		

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'identification granulométrique par sédimentation

Essai effectué conformément à la norme NF P94-057

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	30/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P07
		Prof. échantillon (m):	1,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	1,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Argile grise, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, trace de circulation d'eau
Réception n° :	17-06-007		



Analyse granulométrique par sédimentation ⟷ | Analyse granulométrique par tamisage NF P94-056 ⟷

MASSE VOLUMIQUE DES PARTICULES — conventionnel : 2700 — Mesuré:

Densimètre n° : 1 — Ho = 10.78 cm — H1 = 1.96 cm — h1 = 13.74 cm — Vd = 51.2 cm3

Facteurs correcteurs : Cm et Ct cumulés sur la courbe — Cd = - 0.0095 — Eprouvette : A = 50.3 cm²

Temps de lecture h	min	s	R Lecture densimètre	Température °C	Correction Ct + Cm	P % sur tamis à 80 µm	P' % sur tamis à 50 mm	D µm
		0				100	99,9	80
-	0,5	30	1,0236	21,9	0,00199	99,7	99,6	53,4
-	1	60	1,0233	21,9	0,00199	98,5	98,4	38,1
-	2	120	1,0230	21,9	0,00199	97,3	97,3	27,1
-	5	300	1,0222	21,9	0,00199	94,2	94,1	17,4
-	10	600	1,0203	21,8	0,00197	86,6	86,5	12,8
-	20	1200	1,0177	21,6	0,00193	76,1	76,1	9,6
-	40	2400	1,0150	21,1	0,00185	65,1	65,1	7,1
-	80	4800	1,0131	20,6	0,00177	57,3	57,2	5,2
4	240	14400	1,0108	19,7	0,00162	47,6	47,5	3,2
24	1440	86400	1,0058	20	0,00167	28,0	28,0	1,4

Date :	03/07/2017	Observations :	Date : 03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

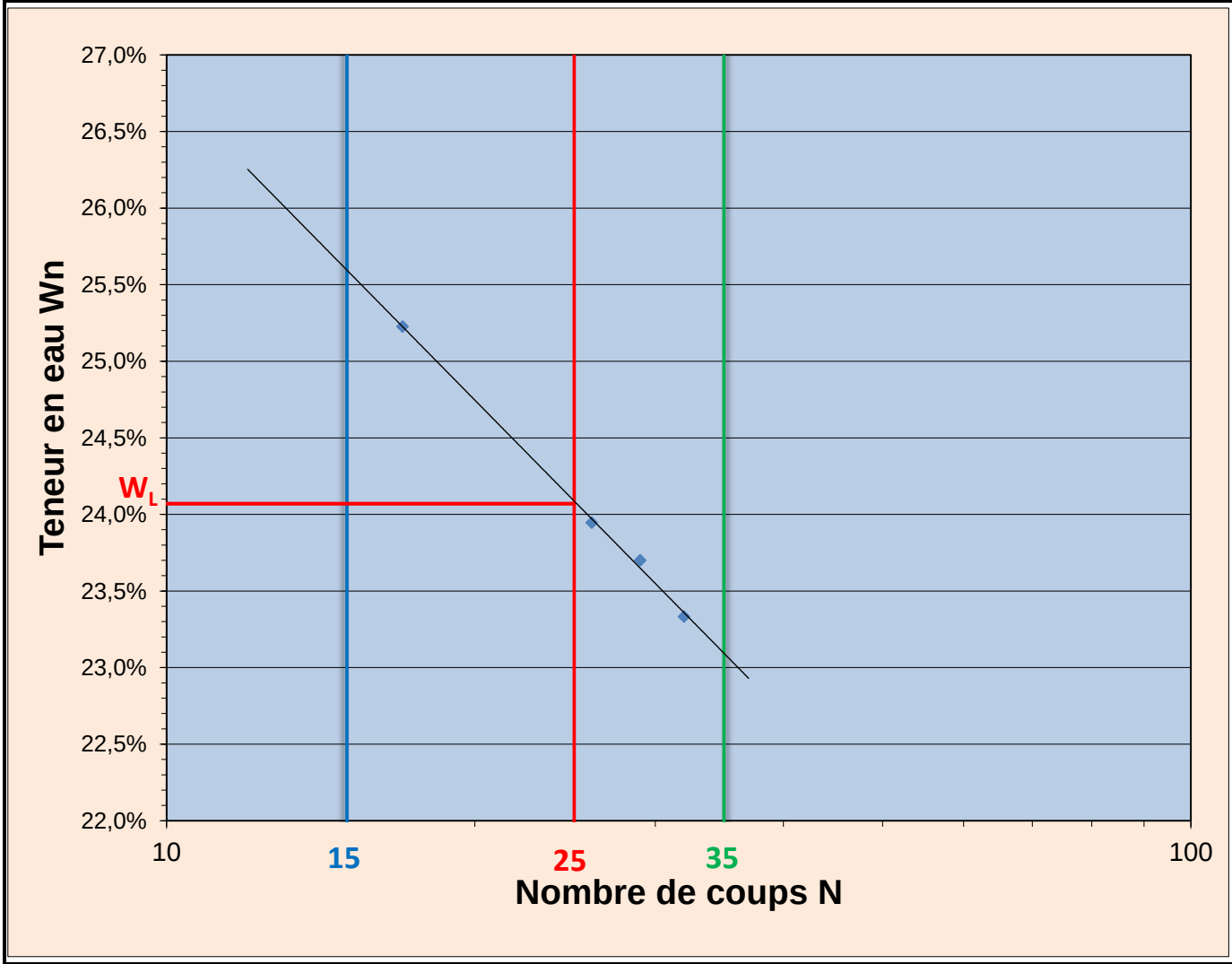
Procès-verbal d'essai
Détermination des limites d'Atterberg

Limite de liquidité - Méthode à la coupelle : NF P 94-051
Limite de plasticité au rouleau : NF P 94-051

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	30/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P07
Prof. échantillon (m):	1,6
Prof. prélt (m) :	1,6
Description visuelle des sols :	Argile grise, très fine, stratifiée, plastique, fissure avec paroi ocre, trace de circulation d'eau

Limite de liquidité à la coupelle					Limite de Plasticité	
Mesures n°	1	2	3	4	5	6
Nombre de coups N	17	26	29	32		
Teneur en eau	25,2%	23,9%	23,7%	23,3%	16,7%	17,2%



Limite de liquidité : W_L =	**24,1%**	**Indice de plasticité I_P =**	**7,1**
Limite de plasticité : W_P =	**16,9%**		
Teneur en eau du sol (%) : Wn =	**26,9%**	**Indice de consistance I_C =**	**-0,40**

Date : 03/07/2017	Observation : matériau très humide	Date :	03/07/2017
Rédacteur : AN		Vérificateur :	AK

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

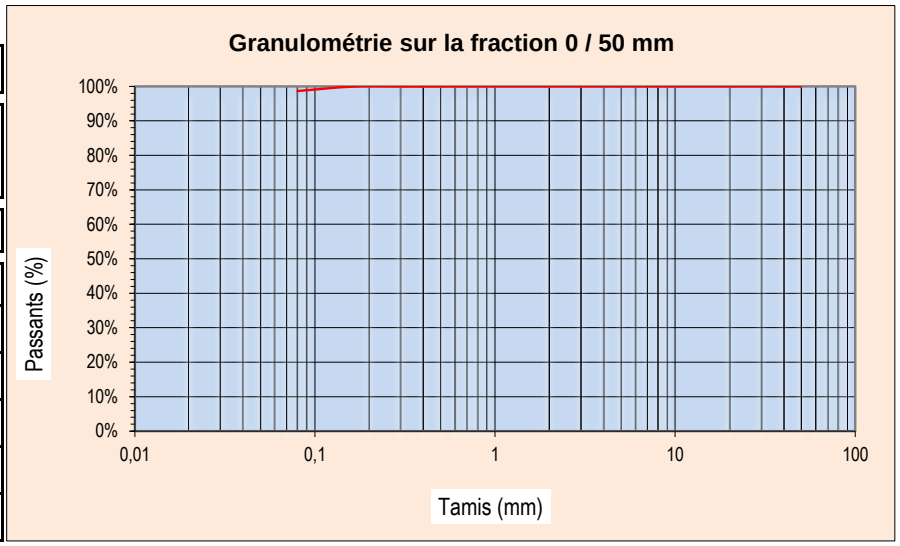
(conforme à la Norme NF P 11-300)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P08
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile très laminée, humide

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	0,55
Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**98,7%**



Argilosité	Norme	Valeur
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	**7,6**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**30,4%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur
Indice de consistance Ic	NF P94-051	**-0,98**

CLASSE du SOL

A1

Date :	03/07/2017	Observation : matériau très humide	Date : 03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P08
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile très laminée, humide

dm :	0,5	mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax :	0,55	mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau	30,4 %

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant %	100%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	98,7%		

Date :	03/07/2017	Observation : matériau très humide	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

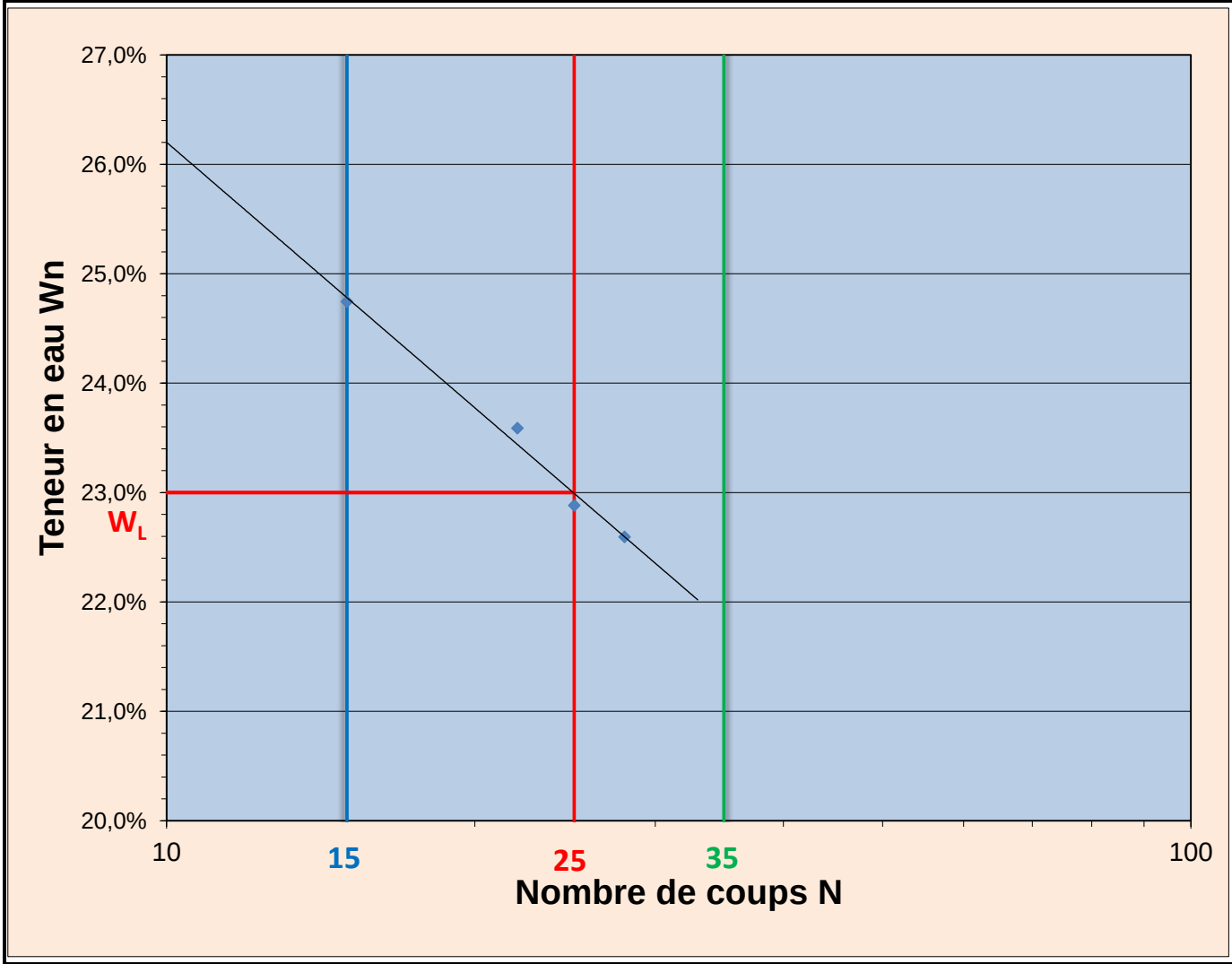
Procès-verbal d'essai
Détermination des limites d'Atterberg

Limite de liquidité - Méthode à la coupelle : NF P 94-051
Limite de plasticité au rouleau : NF P 94-051

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	30/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P08
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile très laminée, humide

Limite de liquidité à la coupelle					Limite de Plasticité	
Mesures n°	1	2	3	4	5	6
Nombre de coups N	15	22	25	28		
Teneur en eau	24,7%	23,6%	22,9%	22,6%	15,1%	15,8%



Limite de liquidité : W_L =	**23,0%**		**Indice de plasticité I_P =**	**7,6**
Limite de plasticité : W_P =	**15,4%**			
Teneur en eau du sol (%) : Wn =	**30,4%**		**Indice de consistance I_C =**	**-0,98**

Date :	03/07/2017	Observation : matériau très humide	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

(conforme à la Norme NF P 11-300)

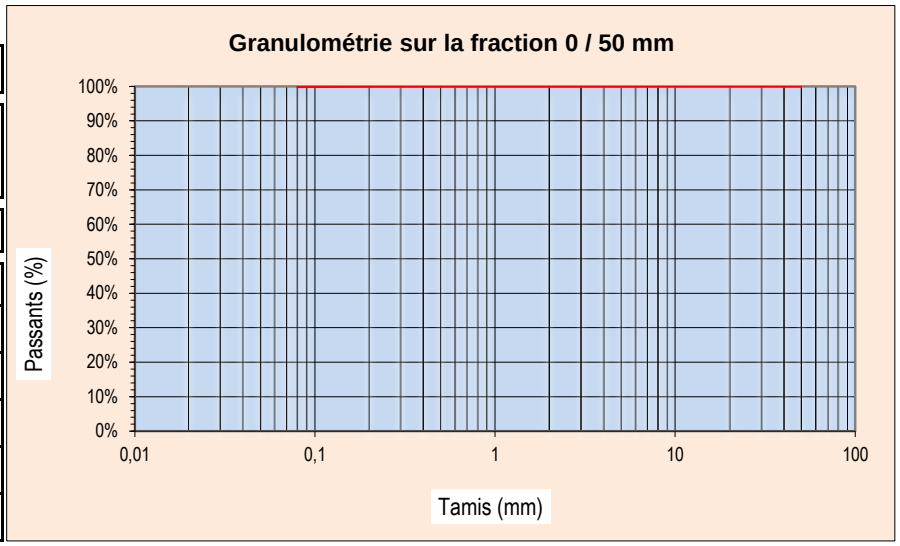
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P10
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile grise, litée, humide

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	7

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**100,0%**
0,08	**99,9%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,31**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**34,6%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1

Date :	03 07 2017	bservation :	Date : 03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur : A

LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai r° alis° conform° ment à la norme N P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P10
Prof. échantillon (m):	4,0
Prof. prélt (m) :	4,0
Description visuelle des sols :	Argile grise, litée, humide

dm :	6 3	mm (plus grand tamis utilis°)
Dma :	7	mm (diam. ma du plus gros grain)

Teneur en eau	34 6

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant	100	100	100	100	100	100	100	100
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant	100	100	100	100	100 0	100 0	100 0	100 0
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant	100 0	100 0	100 0	100 0	99 9	99 9		

Date :	03 07 2017	bservation :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme fran aise N P 94-068 ctobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	28/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P10
		Prof. échantillon (m):	4,0
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	4,0
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Argile grise, litée, humide
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	314 1
Masse totale umide (g)	2509 05
Masse totale sèc e (g)	1944 4
Masse de l'eau (g)	564 65
Masse du sol sec (g)	1630 3
Teneur en eau %	**34,6%**

Echantillonnage	
Masse umide (m1 en g)	95 05
Masse sèche (m0 en g)	70,6

Volume V de solution de bleu de m° t yl° ne à 10g l inject° (cm^3 ou ml)
22

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,31

Date :	03 07 2017	bservations :	Date :	03 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

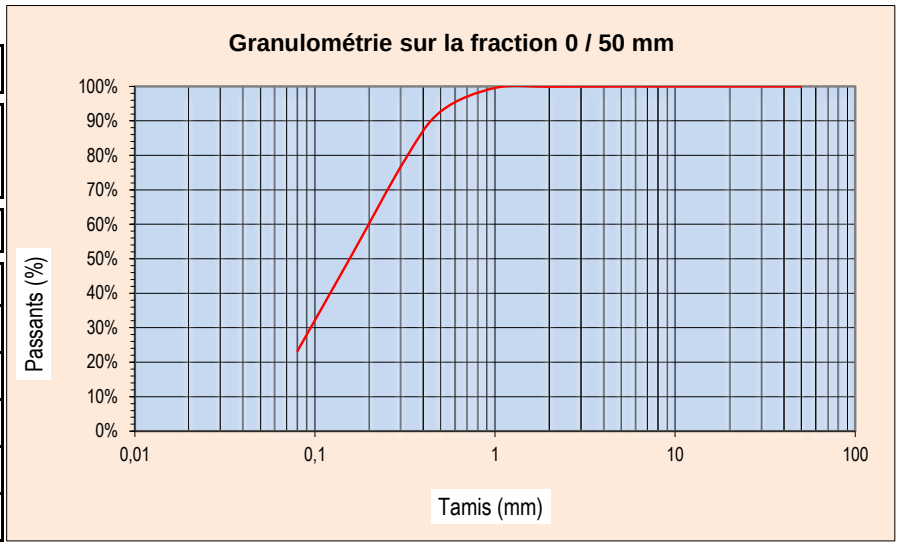
(conforme à la Norme NF P 11-300)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	26/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P11
Prof. échantillon (m):	2,4
Prof. prélt (m) :	2,4
Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique

Granularité (Norme NF P 94-056)

D max (mm) =	4,2
Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
50	**100,0%**
20	**100,0%**
5	**100,0%**
2	**99,9%**
0,08	**23,3%**



Argilosité	Norme	Valeur
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0,06**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn	NF P94-050	**7,7%**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

B5

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

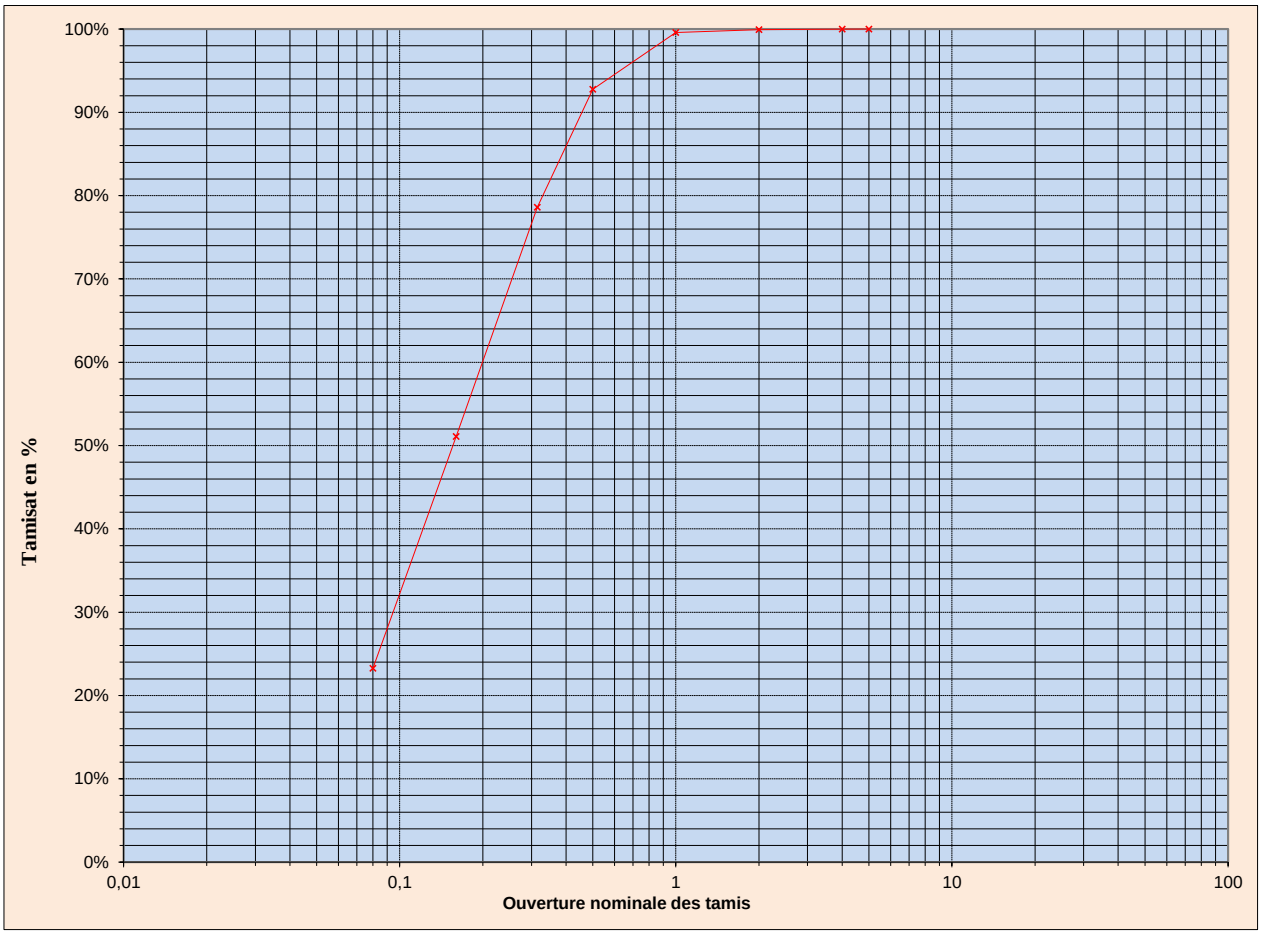
Procès-verbal d'identification granulométrique

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056)

Dossier n° :	LB-17065
Chantier :	Projet Réf. : 1771901
Site:	/
Client :	GOLDER
Mode de prélt :	Pelle
Date prélt :	19/06/2017
Réception n° :	17-06-007

Date des essais :	26/06/2017
Opérateur :	AN
Température :	50 °C

Matériau à l'essai	
Sondage :	P11
Prof. échantillon (m):	2,4
Prof. prélt (m) :	2,4
Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique



dm :	4	mm (plus grand tamis utilisé)
Dmax :	4,2	mm (diam. max du plus gros grain)

Teneur en eau	7,7 %

Tamis d (mm)	**125**	**100**	**80**	**63**	**50**	**40**	**31,5**	**25**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tamis d (mm)	**20**	**16**	**12,5**	**10**	**8**	**6,3**	**5**	**4**
Passant %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%	100,0%
Tamis d (mm)	**2**	**1**	**0,5**	**0,315**	**0,16**	**0,08**		
Passant %	99,9%	99,6%	92,8%	78,6%	51,1%	23,3%		

Date :	03/07/2017	Observation :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès-verbal d'essai
Mesure de la capacité d'absorption de bleu de méthylène d'un sol

Norme française NF P 94-068, Octobre 1998

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	27/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P11
		Prof. échantillon (m):	2,4
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2,4
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (g)	366,4
Masse totale humide (g)	1806,45
Masse totale sèche (g)	1703
Masse de l'eau (g)	103,45
Masse du sol sec (g)	1336,6
Teneur en eau %	**7,7%**

Echantillonnage	
Masse humide (m1 en g)	97,3
Masse sèche (m0 en g)	90,3

Volume V de solution de bleu de méthylène à 10g/l injecté (cm^3 ou ml)
5

Tamis (en mm)	Passants (en %)
Fraction 0/50	**100,0%**
Sur fraction 0/50	
Fraction 0/5	**100,0%**

VBS
0,06

Date :	03/07/2017	Observations :	Date :	03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

Dossier n° :	**YL17 0044-02-2**	Date des essais :	**23/10/17**
Affaire :	**SAINT FELIX (30)**	Opérateur :	**M.Le**
Client :	**GOLDER**	Temp° rature :	**105 °C**

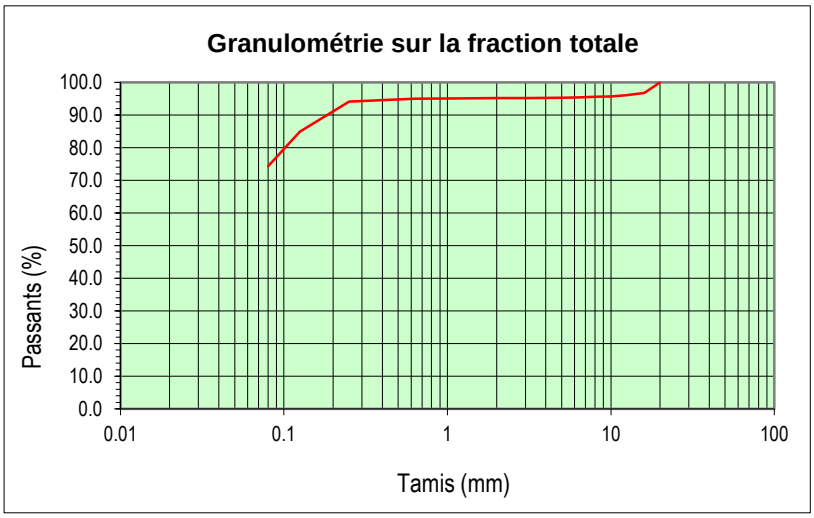
Matériau à l'essai	
Sondage :	**PZ 06**
Profondeur :	**07.5 - 08.3 m**
Nature :	**Sable gris-noir anthracite avec des passages argilo-limoneux noir-brun**

Site:	Digue
Mode de prélt :	Carottage
Date prélt :	11/10/2017
Réception n° :	-

Granularité

Norme NF P 94-056

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
50	**100.0**	
20	**100.0**	**100.0**
5	**95.3**	**95.3**
2	**95.2**	**95.2**
0.08	**74.3**	**74.3**



Argilosité	Norme	Valeur
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	**4**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	NF P94-050	**16.8**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1	à Titre indicatif : Limons (ou arênes) peu plastiques, sables fins peu pollués,loess,...

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Détermination de lateneur en eau pondérale des matériaux** ***Méthode par étuvage***	***Norme*** ***NF P 94-050***

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**07.5 - 08.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable gris-noir anthracite avec des passages argilo-limoneux noir-brun**

Temp° rature d'° tuvage	:	**105**	°C

Teneur en eau naturelle W_n	:	16.8

Observations :

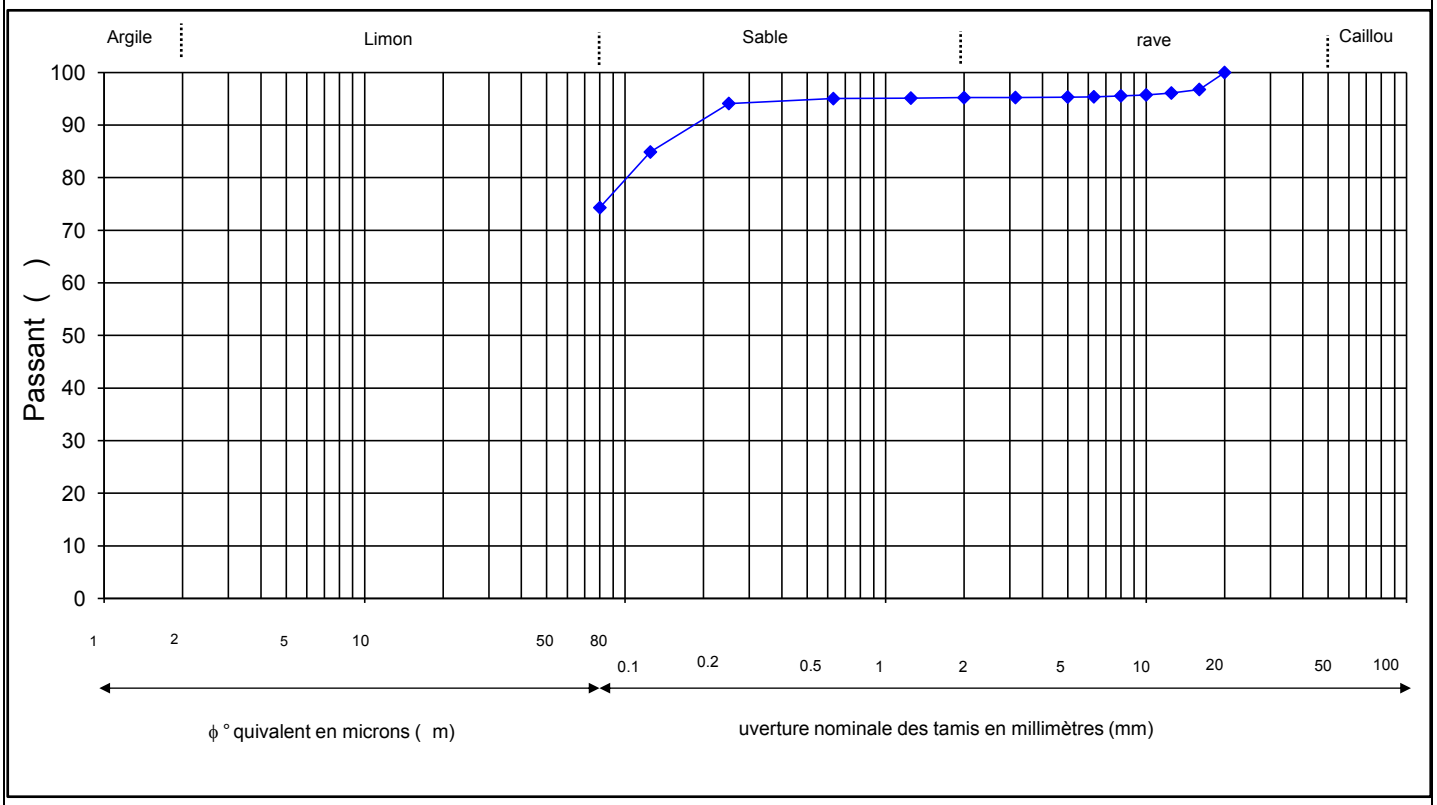
	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **ANALYSE GRANULOMETRIQUE** ***Méthode par tamisage à sec***	N P 94-056

N° dossier :	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**07.5 - 08.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° l° vement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature des mat° riau :	Sable gris-noir ant racite avec des passages argilo-limoneu noir-brun



Ø tamis (mm) :	120	100	80	63	**50**	40	31.5	25	20	16	12.5
Passant (%) :									100.0	96.8	96.1

Ø tamis (mm) :	10	8	6.3	5	3.15	**2**	1.25	0.63	0.25	0.125	**0.08**
Passant (%) :	95.7	95.6	95.4	95.3	95.2	**95.2**	95.1	95.0	94.1	84.9	**74.3**

d_{60}	-	mm
d_{50}	-	mm
d_{30}	-	mm
d_{15}	-	mm
d_{10}	-	mm

D max :	**20.00**	**mm**	**Facteur de courbure**	C_c =	-
Teneur en eau :	**16.81**	**%**	**Facteur d'uniformité**	C_U =	-

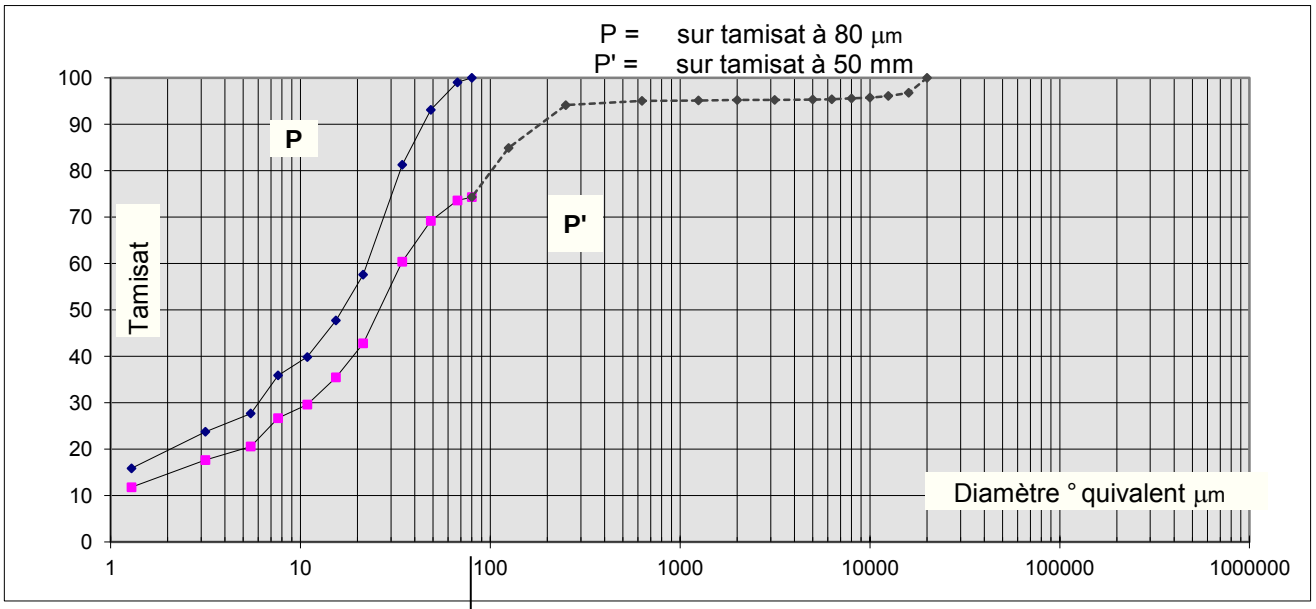
ait à Etrec y le	3 novembre 2017	Le Responsable de l'Essai :	
		M.Leibbrandt	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Procès-verbal d'identification granulométrique par sédimentation

Essai effectu° conform° ment à la norme N P94-057

Sondage :	P 06	N° Dossier :	L17 0044-02-2
Profondeur :	07.5 - 08.3 m	Affaire :	SA NT EL (30)
Nature du sol:	Sable gris-noir ant racite avec des passages argilo-limoneu noir-brun	Site:	Digue
		Date de l'essai :	23 10 2017



Analyse granulom° trique par s° dimentation

Analyse granulom° trique par tamisage N P94-056

MASSE V L M E DES PART C LES : conventionnel 2700 kg.m^{-3}

Densimètre n° : 9369

o = 13.826 cm 1 = 3.275 cm 1 = 13.272 cm

Vd = 37.2 cm3

Eprouvette : A = 47.06 cm^2

acteurs correcteurs : Cm et Ct cumul° s sur la courbe Cd = -0.0008

Temps de lecture min	Temps de lecture s	R Lecture densimètre	Temp° rature °C	Correction Ct Cm	P sur tamis à 80 m	P' sur tamis à 50 mm	D m
	0				100	74.31	80
- 0.5	30	1.0240	19	0.00150	99.0	73.58	67.2
- 1	60	1.0225	19	0.00150	93.1	69.18	48.6
- 2	120	1.0195	19	0.00150	81.3	60.39	34.4
- 5	300	1.0135	19	0.00150	57.6	42.80	21.4
- 10	600	1.0110	19	0.00150	47.7	35.47	15.4
- 20	1200	1.0090	19	0.00150	39.8	29.61	10.9
- 40	2400	1.0080	19	0.00150	35.9	26.68	7.6
- 80	4800	1.0060	18.5	0.00142	27.7	20.58	5.5
4 240	14400	1.0050	18.5	0.00142	23.7	17.65	3.2
24 1440	86400	1.0030	18.5	0.00142	15.9	11.78	1.3

Tec nicien : M.Le bservation : Date: 03 11 2017

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

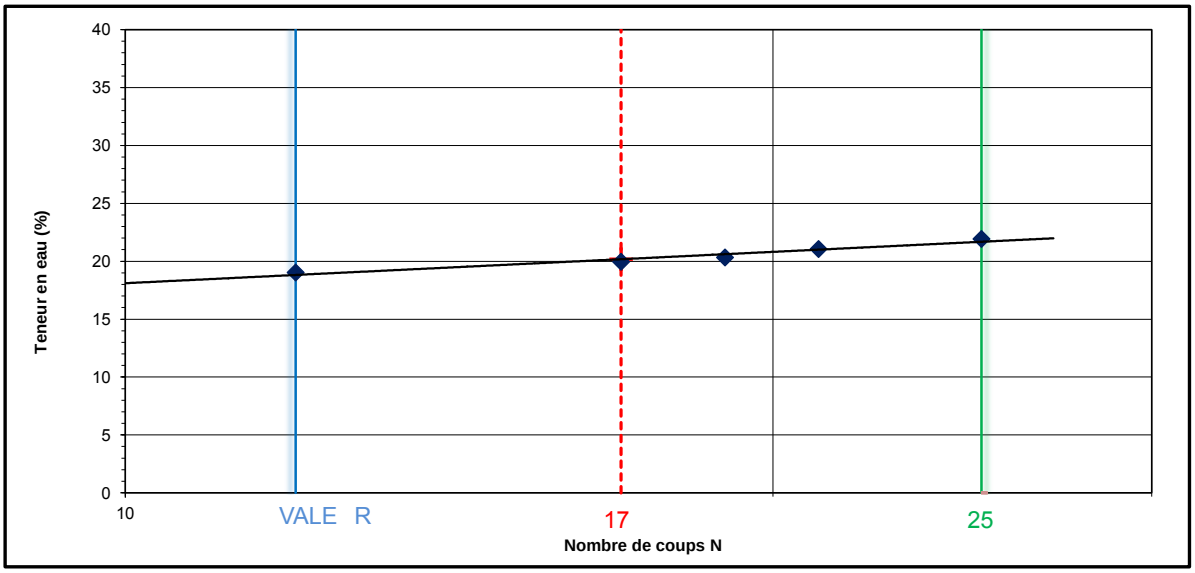
Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **LIMITES D'ATTERBERG** *Limite de liquidité au cône de pénétration - Limite de plasticité au rouleau*	*Norme* *NF P 94-051* *NF P 94-051*

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**07.5 - 08.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable gris-noir anthracite avec des passages argilo-limoneux noir-brun**

Limite de liquidité au cône de pénétration
NF P 94-051

Mesures n° :	1	2	3	4	5
Nombre de coups N :	**12**	**17**	**21**	**25**	**19**
Teneur en eau ( ) :	**19.0**	**20.0**	**21.1**	**21.9**	**20.3**



Limite de plasticité au rouleau			Teneur en eau naturelle *NF P 94-050*
Mesures n° :	1	2	W_n : **16.8**
Teneur en eau ( ) :	**16.4**	**16.5**	

RESULTATS DES ESSAIS

Limite de Liquidité	W_L :	**20.2**
Limite de Plasticité	W_P :	**16.4**
Indice de Plasticité	$_P$:	**3.8**
Indice de Consistance	$_C$:	**0.90**

Observations :

	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

Dossier n° :	**YL17 0044-02-2**	Date des essais :	**23/10/17**
Affaire :	**SAINT FELIX (30)**	Opérateur :	**M.Le**
Client :	**GOLDER**	Temp° rature :	**105 °C**

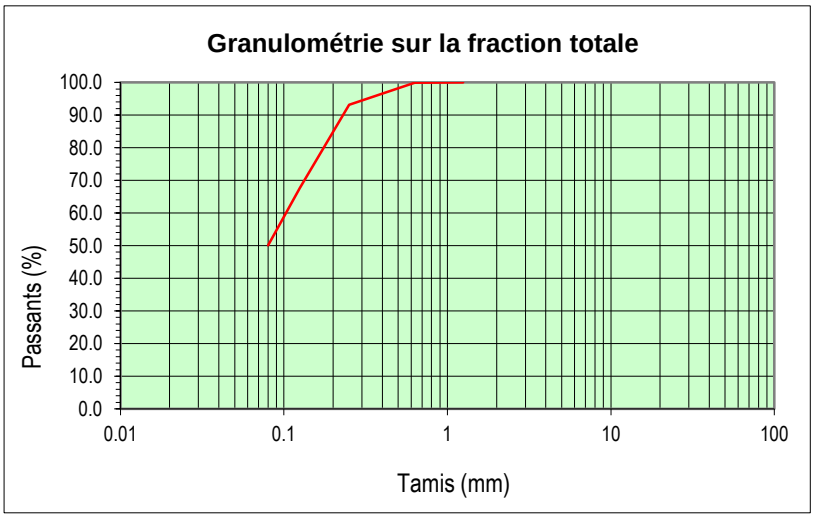
Matériau à l'essai	
Sondage :	**PZ 06**
Profondeur :	**15.15 - 15.85 m**
Nature :	**Sable noir-gris anthracite**

Site:	Digue
Mode de prélt :	Carottage
Date prélt :	11/10/2017
Réception n° :	-

Granularité

Norme NF P 94-056

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
50	**100.0**	
20	**100.0**	**100.0**
5	**100.0**	**100.0**
2	**100.0**	**100.0**
0.08	**50.1**	**50.1**



Argilosité	Norme	Valeur
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	**2**
Valeur de bleu VBs	NF P94-068	**0.2**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	NF P94-050	**16.6**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur

CLASSE du SOL

A1	à Titre indicatif : Limons (ou arênes) peu plastiques, sables fins peu pollués,loess,...

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Détermination de lateneur en eau pondérale des matériaux** ***Méthode par étuvage***	***Norme*** ***NF P 94-050***

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**15.15 - 15.85 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable noir-gris anthracite**

Temp° rature d'° tuvage : **105** °C

Teneur en eau naturelle W_n : 16.6

Observations :

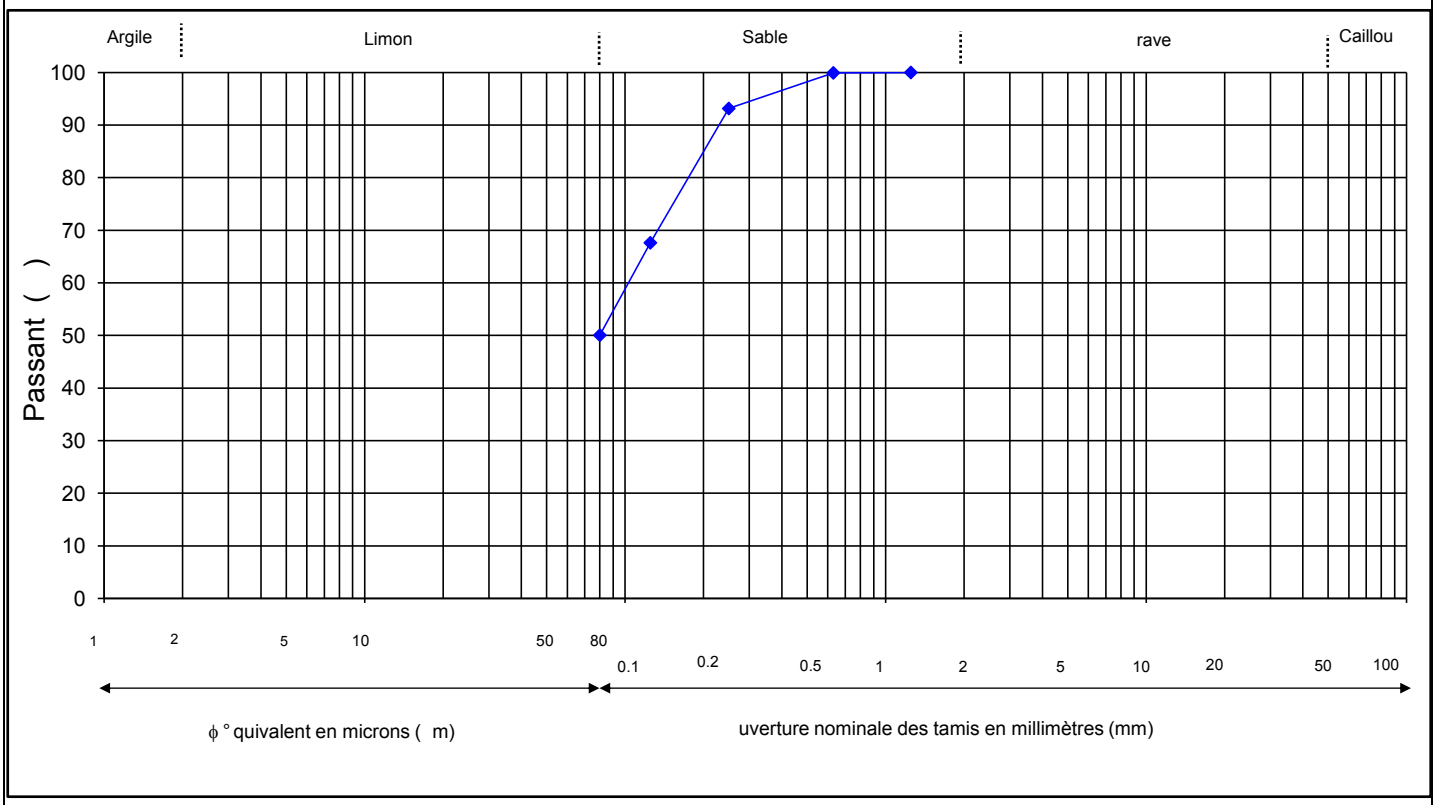
	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **ANALYSE GRANULOMETRIQUE** ***Méthode par tamisage à sec***	N P 94-056

N° dossier :	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**15.15 - 15.85 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° l° vement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature des mat° riau :	Sable noir-gris ant racite



Ø tamis (mm) :	120	100	80	63	**50**	40	31.5	25	20	16	12.5
Passant (%) :											

Ø tamis (mm) :	10	8	6.3	5	3.15	**2**	1.25	0.63	0.25	0.125	**0.08**
Passant (%) :							100.0	99.9	93.2	67.6	**50.1**

d_{60}	0.11	mm
d_{50}	-	mm
d_{30}	-	mm
d_{15}	-	mm
d_{10}	-	mm

D max :	**1.25**	**mm**	**Facteur de courbure**	C_c = -
Teneur en eau :	**16.62**	**%**	**Facteur d'uniformité**	C_U = -

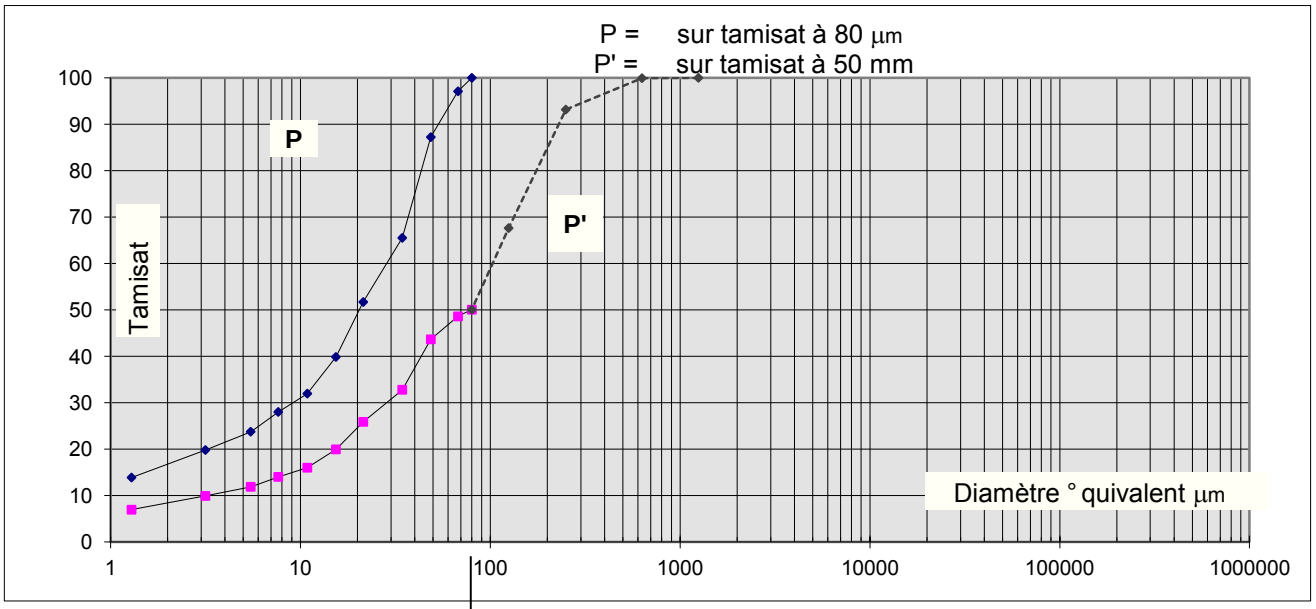
ait à Etrec y le	3 novembre 2017	Le Responsable de l'Essai :
		M.Leibbrandt

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Procès-verbal d'identification granulométrique par sédimentation

Essai effectu° conform° ment à la norme N P94-057

Sondage :	P 06	N° Dossier :	L17 0044-02-2
Profondeur :	15.15 - 15.85 m	Affaire :	SA NT EL (30)
Nature du sol:	Sable noir-gris ant racite	Site:	Digue
		Date de l'essai :	23 10 2017



Analyse granulom° trique par s° dimentation

Analyse granulom° trique par tamisage N P94-056

MASSE V L M E DES PART C LES : conventionnel 2700 kg.m^{-3}

Densimètre n° : 9369

o = 13.826 cm 1 = 3.275 cm 1 = 13.272 cm

Vd = 37.2 cm3

Eprouvette : A = 47.06 cm^2

acteurs correcteurs : Cm et Ct cumul° s sur la courbe Cd = -0.0008

Temps de lecture min	Temps de lecture s	R Lecture densimètre	Temp° rature °C	Correction Ct Cm	P sur tamis à 80 m	P' sur tamis à 50 mm	D m
	0				100	50.05	80
- 0.5	30	1.0235	19	0.00150	97.1	48.60	67.7
- 1	60	1.0210	19	0.00150	87.2	43.66	48.6
- 2	120	1.0155	19	0.00150	65.5	32.79	34.4
- 5	300	1.0120	19	0.00150	51.7	25.88	21.4
- 10	600	1.0090	19	0.00150	39.9	19.95	15.4
- 20	1200	1.0070	19	0.00150	32.0	16.00	10.9
- 40	2400	1.0060	19	0.00150	28.0	14.03	7.6
- 80	4800	1.0050	18.5	0.00142	23.8	11.89	5.5
4 240	14400	1.0040	18.5	0.00142	19.8	9.92	3.2
24 1440	86400	1.0025	18.5	0.00142	13.9	6.95	1.3

Tec nicien : M.Le bservation : Date: 03 11 2017

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux**	***Norme*** ***NF P 94-068***

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**15.15 - 15.85 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable noir-gris anthracite**

Temp° rature d'° tuvage	:	**105**	°C

Détermination de la teneur en eau pondérale D<5mm	
Masse de la tare (en g)	7.13
Masse totale umide (en g)	83.76
Masse totale sèc e (en g)	72.60
Masse d'eau (en g)	11.16
Masse sèc e (en g)	65.47
Teneur en eau (en)	**17.0**

Echantillonnage	
Masse umide (m1 en g)	55.54
Masse sèc e (m0 en g)	47.5

Volume V de solution de bleu de m° t yl° ne à 10g l inject° (cm3 ou ml)
10

Tamis (en mm)	Passants (en)
raction 0 50 (en)	**100.0**
Sur fraction 0 50	
raction 0 5 (en)	**100.0**

VBS = 0.2 g de bleu pour 100g de materiau sec

Observations :

	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

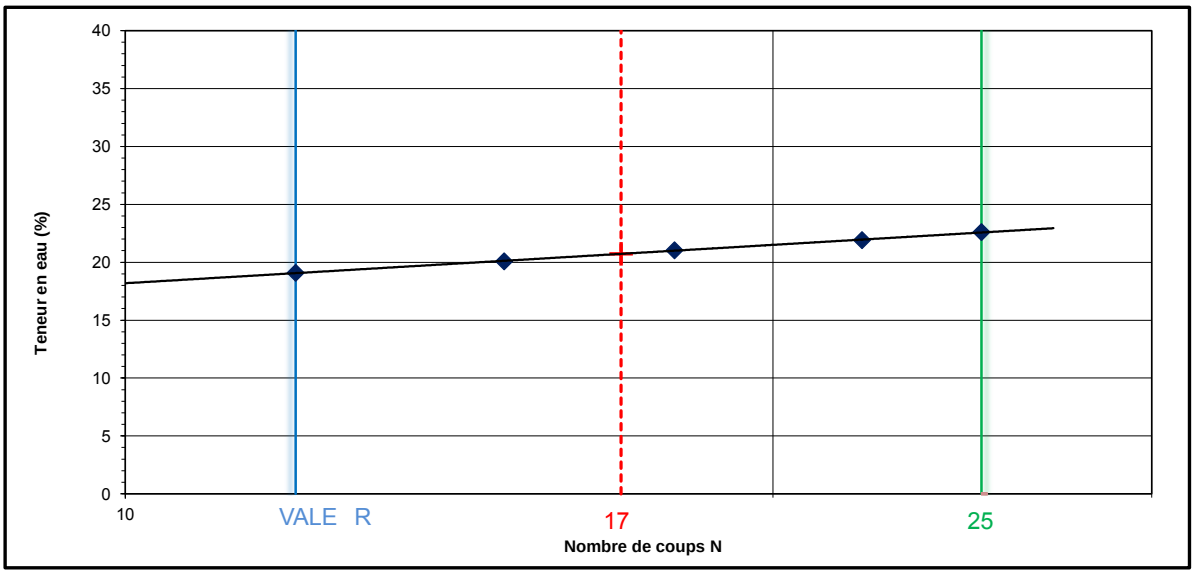
Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **LIMITES D'ATTERBERG** *Limite de liquidité au cône de pénétration - Limite de plasticité au rouleau*	*Norme* *NF P 94-051* *NF P 94-051*

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**15.15 - 15.85 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable noir-gris anthracite**

Limite de liquidité au cône de pénétration
NF P 94-051

Mesures n° :	1	2	3	4	5
Nombre de coups N :	**12**	**15**	**18**	**22**	**25**
Teneur en eau ( ) :	**19.1**	**20.1**	**21.0**	**21.9**	**22.6**



Limite de plasticité au rouleau			Teneur en eau naturelle *NF P 94-050*
Mesures n° :	1	2	W_n : **16.6**
Teneur en eau ( ) :	**18.3**	**18.7**	

RESULTATS DES ESSAIS		
Limite de Liquidité	W_L :	**20.7**
Limite de Plasticité	W_P :	**18.5**
Indice de Plasticité	P :	**2.2**
Indice de Consistance	C :	**1.84**

Observations :

	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE G.T.R 92
- FICHE D'IDENTIFICATION -

Dossier n° :	**YL17 0044-02-2**	Date des essais :	**23/10/17**
Affaire :	**SAINT FELIX (30)**	Opérateur :	**M.Le**
Client :	**GOLDER**	Temp° rature :	**105 °C**

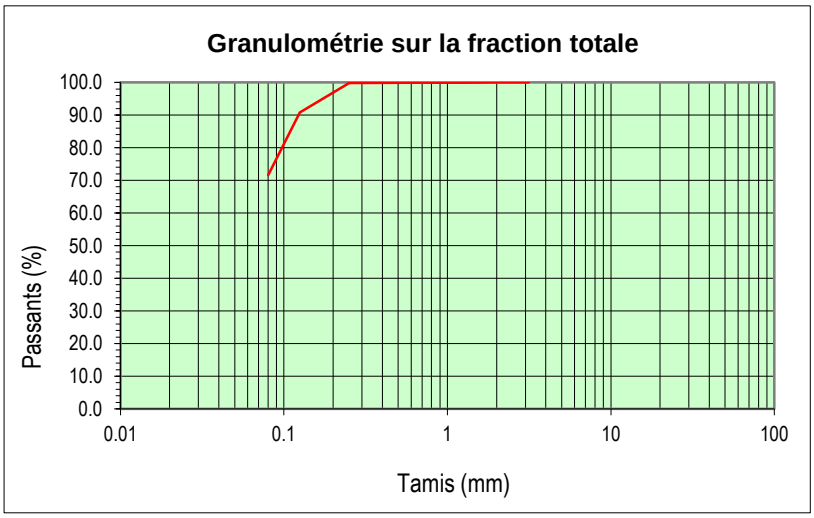
Matériau à l'essai	
Sondage :	**PZ 06**
Profondeur :	**07.5 - 08.3 m**
Nature :	**Sable très fin à limon grossier noir**

Site:	Digue
Mode de prélt :	Carottage
Date prélt :	11/10/2017
Réception n° :	-

Granularité

Norme NF P 94-056

Tamis (en mm)	Passants (en %)	Sur fraction 0/50 (en %)
50	**100.0**	
20	**100.0**	**100.0**
5	**100.0**	**100.0**
2	**100.0**	**100.0**
0.08	**71.6**	**71.6**



Argilosité	Norme	Valeur
Indice de plasticité Ip	NF P94-051	**14**

Comportement mécanique	Norme	Valeur

Etat hydrique	Norme	Valeur
Teneur en eau Wn (en %)	NF P94-050	**32.1**

Etat hydrique (suite)	Norme	Valeur
Indice de consistance Ic	NF P94-051	**0.4**

CLASSE du SOL

A2th	à Titre indicatif : Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques,…

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Détermination de lateneur en eau pondérale des matériaux** ***Méthode par étuvage***	***Norme*** ***NF P 94-050***

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue** **SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**07.5 - 08.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable très fin à limon grossier noir**

Temp° rature d'° tuvage : **105** °C

Teneur en eau naturelle W_n : 32.1

Observations :

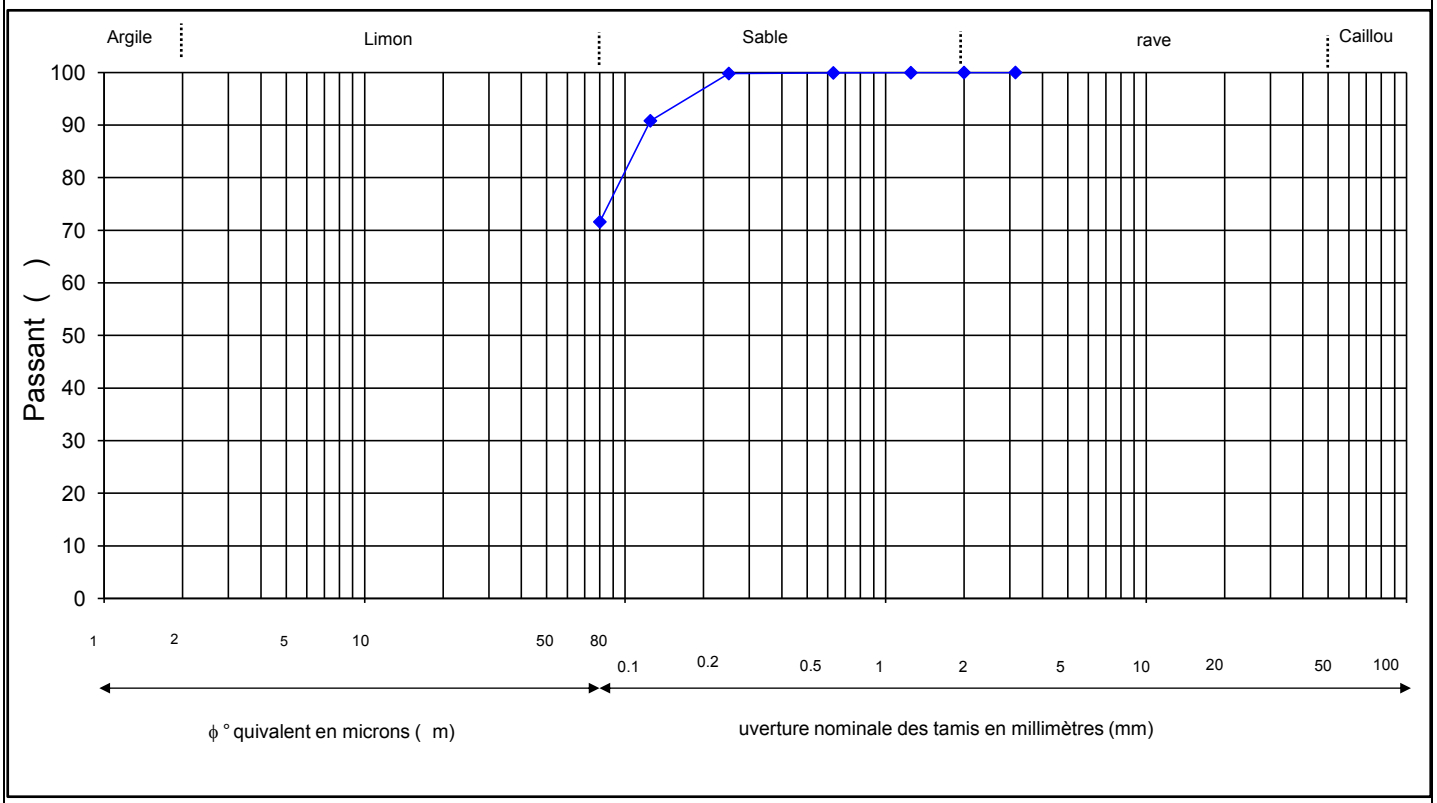
	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **ANALYSE GRANULOMETRIQUE** ***Méthode par tamisage à sec***	N P 94-056

N° dossier :	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**07.5 - 08.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° l° vement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature des mat° riau :	Sable très fin à limon grossier noir



Ø tamis (mm) :	120	100	80	63	**50**	40	31.5	25	20	16	12.5
Passant (%) :											

Ø tamis (mm) :	10	8	6.3	5	3.15	**2**	1.25	0.63	0.25	0.125	**0.08**
Passant (%) :					100.0	**100.0**	100.0	99.9	99.8	90.8	**71.6**

d_{60}	-	mm
d_{50}	-	mm
d_{30}	-	mm
d_{15}	-	mm
d_{10}	-	mm

D max :	**3.15**	**mm**	**Facteur de courbure**	C_c =	-
Teneur en eau :	**32.11**	**%**	**Facteur d'uniformité**	C_U =	-

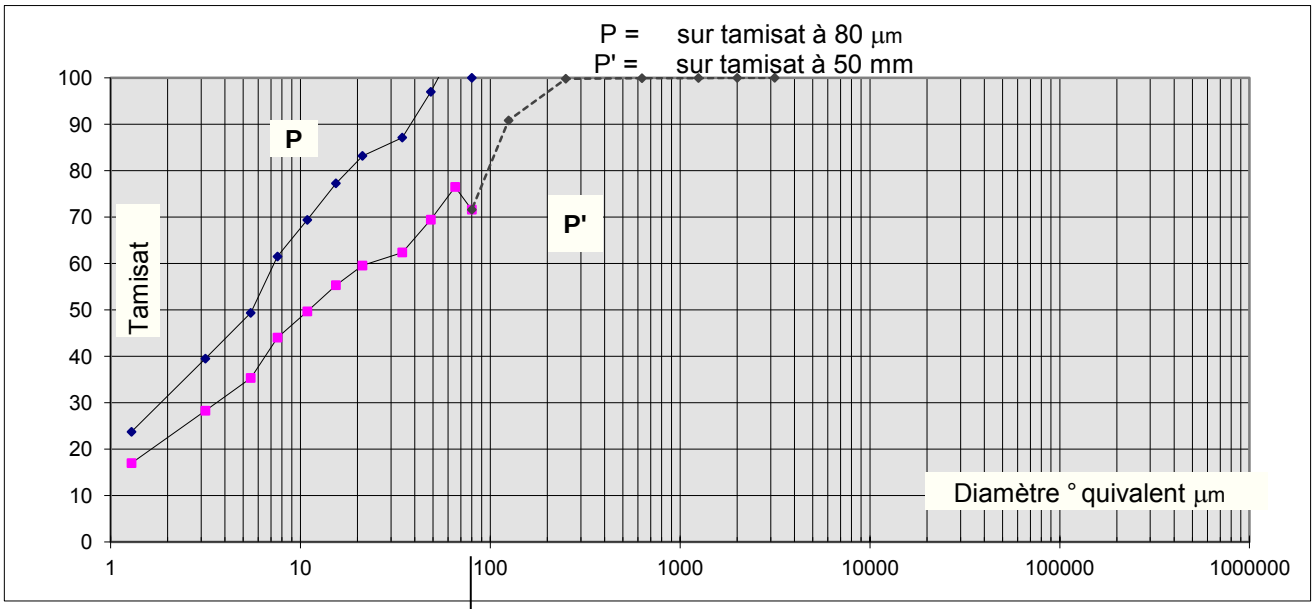
ait à Etrec y le	3 novembre 2017	Le Responsable de l'Essai :	
		M.Leibbrandt	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Procès-verbal d'identification granulométrique par sédimentation

Essai effectu° conform° ment à la norme N P94-057

Sondage :	P 06	N° Dossier :	L17 0044-02-2
Profondeur :	07.5 - 08.3 m	Affaire :	SA NT EL (30)
Nature du sol:	Sable très fin à limon grossier noir	Site:	Digue
		Date de l'essai :	23 10 2017



Analyse granulom° trique par s° dimentation

Analyse granulom° trique par tamisage N P94-056

MASSE V L M E DES PART C LES : conventionnel 2700 kg.m^{-3}

Densimètre n° : 9369

o = 13.826 cm 1 = 3.275 cm 1 = 13.272 cm

Vd = 37.2 cm3

Eprouvette : A = 47.06 cm^2

acteurs correcteurs : Cm et Ct cumul° s sur la courbe Cd = -0.0008

Temps de lecture min	Temps de lecture s	R Lecture densimètre	Temp° rature °C	Correction Ct Cm	P sur tamis à 80 m	P' sur tamis à 50 mm	D m
	0				100	71.60	80
0.5	30	1.0260	19	0.00150	106.8	76.50	65.4
1	60	1.0235	19	0.00150	97.0	69.44	48.6
2	120	1.0210	19	0.00150	87.1	62.38	34.4
5	300	1.0200	19	0.00150	83.2	59.56	21.2
10	600	1.0185	19	0.00150	77.3	55.33	15.4
20	1200	1.0165	19	0.00150	69.4	49.68	10.9
40	2400	1.0145	19	0.00150	61.5	44.03	7.6
80	4800	1.0115	18.5	0.00142	49.4	35.34	5.5
240	14400	1.0090	18.5	0.00142	39.5	28.28	3.2
1440	86400	1.0050	18.5	0.00142	23.7	16.99	1.3

Tec nicien : M.Le bservation : Date: 03 11 2017

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

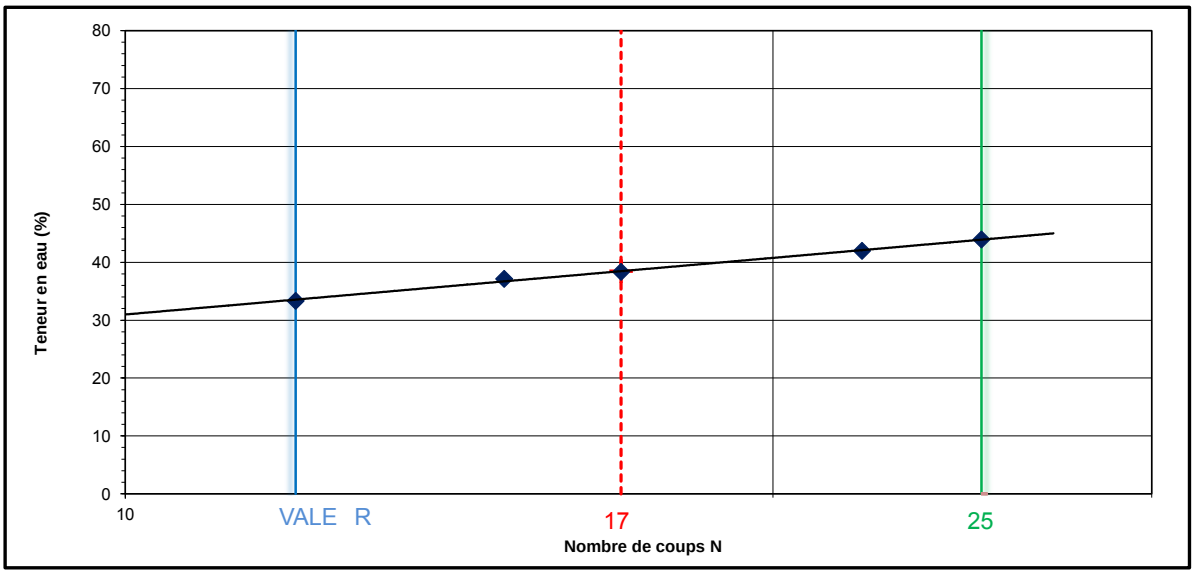
Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **LIMITES D'ATTERBERG** *Limite de liquidité au cône de pénétration - Limite de plasticité au rouleau*	*Norme* *NF P 94-051* *NF P 94-051*

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**-**
Affaire :	**Digue SAINT FELIX (30)**	Sondage n° :	**PZ 06**
		Profondeur (m) :	**07.5 - 08.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**23/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable très fin à limon grossier noir**

Limite de liquidité au cône de pénétration
NF P 94-051

Mesures n° :	1	2	3	4	5
Nombre de coups N :	**12**	**15**	**17**	**22**	**25**
Teneur en eau ( ) :	**33.3**	**37.1**	**38.3**	**42.0**	**43.9**



Limite de plasticité au rouleau			Teneur en eau naturelle *NF P 94-050*
Mesures n° :	1	2	W_n : **32.1**
Teneur en eau ( ) :	**23.8**	**23.7**	

RESULTATS DES ESSAIS

Limite de Liquidité	W_L :	**38.5**
Limite de Plasticité	W_P :	**23.7**
Indice de Plasticité	$_P$:	**14.7**
Indice de Consistance	$_C$:	**0.43**

Observations :

	ait à Etrec y le	3 novembre 2017
	Le Responsable de l'Essai : ***M.Leibbrandt***	

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

ANNEXE C2

Essais à l'œdomètre

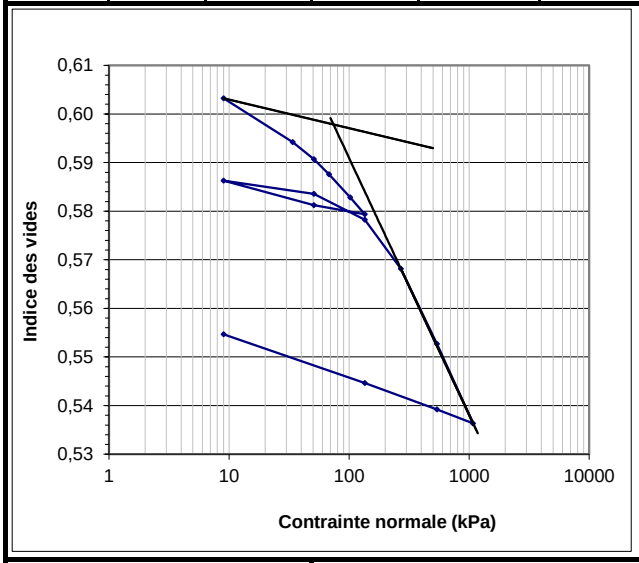
Procès-verbal d'essai à l'oedomètre

Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P01
		Prof. échantillon (m):	3,3
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007	Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine

Caractéristiques de l'éprouvette	avant essai			après essai		
Diamètre : D	D_0 =	70,0	mm	D_f =	70,0	mm
Hauteur : H	H_0 =	20,00	mm	H_f =	18,92	mm
Masse volumique humide	ρ_{hi} =	2,05	g/cm3	ρ_{hi} =	2,10	g/cm3
Masse volumique sèche	ρ_{di} =	1,78	g/cm3	ρ_{df} =	1,74	g/cm3
Masse volumique des grains estimée	ρ_s =	2,7	g/cm3	ρ_s =	2,7	g/cm3
Masse volumique des grains mesurée	ρ_s =		g/cm3	ρ_s =		g/cm3
Teneur en eau	W_i =	15,3	%	W_f =	21,1	%
Degré de saturation	S_{ri} =	79,8	%	S_{rf} =	102,7	%
Hauteur des pleins	h_p =	12,29	mm			

Date	Heure (début de palier)	Palier n°	σ_v (kPa)	$\Delta\sigma_v/\sigma_v$	ΔH (10^{-2} mm)	ΔH_e (10^{-2} mm)	ΔH_c corrigé (10^{-2} mm)	e	E_{oed} (MPa) ($\sigma'_{vx}-\sigma'_{vx-1}$)
Début :					0		0	0,627	
13/07/17	9:00	1	9	/	30		30	0,603	0,60
		2	34	/	41		41	0,594	4,40
		3	51	0,50	45		45	0,591	7,74
		4	68	0,33	49		49	0,588	8,74
		5	102	0,50	55		55	0,583	11,22
		6	135	0,32	59		59	0,579	15,25
		7	51	/	57		57	0,581	/
		8	9	/	51		51	0,586	/
		9	51	/	54		54	0,584	24,02
		10	135	/	60		60	0,578	25,08
		11	270	1,00	73		73	0,568	20,97
		12	540	1,00	92		92	0,553	27,12
		13	1080	1,00	112		112	0,536	50,72
Fin:		14	540	/	108		108	0,539	/
		15	135	/	102		102	0,545	/
00/01/00	9:00	16	9	/	89		89	0,555	/



Résultats

Coefficient de consolidation

σ_v en kPa			C_v
135	à	270	9,04 .10-8 m²/s
270	à	1080	7,97 .10-8 m²/s
1080	à	1080	4,95 .10-8 m²/s

Caractéristiques de compressibilité

Indice des vides initial	e_i =	0,627
Indice des vides du sol en place	e_0 =	0,588
Contrainte effective verticale	σ'_{v0} (kPa) =	68
Contrainte de préconsolidation	σ'_p (kPa) =	74
Pression de gonflement	σ'_g (kPa) =	/
Indice de compression	C_c =	0,053
Indice de gonflement	C_s =	0,006

Commentaires :

Date :	20/07/2017	Observations :	Date :	20/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'essai à l'oedomètre
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers
Essai réalisé conformément à la norme XP P 94-090-1

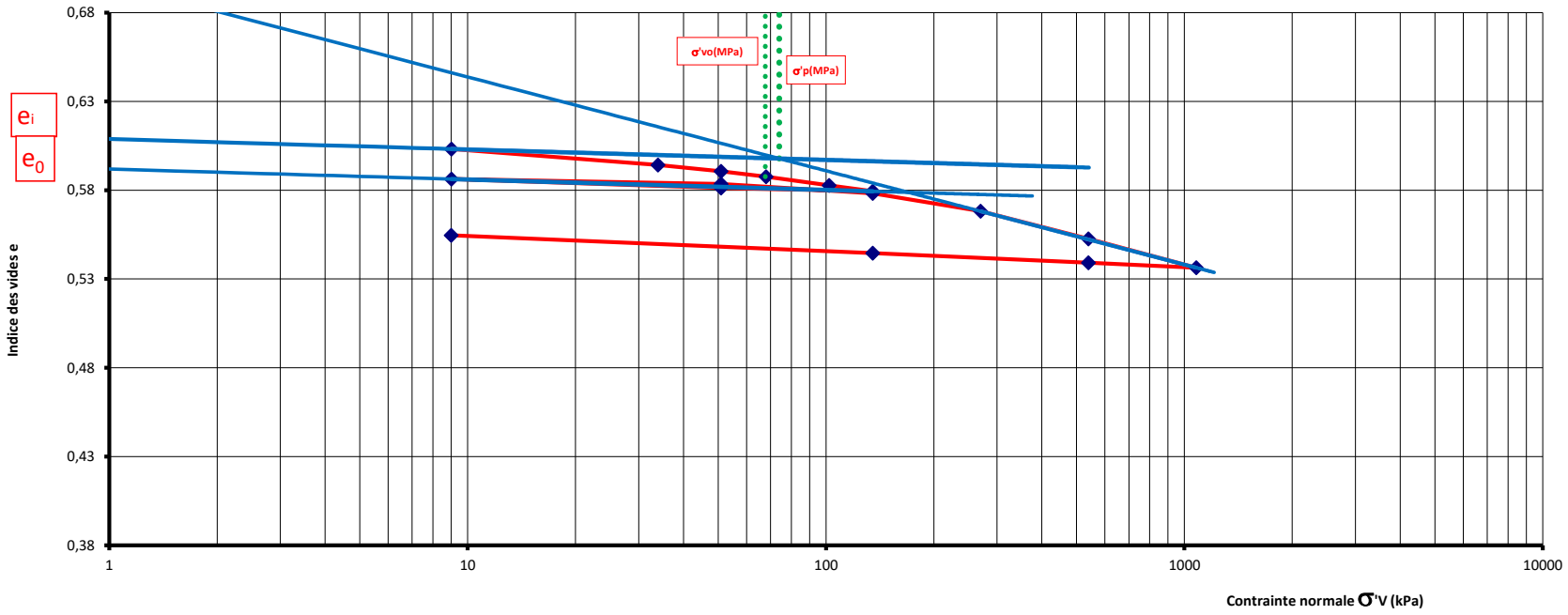
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P01
Prof. échantillon (m):	3,3
Prof. prélt (m) :	3,3
Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine

y = -2,55E-03ln(x) + 5,92E-01

y = -2,29E-02ln(x) + 6,97E-01

Courbe de compressibilité



Date :	20/07/2017	Observation :	Date : 20/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

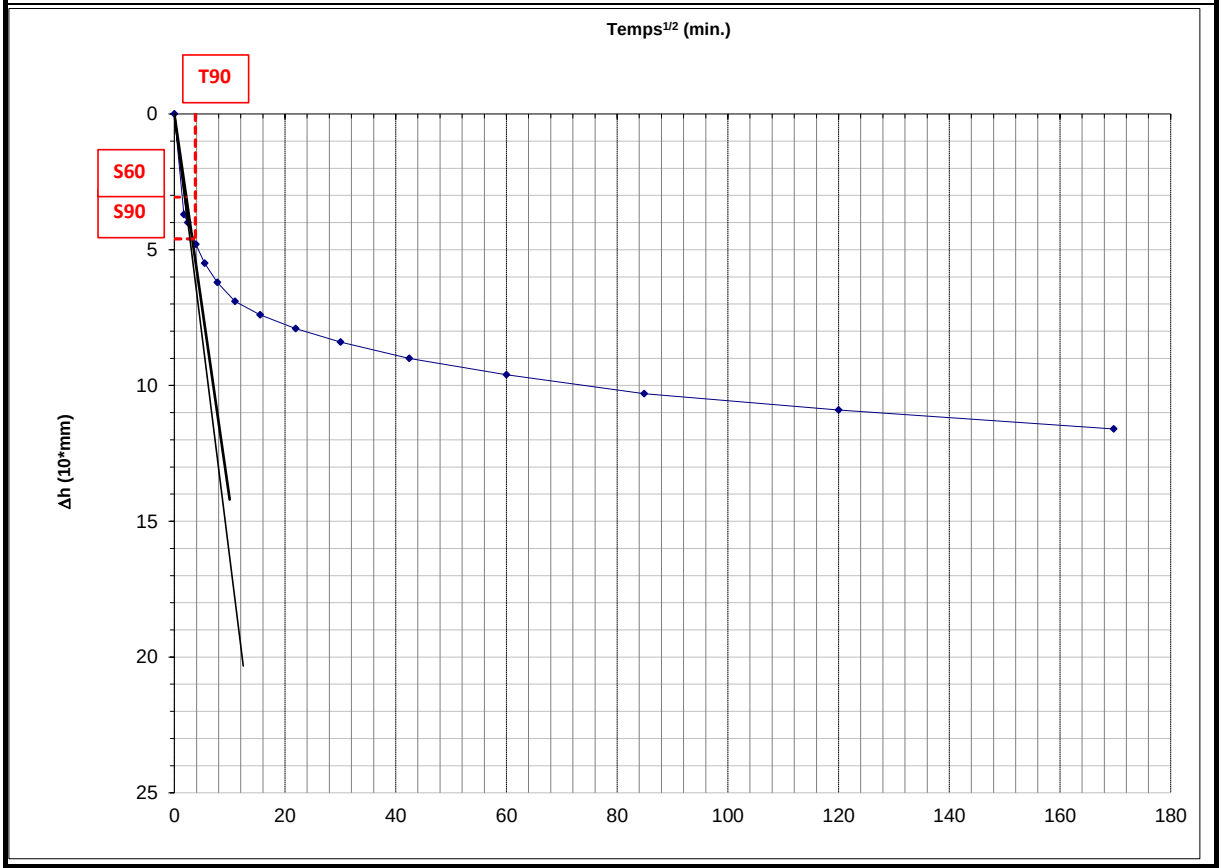
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P01
		Prof. échantillon (m):	3,3
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**270**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	19,27	mm
	T_{90} :	14,44	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**9,0E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	39601	0
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	660	0
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	25,69	0
H en mm	0,61	0,65	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,73	0,00
ΔH 1/100 mm	0,0	4,0	5,5	6,9	7,4	7,9	8,4	9,0	9,6	10,3	10,9	11,6	11,8	-61,0

méthode Taylor

S0	0	Sc	0				
S60	3	Rapport =	6/9	$h_{ép}$ =	1,927	$t_{90}^{1/2}$=	3,8
S90	5			h =	0,9613	t_{90} =	14,44

Date :	20/07/2017	Observation :	Date :	20/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

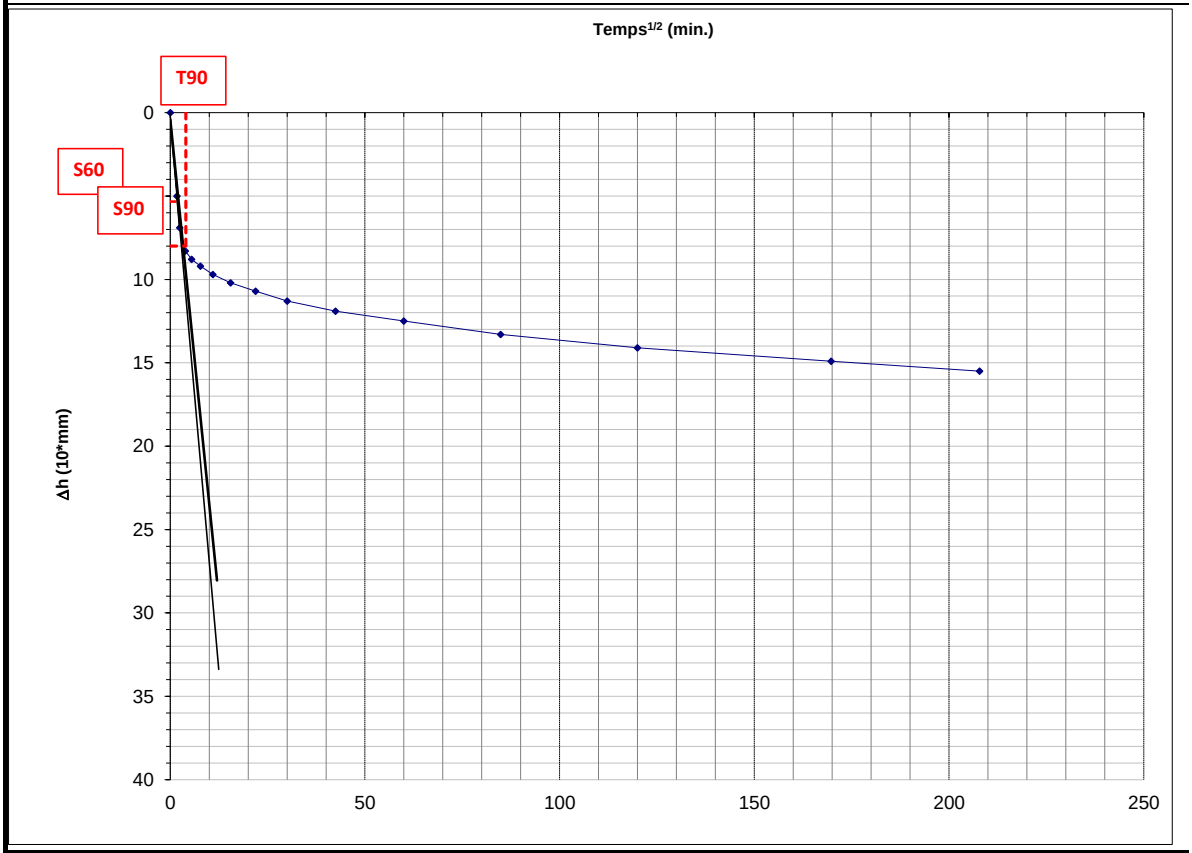
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P01
		Prof. échantillon (m):	3,3
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**540**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	19,08	mm
	T_{90} :	16	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**8,0E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	0
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	0
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,4142	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	26,83	0
H en mm	0,73	0,80	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,00
ΔH 1/100 mm	0,0	6,9	8,8	9,7	10,2	10,7	11,3	11,9	12,5	13,3	14,1	14,9	15,5	-72,9

méthode Taylor

S0	0	Sc	0					
S60	5	Rapport =		6/9	$h_{ép}$ =	1,908	$t_{90}^{1/2}$=	4
S90	8				h =	0,9501	t_{90} =	16

Date :	20/07/2017	Observation :	Date :	20/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

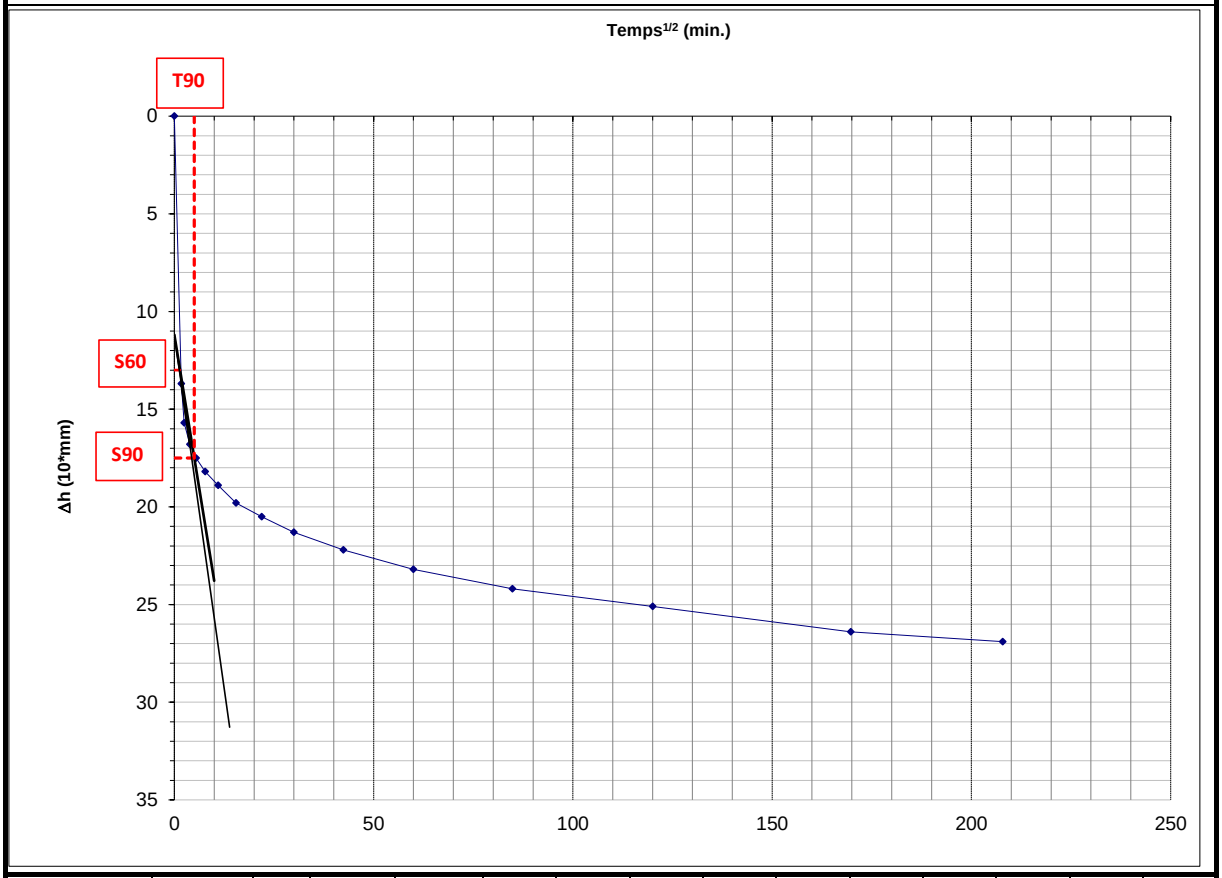
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P01
		Prof. échantillon (m):	3,3
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**1080**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	18,88	mm
	T_{90} :	25	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**4,9E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	0
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	0
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	26,83	0
H en mm	0,85	1,01	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	0,00
ΔH 1/100 mm	0,0	15,7	17,5	18,9	19,8	20,5	21,3	22,2	23,2	24,2	25,1	26,4	26,9	-85,0

méthode Taylor

S0	0	Sc	11				
S60	13	Rapport =		7/9	$h_{ép}$ =	1,888	$t_{90}^{1/2}$= 5
S90	18				h =	0,9353	t_{90} = 25

Date :	20/07/2017	Observation :	Date :	20/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

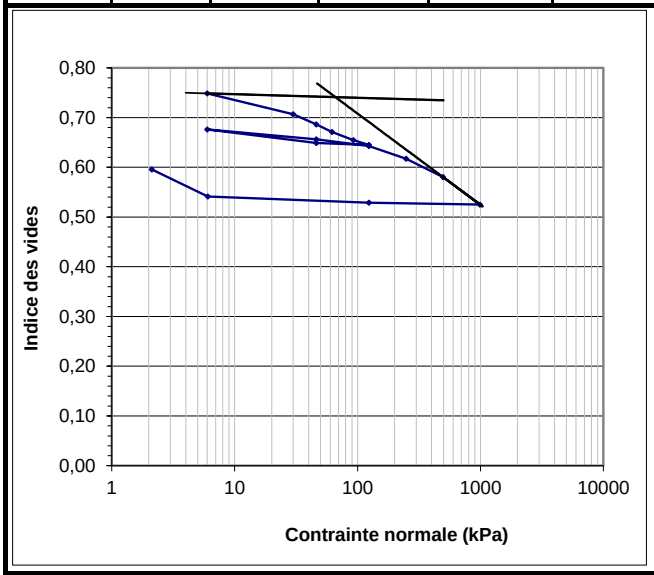
Procès-verbal d'essai à l'oedomètre

Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P04
		Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Caractéristiques de l'éprouvette	avant essai			après essai		
Diamètre : D	D_0 =	70,0	mm	D_f =	70,0	mm
Hauteur : H	H_0 =	20,00	mm	H_f =	17,42	mm
Masse volumique humide	ρ_{hi} =	1,79	g/cm3	ρ_{hi} =	1,93	g/cm3
Masse volumique sèche	ρ_{di} =	1,65	g/cm3	ρ_{df} =	1,52	g/cm3
Masse volumique des grains estimée	ρ_s =	2,7	g/cm3	ρ_s =	2,7	g/cm3
Masse volumique des grains mesurée	ρ_s =		g/cm3	ρ_s =		g/cm3
Teneur en eau	W_i =	8,7	%	W_f =	27,4	%
Degré de saturation	S_{ri} =	36,9	%	S_{rf} =	94,9	%
Hauteur des pleins	h_p =	11,39	mm			

Date	Heure (début de palier)	Palier n°	σ_v (kPa)	$\Delta\sigma_v/\sigma_v$	ΔH (10^{-2} mm)	ΔH_e (10^{-2} mm)	ΔH_c corrigé (10^{-2} mm)	e	E_{oed} (MPa) ($\sigma'_{vx}-\sigma'_{vx-1}$)
Début :					0		0	0,755	
30/06/17	9:00	1	6	/	8		8	0,749	1,55
		2	30	/	56		56	0,707	0,97
		3	46	0,54	79		79	0,687	1,36
		4	62	0,35	96		96	0,671	1,73
		5	93	0,50	115		115	0,654	3,06
		6	124	0,34	126		126	0,645	5,46
		7	46	/	121		121	0,649	/
		8	6	/	90		90	0,676	/
		9	46	/	113		113	0,656	3,33
		10	124	/	129		129	0,643	9,23
		11	248	1,00	157		157	0,617	8,03
		12	497	1,00	200		200	0,580	10,56
		13	992	1,00	262		262	0,525	13,70
Fin:		14	124	/	258		258	0,529	/
		15	6	/	244		244	0,541	/
11/07/17	9:00	16	2	/	182		182	0,596	/



Résultats

Coefficient de consolidation

σ_v en kPa			C_v
124	à	248	0,82 .10-8 m²/s
248	à	497	0,38 .10-8 m²/s
497	à	992	0,25 .10-8 m²/s

Caractéristiques de compressibilité

Indice des vides initial	e_i =	0,755
Indice des vides du sol en place	e_0 =	0,671
Contrainte effective verticale	σ'_{v0} (kPa) =	62
Contrainte de préconsolidation	σ'_p (kPa) =	66
Pression de gonflement	σ'_g (kPa) =	0
Indice de compression	C_c =	0,184
Indice de gonflement	C_s =	0,007

Commentaires :

Date :	11/07/2017	Observations :	Date : 11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'essai à l'oedomètre
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers
Essai réalisé conformément à la norme XP P 94-090-1

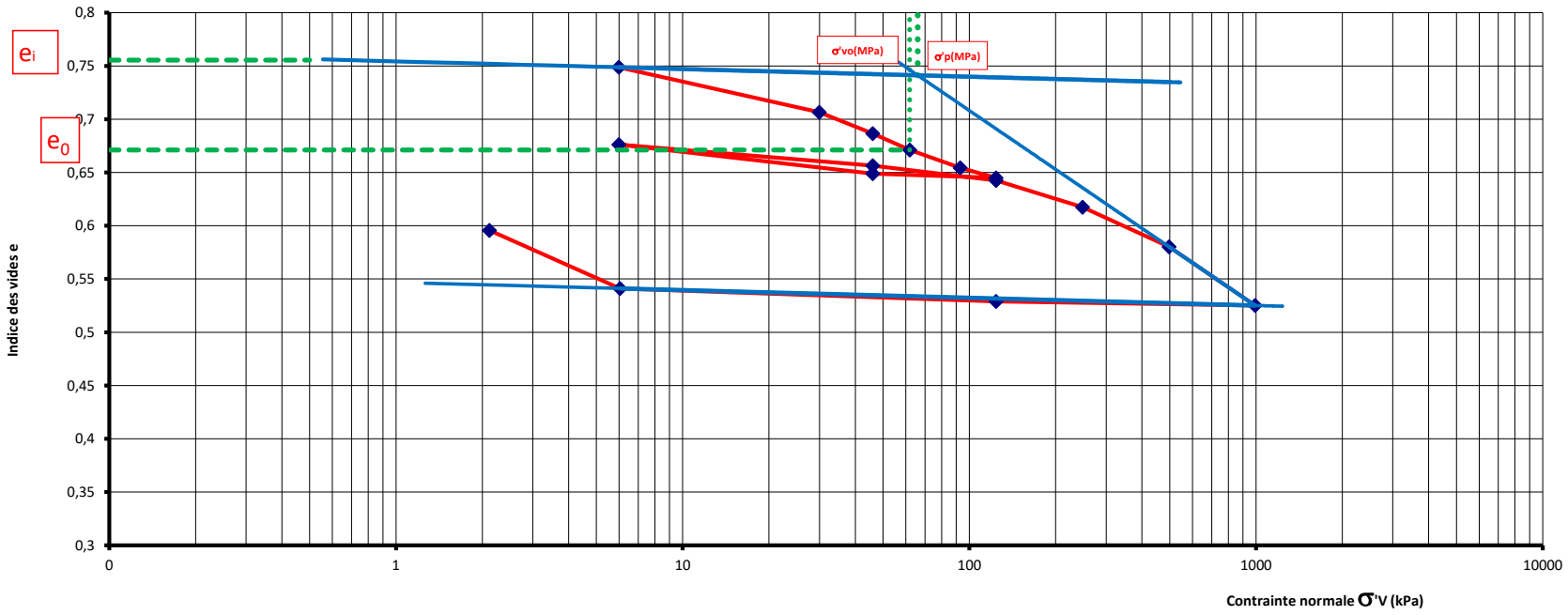
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P04
Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique

y = -3,13E-03ln(x) + 5,47E-01

y = -7,97E-02ln(x) + 1,08E+00

Courbe de compressibilité



Date :	11/07/2017	Observation :	Date : 11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

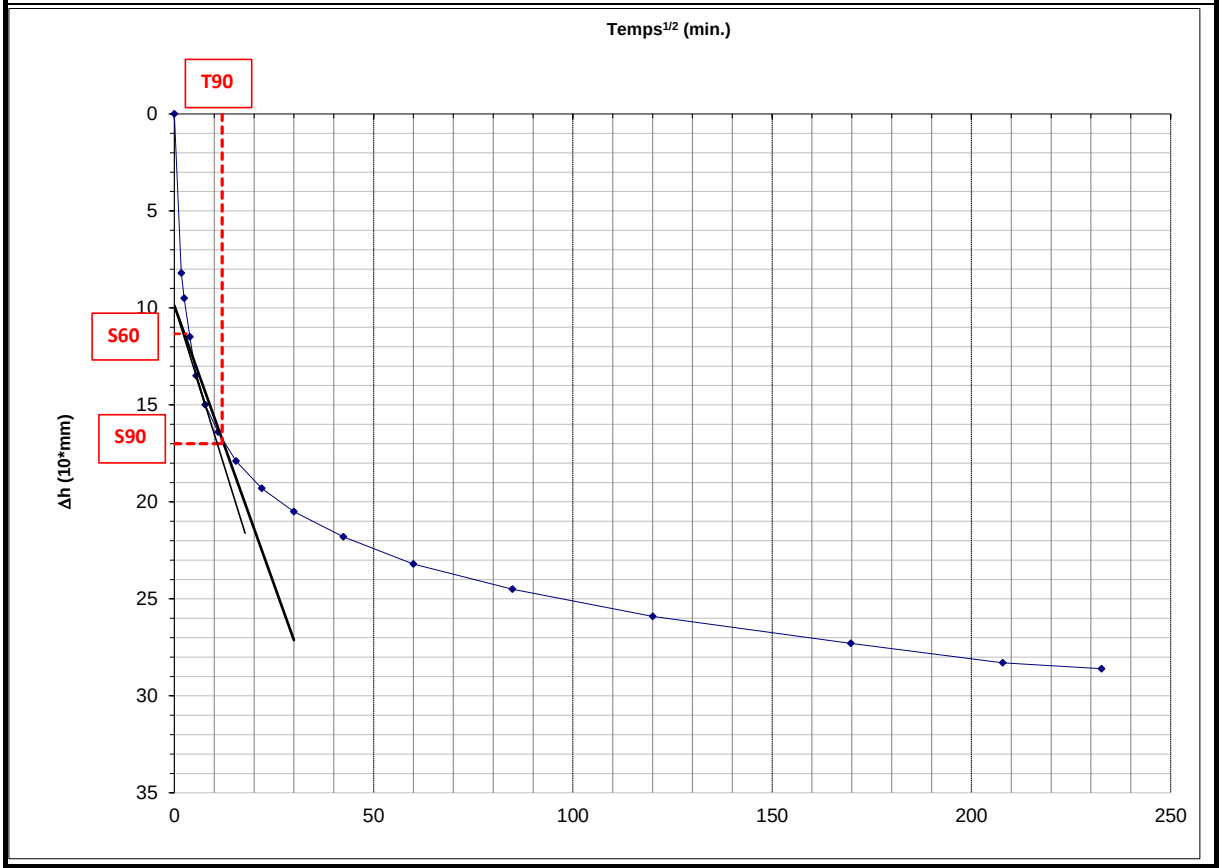
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P04
		Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**248**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	18,43	mm
	T_{90} :	144	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**8,2E-09**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	54108
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	901,8
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	26,83	30,03
H en mm	1,29	1,38	1,42	1,45	1,47	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,57	1,57
ΔH 1/100 mm	0,0	9,5	13,5	16,4	17,9	19,3	20,5	21,8	23,2	24,5	25,9	27,3	28,3	28,6

méthode Taylor

S0	0	Sc	10				
S60	11	Rapport =	6/9	$h_{ép}$ =	1,843	$t_{90}^{1/2}$=	12
S90	17			h =	0,9129	t_{90} =	144

Date :	11/07/2017	Observation :		Date :	11/07/2017
Rédacteur :	AN			Vérificateur :	AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

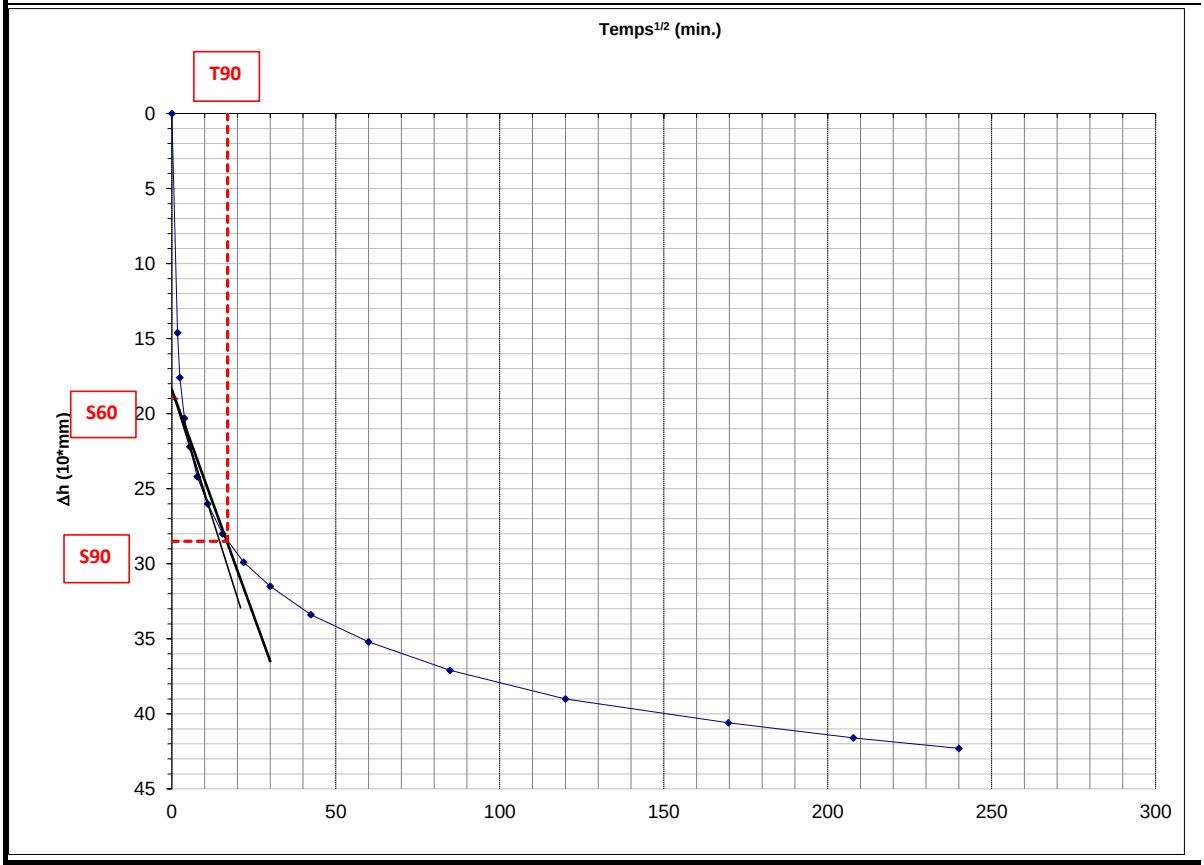
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P04
		Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**497**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	18,00	mm
	T_{90} :	289	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**3,8E-09**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	57600
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	960
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	26,83	30,98
H en mm	1,57	1,75	1,80	1,83	1,85	1,87	1,89	1,91	1,93	1,94	1,96	1,98	1,99	2,00
ΔH 1/100 mm	0,0	17,6	22,2	26,0	28,0	29,9	31,5	33,4	35,2	37,1	39,0	40,6	41,6	42,3

méthode Taylor

S0	0	Sc	18				
S60	19	Rapport =		6/9	$h_{ép}$ =	1,800	$t_{90}^{1/2}$= 17
S90	29				h =	0,88595	t_{90} = 289

Date :	11/07/2017	Observation :	Date :	11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

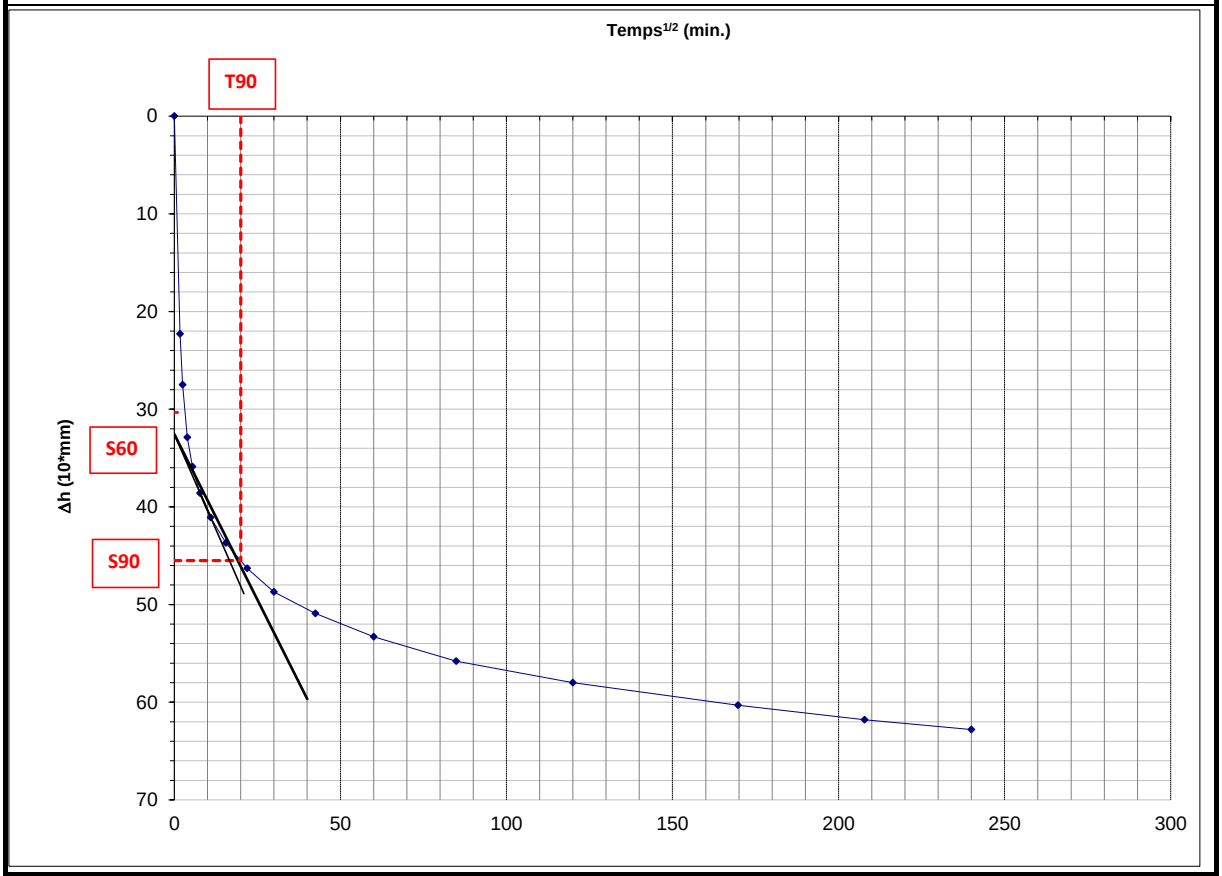
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P04
		Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**497**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	17,38	mm
	T_{90} :	400	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**2,5E-09**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	57600
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	960
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	26,83	30,98
H en mm	2,00	2,27	2,36	2,41	2,43	2,46	2,48	2,51	2,53	2,55	2,58	2,60	2,61	2,62
ΔH 1/100 mm	0,0	27,5	35,9	41,1	43,7	46,3	48,7	50,9	53,3	55,8	58,0	60,3	61,8	62,8

méthode Taylor

S0	0	Sc	33				
S60	30	Rapport =		6/9	$h_{ép}$ =	1,738	$t_{90}^{1/2}$= 20
S90	46				h =	0,84605	t_{90} = 400

Date :	11/07/2017	Observation :	Date :	11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

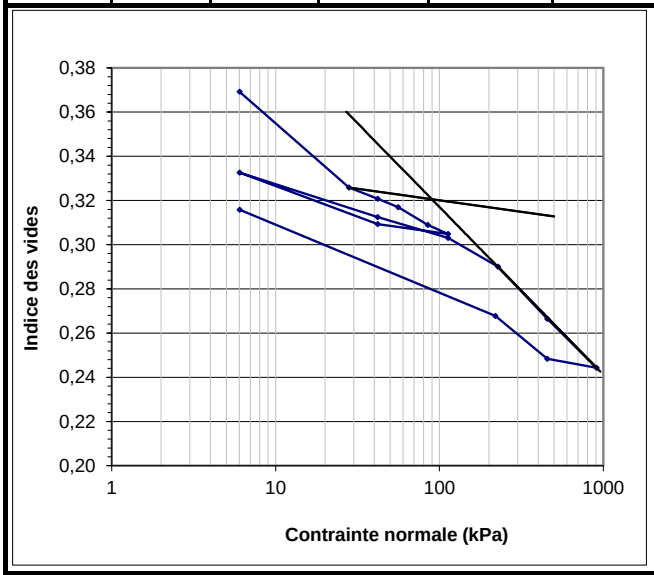
Procès-verbal d'essai à l'oedomètre

Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P06
		Prof. échantillon (m):	2,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide
Réception n° :	17-06-007		

Caractéristiques de l'éprouvette	avant essai			après essai		
Diamètre : D	D_0 =	70,0	mm	D_f =	70,0	mm
Hauteur : H	H_0 =	20,00	mm	H_f =	18,11	mm
Masse volumique humide	ρ_{hi} =	2,18	g/cm3	ρ_{hi} =	2,22	g/cm3
Masse volumique sèche	ρ_{di} =	1,89	g/cm3	ρ_{df} =	1,96	g/cm3
Masse volumique des grains estimée	ρ_s =	2,7	g/cm3	ρ_s =	2,7	g/cm3
Masse volumique des grains mesurée	ρ_s =		g/cm3	ρ_s =		g/cm3
Teneur en eau	W_i =	15,2	%	W_f =	13,6	%
Degré de saturation	S_{ri} =	96,8	%	S_{rf} =	96,7	%
Hauteur des pleins	h_p =	14,51	mm			

Date	Heure (début de palier)	Palier n°	σ_V (kPa)	$\Delta\sigma_V/\sigma_V$	ΔH (10^{-2} mm)	ΔH_e (10^{-2} mm)	ΔH_c corrigé (10^{-2} mm)	e	E_{oed} (MPa) ($\sigma'_{vx}-\sigma'_{vx-1}$)
Début :					0		0	0,378	
30/07/17	9:00	1	6	/	14		14	0,369	0,89
		2	28	/	76		76	0,326	0,67
		3	42	0,50	84		84	0,321	3,68
		4	56	0,33	89		89	0,317	4,86
		5	85	0,52	101		101	0,309	4,71
		6	113	0,33	107		107	0,305	8,99
		7	42	/	100		100	0,309	/
		8	6	/	67		67	0,333	/
		9	42	/	96		96	0,312	2,34
		10	113	/	109		109	0,303	9,87
		11	227	1,01	128		128	0,290	11,23
		12	454	1,00	163		163	0,266	12,19
		13	908	1,00	195		195	0,244	25,56
Fin:		14	454	/	189		189	0,248	/
		15	220	/	161		161	0,268	/
10/07/17	9:00	16	6	/	91		91	0,316	/



Résultats

Coefficient de consolidation

σ_v en kPa			C_v
113	à	227	2,17 .10-8 m²/s
227	à	454	4,63 .10-8 m²/s
454	à	908	1,55 .10-8 m²/s

Caractéristiques de compressibilité

Indice des vides initial	e_i =	0,378
Indice des vides du sol en place	e_0 =	0,317
Contrainte effective verticale	σ'_{v0} (kPa) =	57
Contrainte de préconsolidation	σ'_p (kPa) =	90
Pression de gonflement	σ'_g (kPa) =	0
Indice de compression	C_c =	0,076
Indice de gonflement	C_s =	0,010

Commentaires :

Date :	11/07/2017	Observations :	Date : 11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

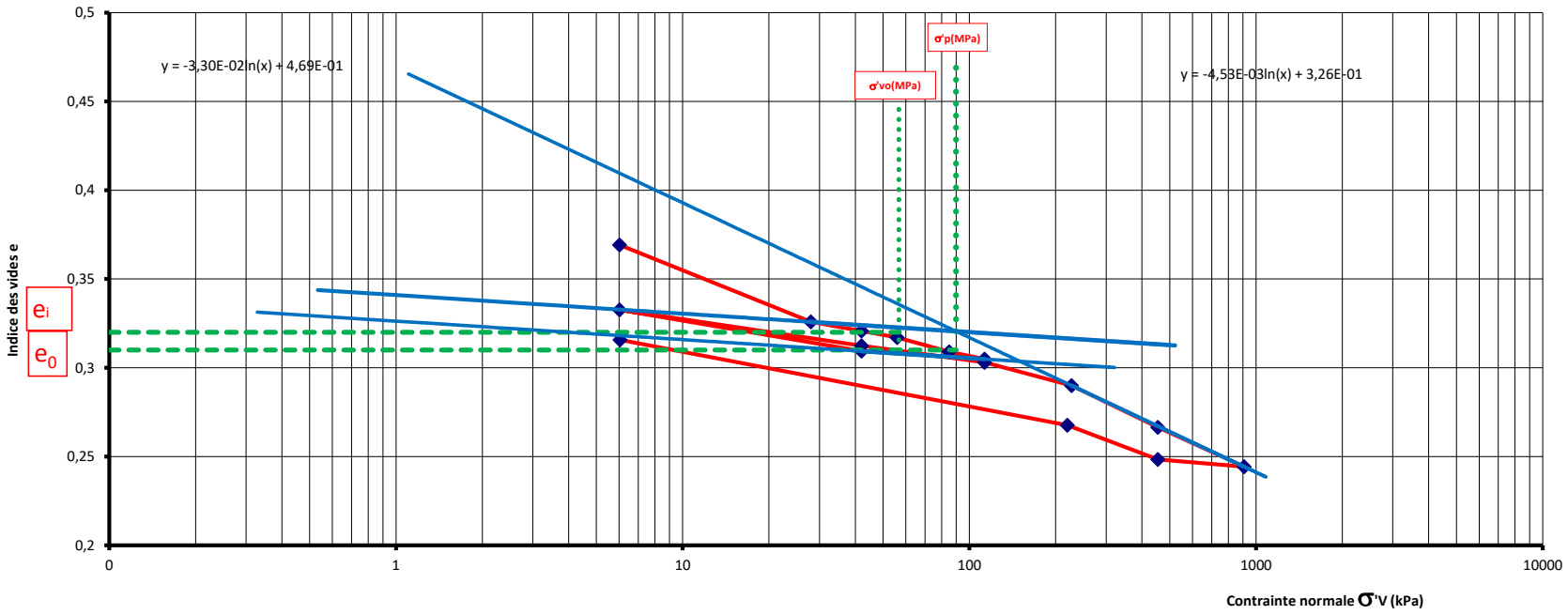
LaboAntémys
LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS

Procès-verbal d'essai à l'oedomètre
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers
Essai réalisé conformément à la norme XP P 94-090-1

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P06
Prof. échantillon (m):	2,6
Prof. prélt (m) :	2,6
Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide

Courbe de compressibilité



Date :	11/07/2017	Observation :	Date : 11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

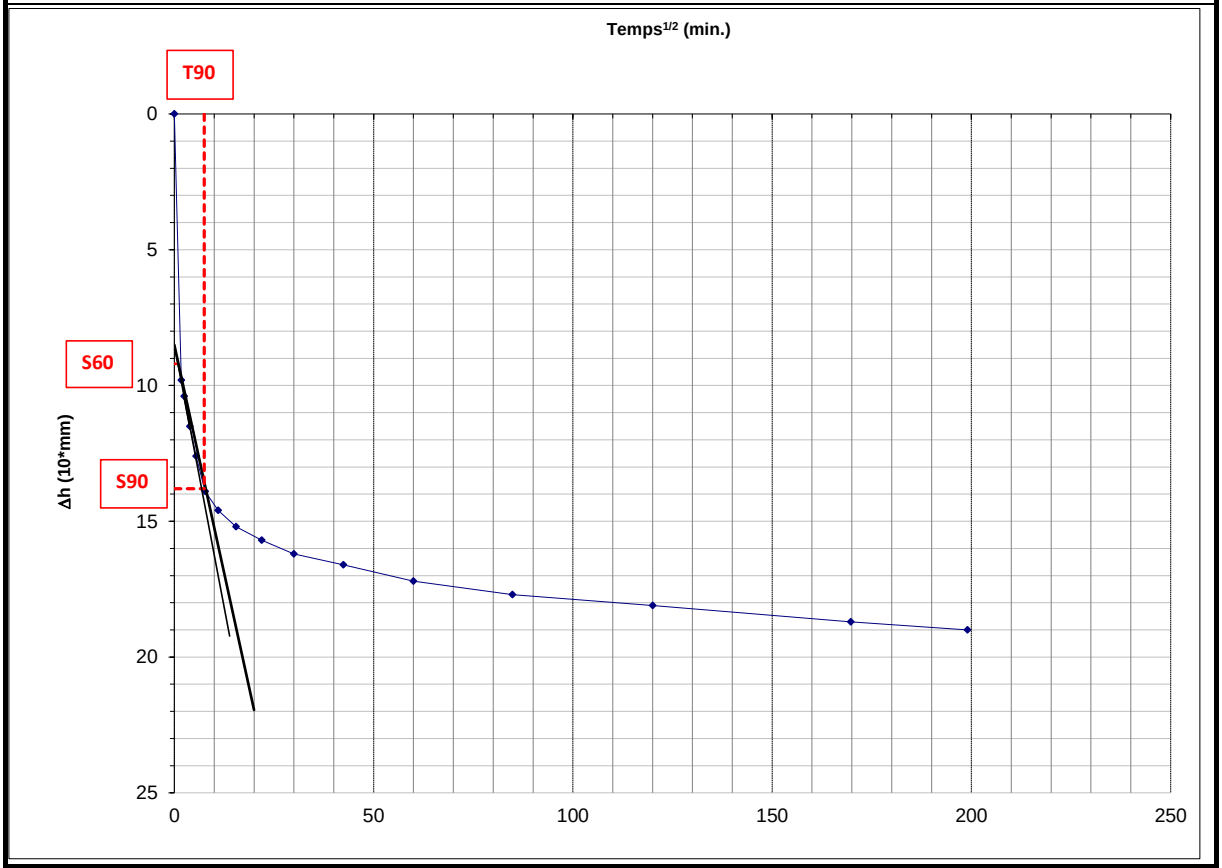
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P06
		Prof. échantillon (m):	2,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**227**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	18,72	mm
	T_{90} :	56,25	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**2,2E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	39600	0
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	660	0
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	25,69	0
H en mm	1,09	1,20	1,22	1,24	1,25	1,25	1,26	1,26	1,27	1,27	1,28	1,28	1,28	0,00
ΔH 1/100 mm	0,0	10,4	12,6	14,6	15,2	15,7	16,2	16,6	17,2	17,7	18,1	18,7	19,0	-109,4

méthode Taylor

S0	0	Sc	9				
S60	9	Rapport =	6/9	$h_{ép}$ =	1,872	$t_{90}^{1/2}$ =	7,5
S90	14			h =	0,9289	t_{90} =	56,25

Date :	11/07/2017	Observation :	Date :	11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

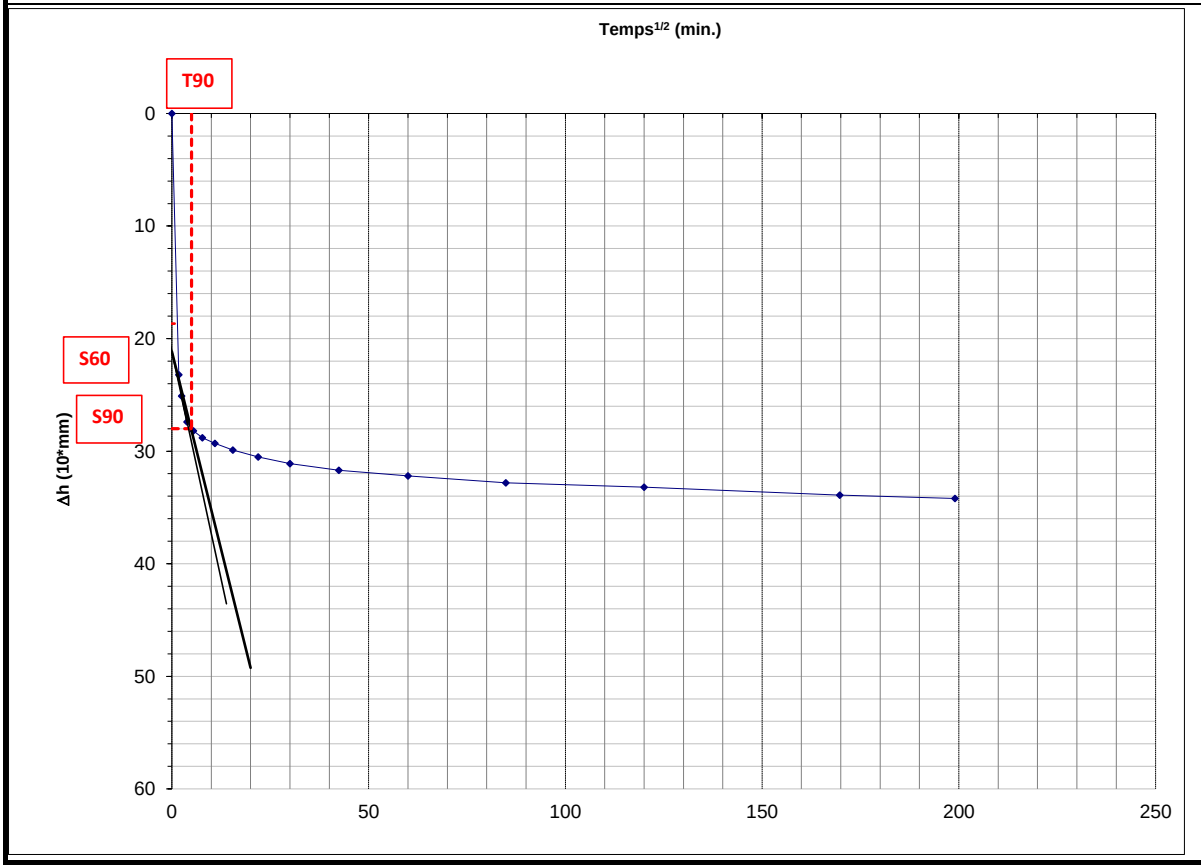
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P06
		Prof. échantillon (m):	2,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**454**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	18,37	mm
	T_{90} :	25	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**4,6E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	39605	0
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	660,1	0
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	25,69	0
H en mm	1,28	1,54	1,57	1,58	1,58	1,59	1,60	1,60	1,61	1,61	1,62	1,62	1,63	0,00
ΔH 1/100 mm	0,0	25,1	28,2	29,3	29,9	30,5	31,1	31,7	32,2	32,8	33,2	33,9	34,2	-128,4

méthode Taylor

S0	0	Sc	21				
S60	19	Rapport =		6/9	$h_{ép}$ =	1,837	$t_{90}^{1/2}$= 5
S90	28				h =	0,9047	t_{90} = 25

Date :	11/07/2017	Observation :	Date :	11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

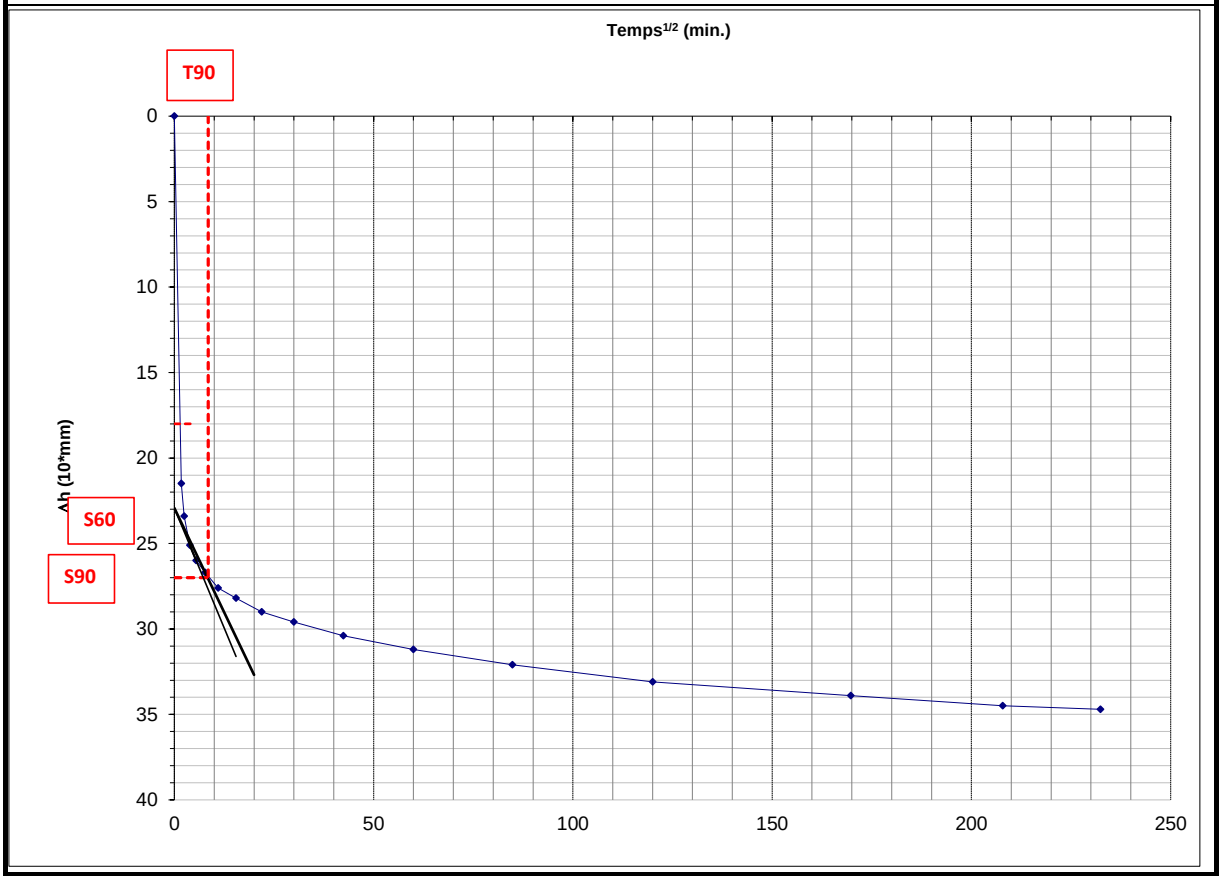
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai réalisé conformement à la norme XP P 94-090-1

Déterminé suivant la méthode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P06
		Prof. échantillon (m):	2,6
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2,6
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de chargement :	σ_v :	**908**	**kPa**
Hauteur de l'éprouvette :	h :	18,05	mm
	T_{90} :	72,25	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**1,5E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	54000
t en min	0	0,1	0,5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	900
$t^{1/2}$	0	0,32	0,7071	1,41421	2	2,828	3,873	5,477	7,746	10,95	15,49	21,91	26,83	30
H en mm	1,60	1,83	1,86	1,88	1,88	1,89	1,90	1,90	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,95
ΔH 1/100 mm	0,0	23,4	26,0	27,6	28,2	29,0	29,6	30,4	31,2	32,1	33,1	33,9	34,5	34,7

méthode Taylor

S0	0	Sc	23				
S60	18	Rapport =		6/9	$h_{ép}$ =	1,805	$t_{90}^{1/2}$= 8,5
S90	27				h =	0,88915	t_{90} = 72,25

Date :	11/07/2017	Observation :	Date :	11/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur :	AK

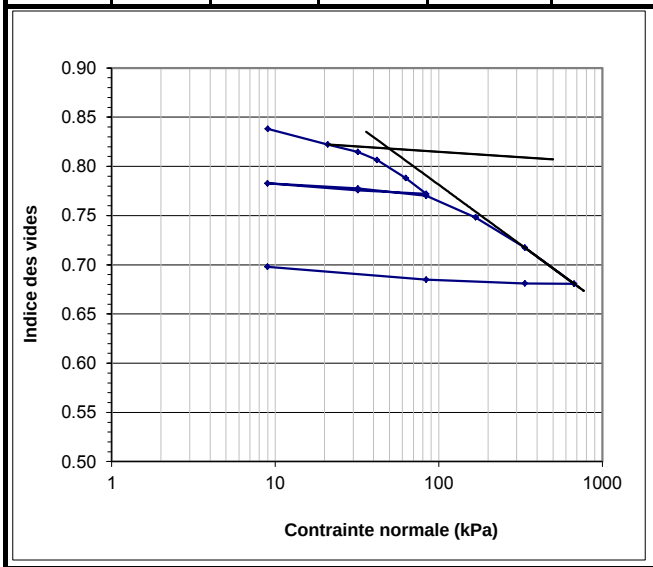
Procès-verbal d'essai à l'oedomètre

Essai de compressibilit° sur sols fins satur° s avec c argement par paliers

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P11
		Prof. échantillon (m):	2.4
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2.4
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Caract° ristiques de l'° prouvette	avant essai			après essai		
Diamètre : D	D_0 =	70.0	mm	D_f =	70.0	mm
auteur :	$_0$ =	20.00	mm	$_f$ =	17.83	mm
Masse volumique umide	ρ_i =	1.75	g cm3	ρ_i =	2.00	g cm3
Masse volumique sèc e	ρ_{di} =	1.62	g cm3	ρ_{df} =	1.59	g cm3
Masse volumique des grains estim° e	ρ_s =	2.7	g cm3	ρ_s =	2.7	g cm3
Masse volumique des grains mesur° e	ρ_s =		g cm3	ρ_s =		g cm3
Teneur en eau	W_i =	7.7		W_f =	25.7	
Degr° de saturation	S_{ri} =	31.3		S_{rf} =	99.5	
auteur des pleins	$_p$ =	10.61	mm			

Date	eure (d° but de palier)	Palier n°	σ_v (kPa)	$\Delta\sigma_v$ σ_v	Δ (10^{-2} mm)	Δ_e (10^{-2} mm)	Δ_c corrig° (10^{-2} mm)	e	E_{oed} (MPa) (σ'_v -σ'_{v-1})
D° but :					0		0	0.886	
13 07 17	9:00	1	9		51		51	0.838	0.35
		2	21		67		67	0.822	1.38
		3	32	0.52	75		75	0.815	2.65
		4	42	0.31	84		84	0.806	2.20
		5	63	0.50	104		104	0.788	2.04
		6	84	0.33	121		121	0.772	2.32
		7	32		117		117	0.776	
		8	9		109		109	0.783	
		9	32		115		115	0.778	7.89
		10	84		123		123	0.770	12.51
		11	168	1.00	146		146	0.748	6.66
		12	336	1.00	179		179	0.717	9.39
		13	672	1.00	217		217	0.681	15.44
in:		14	336		217		217	0.681	
		15	84		213		213	0.685	
00 01 00	9:00	16	9		199		199	0.698	



R° sultats

Coefficient de consolidation

σ_v en kPa			C_v
84	à	168	2.45 .10-8 m² s
168	à	336	2.22 .10-8 m² s
336	à	672	1.95 .10-8 m² s

Caract° ristiques de compressibilit°

ndice des vides initial	e_i =	0.886
ndice des vides du sol en place	e_0 =	0.815
Contrainte effective verticale	σ'_{v0} (kPa) =	42
Contrainte de pr° consolidation	σ'_p (kPa) =	50
Pression de gonflement	σ'_g (kPa) =	
ndice de compression	C_c =	0.122
ndice de gonflement	C_s =	0.011

Commentaires :

Date :	20 07 2017	bservations :	Date : 20 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur : A

Procès-verbal d'essai à l'oedomètre
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers
Essai réalisé conformément à la norme XP P 94-090-1

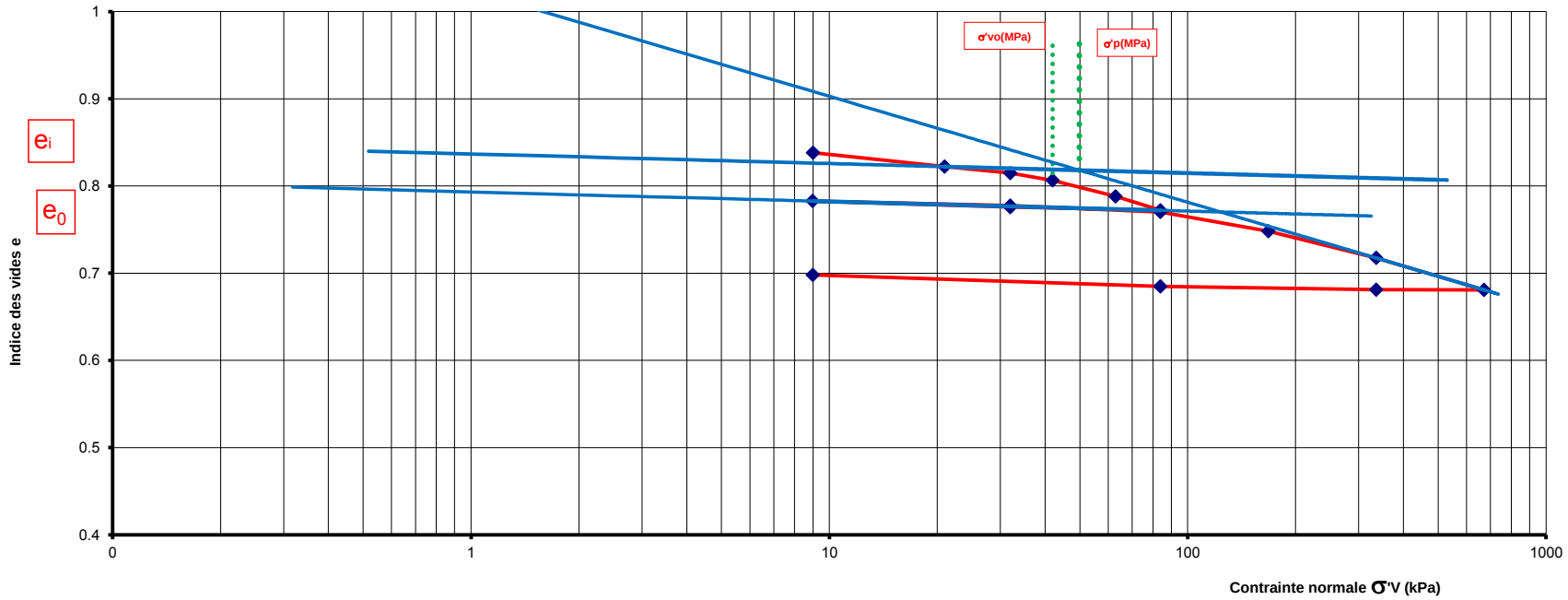
Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P11
Prof. échantillon (m):	2.4
Prof. prélt (m) :	2.4
Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique

Courbe de compressibilité

y = -4.77E-03ln( ) 7.93E-01

y = -5.28E-02ln( ) 1.02E 00



Date :	20 07 2017	bservation :	Date : 20/07/2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur : AK

Procès verbal du coefficient de Consolidation

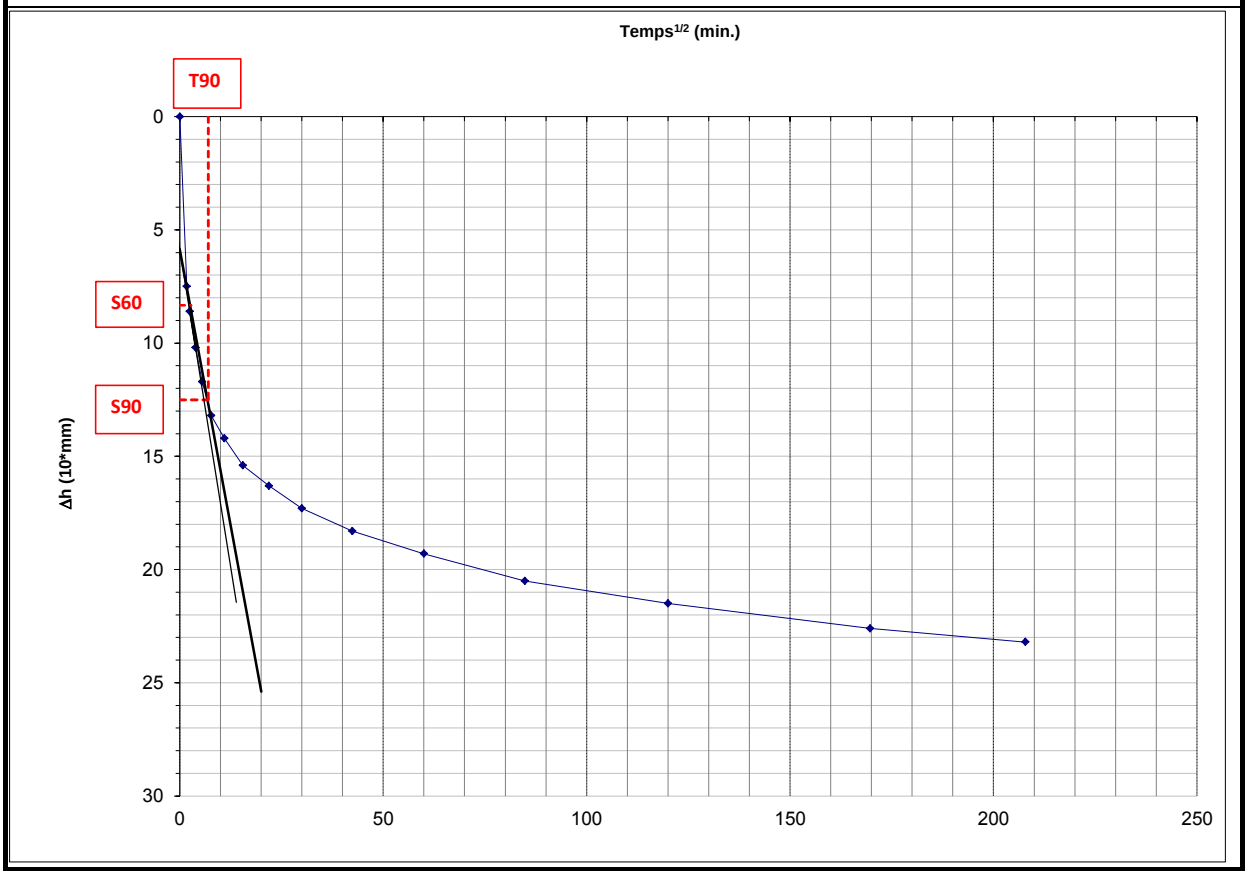
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai r° alis° conformement à la norme P P 94-090-1

D° termin° suivant la m° t ode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P11
		Prof. échantillon (m):	2.4
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2.4
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de c argement :	σ_v :	**168**	**kPa**
auteur de l'° prouvette :	:	18.54	mm
	T_{90} :	49	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**2.4E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	0
t en min	0	0.1	0.5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	0
$t^{1/2}$	0	0.32	0.7071	1.4142	2	2.828	3.873	5.477	7.746	10.95	15.49	21.91	26.83	0
H en mm	1.23	1.31	1.35	1.37	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	0.00
ΔH 1/100 mm	0.0	8.6	11.7	14.2	15.4	16.3	17.3	18.3	19.3	20.5	21.5	22.6	23.2	-122.8

m° t ode Taylor

S0	0	Sc	6
S60	8	Rapport =	6 9
S90	13		

°p =	1.854	$t_{90}^{1/2}$ =	7
=	0.92075	t_{90} =	49

Date :	20 07 2017	bservation :	Date : 20 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur : A

Procès verbal du coefficient de Consolidation

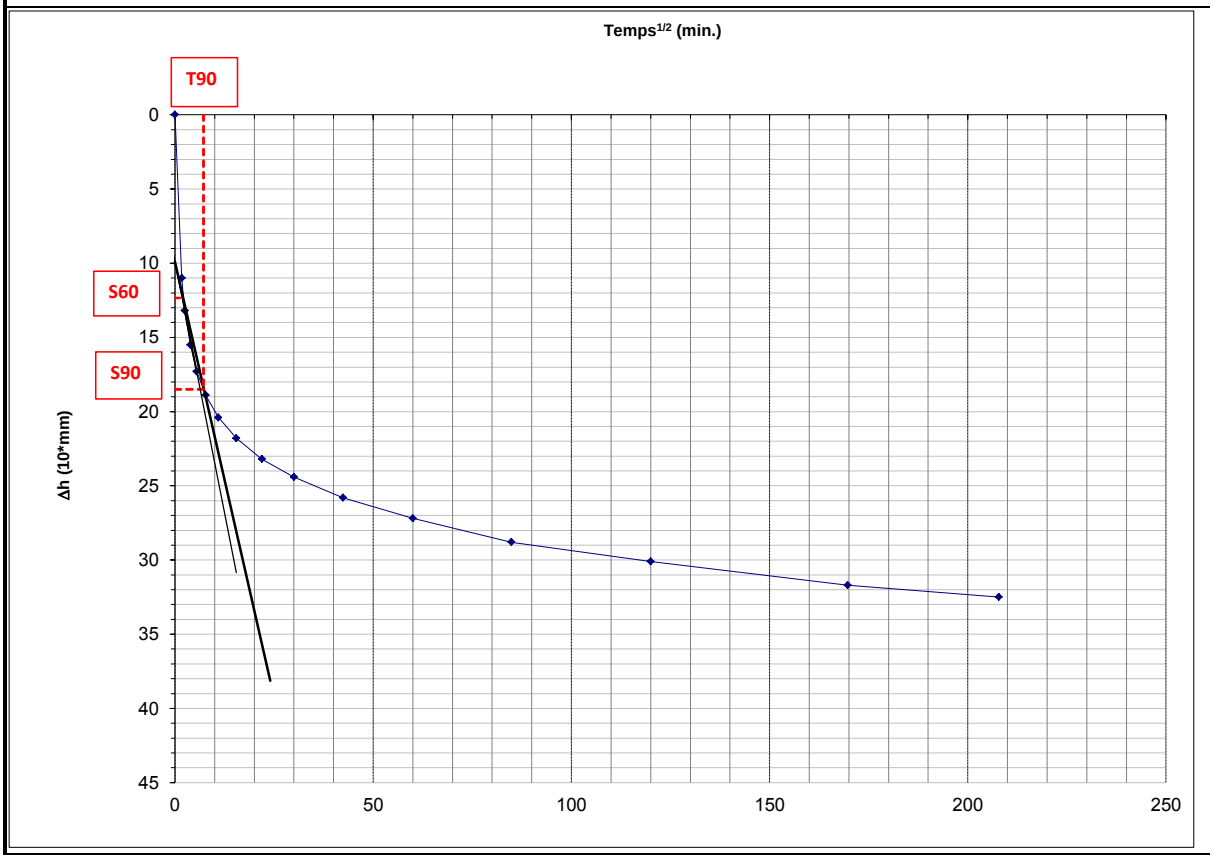
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai r° alis° conformement à la norme P P 94-090-1

D° termin° suivant la m° t ode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P11
		Prof. échantillon (m):	2.4
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2.4
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de c argement :	σ_v :	**336**	**kPa**
auteur de l'° prouvette :	:	18.21	mm
	T_{90} :	51.84	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**2.2E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	0
t en min	0	0.1	0.5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	0
$t^{1/2}$	0	0.32	0.7071	1.4142	2	2.828	3.873	5.477	7.746	10.95	15.49	21.91	26.83	0
H en mm	1.46	1.59	1.63	1.67	1.68	1.69	1.71	1.72	1.73	1.75	1.76	1.78	1.79	0.00
ΔH 1/100 mm	0.0	13.2	17.3	20.4	21.8	23.2	24.4	25.8	27.2	28.8	30.1	31.7	32.5	-146.1

m° t ode Taylor

S0	0	Sc	10				
S60	12	Rapport =	6 9	°p =	1.821	$t_{90}^{1/2}$ =	7.2
S90	19			=	0.90145	t_{90} =	51.84

Date :	20 07 2017	bservation :	Date :	20 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

Procès verbal du coefficient de Consolidation

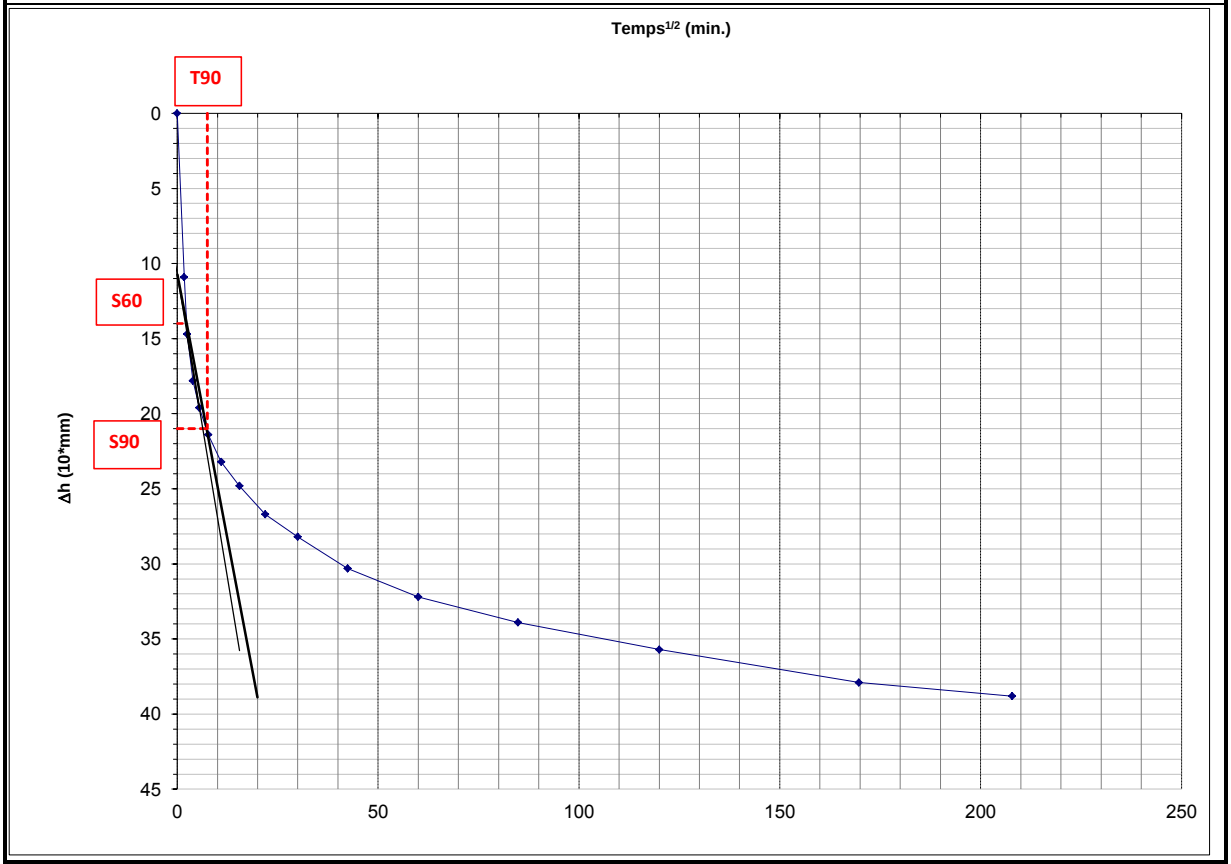
Essai de compressibilité sur sols fins saturés avec chargement par paliers

Essai r° alis° conformement à la norme P P 94-090-1

D° termin° suivant la m° t ode de Taylor

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	13/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER	**Matériau à l'essai**	
		Sondage :	P11
		Prof. échantillon (m):	2.4
Mode de prélt :	Pelle	Prof. prélt (m) :	2.4
Date prélt :	19/06/2017	Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique
Réception n° :	17-06-007		

Contrainte de c argement :	σ_v :	**672**	**kPa**
auteur de l'° prouvette :	:	17.83	mm
	T_{90} :	56.25	min.
Coefficient de consolidation :	**Cv :**	**1.9E-08**	**m²/sec**



t en sec	0	6	30	120	240	480	900	1800	3600	7200	14400	28800	43200	0
t en min	0	0.1	0.5	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	0
$t^{1/2}$	0	0.32	0.7071	1.41421	2	2.828	3.873	5.477	7.746	10.95	15.49	21.91	26.83	0
H en mm	1.79	1.93	1.98	2.02	2.03	2.05	2.07	2.09	2.11	2.13	2.14	2.17	2.17	0.00
ΔH 1/100 mm	0.0	14.7	19.6	23.2	24.8	26.7	28.2	30.3	32.2	33.9	35.7	37.9	38.8	-178.6

m° t ode Taylor

S0	0	Sc	11	
S60	14	Rapport =		6 9
S90	21			

°p =	1.783	$t_{90}^{1/2}$ =	7.5
=	0.8808	t_{90} =	56.25

Date :	20 07 2017	bservation :	Date :	20 07 2017
R° dacteur :	AN		V° rificateur :	A

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Perméabilité simple à l'oedomètre** *à charge variable*	*Norme* *M.O. Interne*

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**1**
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	**PZ06**
		Profondeur (m) :	**de 7.5 à 8.3 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**02/11/2017**

Nature du mat° riau : **Sable gris-noir anthracite avec des passages argilo-limoneux noir-brun**

Temp° rature d'° tuvage : **105** °C

Teneur en eau naturelle W_n : 16.8

Section du tube capillaire **s** (m²) : 8.55E-06

Epaisseur de l'échantillon actuel **l** (m) : 2.00E-02

Section de l'échantillon **S** (m²) : 3.85E-03

C arge ydraulique à temps t1

C arge ydraulique à temps t2

k = (sl / S (t2 - t1)) ln (h1/h2)

contrainte appliquée : 300 kPa

Temps de saturation : 1 semaine

Hauteur initale : 21.5 mm

1er essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
542	0		2.26E-08
243	1590	2.11E-08	
107	2910	2.43E-08	

2ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
481	0		2.07E-08
163	2150	2.07E-08	

3ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		2.24E-08
183	2020	2.06E-08	
87	3120	2.56E-08	

4ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.92E-08
145	2640	1.92E-08	

k_{moyen} (m/s)
2.12E-08

Observations :

ait à Etrec y le 7 novembre 2017

Le Responsable du l'Essai :

C.LEGOUGE

8 rue des c nes rouges - 91580 ETRECHY - Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	**PROCES VERBAL D'ESSAI** **Perméabilité simple à l'oedomètre** ***à charge variable***	***Norme*** ***M.O. Interne***

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**2**
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	**PZ06**
		Profondeur (m) :	**de 15.15 à 15.85 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**31/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable noir-gris anthracite**

Temp° rature d'° tuvage : **105** °C

Teneur en eau naturelle W_n : 16.6

Section du tube capillaire **s** (m²) : 8.55E-06
Epaisseur de l'échantillon actuel **l** (m) : 2.00E-02
Section de l'échantillon **S** (m²) : 3.85E-03
C arge ydraulique à temps t1
C arge ydraulique à temps t2

k = (sl / S (t2 - t1)) ln (h1/h2)

contrainte appliquée : 400 kPa
Temps de saturation : 3 à 5 jours
Hauteur initale : 20.7 mm

1er essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
542	0		1.56E-08
323	1620	1.35E-08	
209	2940	1.36E-08	
113	4620	1.43E-08	
30	6840	1.94E-08	

2ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.83E-08
97	3615	1.83E-08	

3ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.38E-08
159	3420	1.38E-08	

4ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.28E-08
271	2040	1.26E-08	
192	3120	1.30E-08	

5ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.21E-08
233	2640	1.21E-08	

k_{moyen} (m/s)
1.45E-08

Observations :

ait à Etrec y le 7 novembre 2017

Le Responsable du Laboratoire

8 rue des c nes rouges - 91580 ETRECHY - Tél : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Perméabilité simple à l'oedomètre** *à charge variable*	*Norme* *M.O. Interne*

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**3**
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	**PZ06**
		Profondeur (m) :	**de 18.2 à 19.1 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**31/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable très fin à limon grossier noir**

Temp° rature d'° tuvage : **105** °C

Teneur en eau naturelle W_n : 32.1

Section du tube capillaire **s** (m²) : 8.55E-06

Epaisseur de l'échantillon actuel **l** (m) : 2.00E-02

Section de l'échantillon **S** (m²) : 3.85E-03

C arge ydraulique à temps t1

C arge ydraulique à temps t2

k = (sl / S (t2 - t1)) ln (h1/h2)

contrainte appliquée : 500 kPa

Temps de saturation : 3 à 5 jours

Hauteur initale : 21.5 mm

1er essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)	k_{moyen} (m/s)
500	0		8.91E-10	9.99E-10
471	3240	7.85E-10		
454	4980	8.97E-10		
435	7020	8.89E-10		
388	12360	9.04E-10		
365	14940	9.96E-10		

2ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.11E-09
469	2460	1.11E-09	
448	4500	9.53E-10	
437	5580	9.76E-10	
273	27120	9.13E-10	
256	29760	1.00E-09	

Observations :

ait à Etrec y le 7 novembre 2017

Le Responsable de l'Essai :

C.LEGOUGE

8 rue des c nes rouges - 91580 ETRECHY - Tél : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 58

	C.LEGOUGE

8 rue des c nes rouges - 91580 ETREC - Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI **Perméabilité simple à l'oedomètre** *à charge variable*	*Norme* *M.O. Interne*

Dossier N°:	**YL17 0044-02-2**	Ec antillon n° :	**3**
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	**PZ06**
		Profondeur (m) :	**de 18.2 à 19.1 m**
Client :	**GOLDER**	Date de pr° lèvement :	**11/10/2017**
		Date d'essai :	**31/10/2017**

Nature du mat° riau :	**Sable très fin à limon grossier noir**

Temp° rature d'° tuvage : **105** °C

Teneur en eau naturelle W_n : 32.1

Section du tube capillaire **s** (m²) : 8.55E-06

Epaisseur de l'échantillon actuel **l** (m) : 2.00E-02

Section de l'échantillon **S** (m²) : 3.85E-03

C arge ydraulique à temps t1

C arge ydraulique à temps t2

k = (sl / S (t2 - t1)) ln (h1/h2)

contrainte appliquée : 500 kPa

Temps de saturation : 3 à 5 jours

Hauteur initale : 21.5 mm

1er essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)	k_{moyen} (m/s)
500	0		8.91E-10	9.99E-10
471	3240	7.85E-10		
454	4980	8.97E-10		
435	7020	8.89E-10		
388	12360	9.04E-10		
365	14940	9.96E-10		

2ème essai :

Charge hydraulique h (mm)	Temps t (sec)	k instantanné (m/s)	k global (m/s)
500	0		1.11E-09
469	2460	1.11E-09	
448	4500	9.53E-10	
437	5580	9.76E-10	
273	27120	9.13E-10	
256	29760	1.00E-09	

Observations :

ait à Etrec y le 7 novembre 2017

Le Responsable de l'Essai :

C.LEGOUGE

8 rue des c nes rouges - 91580 ETRECHY - Tél : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 58

ANNEXE C3

Essais de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de Cisaillement direct (type CD : Consolidé Drainé)

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	03/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P01
Prof. échantillon (m):	3,3
Prof. prélt (m) :	3,3
Description visuelle des sols :	Sable moyen avec passe très fine

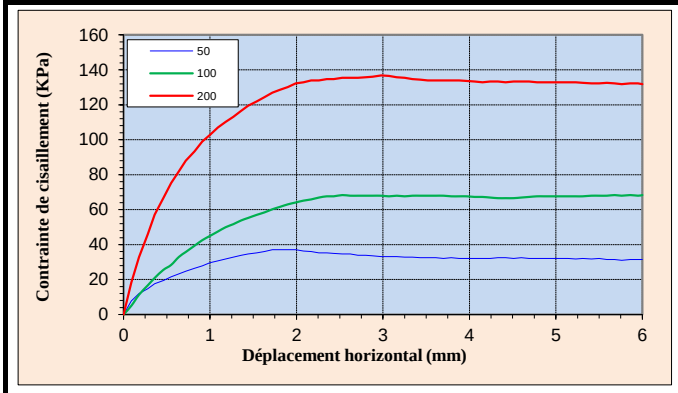
Profondeur du niveau d'eau = / m

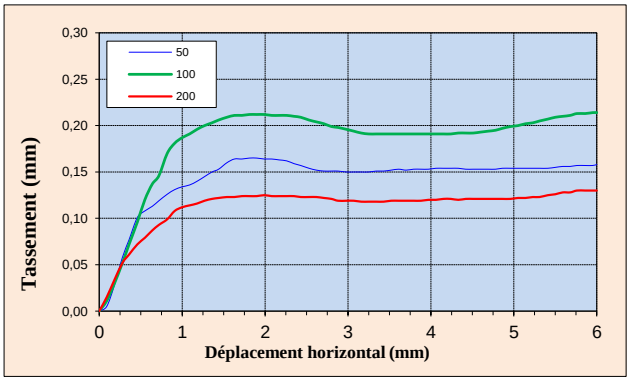
Contrainte effective du sol en place : σ'_{v0} = 66 kPa

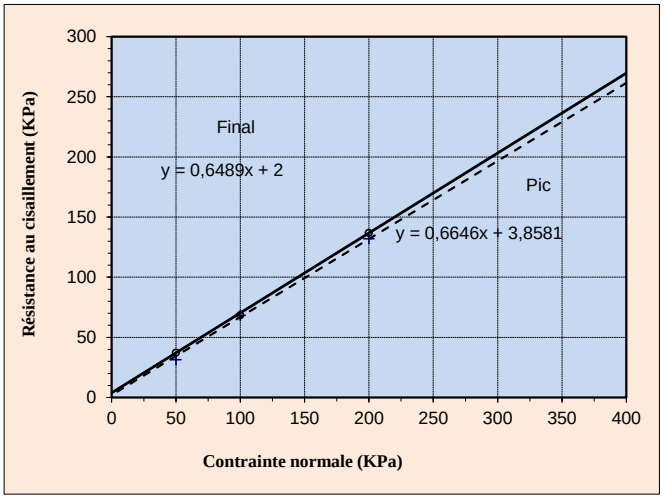
Caractéristiques de l'éprouvette						Vitesse de cisaillement		Masse volumique des particules solides		
Hauteur =	20,0	mm	Diamètre =	60,0	mm	25	µm/min	mesuré =	/	kg/m³
								estimé =	2700	kg/m³

Identification des éprouvettes de sol

N°	initiale					finale		t_{100}	σ'	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i	ρd_f	W_f			$\tau_{f,p}$	$\delta l_{f,p}$	$\tau_{f,f}$	$\delta l_{f,f}$
	kgm^{-3}	kgm^{-3}	%			kgm^{-3}	%	-	KPa	KPa	mm	KPa	mm
1	2170	1869	16,1	0,445	97,8	1926	21,4	0,14	50,0	37,1	1,7	31,4	6,0
2	2094	1803	16,1	0,497	87,5	1849	21,2	0,28	100,0	68,3	2,5	68,3	6,0
3	2103	1811	16,1	0,491	88,6	1871	20,6	0,41	200,0	136,8	3,0	131,8	6,0







RESULTATS			
Résistance de pic	c'_p =	4	kPa
	Φ'_p =	34	°
Résistance à l'état final ----	c'_f =	2	kPa
	Φ'_f =	33	°

Date :	07/07/2017	Observation : éprouvettes reconstituées après tamisage à 5 mm	Date : 07/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de Cisaillement direct (type CD : Consolidé Drainé)

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	28/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P04
Prof. échantillon (m):	3,3-3,6
Prof. prélt (m) :	3,3-3,6
Description visuelle des sols :	Sable fin à moyen avec passe d'argile centimétrique à pluricentimétrique

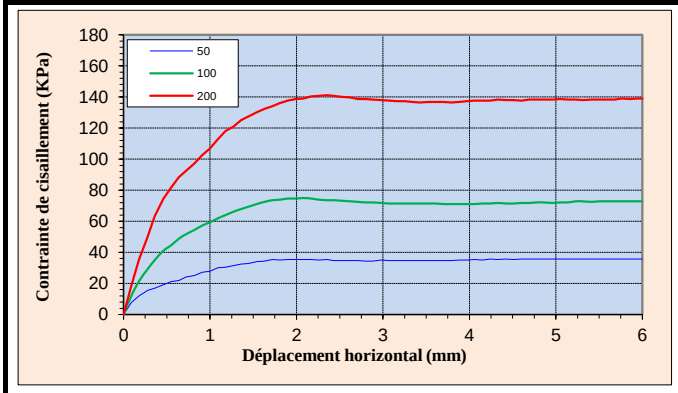
Profondeur du niveau d'eau = / m

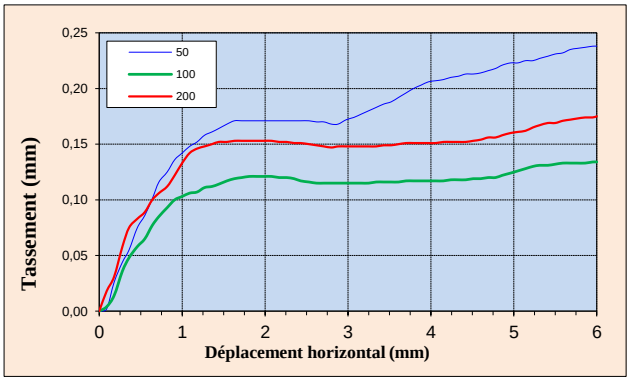
Contrainte effective du sol en place : σ'_{v0} = 69 kPa

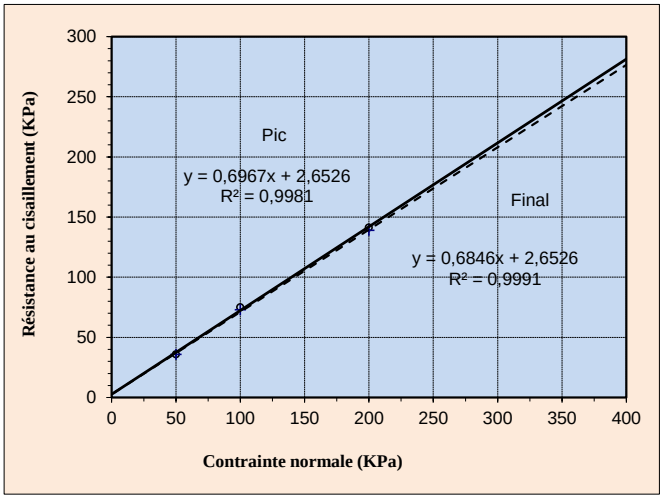
Caractéristiques de l'éprouvette						Vitesse de cisaillement		Masse volumique des particules solides		
Hauteur =	20,0	mm	Diamètre =	60,0	mm	25	µm/min	mesuré =	/	kg/m³
								estimé =	2650	kg/m³

Identification des éprouvettes de sol

N°	initiale					finale		t_{100}	σ'	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i	ρd_f	W_f			$\tau_{f,p}$	$\delta l_{f,p}$	$\tau_{f,f}$	$\delta l_{f,f}$
	kgm^{-3}	kgm^{-3}	%			kgm^{-3}	%	-	KPa	KPa	mm	KPa	mm
1	1852	1716	7,9	0,544	38,4	1769	20,9	0,22	50,0	35,7	4,2	35,7	6,0
2	1854	1718	7,9	0,542	38,6	1749	21,2	0,63	100,0	75,0	2,1	72,9	6,0
3	1861	1725	7,9	0,536	39,0	1768	20,0	0,37	200,0	141,1	2,4	139,0	6,0







RESULTATS			
Résistance de pic	c'_p =	3	kPa
	Φ'_p =	35	°
Résistance à l'état final ----	c'_f =	3	kPa
	Φ'_f =	34	°

Date :	03/07/2017	Observation : éprouvettes reconstituées après tamisage 5 mm	Date : 03/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de Cisaillement direct (type CD : Consolidé Drainé)

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	30/06/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AK
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P06
Prof. échantillon (m):	2,6
Prof. prélt (m) :	2,6
Description visuelle des sols :	Sable moyen à fin avec argile grise, humide

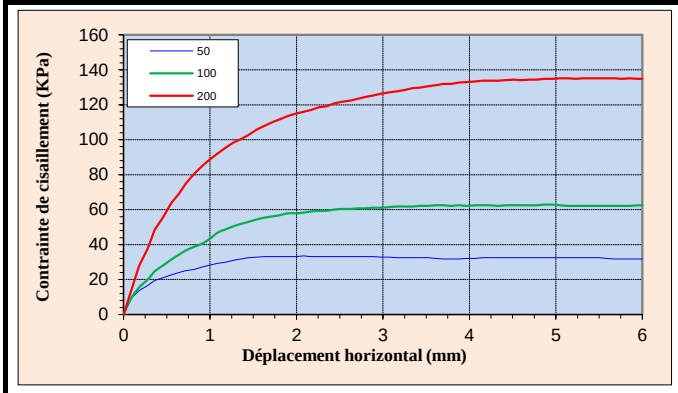
Profondeur du niveau d'eau = / m

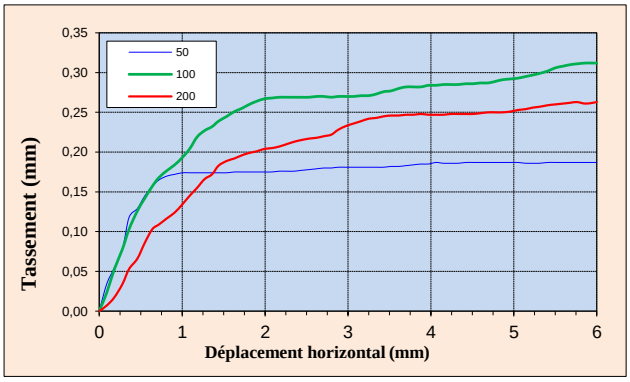
Contrainte effective du sol en place : σ'_{v0} = 52 kPa

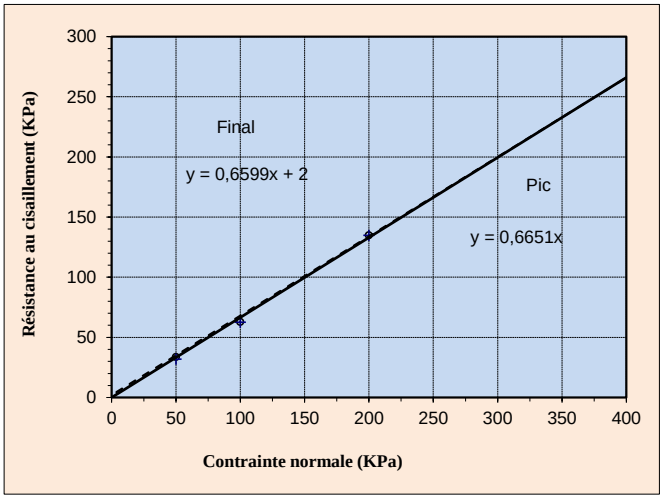
Caractéristiques de l'éprouvette						Vitesse de cisaillement		Masse volumique des particules solides		
Hauteur =	20,0	mm	Diamètre =	60,0	mm	25	µm/min	mesuré =	/	kg/m³
								estimé =	2700	kg/m³

Identification des éprouvettes de sol

N°	initiale					finale		t_{100}	σ'	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i	ρd_f	W_f			$\tau_{f,p}$	$\delta l_{f,p}$	$\tau_{f,f}$	$\delta l_{f,f}$
	kgm^{-3}	kgm^{-3}	%			kgm^{-3}	%	-	KPa	KPa	mm	KPa	mm
1	2129	1853	14,9	0,457	88,0	1878	18,5	0,12	50,0	33,6	2,1	31,8	6,0
2	2126	1850	14,9	0,459	87,5	1879	19,2	0,42	100,0	62,9	4,9	62,5	6,0
3	2136	1859	14,9	0,452	89,0	1907	18,4	0,52	200,0	134,8	5,0	134,8	6,0







RESULTATS			
Résistance de pic	c'_p =	0	kPa
	Φ'_p =	34	°
Résistance à l'état final ----	c'_f =	2	kPa
	Φ'_f =	33	°

Date :	07/07/2017	Observation : éprouvettes reconstituées après tamisage à 5 mm	Date : 07/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

Essai de cisaillement rectiligne à la boîte

Essai de Cisaillement direct (type CD : Consolidé Drainé)

(Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-071-1)

Dossier n° :	LB-17065	Date des essais :	05/07/2017
Chantier :	Projet Réf. : 1771901	Opérateur :	AN
Site:	/	Température :	50 °C
Client :	GOLDER		
Mode de prélt :	Pelle		
Date prélt :	19/06/2017		
Réception n° :	17-06-007		

Matériau à l'essai	
Sondage :	P11
Prof. échantillon (m):	2,4
Prof. prélt (m) :	2,4
Description visuelle des sols :	Sable moyen, gris, légèrement humide, quelques passes d'argile laminée centimétrique

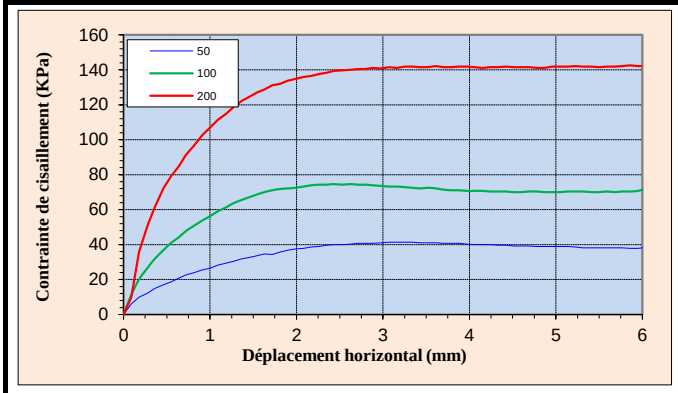
Profondeur du niveau d'eau = / m

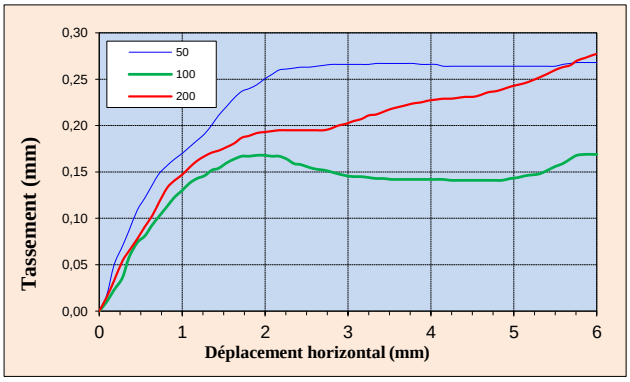
Contrainte effective du sol en place : σ'_{v0} = 48 kPa

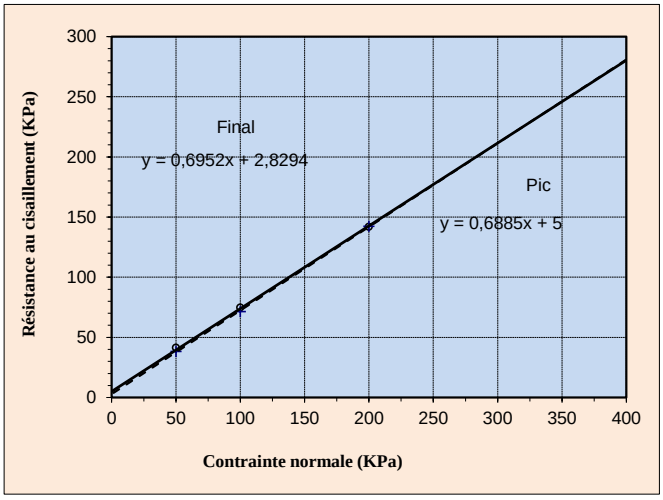
Caractéristiques de l'éprouvette						Vitesse de cisaillement		Masse volumique des particules solides		
Hauteur =	20,0	mm	Diamètre =	60,0	mm	25	µm/min	mesuré =	/	kg/m³
								estimé =	2700	kg/m³

Identification des éprouvettes de sol

N°	initiale					finale		t_{100}	σ'	Paramètres de résistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i	ρd_f	W_f			$\tau_{f,p}$	$\delta l_{f,p}$	$\tau_{f,f}$	$\delta l_{f,f}$
	kgm^{-3}	kgm^{-3}	%			kgm^{-3}	%	-	KPa	KPa	mm	KPa	mm
1	1818	1692	7,4	0,595	33,6	1765	22,9	0,48	50,0	41,4	3,1	38,2	6,0
2	1820	1694	7,4	0,594	33,7	1737	22,2	0,80	100,0	74,6	2,4	71,4	6,0
3	1825	1699	7,4	0,589	34,0	1750	20,7	0,87	200,0	141,8	5,0	142,2	6,0







RESULTATS			
Résistance de pic	c'_p =	5	kPa
	Φ'_p =	35	°
Résistance à l'état final ----	c'_f =	3	kPa
	Φ'_f =	35	°

Date :	07/07/2017	Observation : éprouvettes reconstituées après tamisage à 5 mm	Date : 07/07/2017
Rédacteur :	AN		Vérificateur : AK

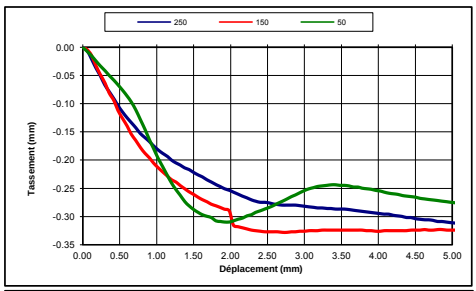
Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI	
	ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE ***Cisaillement Direct***	N P 94-071-1

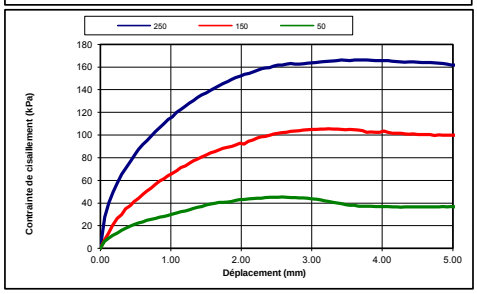
N° dossier :	**YL17-0044-02-2**	Ec antillon	1
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	P 06
		Profondeur (m) :	07.5 - 08.3 m
Client :	**GOLDER**	Date de pr° l° vement :	12 10 2017
		Date d'essai :	26 10 2017

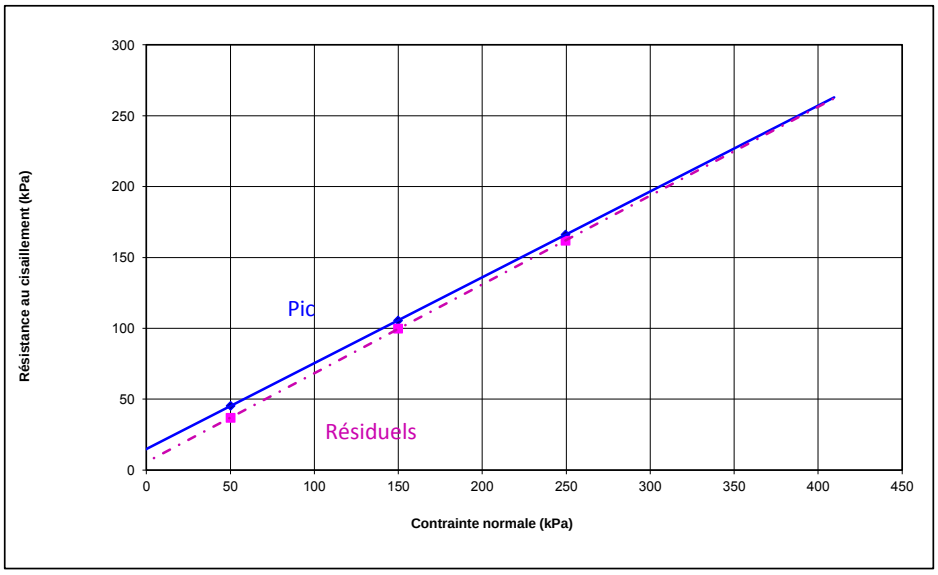
ρs :	2.65	g.cm-3	estim° e	Caract° ristiques de l'° prouvette		60.00	mm
			mesur° e			20.00	mm
Vitesse de cisaillement :	25	m min		Nature du mat° riau	Sable gris-noir ant racite avec des passages argilo-limoneu noir-brun		

Caract° ristiques des ° prouvettes de sol

N°	Avant consolidation					Après consolidation		Après cisaillement	σ	Param° tres de r° sistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i	ρd	T100	W_f		τ_{fp}	δl_{fp}	τ_{ff}	δl_{ff}
	gcm^{-3}	gcm^{-3}			( )	gcm^{-3}	min		kPa	kPa	mm	kPa	mm
1	2.21	1.90	16.26	0.39	100.00	2.07	4.8	21.02	250	166.1	3.42	161.8	5.04
2	2.17	1.86	16.26	0.42	100.00	1.97	4.8	22.74	150	105.5	3.24	99.8	5.04
3	2.22	1.91	16.26	0.39	100.00	1.92	4.8	23.41	50	45.3	2.58	36.8	5.04







RESULTATS DE L'ESSAI

◆ **Résistance de pic**	**c'_p =**	**15**	**kPa**	■ **Résistance à l'état final**	**c'_f =**	**6**	**kPa**
	Φ'_p =	**31**	**°**		**Φ'_f =**	**32**	**°**

bservations :	

ait à Etrec y le	7 novembre 2017	Le Responsable de l'Essai :	
		C.LE E	

10 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

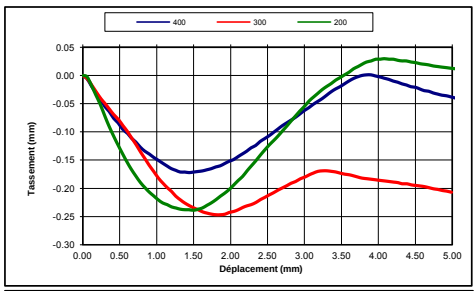
Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI	
	ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE ***Cisaillement Direct***	N P 94-071-1

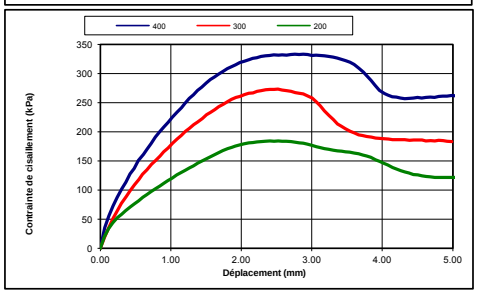
N° dossier :	**YL17-0044-02-2**	Ec antillon	2
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	P 06
		Profondeur (m) :	15.15 - 15.85 m
Client :	**GOLDER**	Date de pr° l° vement :	11 10 2017
		Date d'essai :	26 10 2017

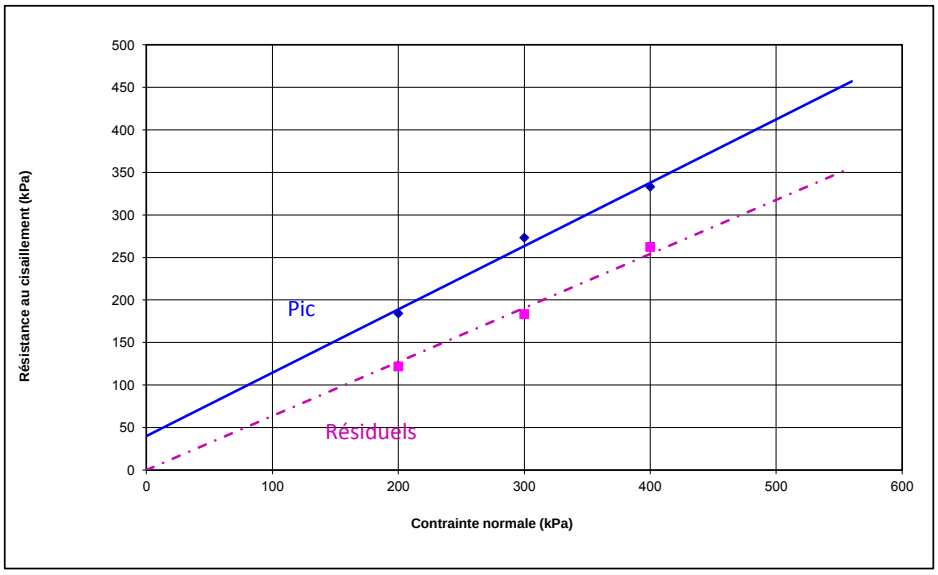
ρs :	2.65	g.cm-3	estim° e	Caract° ristiques de l'° prouvette		60.00	mm
			mesur° e			20.00	mm
Vitesse de cisaillement :	25	m min		Nature du mat° riau	Sable noir-gris ant racite		

Caract° ristiques des ° prouvettes de sol

N°	Avant consolidation					Après consolidation		Après cisaillement	σ	Param° tres de r° sistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i ( )	ρd	T100	W_f		τ_{fp}	δl_{fp}	τ_{ff}	δl_{ff}
	gcm^{-3}	gcm^{-3}				gcm^{-3}	min		kPa	kPa	mm	kPa	mm
1	2.15	1.85	16.54	0.43	100.00	1.93	4.8	21.19	400	333.1	2.76	262.3	4.99
2	2.20	1.88	16.54	0.41	100.00	1.94	4.8	20.44	300	273.2	2.52	183.4	4.99
3	2.14	1.84	16.54	0.44	98.68	1.89	4.8	22.03	200	184.1	2.40	121.8	4.99







RESULTATS DE L'ESSAI

◆ **Résistance de pic**	**c'_p =**	**40**	**kPa**	■ **Résistance à l'état final**	**c'_f =**	**0**	**kPa**
	Φ'_p =	**37**	**°**		**Φ'_f =**	**32**	**°**

bservations :	

ait à Etrec y le	7 novembre 2017	Le Responsable de l'Essai :	
		C.LE E	

10 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

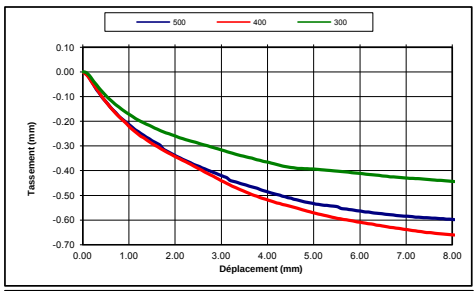
Althéa Ingénierie	PROCES VERBAL D'ESSAI	
	ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE A LA BOITE ***Cisaillement Direct***	N P 94-071-1

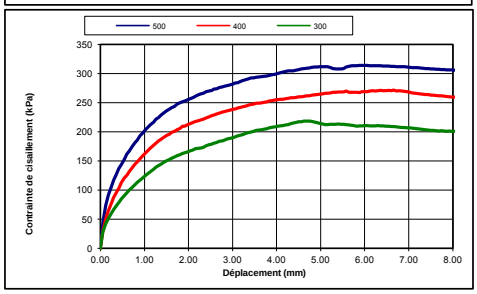
N° dossier :	**YL17-0044-02-2**	Ec antillon	3
Affaire :	**ST FELIX**	Sondage n° :	P 06
		Profondeur (m) :	18.5 - 18.7 m
Client :	**GOLDER**	Date de pr° l° vement :	11 10 2017
		Date d'essai :	31 10 2017

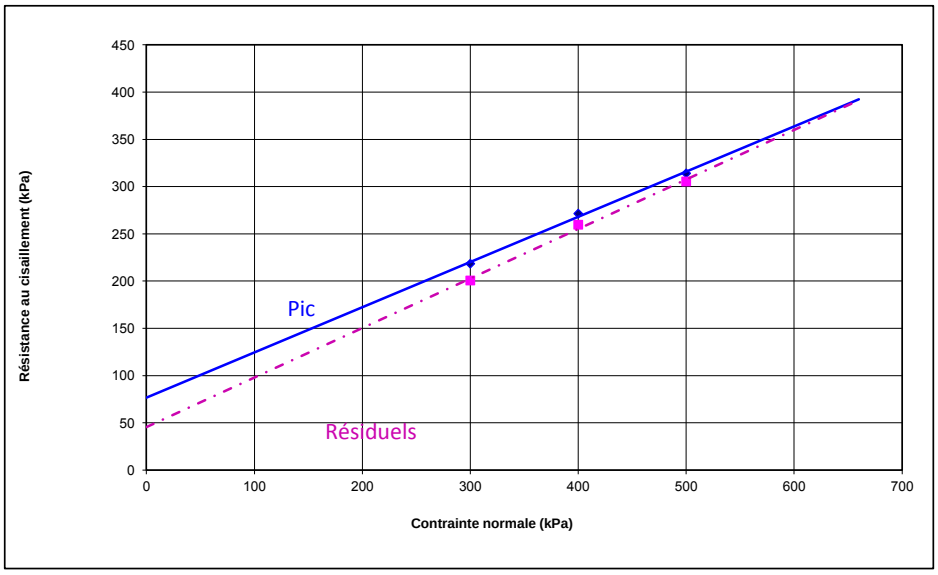
ρs :	2.65	g.cm-3	estim° e	Caract° ristiques de l° prouvette		60.00	mm
			mesur° e			20.00	mm
Vitesse de cisaillement :	25	m min		Nature du mat° riau	Sable très fin à limon grossier noir		

Caract° ristiques des ° prouvettes de sol

N°	Avant consolidation					Après consolidation		Après cisaillement	σ	Param° tres de r° sistance au cisaillement			
	ρh_i	ρd_i	W_i	e_i	Sr_i ( )	ρd	T100	W_f		τ_{fp}	δl_{fp}	τ_{ff}	δl_{ff}
	gcm^{-3}	gcm^{-3}				gcm^{-3}	min		kPa	kPa	mm	kPa	mm
1	2.04	1.55	32.11	0.71	100.00	1.90	4.8	20.82	500	314.0	5.88	305.4	8.04
2	1.98	1.50	32.11	0.77	100.00	1.88	4.8	21.66	400	271.4	6.66	259.6	8.04
3	2.12	1.60	32.11	0.65	100.00	1.86	4.8	26.82	300	218.4	4.74	200.6	8.04







RESULTATS DE L'ESSAI

◆ **Résistance de pic**	**c'_p =**	**77**	**kPa**	■ **Résistance à l'état final**	**c'_f =**	**46**	**kPa**
	Φ'_p =	**26**	**°**		**Φ'_f =**	**28**	**°**

bservations :	

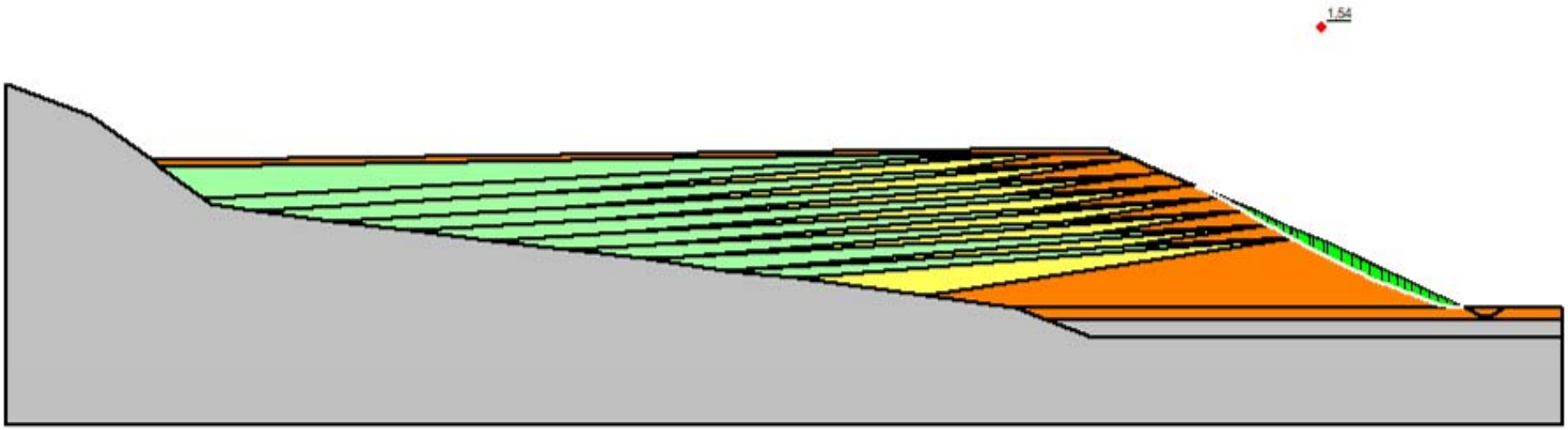
ait à Etrec y le	7 novembre 2017	Le Responsable de l'Essai :	
		C.LE E	

10 rue des c nes rouges - 91580 ETREC
Tel : 01 69 58 29 58 - a : 01 69 58 29 37

ANNEXE D

Résultats de l'étude de stabilité

Facteur de sécurité - 1,54

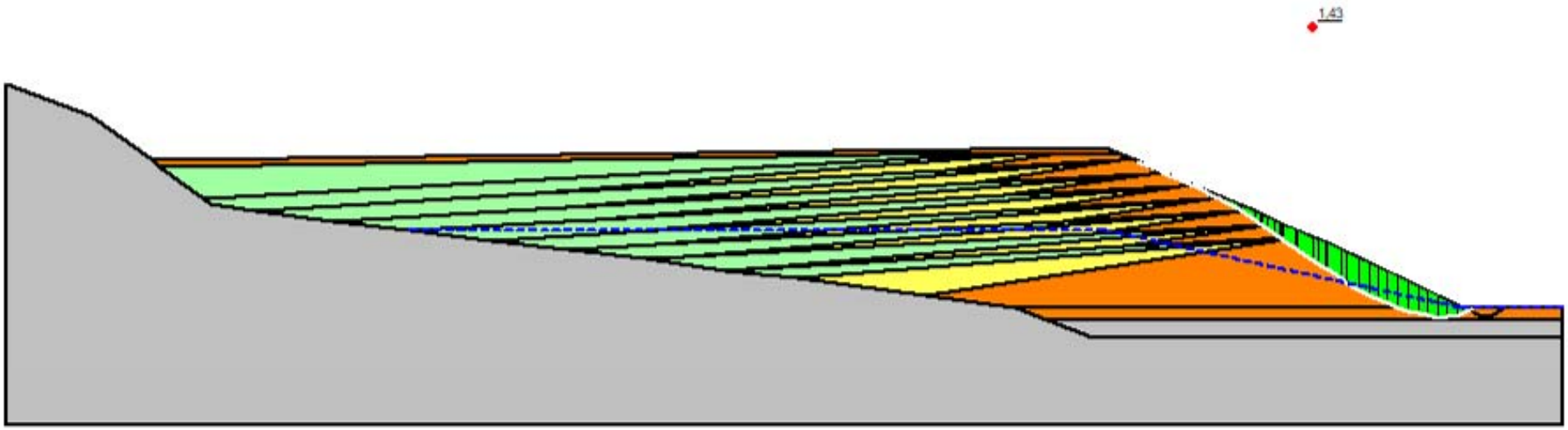


Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 1
Absence d'eau

Facteur de sécurité - 1,43

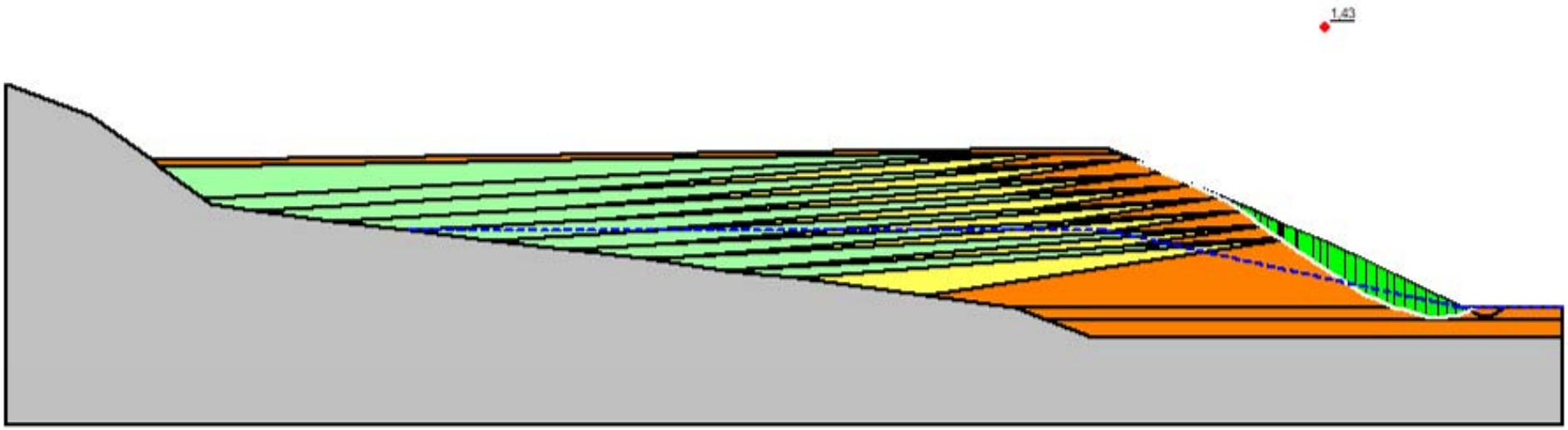


Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 2
Présence d'eau

Facteur de sécurité - 1,43



Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 3
Présence d'eau + matérial supplémentaire

Facteur de sécurité - 1,44

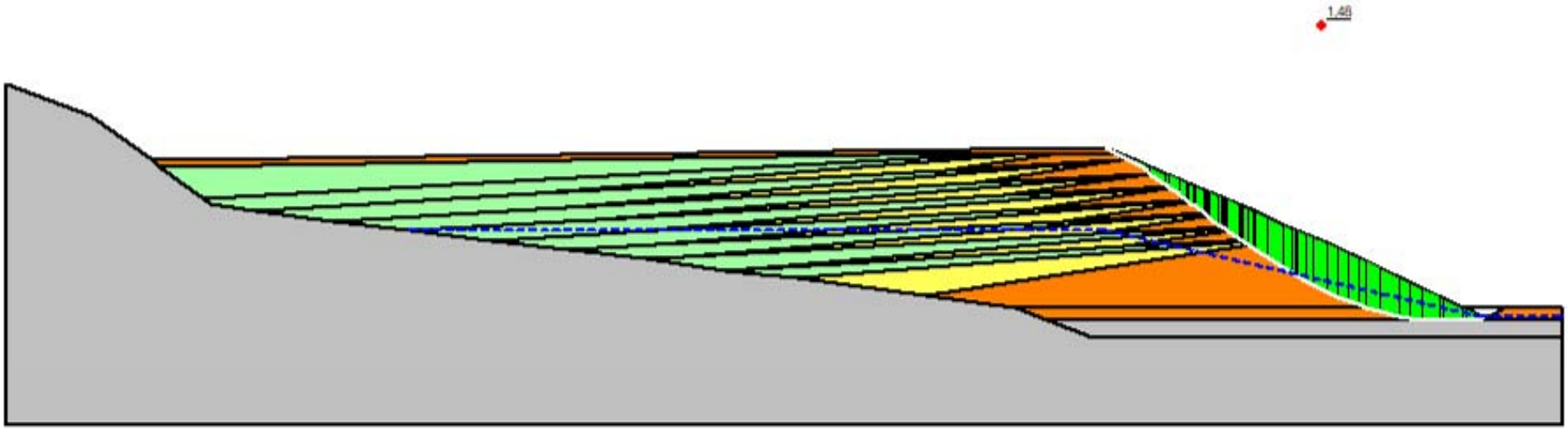
Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 4

Présence d'eau + matériaux non-saturés

Facteur de sécurité - 1,48



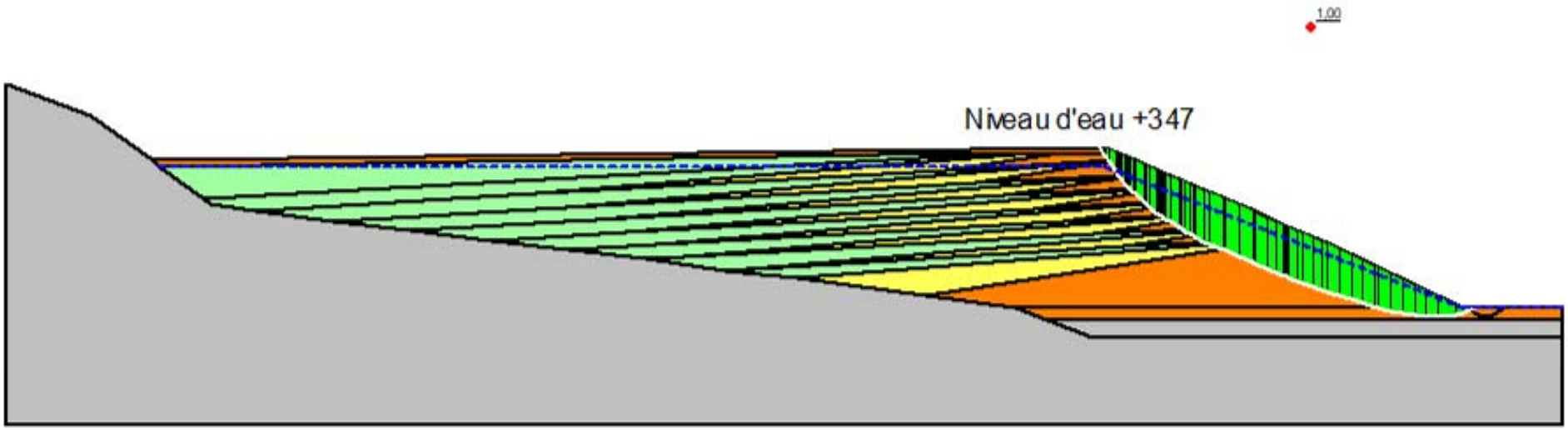
Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 5

Présence d'un drain

Facteur de sécurité - 1,00



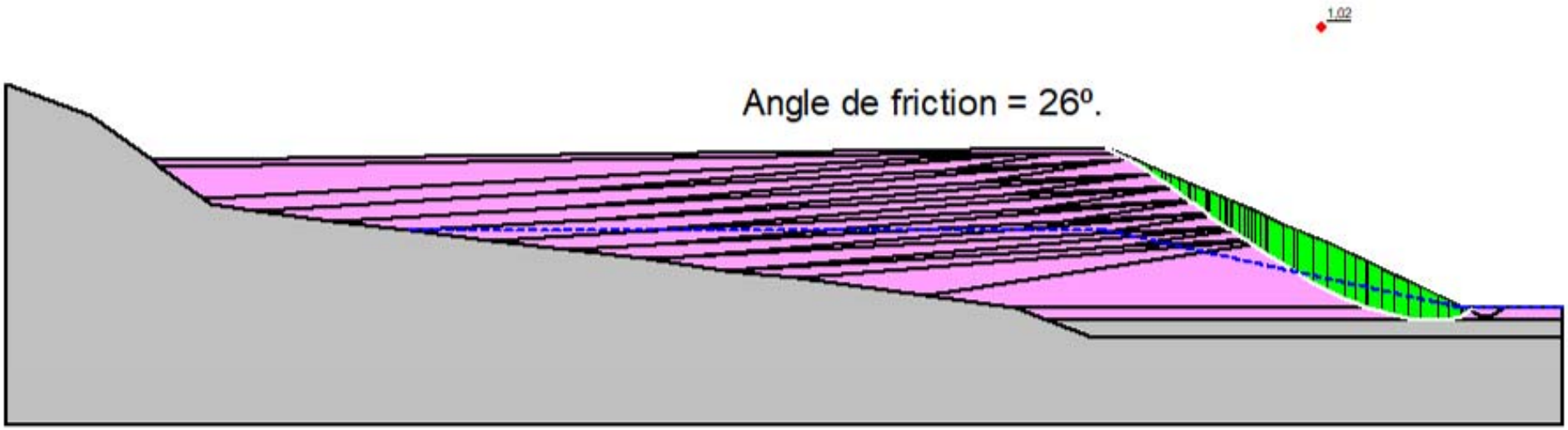
Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 6

Niveau d'eau théorique

Facteur de sécurité - 1,02

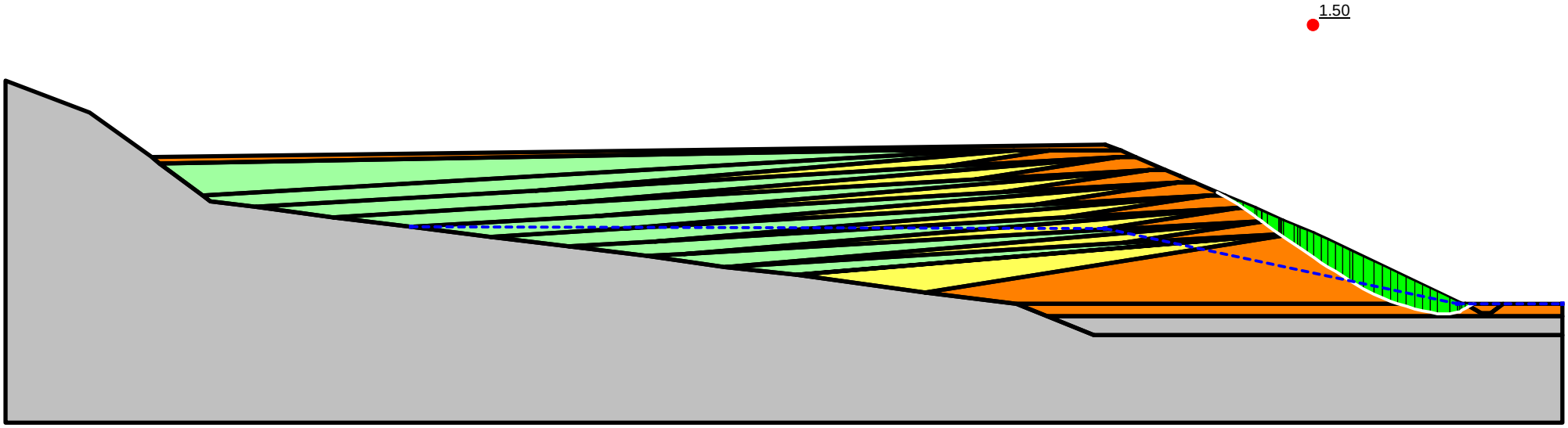


Golder Associates

UMICORE
Étude de stabilité
2017-12-04

CAS: 7
Angle de friction théorique

Facteur de sécurité - 1.50



Golder Associates

UMICORE

Étude de stabilité

2017-12-04

CAS: 8

Angle de friction du sable a 36 degrés au lieu de 35

Page de signatures du Rapport

GOLDER ASSOCIATES SARL

Jussara Lourenco
Ingénieur géologue

Romain Girard
Ingénieur géotechnicien Senior, Associé

JLO/RGI/CAN/SCO

Golder Associates, société détenue par ses employés avec plus de 50 ans d'expérience, a pour objectif de contribuer au développement de la Terre tout en préservant l'intégrité de la Terre. Nous fournissons des solutions qui aident nos clients à atteindre leurs objectifs de développement durable par la proposition d'un large éventail de services indépendants de conseil, de conception et de construction dans nos domaines de spécialité liés à la terre, à l'environnement et à l'énergie.

Pour plus d'information, rendez-vous sur le site golder.com

Afrique	+ 27 11 254 4800
Asie	+ 86 21 6258 5522
Océanie	+ 61 3 8862 3500
Europe	+ 44 1628 851851
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates sarl
31 rue Gorge de Loup
69 009 Lyon
France
T: +33 4 72 53 73 10

SARL au Capital de 352000 €
RCS Lyon 440 602 282
N° TVA Intracommunautaire FR80440602282

Golder Associates, société détenue par ses employés avec plus de 50 ans d'expérience, a pour objectif de contribuer au développement de la Terre tout en préservant l'intégrité de la Terre. Nous fournissons des solutions qui aident nos clients à atteindre leurs objectifs de développement durable par la proposition d'un large éventail de services indépendants de conseil, de conception et de construction dans nos domaines de spécialité liés à la terre, à l'environnement et à l'énergie.

Pour plus d'information, rendez-vous sur le site golder.com

Afrique	+ 27 11 254 4800
Asie	+ 86 21 6258 5522
Océanie	+ 61 3 8862 3500
Europe	+ 44 1628 851851
Amérique du Nord	+ 1 800 275 3281
Amérique du Sud	+ 56 2 2616 2000

solutions@golder.com
www.golder.com

Golder Associates sarl
31 rue Gorge de Loup
69 009 Lyon
France
T: +33 4 72 53 73 10

SARL au Capital de 352000 €
RCS Lyon 440 602 282
N° TVA Intracommunautaire FR80440602282