

# PARTIE 1 - NOTE D'ANALYSE DES RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCTION .....</b>                                     | <b>1</b>  |
| <b>2. CONTEXTE GEOTECHNIQUE GENERAL.....</b>                     | <b>1</b>  |
| <b>3. RISQUE SISMIQUE .....</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>4. OUVRAGES .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>4.1 Emissaire</b>   | <b>3</b>  |
| 4.1.1 Bathymétrie  | 3         |
| 4.1.2 Géotechnique   | 3         |
| 4.1.3 Conduite – dispositions constructives                      | 3         |
| <b>4.2 Franchissement du boulevard de la plage</b>               | <b>4</b>  |
| 4.2.1 Contexte géologique et hydrogéologique                     | 4         |
| 4.2.2 Eléments de conception et de méthodologie de réalisation   | 4         |
| 4.2.3 Conclusion sur la mission géotechnique                     | 6         |
| <b>4.3 Bassin de stockage et station de pompage</b>              | <b>6</b>  |
| 4.3.1 Contexte géologique et hydrogéologique                     | 6         |
| 4.3.2 Eléments de conception et de méthodologie de réalisation   | 6         |
| 4.3.3 Conclusion sur la mission géotechnique                     | 8         |
| <b>4.4 Franchissement de la Cagne</b>                            | <b>9</b>  |
| 4.4.1 Contexte   | 9         |
| 4.4.2 Dispositions constructives :                               | 9         |
| 4.4.3 Conclusion et complément de sondage                        | 9         |
| <b>4.5 Conduites, de la Cagne jusqu’aux voies SNCF</b>           | <b>10</b> |
| 4.5.1 Contexte géologique et hydrogéologique                     | 10        |
| 4.5.2 Eléments de conception et de méthodologie de réalisation   | 10        |
| 4.5.3 Conclusion sur la mission géotechnique                     | 11        |
| <b>4.6 Franchissement de la voie SNCF</b>                        | <b>12</b> |
| 4.6.1 Contexte géologique et hydrogéologique                     | 12        |
| 4.6.2 Conception des fosses d’entrée et de sortie                | 12        |
| 4.6.3 Passage en microtunnelier                                  | 13        |
| 4.6.4 Conclusion sur les investigations pour franchissement SNCF | 14        |

## 1. INTRODUCTION

Le présent document comprend pour chacun des ouvrages principaux du projet de la STEP de Cagnes-sur-Mer:

- Une synthèse géotechnique de la zone
- Des éléments de niveau faisabilité sur la conception et les méthodes de réalisation des ouvrages en lien avec la géotechnique
- Un point sur les résultats des essais et rapport de mission géotechnique G11/G12 en vue de l'étude d'avant-projet,
- Les compléments éventuels à apporter et essais complémentaires.

Ce document a pour but de faire l'analyse des éléments géotechniques à disposition et de fixer le cadre des reconnaissances géotechniques complémentaires à mener.

## 2. CONTEXTE GEOTECHNIQUE GENERAL

Le projet global se situe au niveau des formations alluvionnaires récentes de la Cagne : limons, sables et galets.

Trois grandes zones peuvent être caractérisées :

- A l'Est de la Cagne, les terrains sont graveleux et constitués d'une épaisseur de limon argilo-sableux à quelques galets sur 4-5 m, de sables limoneux à nombreux galets jusqu'à plus de 35 m de profondeur
- A l'Ouest de la Cagne, les terrains sont limono-sableux à argilo-sableux, légèrement graveleux par endroit.
- Au niveau du passage SNCF, les terrains sont argilo-sableux à quelques graves et galets jusqu'à plus de 10 m de profondeur.

Les spécificités géotechniques propres à chaque ouvrage sont détaillées dans chacun des paragraphes les concernant.

## 3. RISQUE SISMIQUE

Le territoire national est divisé en 5 zones de sismicité, allant de 1 (zone d'aléa très faible) à 5 (zone d'aléa fort). L'aléa sismique sur Cagnes-sur-Mer est considéré comme moyen (zone 4).

La catégorie d'importance des ouvrages dépend de la destination de l'ouvrage. Les coefficients d'importance attachés à chaque catégorie sont également définis dans les arrêtés.

Les normes sismiques sont orientées bâtiments et sécurité des personnes.

En d'autres termes, s'il ne s'agit pas d'un bâtiment, pour rester cohérent avec l'esprit du texte, le classement de l'ouvrage doit se faire selon les risques encourus aux personnes.

Dans le contexte du projet, la volonté de la prise en compte des charges sismiques dans le dimensionnement des ouvrages peut être motivée par :

- protéger au mieux les ouvrages et éviter la ruine des ouvrages en cas de séisme d'un niveau de sollicitation de zone 4
- limiter le déversement accidentel d'eaux usées dans la nappe en cas de séisme

Le choix de la Maîtrise d'Ouvrage pour le projet doit donc se porter :

- sur la prise en compte ou non du séisme dans le dimensionnement des ouvrages ;
- en cas de prise en compte, classer les ouvrages selon l'importance considérée à leur égard. Il pourrait par exemple s'agir de classer les ouvrages comme ouvrages à risque normal (ORN) de catégorie I : dans ce cas et conformément à l'Eurocode 8, la prise en compte du risque sismique n'est pas obligatoire. Toutefois, pour prévenir la ruine des ouvrages, il est possible de les dimensionner via le coefficient d'importance associé à cette catégorie.

A noter que la prise en compte du risque sismique au travers du choix d'une catégorie d'ouvrage a un impact non négligeable sur le dimensionnement et le coût des ouvrages.

Par ailleurs, elle impose une analyse du risque de liquéfaction des sols. Il apparaît cependant au travers des essais réalisés, qu'aucun échantillon analysé ne semble sujet à ce type de phénomène. La nature graveleuse des sols et leur bonne compacité permet, à ce stade des études, d'écarter le risque de liquéfaction le long du tracé et au droit des futurs ouvrages profonds sur le site de la STEP existante.

Proposition de l'assistant au maître d'ouvrage :

- ne pas retenir le risque sismique pour les ouvrages enterrés, notamment en raison de l'absence de risque de liquéfaction des sols ;
- dimensionnement sismique sur toutes les émergences hautes et bâtiments ;

## 4. OUVRAGES

### 4.1 EMISSAIRE

#### 4.1.1 Bathymétrie

Du bas de la plage jusqu'à l'extrémité de l'émissaire, la profondeur varie de 1 à 100 m. Jusqu'à 15 m de profondeur, la pente des fonds est relativement linéaire et propose une pente de l'ordre de 2%. Au-delà de ce point, la pente augmente et atteint une valeur moyenne de l'ordre de 30%.

#### 4.1.2 Géotechnique

Au niveau de la plage, les sols en place sont composés d'une couche de galets d'une épaisseur de 4 m surmontant une couche de sable gris à nombreux galets. Sur la plage, les carottes laissent apparaître des galets non fracturés de tailles modestes ce qui rend à priori possible le battage des palplanches.

Des observations ont d'ores et déjà permis de mettre en exergue une bande de galets depuis la plage, puis du sable jusqu'aux alentours de 5 à 6 m de profondeur. Au-delà, le fond est constitué de sable vasard puis de vase.

*Nota : Des reconnaissances spécifiques ont été réalisées semaine 17 le long de l'émissaire pour caractériser les sols. Les résultats sont intégrés au rapport des études complémentaires.*

*Les retours de ces investigations montrent une épaisseur importante sablo-vaseuse avec des couches limoneux sableuses de faible portance, jusqu'à une profondeur de – 100 m. On notera un passage singulier avec substrat dur de type galets autour de l'isobathe 9-10m.*

#### 4.1.3 Conduite – dispositions constructives

Sur les 100 premiers mètres linéaires, l'émissaire est mis en place entre deux rideaux de palplanches. Ces derniers permettront l'excavation du terrain sur près de 3 m afin d'ensouiller la conduite dans du sable. Un espacement de l'ordre de 4 m des rideaux devrait permettre de les retirer sans endommager la conduite une fois les travaux achevés. Si cette dépose s'avérait trop délicate, un recépage au niveau du fond reste possible.

Au bout de 80 m linéaire, les fonds atteignent une profondeur entre 4 de 4.5 m. Les palplanches présenteront alors une hauteur totale de l'ordre de 15 m.

Entre 80 et 160 mètres linéaires, la conduite est ensouillée de son diamètre. Ainsi, une excavation d'environ 2 m de large et 1 m de profondeur est à prévoir. Il est raisonnable d'envisager des talus à 3H/1V minimum pour relier le fond de fouille au terrain naturel.

Enfin, au-delà, à partir de 6 m de profondeur, il est envisageable de considérer qu'avec un lestage suffisant, la conduite pourra se positionner sous l'action de son poids propre, sans prévoir de souille. Cette hypothèse est à confirmer après réception des caractéristiques géotechniques du sol. Toutefois, il est à noter que l'ensouillage permet principalement de se prémunir au moins en partie des actions de la houle. Ainsi, à des profondeurs de plus de 6 m, il peut être considéré que l'action de la houle devient plus limitée et la nécessité de l'ensouillage diminue progressivement.

A noter par ailleurs qu'à des profondeurs supérieures à 30 m, l'intervention de plongeurs devenant délicate, un système de lest est à privilégier par rapport à un système d'ancrage.

## **4.2 FRANCHISSEMENT DU BOULEVARD DE LA PLAGE**

### **4.2.1 Contexte géologique et hydrogéologique**

Côté ville (nord), à l'arrière de la route, le sondage carotté SC4 a été mené jusqu'à 5m de profondeur et montre des galets de petites tailles et la présence d'une matrice argileuse à partir de 4m. Le carotté SC5 montre un sol constitué de galet à matrice argileuse.

Côté plage (sud), le pressiomètre SP1 réalisé confirme la présence d'une couche de galets jusqu'à 4.20m puis une couche de sables gris à nombreux galets jusqu'à 10m de profondeur.

Les caractéristiques de sol de la zone sont moyennes. Cela peut s'expliquer par une faible compacité de ce sol.

Le niveau de la nappe correspond dans la zone au niveau de la mer. Elle est proche du terrain naturel.

### **4.2.2 Eléments de conception et de méthodologie de réalisation**

#### **4.2.2.1 Conception des fosses d'entrée et de sortie**

La fosse d'entrée permet la mise en place du micro-tunnelier avant réalisation du tir. La fosse de sortie permet de récupérer l'engin. Elles doivent intégrer un soutènement sur leur pourtour qui garantira sa stabilité lors des travaux.

Les fosses devront être dimensionnées pour un tir de diamètre intérieur 1400mm. La largeur indicative maximale devrait être de 6.0m environ. Leur longueur est inhérente au micro-tunnelier mis en œuvre et devrait être au maximum de 9.0m.

Le soutènement des fosses peut être composé de différentes manières. Cela peut être un rideau de palplanches. Dans ce cas, il faut éviter le battage pour des problèmes de bruit en zone urbaine et le vibro-fonçage doit être bien maîtrisé pour ne peut pas créer de désordre sur les avoisinants (distance minimale à respecter, mise en place de capteur avec seuil d'alerte...)

Le vérinage de palplanches (technique de mise en œuvre douce) permet de palier ce problème mais la présence de galets et de rochers en sous-sol risque d'entraîner des refus prématurés des palplanches. Elle ne semble donc pas à préconiser dans le contexte de la plage.

Une technique par paroi moulée peut également être envisagée. Elle coûte généralement plus cher que les palplanches et peut paraître un peu luxueuse pour des ouvrages provisoires, mais permet une bonne sécurisation des enceintes. Des injections préalables à la réalisation des parois pourraient s'avérer nécessaire.

Il est également possible de prévoir des puits en pieux sécants, technique de coût moins élevé que la paroi moulée.

Dans ces 2 derniers cas, un recépage des ouvrages de sortie sera nécessaire pour rendre son état initial à la plage.

Des soutènements non étanches (berlinoise, ...) ne sont pas compatibles avec le projet compte tenu des venues d'eaux attendues.

#### 4.2.2.2 Passage en micro-tunnelier

| Identification du risque   | Présence du risque / commentaire  |
|--|---|
| Présence de vide, de dolines ou de phénomènes karstiques   | non identifié sur le site   |
| Présence de couches de terrains compressible ou de zones décomprimées ou sans cohésion                               | Oui – Couche de galets  |
| Présence d'écoulements d'eau souterraine au dessus de la base de la canalisation / Présence d'une nappe phréatique : | Oui – Présence de la mer et de la Cagne à proximité                       |
| Présence de couches de terrain bouillant   | Oui – Présences de couches de galets – matrice argileuse + ou – présentes |
| Présence de blocs rocheux  | Possible – Galets de petites tailles identifiés à ce jour – aléa faible   |
| Présence de matériaux abrasifs   | Oui – Essais complémentaires d'abrasivité prévus                          |
| Présence de terrains collants, gonflants ou susceptible de contaminée un fluide de forage à la bentonite             | Non   |
| Présence d'obstacle artificiel :   | Pas de structure connue actuellement                                      |

*NOTA : Ce tableau figure également sous une forme légèrement différente au §4.5. de l'étude géotechnique de ERG.*

### **4.2.3 Conclusion sur la mission géotechnique**

Les essais géotechniques réalisés sont suffisants pour aborder une phase d'avant-projet. Des essais d'abrasivité et de dureté sont prévus d'être menés en complément. Le suivi piézométrique sera prolongé.

Les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade d'avant-projet ont été affinées dans la dernière version, avec des valeurs de calcul pour le projet de passage sous le boulevard de la plage.

L'identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences sont fournies pour les fosses et le passage en tunnelier.

## **4.3 BASSIN DE STOCKAGE ET STATION DE POMPAGE**

### **4.3.1 Contexte géologique et hydrogéologique**

Les sondages géotechniques environnants SP3 et SC5 attestent d'une couche supérieure d'une dizaine de mètres composée de galets dans une matrice argilo-sableuse. Elle surmonte un terrain constitué de sable gris à galets. Ces sondages sont éloignés de 35 m de l'emplacement du futur ouvrage. Dans la mesure où ce dernier est situé à proximité de la Cagne, et compte tenu du contexte géotechnique général, le risque de rencontrer des singularités géotechniques à cet endroit existe. C'est pourquoi, nous proposons de réaliser des reconnaissances géotechniques complémentaires au droit de l'implantation de l'ouvrage pour lever cet aléa. Il conviendra en particulier de définir des valeurs précises des différents paramètres géotechniques caractérisant les sols in situ et non des fourchettes de valeurs.

Le niveau de la nappe semble se situer aux alentours de +0,70 m NGF. Du fait de la proximité de la Cagne, il apparaît toutefois nécessaire d'effectuer un suivi piézométrique au droit du futur ouvrage. Le niveau de la nappe est en effet un paramètre majeur dans la détermination des sous-pressions et la vérification des états limites de Boullance et de Renard.

### **4.3.2 Eléments de conception et de méthodologie de réalisation**

#### **4.3.2.1 Bassin de stockage**

Le bassin de stockage est une structure circulaire en béton armé. Il présente un diamètre extérieur d'environ 20 m et se compose d'un radier, d'une colonne centrale ainsi que d'une dalle supérieure permettant le recouvrement de l'édifice.

Au regard de la géotechnique et des contraintes de projet, la structure circulaire du bassin pourra être réalisée en paroi moulée (ou sa variante en pieux sécants). Compte tenu de la présence d'eau et du caractère graveleux des sols, des injections au coulis de ciment de part et d'autre de la paroi avant sa réalisation pourraient s'avérer nécessaires. Ces dernières permettront ainsi de limiter les fuites de boue de bentonite lors de l'excavation.

Les phénomènes de Boulance et de Renard devront impérativement être pris en compte dans le dimensionnement des parois moulées, et pourraient conduire à des longueurs totales de paroi de l'ordre de 25m à 30 m.

Après réalisation de cette dernière, la nappe sera rabattue et le radier réalisé. A cette étape, la mise en place d'un drain et d'un pompage sous le radier sera nécessaire pour assurer sa stabilité. Une pré-estimation des débits de pompage donne un débit théorique de l'ordre de 200 à 300 m<sup>3</sup>/h. Ces résultats se basent toutefois sur une perméabilité mesurée au niveau du sondage SC6, sur l'autre rive de la Cagne. Ces valeurs seront précisées par les compléments d'essais programmés en mai et juin 2012.

Lorsque que le dispositif de pompage sera retiré, le radier sera soumis à d'importantes sous-pressions, de l'ordre de 5000 t. Ainsi, le poids de l'ouvrage à lui seul ne permettra pas nécessairement de justifier son équilibre global vis-à-vis de ces dernières, sauf à épaissir volontairement certains éléments. Néanmoins, le développement d'un frottement latéral le long des parois moulées permettra de reprendre une partie de ces sous-pressions et d'optimiser l'ouvrage. Pour se faire, l'évaluation précise de l'angle de frottement de sol au droit de l'ouvrage est nécessaire : celui-ci doit être appréhendé avec soin.

Par ailleurs, les sous-pressions transitent également par une partie du radier pour venir comprimer la colonne centrale du bassin. Ces efforts sont estimés à près de 1500 t et solliciteront par suite la dalle supérieure de l'ouvrage engendrant ainsi des moments fléchissants considérables pour une telle structure. Pour s'affranchir de cette problématique, des solutions par micropieux forés et injectés ou par tirants sont possibles. Ils seraient sollicités en traction pour de faibles niveaux d'eau dans le bassin. Le nombre de pieux ou tirants est lié à leur dimensionnement propre. L'implantation de ces ancrages dans le radier pourrait se faire selon une maille de 1,5m x 1,5m à une maille de 4,0m x 4,0m environ selon le type d'ancrage.

#### **4.3.2.2 Station de pompage**

Les problématiques qui se posent au niveau de la station de pompage sont les mêmes que celles du bassin de stockage. Il paraît intéressant d'utiliser le même procédé pour réaliser la station que pour le bassin tampon. En effet, cela permet d'amortir le coût fixe d'aménage-repli du matériel sur un volume de travaux plus important.

Les reconnaissances géotechniques complémentaires sont prévues au niveau du bassin, elles permettront de mieux cadrer le contexte géotechnique (proximité de la Cagne).

Compte-tenu du niveau du radier de la station, les sous-pressions attendues sont moindres que pour le bassin de stockage : de l'ordre de 6 t/m<sup>2</sup> au niveau des points bas de l'ouvrage. Cela devrait permettre de s'affranchir de l'utilisation de micropieux d'ancrage.

La vérification des états-limites ultimes de Boulance et de Renard lors de la réalisation des travaux nécessitera des parois d'une longueur totale indicative de l'ordre de 12 m.

Une fois ces parois moulées réalisées, éventuellement à l'aide d'injections pour éviter une dispersion de la boue de bentonite, la nappe sera rabattue afin de réaliser le radier de l'ouvrage. Ce dernier devra être solidement ancré dans la paroi moulée pour éviter tout phénomène de soulèvement hydraulique global du fait des sous-pressions et permettre la reprise d'efforts tranchants importants.

### **4.3.3 Conclusion sur la mission géotechnique**

Les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade d'avant-projet figurent dans le rapport géotechnique pour le projet de station de pompage et bassin de stockage. Les valeurs seront confirmées par les essais complémentaires programmés en mai 2012.

L'identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences sont fournies de façon générale. Les dispositions constructives doivent être appréhendées plus en détail : (contraintes liés à la réalisation de paroi moulée et de pieux notamment).

Pour compléter les résultats obtenus lors de la mission géotechnique et conformément à ses préconisations, nous proposons de réaliser les compléments de sondages suivants :

- 1 sondage pressiométrique de 25m de profondeur sous les futurs ouvrages (biais)
- 1 sondage carotté de 25m de profondeur
- 1 essai de perméabilité par couches caractéristiques
- Mise en place d'un piézomètre / relevé mensuel, après fortes pluies, lors de crue de la Cagnes ou d'un niveau de mer élevé
- Essais labo : granulo / sédimento, valeur au bleu, triax ou cisaillement, classement GTR
- Positions X, Y, Z des essais

## 4.4 FRANCHISSEMENT DE LA CAGNE

### 4.4.1 Contexte

3 sondages sont disponibles au voisinage de la zone (SC6, PD3 et SP1/CEBTP à 75 m au nord de la traversée). Le sondage le plus significatif pour cette zone est le sondage carotté SC6. Réalisé sur la rive gauche de la Cagne, il atteste d'une alternance d'argile et de limon sur environ 4 m puis de galets à matrice argilo-sableuse sur au moins 1 m d'épaisseur. Aucune information n'est disponible pour des profondeurs plus importantes. La base de la conduite étant positionnée à la cote -2,0 m NGF, un sondage géotechnique complémentaire sur les risbermes au droit du passage de la conduite permettrait de préciser les débits d'exhaure possible en phase travaux. Un sondage complémentaire est prévu sur ce point.

### 4.4.2 Dispositions constructives :

Il est proposé de franchir la Cagne par la réalisation d'une tranchée ouverte via la mise en place d'un batardeau en amont de la rivière et restitution du débit à l'aval par pompage.

Pour éviter d'avoir des débits trop importants à pomper, il apparait judicieux de réaliser les travaux en période d'étiage.

Afin de limiter les venues d'eau, un double rideau de palplanches pourrait être mis en place. Sur l'hypothèse d'une présence de galets de petites tailles, dans la continuité de ceux observés en fin de sondage SC6, les palplanches ne devraient pas présenter de refus prématuré au battage (longueur indicative d'environ 10 m). Dans la mesure où la Cagne ne présentera pas une hauteur d'eau suffisante pour réaliser un battage depuis une barge flottante, les palplanches seront mises en œuvre par vibrofonçage depuis les berges. La faisabilité d'un battage depuis la rive reste à confirmer.

D'autres dispositions constructives pourraient également être envisagées, telles que la mise en place de batardeaux étanches amont et aval, de panneaux de blindages par havage avec puits de pompage amont, palfeuilles. La mise en place de tels dispositifs et la gestion du pompage doit prendre en considération la stabilité des avoisinants.

### 4.4.3 Conclusion et complément de sondage

Un sondage complémentaire à 8 m de profondeur est prévu sur la partie basse des berges de la Cagne, pour préciser les dispositions constructives.

## 4.5 CONDUITES, DE LA CAGNE JUSQU' AUX VOIES SNCF

### 4.5.1 Contexte géologique et hydrogéologique

Les conduites se situent entre 1,50 m et 2,50 m sous le terrain naturel. Elles seront positionnées sur une assise de sable d'une épaisseur de 20 cm.

En certains points, et notamment au Nord de l'hippodrome, la nappe phréatique se situe à une profondeur d'environ 1 m à 1,50 m. Dès lors, au niveau de certaines zones, de l'eau sera naturellement présente dans les tranchées.

Les sondages géotechniques disponibles attestent de terrain variés :

- A proximité de la Cagne : une alternance d'argiles limoneuses à graves et de limons à graves
- Au niveau du sondage SP4 : des limons sableux à petits galets sur 3 m de profondeur (le sondage s'arrête à ce niveau)
- Au Nord-Ouest de l'hippodrome : des limons argileux gris
- A proximité de la voie SNCF : des argiles limoneuses à sable surmontant des limons sableux à galets

### 4.5.2 Eléments de conception et de méthodologie de réalisation

#### 4.5.2.1 Principes de mise en œuvre

Trois configurations sont alors à étudier :

- La surface de la nappe phréatique se situe plus bas que le fond de fouille. Dans ce cas, un blindage classique de tranchée pourra être utilisé.
- La surface de la nappe phréatique se situe au dessus du fond de fouille et les terrains sont à dominante argileuse. Il pourrait s'agir alors de réaliser la tranchée entre un double rideau de palplanches butonné. Un pompage sera mis en place pour permettre un travail à sec. Un point de rejet est à prévoir. Par la suite, il conviendra de procéder au retrait des palplanches avec précaution de façon à ne pas endommager la canalisation préalablement posée. A noter également qu'en présence d'argiles, un phénomène de retrait-gonflement peut intervenir lors du pompage. Une attention particulière sera donc portée sur les ouvrages avoisinants.

- La surface de la nappe phréatique se situe au dessus du fond de fouille et les terrains ne sont pas argileux. La tranchée pourra être réalisée entre un double rideau de palplanches butonné. Un pompage est également mis en place mais les volumes à extraire seront supérieurs que dans le cas précédents. Néanmoins, la différence des hauteurs piézométriques étant au maximum de l'ordre de 1 m à 1,50 m, les débits attendus demeureront raisonnables. Là encore, il conviendra de porter une attention particulière au retrait des palplanches de façon à ne pas endommager la canalisation préalablement posée.

#### 4.5.2.2 Sujétions particulières

##### Hippodrome :

Pour limiter les nuisances liées à la mise en place de palplanches dans l'enceinte de l'hippodrome, la tranchée pourrait être réalisée à l'intérieur d'un caisson havé avec mise en fiche de palfeuilles, drainage contrôlé du fond de fouille depuis un puits ou au moyen de pointes filtrantes. Dans cette zone, il y a peu d'avoisinants sensibles autour des zones de travaux. Dans ces conditions une attention particulière sera à apporter sur la gestion des eaux exhaures et des éventuels phénomènes de boulangerie (dans le cadre d'une mission G4 de suivi par exemple).

La partie du chantier située la plus à l'est de l'hippodrome sera partiellement sous nappe. Il est recommandé de réaliser ce tronçon en période sèche avec des niveaux de nappe plus faibles (septembre, octobre).

##### Rue de la Foux, JFK :

Au niveau de la rue de la Foux, des croisements avec l'allée des Bouleaux et le boulevard JFK, le projet croquera un nombre important de réseaux. Ce type de croisement ne se prête pas toujours à la mise en œuvre de palplanches fichées. Aussi, des variantes constructives pourront être mises en œuvre : caissons havés à l'intérieur d'une enceinte de palfeuilles ou de caisson avec guide palplanches avec drain en fond de fouille, terrassement par havage par plots en 3 postes etc... Dans ces conditions une attention particulière sera à apporter sur la gestion des eaux exhaures vis-à-vis des avoisinants et des éventuels phénomènes de boulangerie.

#### 4.5.3 Conclusion sur la mission géotechnique

A ce stade de l'étude, le nombre de piézomètres le long de l'implantation des canalisations et les essais géotechniques réalisés apparaissent suffisants pour aborder une phase d'avant-projet. Les niveaux piézométriques devront toutefois être relevés régulièrement jusqu'aux travaux et notamment :

- Pour des hauts niveaux de mer
- En période de fortes pluies ou de crues de la Cagne

## 4.6 FRANCHISSEMENT DE LA VOIE SNCF

### 4.6.1 Contexte géologique et hydrogéologique

La géotechnique de la zone est composée de couches argilo-limoneuse avec une intercalation de couches sableuses, graveleuses ou limoneuses (passages sableux et présence de nombreux galets). Les caractéristiques mécaniques de ces matériaux sont plus faibles côté hippodrome que côté sud.

L'argile selon le carotté SC1 (le plus proche de la fosse côté STEP) se caractérise par un indice de plasticité  $I_p=20$ . L'argile du sondage SC2 a un  $I_p=33$ , montrant une sensibilité forte à l'eau (argile gonflante et collante).

Le niveau de la nappe semble se positionner en situation normale à +3.50m NGF. Des fluctuations de ce niveau sont possibles en période de fortes pluies ou de remontée du niveau de la mer. Les sites ne sont pas en zones inondables. La limite de la zone d'aléa moyen au sud de l'hippodrome donne un niveau de crue centennale à +4.5m NGF, on peut supposer que le niveau de nappe au niveau des puits ne devrait pas dépasser cette valeur.

### 4.6.2 Conception des fosses d'entrée et de sortie

La fosse d'entrée permet la mise en place du micro-tunnelier avant réalisation du tir. La fosse de sortie permet de récupérer l'engin. Elles doivent intégrer un soutènement sur son pourtour qui garantira sa stabilité lors des travaux.

Les fosses devront être dimensionnées pour deux tirs de 1100mm. La largeur indicative devrait être de 7.50m environ. Leur longueur est inhérente au micro-tunnelier mis en œuvre et devrait être au maximum de 9.0 m.

Le soutènement des fosses peut être composé de différentes manières. Cela peut être un rideau de palplanches. Néanmoins, les fosses sont situées à une quinzaine de mètres des voies SNCF existantes, il faut veiller à rester en dehors du cône de stabilité des pentes du talus SNCF, ensuite les prescriptions SNCF indiquent que le vibro-fonçage et le battage (techniques vibratoires) sont prohibés à moins de 50m des ouvrages concernés, sauf à démontrer la non interaction avec ces ouvrages (études de vibration spécifique à la zone).

Dans ce cadre, le vérinage de palplanches (technique de mise en œuvre douce) permettrait de palier ce problème. Les qualités moyennes de sols sous-jacents et la taille maximale des galets (de l'ordre de 10cm selon le rapport géotechnique ERG) doivent permettre l'utilisation de cette technique. Cependant, en cas de rencontre d'un bloc plus gros, le risque de refus est important avec cette technique. Néanmoins l'aléa reste faible. Le coût de cette technique est également plus élevé que du battage classique.

Une technique par paroi moulée peut également être envisagée. Elle coûte généralement plus cher que les palplanches et peut paraître un peu luxueuse pour des ouvrages provisoires, mais permet une bonne sécurisation des enceintes. Ensuite, la mise en œuvre d'une telle technique sur le terrain de l'hippodrome paraît difficilement compatible avec les contraintes propres à l'exploitation de l'hippodrome (emprise importante, circulation de chantier avec engins à fort gabarit telle que les bennes à câbles, gestion des boues bentonitique,...)

Il est également possible de prévoir des puits en pieux sécants, technique de coût moins élevé que la paroi moulée. L'étanchéité peut être de moins bonne qualité également, mais cela n'est pas problématique dans le contexte du projet, la nappe devant être en situation normale pratiquement au niveau du radier des fosses.

Des fosses non étanches (berlinoise, ...) n'ont pas été retenues en première approche car le niveau de la nappe est susceptible de remonter à tout moment et il serait pris le risque dans ce cas de noyer la fosse.

Dans tous les cas, le pompage en phase travaux ne devra pas modifier les lignes piézométriques actuelles. Au regard des perméabilités fortes dans la zone et des petites surfaces d'emprise des fosses, les pompages en phase travaux seront faibles et devraient avoir à ce titre un impact limité.

#### 4.6.3 Passage en microtunnelier

La géotechnique semble assez similaire de part et d'autre de la voie, avec néanmoins des caractéristiques mécaniques un peu plus faibles au sud, ce qui ne privilégie pas un sens de tir en particulier. Deux possibilités de réalisation sont envisageables :

- 1<sup>er</sup> tir ouest-est / retournement du micro-tunnelier en fosse est / 2<sup>ème</sup> tir est-ouest
- 1<sup>er</sup> tir ouest-est / réception et transport de la tête du micro-tunnel à la fosse ouest / 2<sup>ème</sup> tir ouest-est

La 2<sup>ème</sup> solution avec puits d'entrée commun sur le site de la nouvelle STEP a été retenue car elle permet de ne pas avoir d'installations de chantier (bentonite, traitement des boues...) sur le terrain de l'hippodrome et d'y limiter les interventions en phase de travaux et les emprises.

| Identification du risque   | Présence du risque / commentaire   |
|--|--|
| Présence de vide, de dolines ou de phénomènes karstiques   | non identifié sur le site  |
| Présence de couches de terrains compressible ou de zones décomprimées ou sans cohésion                               | oui  |
| Présence d'écoulements d'eau souterraine au dessus de la base de la canalisation / Présence d'une nappe phréatique : | nappe normalement en dessous du projet – Ecoulement en période de pluie.   |
| Présence de couches de terrain bouillant   | Faible cohésion. Boullance éventuelle si banc graveleux importants, ce qui n'est pas le cas sur les carottés réalisés.   |
| Présence de blocs rocheux  | Aléa faibles – Uniquement galets de petites tailles identifiées à ce jour  |
| Présence de matériaux abrasifs   | Possible dans les inter-bancs graveleux avec galets  |
| Présence de terrains collants, gonflants ou susceptible de contaminée un fluide de forage à la bentonite             | Oui-Les essais effectués sur la carotté SC1 à proximité montre une argile moyennement active, mais présence d'argile active sur la carotte SC3. Les risques liés à ce type de sol est le collage de l'argile sur les roues de coupes et le colmatage du circuit de marinage. Des solutions peuvent être mise en œuvre pour limiter ces phénomènes (injection d'eau sous pression, etc...). |
| Présence d'obstacle artificiel :   | pas de structure connue actuellement- Projet de future fibre optique et projet de 3ème voie SNCF   |

*NOTA : Ce tableau figure également sous une forme légèrement différente au §4.5. de l'étude géotechnique de ERG.*

#### 4.6.4 Conclusion sur les investigations pour franchissement SNCF

Les essais géotechniques réalisés sont suffisants pour aborder une phase d'avant-projet. Le suivi piézométrique doit néanmoins être poursuivi.

Les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade d'avant-projet sont indiquées par ERG dans son rapport, pour cet ouvrage, en particulier dans les chapitres 4.2.5 et 4.5..

L'identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences sont fournies de façon générale pour les fosses, le micro-tunnelage, sur les techniques de pompage en phase travaux et les moyens pour limiter les effets sur les avoisinants dans le contexte du projet. La question des aléas sous les voies SNCF a été appréhendée.

# PARTIE 2- RAPPORT D'ETUDES GEOTECHNIQUES



**NCA**  
**BRL INGENIERIE**

*Projet de raccordement des réseaux EU à la future STEP*  
**CAGNES SUR MER (06)**

**RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET**

| N° DOSSIER |        | 11           | NG | 132 | A            | a | GE | SBt      | VG | PIECE                        | 1/1 | AGENCE | NICE |
|------------|--------|--------------|----|-----|--------------|---|----|----------|----|------------------------------|-----|--------|------|
| 27/04/2012 | 1477b  | S. BOISSENOT |    |     | N. CHEDAL    |   |    | 42+Ann   |    | DEUXIEME DIFFUSION           |     |        |      |
| 05/04/2012 | 1477   | S. BOISSENOT |    |     | N. CHEDAL    |   |    | 37+Ann   |    | PREMIERE DIFFUSION           |     |        |      |
| DATE       | CHRONO | REDACTION    |    |     | VERIFICATION |   |    | nb pages |    | MODIFICATIONS - OBSERVATIONS |     |        |      |

**GEOTECHNIQUE - GEOLOGIE - SONDAGES - EAU - POLLUTION - DECHETS - ENVIRONNEMENT**

**GROUPE E.R.G. Agence NICE - Nice Leader - "Apollo" 62, Route de Grenoble - 06200 NICE - Tél. 04 93 72 90 00 - Fax 04 93 72 90 10**  
**EXEQUITES ETUDES ET RECHERCHES GEOTECHNIQUES - S.A.S. AU CAPITAL DE 368 000 € - SIRET 339 110 611 00045 - CODE NAF 7112B - RC NICE 90 B 00729**

**TOULON (Siège Social)**  
04 94 11 04 90  
la-seyne@erg-sa.fr

**NICE**  
04 93 72 90 00  
nice@erg-sa.fr

**CAVAILLON**  
04 32 50 10 87

**LILLE**  
03 21 64 46 60  
lille@erg-sa.fr

**LYON**  
04 72 80 87 71  
lyon@erg-sa.fr

**NANCY**  
03 83 26 09 02  
nancy@erg-sa.fr

**MARSEILLE**  
04 95 06 90 60  
marseille@erg-sa.fr



## SOMMAIRE

|   |    |
|---|----|
| SOMMAIRE.....   | 2  |
| 1. CONTENU DE LA MISSION.....   | 4  |
| 1.1 Cadre de l'intervention .....   | 4  |
| 1.2 Description du projet .....   | 4  |
| 1.3 Contexte géographique et topographique.....   | 5  |
| 1.4 But de la mission.....  | 5  |
| 1.5 Moyens mis en œuvre.....  | 6  |
| 2. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES .....   | 7  |
| 2.1 Géologie.....   | 7  |
| 2.2 Hydrogéologie .....   | 9  |
| 2.2.1 Niveaux d'eau – Piézométrie.....  | 9  |
| 2.2.2 Première approche de la perméabilité des sols.....  | 10 |
| 2.3 Résultats des essais pressiométriques des sondages SC5, SP1 à SP5 .....   | 12 |
| 2.4 Résultats des essais au pénétromètre dynamique PD1 à PD6.....   | 13 |
| 2.5 Résultats des essais de laboratoire .....   | 14 |
| 3. AVIS SUR LE RISQUE DE LIQUEFACTION DES SOLS SOUS SEISME .....  | 17 |
| 3.1 Préambule .....   | 17 |
| 3.2 Critères physiques.....   | 17 |
| 3.3 Avis sur le risque de liquéfaction des sols en cas d'activité sismique .....  | 18 |
| 3.4 Hypothèses relatives aux règles parasismiques.....  | 18 |
| 4. APPLICATIONS AU PROJET - RECOMMANDATIONS.....  | 19 |
| 4.1 Préambule .....   | 19 |
| 4.2 Synthèse des données hydro-géotechniques proposées au niveau avant-projet.....  | 21 |
| 4.2.1 Franchissement du Boulevard de la Plage (Secteur des sondages SP1, SP2 et SC4) .....  | 22 |
| 4.2.2 Bassin de stockage et station de pompage (Secteur des sondages SP3 et SC5)...   | 23 |
| 4.2.3 Franchissement de la Cagne (Secteur du sondage SC6) .....   | 24 |
| 4.2.4 Conduite de la Cagne jusqu'aux voies SNCF (Secteur des sondages SC6, SC7, SP4 à SP5 et SP1 à SP3 de la campagne de reconnaissance de 2007). ..... | 25 |
| 4.2.5 Franchissement des voies SNCF – Côté Sud (secteur des sondages SP5 et SC7). .....   | 26 |
| 4.2.6 Franchissement des voies SNCF – Côté Nord (secteur des sondages SC1 à SC3, PS2, PS4, PS7 et PS8).....   | 27 |
| 4.3 Mode de fondation du bassin de stockage (radier).....   | 28 |
| 4.3.1 Type - profondeur d'assise.....   | 28 |
| 4.3.2 Contraintes de calcul.....  | 29 |
| 4.3.3 Exemple de calcul de tassements.....  | 29 |
| 4.3.4 Prescriptions particulières concernant la couche d'assise du radier .....   | 30 |
| 4.4 Terrassements - Soutènements.....   | 31 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.4.1   | Tranchées – Puits pour le passage du microtunnelier.....                            | 31 |
| 4.4.2   | Bassin de stockage.....   | 32 |
| 4.5     | Dispositions générales spécifiques aux passages du microtunnelier.....              | 33 |
| 4.6     | Dispositions liées à l'eau (rabattement, drainage, étanchéité, épuisement).....     | 34 |
| 4.6.1   | Tranchées – Puits pour le passage du microtunnelier.....                            | 34 |
| 4.6.1.1 | Données générales.....  | 34 |
| 4.6.1.2 | Première estimation indicative du débit d'exhaure en fond de tranchée.....          | 34 |
| 4.6.2   | Bassin de stockage.....   | 36 |
| 4.6.2.1 | Phase travaux (rappels).....  | 36 |
| 4.6.2.2 | Phase définitive.....   | 36 |
| 4.7     | Conditions de mitoyenneté.....  | 37 |
| 4.8     | Assise des canalisations et des regards.....  | 37 |
| 4.9     | Remblayage des tranchées.....   | 37 |
| 5.      | ETUDES GEOTECHNIQUES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES.....                               | 38 |
|         | CLASSIFICATION ET ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE<br>GEOTECHNIQUE..... | 39 |
|         | CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE.....                    | 40 |
|         | CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE.....                    | 41 |
|         | CONDITIONS PARTICULIERES.....   | 41 |
|         | ANNEXES.....  | 42 |

## 1. CONTENU DE LA MISSION

### 1.1 Cadre de l'intervention

A la demande de la société BRL Ingénierie et pour le compte de NCA, la société ETUDES ET RECHERCHES GEOTECHNIQUES a effectué une étude géotechnique d'avant-projet, dans le cadre du projet de raccordement des réseaux entre l'actuelle STEP et la nouvelle STEP, sur la commune de CAGNES SUR MER (06).

### 1.2 Description du projet

Le projet consisterait, d'après les informations communiquées, en la création d'un réseau EU de raccordement entre l'actuelle STEP et le site de la future STEP (site de l'entreprise DTFCA), ainsi que la création d'un bassin de rétention sur le site de l'actuelle STEP (environ 19 m de diamètre).

Le tracé des réseaux de raccordement traversera, d'est en ouest, le boulevard de la Plage, le site de l'actuelle STEP et la rivière de la Cagne, puis empruntera le tracé du chemin de la Foux, traversera l'avenue JF Kennedy puis l'hippodrome, et enfin passera sous les voies SNCF (cf. plan du tracé en annexe).

Les réseaux de raccordement seront principalement mis en place après terrassements en tranchées (secteur hippodrome, chemin de la Foux, extrémité nord-ouest de l'actuelle STEP) ; les traversées du boulevard de la Plage au sud-est du tracé et sous les voies SNCF à l'ouest du tracé seront réalisées par microtunnelier (puits d'entrée et de sortie de part et d'autres des voies).

Les ouvrages projetés dans le cadre de ce projet seront situés aux profondeurs suivantes (ouvrages listés d'est en ouest le long du linéaire projeté) :

| Lieu                                  | Ouvrage                                | Profondeur / terrain actuel (m)<br>[cote fond d'ouvrage m NGF] |
|---------------------------------------|--|--|
| Boulevard de la plage                 | Puits de sortie (plage)                | 3 à 3.5 [-1.4]   |
|                                       | Microtunnelier                         | 2 à 3 [- 1.4]  |
|                                       | Puits d'entrée<br>(sud-est STEP)       | 4.5 à 5 [- 1.4]  |
| STEP (est)                            | Microtunnelier                         | 4.5 à 5  |
| STEP (nord)                           | Bassin de stockage                     | 12 ou 15 [-9 ou -12]   |
| STEP (nord-ouest<br>jusqu'à la Cagne) | Tranchée                               | 4.5 [-1]   |
| Traversée de la Cagne                 | Canalisation en souille                | 1 [-2]   |
| Allée des Bouleaux                    | Tranchée                               | 2.6 [0.0]  |
| Chemin de la Foux                     | Tranchée                               | 2.5 à 3.5 [1.0 à 0.0]  |
| Bd Kennedy                            | Tranchée                               | 3  |
| Hippodrome                            | Tranchée                               | 1.6 à 1.7  |
| Voies SNCF                            | Puits de sortie<br>(hippodrome)        | 5.5 [2.8]  |
|                                       | Microtunnelier                         | 5 à 5.5 [3.7]  |
|                                       | Puits d'entrée<br>(DTFCA /future STEP) | 6 [2.8]  |

Pour réaliser cette étude, BRL nous a transmis les documents suivants :

- un plan topographique (secteur station d'épuration), sans référence, date, ni échelle,
- un plan de raccordement « Vue en plan – Réseaux existants », BRL, réf. 8000273L02-1, mis à jour le 15/09/2011, échelle 1/1000,
- un plan « Bathymétrie – Emissaire », SEGC Topo, réf. 421.02.001, mise à jour décembre 2003, échelle 1/500,
- plans et coupes types des ouvrages (bassin de stockage et ouvrages annexes sur la STEP, tunnelier sous voie SNCF, traversée de la Cagne, traversée JF Kennedy, rentrée Hippodrome), BRL, réf. 800273L04-1 à 6 et 800273L03-3, mis à jour le 02/11/2011, échelle 1/100,
- un rapport d'étude géotechnique G12, CEBTP, réf. CNI2.A429, du 22/10/2010,
- trois études géotechniques réalisées par ERG pour le compte de NCA, réf. n° 05NG007Aa, n° 07NG125Aa et 11NG133Aa.

### **1.3 Contexte géographique et topographique**

---

Le projet de réseaux permettra de raccorder l'actuelle STEP, située à l'angle de la Cagne et du boulevard de la Plage, à la future STEP, située sur l'actuel site de l'entreprise DTFCA, compris entre l'autoroute A8, la RN7 et les voies SNCF.

La topographie du terrain est sensiblement plane le long du tracé, à l'exception de la zone au droit de la Cagne et la partie nord-ouest de l'hippodrome, en légère pente dirigée vers le sud.

D'après les documents qui nous ont été transmis, les cotes altimétriques le long du linéaire étudié sont comprises entre 0 m NGF et 8.5 m NGF.

### **1.4 But de la mission**

---

La présente étude est établie par ETUDES ET RECHERCHES GEOTECHNIQUES dont la mission est, conformément au cahier des charges établi par BRL Ingénierie de :

- déterminer ponctuellement les caractéristiques géomécaniques et la perméabilité du sol au droit de sondages répartis le long du linéaire du projet,
- proposer, dans leurs principes, les solutions de fondation à envisager pour les différents ouvrages.

Cette mission correspond, conformément au cahier des charges, à une étude géotechnique d'avant-projet (prestation référencée G<sub>12</sub>), relative au mode de fondation des ouvrages projetés, suivant le texte de la norme NFP 94-500 des missions types d'ingénierie géotechnique.

## 1.5 Moyens mis en œuvre

Suivant le contrat de prestations de services référencé n° NG110355C-SBt, les investigations suivantes ont été effectuées durant les mois de novembre et décembre 2011 :

- quatre sondages de reconnaissance géologique carottés, notés SC4 à SC7, descendus entre 5 m et 14 m de profondeur (2 à 5 m, 1 à 8 m et 1 à 14 m), permettant notamment le prélèvement d'échantillons intacts de sol pour la réalisation d'essais de laboratoire,
- cinq sondages de reconnaissance géologique destructifs, notés SP1 à SP5, descendus entre 3 m et 35 m de profondeur (1 à 3 m, 2 à 10 m, 1 à 15 m et 1 à 35 m), comportant 44 essais pressiométriques,
- l'équipement en piézomètre (PVC 36/40 mm) des sondages SP2, SP4, SP5 et SC5, avec bouche à clé,
- six essais au pénétromètre dynamique, notés PD1 à PD6, descendus à 6 m de profondeur (PD3), ou au refus, atteint entre 1 m et 4.5 m de profondeur, selon les essais,
- six essais de perméabilité réalisés au droit des sondages SP2, SC4, SC6 et SC7,
- des essais de laboratoire comportant :
  - sept identifications des matériaux (teneur en eau, valeur au bleu ou limites d'Atterberg, densité, analyses granulométriques et sédimentométrique),
  - trois essais triaxiaux CU+U,
  - deux essais de cisaillement CD.

### N.B. :

A l'origine, il était prévu la réalisation d'un sondage carotté de 20 m de profondeur. Mais suite à la rencontre de terrains de nature graveleuse, constitués essentiellement de galets, le sondage carotté SC5 n'a pas pu être prolongé au-delà de 14 m de profondeur (peu de remontées de terrain). Cependant, le sondage a été poursuivi en sondage destructif avec essais pressiométriques afin d'obtenir des caractéristiques géomécaniques des terrains sous-jacents (5 essais au total).

Les résultats obtenus figurent en annexe au présent rapport. Les cotes approximatives des sondages, déterminées à partir du plan topographique fourni, figurent sur les coupes géologiques jointes en annexe.

### N.B. :

La numérotation des sondages suit celles des sondages réalisés dans le cadre du projet de la future STEP à CAGNES SUR MER pour le compte de NCA (rapport ERG d'étude géotechnique d'avant-projet G12 n° 11NG133Aa – cf. extraits en annexe).

## 2. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

---

### 2.1 Géologie

---

La carte géologique au 1/50 000 - feuille de GRASSE-CANNES mentionne que le projet est situé au droit des formations alluvionnaires récentes de la Cagne, constituées de limons, de sables et de galets.

D'après les sondages réalisés, le contexte géologique est hétérogène le long du projet, et peut être caractérisé en trois zones :

- **Zone à l'est de la Cagne** : les terrains situés dans cette zone sont essentiellement graveleux. Ils sont généralement constitués, sous une épaisseur variable de limons argilo-sableux à quelques galets de l'ordre de 4 à 5 m, de sables limoneux à nombreux galets (très forte densité de galets dans certains secteurs (plage notamment)), jusqu'à plus de 35 m de profondeur (cf. coupes des sondages SP1, SP2, SP3, SC4 et SC5),
- **Zone à l'ouest de la Cagne jusqu'aux voies SNCF** : les terrains de cette zone sont plutôt limono-sableux à argilo-sableux, légèrement graveleux selon les secteurs (légèrement graveleux à proximité de la Cagne à faiblement graveleux au niveau de l'hippodrome), et d'une manière générale faiblement compacts, notamment dans le secteur de l'hippodrome (cf. coupes SC7, SP5, SP4 et SC6 ainsi que SP1 à SP3 issus de la précédente campagne de reconnaissance de 2007 (ERG réf. 07NG125Aa – cf. coupes en annexe)),
- **Site amont des voies SNCF** : les terrains de cette zone sont plutôt argilo-sableux à quelques graves et galets jusqu'à plus de 10 m de profondeur (cf. coupe SC1 - rapport ERG réf. 11NG133Aa – coupe en annexe).

La présence de remblais sur des épaisseurs variables est également attendue dans certains secteurs du site, (présence de bâtiments sur le site de l'actuelle STEP par exemple, anciens ouvrages potentiellement enterrés (réseaux, cuves, anciennes substructures, etc...)).

Les profondeurs des terrains reconnus au droit des sondages réalisés sur le site sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

| Sondage                                  | Remblais sablo- graveleux<br><br>Profondeur (m)<br>[Cote NGF approximative] (**) | Argile limoneuse à sableuse et limons sableux à quelques graves et galets<br><br>Profondeur (m)<br>[Cote NGF approximative] (**) | Sables et limons sableux à nombreux galets avec passages en galets denses<br><br>Profondeur (m)<br>[Cote NGF approximative] (**) | Substratum marneux ? Poudingues ? Galets très denses ?<br><br>Profondeur (m)<br>Cote NGF approximative] (**) |
|--|--|--|--|--|
| SP1                                      | (*)  | (*)  | 0 à + de 10  | (*)  |
| SP2                                      | (*)  | 0 à 5.4 [3.8]  | 5.4 à + de 10 [-2]   | (*)  |
| SP3                                      | (*)  | 0 à 4 [2.9]  | 4 à + de 35[-1.1]  | (*)  |
| SP4                                      | (*)  | 0 à + 3  | (*)  | (*)  |
| SP5                                      | (*)  | 0 à + de 15 [8.3]  | (*)  | (*)  |
| SC4                                      | (*)  | (*)  | 0 à 5 [3.8]  | (*)  |
| SC5                                      | (*)  | (*)  | 0 à +de 20 [2.9]   | (*)  |
| SC6                                      | 0 à 1.4 [3.7]  | 1.4 à +de 5 [2.3]  | (*)  | (*)  |
| SC7                                      | (*)  | 0 à + de 8 [8.3]   | (*)  | (*)  |
| SC1 (****)<br>(réf. ERG 11NG133Aa)       | 0 à 0.5 [8.8]  | 0.5 à 10 [8.3]   | (*)  | (*)  |
| SC2 (****)<br>(réf. ERG 11NG133Aa)       | 0 à 0.4  | 0.4 à + de 10  | (*)  | (*)  |
| SC3 (****)<br>(réf. ERG 11NG133Aa)       | 0 à 0.2  | 0.2 à 10   | 10 à 13  | 13 à + de 20   |
| SP2 (****)<br>(réf. ERG 07NG125Aa)       | (*)  | 0 à 22.7 [3.9]   | (*)  | 22.7 à + de 25 [18.8]  |
| SP3 (***)<br>(réf. ERG 07NG1125Aa)       | (*)  | 0 à 20.8 [3.9]   | (*)  | 20.8 à + de 25 [-16.9]   |
| SP1+PZ (****)<br>(réf. CEBTP CNI2.A.429) | (*)  | 0 à 10.6 [4.4]   | (*)  | (*)  |

(\*) : Horizon non décelé au droit du sondage.

(\*\*) : Cotes approximatives du toit de la formation, déduites à partir du plan topographique qui nous a été fourni, lorsque celles-ci sont disponibles.

(\*\*\*) : Sondage réalisé dans le cadre du projet de la future STEP (terrain DTFCA) – issu du rapport ERG n°11NG0133Aa (cf. coupe en annexe).

(\*\*\*\*) : Sondages réalisés dans le cadre d'études antérieures (référence d'étude sous le sondage) – cf. coupes en annexes.

## 2.2 Hydrogéologie

### 2.2.1 Niveaux d'eau – Piézométrie

Lors de notre intervention en novembre et décembre 2011, des niveaux d'eau ont été relevés dans les sondages réalisés. Les sondages SP2, SP4, SP5, SC5 et SC6 ont été équipés en piézomètre.

Trois autres relevés ont été effectués le 08/12/2011, le 16/01/2012 et le 16/02/2012.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats des relevés réalisés sur chaque sondage :

| Date de relevé                                       | Profondeur niveau d'eau /sol (m) |          |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|  | SP1                              | SP2      | SP3      | SP4      | SP5      | SC4      | SC5      | SC6      | SC7      | SC1 (***) |
| entre le 10/11/2011 et le 23/11/2011 (fin de forage) | Eboulé                           | 3.40 (*) | 2.30 (*) | 2.00 (*) | 4.10 (*) | 3.40 (*) | 2.40 (*) | 3.60 (*) | 4.20 (*) | Sec       |
| 08/12/2011   | -                                | (**)     | -        | 2.70     | 4.50     | -        | 2.06     | 3.72     | -        | 6.50      |
| 16/01/2012   | -                                | (**)     | -        | 2.38     | 4.53     | -        | Sec      | 2.78     | -        | 6.68      |
| 16/02/2012   | -                                | 3.45     | -        | 2.34     | (**)     | -        | Sec      | 3.84     | -        | 6.64      |

(\*) : Les niveaux d'eau observés en fin de forage ont pu être faussés par l'utilisation d'eau comme fluide de forage.

(\*\*) : Piézomètre inaccessible.

(\*\*\*) : Sondage SC1 réalisé dans le cadre de l'étude ERG réf. 11NG133Aa (cf. coupe en annexe).

Un suivi piézométrique avait également été réalisé, entre décembre 2007 et avril 2009, dans le cadre de l'étude ERG n° 07NG125Aa sur les sondages SP1 et SP2 équipés en piézomètre (cf. relevés en annexe), implantés au droit de l'hippodrome :

| Date de relevé             | Profondeur niveau d'eau /sol (m) |                          |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
|                            | SP1 (réf. ERG 07NG125Aa)         | SP2 (réf. ERG 07NG125Aa) |
| 01/12/2007 (fin de forage) | 0.85                             | 1.60                     |
| 12/02/2008                 | 0.84                             | (*)                      |
| 12/03/2008                 | 0.76                             | (*)                      |
| 24/04/2008                 | 0.83                             | 1.42                     |
| 12/06/2008                 | 1.06                             | 1.72                     |
| 10/07/2008                 | 1.31                             | 1.89                     |
| 20/08/2008                 | 1.42                             | 1.96                     |
| 29/10/2008                 | 0.91                             | (*)                      |
| 01/12/2008                 | 0.73                             | (*)                      |
| 24/12/2008                 | 0.95                             | (*)                      |
| 05/02/2009                 | 0.61                             | (*)                      |
| 31/03/2009                 | 0.73                             | (*)                      |
| 30/04/2009                 | 0.73                             | (*)                      |

(\*) : Piézomètre inaccessible

Ces niveaux non statiques, correspondent vraisemblablement à ceux d'une nappe qui baigne les formations alluvionnaires, pouvant être en relation avec les rivières qui s'écoulent à proximité (la Cagne, le Loup) et/ou la mer.

Les niveaux relevés ne sont vraisemblablement pas les plus défavorables pouvant se produire ; ils sont susceptibles de remonter à des profondeurs moindres, voire en surface du terrain en périodes climatiques défavorables (rappelons que le terrain de l'hippodrome serait par ailleurs situé en zone ou en limite de zone inondable d'après les informations qui nous ont été communiquées).

Les piézomètres mis en place dans les sondages SP2, SP4, SP5, SC5 et SC6 feront l'objet d'un relevé mensuel sur une période de six mois par ERG. Les résultats seront transmis après chaque relevé.

Les relevés piézométriques périodiques permettront ainsi d'apprécier, en corrélation avec les données METEO France et à l'issue d'une étude hydrogéologique spécifique, les fluctuations de la nappe afin que les concepteurs puissent émettre un avis sur les cotes EN, HE et EE au sens du DTU 14.1.

La présente étude n'aborde pas le problème d'inondabilité du site, qui n'entre pas dans le cadre de la mission d'ETUDES ET RECHERCHES GEOTECHNIQUES.

## 2.2.2 Première approche de la perméabilité des sols

La perméabilité des terrains a été évaluée in situ par essais ponctuels LEFRANC réalisés sous nappe (norme NF P 94-132) et par essais de percolation. Les feuilles de dépouillement des essais réalisés figurent en annexe au présent rapport.

L'interprétation des essais réalisés, conduit à des valeurs de perméabilité relativement élevées globalement comprises entre  $2.6.10^{-6}$  m/s et  $2.3.10^{-3}$  m/s.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

| ESSAIS                   |                           |  |  |                                    |               |
|--------------------------|---------------------------|--|--|------------------------------------|---------------|
| Sondages                 |                           | SC4  | SC6  | SC7                                |               |
| Profondeurs d'essais [m] |                           | [5]  | [4.5- 5]   | [8]                                |               |
| Horizon testé            |                           | Galets et graves dans matrice sablo-limoneuse légèrement argileuse | Galets à matrice argilo-sableuse                 | Argile limoneuse à quelques graves |               |
| RESULTATS                |                           |  |  |                                    |               |
| Type d'essai             | REGIME                    | Méthode d'interprétation   | Résultats des essais de perméabilité $k_L$ (m/s) |                                    |               |
| LEFRANC                  | Permanent                 | -  | -  | $8.7.10^{-4}$                      | -             |
|                          | Transitoire débit non nul | Equation différentielle  | -  | $8.1.10^{-4}$                      | -             |
|                          |                           | Solution équation différentielle                                   | -  | $2.3.10^{-3}$                      | -             |
|                          | Transitoire Débit nul     | Solution équation différentielle                                   | -  | Inexploitable                      | -             |
|                          |                           | Terrain peu perméable  | -  | -                                  | -             |
| PERCOLATION              | -                         | -  | Inexploitable (*)                                | -                                  | $2.6.10^{-6}$ |

(\*) : Terrain très perméable – Remontée d'eau dans le tubage impossible par injection.

| ESSAIS                   |                           |   |  |                               |               |
|--------------------------|---------------------------|---|--|-------------------------------|---------------|
| Sondages                 |                           | SP3                                       | SP3  | SP3                           | SP3           |
| Profondeurs d'essais [m] |                           | [4 – 5.5]                                 | [9.7 - 10]                                       | [15 - 16]                     |               |
| Horizon testé            |                           | Limons argilo-sableux à passages de blocs | Argile limono-sableuse à galets                  | Sables gris à nombreux galets |               |
| Type d'essai             | REGIME                    | Méthode d'interprétation                  | Résultats des essais de perméabilité $k_L$ (m/s) |                               |               |
| LEFRANC                  | Permanent                 | -   | $8.8.10^{-6}$                                    | $3.2.10^{-4}$                 | $1.3.10^{-4}$ |
|                          | Transitoire débit non nul | Equation différentielle                   | $8.5.10^{-6}$                                    | $3.1.10^{-4}$                 | $1.3.10^{-4}$ |
|                          |                           | Solution équation différentielle          | $2.3.10^{-5}$                                    | $8.0.10^{-4}$                 | $6.2.10^{-4}$ |
|                          | Transitoire Débit nul     | Solution équation différentielle          | $1.2.10^{-5}$                                    | $3.0.10^{-4}$                 | $1.0.10^{-4}$ |
|                          |                           | Terrain peu perméable                     | -  | -                             | -             |
| PERCOLATION              | -                         | -   | -  | -                             | -             |

Ces valeurs sont caractéristiques de formations alluvionnaires de nature argilo-graveleuse à sablo-graveleuse et relativement perméables à très perméables au droit des essais réalisés, suivant la proportion de galets en leur sein, mais sont à considérer avec prudence en raison du caractère ponctuel des essais réalisés.

Les perméabilités des terrains du site sont effectivement très hétérogènes, et fonction de la granulométrie des alluvions dans chaque secteur du site.

Notons que des perméabilités comprises entre  $1.6.10^{-6}$  et  $1.4.10^{-4}$  m/s ont également été mesurées au droit des sondages SC1 à SC2 sur le site de la future STEP au sein des formations argilo-limoneuses à sableuses à quelques graves et galets (cf. rapport ERG n° 11NG133Aa).

Rappelons également que des perméabilités de l'ordre de  $8.10^{-6}$  à  $8.10^{-7}$  m/s avaient été mesurées au sein des limons argileux au droit des sondages SP1 et SP2, lors de la précédente campagne de 2007 sur le site de l'hippodrome (cf. rapport ERG n° 07NG125Aa – extraits en annexe).

Seule la réalisation d'essais de pompage permettrait d'évaluer la perméabilité en grand des formations alluvionnaires du site, qui pourrait en première approche être relativement élevée (zone à l'est de la Cagne notamment), compte tenu de la nature graveleuse des terrains rencontrés au droit de certains sondages réalisés.

### 2.3 Résultats des essais pressiométriques des sondages SC5, SP1 à SP5

Les essais pressiométriques réalisés au droit du sondage SC5, en prolongement du sondage carotté, et au droit des sondages SP1 à SP5 ont été exécutés suivant le mode opératoire de la norme NFP 94-110-1. Les grandeurs représentatives des caractéristiques mécaniques des sols testés sont le module de déformation pressiométrique  $E_M$  (MPa) et la pression limite nette pressiométrique  $p^*_1$  (MPa).

Les résultats obtenus figurent sur les coupes géologiques des sondages jointes en annexe.

#### Zone à l'est de la Cagne (sondages SP1, SP2 et SP3)

Les limons argilo-sableux à galets reconnus au droit des sondages SP2 et SP3 jusqu'à environ 4 à 5.4 m de profondeur présentent des caractéristiques mécaniques hétérogènes, relativement faibles à moyennes avec :

$$\begin{aligned} 0.14 \text{ MPa} &\leq p^*_1 \leq 1.12 \text{ MPa} \\ 3.2 \text{ MPa} &\leq E_M \leq 11.6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Les galets à matrice sableuse à argileuse ensuite reconnus jusqu'à environ 10.6 m de profondeur en SP3 et plus de 10 m en SP2, présentent des caractéristiques moyennes à bonnes, voire localement élevées, avec :

$$\begin{aligned} 0.35 \text{ MPa} &\leq p^*_1 \leq + \text{ de } 3.8 \text{ MPa} \\ 4.9 \text{ MPa} &\leq E_M \leq + \text{ de } 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Au-delà, les sables gris à galets présentent jusqu'au terme des sondages SP3 et SC5 (plus de 35 m de profondeur) des caractéristiques moyennes à bonnes avec :

$$\begin{aligned} 0.31 \text{ MPa} &\leq p^*_1 \leq 2.95 \text{ MPa} \\ 5.2 \text{ MPa} &\leq E_M \leq 24.0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### Zone à l'ouest de la Cagne (sondages SP4 et SP5)

Les limons sableux et argiles limoneuses à quelques galets, reconnus au droit des sondages SP4 et SP5 jusqu'à plus de 15 m de profondeur, présentent des caractéristiques mécaniques relativement faibles avec :

$$\begin{aligned} 0.25 \text{ MPa} &\leq p^*_1 \leq 0.75 \text{ MPa} \\ 0.4 \text{ MPa} &\leq E_M \leq 15.6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### N.B. :

Les sondages SP3 et SP2 réalisés au droit de l'hippodrome lors de l'étude de 2007 (cf. rapport ERG n°07NG125Aa et coupes en annexes), avaient également mis en évidence la présence de formations limono-argileuses, présentant de faibles caractéristiques mécaniques jusqu'à plus de 25 m de profondeur (terme des sondages).

#### Site amont des voies SNCF (sondage SC3 - cf. rapport ERG n°11/NG/133Aa) :

Des essais pressiométriques ont été réalisés au droit du sondage SC3 entre 13 et 25 m de profondeur, réalisé dans le cadre du projet de création de la future STEP (cf. rapport ERG n°11NG133Aa), dans les formations compactes à très compactes, voire quasi rocheuses (forte densité de galets ? poudingues ? substratum marneux ?) :

$$\begin{aligned} 0.30 \text{ MPa} &\leq p^*_1 \leq + \text{ de } 3.9 \text{ MPa} \\ 8.5 \text{ MPa} &\leq E_M \leq + \text{ de } 100 \text{ MPa} \end{aligned}$$

**N.B. :**

Des essais au pénétromètre statique PS2, PS4, PS7 et PS8 ont été réalisés à proximité du futur puits dans le cadre du projet de création de la future STEP (cf. rapport ERG n° 11NG133Aa – extraits en annexe).

Les essais PS2, PS4 et PS8 indiquent, sous une épaisseur variable de remblais moyennement compacts à compacts (environ 0.5 à 1.5 m d'épaisseur), la présence de terrains faiblement compacts jusqu'à environ 5 à 8.5 m de profondeur (valeurs de qc inférieures à 2.5 MPa), puis des terrains moyennement compacts à compacts (valeurs de qc comprises entre 5 à 10 MPa voire 15 MPa) jusqu'aux refus, atteints entre 8 m en SP2, 15 m en PS4 et 11 m en PS7).

Seul l'essai PS7 traverse des terrains compacts (valeurs qd de l'ordre de 25 MPa) jusqu'au refus, atteint à 14 m de profondeur.

#### **2.4 Résultats des essais au pénétromètre dynamique PD1 à PD6**

Les essais de pénétration dynamique PD1 à PD6 ont été exécutés au moyen d'un pénétromètre dynamique TECNOTEST et suivant le mode opératoire de la norme NFP 94-115. Ils permettent la détermination du terme de pointe qd, dont les variations en fonction de la profondeur et pour chaque point de sondage sont données sur les pénétrogrammes figurant en annexe.

Les essais PD1 à PD3 réalisés au droit du site de l'actuelle STEP traversent des terrains faiblement compacts jusqu'à environ 2 m de profondeur en PD1 (valeurs de qd comprises entre 1.5 MPa et 3 MPa), voire inconsistants jusqu'à 1 m de profondeur en PD3, puis des terrains moyennement compacts avec quelques passages compacts (valeurs de qd généralement comprises entre 2 et 5 MPa, mais pouvant atteindre localement 15 à 20 MPa), avant d'atteindre le refus en PD1 et PD2 respectivement à 4.5 et 4 m de profondeur ; l'essai PD3 ayant été arrêté volontairement à 6 m de profondeur avant d'atteindre le refus.

L'essai PD5 traverse des terrains très compacts jusqu'à environ 1 m de profondeur (valeurs de qd supérieure à 20 MPa), puis des terrains faiblement à moyennement compacts jusqu'à 2.8 m de profondeur (valeurs de qd comprises entre 2 et 5 MPa), avant d'atteindre le refus vers 4.4 m de profondeur.

Les essais PD4 et PD6 ont été doublés pour cause de refus atteints à faible profondeur (dès 1 m en PD4 et PD4bis et 1.5 m en PD6 et PD6bis).

Les terrains traversés sont à rapprocher des limons sableux à galets présents à l'est de la Cagne (cf. coupe SP2, SP3, SC5) et des limons argileux à quelques galets présents à l'ouest de la Cagne (cf. SC6 et SP4).

Les refus ont vraisemblablement été atteints au droit de graves ou de blocs ou sur un passage plus compact, au sein des formations limono-argileuses du site, comme mis en évidence au droit des sondages SP2, SP3, SC5 et SC6.

## 2.5 Résultats des essais de laboratoire

Des échantillons de sol intacts prélevés au droit des sondages SC4 à SC7 ont fait l'objet d'essais en laboratoire dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

| Sondage<br>[prof. (m)]                      | SC4<br>[3.4 à 3.6]                        | SC5<br>[4.5 à 4.8]                 | SC5<br>[10.5 à 11]                             | SC6<br>[2.6 à<br>2.75]      | SC6<br>[3.35 à<br>3.5]                    | SC7<br>[2.1 à 2.3]                                  | SC7<br>[5.5 à 5.6]   |
|---|---|------------------------------------|--|-----------------------------|---|---|--|
| Nature du terrain                           | Limons sableux marron gris à rares graves | Graves à phase de liaison sableuse | Graves et cailloux à phase de liaison sableuse | Limons sableux marron beige | Limons sableux bariolés orange gris beige | Sables limoneux marron orangeâtre à quelques graves | Argile finement sableuse bariolée ocre orange gris à taches noires |
| Teneur en eau W (%)                         | 30.6                                      | 0.6                                | 0.4  | 26.0                        | 27.6                                      | 10.4  | 19.5   |
| Masse volumique humide (KN/m <sup>3</sup> ) | -   | -                                  | -  | 19.1                        | -   | -   | -  |
| D <sub>max</sub> (mm)                       | 0.409                                     | 44.0                               | 55.8   | 0.2                         | 0.36                                      | 44.1  | 0.56   |
| Passant à 2 mm (%)                          | 97.2                                      | 19.8                               | 18.5   | 99.6                        | 99.4                                      | 69.1  | 98.4   |
| Passant à 80 µm (%)                         | 76.8                                      | 4.5                                | 2.7  | 83.5                        | 63.2                                      | 26.6  | 69.0   |
| D <sub>70</sub> (mm)                        | 0.055                                     | 27.39                              | 28.26  | 0.043                       | 0.128                                     | 2.34  | 0.086  |
| D <sub>60</sub> (mm)                        | 0.036                                     | 23.4                               | 20.4   | 0.033                       | 0.063                                     | 0.49  | 0.050  |
| D <sub>50</sub> (mm)                        | 0.026                                     | 19.3                               | 16.7   | 0.025                       | 0.028                                     | 0.26  | 0.026  |
| D <sub>15</sub> (mm)                        | 0.0015                                    | 0.380                              | 0.719  | 0.0014                      | <0.028                                    | 0.0077  | <0.026   |
| D <sub>10</sub> (mm)                        | <0.0015                                   | 0.291                              | 0.284  | <0.0014                     | <0.028                                    | 0.0018  | <0.026   |
| Valeur de bleu VB                           | 1.8                                       | 0.1                                | <0.1   | 1.5                         | 1.7                                       | 1.3   | -  |
| Limite de liquidité WI (%)                  | -   | -                                  | -  | -                           | -   | -   | 38   |
| Limite de plasticité Wp (%)                 | -   | -                                  | -  | -                           | -   | -   | 21   |
| Indice de plasticité Ip                     | -   | -                                  | -  | -                           | -   | -   | 17   |
| Indice de consistance Ic                    | -   | -                                  | -  | -                           | -   | -   | 1.1  |
| C' (KPa) (*)                                | 0   | -                                  | -  | -                           | 0   | 5   8   | 23   |
| Φ' (°) (**)                                 | 35  | -                                  | -  | -                           | 36  | 33   33   | 25   |
| Classe GTR                                  | A1  | D2                                 | D3   | A1                          | A1  | A1  | A2m  |

(\*) : Cohésion effective

(\*\*) : Angle de frottement effectif

Ces résultats indiquent notamment que :

- les terrains prélevés au droit des sondages SC4 entre 3.4 m et 3.6 m de profondeur, et en SC6 et SC7 sont des sols fins de classe A1 et A2m, selon le GTR du LCPC/SETRA,
- les terrains prélevés en SC5 entre 4.5 et 4.8 m de profondeur et entre 10.5 et 11 m sont des sols insensibles à l'eau de classe D2 et D3, de type graves alluvionnaires, selon le GTR du LCPC/SETRA.

Les essais de cisaillement montrent que les échantillons testés en surface en SC4 entre 3.4 m et 3.6 m, SC6 entre 3.35 m 3.5 m et SC7 entre 2.1 m et 2.6 m, présentent une faible cohésion voire une cohésion nulle et un angle de frottement moyen à relativement élevé (33° à 36°), caractéristiques de formations sablo-limoneuses à sablo-graveleuses.

L'essai de cisaillement réalisé en SC7 entre 5.5 et 5.6 m de profondeur, présente des caractéristiques au cisaillement faibles à moyennes, caractéristiques de formations limono-argileuses (cohésion de 23 KPa et angle de frottement de 25°).

**N.B. :**

Des essais de laboratoire ont également été réalisés sur des échantillons de sols prélevés en SC1 dans le cadre du rapport ERG n° 11NG133Aa :

| Sondage<br>[prof. (m)]      | SC1<br>[3.8 à 4.0]              | SC1<br>[6.0 à 6.2]                                      |
|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Nature du terrain           | Argile sableuse marron verdâtre | Argile limono-sableuse marron orangéâtre à rares graves |
| Teneur en eau W (%)         | 15.7                            | 18.1  |
| D <sub>max</sub> (mm)       | 0.721                           | 18.087  |
| Passant à 2 mm (%)          | 98.1                            | 90.7  |
| Passant à 80 µm (%)         | 65.7                            | 54.3  |
| D <sub>70</sub> (mm)        | 0.105                           | 0.261   |
| D <sub>60</sub> (mm)        | <0.08                           | 0.154   |
| D <sub>50</sub> (mm)        | <0.08                           | <0.08   |
| D <sub>15</sub> (mm)        | <0.08                           | <0.08   |
| D <sub>10</sub> (mm)        | <0.08                           | <0.08   |
| Valeur de bleu VB           | -                               | -   |
| Limite de liquidité WL (%)  | 40                              | 34  |
| Limite de plasticité Wp (%) | 21                              | 19  |
| Indice de plasticité Ip     | 19                              | 15  |
| Indice de consistance Ic    | 1.3                             | 1.1   |
| C' (KPa) (*)                | 43                              | 17  |
| Φ' (°) (**)                 | 21                              | 26  |
| Classe GTR                  | A2                              | A2m   |

(\*) : Cohésion effective

(\*\*) : Angle de frottement effectif

Ces résultats indiquent notamment que :

- les terrains prélevés au droit des sondages SC1 entre 3.8 m et 4.0 m de profondeur, en SC1 entre 6.0 et 6.2 m de profondeur sont des sols fins de classe A2, selon le GTR du LCPC/SETRA (sols fins). Les indices de plasticité mesurés, au droit des échantillons prélevés caractérisent notamment des sols moyennement sensibles aux variations hydriques.

L'essai de cisaillement réalisé en SC1 entre 3.8 et 4.0 m, présente des caractéristiques au cisaillement relativement bonnes, caractéristiques de formations argileuses (cohésion de 43 KPa et angle de frottement de 21°).

Les essais de cisaillement réalisés en SC1 entre 6.0 et 6.2 m, présentent des caractéristiques au cisaillement faibles à moyennes, caractéristiques de formations limono-argileuses (cohésion de 17 KPa et angle de frottement de 26°).

### 3. AVIS SUR LE RISQUE DE LIQUEFACTION DES SOLS SOUS SEISME

---

#### 3.1 Préambule

---

En site sismique, la vérification de la tenue au séisme comporte :

1. l'examen de l'interaction sol-structure, qui consiste à étudier une structure susceptible de supporter sans dommage les accélérations dues au séisme,
2. l'examen des modifications éventuelles des caractéristiques du sol sous l'effet des sollicitations cycliques produites par le séisme ; les principales modifications, et les plus dangereuses, concernent les couches sableuses ou argileuses aquifères, qui dans certaines conditions, sont susceptibles de se liquéfier.

C'est le second point qui est examiné ci-après ; cet examen se faisant généralement et chronologiquement suivant les deux types de critères suivants :

- critère physique,
- critère mécanique (ce critère est examiné dans un second temps, si l'examen du critère physique révèle des sols suspects de liquéfaction).

#### 3.2 Critères physiques

---

Les recommandations parasismiques, et notamment la norme NFP 06-013, proposent un premier examen de l'aptitude à la liquéfaction des sols à partir des paramètres d'identification physique tels que la granulométrie.

D'après cette même norme (règles PS92), peuvent être considérés comme exempts de risque de liquéfaction les sols entrant dans l'une ou l'autre des deux catégories suivantes :

- les sols dont la granulométrie présente un diamètre à 10%,  $D_{10}$  supérieur à 2 mm,
- ceux dans lesquels on a simultanément :
  - o  $D_{70} \leq 74\mu\text{m}$
  - o  $I_p \geq 10.0$

Ensuite, et à titre d'exemple dans le cas d'un sol sableux, un sol non exempt de risque de liquéfaction est suspect de liquéfaction s'il présente simultanément les caractéristiques physiques suivantes :

- degré de saturation  $S_R$  voisin de 100%,
- granulométrie assez uniforme correspondant à un coefficient d'uniformité  $C_U$  inférieur à 15 :  $C_U = D_{60}/D_{10} < 15$ ,
- diamètre à 50%,  $D_{50}$  compris entre 0.05 mm et 1.5 mm.

Par ailleurs, dans le cas d'un sol argileux non exempt de risque de liquéfaction, celui-ci peut être considéré comme suspect de liquéfaction s'il présente simultanément d'autres caractéristiques, faisant notamment référence à ses limites d'Atterberg.

Ainsi, les échantillons de sols alluvionnaires en place, prélevés dans les sondages SC4 à SC7 (sols de classe A1, A2, D2 et D3), ont fait l'objet d'analyses en laboratoire, suivant les critères de la norme précitée, en vue d'apprécier leur aptitude à la liquéfaction sous séisme.

Les résultats sont présentés dans un tableau de synthèse figurant en annexe au présent rapport.

Les critères d'appréciation du potentiel risque de liquéfaction des sols du site sont les suivants :

1. Selon le critère d'exemption du risque : cinq échantillons sur les sept prélevés ne sont pas exempts de risque,
2. Selon le critère de suspicion du risque : les cinq échantillons non exempts de risque, se sont révélés non suspects.

Du point de vue des critères physiques, les cinq échantillons se sont donc révélés non suspects du risque de liquéfaction.

### 3.3 Avis sur le risque de liquéfaction des sols en cas d'activité sismique

Les analyses et essais en laboratoire réalisés indiquent donc que les cinq échantillons de sols analysés (de classe A1, A2, D2 et D3) peuvent être considérés comme non suspects de liquéfaction du point de vue du critère physique.

De plus, la nature graveleuse des terrains au droit de la future STEP et leur compacité correcte, voire bonne en profondeur, révélée par les résultats des essais pressiométriques réalisés en SP3 et SC5, permet a priori d'écarter au stade actuel des investigations, le risque de liquéfaction du site le long du tracé en cas d'activité sismique des terrains, y compris au droit des futurs ouvrages profonds sur la STEP actuelle.

### 3.4 Hypothèses relatives aux règles parasismiques

Les hypothèses relatives au séisme à prendre en compte sont, d'après la norme NFP 06-013, les suivantes :

|                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| <b>Zone sismique</b>       | II                              |
| <b>Classification sol</b>  | b à c                           |
| <b>Classification site</b> | S <sub>2</sub> à S <sub>3</sub> |

Il conviendra d'une manière générale de prendre en compte les prescriptions parasismiques en vigueur, tant en infrastructure qu'en superstructure.

Par ailleurs, en référence à l'Eurocode 8 et à la réglementation parasismique 2010 (nouvelle carte de l'aléa entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> mai 2011), il conviendrait de prendre en compte les hypothèses suivantes au sein de ces terrains :

|                      |   |
|----------------------|---|
| <b>Zone sismique</b> | 4 |
| <b>Classe de sol</b> | D |

## 4. APPLICATIONS AU PROJET - RECOMMANDATIONS

---

Au niveau de l'étude géotechnique d'avant-projet réalisée de type G<sub>1</sub>, seules les indications géotechniques d'aménagement peuvent être présentées. Il sera nécessaire de les préciser préalablement à la construction des ouvrages, tout au moins en ce qui concerne les fondations, les terrassements, les soutènements et les dispositifs de protection contre les eaux à mettre en œuvre, ceci dans le cadre des études de conception (étude des quantités, coût et délais d'exécution de l'ouvrage) et d'exécution (ces études seront de type G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>, G<sub>5</sub>, ceci selon la norme NFP 94-500 des missions types d'ingénierie géotechnique).

En ce qui concerne le présent document, il s'agit d'une étude géotechnique d'avant-projet de type G<sub>12</sub>, relative au mode de fondation des ouvrages, selon la norme NFP 94-500.

### 4.1 Préambule

---

Rappelons que le projet envisage la mise en place de réseaux de raccordement entre le site de l'actuelle STEP (boulevard de la Plage) et le site de la future STEP (site DTFCA, au nord de l'hippodrome), ainsi que la création d'un bassin de stockage sur le site de l'actuelle STEP (cf. détail § 1.2).

Les réseaux de raccordement seront mis en place après terrassements en tranchées sur la majeure partie du linéaire (linéaire compris entre le nord de la STEP actuelle et les voies SNCF au nord-ouest de l'hippodrome) ; deux traversées de voies seront réalisées par microtunnelier, avec puits d'entrée et de sortie (sous le boulevard de la Plage au sud-est du tracé et sous les voies SNCF au nord-ouest du tracé).

Le contexte géotechnique mis en évidence par les sondages exécutés au droit du linéaire de projet est hétérogène et caractérisé en trois zones :

- **Zone à l'est de la Cagne** : les terrains situés dans cette zone sont essentiellement graveleux, constitués, sous une épaisseur variable de limons argilo-sableux à quelques galets de l'ordre de 4 à 5 m, de sables limoneux à nombreux galets (forte densité de galets dans certains secteurs (plage, STEP notamment), jusqu'à plus de 35 m de profondeur (cf. coupes des sondages SP1, SP2, SP3, SC4 et SC5), et présentant des compacités généralement moyennes à bonnes,
- **Zone à l'ouest de la Cagne jusqu'aux voies SNCF** : les terrains de cette zone sont plutôt limono-sableux à argilo-sableux, légèrement graveleux selon les secteurs (légèrement graveleux à proximité de la Cagne à faiblement graveleux au niveau de l'hippodrome), et d'une manière générale faiblement compacts, notamment dans le secteur de l'hippodrome (cf. coupes SC7, SP5, SP4 et SC6 ainsi que SP1 à SP3 issues de la précédente campagne de reconnaissance de 2007 - ERG réf. 07NG125Aa – cf. coupes en annexe),
- **Site amont des voies SNCF** : les terrains de cette zone sont argilo-sableux à quelques graves et galets jusqu'à plus de 10 m de profondeur (cf. coupes SC1 - rapport ERG réf. 11NG133Aa – cf. coupe en annexe) et moyennement compacts.

D'un point de vue hydrogéologique, on note la présence d'une nappe à des profondeurs variables le long du linéaire du projet, mais qui int  
ouvrages projetés. En effet, les niveaux mesurés entre les relevés de  
février 2012, sont compris entre 2.3 m et 3.4 m de profondeur à l'est c  
et 4.1 m dans le secteur de l'hippodrome et le chemin de la Foux, et  
STEP. Notons que ces niveaux de nappe sont susceptibles de remo  
moindre en période climatique défavorable et en fonction des saisons  
piézométrique en cours de réalisation).

Rappelons que, d'après les essais de laboratoire réalisés, les sols  
suspects du risque de liquéfaction en masse en cas d'activité sismique  
des données disponibles, un traitement des sols du point de vue du  
n'est donc pas justifié.

D'une manière générale, la réalisation des travaux et notamment  
(tranchées, puits pour passage du microtunnelier, bassin de stocka  
considération d'une part la présence de mitoyens (bâtiment, voies  
Cagne, réseaux et chaussées) qu'il conviendra évidemment de ne  
d'autre part la présence de la nappe (soutènement étanche à pré  
fouilles, etc...).

baignant les alluvions  
éresse l'ensemble des  
novembre 2011 et de  
de la Cagne, entre 2 m  
vers 6.6 m côté future  
nter à une profondeur  
(à préciser par le suivi  
du site ne sont pas  
(cf. § 3.). En fonction  
risque de liquéfaction  
des terrassements  
je) devra prendre en  
SNCF, berges de la  
pas déstabiliser, et  
voir, épuisement des

## 4.2 Synthèse des données hydro-géotechniques proposées au niveau avant-projet

Les tableaux suivants synthétisent les hypothèses hydro-géotechniques proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub>.

Les valeurs de cohésion et d'angle de frottement ont été proposées à partir des résultats des essais en laboratoire réalisés sur certaines formations, et complétées en fonction de notre expérience de ce type de terrain et par corrélation avec les résultats des essais pressiométriques, lorsque les données en laboratoire ne sont pas disponibles.

Les valeurs utiles au calcul de portance (frottement latéral  $q_s$ ) sont issues des abaques du Fascicule 62-Titre V en fonction de la pression limite pressiométrique.

Rappelons que, conformément à la norme NF P 94-500, ces données devront être reconsidérées et précisées au niveau des études de projet G<sub>2</sub> puis d'exécution G<sub>3</sub> par la réalisation de tout essai de laboratoire ou investigation jugés nécessaires par les équipes de conception et d'exécution, notamment par des essais de pompage afin de mieux approcher la perméabilité en grand des terrains du site.

### Légende des tableaux :

(\*) : Pour des pieux forés béton par exemple – Cf. Fascicule 62 – Titre V.

(\*\*): Perméabilités moyennes estimées ponctuellement à partir d'essais Lefranc réalisés, pas nécessairement représentatives de la perméabilité en grand des sols du site, à préciser par la réalisation d'essais de pompage.

(\*\*\*): Ces caractéristiques mécaniques peuvent potentiellement être amoindries dans certains passages de plus faibles caractéristiques mécaniques.

(\*\*\*\*): Horizon non caractérisé par les essais réalisés.

(\*\*\*\*\*): Données issues du rapport ERG n° 07NG0125.

(\*\*\*\*\*): Valeurs estimées en corrélation avec les données des essais au pénétromètre statiques issues du rapport ERG n° 11NG133Aa et notre connaissance du site.

#### 4.2.1 Franchissement du Boulevard de la Plage (Secteur des sondages SP1, SP2 et SC4)

Ces données géomécaniques sont proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub> pour les ouvrages suivants :

- Fosse d'entrée du microtunnelier,
- Passage en microtunnelier,
- Fosse de sortie du microtunnelier.

| Nature sol  | Limons sableux et galets<br>de 0 à 5 m de profondeur en moyenne | Sables et limons sableux à nombreux<br>galets<br>(avec passages très denses en galets)<br>de 5 m à + de 35 m de profondeur en<br>moyenne |
|---|---|--|
| Cohésion effective $c'$ (kPa)                             | 0   | 0  |
| Angle de frottement<br>effectif $\varphi'$ (°)            | 35<br>(***)   | 35 à 38 (***)  |
| Poids volumique estimé $\gamma_h$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 20  | 20   |
| Pression limite $p_l^*$ (MPa)                             | 0.9   | 0.9  |
| Module pressiométrique<br>$E_M$ (MPa)                     | 7.0   | 7.0  |
| Frottement latéral unitaire<br>limite $q_s$ (kPa)         | 20 (*)  | 70 à 80 (*)  |
| Coefficient rhéologique $\alpha$                          | 2/3   | 2/3  |
| Perméabilité moyenne $K$<br>(m/s) (**)                    | $5.10^{-5}$   | $5.10^{-4}$  |

#### Aléas géologiques majeurs :

Pas d'aléas majeurs.

Les terrains à traverser par le microtunnelier seront sensiblement similaires à ceux rencontrés côté plage et côté STEP (formations meubles alluvionnaires). Toutefois, il n'est pas à exclure la présence possible d'obstacles (anciennes infrastructures par exemple, éventuellement présents sous la chaussée du boulevard de la plage).

On se référera au tableau du § 4.5. en ce qui concerne les dispositions générales spécifiques au passage du microtunnelier sous le boulevard de la plage.

#### 4.2.2 Bassin de stockage et station de pompage (Secteur des sondages SP3 et SC5)

Ces données géomécaniques sont proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub> pour les ouvrages suivants :

- Bassin de stockage,
- Station de pompage.

| Nature sol   | Limons argilo-sableux à quelques galets de 0 à 5 m de profondeur en moyenne    | Sables et limons sableux à nombreux galets (avec passages très denses en galets) de 5 m à + de 35 m de profondeur en moyenne |
|--|--|--|
| Cohésion effective c' (kPa)                            | 0 (dans les zones sableuses) à 5 (dans les zones plus limoneuses)              | 0  |
| Angle de frottement effectif $\varphi'$ (°)            | 25 (dans les zones plus limoneuses) à 30 (dans les zones plus sableuses) (***) | 35 (***)   |
| Poids volumique estimé $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 20   | 20   |
| Pression limite $p_l^*$ (MPa)                          | 0.2  | 0.3 à + de 3   |
| Module pressiométrique $E_m$ (MPa)                     | 3.0  | 5 à 20   |
| Frottement latéral unitaire limite $q_s$ (kPa)         | 20 (*)   | 70 à 80 (*)  |
| Coefficient rhéologique $\alpha$                       | 2/3  | 2/3  |
| Perméabilité moyenne K (m/s) (**)                      | 10 <sup>-5</sup>   | 10 <sup>-4</sup>   |

#### Aléas géologiques majeurs :

Des ouvrages enterrés profonds sont à réaliser dans des terrains meubles sous nappe. Les ouvrages devront être correctement dimensionnés au niveau conception (longueur de la fiche des parois de soutènement, rabattement de nappe en phase provisoire etc..) afin de ne pas déstabiliser les mitoyens (ouvrages existants de la STEP, berge de la Cagne, villas et bâtiments sur les propriétés mitoyennes, etc...), par rabattement de la nappe par exemple.

#### 4.2.3 Franchissement de la Cagne (Secteur du sondage SC6)

Ces données géomécaniques sont proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub> pour l'ouvrage de franchissement de la Cagne.

| Nature sol  | Limons argileux<br>de 0 à 4 m de profondeur en SC6 | Sables et limons sableux à nombreux<br>galets<br>(avec passages très denses en galets)<br>A partir de 4 m de profondeur en SC6 |
|---|--|--|
| Cohésion effective $c'$ (kPa)                             | 0  | 0  |
| Angle de frottement<br>effectif $\varphi'$ (°)            | 35<br>(***)  | 35 à 38 (***)  |
| Poids volumique estimé $\gamma_h$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 20   | 20   |
| Frottement latéral unitaire<br>limite $q_s$ (kPa)         | 20 (*)   | 70 à 80 (*)  |
| Coefficient rhéologique $\alpha$                          | 2/3  | 2/3  |
| Perméabilité moyenne $K$<br>(m/s) (**)                    | $10^{-5}$  | $10^{-3}$  |

#### Aléas géologiques majeurs :

Ces données, basées sur les résultats du seul sondage SC6, sont à compléter par la réalisation de sondages pressiométriques complémentaires sur la berge est de la Cagne (données « pression limite » et « module pressiométrique » à compléter notamment).

La nature des terrains au droit de la Cagne pour sa traversée sera à corréliser entre les points de sondages disponibles de part et d'autre de la Cagne – Présence de la nappe a priori).

**4.2.4 Conduite de la Cagne jusqu'aux voies SNCF (Secteur des sondages SC6, SC7, SP4 à SP5 et SP1 à SP3 de la campagne de reconnaissance de 2007).**

Ces données géomécaniques sont proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub> pour la mise en place de la conduite en tranchées.

| Nature sol   | Argile limoneuse à sableuse à quelques graves et galets de 0 à 20 m de profondeur en moyenne |
|--|--|
| Cohésion effective $c'$ (kPa)                          | 0<br>(***)   |
| Angle de frottement effectif $\varphi'$ (°)            | 30<br>(***)  |
| Poids volumique estimé $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 20   |
| Pression limite $p_l^*$ (MPa)                          | 0.3  |
| Module pressiométrique $E_M$ (MPa)                     | 5  |
| Frottement latéral unitaire limite $q_s$ (kPa)         | 15 à 20 (*)  |
| Coefficient rhéologique $\alpha$                       | 2/3  |
| Perméabilité moyenne $K$ (m/s) (**)                    | $10^{-5}$ à $5.10^{-5}$  |

**N.B. :**

Pour le secteur est de la conduite, proche de la Cagne, on se référera au tableau du § 4.2.3. « Franchissement de la Cagne » - Présence possible de terrains graveleux à partir de 4 m de profondeur, dans ce secteur notamment.

**Aléas géologiques majeurs :**

Pas d'aléas majeurs.

Des ouvrages existants sont parfois situés à proximité de la future fouille en tranchée. Les ouvrages de soutènement de celle-ci (fiche hydraulique et mécanique) doivent être dimensionnés au niveau conception afin d'éviter tout impact sur les avoisinants (risque de tassements en raison du rabattement de la nappe par exemple).

Toutefois, il n'est pas à exclure la présence possible d'obstacles (réseaux, anciennes infrastructures par exemple), éventuellement présents sous la chaussée du boulevard Kennedy et du chemin de la Foux notamment et/ou localisés de manière aléatoire le long du tracé entre les points de sondages. La présence de la nappe est à envisager - cf. § 2.2).

#### 4.2.5 Franchissement des voies SNCF – Côté Sud (secteur des sondages SP5 et SC7)

Ces données géomécaniques sont proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub> pour la fosse de sortie du microtunnelier (côté sud).

| Nature sol   | Argile limoneuse à sableuse à quelques graves et galets de 0 à 20 m de profondeur en moyenne |
|--|--|
| Cohésion effective $c'$ (kPa)                          | 5<br>(***)   |
| Angle de frottement effectif $\varphi'$ (°)            | 33<br>(***)  |
| Poids volumique estimé $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 20   |
| Pression limite $p_i^*$ (MPa)                          | 0.4  |
| Module pressiométrique $E_M$ (MPa)                     | 7  |
| Frottement latéral unitaire limite $q_s$ (kPa)         | 15 à 20 (*)  |
| Coefficient rhéologique $\alpha$                       | 2/3  |
| Perméabilité moyenne $K$ (m/s) (**)                    | $10^{-5}$ à $5.10^{-5}$  |

#### Aléas géologiques majeurs :

La nature des terrains au droit des voies SNCF pour leur traversée seront à corrélés entre les points de sondages disponibles de part et d'autre des voies (cf. § 4.2.5 et § 4.2.6).

La présence d'argiles limoneuses à sableuses à galets est pressentie.

Toutefois, il n'est pas à exclure la présence possible d'obstacles (réseaux, anciennes infrastructures par exemple), éventuellement présents sous les voies SNCF, voire de possibles remontées du substratum marneux résistant.

Les travaux devront être conçus de manière à ce qu'ils ne créent aucun risque de décompression des sols d'assise des voies SNCF.

On se référera au § 4.5, en ce qui concerne les dispositions générales spécifiques au passage du microtunnelier sous les voies SNCF.

#### 4.2.6 Franchissement des voies SNCF – Côté Nord (secteur des sondages SC1 à SC3, PS2, PS4, PS7 et PS8)

Ces données géomécaniques sont proposées au niveau avant-projet G<sub>12</sub> pour la fosse d'entrée du microtunnelier (côté nord).

| Nature sol   | Remblais sablo-graveleux de 0 à 2 m de profondeur en moyenne | Argile limoneuse à sableuse à quelques graves et galets de 2 m à + de 12 m de profondeur en moyenne | Substratum marneux ? Poudingues ? Galets ? à partir de 12 m de profondeur en moyenne au droit de certains sondages (cf. § 2.1) |
|--|--|---|--|
| Cohésion effective c' (kPa)                            | 0  | 10 (***)  | 10 à 25 (si marnes et/ou poudingues) (***)   |
| Angle de frottement effectif $\varphi'$ (°)            | 25   | 25 (***)  | 30 (***)   |
| Poids volumique estimé $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 20   | 20  | 22   |
| Pression limite $p_l^*$ (MPa)                          | 0.5  | 0.6 (*****)   | > 3.9 (*****)  |
| Module pressiométrique $E_M$ (MPa)                     | 5  | 5 (*****)   | >100 (*****)   |
| Frottement latéral unitaire limite $q_s$ (kPa)         | Négligé  | 50 à 60 (*)   | 120 (*)  |
| Coefficient rhéologique $\alpha$                       | 2/3 à 1  | 2/3   | 2/3  |
| Perméabilité moyenne K (m/s) (**)                      | (****)   | $5 \cdot 10^{-6}$ à $5 \cdot 10^{-5}$ (*****)   | (****)   |

#### Aléas géologiques majeurs :

La nature des terrains au droit des voies SNCF pour leur traversée seront à corrélés entre les points de sondages disponibles de part et d'autre des voies (cf. § 4.2.5 et § 4.2.6).

La présence d'argiles limoneuses à sableuses à galets est pressentie.

Toutefois, il n'est pas à exclure la présence possible d'obstacles (réseaux, anciennes infrastructures par exemple), éventuellement présents sous les voies SNCF, voire de possibles remontées du substratum marneux résistant.

Les travaux devront être conçus de manière à ce qu'ils ne créent aucun risque de décompression des sols d'assise des voies SNCF.

On se référera au § 4.5 en ce qui concerne les dispositions générales spécifiques au passage du microtunnelier sous les voies SNCF.

### 4.3 Mode de fondation du bassin de stockage (radier)

---

Cet ouvrage serait prévu à une profondeur de l'ordre de 12 à 15 m sous le niveau du terrain actuel.

#### 4.3.1 Type - profondeur d'assise

Indépendamment du problème de stabilité mécanique des parois qui seront décaissées et de la maîtrise des venues d'eau, nécessitant la mise en œuvre d'un soutènement étanche (cf. § 4.5. et 4.6), un mode de fondation de l'ouvrage par radier paraît être la solution la mieux adaptée au contexte.

Dans tous les cas, l'arase inférieure des fondations (radier) devra se situer à une profondeur prévisionnelle minimale de 12 m par rapport au niveau du terrain le jour de notre intervention, en référence aux sondages SP3 et SC5 et mobiliser les sables et limons sableux à nombreux galets en place.

Notons que compte tenu des terrassements en déblais nécessaires à la réalisation du bassin (profondeur prévisionnelle du bassin de 12 ou 15 m), ces profondeurs seront atteintes du fait des terrassements, sur la totalité de l'emprise des terrassements généraux.

Le radier pourra ensuite être coulé sur un horizon de matériaux d'apport, destiné à homogénéiser le fond de fouille (cf. § 4.3.4).

Cette profondeur d'assise de fondation (12 m) pourra, par ailleurs, varier en plus ou en moins, en fonction d'anomalies non décelées lors de la réalisation des sondages (présence locale de poches argileuses molles, présence de terrains remaniés dont il conviendra de s'affranchir par exemple).

Il conviendra donc de prévoir une réception attentive des fouilles lors de l'ouverture afin de vérifier la conformité et l'homogénéité des terrains rencontrés lors de la réalisation des sondages. A l'occasion de cette réception, il sera vérifié que la compacité des sols d'assise des fondations soit identique ou sensiblement similaire, sous la totalité de l'emprise du futur bassin.

Ainsi, toute zone douteuse (remblais, argiles molles, blocs de grande dimension, anciennes infrastructures) qui serait mise à jour lors des terrassements sera purgée et remplacée par du gros béton ou par un matériau granulaire insensible à l'eau soigneusement compacté, afin de descendre uniformément l'ensemble des fondations au sein des sables et limons sableux à nombreux galets en place de bonne compacité.

En cas d'arrivées d'eaux intempestives (infiltrations, ruissellements, pluie, circulations d'eau de type sources, remontées de nappe, etc...), ou si le fond de terrassement est boueux par exemple, il est impératif de purger et de curer le fond de fouille des matériaux remaniés ou saturés d'eau ou, si nécessaire, de clouter le fond de forme avec des matériaux grossiers (ballast 40/80 par exemple), afin de permettre la mise en œuvre de la couche d'assise des fondations.

Les fonds de fouille devront être horizontaux.

### 4.3.2 Contraintes de calcul

Les contraintes de calcul sont déterminées à partir des résultats d'essais pressiométriques et d'après les recommandations du Fascicule 62.

Aux niveaux évoqués plus haut, dans le cas de la mise en œuvre d'un radier et pour un ancrage uniforme au sein des sables et limons sableux à nombreux galets, nous proposons de limiter la valeur de la contrainte de référence aux E.L.S. (contrainte admissible) à la base de la couche d'assise du radier de l'ouvrage à la valeur suivante :

$$q'_{\text{réf. ELS}} = 0.15 \text{ MPa (1.5 bar)}$$

La contrainte de référence aux ELU est :  $q'_{\text{réf. ELU}} = 0.225 \text{ MPa}$

### 4.3.3 Exemple de calcul de tassements

Le calcul des tassements au droit du radier est effectué à titre indicatif, au niveau avant-projet, à partir des résultats d'essais pressiométriques, pour un bassin ancré à 12 m de profondeur.

Ce calcul suppose qu'il n'y ait pas de remaniement des fouilles de fondation lors de l'ouverture.

Ces tassements sont évalués par la formule suivante, en référence au sondage SP3 :

$$W = \Sigma \left( \frac{\alpha \cdot (q' - \sigma'_{v0}) \cdot h}{E} \right)$$

Avec :

|  |  |
|--|--|
| W :  | Tassement d'ensemble du radier   |
| $\alpha = 2/3$ :                                     | Coefficient rhéologique du sol d'assise  |
| $q' = 0.15 \text{ MPa}$ :                            | Contrainte verticale effective appliquée au sol par l'ouvrage au niveau du radier, considérée à titre d'exemple à $0.15 \text{ MPa} \approx 15 \text{ t/m}^2$ , compte tenu de la profondeur du bassin enterré à 12 m et de son usage de rétention d'eau (à vérifier par les concepteurs en fonction de la distribution réelle des contraintes sous le radier) |
| $\sigma'_{v0}$ :                                     | Contrainte verticale effective calculée dans la configuration avant travaux au niveau du radier (contrainte équivalente due au poids déjaugé des terres décaissées en considérant un niveau de nappe à 2 m de profondeur) soit $2 \text{ m} \times 2 \text{ t/m}^2 + 10 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^2 = 14 \text{ t/m}^2$ soit $\approx 0.14 \text{ MPa}$   |
| $h_1 = 5 \text{ m}$ et $h_2 = 7 \text{ m}$           | Hauteur des terrains dits compressibles ( $h_1 = 5 \text{ m}$ pour les sables à nombreux galets relativement compacts identifiés jusqu'à 17 m de profondeur environ; $h_2 = 7 \text{ m}$ pour les sables gris à passages de galets moyennement compacts sous-jacents)  |
| $E_1 = 20 \text{ MPa}$<br>et $E_2 = 7 \text{ MPa}$ : | Module pressiométrique moyen des couches dites compressibles ( $E_1 = 20 \text{ MPa}$ pour les sables à nombreux galets relativement compacts ; $E_2 = 7 \text{ MPa}$ pour les sables à passages de galets moyennement compacts)   |

Dans ces conditions considérées à titre d'exemple, et pour un radier descendu à 12 m de profondeur en SP3 (niveau prévisionnel du fond de terrassement), nous avons calculé un tassement absolu théorique de l'ordre de **1 cm**.

Des calculs de tassements précis (modélisation aux éléments finis par exemple) devront toutefois être réalisés au niveau conception ( $G_2$ ), afin de tenir compte des descentes de charges réelles (et des éventuelles concentrations contraintes sous radiers liées à d'éventuelles concentrations de charges) et des profondeurs de décaissement finales dans les différents secteurs du projet.

Ainsi, la faisabilité du radier et la conception des fondations et des superstructures (rigidification, joints) devront être précisées conformément aux règles BAEL en vigueur par un spécialiste des structures, en fonction des tassements calculés dans le cadre des études de conception, dans les conditions réelles d'exploitation de l'ouvrage et de la distribution réelle des contraintes sous le radier lorsque celle-ci sera connue. En cas d'incompatibilités pour des raisons de portance et/ou de tassements absolus et différentiels jugés préjudiciables pour la structure par exemple (notamment vis-à-vis de la paroi moulée périphérique), une amélioration des sols d'assise (inclusions rigides cimentées par exemple), voire des fondations profondes, devraient alors être envisagées.

#### **4.3.4 Prescriptions particulières concernant la couche d'assise du radier**

Comme vu précédemment, la mise en œuvre d'une couche d'assise du radier pourra être prévue en fond de terrassement, ceci afin d'homogénéiser l'assise qui pourrait être hétérogène et de régler le plan de pose du radier.

Cette couche, constituée de matériaux insensibles à l'eau de type  $D_2$  de la classification LCPC/SETRA par exemple (graves 20/40, ballast par exemple), de 0.3 m à 0.5 m d'épaisseur environ, sera mise en œuvre suivant les règles de l'art et les recommandations en vigueur. Lors du compactage de cette couche, on veillera à ne pas déstabiliser les ouvrages existants par vibrations (respect de la circulaire ministérielle de juillet 1986).

Le fond de forme devra, dans la mesure du possible, être réceptionné par essais à la plaque suivant le mode opératoire du LCPC.

Ce matelas d'assise du radier aura un débord horizontal dont la longueur dépendra de l'épaisseur de la couche reconstituée en chaque point, et sera déterminé en considérant une inclinaison de  $30^\circ$  par rapport à la verticale vers l'extérieur du bord de la fondation (angle d'amortissement des contraintes), ceci jusqu'à la base de la reconstitution.

Rappelons que si le fond de forme était boueux, il pourrait s'avérer nécessaire de le clouter à l'aide de ballast, afin de permettre la mise en œuvre de la couche d'assise supérieure. Une planche d'essai devra dans tous les cas être prévue au préalable.

Dans tous les cas, il conviendra de protéger le fond de fouille immédiatement après ouverture.

#### 4.4 Terrassements - Soutènements

---

D'après le contexte géologique révélé par l'ensemble des sondages disponibles sur le site, les terrains concernés par les terrassements seront des formations meubles (remblais, argiles limons, sables et galets). Des blocs au sein de ces formations alluvionnaires ou d'anciennes infrastructures pourront toutefois être rencontrés localement, nécessitant des moyens de terrassements puissants et adaptés au contexte géologique et environnemental du site.

L'usage du brise-roche, si nécessaire, en cas de rencontre d'anciennes infrastructures par exemple, sera fait avec les précautions suffisantes en regard de l'environnement et du contexte général du projet. Dans ce cas, il y aurait lieu d'effectuer des mesures de vibration sur les structures avoisinantes et de vérifier le respect des seuils de tolérance fixés par la circulaire ministérielle de juillet 1986.

##### 4.4.1 Tranchées – Puits pour le passage du microtunnelier

Le projet comporte la réalisation de terrassements pour la réalisation de tranchées et de puits pour le passage du microtunnelier, dans des terrains alluvionnaires n'ayant pas ou une mauvaise tenue en fouille, et de surcroît aquifères.

D'une manière générale et conformément à la réglementation, des dispositions de soutènements systématiques (blindage ou tout dispositif approprié) sont à prévoir afin d'assurer la stabilité des parois des fouilles. Ces ouvrages seront étanches et conçus de manière à éviter tout déplacement et mouvement des terres et chaussées, des fondations mitoyennes et de leurs terrains d'assise. Ces ouvrages seront dimensionnés pour permettre de reprendre la poussée des terres et de maîtriser les eaux et les gradients hydrauliques souterrains, en tenant compte notamment des charges et surcharges en tête (surcharges routières et ouvrages existants voisins notamment) et des variations du niveau de nappe aquifère (à préciser par le suivi piézométrique).

Des soutènements par palplanches métalliques butonnées par exemple, ou des techniques de terrassement par havage, pourraient être étudiés par les concepteurs ; il conviendra toutefois de s'assurer de la faisabilité de la mise en place des palplanches vis à vis des vibrations, et/ou d'adapter leur mise en œuvre en conséquence. Rappelons qu'il y aura notamment lieu d'effectuer des mesures de vibration sur les structures existantes avoisinantes et de vérifier le respect des seuils de tolérance fixés par la circulaire ministérielle de juillet 1986.

L'attention est de plus attirée sur le fait que dans les couches de surface (présence locale de remblais) et en profondeur, la présence de gros éléments (blocs, galets de grande dimension...), ou de substructures, pouvant s'opposer à la pénétration des palplanches, n'est pas exclue. De ce point de vue, la faisabilité de la mise en place de palplanches dans ces terrains devra donc être confirmée par les entreprises spécialisées.

Lors de l'enlèvement des soutènements, on veillera à ne pas remanier le remblayage de tranchée, notamment en y arrachant des matériaux.

#### 4.4.2 Bassin de stockage

Vu le contexte alluvionnaire et aquifère d'une part, et d'autre part la présence de mitoyens à proximité du site (berge de la Cagne, ouvrages de la STEP à proximité), le soutènement devra dans tous les cas :

- permettre d'assurer la stabilité mécanique de la fouille et d'éviter tout déplacement des terres et des ouvrages mitoyens,
- permettre de maîtriser les venues d'eau lors des terrassements sous nappe, dans des terrains perméables,
- limiter l'ampleur du rabattement de la nappe à l'extérieur de l'enceinte lors des pompages nécessaires en phase travaux notamment, ceci afin d'éviter de déstabiliser le voisinage (risque d'entraînement de fines et de tassements sous rabattement).

C'est pourquoi la réalisation d'un soutènement étanche adapté de type paroi moulée périphérique butonnée par exemple (ou le cas échéant ancrée sous réserve d'obtenir les autorisations de tréfonds nécessaires), semble être la solution la mieux adaptée au contexte et au projet de bassin tel qu'il est envisagé, au stade actuel des investigations.

Notons que la possible présence d'anciennes infrastructures à proximité de la surface du terrain notamment, pourrait nécessiter la mise en œuvre de dispositions spécifiques telles que le forage de la paroi moulée à la fraise par exemple. Des surconsommations de béton sont à prévoir, en raison de la perméabilité élevée des terrains du site (alluvions graveleuses). Les concepteurs et les entreprises devront tenir compte de ces éléments.

Le dimensionnement de cette paroi de soutènement (longueur de la fiche, stabilité mécanique et hydraulique, évaluation des débits d'exhaure notamment) sera attentivement étudié dans le cadre des études de conception ( $G_2$ ) et d'exécution ( $G_3$ ), en tenant compte du contexte géotechnique et hydrogéologique du site lorsque celui-ci sera précisé, de manière à assurer la stabilité mécanique de la fouille et des ouvrages voisins d'une part, et de limiter les débits d'exhaure en phase travaux et définitive d'autre part.

#### 4.5 Dispositions générales spécifiques aux passages du microtunnelier

Rappelons que deux traversées de voie par microtunnelier sont envisagées dans le cadre de projet : l'une sous le boulevard de la Plage, entre la plage (puits sud) et l'actuelle STEP (puits nord); l'autre sous les voies SNCF, entre le site de l'hippodrome (puits sud) et le site de la future STEP (puits nord).

Les passages en microtunnelier se situeront à environ 2 à 3 m de profondeur pour le passage sous le boulevard de la plage (cote du fond de l'ouvrage à -1.4 m NGF) et vers 5 à 5.5 m de profondeur pour le passage des voies SNCF (cote du fond de l'ouvrage vers 3.7 m NGF).

En référence aux coupes des sondages SP1, SP2 et SC4 et aux essais de laboratoire réalisés, les terrains à traverser par le microtunnelier au niveau du boulevard de la plage seront essentiellement constitués de limons sableux à graves et galets. Les terrains seront vraisemblablement davantage graveleux avec de nombreux galets côté plage.

Les terrains à traverser au niveau de la voie SNCF par le microtunnelier seront constitués, d'après les sondages SC1, SC7 et SP5, essentiellement d'argiles limoneuses et de limons sableux à graves, présentant des caractéristiques mécaniques plus faibles côté sud (hippodrome) que côté nord (future STEP), d'après l'ensemble des essais réalisés (essais de laboratoire, essais pressiométriques et au pénétromètre statique). En effet, les formations argilo-limoneuses sont plus raides côté nord du tracé.

A ce titre indicatif, le tableau ci-dessous précise certaines données pouvant être, le cas échéant, considérées comme défavorables selon la directive IN 1884 (EF 9C 5) – Version 01 du 13/07/2001 de la SNCF :

|   | <i>Passage Bd de la Plage</i>  | <i>Passage voies SNCF</i>  |
|---|--|--|
| <b>Présence de vide d'origine naturelle ?</b>   | Non (terrains alluvionnaires limono-sableux à galets)  | Non (terrains alluvionnaires limono-argileuses à graves)   |
| <b>Présence de couches de terrains compressibles ?</b>  | Oui (Aléa moyen - Compressibilité possible de passages argileux au sein des limons sableux à galets)   | Oui – Compressibilité des argiles avérées par les essais pressiométriques et les essais au pénétromètre statique réalisés  |
| <b>Présence de nappe ?<br/>Présence d'écoulement d'eau ?</b>                                  | Oui, selon la période des travaux – Nappe présente vers 3.4 m de profondeur en SC4 et SP2 lors de notre intervention (cf. § 2.2 - Suivi piézométrique en cours de réalisation) | Oui, selon la période des travaux – Nappe présente à 6.5 m de profondeur en SC1 et 4.5 m en SP5 lors de notre intervention (cf. § 2.2 - Suivi piézométrique en cours de réalisation) |
| <b>Présence de terrains bouillants ou n'ayant qu'une faible cohésion ?</b>                    | Oui (cf. essais de laboratoire en SC4 (C' = 0 KPa))  | Oui (cf. essais de laboratoire en SC7 (5 KPa < C' < 8 KPa))  |
| <b>Présence de blocs rocheux ou d'une couche rocheuse dans le volume de la canalisation ?</b> | Aléa faible dans les alluvions limono-sableuses à nombreux galets – la présence de blocs isolés n'est toutefois pas exclue   | Aléa faible dans les alluvions limono-argileuses à graves– la présence de blocs isolés n'est toutefois pas exclue  |
| <b>Présence de terrains collants ou gonflants</b>   | Non (Alluvions limono-sableuses à graves et galets (valeurs de bleu de 1.8))   | Oui (Aléa moyen compte tenu des résultats d'essai en laboratoire en SC7 et SC1 : Valeur de bleu de 12.3 et Ip de 15 à 19)  |

Les concepteurs puis les entreprises devront donc tenir compte de ces éléments techniques, qui pourraient être précisés si nécessaire au moyen d'essais et études spécifiques (essais de dureté et d'abrasivité des sols en laboratoire, modélisation des risques de déformation des terrains en surface lors du passage du microtunnelier, etc...).

#### **4.6 Dispositions liées à l'eau (rabattement, drainage, étanchéité, épuisement)**

D'une manière générale, rappelons que le dimensionnement des soutènements à mettre en œuvre (longueur de fiche mécanique et hydraulique nécessaire, butonnage, évaluation précise des débits d'exhaure prévisibles notamment) doit être effectué au niveau des études de conception ( $G_2$ ) et d'exécution ( $G_3$ ).

##### **4.6.1 Tranchées – Puits pour le passage du microtunnelier**

###### **4.6.1.1 Données générales**

Afin de limiter au maximum les débits d'exhaure, un soutènement continu et étanche devra être envisagé et étudié, notamment pour les zones de tranchées profondes ou de puits à réaliser sous nappe (nappe située à une profondeur comprise entre 3.4 m et 6.6 m de profondeur environ lors de notre intervention, mais pouvant se situer à une profondeur moindre en période climatique défavorable et suivant les saisons).

En présence de la nappe, des dispositions de rabattement de nappe sont à prévoir, par exemple au moyen de puisards ou de pointes filtrantes en fond de tranchées ou de fouilles.

Le pompage sera maîtrisé de manière à ne pas risquer la déstructuration des sols du voisinage, et par conséquent de l'assise des ouvrages avoisinants. Un suivi piézométrique en cours de chantier est à prévoir (suivi du rabattement éventuel de la nappe à l'extérieur des fouilles).

De manière à limiter le débit d'exhaure dans les fouilles protégées par les soutènements étanches, il pourra si nécessaire être prévu la réalisation d'un radier étanche au fond des tranchées ou des puits (ou des injections préalables). Le lestage ou le tirantage de ce radier sera le cas échéant prévu pour reprendre les sous pressions, si cela s'avérait nécessaire.

On prendra garde à concevoir les ouvrages de manière à ne pas créer d'effet barrage aux écoulements souterrains en phase de travaux et à s'affranchir des phénomènes de Renard et de mise en bouillonnement des terrains sur le fond de fouille, notamment lors des phases préalables à la mise en place du radier.

Rappelons la nécessité de prévoir l'emploi de bétons résistants aux eaux agressives et marines.

###### **4.6.1.2 Première estimation indicative du débit d'exhaure en fond de tranchée**

Dans le cadre de cette étude, il a été effectué au niveau avant-projet et à titre indicatif, un calcul d'estimation du débit d'exhaure prévisible en fond de tranchée, à partir des hypothèses explicitées ci-après et considérées à titre d'exemple.

Ces calculs seront à reprendre dans le cadre des études de conception et d'exécution ultérieures, en fonction de la géométrie réelle des excavations projetées, de la perméabilité des sols concernés dans les différents secteurs du projet, et du niveau de la nappe au moment des travaux notamment (le niveau de nappe est de plus variable le long du tracé).

Rappelons effectivement qu'au stade de cette étude d'avant-projet, basée exclusivement sur l'interprétation d'essais de perméabilité ponctuels, il convient évidemment de ne pas considérer les chiffres présentés ci-dessous dans toute leur rigueur mathématique, mais plutôt ne voir en eux qu'un ordre de grandeur des phénomènes.

#### 4.6.1.21 Hypothèses de calcul

La méthode de calcul employée considère un batardeau étroit avec fouille (méthode de DAVIDENKOFF).

Ainsi, un calcul théorique de débit d'exhaure a été réalisé en considérant les hypothèses suivantes :

- profondeur de la tranchée de 4.50 m par rapport au TN (cas le plus défavorable d'après les informations communiquées – (tranchée à proximité de la STEP existante (sondages SP3 et SC5)),
- soutènement étanche descendu à – 6.5 m/TN (fiche de 2.0 m environ sous le niveau du fond de fouille),
- nappe à – 2.1 m/TN lors de notre intervention (hypothèse à vérifier en fonction des résultats piézométriques),
- substratum +/- étanche considéré à – 20.0 m/TN pour réaliser le calcul,
- batardeau étanche et infiniment long de largeur 2 m (largeur de la tranchée),
- coefficient de perméabilité global moyen des terrains K de  $10^{-4}$  m/s (à préciser dans les différents secteurs du projet au moyen d'essais adaptés).

#### 4.6.1.22 Résultats

Dans les conditions de calcul mené à titre indicatif, on obtient un débit d'exhaure théorique de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/heure/ml de tranchée (tranchée descendue à –4.5 m/TN).

Ces débits d'exhaure pourront être légèrement réduits dans le cas d'une augmentation de la longueur de la fiche des soutènements étanches ou d'une injection des terrains. Des secteurs plus argileux peuvent également être recoupés, où les débits seront potentiellement moindres.

## 4.6.2 Bassin de stockage

### 4.6.2.1 Phase travaux (rappels)

En raison de la perméabilité élevée des terrains, des débits d'exhaure importants sont à prévoir à l'intérieur de l'enceinte en paroi moulée, en phase chantier notamment. Ces débits dépendront de la géométrie de l'ouvrage (fiche de la paroi notamment), du niveau piézométrique et de la perméabilité en grand des terrains qu'il convient de préciser au moyen d'un essai de pompage.

D'une manière générale, il est admis que la réalisation si nécessaire d'injections préalables et/ou d'une jupe injectée en profondeur (réalisation d'un bouchon étanche), pourrait si nécessaire permettre de réduire significativement les débits d'exhaure en phase chantier notamment. Les injections pourraient donc être prévues de manière optionnelle par exemple, afin d'être mises en œuvre selon les nécessités du chantier.

En phase terrassement, des pompages réalisés depuis l'intérieur de l'enceinte périphérique créée par la paroi moulée, au moyen de puisards ou d'aiguilles filtrantes par exemple, permettront de rabattre le niveau de la nappe sous le niveau de fond de fouille. Le dimensionnement des pompages pourra être étudié par une modélisation préalable (modélisation en trois dimensions par exemple avec un logiciel tel que Modflow).

On veillera dans tous les cas à concevoir les ouvrages de manière à éviter tout phénomène de Renard ou de boullance en fond de fouille et limiter l'ampleur du rabattement de la nappe à l'extérieur de l'enceinte lors de ces pompages. Ceci permettra d'éviter de déstabiliser le fond de fouille par mobilisation d'un gradient hydraulique ascendant, ainsi que le voisinage (entraînement de fines, tassements des ouvrages voisins sous rabattement). Un réseau de piézomètres de surveillance sera notamment mis en œuvre à l'extérieur de l'enceinte.

### 4.6.2.2 Phase définitive

En ce qui concerne la protection de l'ouvrage contre les eaux en phase définitive et selon le degré de protection souhaité, on se référera au Fascicule 74.

L'étanchéité (ou semi-étanchéité) périphérique sera assurée au moyen d'une paroi moulée.

En ce qui concerne le fond de l'ouvrage, il y aura lieu de mettre en œuvre un cuvelage étanche (associé à un radier lesté ou ancré de manière à reprendre les sous-pressions), en fonction des niveaux EN, HE et EE à considérer.

En outre, l'éventuel « effet barrage » (perturbation des écoulements souterrains) dû à la mise en œuvre d'une paroi moulée devra être étudié au niveau des études de projet G<sub>2</sub>.

#### **4.7 Conditions de mitoyenneté**

---

Rappelons que l'ouvrage projeté ne devra pas avoir d'influence préjudiciable sur l'assise des existants (voiries, ouvrages existants - bâtiment, bassin, voies SNCF notamment).

Préalablement à l'ouverture du chantier, des puits de découverte manuels des fondations des ouvrages existants (profondeur d'assise, débord, épaisseur...) ou une enquête portant sur la présence éventuelle de parties enterrées au droit de ces ouvrages permettront à l'équipe de conception de vérifier la profondeur et la nature des terrains d'assise des fondations de ces ouvrages mitoyens et de préciser les éventuelles dispositions constructives pour le futur projet.

Effectivement, le niveau d'assise des différents ouvrages aura une influence sur le dimensionnement de la paroi moulée notamment, et des soutènements des fouilles d'une manière générale.

#### **4.8 Assise des canalisations et des regards**

---

Les canalisations et les regards seront mis en place sur un lit de matériaux dont la constitution dépend de la nature du sol-support.

A titre indicatif, il est d'usage de mettre en œuvre au minimum en terrain meuble sous nappe, une couche de ballast d'au moins 0,4 m d'épaisseur surmontée par un lit de grain de riz de 0.1 m.

Ces structures de pose devront être précisées par l'équipe de conception en fonction du type de canalisation et de regards prévus, de manière à ce qu'aucun tassement ne soit possible par la suite (notamment au droit des regards).

Si nécessaire, la mise en place d'un géotextile anticontaminant pourra réduire la pollution de ces sols d'assise par les fines véhiculées par les infiltrations d'eau.

#### **4.9 Remblayage des tranchées**

---

Le remblayage sera effectué conformément aux recommandations du guide technique du LCPC/SETRA "remblayage des tranchées et réfection des tranchées".

Ce guide définit la nature des matériaux à mettre en œuvre et le mode de compactage à envisager en fonction des objectifs de densification à atteindre.

Le contrôle du compactage (compactage effectué suivant les prescriptions du guide technique) sera effectué au pénétrodensitographe ou similaire pour vérifier l'obtention des objectifs de densification définis notamment dans les normes NFP 98-115 et NFP 98-331.

Ces essais seront associés, dans le cadre du suivi d'exécution, à un contrôle de conformité des matériaux mis en œuvre (visuel, essais en laboratoire, etc...).

## 5. ETUDES GEOTECHNIQUES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES

Rappelons que la présente étude géotechnique d'avant-projet, est de type  $G_{12}$  au sens de la norme NFP 94-500.

La réalisation d'études géotechniques complémentaires accompagnera le projet de réalisation des ouvrages projetés, au fur et à mesure de son élaboration, depuis sa conception jusqu'à sa réalisation.

Les missions géotechniques suivront la norme NFP 94-500. Elles pourraient se dérouler comme suit :

### Etudes géotechniques d'avant-projet complémentaires ( $G_{12}$ ) :

Comme vu précédemment, nous rappelons la nécessité de réaliser le suivi mensuel des piézomètres disponibles sur le site, sur une période de 12 mois au minimum, permettant d'apprécier les fluctuations du niveau de la nappe sur un cycle saisonnier et de vérifier la différence de niveaux observée entre les piézomètres. Par ailleurs, la réalisation d'un essai de pompage au droit des ouvrages enterrés (bassin, puits, etc...) devrait à notre sens être prévue, afin de permettre une estimation de la perméabilité en grand des sols du site, puis du débit d'exhaure attendu pour le dimensionnement des soutènements, et notamment de la paroi moulée (bassin de stockage).

Si des fondations profondes étaient finalement envisagées notamment et en fonction de leur profondeur, des sondages pressiométriques complémentaires profonds de confirmation pourraient également s'avérer nécessaires, afin de permettre leur dimensionnement. Ces sondages seront également utiles au dimensionnement de la paroi moulée.

Ces investigations complémentaires pourraient être réalisées lorsque les bâtiments occupant actuellement le site seront démolis, afin d'étudier le terrain sur la totalité de l'emprise des futurs ouvrages.

### Etudes géotechniques de projet ( $G_2$ ) puis d'exécution ( $G_3$ )

Chaque ouvrage géotechnique (fondations, soutènements, dispositions vis-à-vis des nappes notamment) fera l'objet d'une étude de projet géotechnique de type  $G_2$  (éventuellement intégrée à l'étude globale de conception de l'ouvrage), comportant notamment des modélisations (cf. § 4.1. Préambule), puis d'études et de suivi d'exécution de type  $G_3$ .

### Supervision géotechnique d'exécution ( $G_4$ )

Compte tenu de l'importance du projet, et de l'implication majeure des aspects géotechniques et hydrogéologiques avec notamment des travaux lourds de soutènement et de terrassement sous nappe, une mission de supervision géotechnique d'exécution (mission  $G_4$ ) doit être prévue afin de suivre et d'adapter si nécessaire l'exécution des ouvrages géotechniques.

Dans le cadre de ce suivi seront prévus des essais de contrôle notamment, avec, en ce qui concerne la paroi moulée par exemple, l'enregistrement des paramètres de forage et de butonnage, les essais d'auscultations soniques (pour le contrôle du fût des parois), des carottages en pointe (pour le contrôle de la qualité du bétonnage à la base des panneaux de paroi et du contact béton-sol en pointe), les essais sur ciments, bétons et eau de gâchage, l'instrumentation de la paroi avec des tubes inclinométriques et leur suivi, mesures de convergence (EUROCODE 7), méthode observationnelle, etc....

  
S. BOISSENOT  
Ingénieur Géotechnicien

UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE  
 Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en décembre 2006

CLASSIFICATION ET ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Tableau 1 – Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

| Étape           | Phase d'avancement du projet                               | Missions d'ingénierie géotechnique            | Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques                   | Prestations d'investigations géotechniques *         |
|-----------------|--|---|---|--|
| 1               | Étude préliminaire<br>Étude d'esquisse                     | Étude géotechnique préliminaire de site (G11) | Première identification des risques   | Fonction des données existantes                      |
|                 | Avant projet   | Étude géotechnique d'avant-projet (G12)       | Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences | Fonction des données existantes et de l'avant-projet |
| 2               | Projet<br>Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)         | Étude géotechnique de projet (G2)             | Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences    | Fonction des choix constructifs                      |
| 3               | Exécution  | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) | Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences     | Fonction des méthodes de construction mises en œuvre |
|                 |  | Supervision géotechnique d'exécution (G4)     |   | Fonction des conditions rencontrées à l'exécution    |
| Cas particulier | Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques | Diagnostic géotechnique (G5)                  | Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques                             | Fonction de la spécificité des éléments étudiés      |

\* NOTE : A définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

Tableau 2 - Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

|   |
|---|
| <p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.</p>  |
| <p><b>ETAPE 1 : ÉTUDES GEOTECHNIQUES PREALABLES (G1)</b><br/>                 Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)</b><br/>                 Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisnants.</li> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.</li> </ul> <p><b>ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)</b><br/>                 Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisnants).</li> </ul> <p>Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).</p>  |
| <p><b>ETAPE 2 : ÉTUDE GEOTECHNIQUE DE PROJET (G2)</b><br/>                 Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.</p> <p><b>Phase Projet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisnants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.</li> <li>- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.</li> </ul> <p><b>Phase Assistance aux Contrats de Travaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.</li> </ul>   |
| <p><b>ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b><br/>                 Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.</p> <p><b>Phase Etude</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.</li> </ul> <p><b>Phase Suivi</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.</li> <li>- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b><br/>                 Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.</p> <p><b>Phase Supervision de l'étude d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.</li> </ul> <p><b>Phase Supervision du suivi d'exécution</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisnants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.</li> </ul> |
| <p><b>DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)</b><br/>                 Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.</li> </ul> <p>Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.</p>   |

CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE  
UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE (version décembre 2006)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'oeuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G11), d'étude géotechnique d'avant projet (G12), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'oeuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en oeuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

CONDITIONS PARTICULIERES

1. Déclaration réglementaire

- Rappelons que conformément au code minier, le client est tenu de déclarer ou faire déclarer par le maître d'ouvrage les forages de plus de 10 m au BRGM
- Rappelons également que le client est tenu de faire établir une déclaration en préfecture des sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètre notamment).

2. Sondages géotechniques

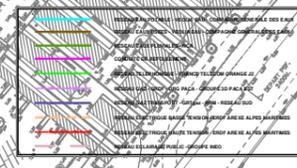
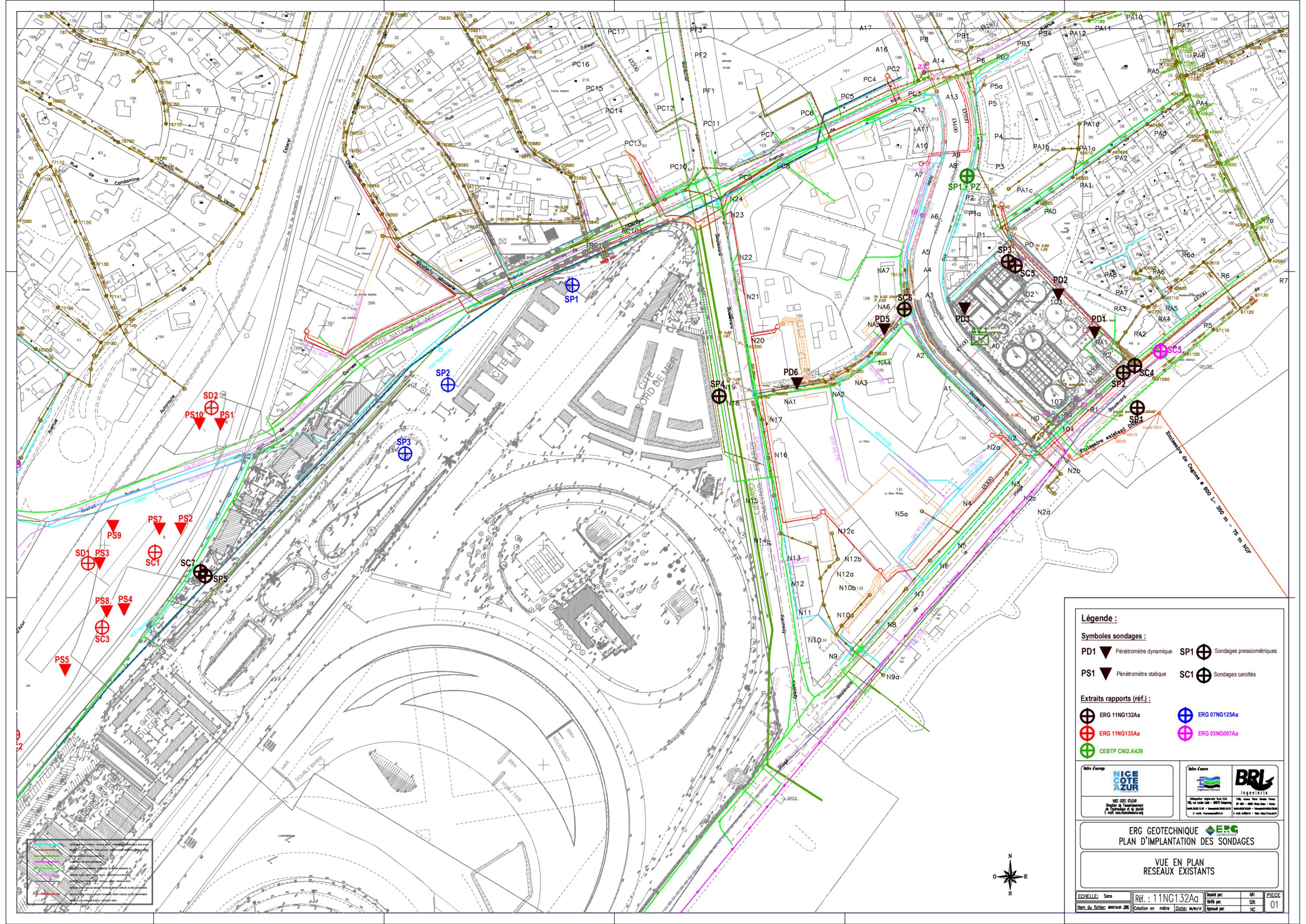
La mission est strictement de type géotechnique. Les sondages géotechniques réalisés dans le cadre de cette mission n'ont pas pour but et donc ne peuvent pas détecter d'éventuelles pollutions des sols. Ainsi, dans le cadre de cette mission géotechnique spécifique, il n'est pas abordé le contexte environnemental (dans le cas d'une éventuelle contamination des sols, une étude environnementale comprenant des investigations adaptées pour cela doit être réalisée).

3. Rapport de mission – délai de validité

Le maître d'ouvrage est tenu de nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier). Il devra faire réactualiser le présent rapport de mission en cas de modification du projet ou d'ouverture du chantier plus de 2 ans après la date du présent rapport. Il en sera de même en cas de travaux de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant notamment les qualités mécaniques et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique. Ces nouvelles conditions hydro-géotechniques (éléments géotechniques nouveaux) sont de nature à modifier tout ou partie des conclusions du rapport nécessitant impérativement une réactualisation de ce dernier.

## A N N E X E S

- plan d'implantation des sondages,
- coupes et photographies des sondages carottés SC4 à SC7,
- coupes des sondages pressiométriques SP1 à SP5,
- coupes des essais au pénétromètre dynamique PD1 à PD8,
- résultats des essais de laboratoire;
- extraits du rapport ERG n° 11NG133Aa
- extraits du rapport CEBTP n° CNI2.A.429,
- extraits du rapport ERG n° 07NG125Aa,
- extraits du rapport ERG n° 05NG007Aa,
- liste des abréviations utilisées dans les coupes de sondage.



**Légende :**

**Symboles sondages :**

PD1 ▼ Pénétromètre dynamique    SP1 ⊕ Sondages pressiométriques

PS1 ▼ Pénétromètre statique    SC1 ⊕ Sondages carottés

**Extraits rapports (réf.) :**

⊕ ERG 11NG132Aa    ⊕ ERG 07NG125Aa

⊕ ERG 11NG133Aa    ⊕ ERG 05NG007Aa

⊕ CEBTP CN12.A429

|   |  |
|---|--|
| <p>NICE COTE AZUR<br/>Direction régionale Sud-Côte d'Azur<br/>100, rue Louis Léal - 06200 Cimiez<br/>Tél : 04 93 80 00 00<br/>E-mail : nice@nicemars.fr</p> | <p>BRL<br/>Ingénierie<br/>Département : Géotechnique<br/>100, rue Louis Léal - 06200 Cimiez<br/>Tél : 04 93 80 00 00<br/>E-mail : nice@nicemars.fr</p> |
|---|--|

**ERG GEOTECHNIQUE** **PLAN D'IMPLANTATION DES SONDRAGES**

**VUE EN PLAN**  
**RESEAUX EXISTANTS**

|                               |                   |                  |       |
|-------------------------------|-------------------|------------------|-------|
| ECHELLE: Sans                 | Réf.: 11NG132Aa   | Dessiné par: MK  | PIECE |
| Nom du fichier: sondaazur.dwg | Cotation en mètre | Vérifié par: SR  | 01    |
|                               | Date: 04/04/12    | Approuvé par: NC |       |





# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC4

sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | RACCORDEMENT STEP   | OPERATEUR | PRINCIVALLE     |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | BRL                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/132Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



FIN DU SONDAGE A 5.0 m

Echantillon intact :







# SONDAGE : SC5

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

Client : BRL

Date du : 01/12/2011

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

X :

Au : 01/12/2011

Y :

Fin : 20,00 m

Z :

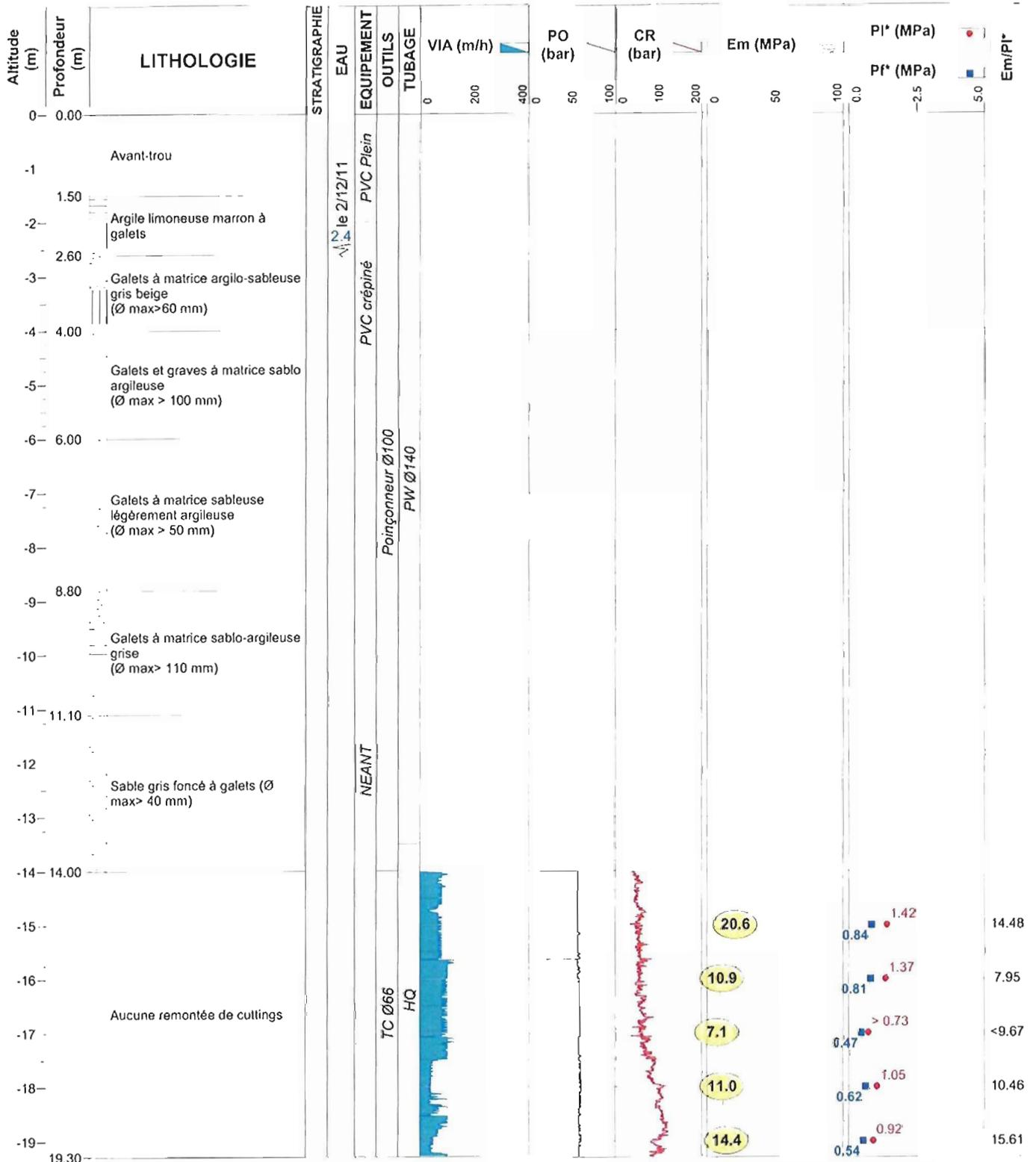
Azimut :

Echelle : 1 / 100

Machine : SOCO 50

Remarque : Tête de puits 0,5 m - Carotté de 0 à 14 m

Page: 1 / 2



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.



# SONDAGE : SC5

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

Client : BRL

Date du : 01/12/2011

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

X :

Au : 01/12/2011

Y :

Z :

Fin : 20,00 m

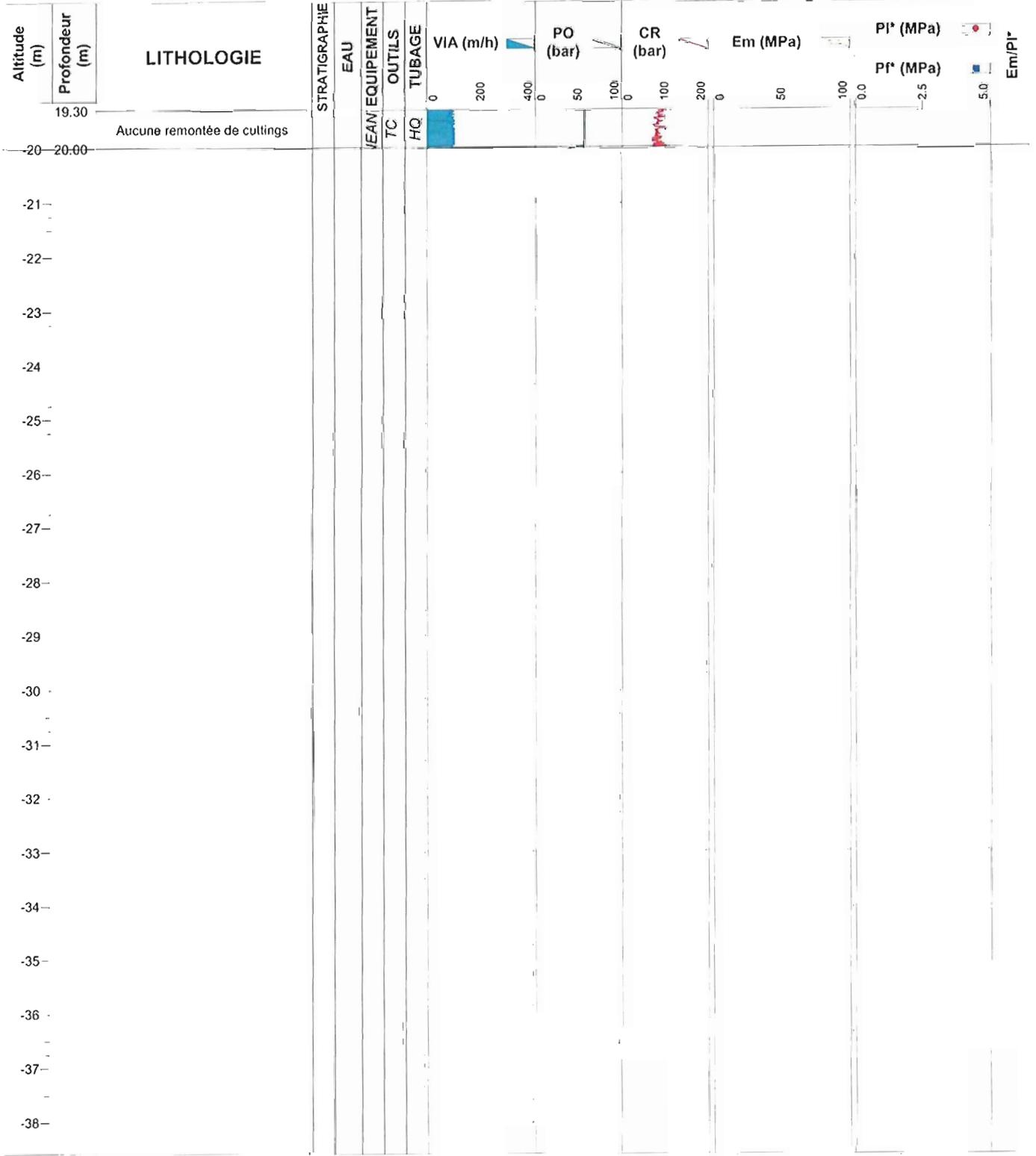
Inc/Vert (°) :

Echelle : 1 / 100

Machine : SOCO 50

Remarque : Tête de puits 0,5 m - Carotté de 0 à 14 m

Page: 2 / 2



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

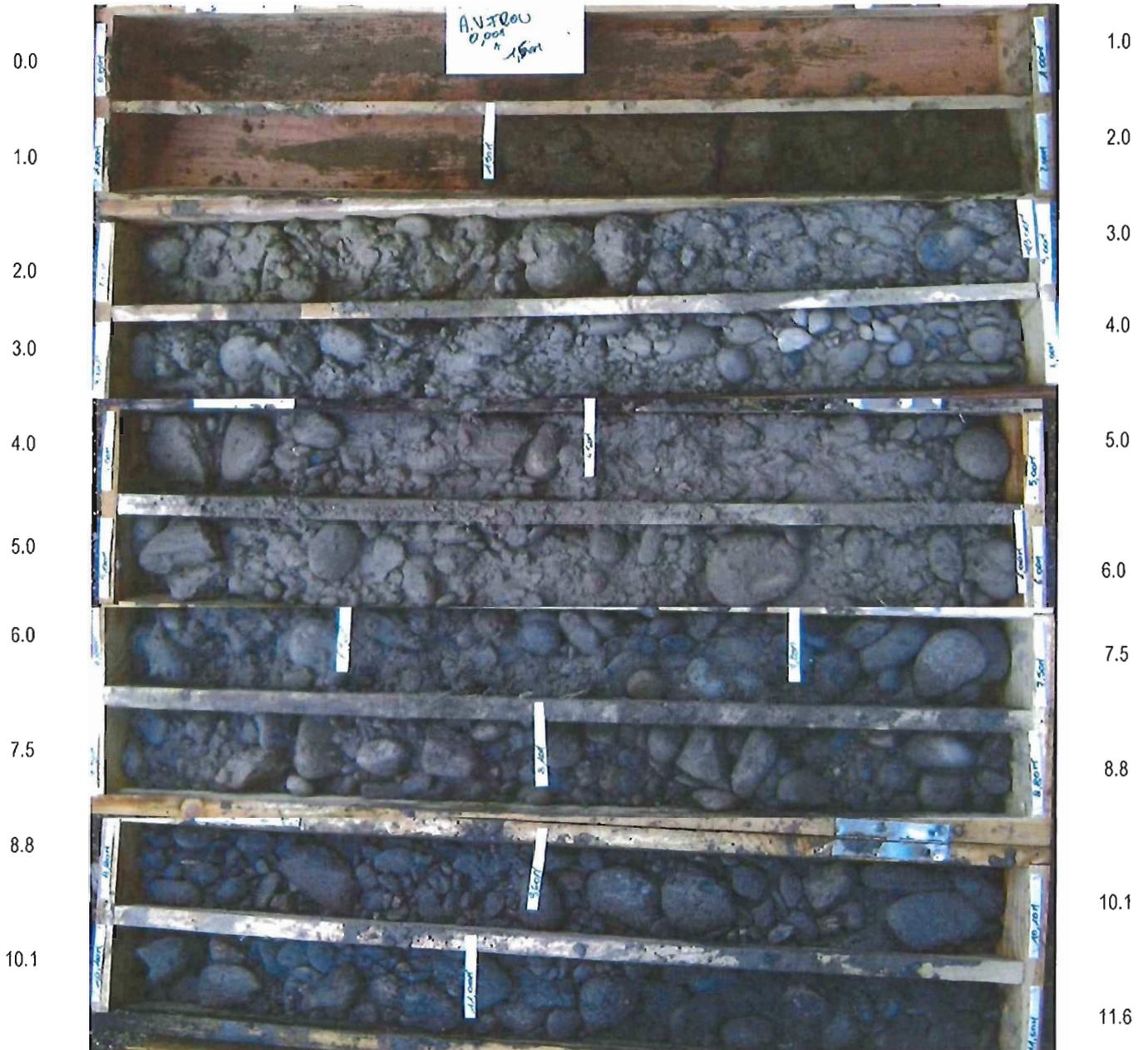
**SC5**

sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | RACCORDEMENT STEP   | OPERATEUR | PRINCIVALLE     |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | BRL                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/132Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC5  
sondage



11.6

12.8



12.8

14.0

FIN DU SONDAGE A 14.0 m



# SONDAGE : SC6

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : CAROTTE

X : 988329,000

Date du : 24/11/2011

Y : 161814,000

Au : 25/11/2011

Client : BRL

Z : 3,9 m

Fin : 5,00 m

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

Machine : SOCO 50

Remarque : Bouche à clé - Essai Lefranc à 4,75 m

Page: 1 / 1

| ALTITUDE (m) | Profondeur (m) | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE<br>NATURE DU TERRAIN                                   | STRATIGRAPHIE | ECHANTILLONS | CAROTTAGE (%) |    | RQD (%) |   | ID (cm) |   | LEFRANC | LUGEON | NIVEAU D'EAU | EQUIPEMENT | OUTILS | TUBAGE |
|--------------|----------------|---|---------------|--------------|---------------|----|---------|---|---------|---|---------|--------|--------------|------------|--------|--------|
|              |                |   |               |              | 0             | 50 | 100     | 0 | 100     | 0 |         |        |              |            |        |        |
|              | 0.00           | Avant-trou  |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| 3            | 1.00           | Remblai de sables légèrement argileux avec présence de béton, briques et graves |               |              | 100           |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
|              | 1.40           |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| 2            |                | Argile limoneuse marron claire  |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
|              | 2.40           |   |               | 2.4          |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| 1            | 3.00           | Limon marron-beige à rares graves (Ømax>20mm)                                   |               | 3.0          |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
|              | 3.35           | Argile sableuse marron grise barriolée orangée                                  |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
|              | 3.85           | Limon sableux bariolé orange gris beige à quelques graves (Ømax>20mm)           |               | 3.4          |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| 0            | 4.00           | Argile légèrement limoneuse gns à quelques graves (Ømax>10mm)                   |               | 4.0          |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
|              | 4.30           | Argile sableuse grise barriolée marron à graves                                 |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -1           | 5.00           | Galets à matrice argilo-sableuse  |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -2           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -3           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -4           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -5           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -6           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -7           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -8           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -9           |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -10          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -11          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -12          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -13          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -14          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -15          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |
| -16          |                |   |               |              |               |    |         |   |         |   |         |        |              |            |        |        |

Essai

NEANT

le 25/11/11

PVC plein

PVC crépiné Ø36/40

Poinçonneur Ø100

PW Ø140

# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC6  
sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | RACCORDEMENT STEP   | OPERATEUR | PRINCIPALE      |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | BRL                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/132Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



FIN DU SONDRAGE A 5.0 m

## Echantillons intacts :





# SONDAGE : SC7

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : CAROTTE

Client : BRL

X : 987687,000

Date du : 14/11/2011

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Y : 161576,000

Au : 15/11/2011

Z : 8,3 m

Fin : 8,00 m

Inc/Vert (°) :

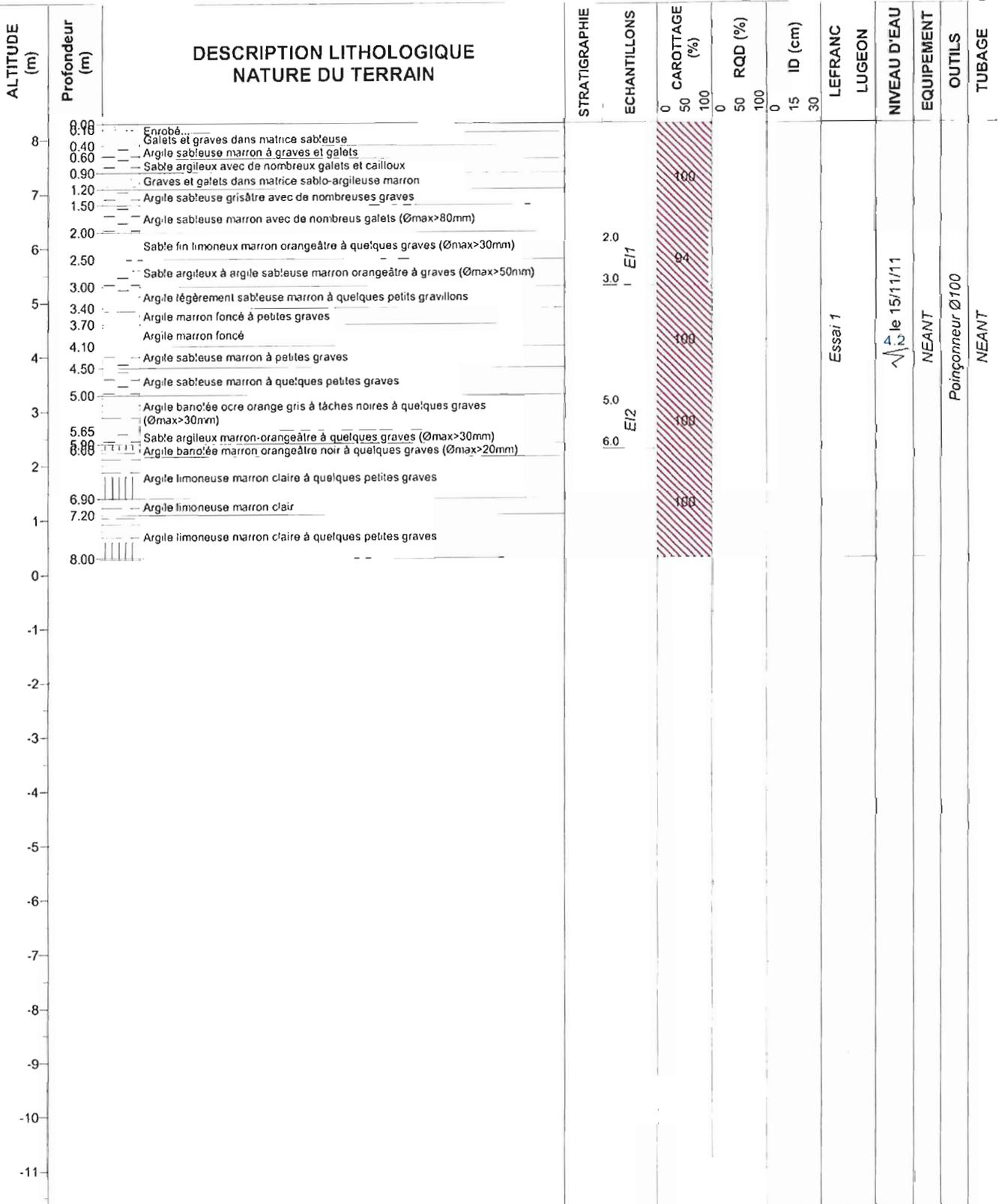
Echelle : 1 / 100

Machine : SOCO 50

Azimut :

Remarque :

Page: 1 / 1



# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC7

sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | RACCORDEMENT STEP   | OPERATEUR | PRINCIVALLE     |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | BRL                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/132Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



FIN DU SONDAGE A 8.0 m

**Echantillons intacts :**





# SONDAGE : SP1

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

X : 988541,000

Date du : 22/11/2011

Y : 161725,000

Au : 22/11/2011

Z : 2,3 m

Fin : 10,02 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

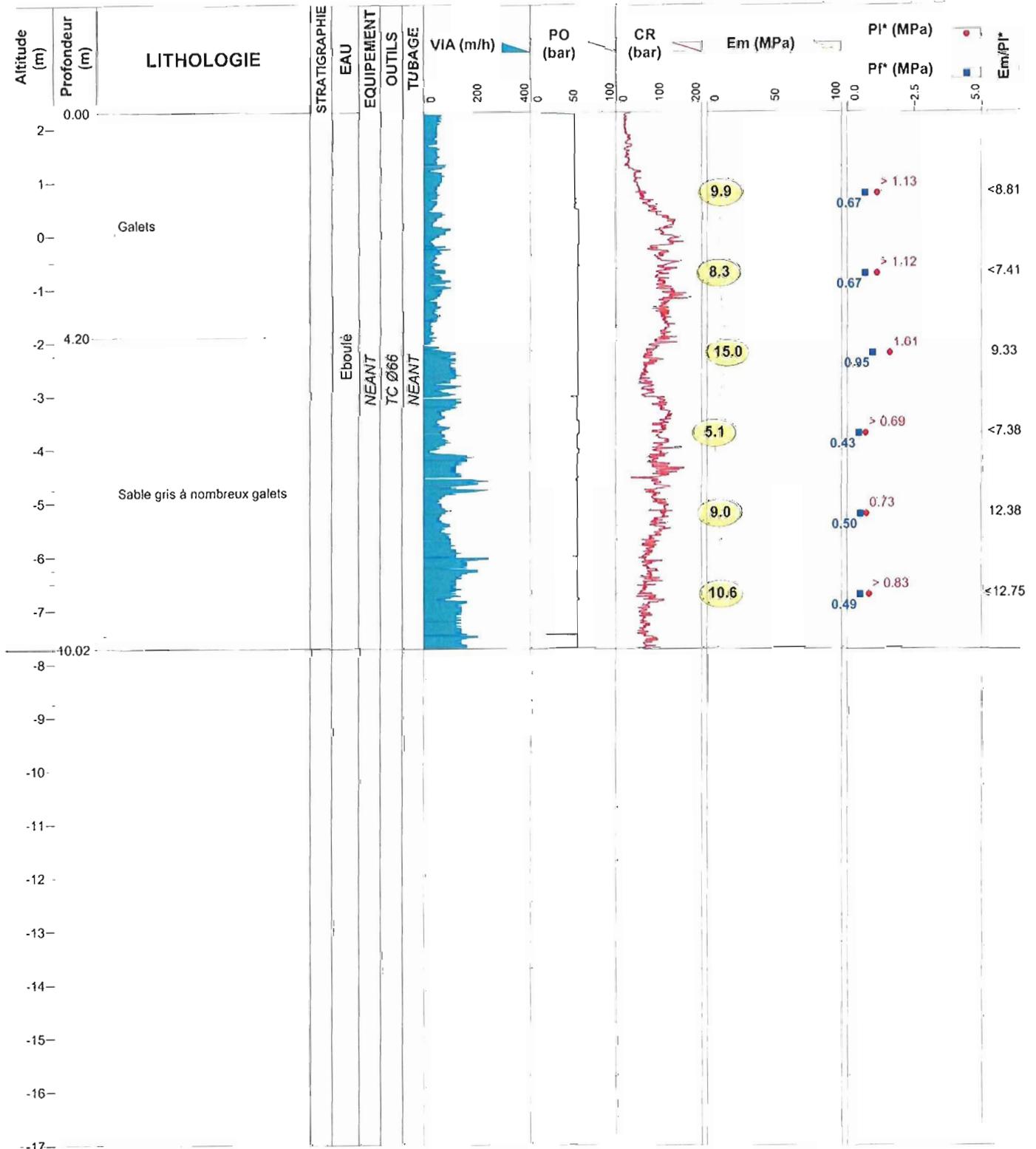
Client : BRL

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Machine : SOCO 50

Remarque : Eboulé à 0,30 m

Page: 1 / 1



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.



# SONDAGE : SP2

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

X : 988529,000

Date du : 23/11/2011

Y : 161748,000

Au : 23/11/2011

Z : 3,8 m

Fin : 10,00 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

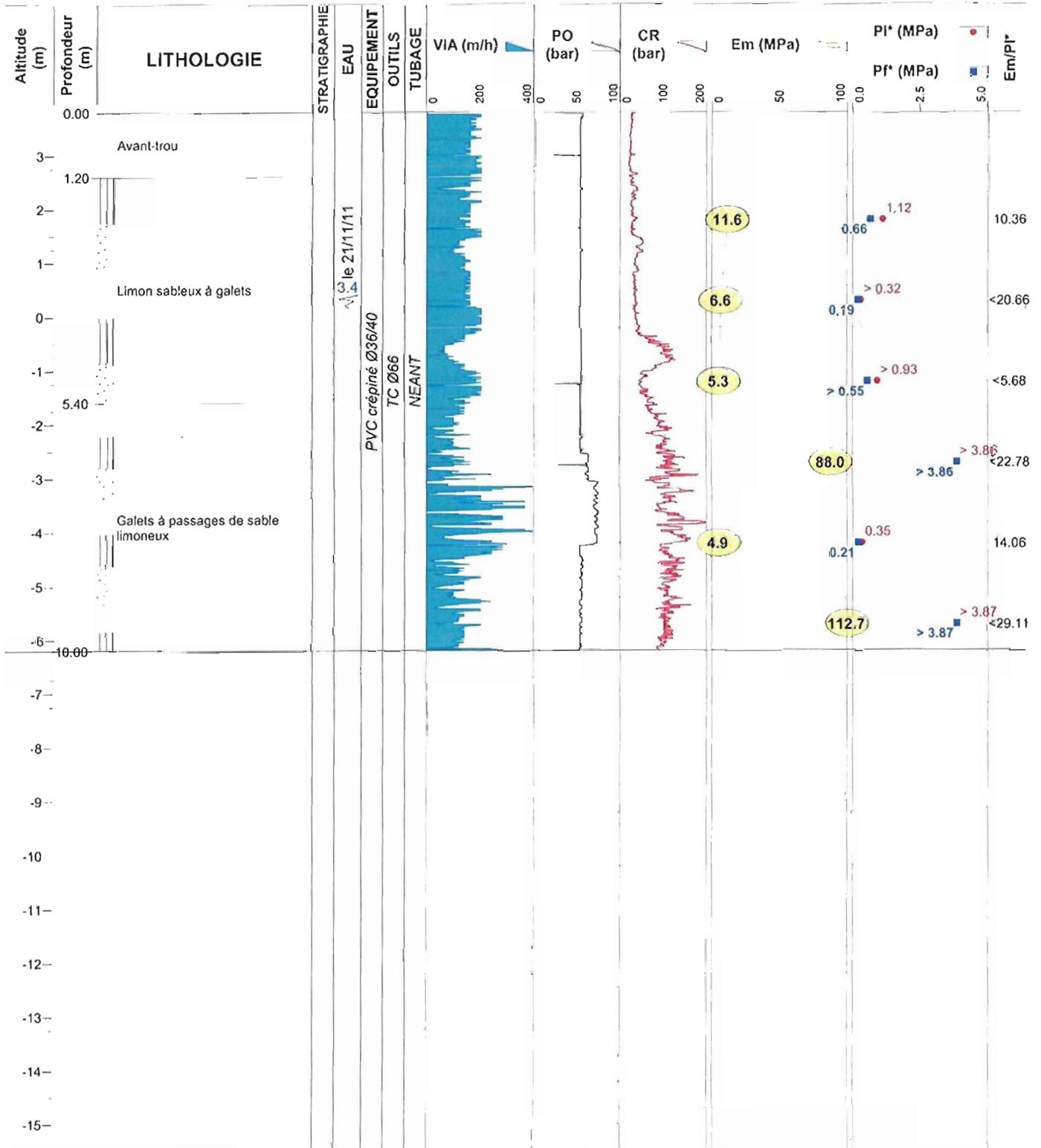
Client : BRL

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Machine : SOCO 50

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de fiabilité.



# SONDAGE : SP3

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

X : 988423,000

Date du : 28/11/2011

Y : 161858,000

Au : 30/11/2011

Z : 2,9 m

Fin : 35,00 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

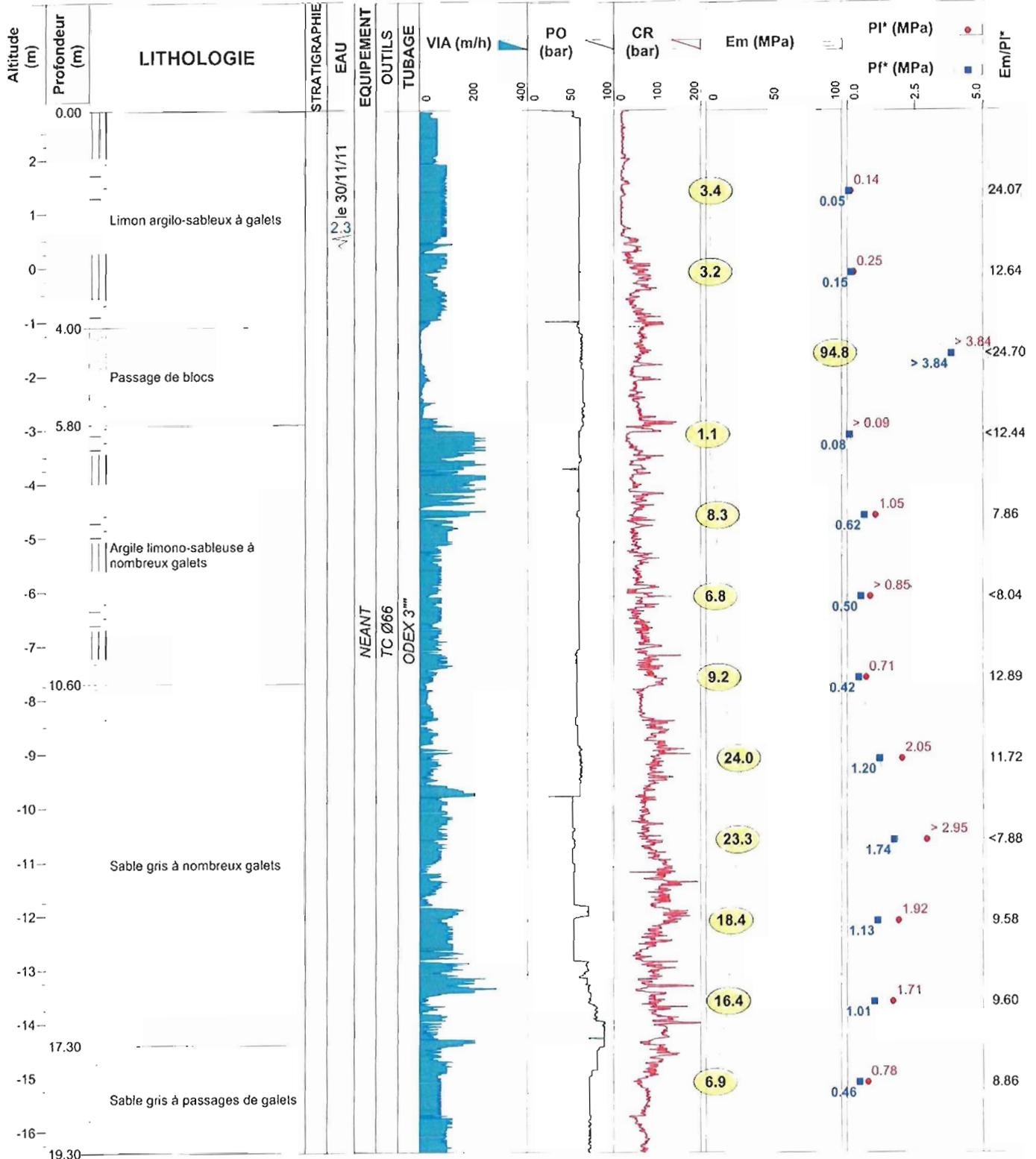
Client : BRL

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Machine : SOCO 50

Remarque : 3 essais Lefranc

Page: 1 / 2



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.



# SONDAGE : SP3

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

X : 988423,000

Date du : 28/11/2011

Y : 161858,000

Au : 30/11/2011

Z : 2,9 m

Fin : 35,00 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

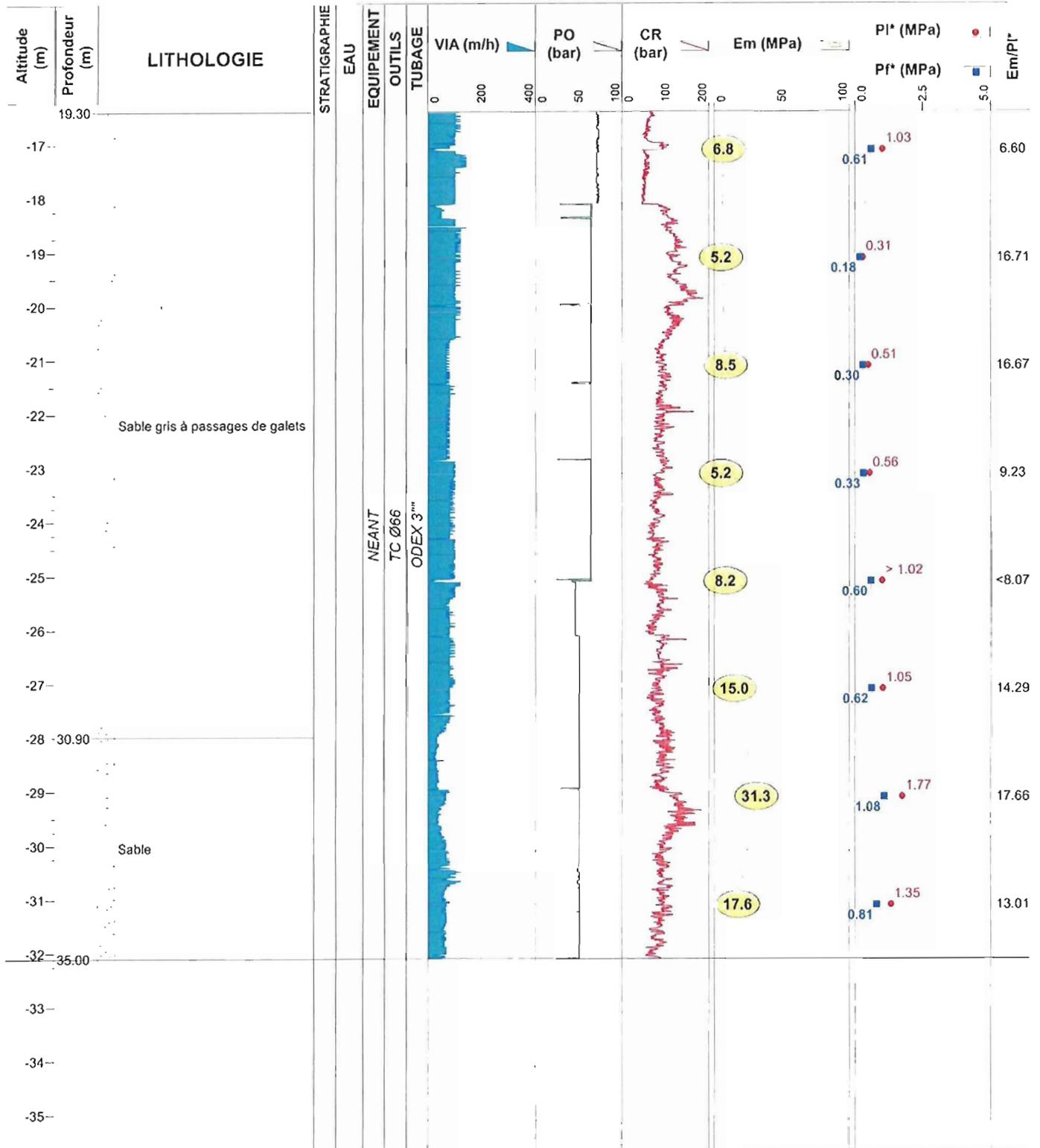
Client : BRL

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Machine : SOCO 50

Remarque : 3 essais Lefranc

Page: 2 / 2



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.



# SONDAGE : SP4

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

X : 988159,000

Date du : 16/11/2011

Y : 161735,000

Au : 16/11/2011

Z :

Fin : 3,01 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

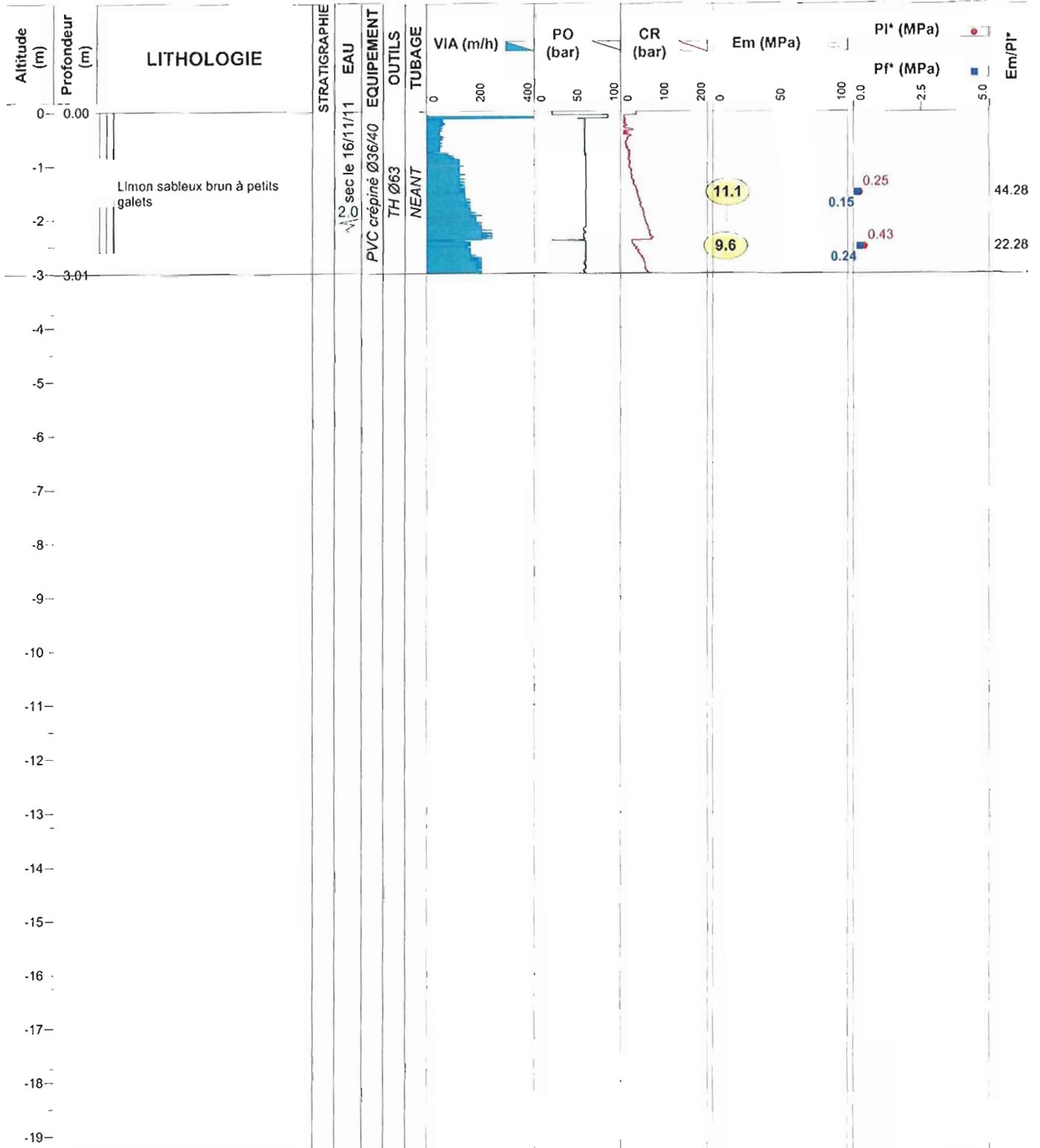
Client : BRL

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Machine : SOCO 50

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.



# SONDAGE : SP5

Affaire N°: 11/NG/132Aa

Type : PRESSIOMETRE

X : 987691,000

Date du : 15/11/2011

Y : 161572,000

Au : 15/11/2011

Z : 8 m

Fin : 15,00 m

Inc/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

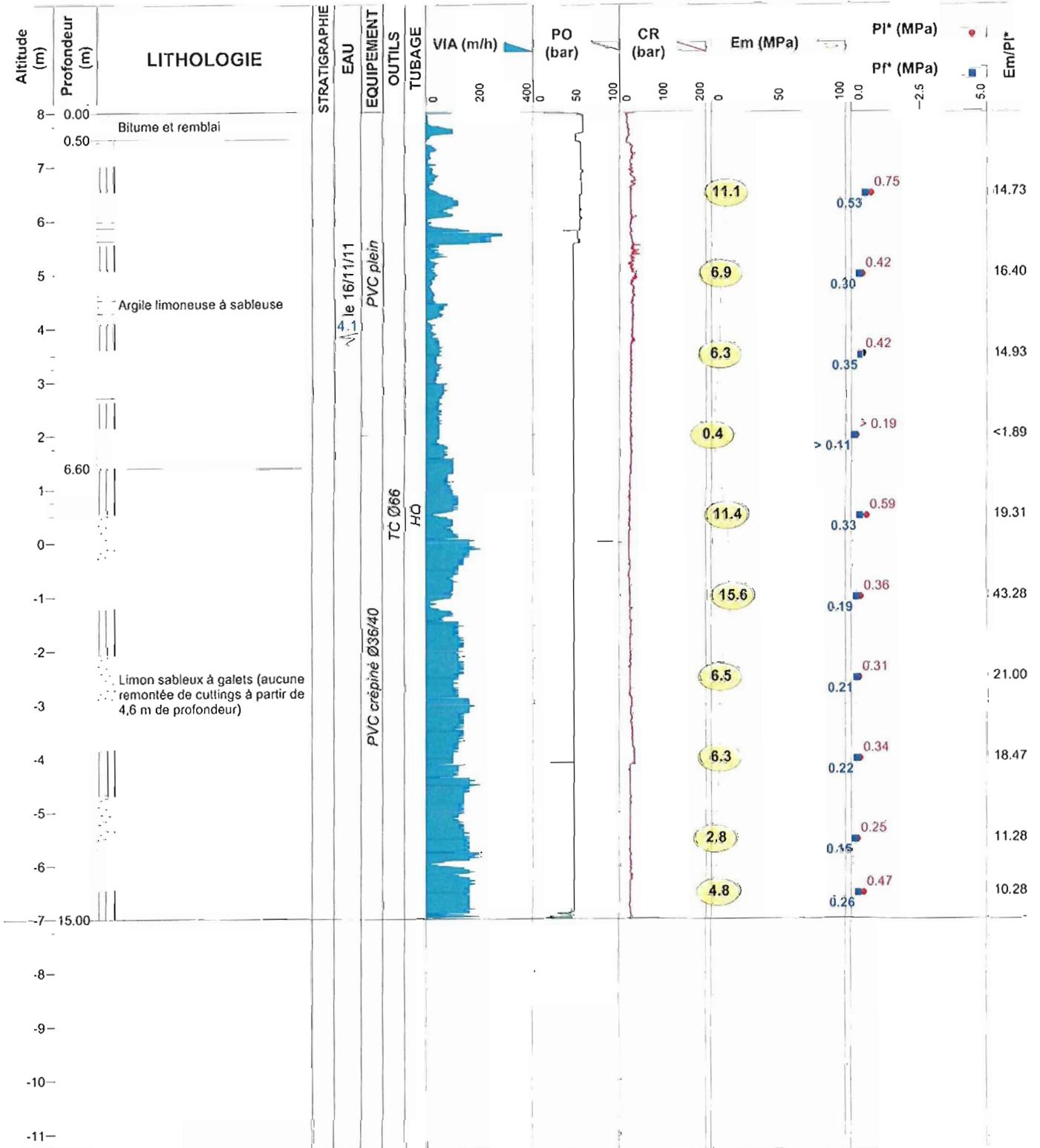
Client : BRL

Etude : RACCORDEMENT STEP  
06 - CAGNES SUR MER

Machine : soco 5065n3

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

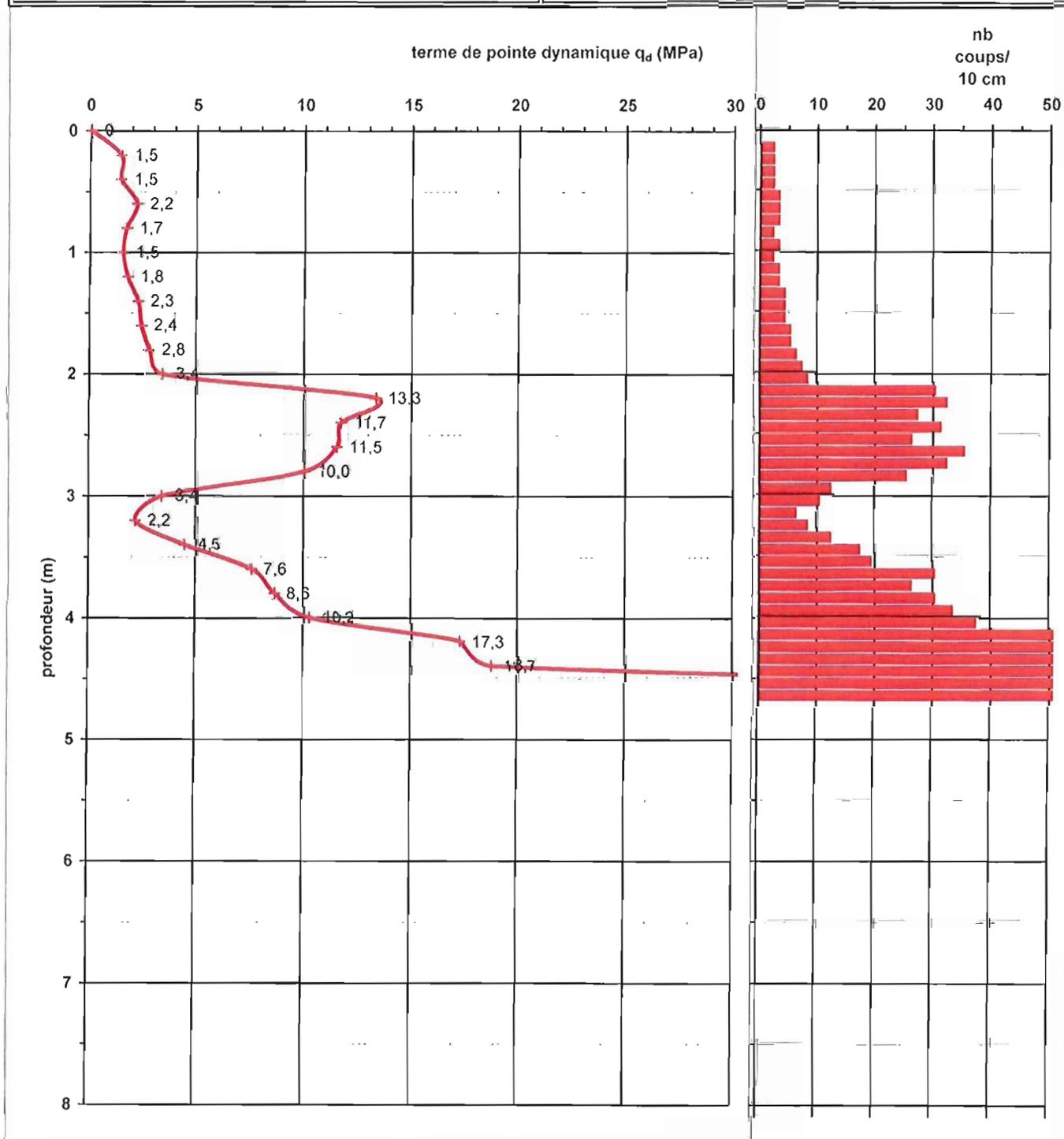
# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

PD1



type pénétromètre : 0 **TECNOTEST 5**

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |       |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|-------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m     | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | $m_l$ | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | $m_e$ | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H     | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A     | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

0

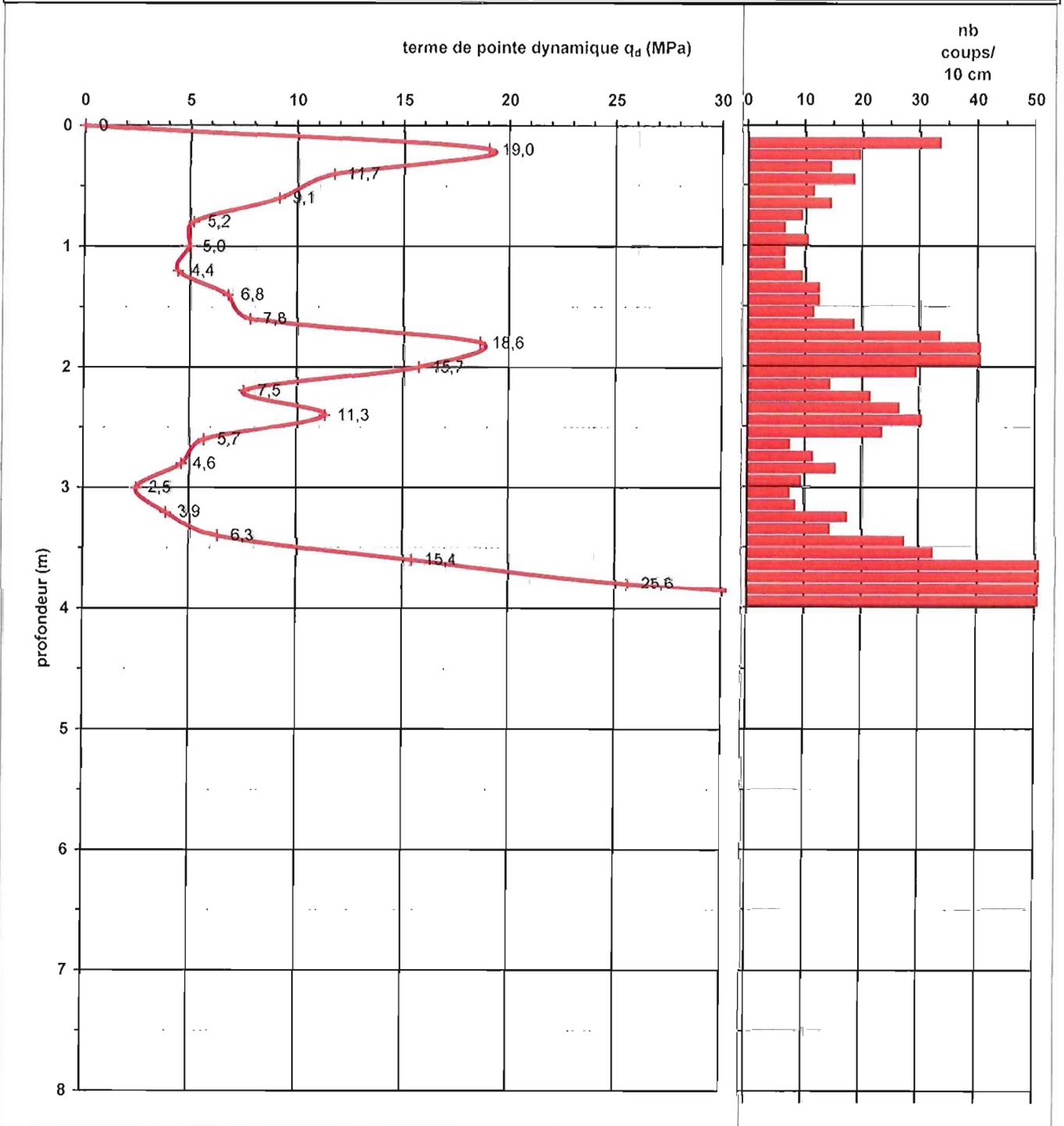
PD2



type pénétromètre :

TECNOTEST 5

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |                |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|----------------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m              | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | m <sub>t</sub> | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | m <sub>e</sub> | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H              | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A              | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

0

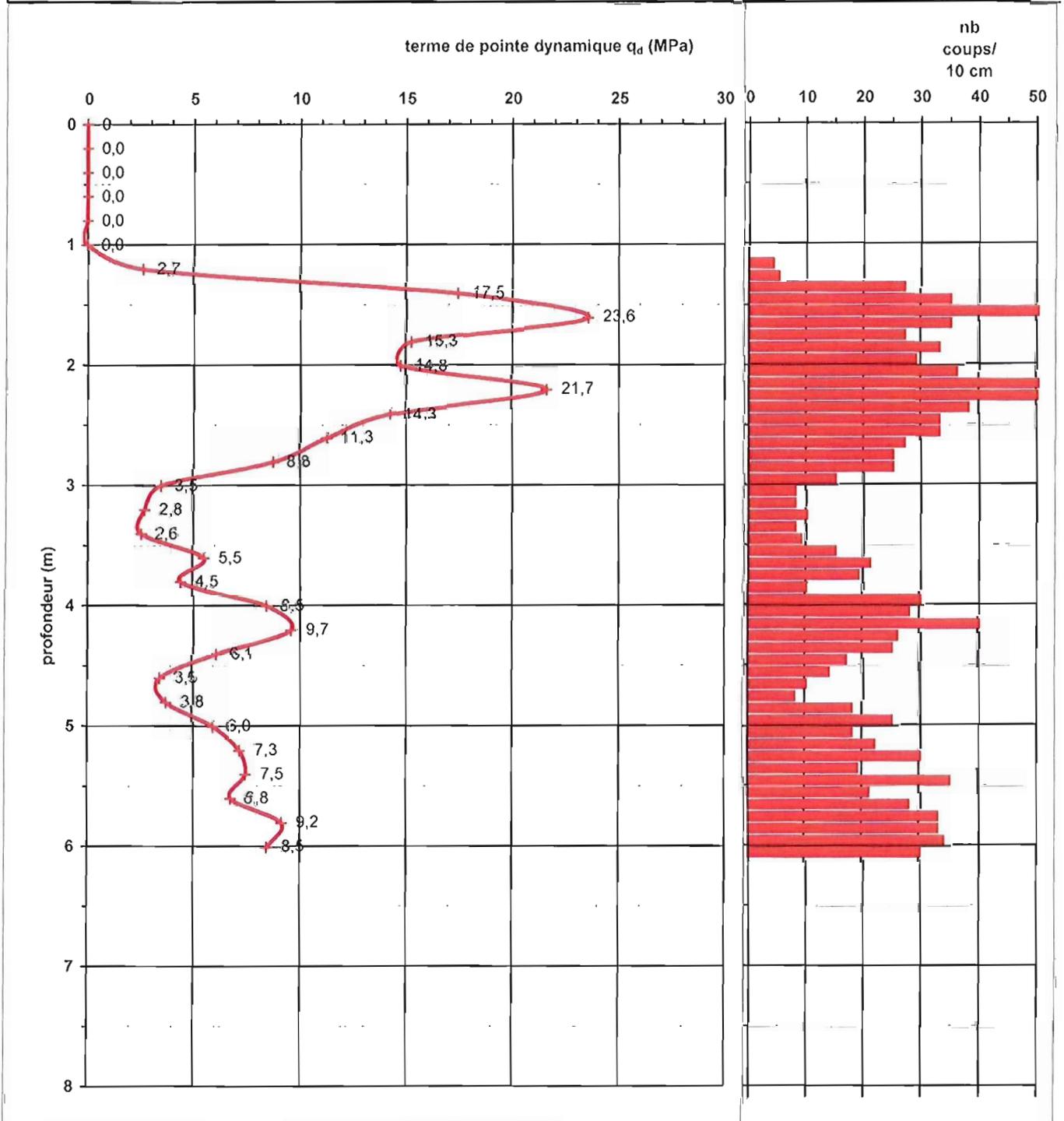
PD3



type pénétromètre :

TECNOTEST 5

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |       |                 |      | OBSERVATIONS:                  |            |
|---|-------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m     | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | $m_t$ | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | $m_e$ | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H     | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A     | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

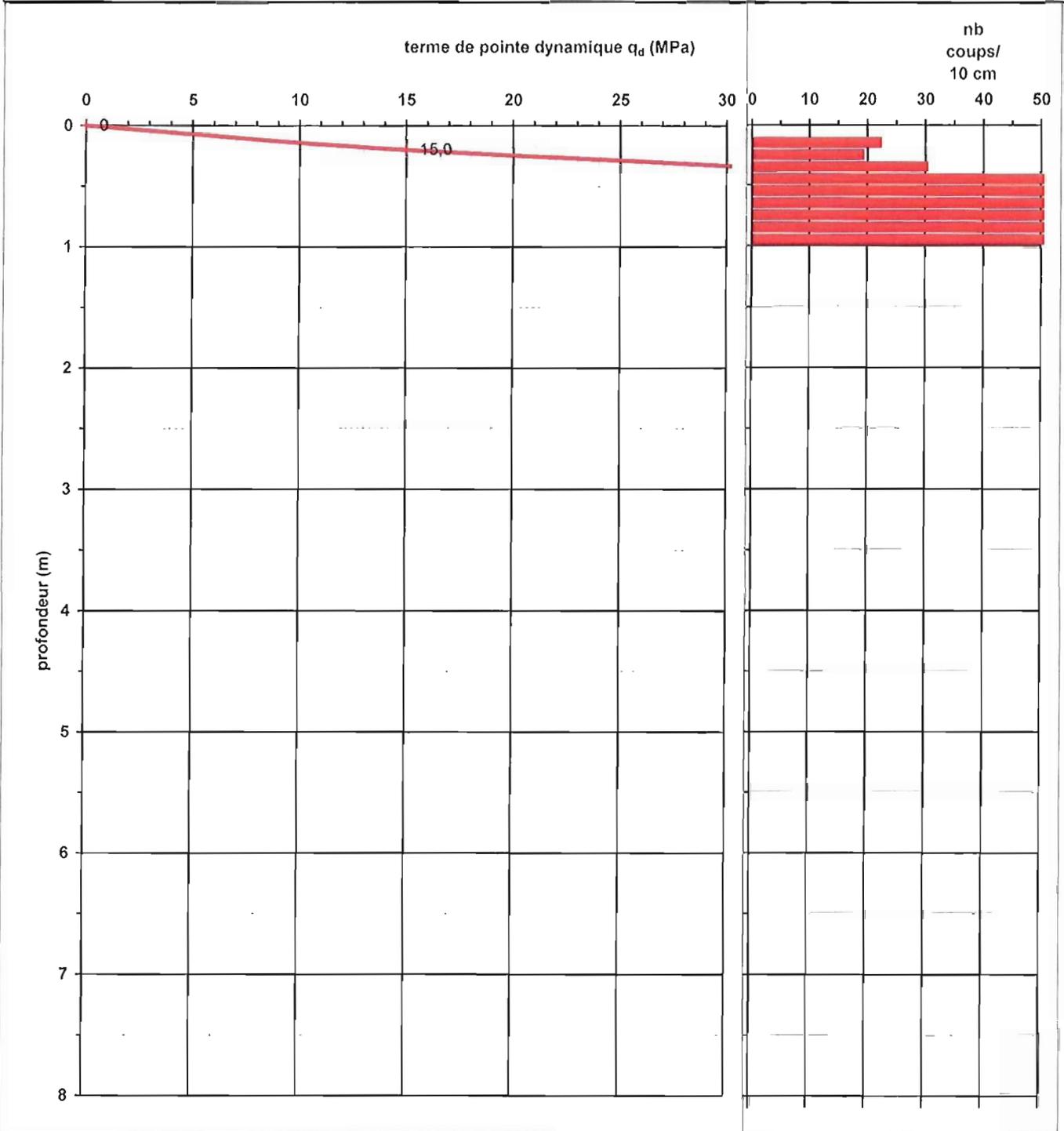
# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

PD4



type pénétromètre : 0 **TECNOTEST 5**

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |       |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|-------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m     | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | $m_l$ | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | $m_e$ | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H     | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A     | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

0

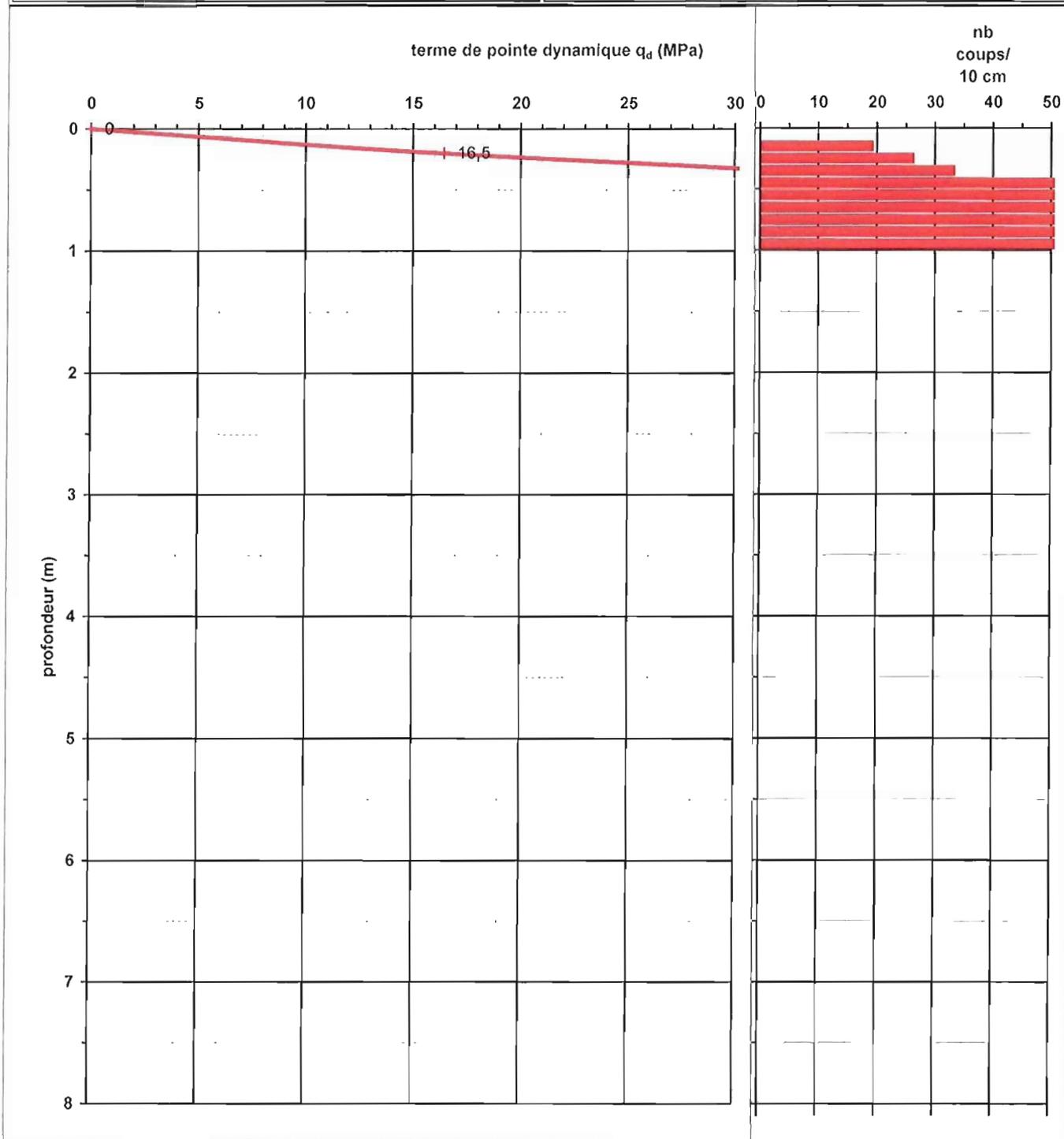
PD5



type pénétromètre :

TECNOTEST 5

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECHNOTEST |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |       |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|-------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m     | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | $m_t$ | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | $m_e$ | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H     | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A     | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

0

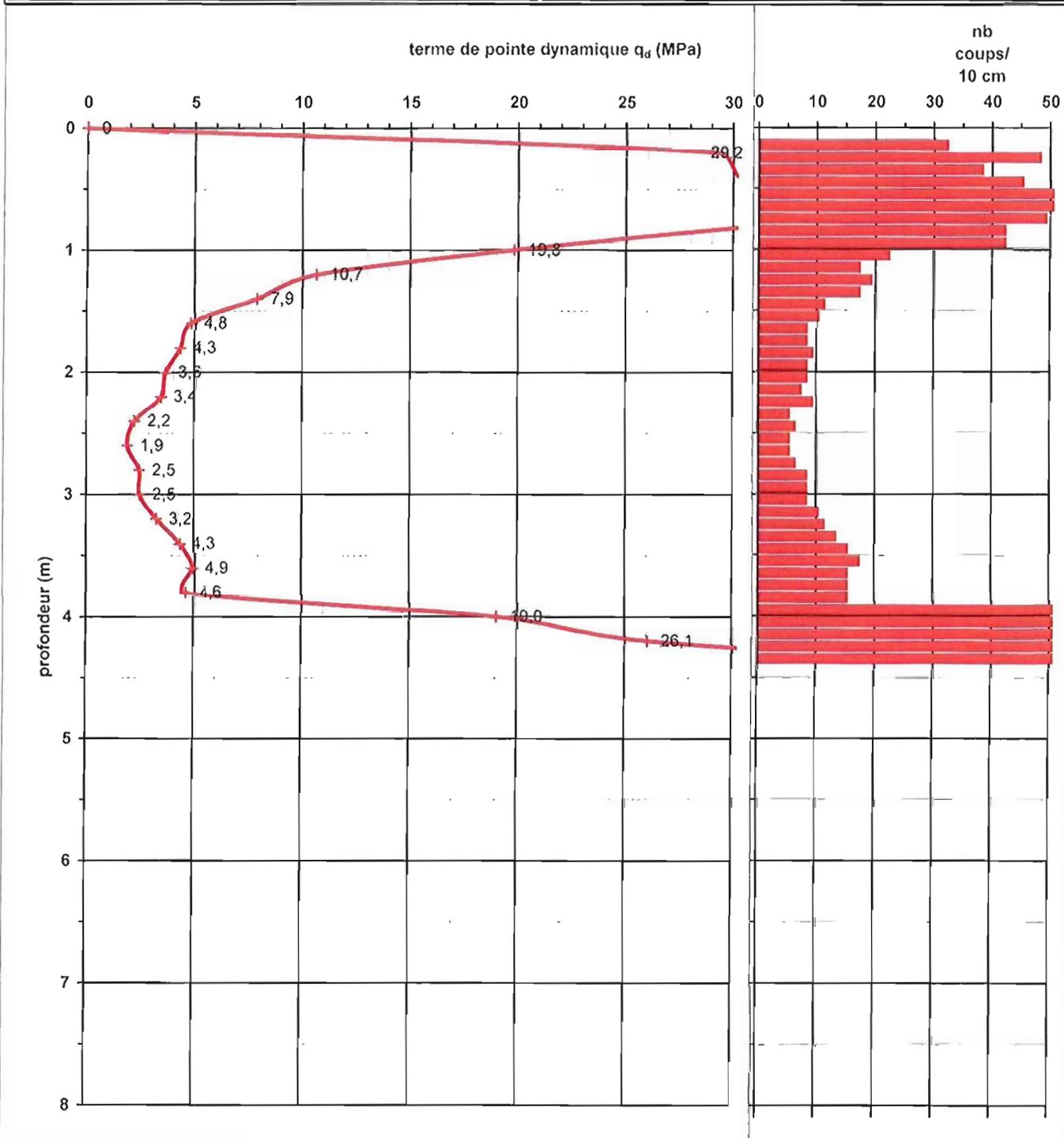
PD6



type pénétromètre :

TECNOTEST 5

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |                |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|----------------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m              | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | m <sub>t</sub> | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | m <sub>e</sub> | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H              | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A              | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

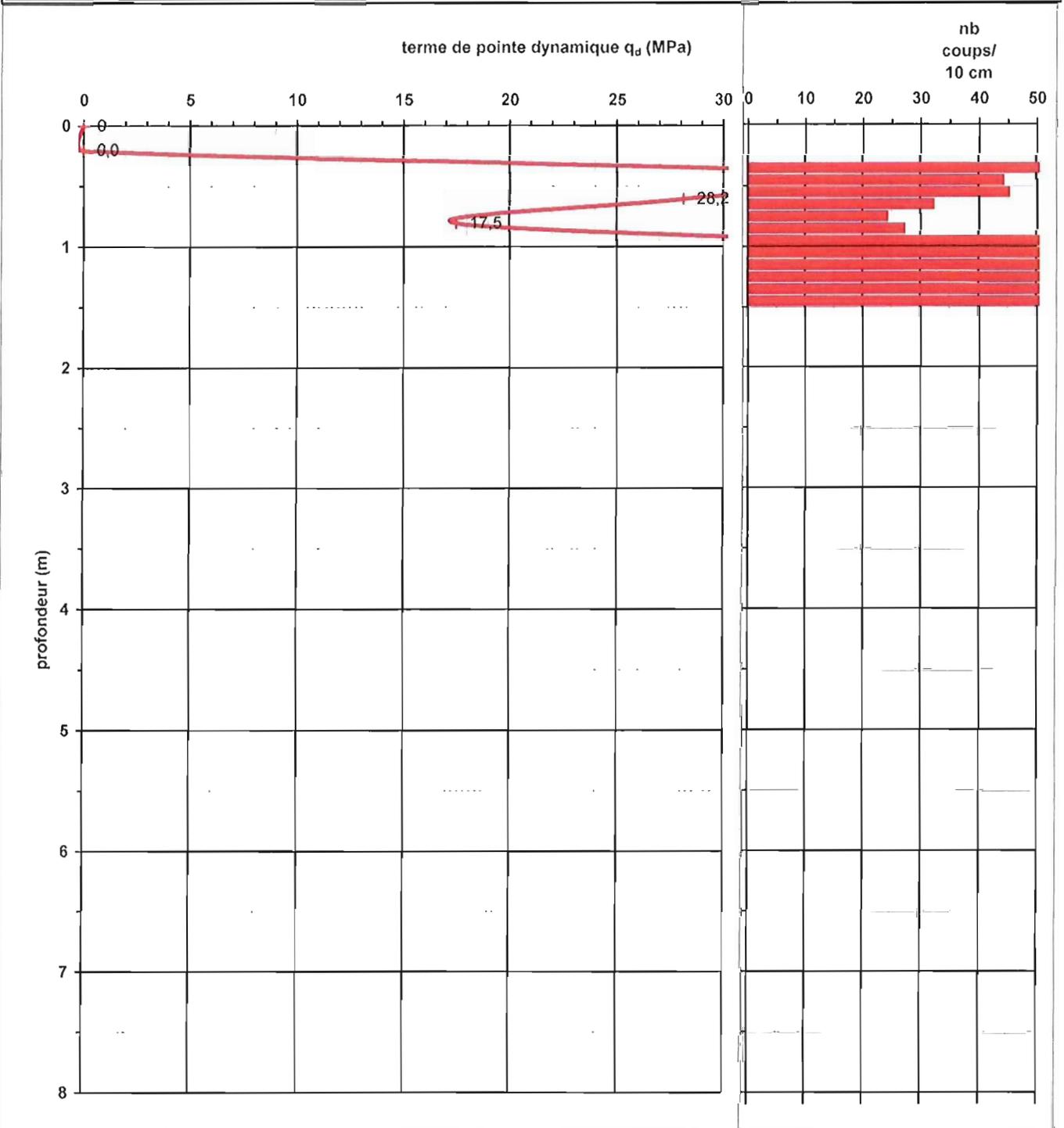
# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

PD7



type pénétromètre : 0 **TECNOTEST 5**

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |       |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|-------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m     | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique lige                     | $m_l$ | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | $m_e$ | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H     | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A     | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur lîges humides       | néant      |

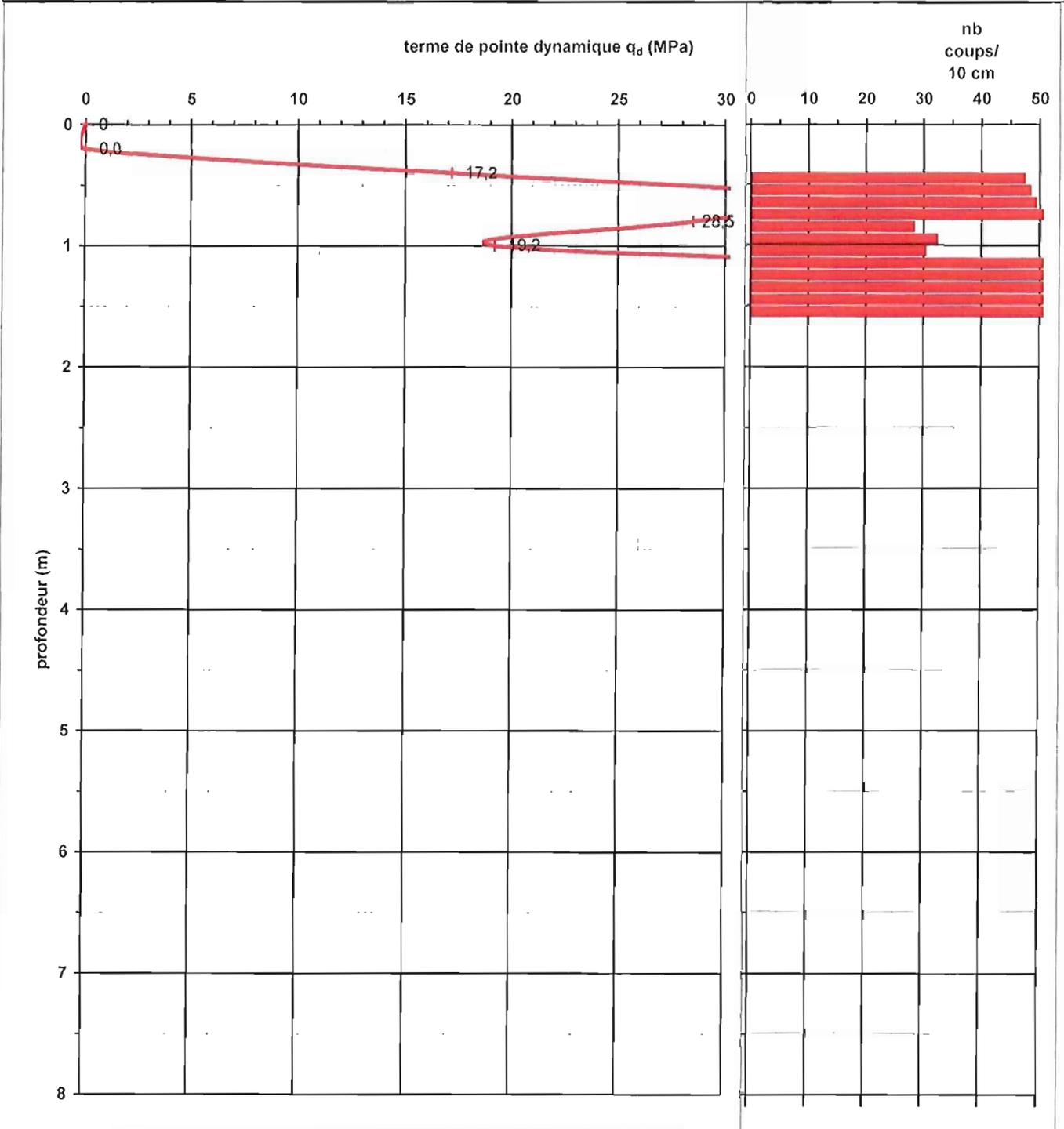
# ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE

PD8



type pénétromètre : 0 **TECNOTEST 5**

|            |                      |          |            |
|------------|----------------------|----------|------------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP    | EQUIPE   | TECNOTEST  |
| LIEU       | 06800 CAGNES-SUR-MER | SONDEURS | MOKHTARI   |
| CLIENT     | BRL                  | DATE     | 22/11/2011 |
| N° DOSSIER | 11NG132Aa            | COTE     | 2,5        |



| CARACTERISTIQUES PENETROMETRE DYNAMIQUE |       |                 |      | OBSERVATIONS                   |            |
|---|-------|-----------------|------|--------------------------------|------------|
| masse mouton                            | m     | kg              | 30   | cause arrêt (volontaire/refus) | volontaire |
| masse linéique tige                     | $m_l$ | kg/m            | 3    | nature refus                   |            |
| masse enclume+pointe                    | $m_e$ | kg              | 18,3 | indications sur niveaux eau    |            |
| hauteur de chute                        | H     | cm              | 20   | niveau eau fin sondage         | néant      |
| section pointe                          | A     | cm <sup>2</sup> | 5    | profondeur tiges humides       | néant      |

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SC6

sondage

04,75 m

profondeur



CHANTIER Raccordement STEP  
VILLE CAGNES (06)  
CLIENT BRL  
DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
OPERATEURS LEGER  
DATE 25-nov-11  
MODE (pompage/injection) injection

## DONNEES DE L'ESSAI

| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       | Z <sub>C haut</sub>                      | 4,50               |       |
|-------------------------------|--|--|--------------------|-------|
|                               |  | profondeur bas cavité (m)                | Z <sub>C bas</sub> | 5,00  |
|                               | profondeur essai (milieu cavité) (m)           | H <sub>c</sub>                           | 4,75               |       |
|                               | profondeur nappe (m)                           | Z <sub>w</sub>                           | 3,60               |       |
|                               | profondeur substratum étanche (m)              | Z <sub>substratum</sub>                  | 50,00              |       |
| HAUTEURS                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)             | H <sub>T</sub>                           | 0,10               |       |
|                               | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      | H <sub>L</sub>                           | 4,85               |       |
|                               | profondeur nappe/arase tubage (m)              | H <sub>P</sub>                           | 3,70               |       |
|                               | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       | H <sub>w</sub>                           | 1,15               |       |
|                               | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  | H  | 45,25              |       |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE      | diamètre extérieur tubage (m)                  | B <sub>e</sub>                           | 0,140              |       |
|                               | diamètre intérieur tubage (m)                  | B <sub>i</sub>                           | 0,127              |       |
|                               | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) | S  | 1,27E-02           |       |
| GEOMETRIE CAVITE              | diamètre (m)                                   | B  | 0,105              |       |
|                               | hauteur (m)                                    | L  | 0,50               |       |
|                               | élancement                                     | c=L/B                                    | 4,76               |       |
|                               | coefficient de forme                           | cavité éloignée limites aquifère         | m <sub>0</sub>     | 13,21 |
|                               |  | limites aquifère (voir tab'eau) cas n° 3 | m                  | 12,61 |
| APPORT/PRELEVEMENT            | débit m <sup>3</sup> /h                        | Qa                                       | 1,28               |       |
|                               | par injection m <sup>3</sup> /s                |  | 3,6E-04            |       |
|                               | prélèvement unique d'eau (m)                   | H <sub>e</sub>                           |                    |       |
|                               | vidange du forage (m)                          | H <sub>L</sub> +0,5L                     |                    |       |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum imperméable  
cas 3 : cavité proche de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface diamètre tubage sous nappe

## MESURES

| injection          |                    | arrêt injection |                    |
|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| t (min)            | H <sub>o</sub> (m) | t (min)         | H <sub>o</sub> (m) |
|                    |                    | 0,5             | 3,60               |
| 1                  | 3,6                | 1               | 3,60               |
| 2                  | 3,6                | 2               | 3,60               |
| 3                  | 3,58               | 3               | 3,60               |
| 4                  | 3,58               | 4               | 3,60               |
| 5                  | 3,5                | 5               | 3,60               |
| 6                  | 3,5                | 6               | 3,60               |
| 7                  | 3,49               | 7               | 3,60               |
| 8                  | 3,49               | 8               | 3,60               |
| 9                  | 3,49               | 9               | 3,60               |
| 10                 | 3,48               | 10              | 3,60               |
| 11                 | 3,48               | 11              | 3,60               |
| 12                 | 3,48               | 12              | 3,60               |
| 13                 | 3,47               | 13              | 3,60               |
| 14                 | 3,45               | 14              | 3,60               |
| 15                 | 3,45               | 15              | 3,60               |
| 16                 | 3,45               | 16              | 3,60               |
| 17                 | 3,45               | 17              | 3,60               |
| 18                 | 3,44               | 18              | 3,60               |
| 19                 | 3,44               | 19              | 3,60               |
| 20                 | 3,44               | 20              | 3,60               |
| 25                 | 3,42               | 21              | 3,60               |
| 30                 | 3,39               | 22              | 3,60               |
| 35                 | 3,39               | 23              | 3,60               |
| 40                 | 3,39               | 24              | 3,60               |
| 45                 | 3,39               | 25              | 3,60               |
| 50                 | 3,39               | 26              | 3,60               |
| 55                 | 3,39               | 27              | 3,60               |
| 60                 | 3,39               | 28              | 3,60               |
| niveau stabilisé   |                    | 29              | 3,60               |
| H <sub>o</sub> (m) | 3,39               | 30              | 3,60               |

## RESULTATS

| regime                       | méthode d'interprétation | k <sub>L</sub> (m/s) | observations |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| PERMANENT                    |                          | 8,7E-04              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit non nul | ég. différentielle       | 8,1E-04              |              |
|                              | solution ég. différent.  | 2,3E-03              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit nul     | solution ég. différent.  | Inexploitable        |              |
|                              | terrain peu perm.        | Inexploitable        |              |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit non nul*  
 norme NF P 94-132

**SC6**

**04,75 m**



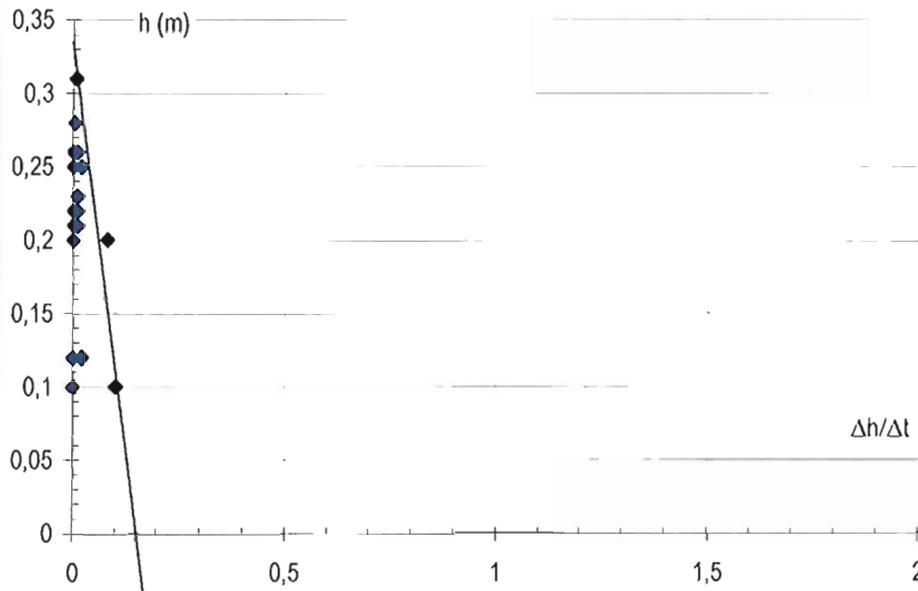
sondage

profondeur

CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 25-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**

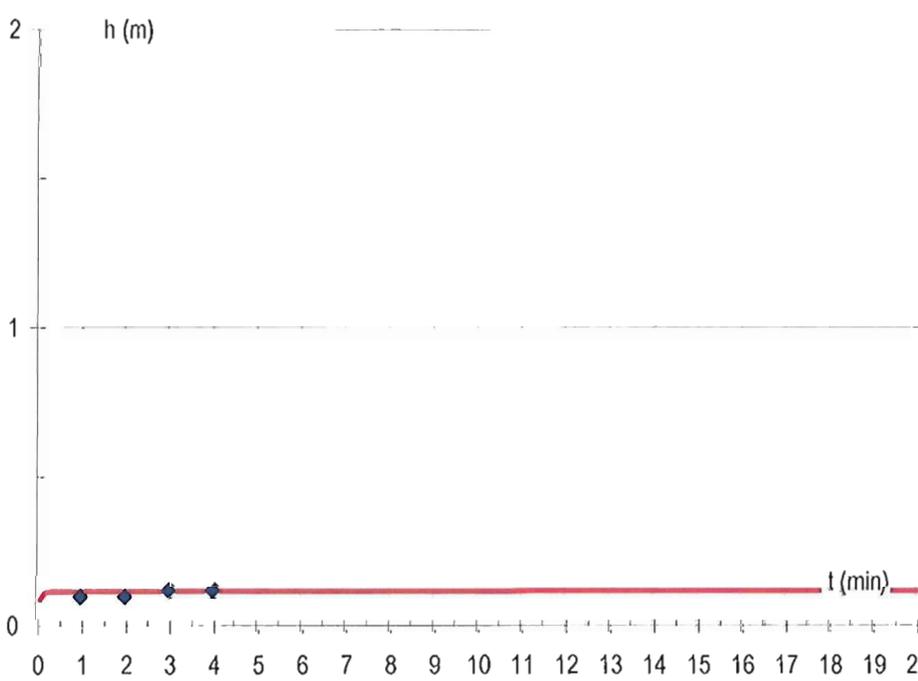


|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 3,56E-04 |
| m                         | 12,6     |
| B (m)                     | 0,105    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 1,27E-02 |
| $Q_a/S$ (m/s)             | 2,81E-02 |
| (m/min)                   | 1,68E+00 |

|                     |      |      |
|---------------------|------|------|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0    | 0,15 |
| h                   | 0,33 | 0    |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>8,1E-04</b>           |

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 3,56E-04 |
| m                         | 12,6     |
| B (m)                     | 0,105    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 1,27E-02 |

|           |       |
|-----------|-------|
| $t_0$ (s) | 4,161 |
|-----------|-------|

|              |      |
|--------------|------|
| $Q_a/mk_L B$ | 0,12 |
|--------------|------|

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>2,3E-03</b>           |



## ESSAI DE PERMEABILITE A NIVEAU VARIABLE

interprétation suivant la méthode du test de percolation à niveau variable

|         |                   |
|---------|-------------------|
| OBJET   | Raccordement STEP |
| LIEU    | CAGNES SUR MER    |
| CLIENT  | BRL               |
| DOSSIER | 11/NG/132Aa       |

|            |            |
|------------|------------|
| MACHINE    | SOCO 50/65 |
| OPERATEURS | LEGER      |
| SONDAGES   | SC4 - SC7  |
| DATES      | 24/11/2011 |

| sondage           | SC4 | SC7 |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|
| essai             | 5m  | 8 m |  |  |  |  |  |  |  |
| profondeur cavité |     |     |  |  |  |  |  |  |  |
| haut (m)          | 4,9 | 3   |  |  |  |  |  |  |  |
| bas (m)           | 5   | 8   |  |  |  |  |  |  |  |

|                                    |       |       |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| profondeur sondage                 | 5,00  | 8,0   |   |   |   |   |   |   |   |
| temps début essai                  | 0     | 0     |   |   |   |   |   |   |   |
| temps fin essai                    | 20    | 20    |   |   |   |   |   |   |   |
| profondeur début essai             | 3,40  | 3,000 |   |   |   |   |   |   |   |
| profondeur fin essai               | 3,40  | 3,580 |   |   |   |   |   |   |   |
| diamètre forage                    | 0,100 | 0,100 |   |   |   |   |   |   |   |
| durée injection                    | 1200  | 1200  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| t <sub>2</sub> -t <sub>1</sub> (s) |       |       |   |   |   |   |   |   | 0 |

**Commentaires :**

SC4 : Terrain très perméable - Remontée d'eau dans le tubage impossible par injection

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SP3

sondage

05,25 m

profondeur



|          |                   |                          |            |
|----------|-------------------|--------------------------|------------|
| CHANTIER | Raccordement STEP | MACHINE                  | SOCO 50/65 |
| VILLE    | CAGNES (06)       | OPERATEURS               | LEGER      |
| CLIENT   | BRL               | DATE                     | 28-nov-11  |
| DOSSIER  | 11/NG/132Aa       | MODE (pompage/injection) | injection  |

| DONNEES DE L'ESSAI            |  |   |                     |
|-------------------------------|--|---|---------------------|
| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       | Z <sub>C haut</sub>   | 4,00                |
|                               | profondeur bas cavité (m)                      | Z <sub>C bas</sub>  | 5,50                |
|                               | profondeur essai (milieu cavité) (m)           | H <sub>c</sub>  | 5,25                |
|                               | profondeur nappe (m)                           | Z <sub>w</sub>  | 2,20                |
|                               | profondeur substratum étanche (m)              | Z <sub>substratum</sub>   | 50,00               |
| HAUTEURS                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)             | H <sub>T</sub>  | 0,50                |
|                               | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      | H <sub>L</sub>  | 5,75                |
|                               | profondeur nappe/arase tubage (m)              | H <sub>P</sub>  | 2,70                |
|                               | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       | H <sub>w</sub>  | 3,05                |
|                               | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  | H   | 44,75               |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE      | diamètre extérieur tubage (m)                  | B <sub>e</sub>  | 0,089               |
|                               | diamètre intérieur tubage (m)                  | B <sub>i</sub>  | 0,078               |
|                               | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) | S   | 4,78E-03            |
| GEOMETRIE CAVITE              | diamètre (m)                                   | B   | 0,063               |
|                               | hauteur (m)                                    | L   | 1,00                |
|                               | élancement                                     | c=L/B   | 15,87               |
|                               | coefficient de forme                           | cavité éloignée limites aquifère<br>limites aquifère<br>(voir tab'eau) cas n° 3 | m <sub>0</sub><br>m |
| APPORT/PRELEVEMENT            | débit  | m <sup>3</sup> /h   | 0,036               |
|                               | par injection                                  | m <sup>3</sup> /s   | 1,0E-05             |
|                               | prélèvement unique d'eau (m)                   | H <sub>e</sub>  |                     |
|                               | vidange du forage (m)                          | H <sub>L</sub> +0,5L  |                     |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum imperméable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous nappe

| MESURES            |                    |                 |                    |
|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| injection          |                    | arrêt injection |                    |
| t (min)            | H <sub>o</sub> (m) | t (min)         | H <sub>o</sub> (m) |
|                    |                    | 0,5             | 2,16               |
| 1                  | 2,61               | 1               | 2,20               |
| 2                  | 2,57               | 2               | 2,30               |
| 3                  | 2,53               | 3               | 2,39               |
| 4                  | 2,49               | 4               | 2,47               |
| 5                  | 2,47               | 5               | 2,55               |
| 6                  | 2,44               | 6               | 2,65               |
| 7                  | 2,41               | 7               | 2,70               |
| 8                  | 2,39               | 8               | 2,70               |
| 9                  | 2,38               | 9               | 2,70               |
| 10                 | 2,36               | 10              | 2,70               |
| 11                 | 2,34               | 11              | 2,70               |
| 12                 | 2,33               | 12              | 2,70               |
| 13                 | 2,32               | 13              | 2,70               |
| 14                 | 2,31               | 14              | 2,70               |
| 15                 | 2,3                | 15              | 2,70               |
| 16                 | 2,29               | 16              | 2,70               |
| 17                 | 2,29               | 17              | 2,70               |
| 18                 | 2,28               | 18              | 2,70               |
| 19                 | 2,27               | 19              | 2,70               |
| 20                 | 2,26               | 20              | 2,70               |
| 25                 | 2,2                | 21              | 2,70               |
| 30                 | 2,16               | 22              | 2,70               |
| 35                 | 2,11               | 23              | 2,70               |
| 40                 | 2,09               | 24              | 2,70               |
| 45                 | 2,07               | 25              | 2,70               |
| 50                 | 2,07               | 26              | 2,70               |
| 55                 | 2,06               | 27              | 2,70               |
| 60                 | 2,06               | 28              | 2,70               |
| niveau stabilisé   |                    | 29              | 2,70               |
| H <sub>o</sub> (m) | 2,06               | 30              | 2,70               |

| RESULTATS                    |                          |                      |              |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| regime                       | méthode d'interprétation | k <sub>L</sub> (m/s) | observations |
| PERMANENT                    |                          | 8,8E-06              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit non nul | éq. différentielle       | 8,5E-06              |              |
|                              | solution éq. différent.  | 2,3E-05              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit nul     | solution éq. différent.  | 1,2E-05              |              |
|                              | terrain peu perm.        | Inexploitable        |              |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit non nul*  
 norme NF P 94-132

**SP3**

**05,25 m**



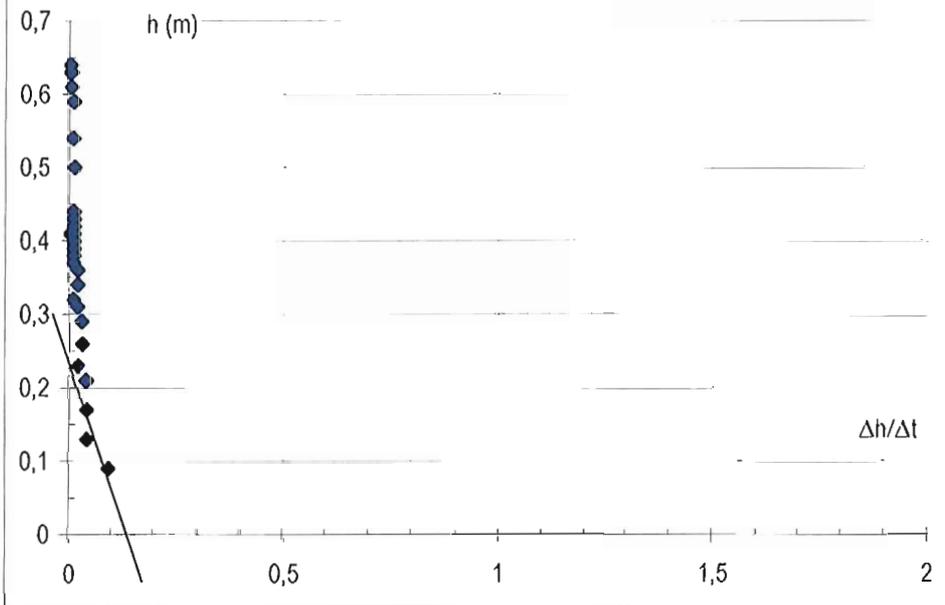
sondage

profondeur

CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 28-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**

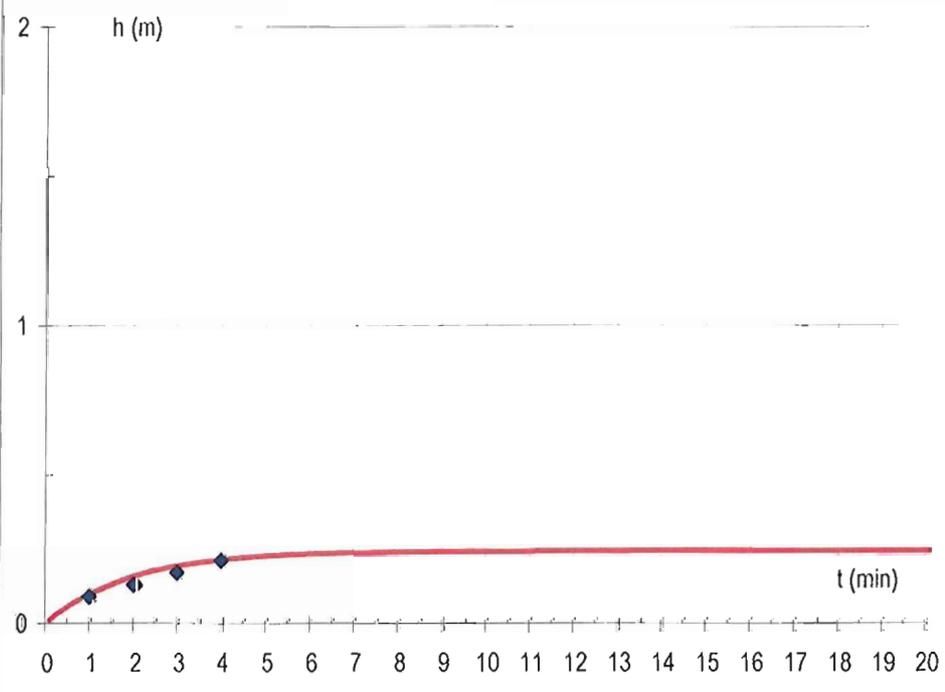


|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,00E-05         |
| m                         | 28,2             |
| B (m)                     | 0,063            |
| S (m <sup>2</sup> )       | 4,78E-03         |
| $Q_a/S$                   | (m/s) 2,09E-03   |
|                           | (m/min) 1,26E-01 |

|                     |      |      |
|---------------------|------|------|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0    | 0,12 |
| h                   | 0,66 | 0    |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>8,5E-06</b>           |

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,00E-05 |
| m                         | 28,2     |
| B (m)                     | 0,063    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 4,78E-03 |

|           |         |
|-----------|---------|
| $t_e$ (s) | 117,042 |
|-----------|---------|

|              |      |
|--------------|------|
| $Q_a/mk_L B$ | 0,24 |
|--------------|------|

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>2,3E-05</b>           |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit nul*  
 norme NF P 94-132

**SP3**

sondage

**05,25 m**

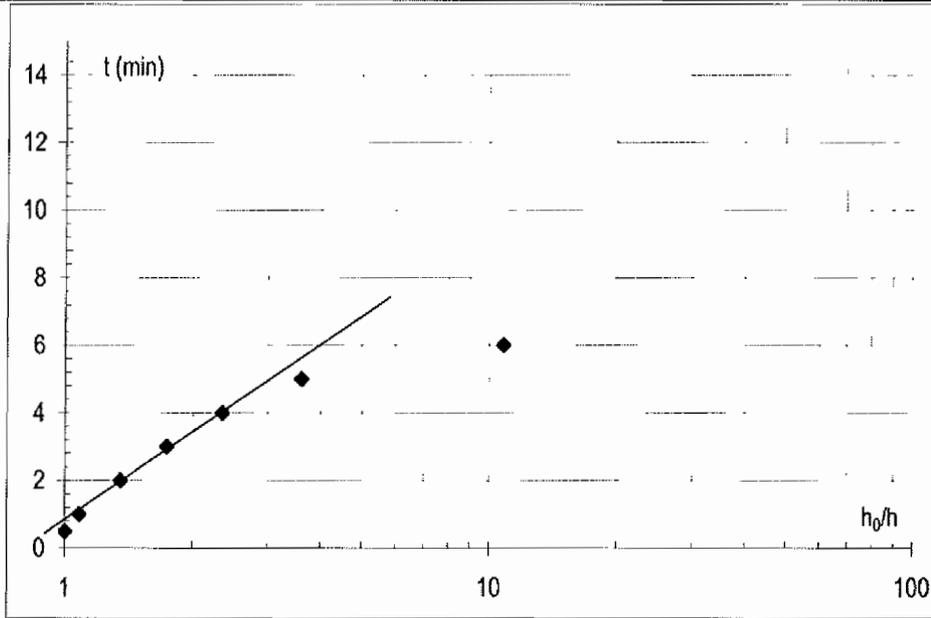
profondeur



CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 28-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**

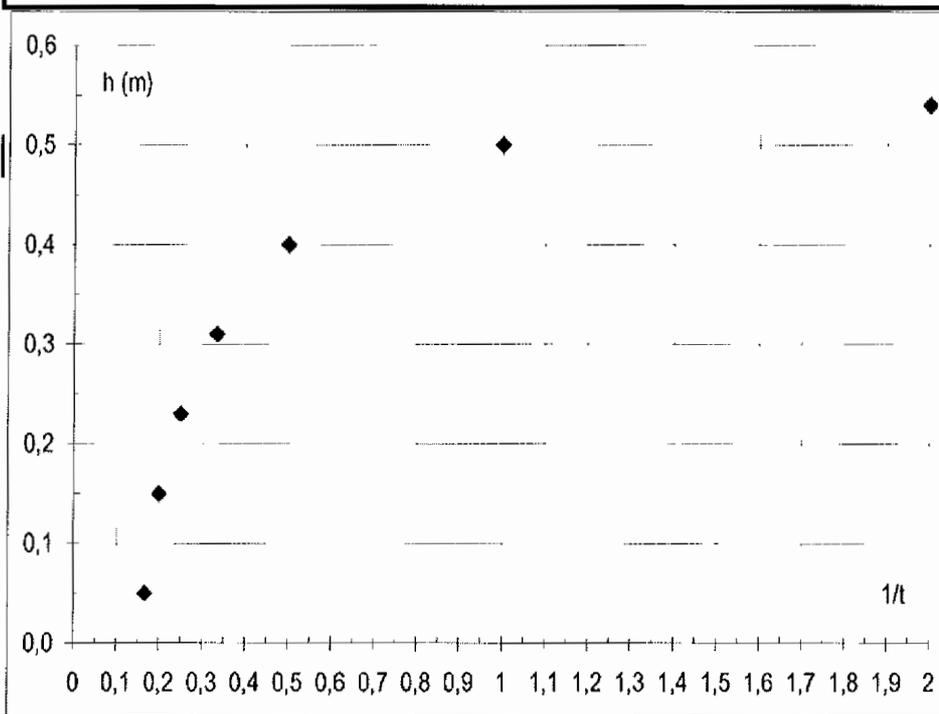


|             |      |       |   |
|-------------|------|-------|---|
| $(h_0/h)_1$ | 2,35 | $t_1$ | 4 |
| $(h_0/h)_2$ | 1,35 | $t_2$ | 2 |

|                  |        |
|------------------|--------|
| <b>pente (s)</b> | 216,49 |
|------------------|--------|

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| <b>m</b>                 | 28,2     |
| <b>B (m)</b>             | 0,063    |
| <b>S (m<sup>2</sup>)</b> | 4,78E-03 |

|  |
|--|
| <b>PERMEABILITE <math>k_L</math> (m/s)</b> |
| <b>1,2E-05</b>                             |



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SP3

sondage

09,85 m

profondeur



|          |                   |                          |            |
|----------|-------------------|--------------------------|------------|
| CHANTIER | Raccordement STEP | MACHINE                  | SOCO 50/65 |
| VILLE    | CAGNES (06)       | OPERATEURS               | LEGER      |
| CLIENT   | BRL               | DATE                     | 29-nov-11  |
| DOSSIER  | 11/NG/132Aa       | MODE (pompage/injection) | injection  |

| DONNEES DE L'ESSAI                       |  |                                  |                |
|--|--|----------------------------------|----------------|
| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN            | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       | Z <sub>C haut</sub>              | 9,70           |
|  | profondeur bas cavité (m)                      | Z <sub>C bas</sub>               | 10,00          |
|  | profondeur essai (milieu cavité) (m)           | H <sub>c</sub>                   | 9,85           |
|  | profondeur nappe (m)                           | Z <sub>w</sub>                   | 2,40           |
|  | profondeur substratum étanche (m)              | Z <sub>substratum</sub>          | 50,00          |
| HAUTEURS                                 | hauteur tubage au dessus du TN (m)             | H <sub>T</sub>                   | 0,30           |
|  | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      | H <sub>L</sub>                   | 10,15          |
|  | profondeur nappe/arase tubage (m)              | H <sub>P</sub>                   | 2,70           |
|  | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       | H <sub>w</sub>                   | 7,45           |
|  | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  | H                                | 40,15          |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE                 | diamètre extérieur tubage (m)                  | B <sub>e</sub>                   | 0,114          |
|  | diamètre intérieur tubage (m)                  | B <sub>i</sub>                   | 0,104          |
|  | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) | S                                | 8,49E-03       |
| GEOMETRIE CAVITE                         | diamètre (m)                                   | B                                | 0,104          |
|  | hauteur (m)                                    | L                                | 0,30           |
|  | élancement                                     | c=L/B                            | 2,88           |
|  | type de forme                                  | cavité éloignée limites aquifère | m <sub>0</sub> |
| limites aquifère (voir tableau) cas n° 3 |  | m                                | 10,12          |
| APPORT/PRELEVEMENT                       | débit  | m <sup>3</sup> /h                | 0,439          |
|  | par injection                                  | m <sup>3</sup> /s                | 1,2E-04        |
|  | prélèvement unique d'eau (m)                   | H <sub>e</sub>                   |                |
|  | vidange du forage (m)                          | H <sub>L</sub> +0,5L             |                |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum impémeable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous nappe

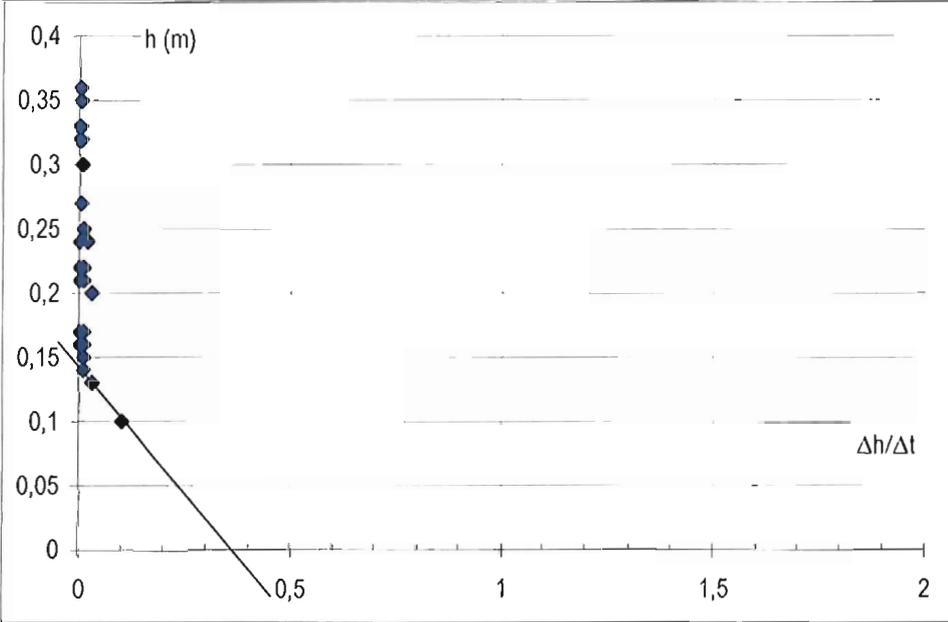
| MESURES            |                    |                 |                    |
|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| injection          |                    | arrêt injection |                    |
| t (min)            | H <sub>e</sub> (m) | t (min)         | H <sub>e</sub> (m) |
|                    |                    | 0,5             | 2,49               |
| 1                  | 2,6                | 1               | 2,61               |
| 2                  | 2,57               | 2               | 2,69               |
| 3                  | 2,56               | 3               | 2,70               |
| 4                  | 2,55               | 4               | 2,70               |
| 5                  | 2,54               | 5               | 2,70               |
| 6                  | 2,54               | 6               | 2,70               |
| 7                  | 2,53               | 7               | 2,70               |
| 8                  | 2,53               | 8               | 2,70               |
| 9                  | 2,5                | 9               | 2,70               |
| 10                 | 2,49               | 10              | 2,70               |
| 11                 | 2,49               | 11              | 2,70               |
| 12                 | 2,49               | 12              | 2,70               |
| 13                 | 2,48               | 13              | 2,70               |
| 14                 | 2,48               | 14              | 2,70               |
| 15                 | 2,48               | 15              | 2,70               |
| 16                 | 2,46               | 16              | 2,70               |
| 17                 | 2,46               | 17              | 2,70               |
| 18                 | 2,46               | 18              | 2,70               |
| 19                 | 2,46               | 19              | 2,70               |
| 20                 | 2,45               | 20              | 2,70               |
| 25                 | 2,43               | 21              | 2,70               |
| 30                 | 2,4                | 22              | 2,70               |
| 35                 | 2,38               | 23              | 2,70               |
| 40                 | 2,38               | 24              | 2,70               |
| 45                 | 2,37               | 25              | 2,70               |
| 50                 | 2,37               | 26              | 2,70               |
| 55                 | 2,35               | 27              | 2,70               |
| 60                 | 2,34               | 28              | 2,70               |
| niveau stabilisé   |                    | 29              | 2,70               |
| H <sub>e</sub> (m) | 2,34               | 30              | 2,70               |

| RESULTATS                    |                          |                      |              |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| regime                       | méthode d'interprétation | k <sub>L</sub> (m/s) | observations |
| PERMANENT                    |                          | 3,2E-04              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit non nul | eq. différentielle       | 3,1E-04              |              |
|                              | solution eq. différent.  | 8,0E-04              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit nul     | solution eq. différent.  | 3,0E-04              |              |
|                              | terrain peu perm.        | Inexploitable        |              |

CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 29-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**

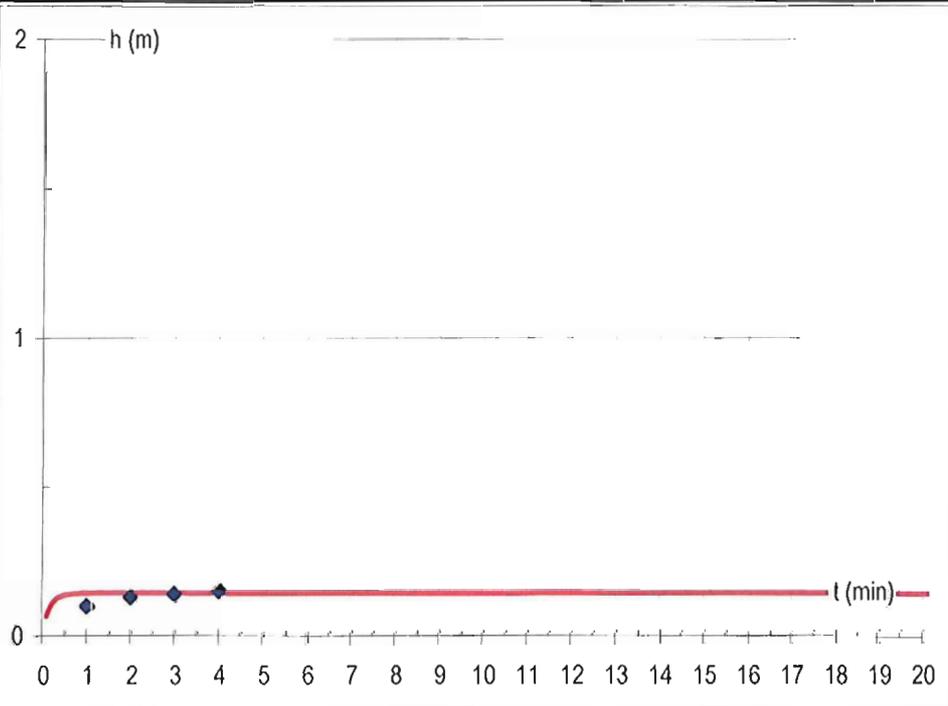


|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,22E-04 |
| m                         | 10,1     |
| B (m)                     | 0,104    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 8,49E-03 |
| $Q_a/S$ (m/s)             | 1,44E-02 |
| (m/min)                   | 8,61E-01 |

|                     |      |      |
|---------------------|------|------|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0    | 0,35 |
| h                   | 0,37 | 0    |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>3,1E-04</b>           |

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,22E-04 |
| m                         | 10,1     |
| B (m)                     | 0,104    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 8,49E-03 |

|           |        |
|-----------|--------|
| $t_0$ (s) | 10,091 |
|-----------|--------|

|              |      |
|--------------|------|
| $Q_a/mk_L B$ | 0,14 |
|--------------|------|

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>8,0E-04</b>           |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit nul*  
 norme NF P 94-132

**SP3**

sondage

**09,85 m**

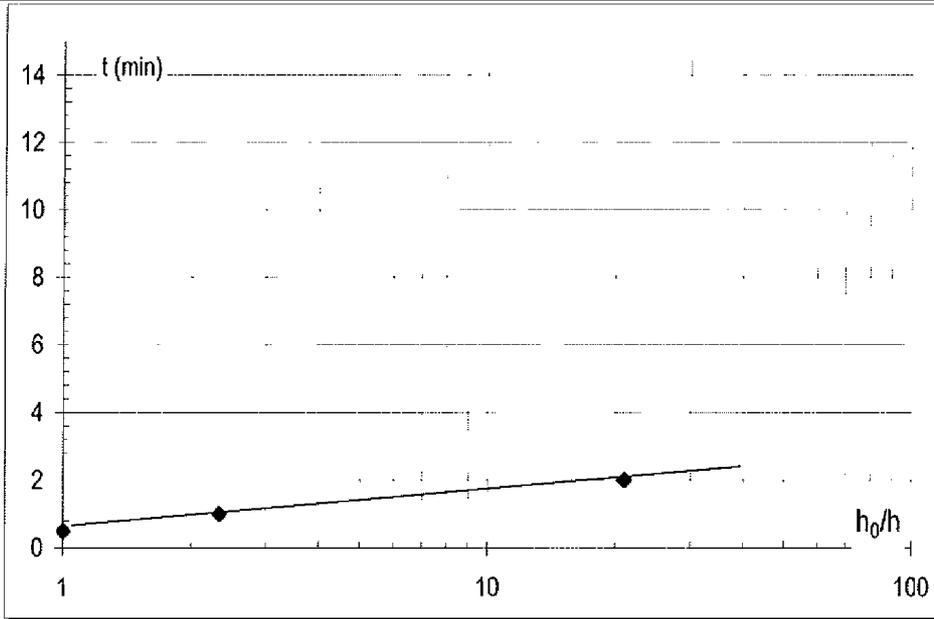
profondeur



CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 29-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|             |     |       |   |
|-------------|-----|-------|---|
| $(h_0/h)_1$ | 2,3 | $t_1$ | 1 |
| $(h_0/h)_2$ | 21  | $t_2$ | 2 |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| <b>penste (s)</b> | 27,13 |
|-------------------|-------|

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| <b>m</b>                 | 10,1     |
| <b>B (m)</b>             | 0,104    |
| <b>S (m<sup>2</sup>)</b> | 8,49E-03 |

|  |
|--|
| <b>PERMEABILITE <math>k_L</math> (m/s)</b> |
| <b>3,0E-04</b>                             |

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SP3

sondage

15,50 m

profondeur



CHANTIER Raccordement STEP  
VILLE CAGNES (06)  
CLIENT BRL  
DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
OPERATEURS LEGER  
DATE 29-nov-11  
MODE (pompage/injection) injection

## DONNEES DE L'ESSAI

| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       | Z <sub>C haut</sub>                      | 15,00          |       |
|-------------------------------|--|--|----------------|-------|
|                               | profondeur bas cavité (m)                      | Z <sub>C bas</sub>                       | 16,00          |       |
|                               | profondeur essai (milieu cavité) (m)           | H <sub>c</sub>                           | 15,50          |       |
|                               | profondeur nappe (m)                           | Z <sub>w</sub>                           | 3,20           |       |
|                               | profondeur substratum étanche (m)              | Z <sub>substratum</sub>                  | 50,00          |       |
| HAUTEURS                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)             | H <sub>T</sub>                           | 0,50           |       |
|                               | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      | H <sub>L</sub>                           | 16,00          |       |
|                               | profondeur nappe/arase tubage (m)              | H <sub>P</sub>                           | 3,70           |       |
|                               | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       | H <sub>w</sub>                           | 12,30          |       |
|                               | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  | H  | 34,50          |       |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE      | diamètre extérieur tubage (m)                  | B <sub>e</sub>                           | 0,114          |       |
|                               | diamètre intérieur tubage (m)                  | B <sub>i</sub>                           | 0,104          |       |
|                               | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) | S  | 8,49E-03       |       |
| GEOMETRIE CAVITE              | diamètre (m)                                   | B  | 0,104          |       |
|                               | hauteur (m)                                    | L  | 1,00           |       |
|                               | élancement                                     | c=L/B                                    | 9,62           |       |
|                               | coefficient de forme                           | cavité éloignée limites aquifère         | m <sub>0</sub> | 20,42 |
|                               |  | limites aquifère (voir tab'eau) cas n° 3 | m              | 20,28 |
| APPORT/PRELEVEMENT            | débit m <sup>3</sup> /h                        | Qa                                       | 0,467          |       |
|                               | par injection m <sup>3</sup> /s                |  | 1,3E-04        |       |
|                               | prélèvement unique d'eau (m)                   | H <sub>e</sub>                           |                |       |
|                               | vidange du forage (m)                          | H <sub>L</sub> +0,5L                     |                |       |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum imperméable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol sous nappe

## MESURES

| injection          |                    | arrêt injection |                    |
|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| t (min)            | H <sub>e</sub> (m) | t (min)         | H <sub>e</sub> (m) |
|                    |                    | 0,5             | 3,40               |
| 1                  | 3,65               | 1               | 3,59               |
| 2                  | 3,62               | 2               | 3,67               |
| 3                  | 3,6                | 3               | 3,69               |
| 4                  | 3,59               | 4               | 3,70               |
| 5                  | 3,57               | 5               | 3,70               |
| 6                  | 3,57               | 6               | 3,70               |
| 7                  | 3,56               | 7               | 3,70               |
| 8                  | 3,55               | 8               | 3,70               |
| 9                  | 3,52               | 9               | 3,70               |
| 10                 | 3,5                | 10              | 3,70               |
| 11                 | 3,5                | 11              | 3,70               |
| 12                 | 3,5                | 12              | 3,70               |
| 13                 | 3,48               | 13              | 3,70               |
| 14                 | 3,47               | 14              | 3,70               |
| 15                 | 3,46               | 15              | 3,70               |
| 16                 | 3,46               | 16              | 3,70               |
| 17                 | 3,46               | 17              | 3,70               |
| 18                 | 3,45               | 18              | 3,70               |
| 19                 | 3,45               | 19              | 3,70               |
| 20                 | 3,44               | 20              | 3,70               |
| 25                 | 3,4                | 21              | 3,70               |
| 30                 | 3,37               | 22              | 3,70               |
| 35                 | 3,35               | 23              | 3,70               |
| 40                 | 3,33               | 24              | 3,70               |
| 45                 | 3,3                | 25              | 3,70               |
| 50                 | 3,28               | 26              | 3,70               |
| 55                 | 3,26               | 27              | 3,70               |
| 60                 | 3,24               | 28              | 3,70               |
| niveau stabilisé   |                    | 29              | 3,70               |
| H <sub>e</sub> (m) | 3,24               | 30              | 3,70               |

## RESULTATS

| regime                    | méthode d'interprétation | k <sub>L</sub> (m/s) | observations |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| PERMANENT                 |                          | 1,3E-04              |              |
| TRANSITOIRE débit non nul | eq. différentielle       | 1,3E-04              |              |
|                           | solution eq. différent.  | 6,2E-04              |              |
| TRANSITOIRE débit nul     | solution eq. différent.  | 1,0E-04              |              |
|                           | terrain peu perm.        | Inexploitable        |              |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit non nul*  
 norme NF P 94-132

**SP3**

**15,50 m**



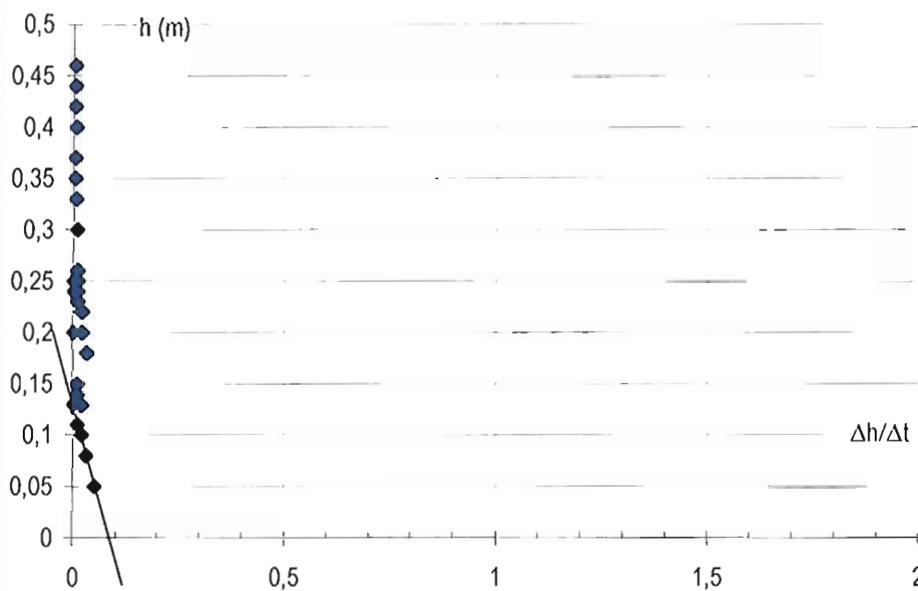
sondage

profondeur

CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 29-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**

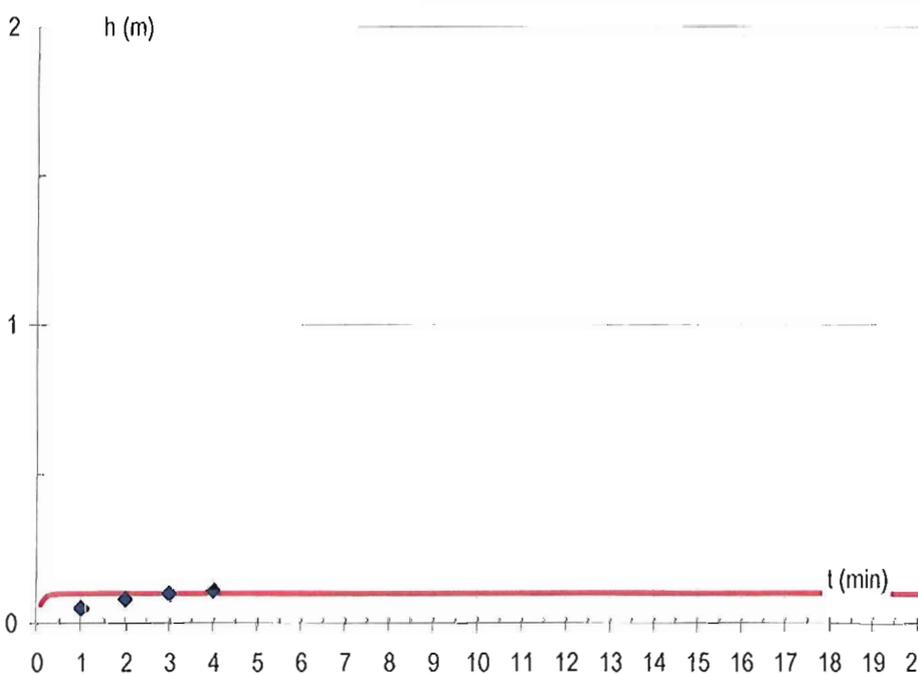


|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,30E-04         |
| m                         | 20,3             |
| B (m)                     | 0,104            |
| S (m <sup>2</sup> )       | 8,49E-03         |
| $Q_a/S$                   | (m/s) 1,53E-02   |
|                           | (m/min) 9,16E-01 |

|                     |      |      |
|---------------------|------|------|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0    | 0,09 |
| h                   | 0,48 | 0    |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |  |
| <b>1,3E-04</b>           |  |

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,30E-04 |
| m                         | 20,3     |
| B (m)                     | 0,104    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 8,49E-03 |

|           |       |
|-----------|-------|
| $t_0$ (s) | 6,497 |
|-----------|-------|

|              |      |
|--------------|------|
| $Q_a/mk_L B$ | 0,10 |
|--------------|------|

|                          |  |
|--------------------------|--|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |  |
| <b>6,2E-04</b>           |  |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit non nul*  
 norme NF P 94-132

**SP3**

sondage

**15,50 m**

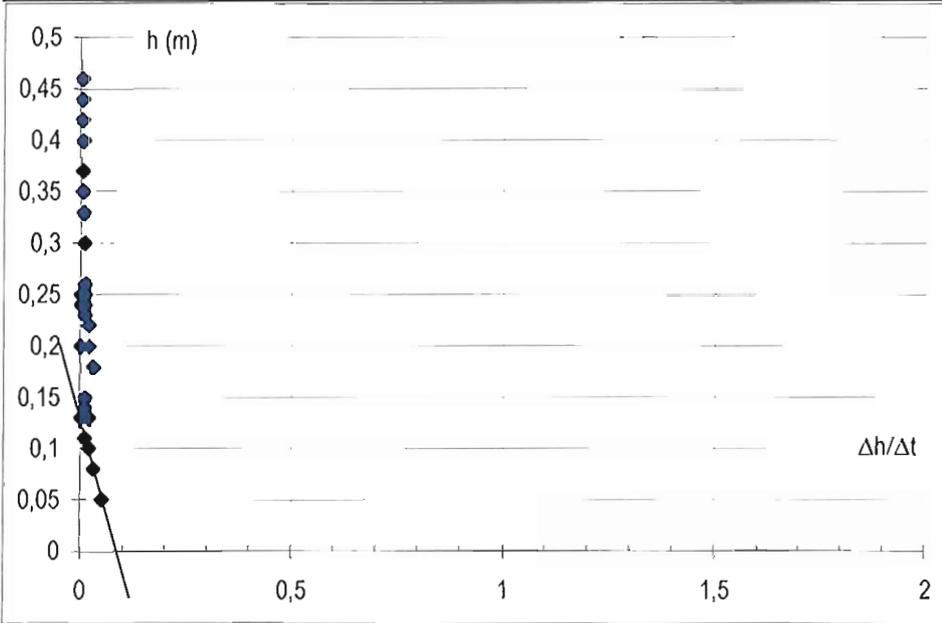
profondeur



CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 29-nov-11  
 MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 1,30E-04         |
| m                         | 20,3             |
| B (m)                     | 0,104            |
| S (m <sup>2</sup> )       | 8,49E-03         |
| $Q_a/S$                   | (m/s) 1,53E-02   |
|                           | (m/min) 9,16E-01 |

|                     |      |      |
|---------------------|------|------|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0    | 0,09 |
| h                   | 0,48 | 0    |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>1,3E-04</b>           |

# FICHE D'IDENTIFICATION DE SOL

**SC4**

**EI1**

**3,4**

**3,6**

sondage

échantillon

profondeurs (m)

Date prélèvement

05/12/2011

Date essai

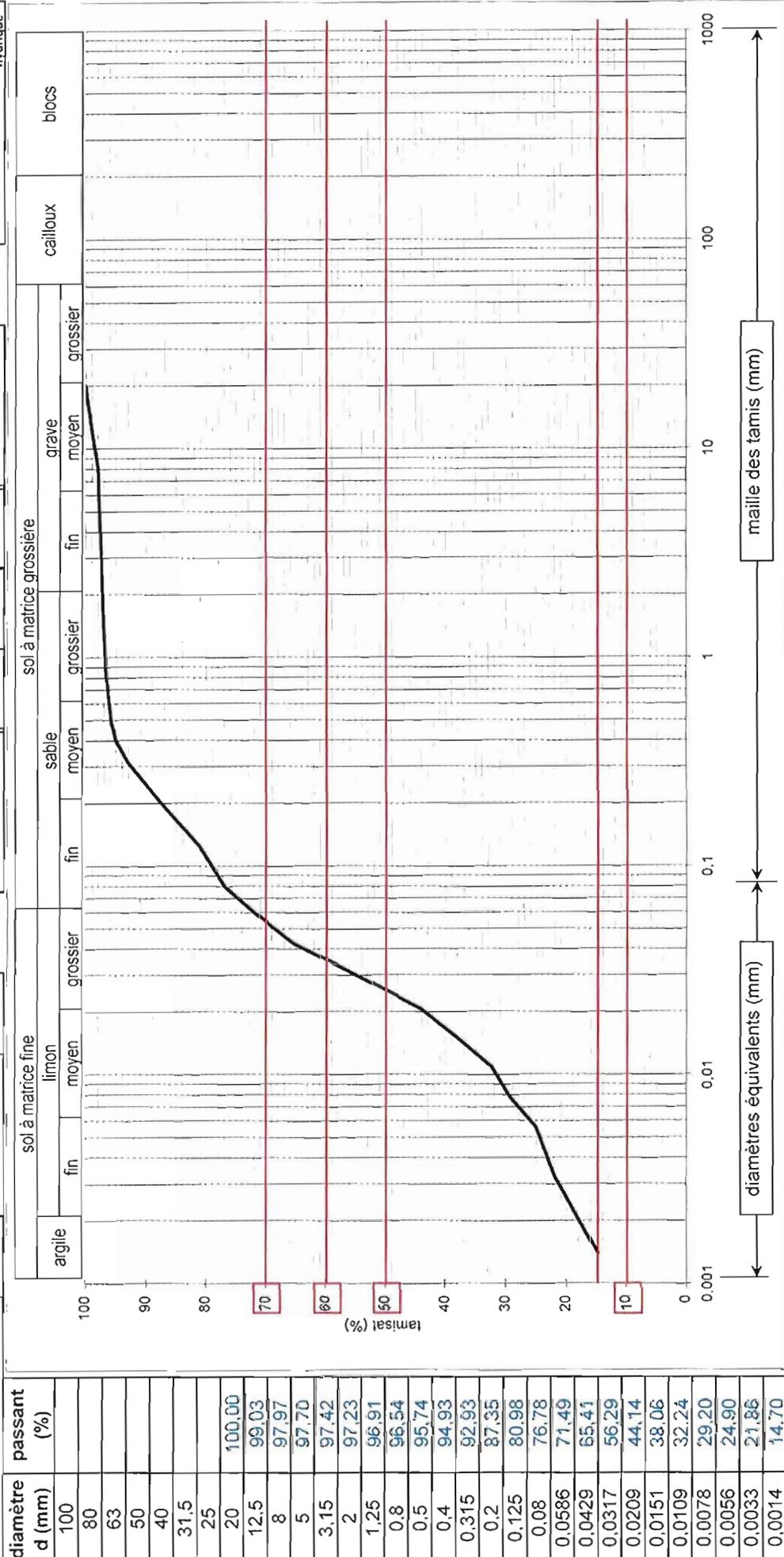
18/01/2012

CHANTIER ..... **RACCORDEMENT STEP**  
 LIEU ..... **06-CAGNES SUR MER**  
 CLIENT ..... **BRL**  
 N° DOSSIER **11 NG 132 A a**

analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage  
 NF P 94-056  
 temp. étuvage (°) **105**  
 d<sub>m</sub> (mm) **20**

W<sub>nat</sub> ..... **30,6%**  
 W<sub>L</sub> ..... **1**  
 I<sub>p</sub> ..... **1**  
 VBs ..... **1,8**  
 passant à 2mm **97,2%**  
 passant à 80 µm **76,8%**

description lithologique  
 Limons sableux marron-gris à rares graves  
 classification NF P 11-300  
**A1**  
 classe/sous classe ..... état hydrique



# ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR SEDIMENTOMETRIE

Norme NF P 94-057



|            |                          |
|------------|--------------------------|
| N° DOSSIER | <b>11NG0132Aa</b>        |
| CHANTIER   | <b>RACCORDEMENT STEP</b> |
| LIEU       | <b>06-CAGNES SUR MER</b> |

|               |   |
|---------------|---|
| SONDAGE       | SC4 E11                                   |
| PROFONDEUR    | 3.40 à 3.60 m                             |
| NATURE du SOL | Limons sableux marron-gris à rares graves |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| DATE DE PRELEVEMENT | 05/12/11 |
| DATE DE L'ESSAI :   | 30/01/12 |

### Masse volumique des particules solides

conventionnel      2700 g/cm<sup>3</sup>

Passant à 80µm en %:      76,78

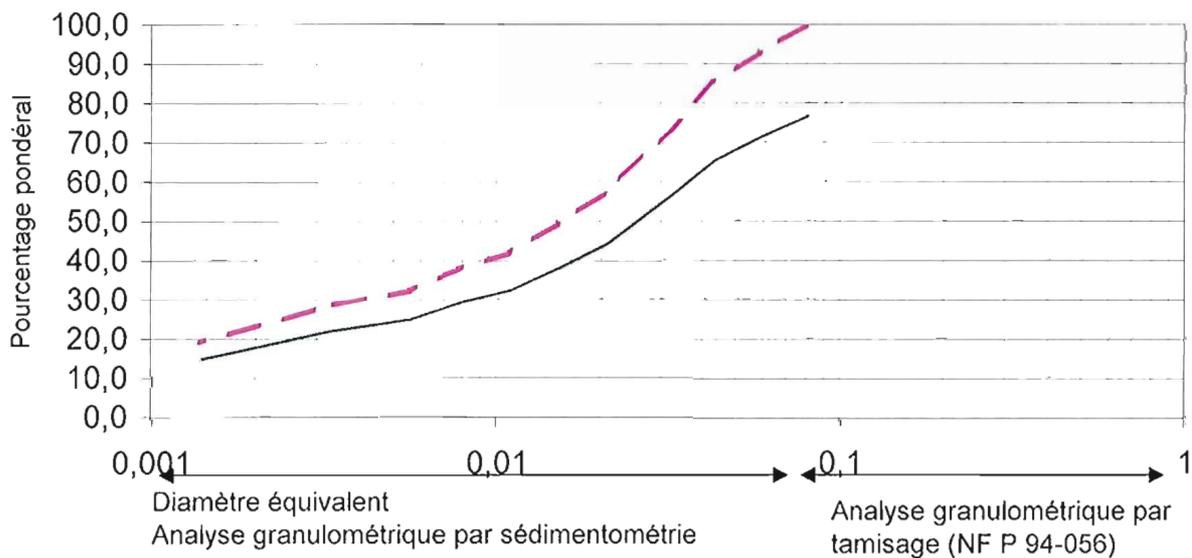
|            |      |     |      |    |
|------------|------|-----|------|----|
| Densimètre | H0   | H1  | h1   | Vd |
| en cm      | 10,1 | 3,2 | 13,2 | 40 |

|                      |         |         |
|----------------------|---------|---------|
| Facteurs correcteurs | Cm      | Gd      |
|                      | -0,0005 | -0,0004 |

|                    |      |
|--------------------|------|
| Eprouvette         | A    |
| en cm <sup>2</sup> | 49,5 |

| Temps de lecture |     |    | R<br>lecture<br>densimètre | température<br>(°C) | Ct<br>correction<br>température | P%<br>sur tamis<br>à 80µm | P%<br>sur tamis<br>à 50mm | D<br>(µm) |
|------------------|-----|----|----------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| h                | min | s  |                            |                     |                                 |                           |                           |           |
|                  |     | 30 | 1,0230                     | 19,5                | 0,0008                          | 0,931                     | 71,5                      | 58,6      |
|                  | 1   |    | 1,0210                     | 19,5                | 0,0008                          | 0,852                     | 65,4                      | 42,9      |
|                  | 2   |    | 1,0180                     | 19,5                | 0,0008                          | 0,733                     | 56,3                      | 31,7      |
|                  | 5   |    | 1,0140                     | 19,5                | 0,0008                          | 0,575                     | 44,1                      | 20,9      |
|                  | 10  |    | 1,0120                     | 19,5                | 0,0008                          | 0,496                     | 38,1                      | 15,1      |
|                  | 20  |    | 1,0100                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,420                     | 32,2                      | 10,9      |
|                  | 40  |    | 1,0090                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,380                     | 29,2                      | 7,8       |
|                  | 80  |    | 1,0075                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,324                     | 24,9                      | 5,6       |
| 4                |     |    | 1,0065                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,285                     | 21,9                      | 3,3       |
| 24               |     |    | 1,0045                     | 18,5                | 0,0006                          | 0,191                     | 14,7                      | 1,4       |

— P' pourcentage pondéral sur tamisat à 50 mm  
- - - P pourcentage pondéral sur tamisat à 80 µm



# Essai à l'appareil triaxial de révolution

## Essai Consolidé Non drainé CU+u

selon NF P94 - 070 et 074



|                     |                   |  |
|---------------------|-------------------|--|
| N° affaire          | 11NG0132Aa        | Description  |
| Nom affaire         | RACCORDEMENT STEP | Sables très fins légèrement limoneux vasards, mous, gris noirâtre. |
| Forage              | SC4               |  |
| N° échantillon      | E11               |  |
| Profondeur (m)      | 3.60 à 3.70       |  |
| Date de prélèvement | 05/12/2011        |  |
|                     |                   | Contrainte verticale en place $\sigma_{vo}$ (KPa)                  |
|                     |                   | 68.2   |
|                     |                   | Date de l'essai  |
|                     |                   | 26/01/2012   |

|         |      |            |
|---------|------|------------|
| NOM     | Visa | Date       |
| MJP     |      | 30/01/2012 |
| L BOYER |      | 06/02/2012 |

### Conditions initiales de l'éprouvette

|  | 1     | 2     | 3     |
|--|-------|-------|-------|
| Hauteur $H_0$                          | 76    | 76    | 76    |
| Diamètre $D_0$                         | 38    | 38    | 38    |
| Masse humide initiale (PTH)            | 161.0 | 156.9 | 154.5 |
| Masse sèche initiale (PTS)             | 115.7 | 112.9 | 105.5 |
| Teneur en eau initiale $w_0$           | 39.2  | 39.0  | 46.4  |
| Degré de saturation $S_r$              | 104.5 | 99.1  | 104.0 |
| Masse volumique initiale $\rho_h$      | 1.87  | 1.82  | 1.79  |
| Masse volumique sèche $\rho_d$         | 1.34  | 1.31  | 1.22  |
| Masse volumique des grains $\rho_s$    | 2.70  | 2.70  | 2.70  |
| Indice des vides initial $e_0$         | 1.01  | 1.06  | 1.21  |
| Contre-pression $U_{cp}$               | 100.0 | 100.0 | 99.0  |
| contrainte de consolidation $\sigma_c$ | 300.0 | 200.0 | 100.0 |
| Coefficient "B" de Skempton            | 0.98  | 0.98  | 1.00  |

### Conditions de l'éprouvette après consolidation

|                                    |                 |       |       |       |
|------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| $t_{100}$                          | min             | 14.44 | 24.01 | 32.49 |
| $\Delta V_s$ consolidation         | cm <sup>3</sup> | 13.59 | 11.04 | 9.92  |
| Diminution hauteur $\Delta H_s$    | mm              | 3.99  | 3.25  | 2.92  |
| Hauteur après consolidation $H_s$  | mm              | 72.01 | 72.75 | 73.08 |
| Diamètre après consolidation $D_s$ | mm              | 35.83 | 36.27 | 36.45 |

### Conditions finales

|                     |   |      |      |      |
|---------------------|---|------|------|------|
| Teneur en eau $w_f$ | % | 29.6 | 31.0 | 38.5 |
|---------------------|---|------|------|------|

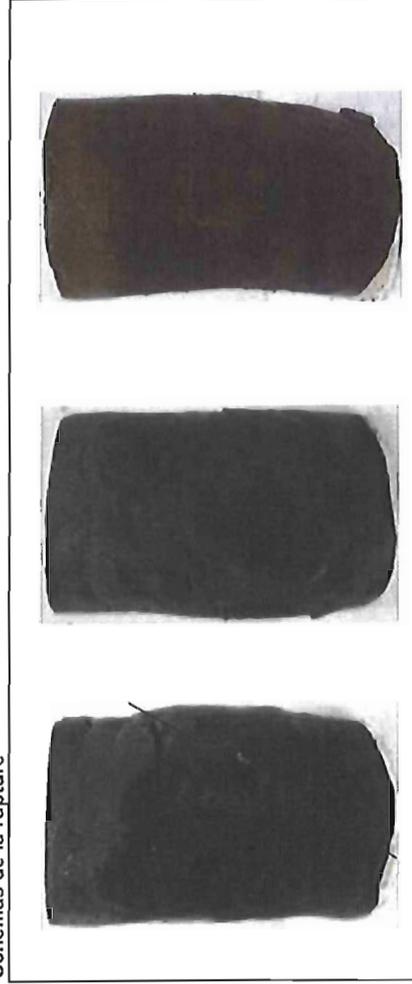
### Cisaillage

|                        |                          |       |       |       |
|------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| $\sigma_3$ initial     | kPa                      | 400   | 299   | 199   |
| $u_0$ initiale         | kPa                      | 101   | 100   | 101   |
| Vitesse d'écrasement   | $\mu\text{m}/\text{min}$ | 61.0  | 61.0  | 61.0  |
| Vitesse de déformation | %/min                    | 0.080 | 0.080 | 0.080 |

### Critères de rupture

|                                 |            |       |       |       |
|---------------------------------|------------|-------|-------|-------|
| $q_{max}$                       | $s'$ (KPa) | 334.2 | 210.4 | 102.6 |
|                                 | $t$ (KPa)  | 195.2 | 116.4 | 61.6  |
| $(\sigma_1/\sigma_3)_{max}$     | $s'$ (KPa) | 331.7 | 204.5 | 102.6 |
|                                 | $t$ (KPa)  | 194.7 | 113.5 | 61.6  |
| Etat critique                   | $s'$ (KPa) | 326.7 | 204.5 | 103.7 |
|                                 | $t$ (KPa)  | 190.7 | 113.5 | 60.7  |
| $q_{critique}$ à $\Delta H/H =$ | %          | 10.8  |       |       |

### Schémas de la rupture



Echantillon 1

Echantillon 2

Echantillon 3

### Observations

Les échantillons ont subi une déformation légère plastique durant le cisaillement. L'échantillon 1 présente une déformation élastoplastique avec un plan de rupture de 60°.

|   | $t'_0$ | $\theta'$ | $\phi'$ (degré) | $C'$ (KPa) |
|---|--------|-----------|-----------------|------------|
| caractéristiques pic ( $q_{max}$ )                          | -0,3   | 30,0      | 35,3            | -0,4       |
| caractéristiques pic ( $\sigma_1/\sigma_3$ ) <sub>max</sub> | -0,9   | 30,3      | 35,7            | -1,1       |
| Etat critique   | -2,1   | 30,3      | 35,8            | -2,6       |
| Critères de Mohr Coulomb                                    |        |           | 35,4            | 0,0        |

Critère de rupture retenu  
Pas de différence de résultats entre les deux critères.

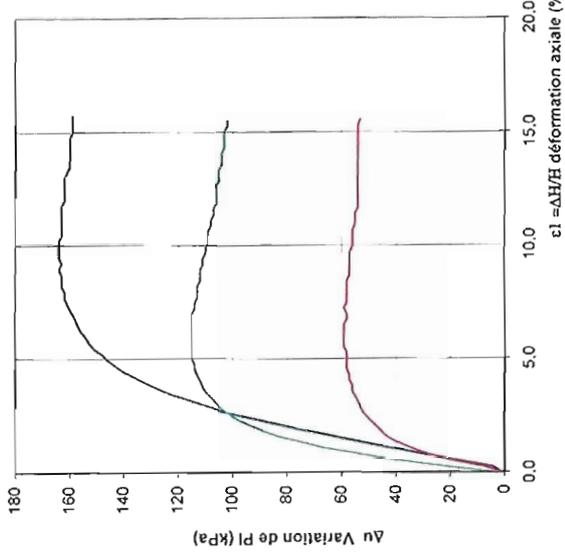
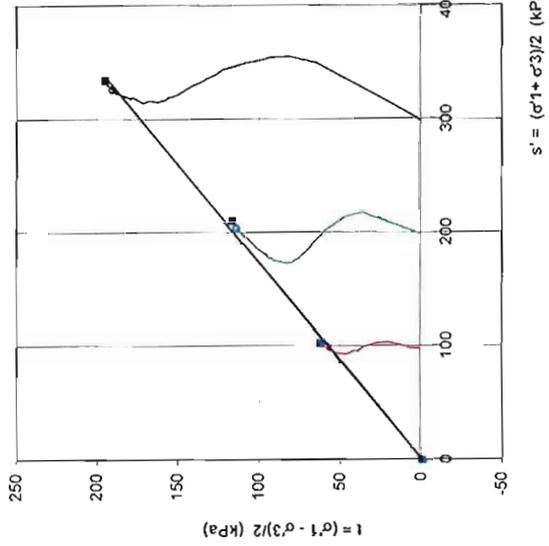
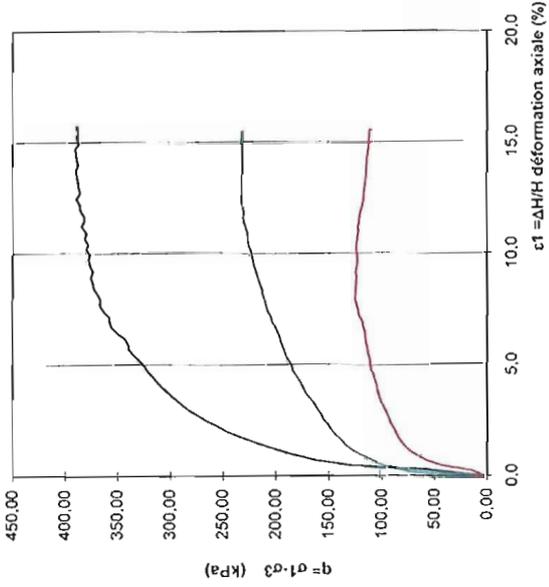
# Essai à l'appareil triaxial de révolution

## Essai Consolidé Non drainé CU+u

selon NF P94 - 070 et 074

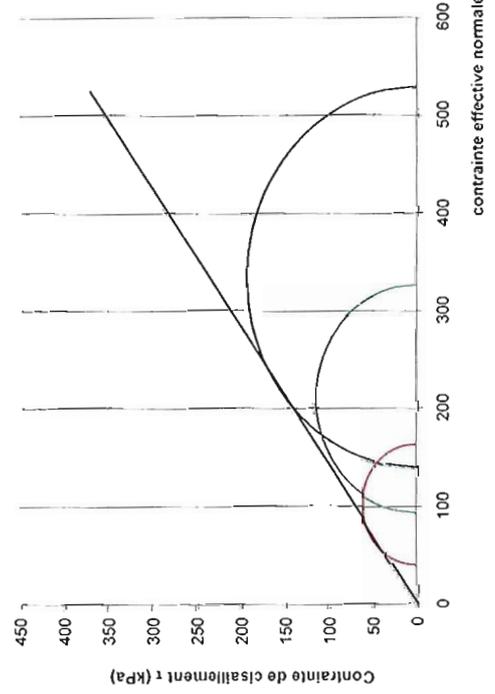


|                     |            |             |                   |        |         |                |             |
|---------------------|------------|-------------|-------------------|--------|---------|----------------|-------------|
| N° affaire          | 11NG0132Aa | Nom affaire | RACCORDEMENT STEP | Forage | SC4 E11 | Profondeur (m) | 3.60 à 3.70 |
| <b>Cisaillement</b> |            |             |                   |        |         |                |             |

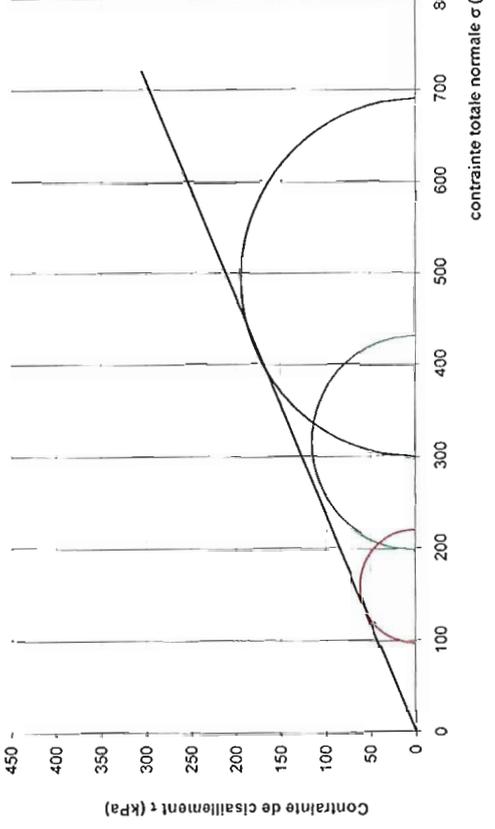


- Ep 1
- Ep 2
- Ep 3
- q max
- Etat critique
- Linéaire (q max)
- Linéaire (Etat critique)

|                 |    |
|-----------------|----|
| $\phi'$ (degré) | 35 |
| C' (kPa)        | 0  |



|                       |    |
|-----------------------|----|
| $\phi_{cu}$ (degré)   | 23 |
| C <sub>cu</sub> (kPa) | 0  |



# FICHE D'IDENTIFICATION DE SOL

**SC5**

**ER**

**4,5**

**4,8**



sondage **profondeurs (m)** à **09/01/2012**  
 Date prélèvement **05/12/2011** Date essai

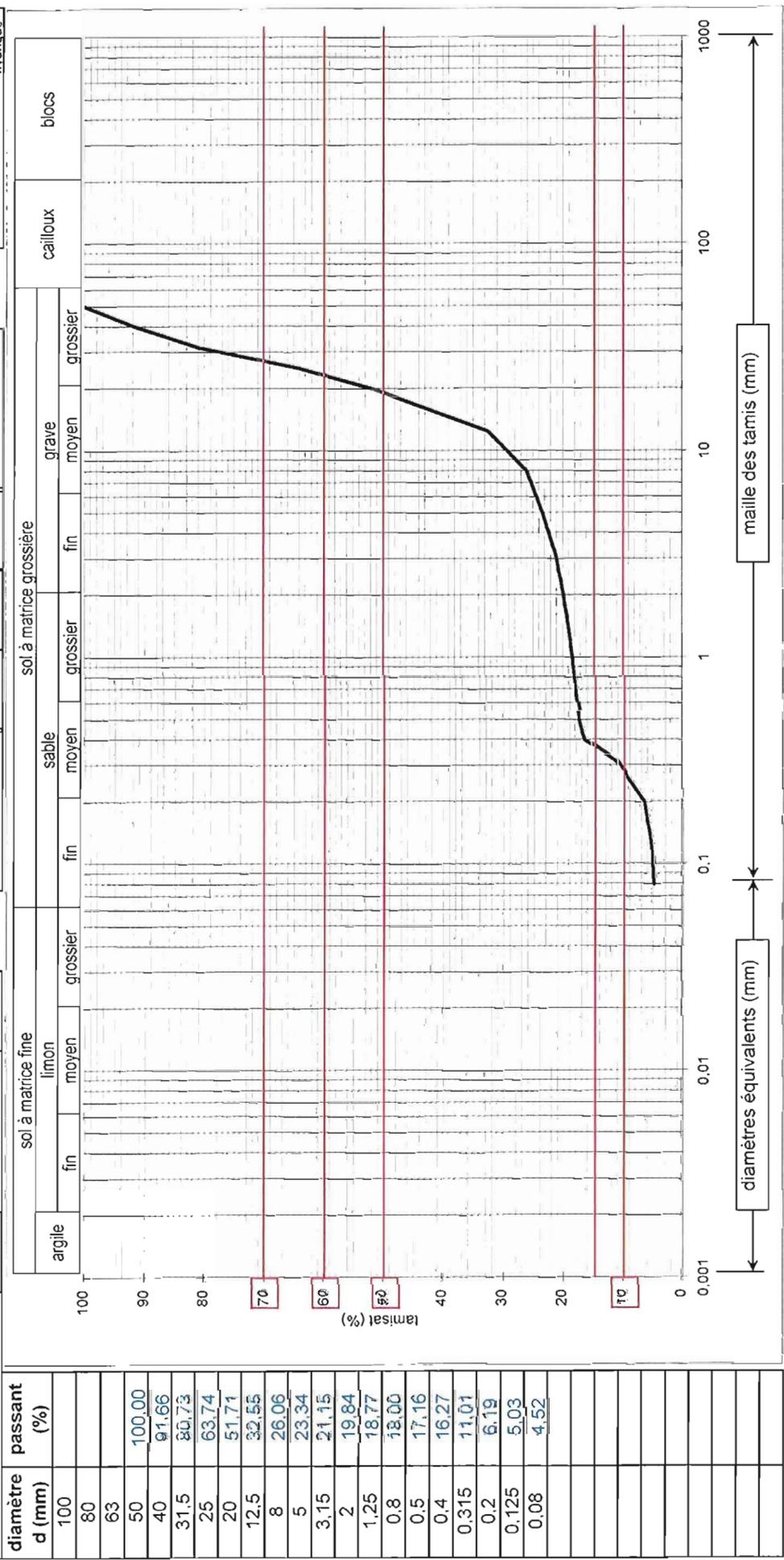
CHANTIER **RACCORDEMENT STEP**  
 LIEU **06-CAGNES SUR MER**  
 CLIENT **BRL**  
 N° DOSSIER **11 NG 132 A a**

**description lithologique**  
 Graves à phase de liaison sableuse  
**classification NF P 11-300**  
**D2**  
 classe/sous classe état hydrique

**W<sub>nat</sub>** 0,6%  
**W<sub>L</sub>** |  
**I<sub>p</sub>** |  
**VB<sub>s</sub>** 0,1  
 passant à 2mm 19,8%  
 passant à 80 µm 4,5%

**D<sub>max</sub>** 44,008 mm  
**D<sub>70</sub>** 27,394 mm  
**D<sub>60</sub>** 23,444 mm  
**D<sub>50</sub>** 19,329 mm  
**D<sub>15</sub>** 0,380 mm  
**D<sub>10</sub>** 0,291 mm

analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage  
 NF P 94-056  
 temp. étuvage (°) 105  
 d<sub>m</sub> (mm) 50



Remarque: l'échantillon a été prélevé en caisse.

# FICHE D'IDENTIFICATION DE SOL

**SC6**

**EI1**

**2,60**

**2,75**

sondage

échantillon

profondeurs (m)

Date prélèvement

05/12/2011

Date essai

09/01/2012

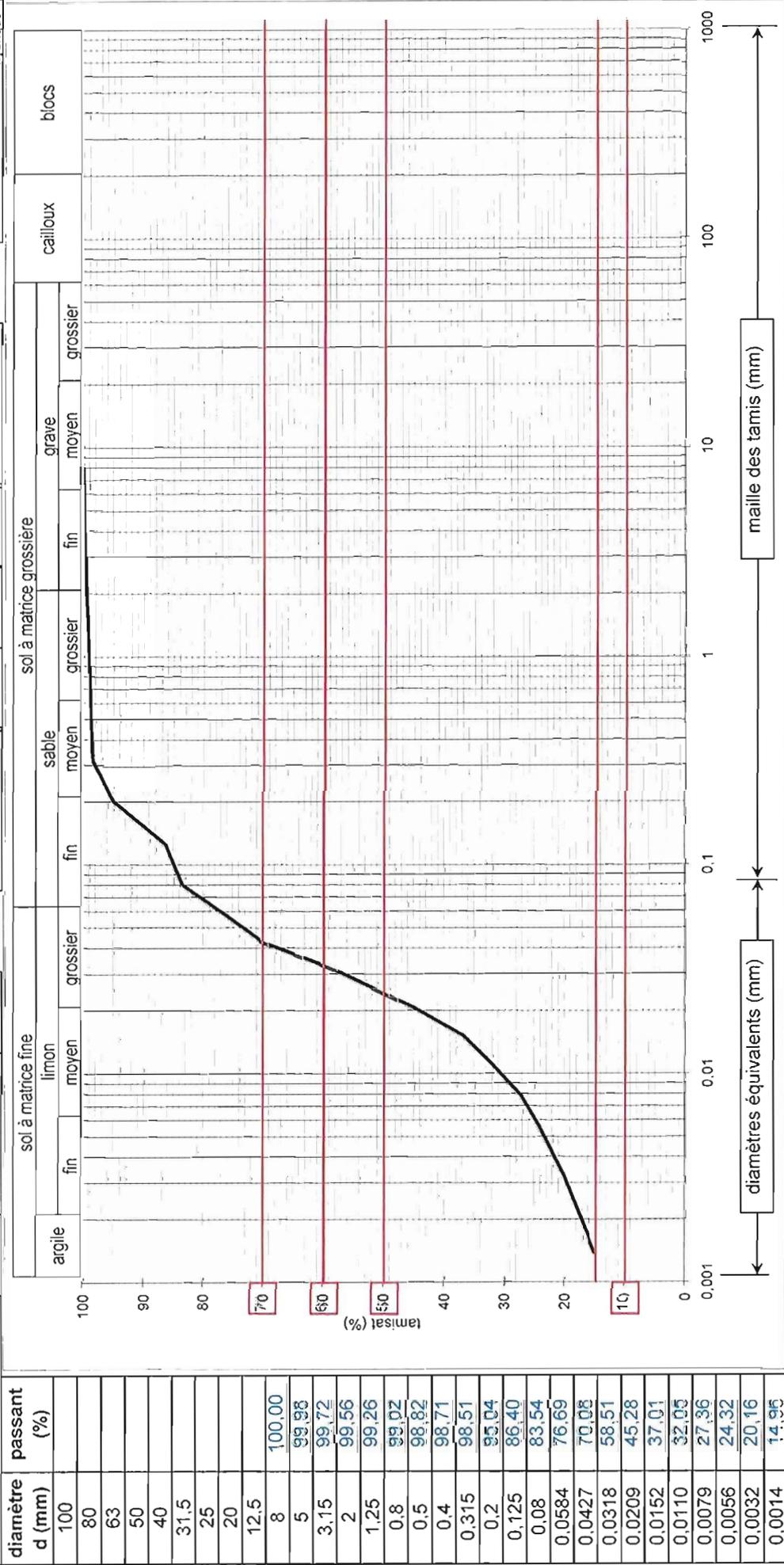


|            |                   |    |         |
|------------|-------------------|----|---------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP |    |         |
| LIEU       | 06-CAGNES SUR MER |    |         |
| CLIENT     | BRL               |    |         |
| N° DOSSIER | 11                | NG | 132 A a |

|                 |       |                              |           |           |
|-----------------|-------|------------------------------|-----------|-----------|
| $w_{nat}$       | 26,0% | NF P 94-050                  | $D_{max}$ | 0,200 mm  |
| $w_L$           | -     | NF P 94-052 &<br>NF P 94-051 | $D_{70}$  | 0,043 mm  |
| $I_p$           | -     | NF P 94-068                  | $D_{60}$  | 0,033 mm  |
| VBs             | 1,5   |                              | $D_{50}$  | 0,025 mm  |
| passant à 2mm   | 99,6% |                              | $D_{15}$  | 0,0014 mm |
| passant à 80 µm | 83,5% |                              | $D_{10}$  |           |

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| description lithologique   | Limons sableux marron beige |
| classification NF P 11-300 | <b>A1</b>                   |
| classelous classe          | état hydrique               |

|   |                   |     |
|---|-------------------|-----|
| analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage | temp. étuvage (°) | 105 |
| NF P 94-056   | $d_m$ (mm)        | 8   |



# ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR SEDIMENTOMETRIE

Norme NF P 94-057



|            |                          |
|------------|--------------------------|
| N° DOSSIER | <b>11NG0132Aa</b>        |
| CHANTIER   | <b>RACCORDMENT STEP</b>  |
| LIEU       | <b>06-CAGNES SUR MER</b> |

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| SONDAGE       | SC6 EI1                     |
| PROFONDEUR    | 2.60 à 2.75 m               |
| NATURE du SOL | Limons sableux marron beige |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| DATE DE PRELEVEMENT | 05/12/11 |
| DATE DE L'ESSAI :   | 11/01/12 |

### Masse volumique des particules solides

conventionnel      2700 g/cm<sup>3</sup>

Passant à 80µm en %:      83,54

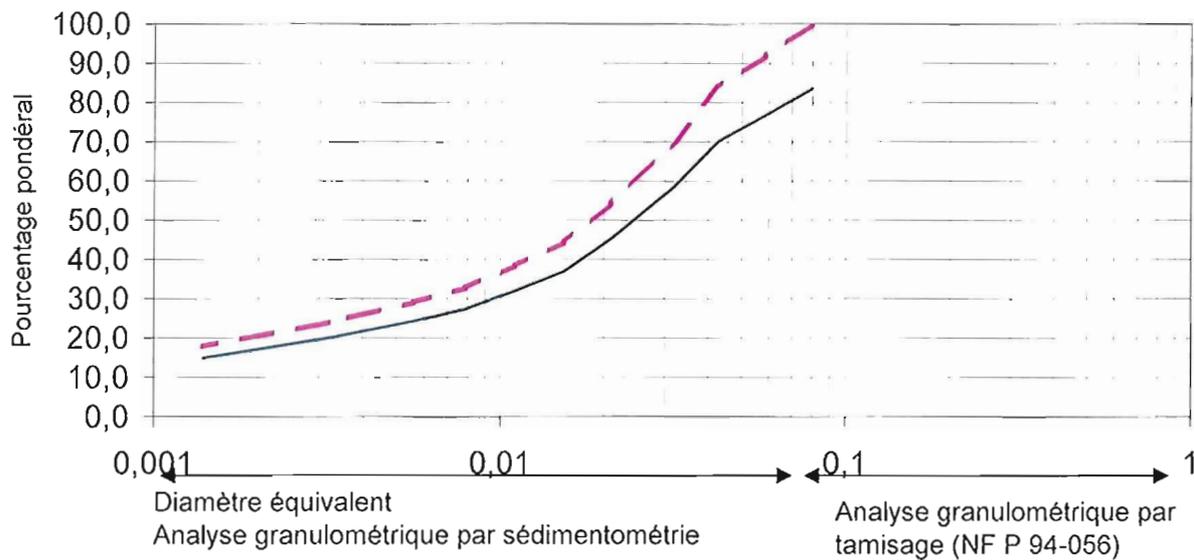
|            |      |     |      |    |
|------------|------|-----|------|----|
| Densimètre | H0   | H1  | h1   | Vd |
| en cm      | 10,1 | 3,2 | 13,2 | 40 |

|                      |         |         |
|----------------------|---------|---------|
| Facteurs correcteurs | Cm      | Cd      |
|                      | -0,0005 | -0,0004 |

|                    |      |
|--------------------|------|
| Eprouvette         | A    |
| en cm <sup>2</sup> | 49,5 |

| Temps de lecture |       | R<br>lecture<br>densimètre | température<br>(°C) | Ct<br>correction<br>température | P%<br>sur tamis<br>à 80µm | P%<br>sur tamis<br>à 50mm | D<br>(µm) |
|------------------|-------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| h                | min s |                            |                     |                                 |                           |                           |           |
|                  |       | 1,0225                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,918                     | 76,7                      | 58,4      |
|                  | 1     | 1,0205                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,839                     | 70,1                      | 42,7      |
|                  | 2     | 1,0170                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,700                     | 58,5                      | 31,8      |
|                  | 5     | 1,0130                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,542                     | 45,3                      | 20,9      |
|                  | 10    | 1,0105                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,443                     | 37,0                      | 15,2      |
|                  | 20    | 1,0090                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,384                     | 32,1                      | 11,0      |
|                  | 40    | 1,0075                     | 21,0                | 0,0010                          | 0,328                     | 27,4                      | 7,9       |
|                  | 80    | 1,0065                     | 21,5                | 0,0011                          | 0,291                     | 24,3                      | 5,6       |
| 4                |       | 1,0050                     | 23,0                | 0,0014                          | 0,241                     | 20,2                      | 3,2       |
| 24               |       | 1,0040                     | 19,5                | 0,0008                          | 0,179                     | 15,0                      | 1,4       |

— P' pourcentage pondéral sur tamis à 50 mm  
 - - - P pourcentage pondéral sur tamis à 80 µm



# FICHE D'IDENTIFICATION DE SOL

**SC6**  
sondage

**E12**  
échantillon

**3,35**  
à

**3,50**  
profondeurs (m)

Date prélèvement

05/12/2011

Date essai

24/01/2012



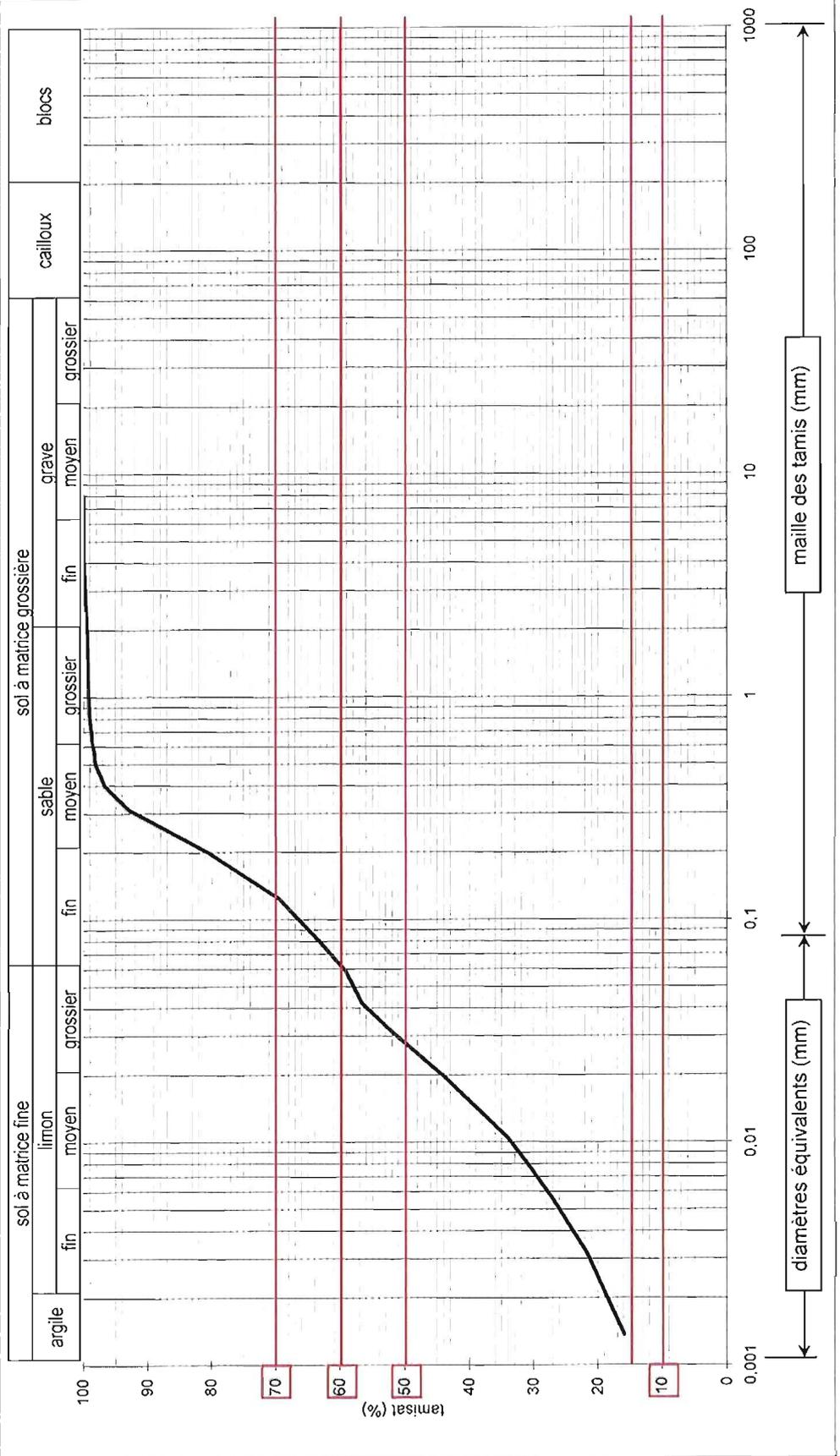
|            |                   |    |         |
|------------|-------------------|----|---------|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP |    |         |
| LIEU       | 06-CAGNES SUR MER |    |         |
| CLIENT     | BRL               |    |         |
| N° DOSSIER | 11                | NG | 132 A a |

|                 |       |                              |           |          |
|-----------------|-------|------------------------------|-----------|----------|
| $w_{nat}$       | 27,6% | NF P 94-060                  | $D_{max}$ | 0,360 mm |
| $w_L$           | -     | NF P 94-052 &<br>NF P 94-051 | $D_{70}$  | 0,128 mm |
| $I_p$           | -     |                              | $D_{60}$  | 0,063 mm |
| $VB_s$          | 1,7   | NF P 94-068                  | $D_{50}$  | 0,028 mm |
| passant à 2mm   | 99,4% |                              | $D_{15}$  |          |
| passant à 80 µm | 63,2% |                              | $D_{10}$  |          |

|                            |                                    |          |
|----------------------------|------------------------------------|----------|
| description lithologique   | Limons sableux orangés, gris beige | bariolés |
| classification NF P 11-300 | <b>A1</b>                          |          |
| classe/sous classe         | état hydrique                      |          |

|   |             |                   |     |
|---|-------------|-------------------|-----|
| analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage | NF P 94-056 | temp. étuvage (°) | 105 |
|   |             | $d_m$ (mm)        | 8   |

| diamètre d (mm) | passant (%) |
|-----------------|-------------|
| 100             |             |
| 80              |             |
| 63              |             |
| 50              |             |
| 40              |             |
| 31.5            |             |
| 25              |             |
| 20              |             |
| 12.5            |             |
| 8               | 100,00      |
| 5               | 99,98       |
| 3.15            | 99,73       |
| 2               | 99,42       |
| 1.25            | 99,24       |
| 0.8             | 99,03       |
| 0.5             | 98,15       |
| 0.4             | 96,71       |
| 0.315           | 93,10       |
| 0.2             | 80,43       |
| 0.125           | 69,56       |
| 0.08            | 63,19       |
| 0.0583          | 59,06       |
| 0.0419          | 56,55       |
| 0.0306          | 51,55       |
| 0.0199          | 44,05       |
| 0.0145          | 39,05       |
| 0.0105          | 34,04       |
| 0.0076          | 30,29       |
| 0.0054          | 26,75       |
| 0.0032          | 21,74       |
| 0.0014          | 15,85       |



# ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR SEDIMENTOMETRIE

Norme NF P 94-057



|            |                          |
|------------|--------------------------|
| N° DOSSIER | <b>11NG0132Aa</b>        |
| CHANTIER   | <b>RACCORDEMENT STEP</b> |
| LIEU       | <b>06-CAGNES SUR MER</b> |

|               |  |
|---------------|--|
| SONDAGE       | SC6 EI2                                    |
| PROFONDEUR    | 3.35 à 3.50 m                              |
| NATURE du SOL | Limons sableux bariolés orange, gris beige |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| DATE DE PRELEVEMENT | 05/12/11 |
| DATE DE L'ESSAI :   | 30/01/12 |

## Masse volumique des particules solides

conventionnel 2700 g/cm<sup>3</sup>

Passant à 80µm en %: 63,19

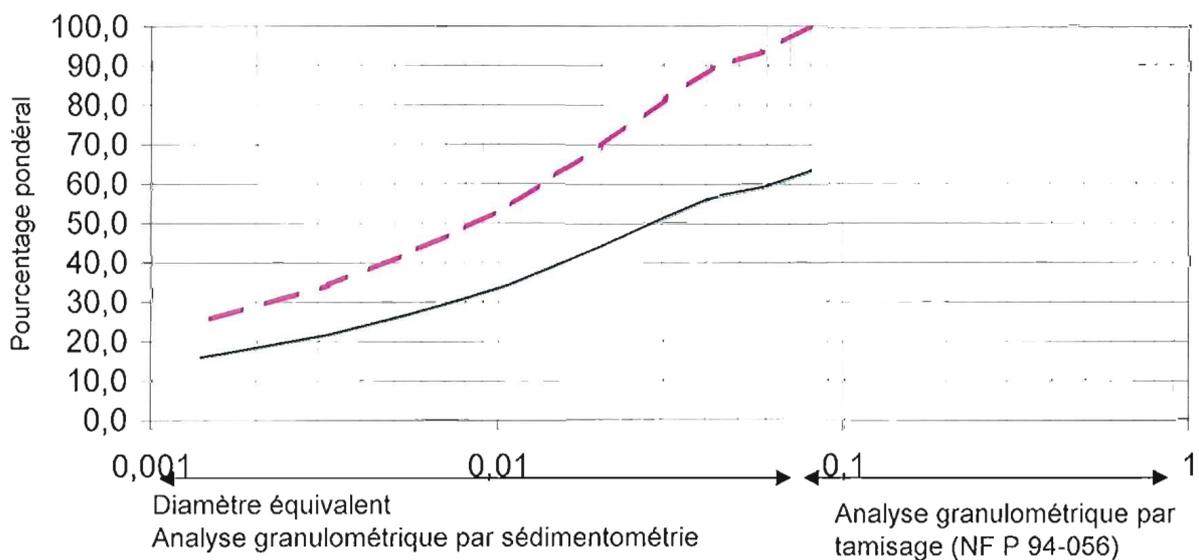
|                  |      |     |      |    |
|------------------|------|-----|------|----|
| Densimètre en cm | H0   | H1  | h1   | Vd |
|                  | 10,1 | 3,2 | 13,2 | 40 |

|                      |         |         |
|----------------------|---------|---------|
| Facteurs correcteurs | Cm      | Cd      |
|                      | -0,0005 | -0,0004 |

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Eprouvette en cm <sup>2</sup> | A    |
|                               | 49,5 |

| Temps de lecture |     |    | R lecture densimètre | température (°C) | Ct correction température | P% sur tamis à 80µm | P% sur tamis à 50mm | D (µm) |
|------------------|-----|----|----------------------|------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|--------|
| h                | min | s  |                      |                  |                           |                     |                     |        |
|                  |     | 30 | 1,0230               | 20,0             | 0,0009                    | 0,934               | 59,1                | 58,3   |
|                  | 1   |    | 1,0220               | 20,0             | 0,0009                    | 0,895               | 56,6                | 41,9   |
|                  | 2   |    | 1,0200               | 20,0             | 0,0009                    | 0,816               | 51,6                | 30,6   |
|                  | 5   |    | 1,0170               | 20,0             | 0,0009                    | 0,697               | 44,0                | 19,9   |
|                  | 10  |    | 1,0150               | 20,0             | 0,0009                    | 0,618               | 39,0                | 14,5   |
|                  | 20  |    | 1,0130               | 20,0             | 0,0009                    | 0,539               | 34,0                | 10,5   |
|                  | 40  |    | 1,0115               | 20,0             | 0,0009                    | 0,479               | 30,3                | 7,6    |
|                  | 80  |    | 1,0100               | 20,5             | 0,0010                    | 0,423               | 26,7                | 5,4    |
| 4                |     |    | 1,0080               | 20,5             | 0,0010                    | 0,344               | 21,7                | 3,2    |
| 24               |     |    | 1,0060               | 18,5             | 0,0006                    | 0,251               | 15,8                | 1,4    |

— P' pourcentage pondéral sur tamisat à 50 mm  
 - - - P pourcentage pondéral sur tamisat à 80 µm



**DETERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE DES SOLS FINS**  
**Méthode par trousse coupante**

norme NF P 94-053



|            |                   |    |     |   |   |
|------------|-------------------|----|-----|---|---|
| CHANTIER   | RACCORDMENT STEP  |    |     |   |   |
| LIEU       | 06-CAGNES SUR MER |    |     |   |   |
| CLIENT     | BRL               |    |     |   |   |
| N° DOSSIER | 11                | NG | 132 | A | a |

|              |  |                |
|--------------|--|----------------|
| COMMENTAIRES | masses volumiques (g/cm <sup>3</sup> ) |                |
|              | eau                                    | ρ <sub>w</sub> |
|              | paraffine                              | ρ <sub>p</sub> |
|              |  | 1              |
|              |  | 0,88           |

|                  |            |
|------------------|------------|
| Date prélèvement | 05/12/2011 |
| Date essai       | 06/01/2012 |
| Opérateur        | G GIBAUD   |

| sondage | échantillon | profondeur (m) | description                 | masse volumique humide (T/m <sup>3</sup> ) |         |         | essai 1          |                                     |                    | essai 2                           |                  |                                     |                    |                                   |
|---------|-------------|----------------|-----------------------------|--|---------|---------|------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|         |             |                |                             | ρ <sub>h</sub>                             |         |         | température (°C) | masse échantillon avec trousse (gr) | masse trousse (gr) | volume trousse (cm <sup>3</sup> ) | température (°C) | masse échantillon avec trousse (gr) | masse trousse (gr) | volume trousse (cm <sup>3</sup> ) |
|         |             |                |                             | moyenne                                    | essai 1 | essai 2 |                  |                                     |                    |                                   |                  |                                     |                    |                                   |
| SC6     | EI1         | 2.60 à 2.75    | Limons sableux marron beige | 1,91                                       | 1,90    | 1,92    | 24               | 222,5                               | 83                 | 73,35                             | 24               | 223,6                               | 83                 | 73,35                             |



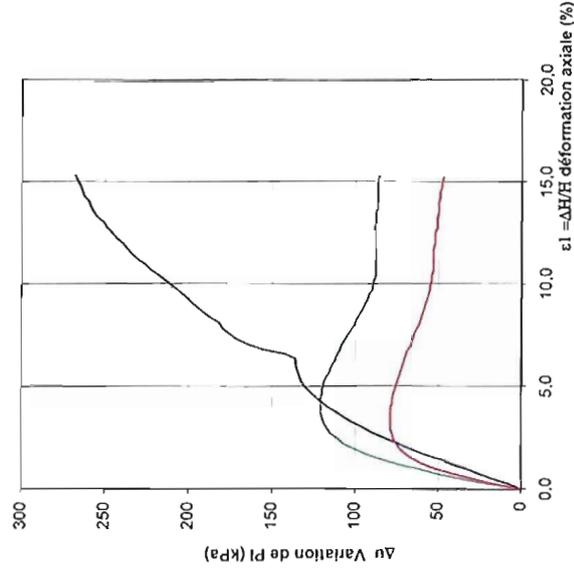
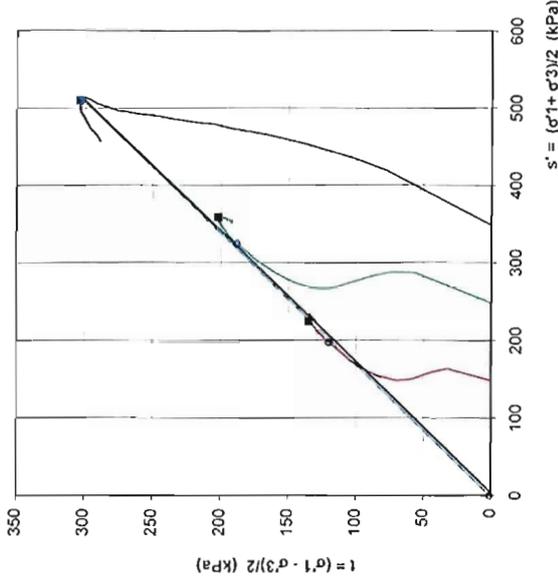
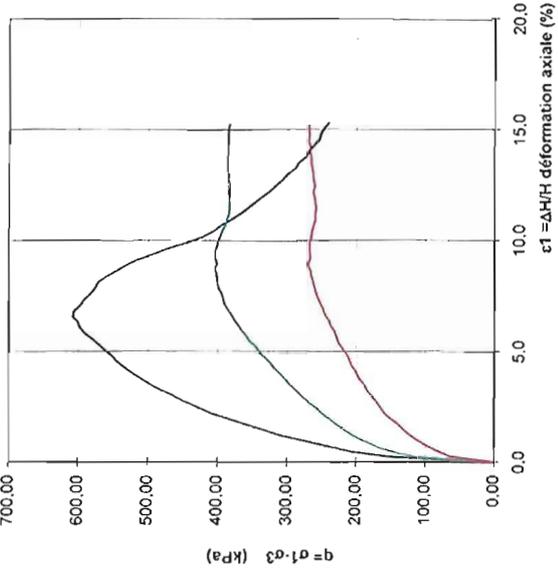
# Essai à l'appareil triaxial de révolution

## Essai Consolidé Non drainé CU+u

selon NF P94 - 070 et 074

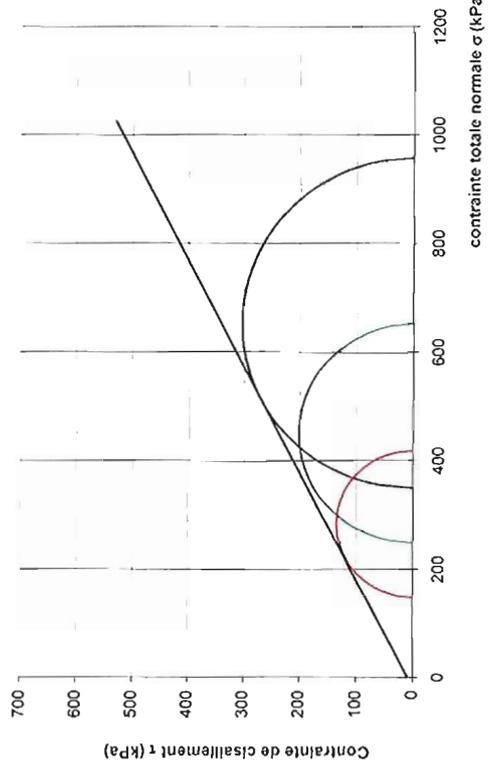
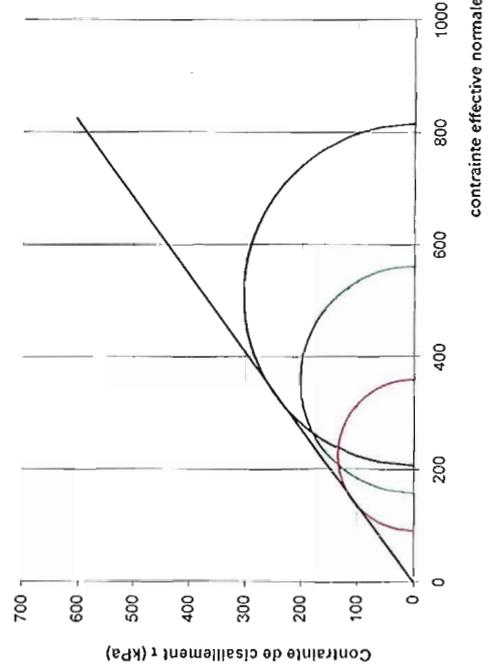


|              |          |             |                   |        |                |            |
|--------------|----------|-------------|-------------------|--------|----------------|------------|
| N° affaire   | 11NG0132 | Nom affaire | RACCORDEMENT STEP | Forage | Profondeur (m) | 3.40 à 3.5 |
| Cisaillement |          |             |                   |        |                |            |



|           |    |
|-----------|----|
| φ'(degré) | 36 |
| C' (kPa)  | 1  |

|            |    |
|------------|----|
| φcu(degré) | 27 |
| Ccu (kPa)  | 8  |



# FICHE D'IDENTIFICATION DE SOL

**SC7**  
sondage

**EI1**  
échantillon

**2,10** à **2,30**  
profondeurs (m)

**24/07/2012**  
Date essai

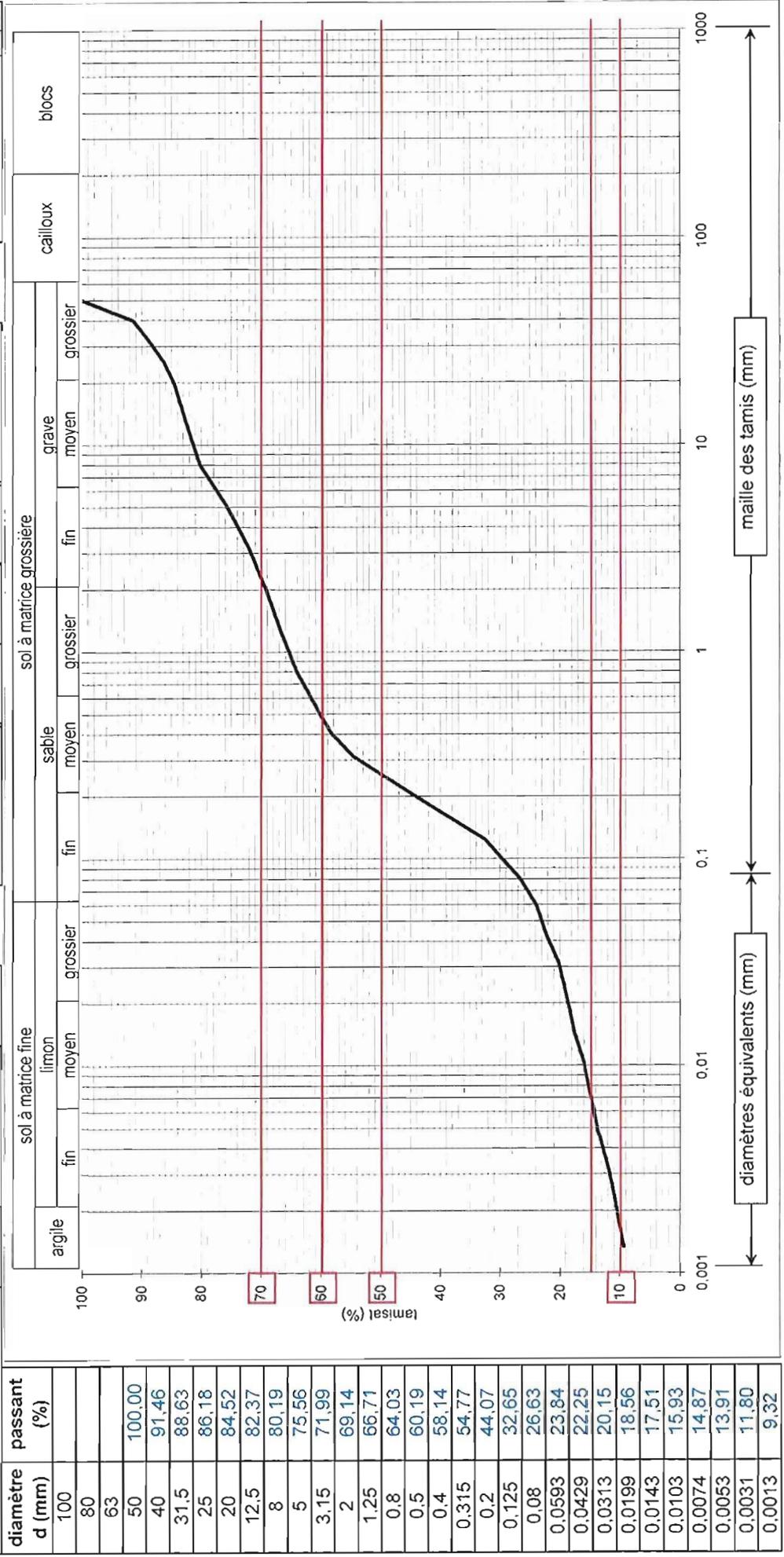


CHANTIER ..... **RACCORDEMENT STEP**  
 LIEU ..... **06-CAGNES SUR MER**  
 CLIENT ..... **BRL**  
 N° DOSSIER **11 NG 132 A a**

**W<sub>nat</sub>** ..... **10,4%**  
**w<sub>L</sub>** ..... **1**  
**I<sub>p</sub>** ..... **1**  
**VB<sub>s</sub>** ..... **1,3**  
**passant à 2mm** ..... **69,1%**  
**passant à 80 µm** ..... **26,6%**

**description lithologique**  
 Sables limoneux marron orangeâtre à quelques graves  
**classification NF P 11-300**  
**A1**  
 classe/sous classe état hydrique

analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage  
 NF P 94-056  
 temp. étuvage (°) ..... **105**  
 d<sub>m</sub> (mm) ..... **50**



# ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR SEDIMENTOMETRIE

Norme NF P 94-057



|            |                          |
|------------|--------------------------|
| N° DOSSIER | <b>11NG0132Aa</b>        |
| CHANTIER   | <b>RACCORDEMENT STEP</b> |
| LIEU       | <b>06-CAGNES SUR MER</b> |

|               |   |
|---------------|---|
| SONDAGE       | SC7 EI1   |
| PROFONDEUR    | 2.10 à 2.30 m                                       |
| NATURE du SOL | Sables limoneux marron orangeâtre à quelques graves |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| DATE DE PRELEVEMENT | 05/12/11 |
| DATE DE L'ESSAI :   | 30/01/12 |

## Masse volumique des particules solides

conventionnel 2700 g/cm<sup>3</sup>

Passant à 80µm en %: 26,63

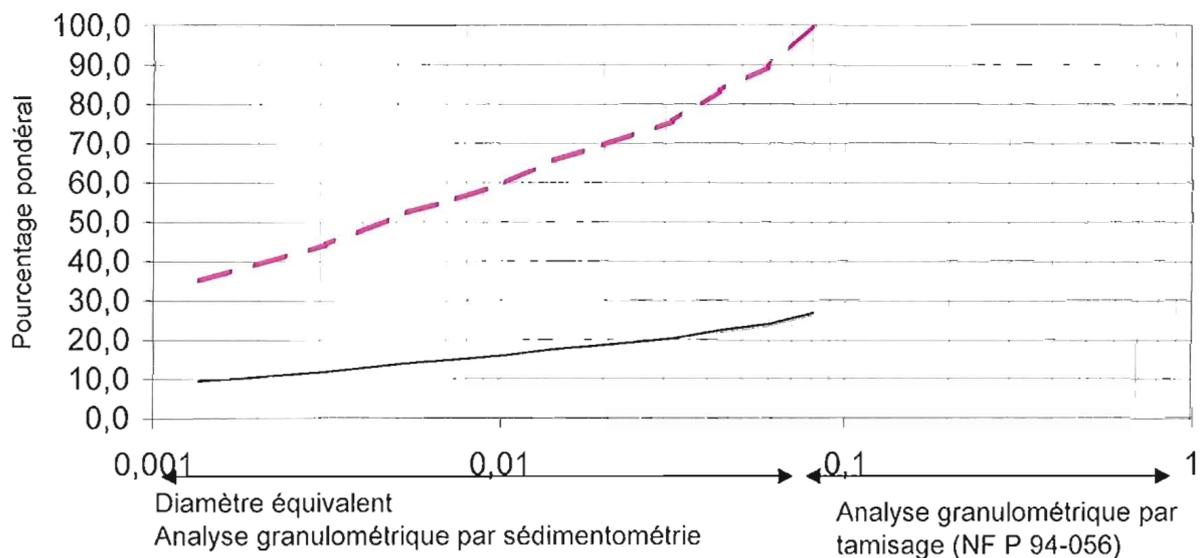
|            |      |     |      |    |
|------------|------|-----|------|----|
| Densimètre | H0   | H1  | h1   | Vd |
| en cm      | 10,1 | 3,2 | 13,2 | 40 |

|                      |         |         |
|----------------------|---------|---------|
| Facteurs correcteurs | Cm      | Cd      |
|                      | -0,0005 | -0,0004 |

|                    |      |
|--------------------|------|
| Éprouvette         | A    |
| en cm <sup>2</sup> | 49,5 |

| Temps de lecture<br>h | Temps de lecture |    | R<br>lecture<br>densimètre | température<br>(°C) | Ct<br>correction<br>température | P%<br>sur tamis<br>à 80µm | P' %<br>sur tamis<br>à 50mm | D<br>(µm) |
|-----------------------|------------------|----|----------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|
|                       | min              | s  |                            |                     |                                 |                           |                             |           |
|                       |                  | 30 | 1,0220                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,895                     | 23,8                        | 59,3      |
|                       | 1                |    | 1,0205                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,836                     | 22,3                        | 42,9      |
|                       | 2                |    | 1,0185                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,756                     | 20,1                        | 31,3      |
|                       | 5                |    | 1,0170                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,697                     | 18,6                        | 19,9      |
|                       | 10               |    | 1,0160                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,657                     | 17,5                        | 14,3      |
|                       | 20               |    | 1,0145                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,598                     | 15,9                        | 10,3      |
|                       | 40               |    | 1,0135                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,558                     | 14,9                        | 7,4       |
|                       | 80               |    | 1,0125                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,522                     | 13,9                        | 5,3       |
| 4                     |                  |    | 1,0105                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,443                     | 11,8                        | 3,1       |
| 24                    |                  |    | 1,0085                     | 18,5                | 0,0006                          | 0,350                     | 9,3                         | 1,3       |

— P' pourcentage pondéral sur tamisat à 50 mm  
 - - - P pourcentage pondéral sur tamisat à 80 µm



# ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE DIRECT

norme NF P 94-071-1

**SC7**

sondage

**E11**

échantillon

**2,1**

à

**2,2**

profondeurs (m)



|            |                   |    |     |   |   |
|------------|-------------------|----|-----|---|---|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP |    |     |   |   |
| LIEU       | 06-CAGNES UR MER  |    |     |   |   |
| CLIENT     | BRL               |    |     |   |   |
| N° DOSSIER | 11                | NG | 132 | A | a |

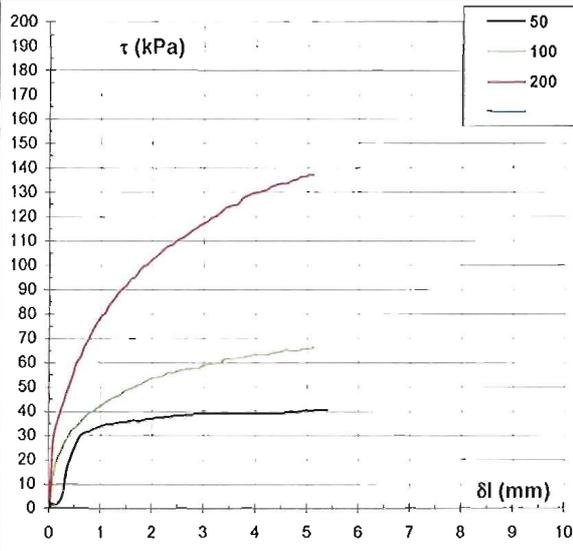
**COMMENTAIRES**  
Echantillon reconstitué pour oter les graves de diamètre supérieur à 5mm.

|   |                                  |        |      |
|---|----------------------------------|--------|------|
| caractéristiques éprouvette                         | hauteur (mm)                     | 22,6   |      |
|   | coté (mm)                        | 60     |      |
|   | vitesse de cisaillement (mm/min) | 0,024  |      |
|   | $\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )    | mesuré |      |
|   |                                  | estimé | 2700 |
| description lithologique du sol                     |                                  |        |      |
| Sables limoneux marron orangéâtre à quelques graves |                                  |        |      |

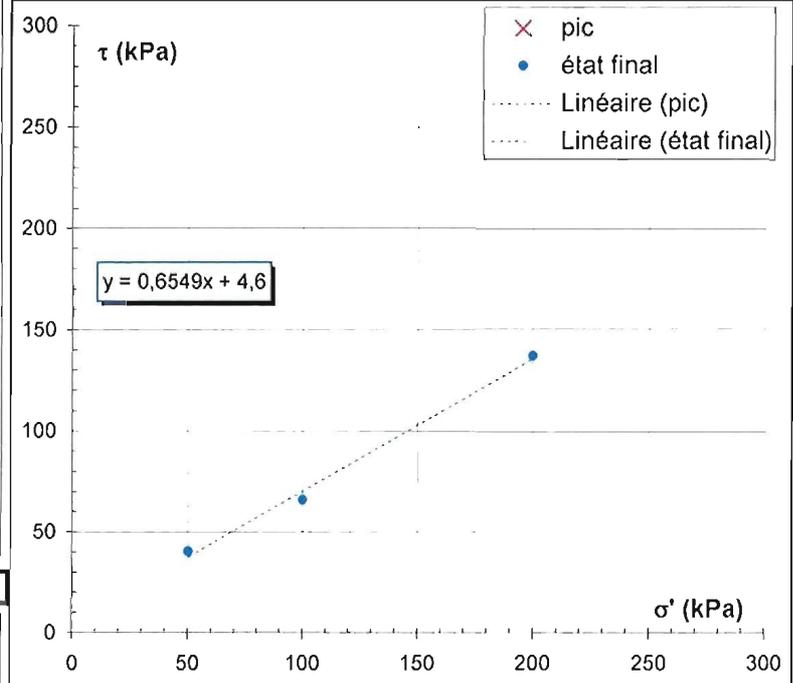
| IDENTIFICATION DES EPROUVETTES DE SOL |                             |                               |        |       |       |                               |                  |                    | PARAMETRES DE RESISTANCE AU CISAILLEMENT |                     |                        |                     |                        |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|-------------------------------|------------------|--------------------|--|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| n° éprouvette                         | avant essai                 |                               |        |       |       | après consolidation           |                  | après cisaillement | $\sigma'$<br>kPa                         | $\tau_{t,p}$<br>kPa | $\delta l_{t,p}$<br>mm | $\tau_{t,f}$<br>kPa | $\delta l_{t,f}$<br>mm |
|                                       | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\rho_d$<br>kg/m <sup>3</sup> | w<br>% | e     | $S_R$ | $\rho_d$<br>kg/m <sup>3</sup> | $t_{100}$<br>min |                    |  |                     |                        |                     |                        |
| 1                                     | 1931                        | 1724                          | 12,0   | 0,566 | 57,1  | 1743                          | 1,4              | 15,7               | 50                                       |                     |                        | 40,2                | 5                      |
| 2                                     | 1928                        | 1728                          | 11,6   | 0,562 | 55,7  | 1768                          | 2,3              | 14,7               | 100                                      |                     |                        | 65,8                | 5                      |
| 3                                     | 1938                        | 1738                          | 11,5   | 0,554 | 56,2  | 1827                          | 4,1              | 14,0               | 200                                      |                     |                        | 137                 | 5                      |
| 4                                     |                             |                               |        |       |       |                               |                  |                    |  |                     |                        |                     |                        |

## GRAPHIQUES

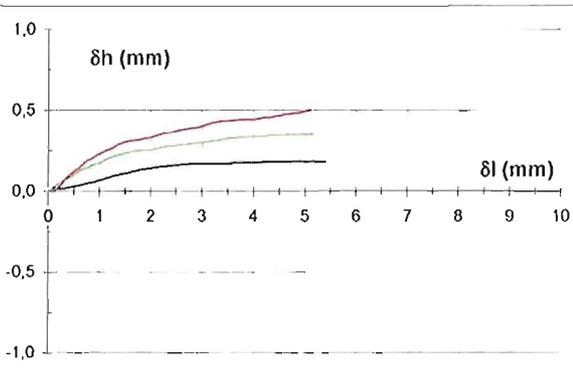
contrainte de cisaillement - déplacement horizontal



résistance au cisaillement - contrainte normale



tassement - déplacement horizontal



## RESULTATS

| cohésion $c'$ (kPa) |                          | angle de frottement $\phi'$ (°) |                             |
|---------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| <i>pic</i> $c'_p$   | <i>état final</i> $c'_f$ | <i>pic</i> $\phi'_p$            | <i>état final</i> $\phi'_f$ |
|                     | <b>5</b>                 |                                 | <b>33</b>                   |

**ESSAI DE CISAILLEMENT RECTILIGNE  
CONSOLIDE NON DRAINE**

Essai non normalisé

**SC7**

sondage

**E11**

échantillon

**2,2** à **2,3**

profondeurs (m)



|            |                   |    |     |   |   |
|------------|-------------------|----|-----|---|---|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP |    |     |   |   |
| LIEU       | 06-CAGNES UR MER  |    |     |   |   |
| CLIENT     | BRL               |    |     |   |   |
| N° DOSSIER | 11                | NG | 132 | A | a |

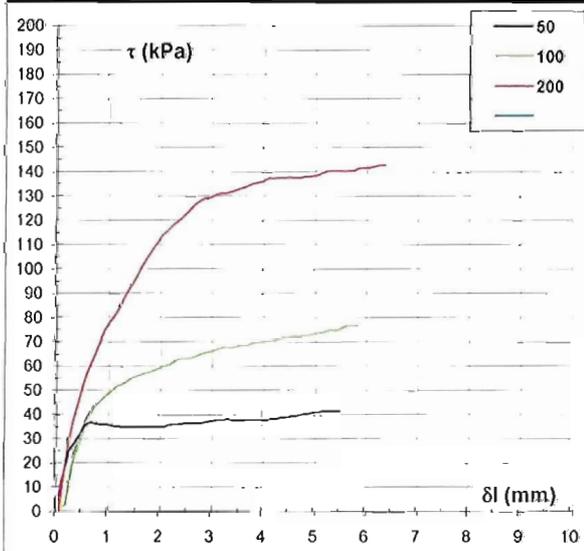
**COMMENTAIRES**  
Echantillon reconstitué pour oter les graves de diamètre supérieur à 5mm.

|                                 |                                  |   |      |
|---------------------------------|----------------------------------|---|------|
| caractéristiques éprouvette     | hauteur (mm)                     | 22,6  |      |
|                                 | côté (mm)                        | 60  |      |
|                                 | vitesse de cisaillement (mm/min) | 0,3   |      |
|                                 | $\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )    | mesuré  |      |
|                                 |                                  | estimé  | 2700 |
| description lithologique du sol |                                  | Sables limoneux marron orangéâtre à quelques graves |      |

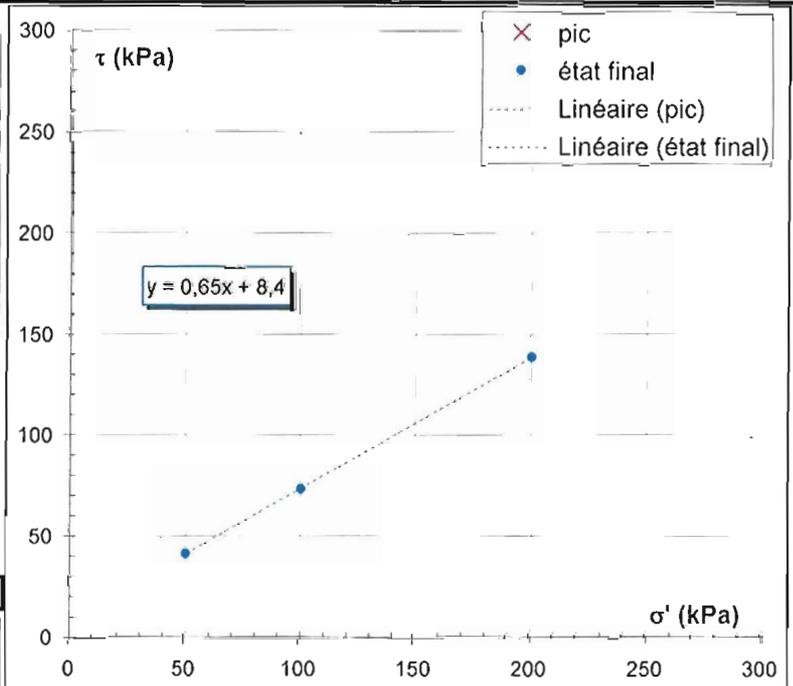
| IDENTIFICATION DES EPROUVETTES DE SOL |                             |                               |        |       |       |                               |                  |                    | PARAMETRES DE RESISTANCE AU CISAILLEMENT |              |                  |              |                  |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|-------------------------------|------------------|--------------------|--|--------------|------------------|--------------|------------------|
| n° éprouvette                         | avant essai                 |                               |        |       |       | après consolidation           |                  | après cisaillement | $\sigma'$                                | $\tau_{f,p}$ | $\delta l_{f,p}$ | $\tau_{f,f}$ | $\delta l_{f,f}$ |
|                                       | $\rho$<br>kg/m <sup>3</sup> | $\rho_d$<br>kg/m <sup>3</sup> | w<br>% | e     | $S_R$ | $\rho_d$<br>kg/m <sup>3</sup> | $t_{100}$<br>min | w<br>%             | kPa                                      | kPa          | mm               | kPa          | mm               |
| 1                                     | 1894                        | 1704                          | 11,2   | 0,585 | 51,6  | 1737                          | 2,7              | 16,5               | 50                                       |              |                  | 41,1         | 5                |
| 2                                     | 1903                        | 1708                          | 11,4   | 0,580 | 52,9  | 1770                          | 4,2              | 15,8               | 100                                      |              |                  | 73,1         | 5                |
| 3                                     | 1930                        | 1737                          | 11,1   | 0,555 | 54,1  | 1814                          | 2                | 14,8               | 200                                      |              |                  | 138,5        | 5                |
| 4                                     |                             |                               |        |       |       |                               |                  |                    |  |              |                  |              |                  |

**GRAPHIQUES**

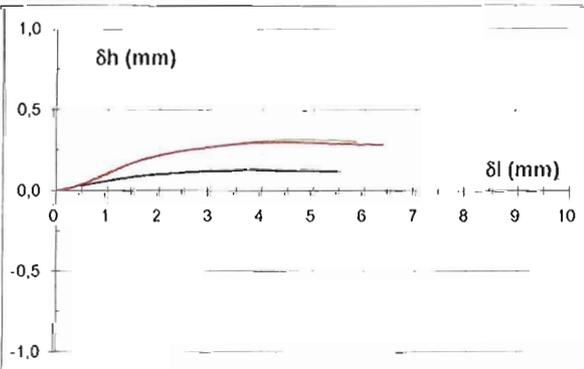
contrainte de cisaillement - déplacement horizontal



résistance au cisaillement - contrainte normale



tassement - déplacement horizontal



**RESULTATS**

|                      |                             |  |                             |
|----------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|
| cohésion ccu (kPa)   |                             | angle de frottement $\varphi_{cu}$ (°) |                             |
| pic ccu <sub>p</sub> | état final ccu <sub>f</sub> | pic $\varphi_{cu_p}$                   | état final $\varphi_{cu_f}$ |
|                      | <b>8</b>                    |  | <b>33</b>                   |

# FICHE D'IDENTIFICATION DE SOL

**SC7**

**EI2**

**5,5**

**5,6**

sondage

échantillon

à

profondeurs (m)

Date prélèvement

05/12/2011

Date essai

25/01/2012



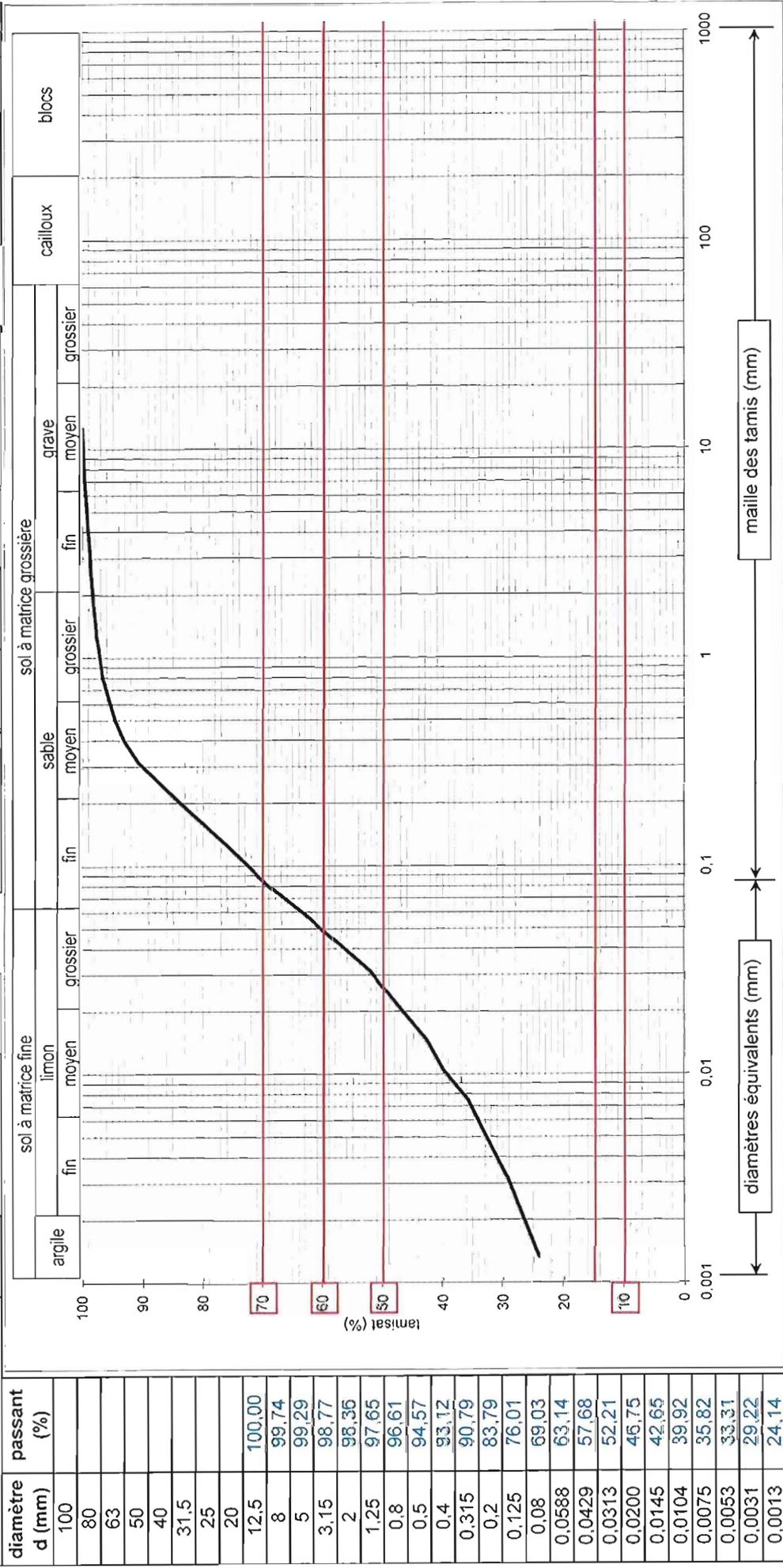
|            |                   |    |     |     |
|------------|-------------------|----|-----|-----|
| CHANTIER   | RACCORDEMENT STEP |    |     |     |
| LIEU       | 06-CAGNES SUR MER |    |     |     |
| CLIENT     | BRL               |    |     |     |
| N° DOSSIER | 11                | NG | 132 | A a |

|                 |       |                              |           |          |
|-----------------|-------|------------------------------|-----------|----------|
| $w_{nat}$       | 19,5% | NF P 94-050                  | $D_{max}$ | 0,563 mm |
| $w_L$           | 38%   | NF P 94-052 &<br>NF P 94-051 | $D_{70}$  | 0,086 mm |
| $I_p$           | 17    |                              | $D_{60}$  | 0,050 mm |
| $VB_s$          | 1     | NF P 94-058                  | $D_{50}$  | 0,026 mm |
| passant à 2mm   | 98,4% |                              | $D_{15}$  |          |
| passant à 80 µm | 69,0% |                              | $D_{10}$  |          |

description lithologique  
Argile finement sableuse  
bariolée ocre, orange, gris à  
taches noires

classification NF P 11-300  
**A2** m  
classés sous classe  
état  
hydraulique

|   |                   |      |
|---|-------------------|------|
| analyse granulométrique par tamisage à sec après lavage | temp. étuvage (°) | 105  |
|   | $d_m$ (mm)        | 12,5 |



# ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR SEDIMENTOMETRIE

Norme NF P 94-057



|            |                          |
|------------|--------------------------|
| N° DOSSIER | <b>11NG0132Aa</b>        |
| CHANTIER   | <b>RACCORDEMENT STEP</b> |
| LIEU       | <b>06-CAGNES SUR MER</b> |

|               |  |
|---------------|--|
| SONDAGE       | SC7 EI2  |
| PROFONDEUR    | 5.50 à 5.60 m  |
| NATURE du SOL | Argile finement sableuse<br>bariolée ocre, orange, gris à<br>taches noires |

|                     |          |
|---------------------|----------|
| DATE DE PRELEVEMENT | 05/12/11 |
| DATE DE L'ESSAI :   | 30/01/12 |

### Masse volumique des particules solides

conventionnel 2700 g/cm<sup>3</sup>

Passant à 80µm en %: 69,03

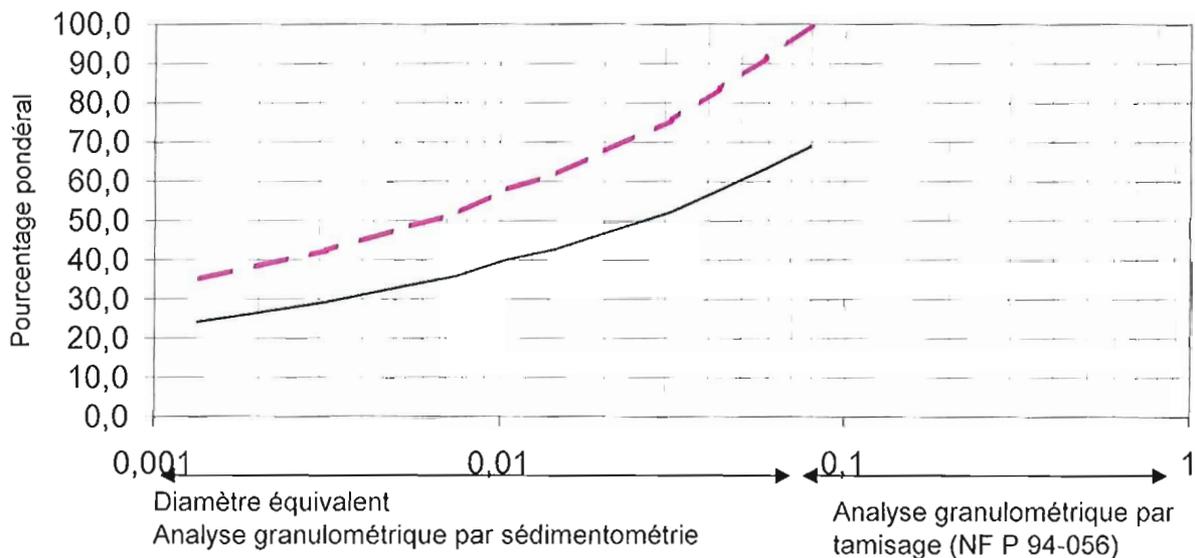
|            |      |     |      |    |
|------------|------|-----|------|----|
| Densimètre | H0   | H1  | h1   | Vd |
| en cm      | 10,1 | 3,2 | 13,2 | 40 |

|                      |         |         |
|----------------------|---------|---------|
| Facteurs correcteurs | Cm      | Cd      |
|                      | -0,0005 | -0,0004 |

|                    |      |
|--------------------|------|
| Eprouvette         | A    |
| en cm <sup>2</sup> | 49,5 |

| Temps de lecture |     |    | R<br>lecture<br>densimètre | température<br>(°C) | Ct<br>correction<br>température | P%<br>sur tamis<br>à 80µm | P' <sup>0</sup> %<br>sur tamis<br>à 50mm | D<br>(µm) |
|------------------|-----|----|----------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------|--|-----------|
| h                | min | s  |                            |                     |                                 |                           |  |           |
|                  |     | 30 | 1,0225                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,915                     | 63,1                                     | 58,8      |
|                  | 1   |    | 1,0205                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,836                     | 57,7                                     | 42,9      |
|                  | 2   |    | 1,0185                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,756                     | 52,2                                     | 31,3      |
|                  | 5   |    | 1,0165                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,677                     | 46,7                                     | 20,0      |
|                  | 10  |    | 1,0150                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,618                     | 42,6                                     | 14,5      |
|                  | 20  |    | 1,0140                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,578                     | 39,9                                     | 10,4      |
|                  | 40  |    | 1,0125                     | 20,0                | 0,0009                          | 0,519                     | 35,8                                     | 7,5       |
|                  | 80  |    | 1,0115                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,483                     | 33,3                                     | 5,3       |
| 4                |     |    | 1,0100                     | 20,5                | 0,0010                          | 0,423                     | 29,2                                     | 3,1       |
| 24               |     |    | 1,0085                     | 18,5                | 0,0006                          | 0,350                     | 24,1                                     | 1,3       |

— P' pourcentage pondéral sur tamisat à 50 mm  
- - - P pourcentage pondéral sur tamisat à 80 µm



# DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG

Norme NFP-94-051



|            |                          |
|------------|--------------------------|
| N° DOSSIER | <b>11NG0132Aa</b>        |
| CHANTIER   | <b>RACCORDEMENT STEP</b> |
| LIEU       | <b>06-CAGNES SUR MER</b> |

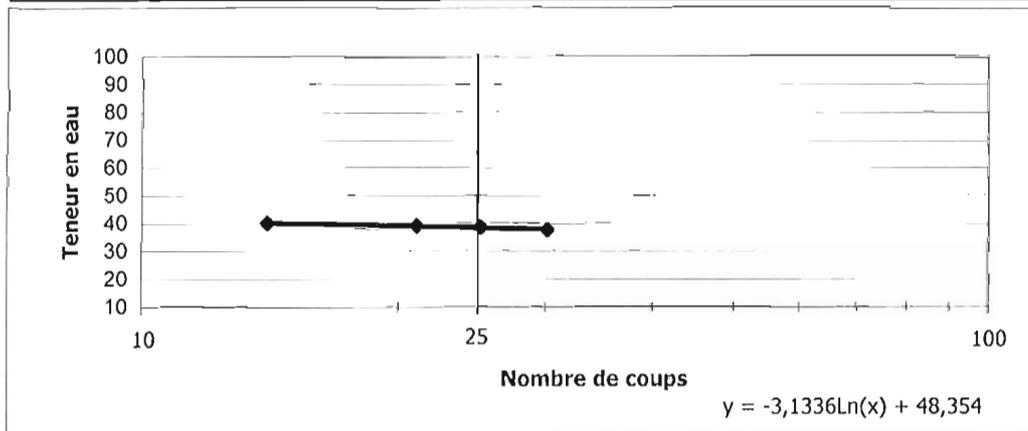
|               |  |
|---------------|--|
| SONDAGE       | SC7 EI2  |
| PROFONDEUR    | 5.50 à 5.60 m  |
| NATURE du SOL | Argile finement sableuse bariolée ocre, orange, gris à taches noires |

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| DATE DE PRELEVEMENT : | 05/12/11 |
| DATE DE L'ESSAI :     | 26/01/12 |

|            |
|------------|
| REMARQUE : |
|------------|

## LIMITE DE LIQUIDITE (W<sub>L</sub>)

|                    | ESSAI n°1 |        | ESSAI n°2 |        | ESSAI n°3 |        | ESSAI n°4 |        |
|--------------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| Nbre de coups      | 14        |        | 21        |        | 25        |        | 30        |        |
| N° de la tare      | C1        | C2     | C3        | C4     | C5        | C6     | C7        | C8     |
| Poids total humide | 75,846    | 77,574 | 79,348    | 77,121 | 76,623    | 77,903 | 75,229    | 76,663 |
| Poids total sec    | 74,853    | 76,798 | 78,082    | 76,062 | 75,418    | 76,847 | 74,180    | 75,714 |
| Poids de la tare   | 72,370    | 74,856 | 74,839    | 73,335 | 72,285    | 74,104 | 71,386    | 73,176 |
| Teneur en eau      | 40,0      | 40,0   | 39,0      | 38,8   | 38,5      | 38,5   | 37,5      | 37,4   |
| Moyenne en %       | 40,0      |        | 38,9      |        | 38,5      |        | 37,5      |        |



## LIMITES DE PLASTICITE (W<sub>p</sub>)

|                    | ESSAI n° 1 |        | ESSAI n° 2 |        |
|--------------------|------------|--------|------------|--------|
| N° de la tare      | L5         | L6     | L7         | L8     |
| Poids total humide | 10,517     | 10,388 | 10,546     | 10,580 |
| Poids total sec    | 10,319     | 10,211 | 10,350     | 10,379 |
| Poids de la tare   | 9,376      | 9,360  | 9,418      | 9,415  |
| Teneur en eau      | 21,0       | 20,8   | 21,0       | 20,9   |
| Moyenne en %       | 20,9       |        | 20,9       |        |

## RESULTATS

|   |             |
|---|-------------|
| Teneur en eau w <sub>n</sub> (%)        | <b>19,5</b> |
| Limite de liquidité W <sub>L</sub> (%)  | <b>38</b>   |
| Limite de plasticité W <sub>p</sub> (%) | <b>21</b>   |
| Indice de plasticité I <sub>p</sub>     | <b>17</b>   |
| Indice de consistance I <sub>c</sub>    | <b>1,1</b>  |

# Essai à l'appareil triaxial de révolution

## Essai Consolidé Non drainé CU+u

selon NF P94 - 070 et 074



|         |      |            |
|---------|------|------------|
| NOM     | Visa | Date       |
| MJP     |      | 30/01/2012 |
| L BOYER |      | 06/02/2012 |

|  |            |
|--|------------|
| Description  |            |
| Argile très molle bariolée ocre, orange, grise à traces de MO. |            |
| Contrainte verticale en place $\sigma_{vo}$ (KPa)              | 116.6      |
| Date de l'essai  | 23/01/2012 |

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| N° affaire          | 11NG0132Aa        |
| Nom affaire         | RACCORDEMENT STEP |
| Forage              | SC7               |
| N° échantillon      | EI2               |
| Profondeur (m)      | 5,50 à 5,60       |
| Date de prélèvement | 05/12/2011        |

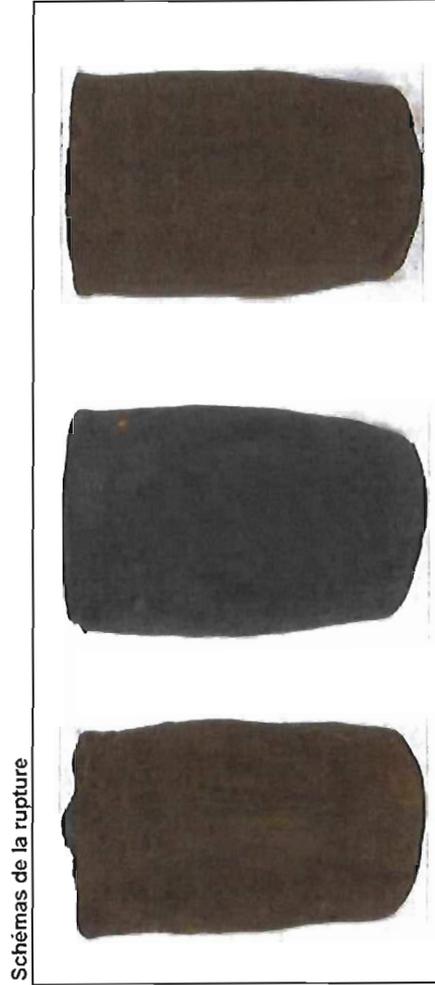
| Conditions initiales de l'éprouvette   | 1     | 2     | 3     |
|--|-------|-------|-------|
| Hauteur $H_0$                          | 76    | 76    | 76    |
| Diamètre $D_0$                         | 38    | 38    | 38    |
| Masse humide initiale (PTH)            | 181.1 | 178.5 | 174.5 |
| Masse sèche initiale (PTS)             | 151.1 | 149.0 | 145.0 |
| Teneur en eau initiale $w_0$           | 19.9  | 19.8  | 20.3  |
| Degré de saturation $S_r$              | 106.8 | 102.1 | 97.0  |
| Masse volumique initiale $\rho_h$      | 2.10  | 2.07  | 2.02  |
| Masse volumique sèche $\rho_d$         | 1.75  | 1.73  | 1.68  |
| Masse volumique des grains $\rho_s$    | 2.60  | 2.60  | 2.60  |
| Indice des vides initial $e_0$         | 0.48  | 0.50  | 0.55  |
| Contre-pression $U_{cp}$               | 150.0 | 149.0 | 149.0 |
| contrainte de consolidation $\sigma_c$ | 351.0 | 250.0 | 151.0 |
| Coefficient "B" de Skempton            | 0.94  | 0.96  | 0.88  |

| Conditions de l'éprouvette après consolidation | 1     | 2     | 3     |
|--|-------|-------|-------|
| $t_{100}$                                      | 49.00 | 88.36 | 44.89 |
| $\Delta V_s$ consolidation                     | 7.87  | 17.19 | 4.21  |
| Diminution hauteur $\Delta H_s$                | 2.31  | 5.05  | 1.24  |
| Hauteur après consolidation $H_s$              | 73.69 | 70.95 | 74.76 |
| Diamètre après consolidation $D_s$             | 36.79 | 35.19 | 37.37 |

| Conditions finales  | 1    | 2    | 3    |
|---------------------|------|------|------|
| Teneur en eau $w_f$ | 16.6 | 17.7 | 18.8 |

| Cisaillement           | 1     | 2     | 3     |
|------------------------|-------|-------|-------|
| $\sigma_3$ initial     | 500   | 398   | 300   |
| $u_0$ initiale         | 152   | 150   | 152   |
| Vitesse d'écrasement   | 22.0  | 22.0  | 22.0  |
| Vitesse de déformation | 0.029 | 0.029 | 0.029 |

| Critères de rupture | 1     | 2     | 3     |
|---------------------|-------|-------|-------|
| $q_{max}$           | 358.4 | 239.6 | 185.8 |
| $t_{(KPa)}$         | 174.4 | 109.6 | 106.8 |
| $s'_{(KPa)}$        | 347.0 | 232.3 | 173.6 |
| $t_{(KPa)}$         | 173.0 | 108.3 | 103.6 |
| $s'_{(KPa)}$        | 355.0 | 233.0 | 184.7 |
| $t_{(KPa)}$         | 174.0 | 108.0 | 106.7 |
| $q_{critique}$      | 10    |       |       |
| $\Delta H/H =$      |       |       |       |



Observations  
Les échantillons ont subi une déformation légère plastique lors de cisaillement.

|   | $t'_0$ | $\theta'$ | $\phi'$ (degré) | $C'$ (KPa) |
|---|--------|-----------|-----------------|------------|
| caractéristiques pic ( $q_{max}$ )                      | 21,3   | 22,6      | 24,7            | 23,4       |
| caractéristiques pic ( $\sigma'_1/\sigma'_3$ ) $_{max}$ | 22,2   | 22,9      | 25,0            | 24,5       |
| Etat critique   | 20,4   | 23,0      | 25,1            | 22,6       |
| Critères de Mohr Coulomb                                |        |           | 24,6            | 23,4       |

Critère de rupture retenu  
Pas de différence de résultats entre les deux critères.

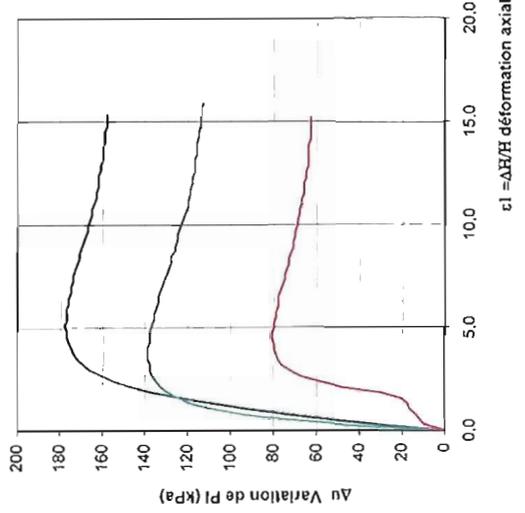
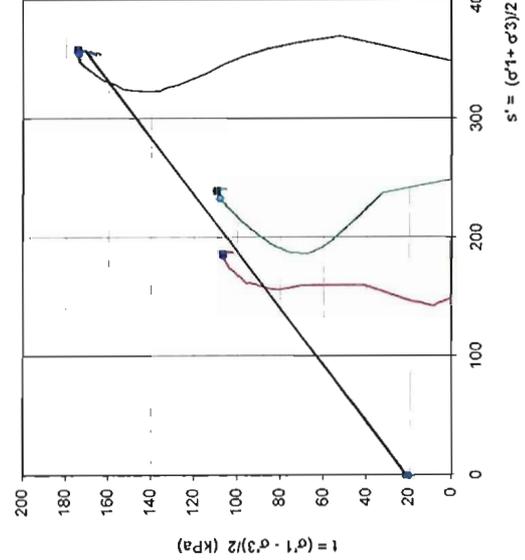
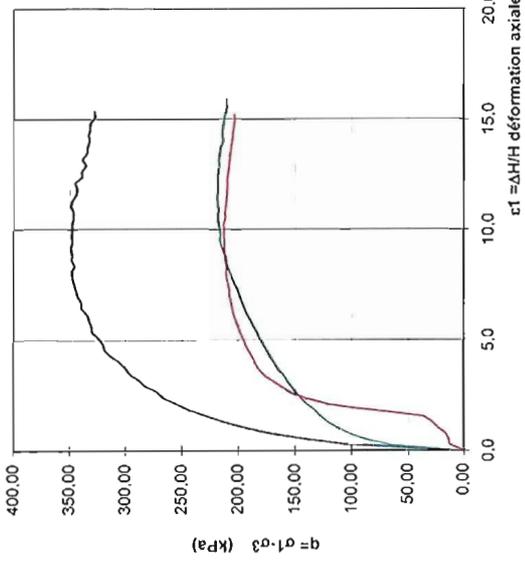
# Essai à l'appareil triaxial de révolution

## Essai Consolidé Non drainé CU+u

selon NF P94 - 070 et 074

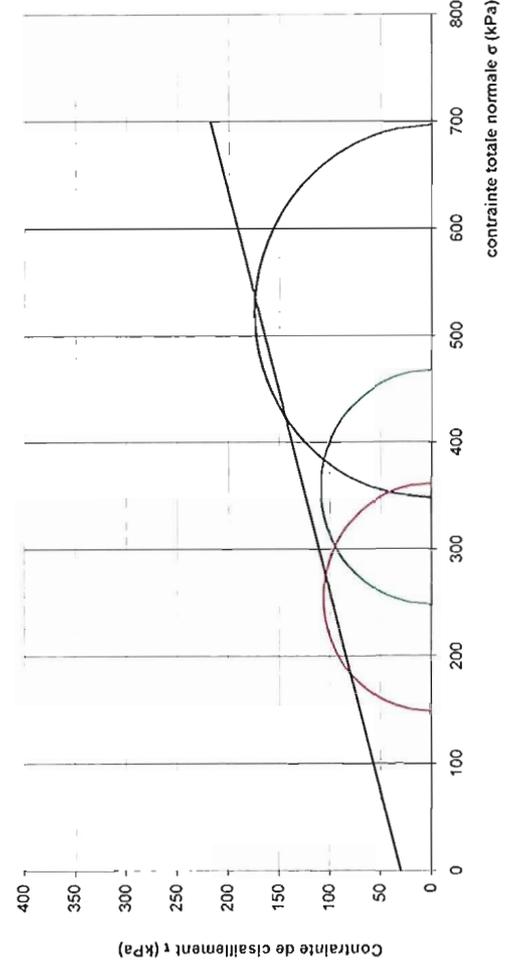
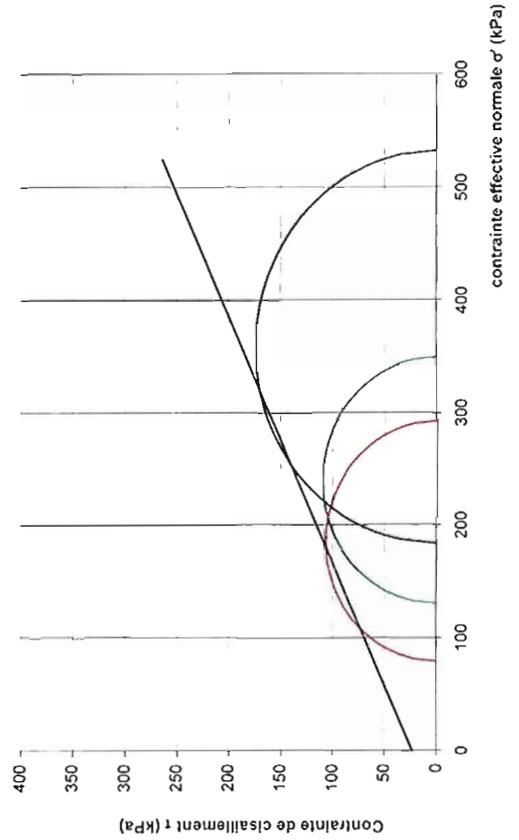


|                     |            |             |                   |        |         |                |             |
|---------------------|------------|-------------|-------------------|--------|---------|----------------|-------------|
| N° affaire          | 11NG0132Aa | Nom affaire | RACCORDEMENT STEP | Forage | SC7 E12 | Profondeur (m) | 5.50 à 5.60 |
| <b>Cisaillement</b> |            |             |                   |        |         |                |             |



|                 |    |
|-----------------|----|
| $\phi'$ (degré) | 25 |
| $C'$ (kPa)      | 23 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| $\phi_{cu}$ (degré) | 15 |
| $C_{cu}$ (kPa)      | 30 |



# SUIVI PIEZOMETRIQUE

données piézométriques



|            |                     |             |     |
|------------|---------------------|-------------|-----|
| OBJET      | RACCORDEMENT STEP   |             |     |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER |             |     |
| CLIENT     | BRL                 |             |     |
| N° DOSSIER | 11/NG/132Aa         | Ingénieur : | SBt |

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| durée suivi (mois)       | 6      |
| périodicité (nb/mois)    | 1      |
| nombre de relevés        | 6      |
| début suivi              | déc-11 |
| fin prévisionnelle suivi | mai-12 |

| sondage | cote NGF* |
|---------|-----------|
| SP2     |           |
| SC5     |           |
| SP5     |           |
| SP4     |           |

| PROFONDEURS     |             |           |                |      |              |      |
|-----------------|-------------|-----------|----------------|------|--------------|------|
| n° ordre relevé | date relevé | Opérateur | niveau eau (m) |      |              |      |
|                 |             |           | SP2            | SC5  | SP5          | SP4  |
| 0 (chantier)    | 23-nov-11   | CL        | 3,40           | 2,40 | 4,10         | 2,00 |
| 1               | 08-déc-11   | PP        | inaccessible   | 2,06 | 4,50         | 2,70 |
| 2               | 16-janv-12  | MK        | inaccessible   | SEC  | 4,53         | 2,38 |
| 3               | 16-févr-12  | MK        | 3,45           | SEC  | Inaccessible | 2,34 |
| 4               |             |           |                |      |              |      |
| 5               |             |           |                |      |              |      |
| 6               |             |           |                |      |              |      |
| 7               |             |           |                |      |              |      |
| 8               |             |           |                |      |              |      |
| 9               |             |           |                |      |              |      |
| 10              |             |           |                |      |              |      |
| 11              |             |           |                |      |              |      |
| 12              |             |           |                |      |              |      |
| 13              |             |           |                |      |              |      |
| 14              |             |           |                |      |              |      |
| 15              |             |           |                |      |              |      |
| 16              |             |           |                |      |              |      |
| 17              |             |           |                |      |              |      |
| 18              |             |           |                |      |              |      |
| 19              |             |           |                |      |              |      |
| 20              |             |           |                |      |              |      |
| 21              |             |           |                |      |              |      |
| 22              |             |           |                |      |              |      |
| 23              |             |           |                |      |              |      |
| 24              |             |           |                |      |              |      |

\* Côtes déduites du plan topographique (à valider par un géomètre expert)

# SUIVI PIEZOMETRIQUE

*données piézométriques*



|            |                     |             |     |
|------------|---------------------|-------------|-----|
| OBJET      | RACCORDEMENT STEP   |             |     |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER |             |     |
| CLIENT     | BRL                 |             |     |
| N° DOSSIER | 11/NG/132Aa         | Ingénieur : | SBt |

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| durée suivi (mois)       | 6      |
| périodicité (nb/mois)    | 1      |
| nombre de relevés        | 6      |
| début suivi              | déc-11 |
| fin prévisionnelle suivi | mai-12 |

| sondage | cote NGF* |
|---------|-----------|
| SC6     |           |

| PROFONDEURS     |             |           |                |   |   |   |
|-----------------|-------------|-----------|----------------|---|---|---|
| n° ordre relevé | date relevé | Opérateur | niveau eau (m) |   |   |   |
|                 |             |           | SC6            | 0 | 0 | 0 |
| 0 (chantier)    | 23-nov-11   | CL        | 3,60           |   |   |   |
| 1               | 08-déc-11   | PP        | 3,72           |   |   |   |
| 2               | 16-janv-12  | MK        | 2,78           |   |   |   |
| 3               | 16-févr-12  | MK        | 3,84           |   |   |   |
| 4               |             |           |                |   |   |   |
| 5               |             |           |                |   |   |   |
| 6               |             |           |                |   |   |   |
| 7               |             |           |                |   |   |   |
| 8               |             |           |                |   |   |   |
| 9               |             |           |                |   |   |   |
| 10              |             |           |                |   |   |   |
| 11              |             |           |                |   |   |   |
| 12              |             |           |                |   |   |   |
| 13              |             |           |                |   |   |   |
| 14              |             |           |                |   |   |   |
| 15              |             |           |                |   |   |   |
| 16              |             |           |                |   |   |   |
| 17              |             |           |                |   |   |   |
| 18              |             |           |                |   |   |   |
| 19              |             |           |                |   |   |   |
| 20              |             |           |                |   |   |   |
| 21              |             |           |                |   |   |   |
| 22              |             |           |                |   |   |   |
| 23              |             |           |                |   |   |   |
| 24              |             |           |                |   |   |   |

\* Côtes déduites du plan topographique (à valider par un géomètre expert)

| TYPE DE CRITERE  |         |                | SABLES, SABLES VASARDS ET SILTS |                |                |                      |  |   | SOLS ARGILEUX        |                         |                   |                                      | SOLS EXEMPTS DE RISQUE |                      |                      |                          |                      |
|------------------|---------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------------|--|---|----------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| sol              | sondage | profondeur (m) | rappel classe GTR               | S <sub>r</sub> | C <sub>u</sub> | D <sub>50</sub> (mm) | contrainte verticale effective en l'état final du projet (MPa) | résultat pour sables, sables vasards et silts | D <sub>15</sub> (mm) | limite de liquidité (%) | teneur en eau (%) | résultat pour sols argileux          |                        | diamètre à 10 % (mm) | diamètre à 70 % (mm) | indice de plasticité (%) | résultat             |
|                  |         |                |                                 |                |                |                      |  |   |                      |                         |                   | position sur diagramme de plasticité | I <sub>p</sub>         |                      |                      |                          |                      |
| Limons sableux   | SC4     | 3,4            | A1                              | 100            | 24             | 0,026                | 0,068  | non suspect                                   | 0,0015               | X                       | 31                | X                                    | X                      | 0,0015               | 0,055                | X                        | exempt de risque     |
| Graves et sables | SC5     | 4,5            | D2                              | 100            | 80             | 19,3                 | 0,069  | non suspect                                   | 0,38                 | X                       | 1                 | X                                    | #VALEUR!               | 27,39                | X                    | X                        | non exempt de risque |
| Graves et sables | SC5     | 10,5           | D3                              | 100            | 72             | 16,7                 | 0,129  | non suspect                                   | 0,719                | X                       | 0                 | X                                    | #VALEUR!               | 28,26                | X                    | X                        | non exempt de risque |
| Limons sableux   | SC6     | 2,6            | A1                              | 100            | 24             | 0,025                | 0,050  | non suspect                                   | 0,0014               | X                       | 26                | X                                    | #VALEUR!               | 0,043                | X                    | X                        | exempt de risque     |
| Limons sableux   | SC6     | 3,35           | A1                              | 100            | 2              | 0,028                | 0,067  | non suspect                                   | 0,028                | X                       | 28                | X                                    | X                      | 0,128                | X                    | X                        | non exempt de risque |
| Sables limoneux  | SC7     | 2,1            | A1                              | 100            | 272            | 0,26                 | 0,042  | non suspect                                   | 0,0077               | X                       | 10                | X                                    | X                      | 0,0018               | 2,34                 | X                        | non exempt de risque |
| Sables limoneux  | SC7     | 5,5            | A2                              | 100            | 2              | 0,026                | 0,097  | non suspect                                   | 0,026                | 38                      | 20                | 21                                   | X                      | 0,026                | 0,066                | 21                       | non exempt de risque |

**Extraits du rapport ERG n° 11NG133Aa**



# SONDAGE : SC1

Affaire N°: 11/NG/133Aa

Type : CAROTTE

X : 987640,000

Date du : 09/11/2011

Y : 161601,000

Au : 09/11/2011

Client : IRH

Z : 9,8 m

Fin : 10,00 m

Etude : **PROJET DE STEP  
06 - CAGNES SUR MER**

Inc/Vert (°) :

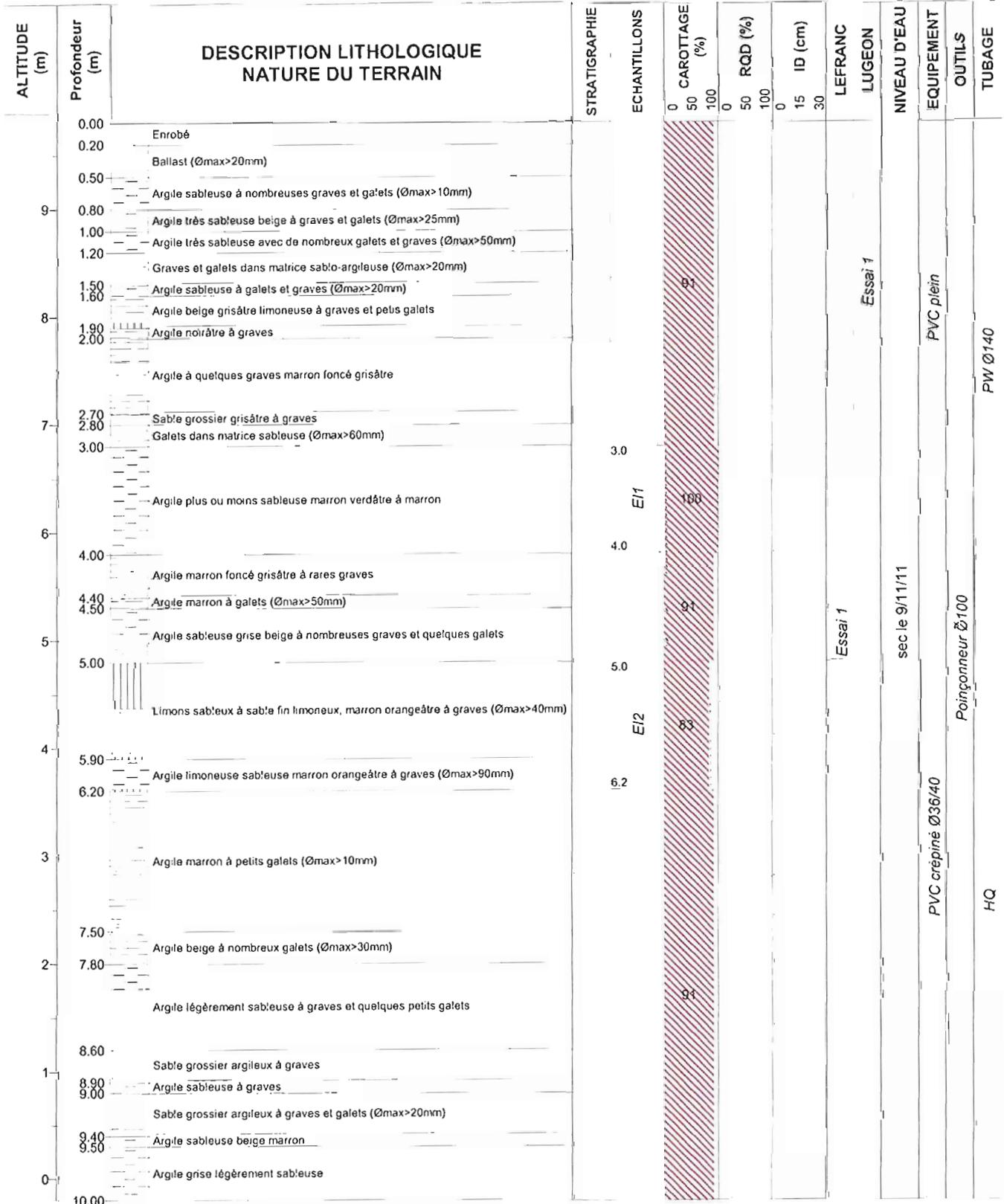
Azimut :

Echelle : 1 / 50

Machine : BE 2050

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1



# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC1  
sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | PROJET DE STEP      | OPERATEUR | PRINCIPALLE     |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | IRH                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/133Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



FIN DU SONDAGE A 10.0 m

Echantillons intacts :





# SONDAGE : SC2

Affaire N°: 11/NG/133Aa

Type : CAROTTE

Client : IRH

X : 987516,000

Date du : 08/11/2011

Etude : **PROJET DE STEP  
06 - CAGNES SUR MER**

Y : 161430,000

Au : 08/11/2011

Z : 10,8 m

Fin : 10,00 m

Inc/Vert (°) :

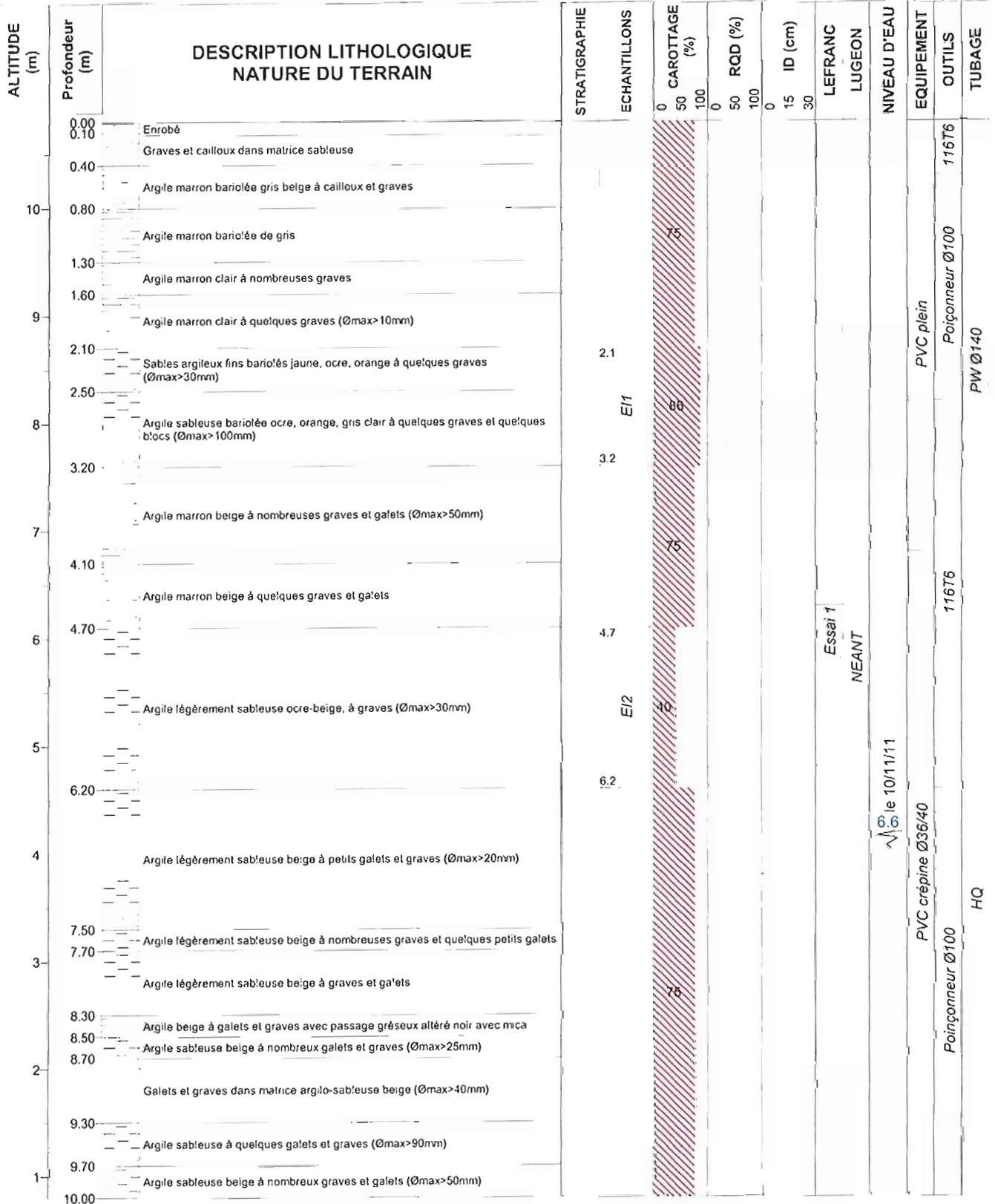
Azimut :

Echelle : 1 / 50

Machine : BE 2050

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1



# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC2

sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | PROJET DE STEP      | OPERATEUR | PRINCIPALE      |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | IRH                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/133Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



FIN DU SONDAGE A 10.0 m

Echantillons intacts :





# SONDAGE : SC3

Affaire N°: 11/NG/133Aa

Type : CAROTTE

X : 987597,000

Date du : 10/11/2011

Y : 161528,000

Au : 21/11/2011

Z : 9,5 m

Fin : 26,00 m

Inc/Vert (°) :

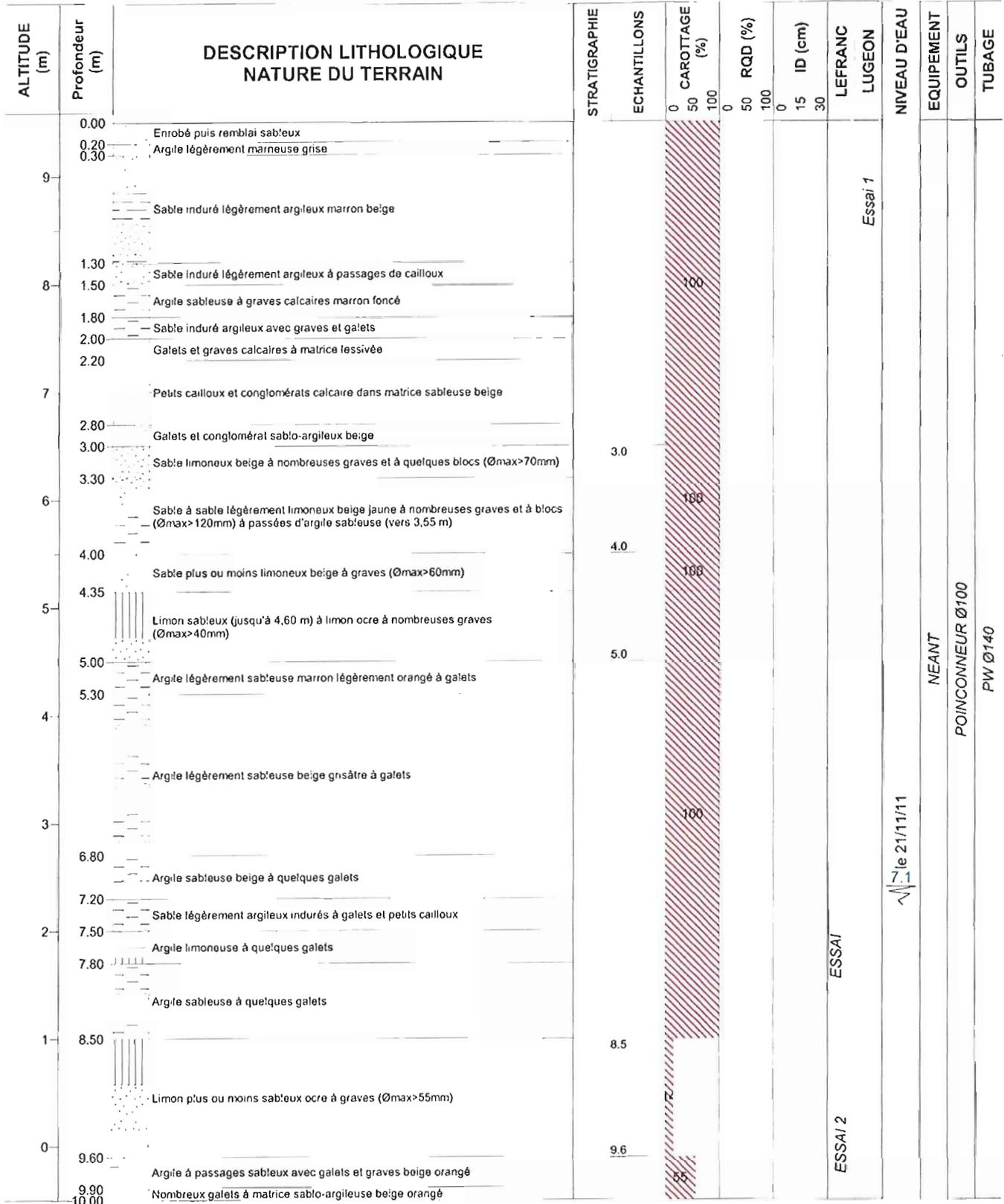
Azimut :

Echelle : 1 / 50

Machine : SOCO 50

Remarque : Fini en pressiomètre de 11,8 à 20 m de profondeur

Page: 1 / 3









# SONDAGE : SC3

Affaire N° : 11/NG/133Aa

Type : PRESSIOMETRE

Client : IRH

Date du : 18/11/2011

Etude : **PROJET DE STEP**  
**06 - CAGNES SUR MER**

X :

Au : 21/11/2011

Y :

Z :

Fin : 26,00 m

Inc/Vert (°) :

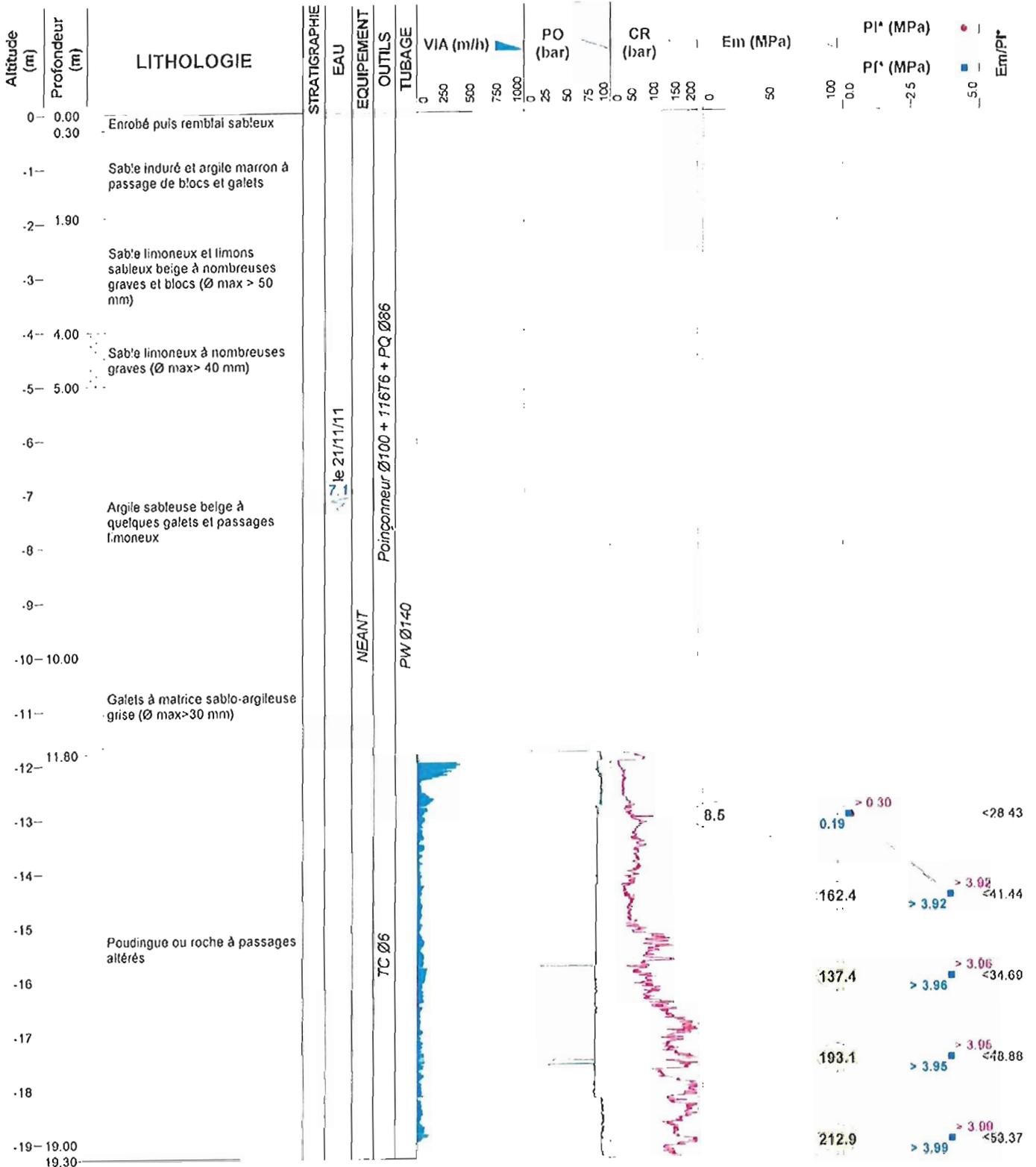
Azimut :

Echelle : 1 / 100

Machine : SOCO 50

Remarque :

Page: 1 / 2



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les modules pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité



# SONDAGE : SC3

Affaire N° : 11/NG/133Aa

Type : PRESSIOMETRE

Client : IRII

Date du : 18/11/2011

Etude : **PROJET DE STEP  
06 - CAGNES SUR MER**

X :

Au : 21/11/2011

Y :

Fin : 26,00 m

Z :

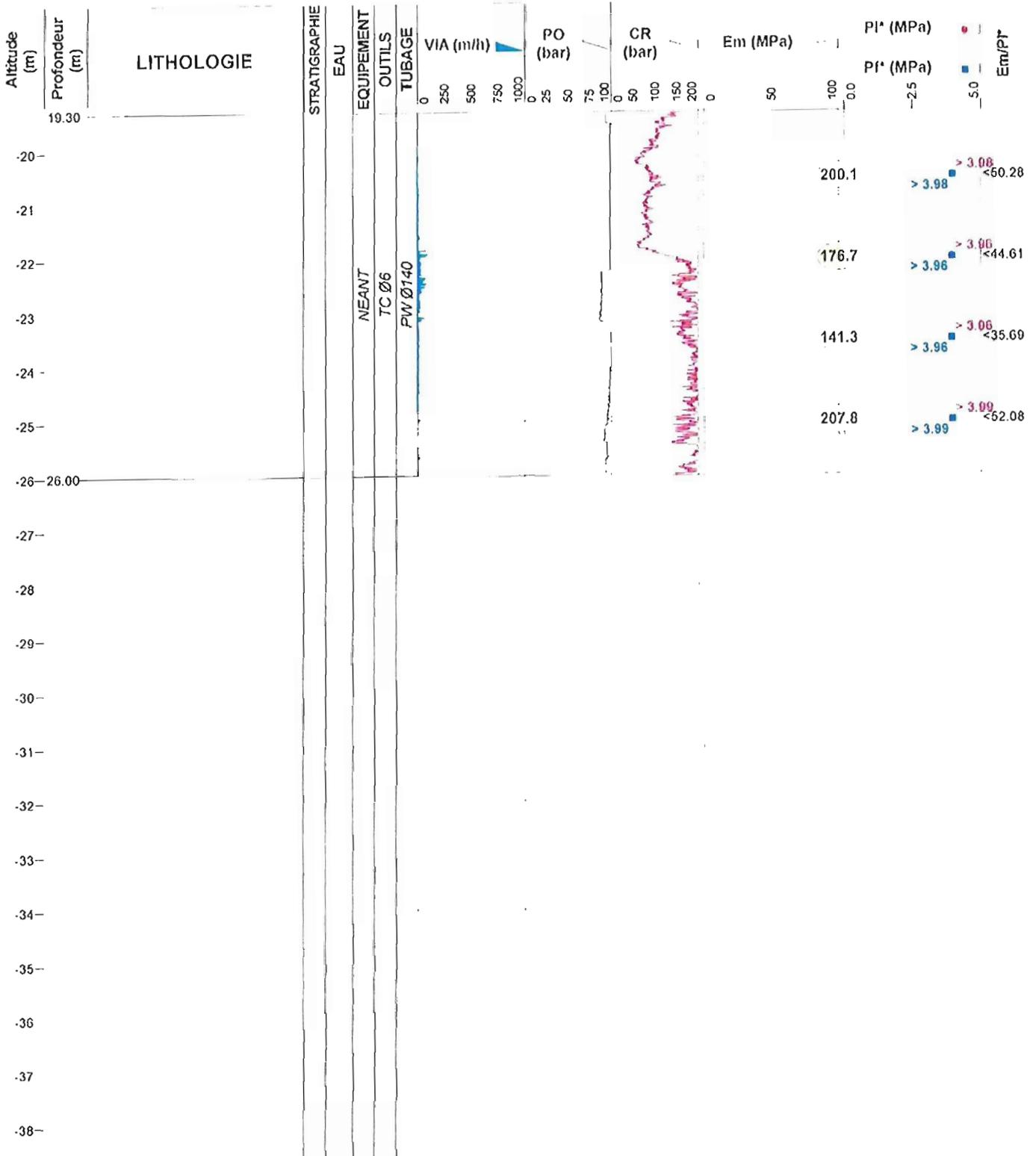
Inc/Vert (°) :

Echelle : 1 / 100

Machine : SOCO 50

Remarque :

Page: 2 / 2



Il est à noter que du fait du degré de précision des appareils pressiométriques, les introduites pressiométriques conçus pour déterminer la déformabilité des sols, ne constituent pas un critère de forabilité.

# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

**SC3**

sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | PROJET DE STEP      | OPERATEUR | PRINCIPALE      |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | SONY CYBER SHOT |
| CLIENT     | IRH                 | PELLICULE | NUMERIQUE       |
| N° DOSSIER | 11/NG/133Aa         | Nb ISO    | /               |

Profondeurs exprimées en mètres



# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

SC3  
sondage



11.5



11.8

FIN DU SONDAGE CAROTTE A 11.8 m

## Echantillons Intacts :

3.0



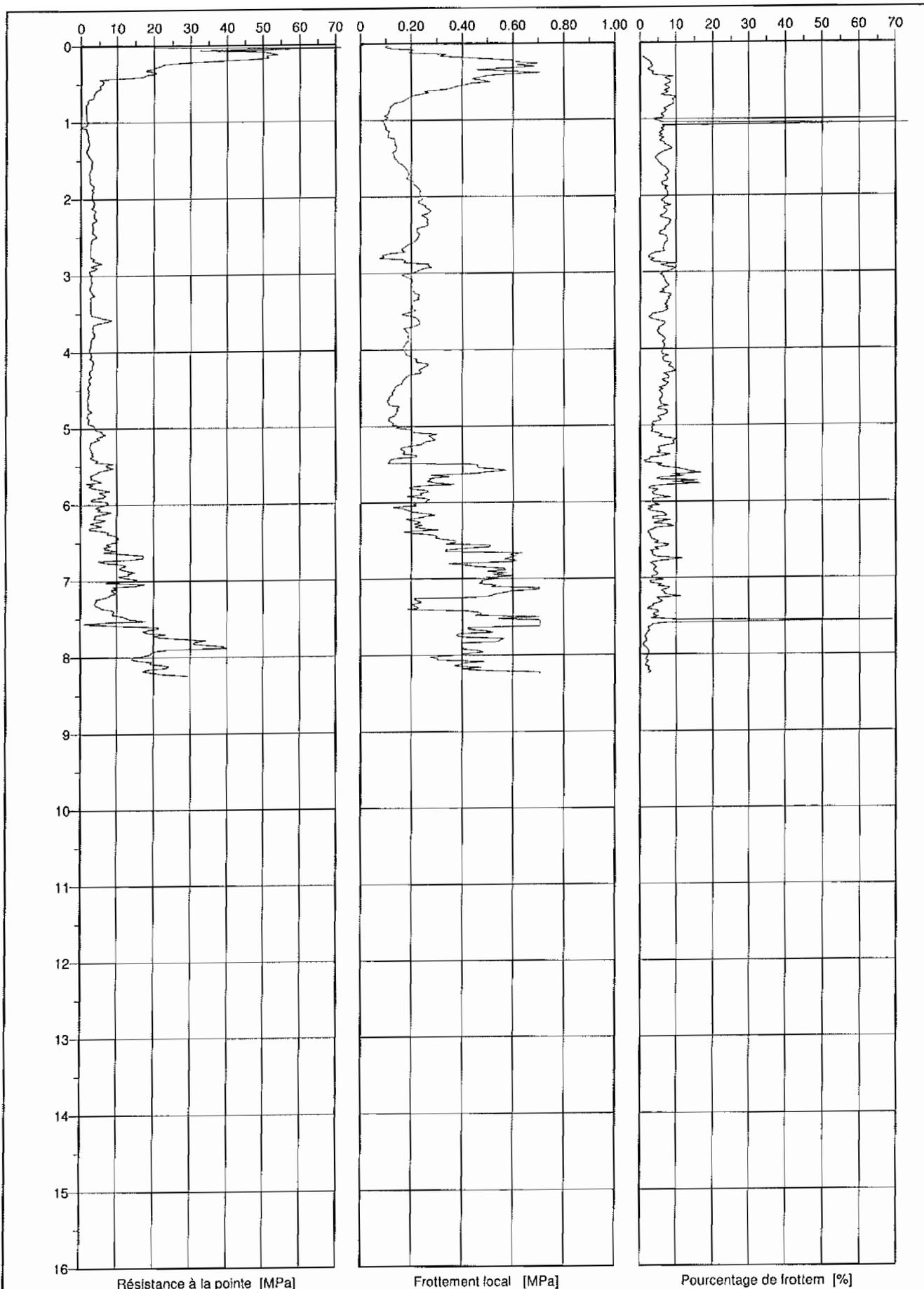
4.0

4.0

5.0

8.5

9.6

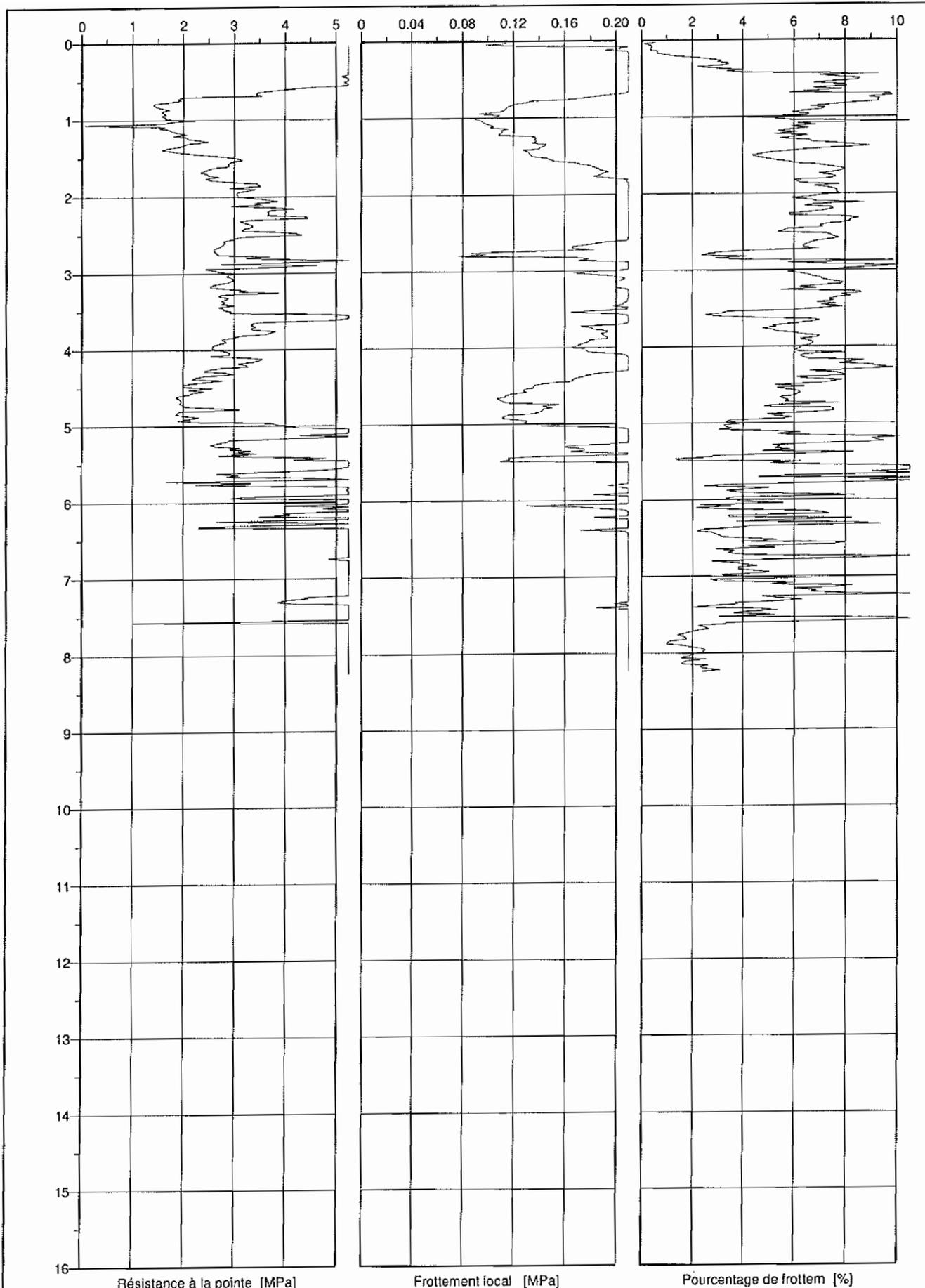


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement focal [MPa]

Pourcentage de frottement [%]

|                           |   |                           |                     |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| Site no:<br>PS2           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00       |                     |
| Client:<br>PROJET DE STEP |   | No. Projet:<br>11NG0133AA | Date:<br>16/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1              | Echelle:<br>Fig:    |
|                           |   | Fichier:<br>PS2.CPT       |                     |

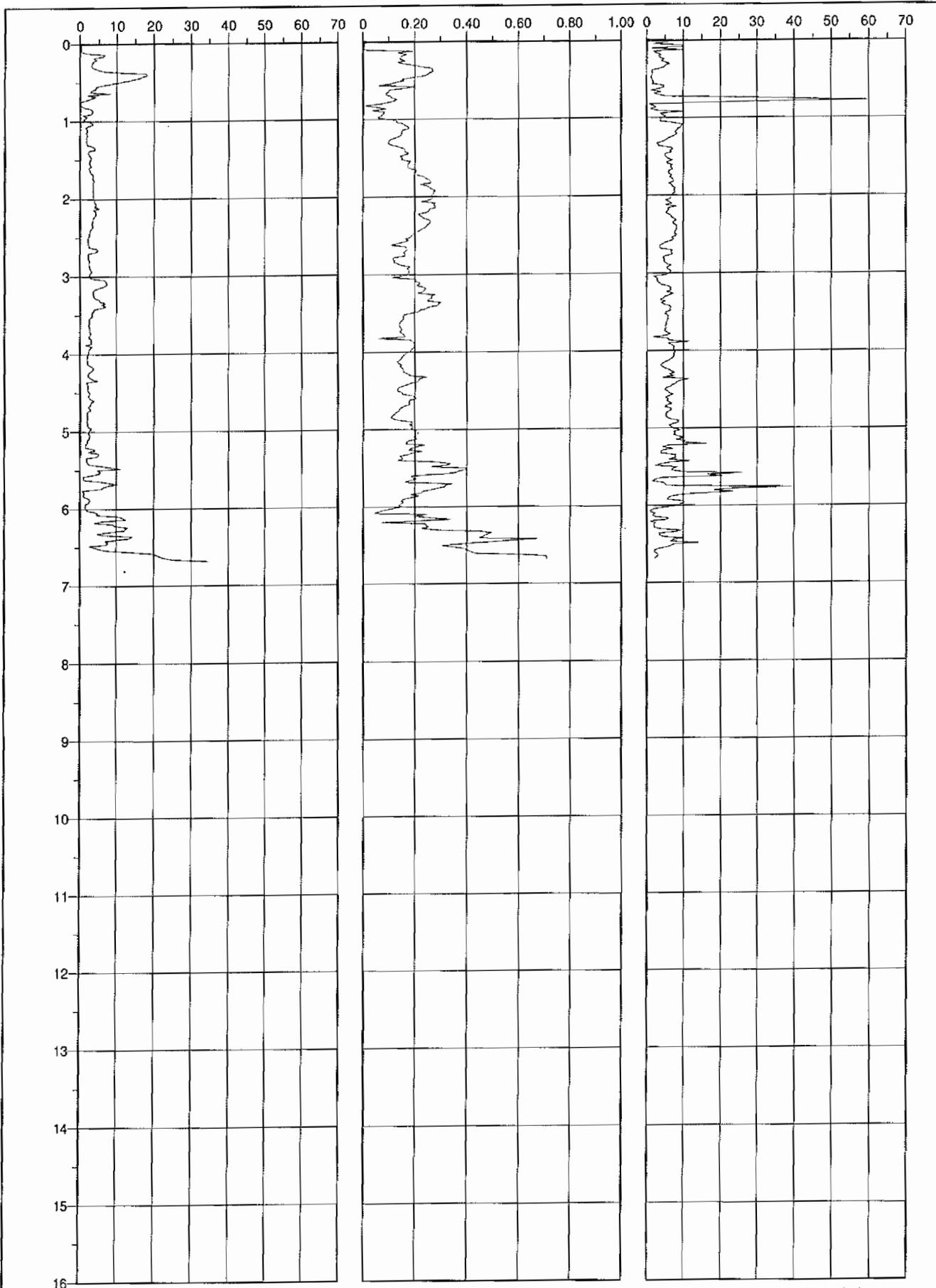


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottem [%]

|                           |   |                           |                             |
|---------------------------|---|---------------------------|-----------------------------|
| Site no:<br>PS2           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00       |                             |
| Client:<br>PROJET DE STEP |   | No. Projet:<br>11NG0133AA | Date:<br>16/11/2011         |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1              | Fig:<br>Fichier:<br>PS2.CPT |

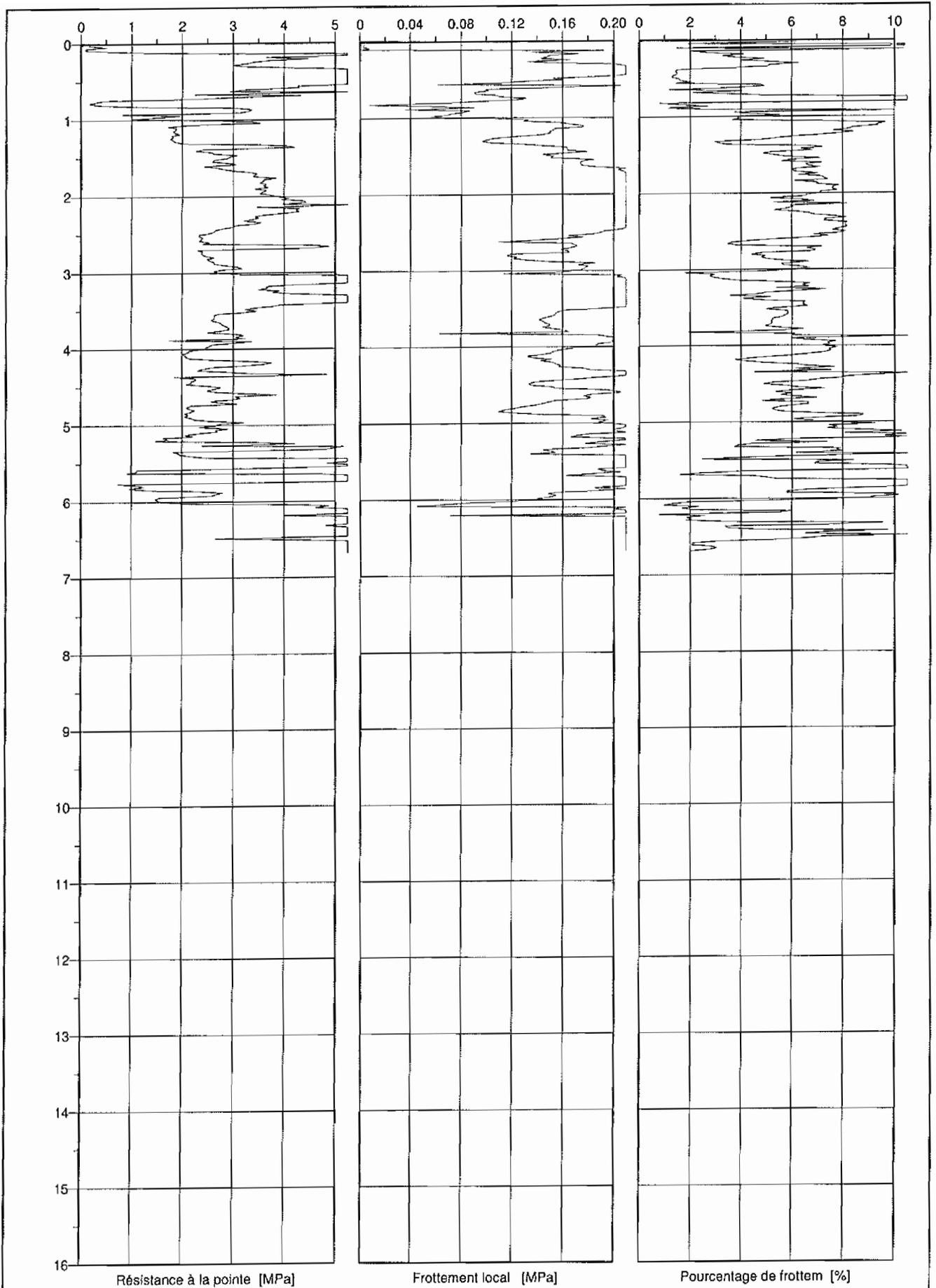


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement focal [MPa]

Pourcentage de frottem [%]

|   |   |                        |          |
|---|---|------------------------|----------|
| Site no:<br>PS2BIS                              | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00    |          |
| Client:<br>PROJET DE STEP                       | No. Projet:<br>11NG0133AA                   | Date:<br>16/11/2011    | Echelle: |
| Société:<br>E R G                               |   | Page:<br>1/1           | Fig:     |
| Sondage effectué avec un équipement CPT Geotech |   | Fichier:<br>PS2BIS.CPT |          |

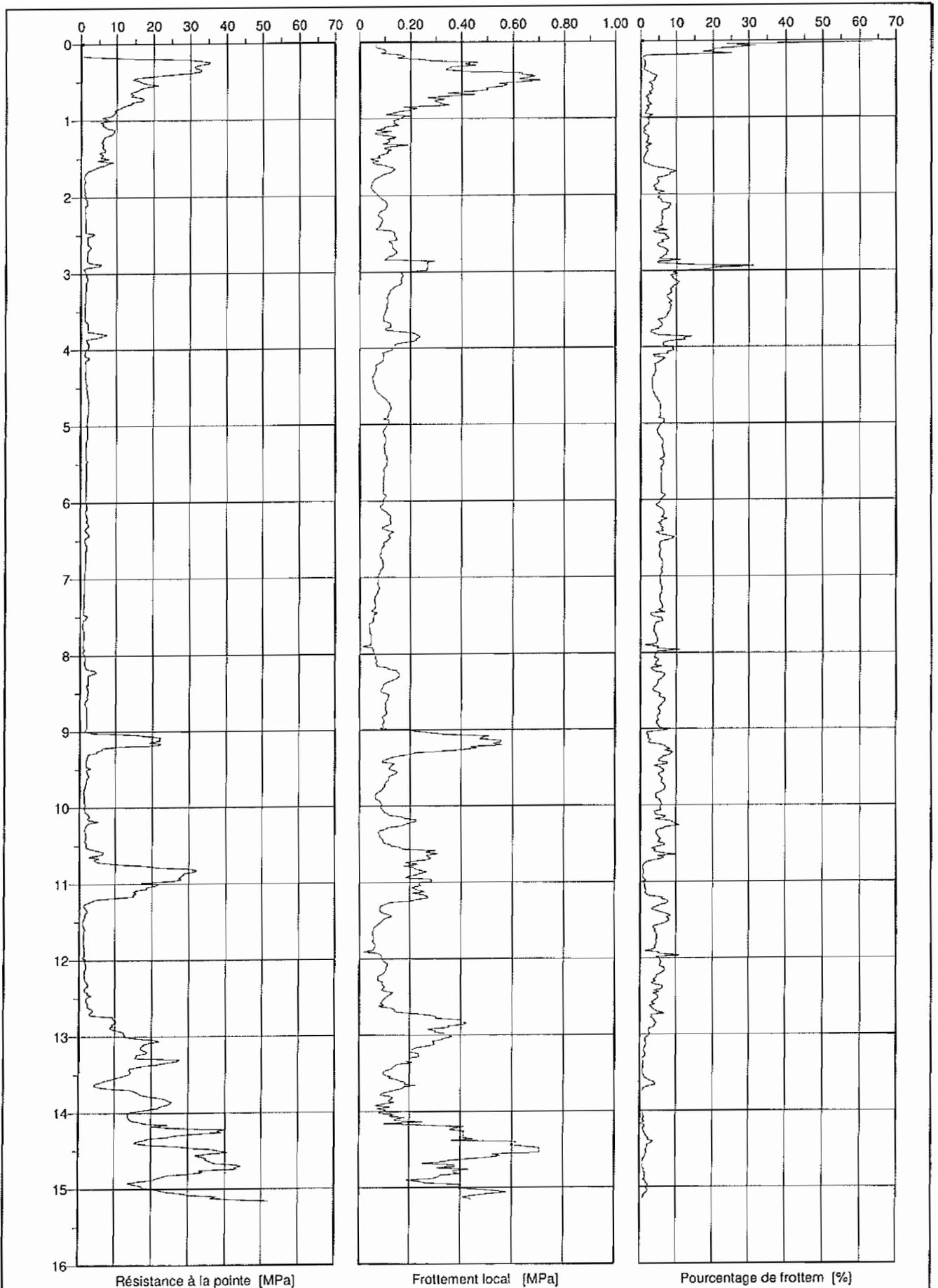


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottem [%]

|                           |   |                           |                     |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| Site no:<br>PS2BIS        | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00       |                     |
| Client:<br>PROJET DE STEP |   | No. Projet:<br>11NG0133AA | Date:<br>16/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1              | Echelle:<br>Fig:    |
|                           |   | Fichier:<br>PS2BIS.CPT    |                     |

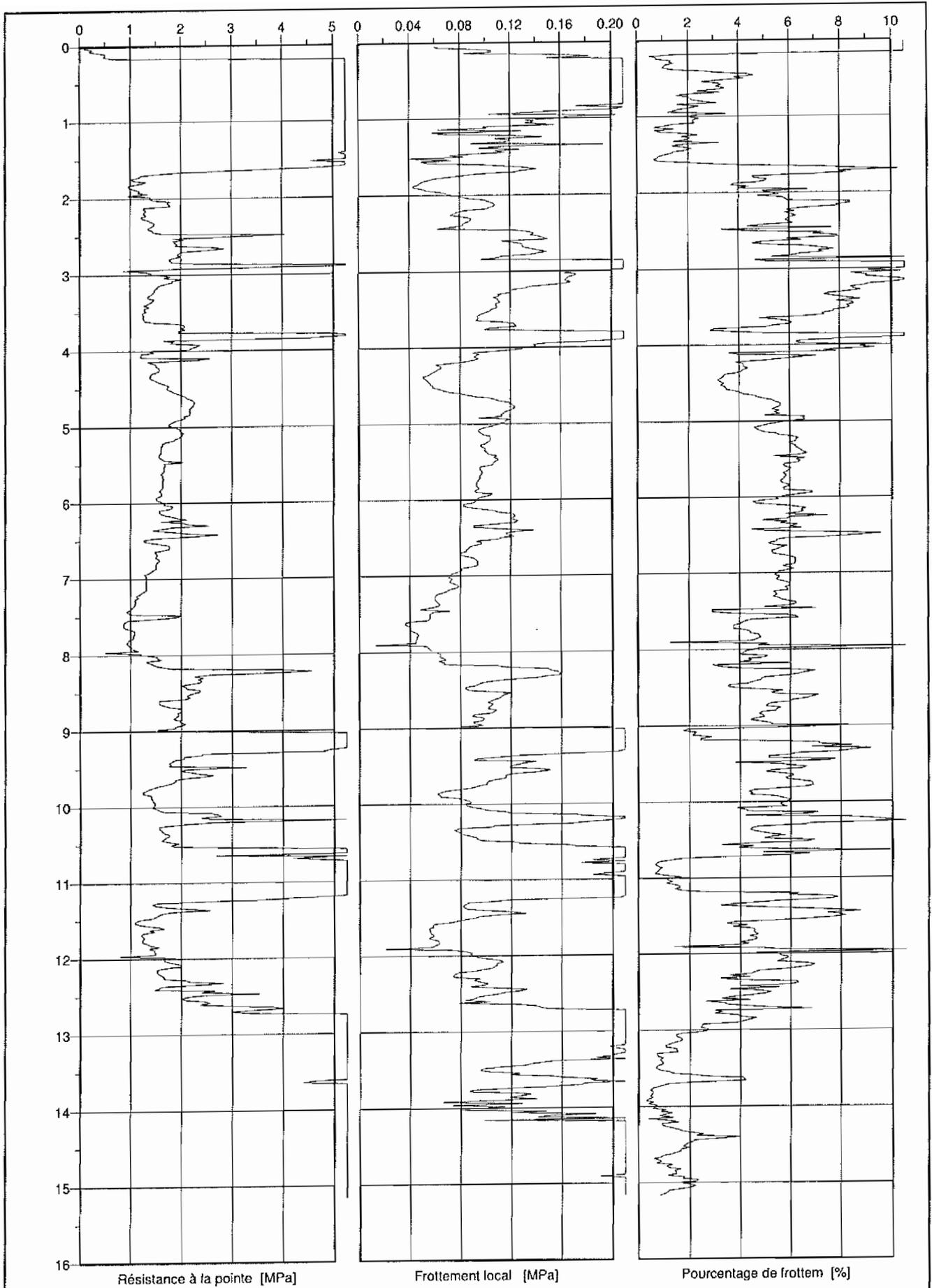


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottem [%]

|                           |   |                     |          |
|---------------------------|---|---------------------|----------|
| Site no:<br>PS4           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00 |          |
| Client:<br>PROJET DE STEP | No. Projet:<br>11NG0133AA                   | Date:<br>16/11/2011 | Echelle: |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1        | Fig:     |
|                           |   | Fichier:<br>PS4_CPT |          |

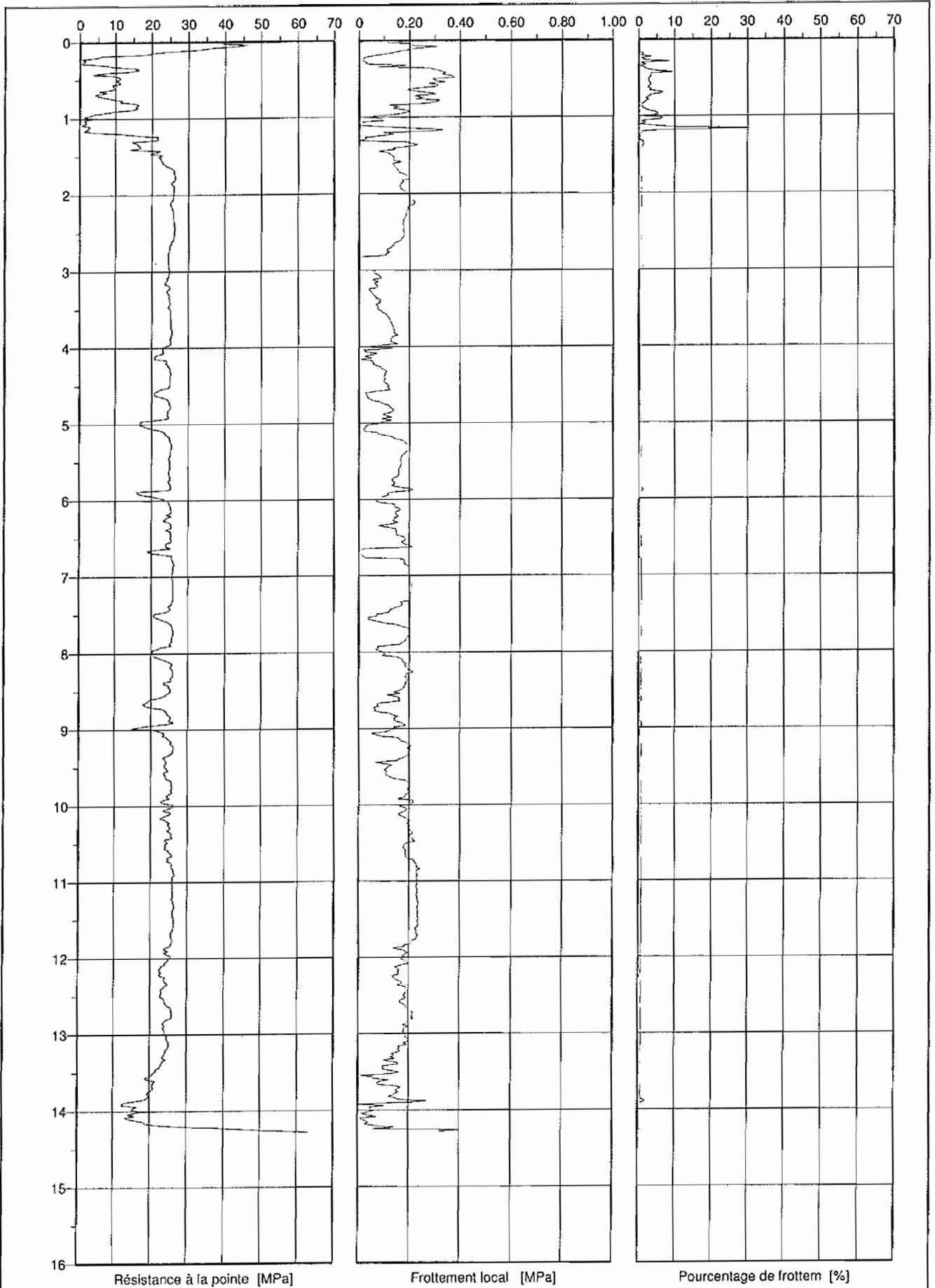


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottement [%]

|                           |   |                     |
|---------------------------|---|---------------------|
| Site no:<br>PS4           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00 |
| Client:<br>PROJET DE STEP | No. Projet:<br>11NG0133AA                   | Date:<br>16/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -     | Page:<br>1/1                                | Echelle:<br>Fig:    |
|                           | Fichier:<br>PS4.CPT                         |                     |

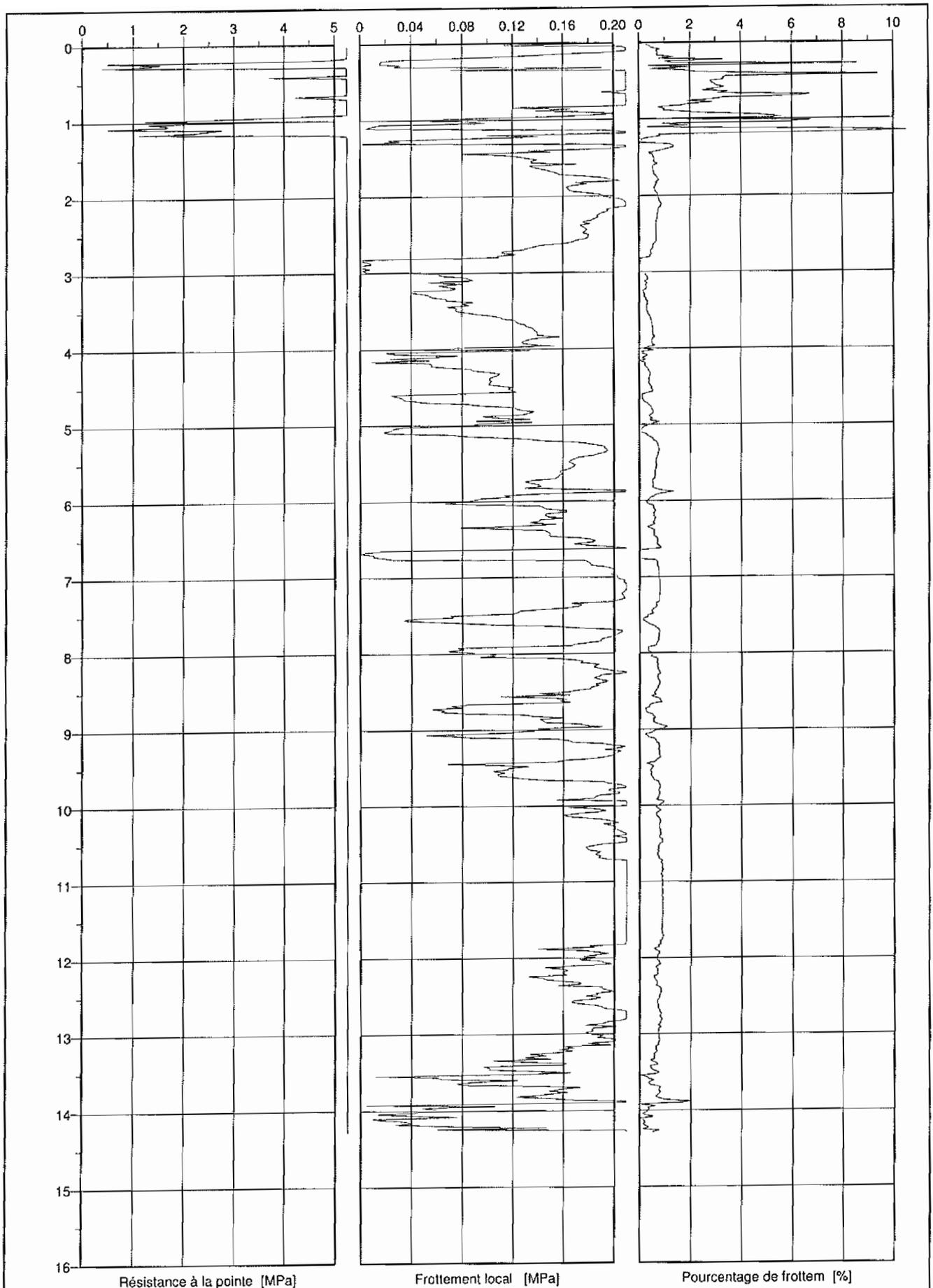


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottem [%]

|                           |   |                           |                     |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| Site no:<br>PS7           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00       |                     |
| Client:<br>PROJET DE STEP |   | No. Projet:<br>11NG0133AA | Date:<br>18/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1              | Echelle:<br>Fig:    |
|                           |   | Fichier:<br>PS7.CPT       |                     |

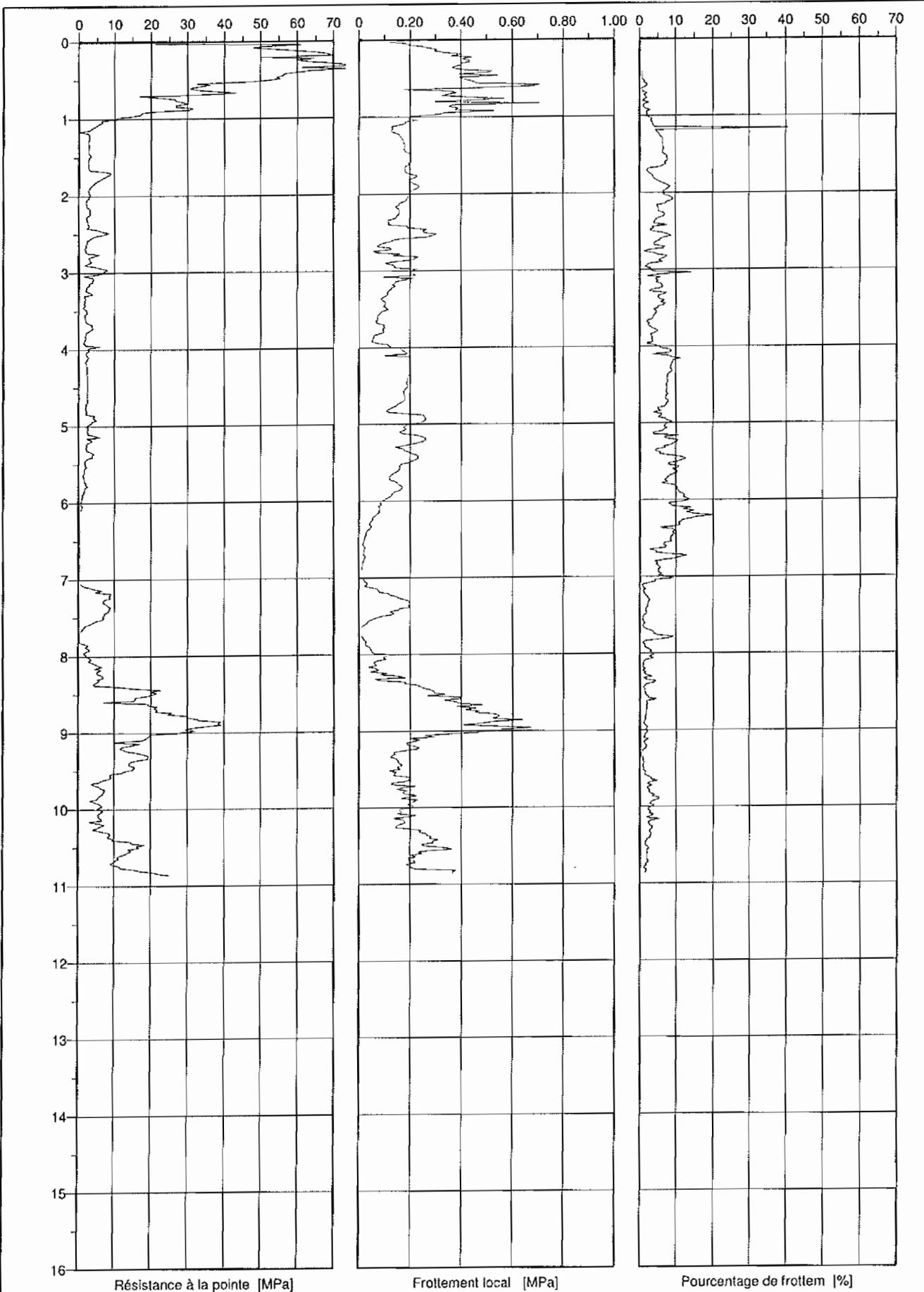


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottement [%]

|                           |   |                           |                     |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| Site no:<br>PS7           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00       |                     |
| Client:<br>PROJET DE STEP |   | No. Projet:<br>11NG0133AA | Date:<br>16/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1              | Echelle:<br>Fig:    |
|                           |   |                           | Fichier:<br>PS7.CPT |

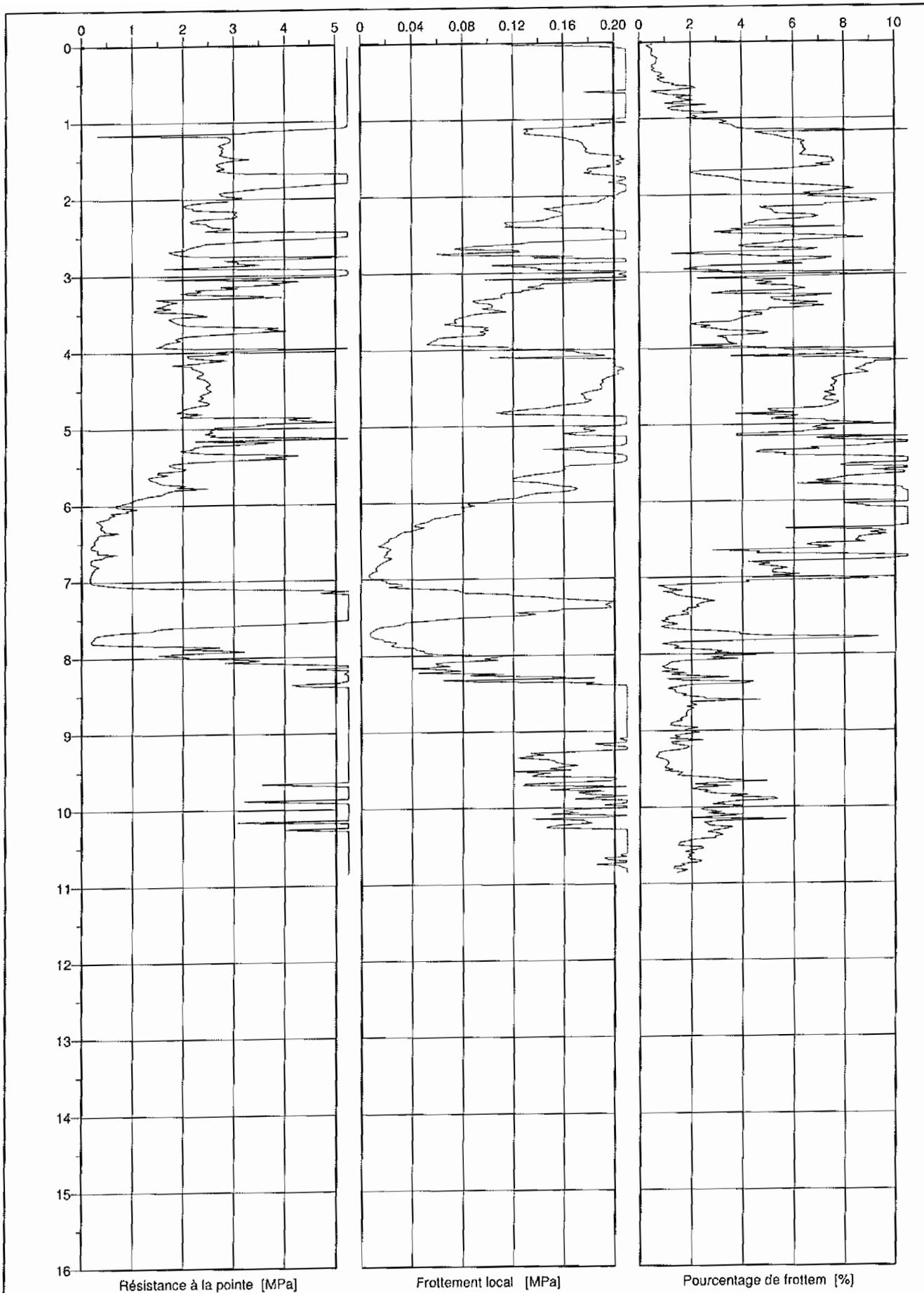


Résistance à la pointe [MPa]

Frottement local [MPa]

Pourcentage de frottement [%]

|   |   |                     |
|---|---|---------------------|
| Site no:<br>PS8                                 | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00 |
| Client:<br>PROJET DE STEP                       | No. Projet:<br>11NG0133AA                   | Date:<br>18/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -                           | Page:<br>1/1                                | Echelle:<br>Fig:    |
| Sondage effectué avec un équipement CPT Geotech |   | Fichier:<br>PS8.CPT |



|                           |   |                           |                     |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------|
| Site no:<br>PS8           | Position:<br>X-COORD: 0.0 m, Y-COORD: 0.0 m | Z-Height:<br>+ 0.00       |                     |
| Client:<br>PROJET DE STEP |   | No. Projet:<br>11NG0133AA | Date:<br>18/11/2011 |
| Société:<br>- E R G -     |   | Page:<br>1/1              | Fig:<br>1/1         |
| Fichier:<br>PS8.CPT       |   |                           |                     |

Sondage effectué avec un équipement CPT Geotech

# ESSAI DE PERMEABILITE A NIVEAU VARIABLE

interprétation suivant la méthode du test de percolation à niveau variable



|         |                   |
|---------|-------------------|
| OBJET   | Raccordement STEP |
| LIEU    | CAGNES SUR MER    |
| CLIENT  | BRL               |
| DOSSIER | 11/NG/132Aa       |

|            |            |
|------------|------------|
| MACHINE    | SOCO 50/65 |
| OPERATEURS | LEGER      |
| SONDAGES   | SC4        |
| DATES      | 24/11/2011 |

| sondage           | SC1   | SC3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------|-------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| essai             | 1.5 m | 1.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| profondeur cavité |       |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| haut (m)          | 0     | 0   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| bas (m)           | 1.5   | 1.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|                        |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| profondeur sondage     | 1.50  | 1.5   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| temps début essai      | 0     | 0     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| temps fin essai        | 20    | 20    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| profondeur début essai | 0.20  | 0.000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| profondeur fin essai   | 0.53  | 0.110 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| diamètre forage        | 0.100 | 0.100 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| durée injection        | 1200  | 1200  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        |       |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| perméabilité  | mm/h | 5.6     | 5.6     | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   | #####   |
|---|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $K = \frac{B(h_1 - h_2)}{t_2 - t_1} \ln \left( \frac{h_1 - h_2}{h_2 - h_1} \right)$ | m/s  | 6.0E-06 | 1.6E-06 | #DIV/0! |

Commentaires : SC4 : Terrain très perméable - Remontée d'eau dans le tubage impossible par injection

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*Interprétation en régime transitoire débit non nul*  
 norme NF P 94-132

**SC3**

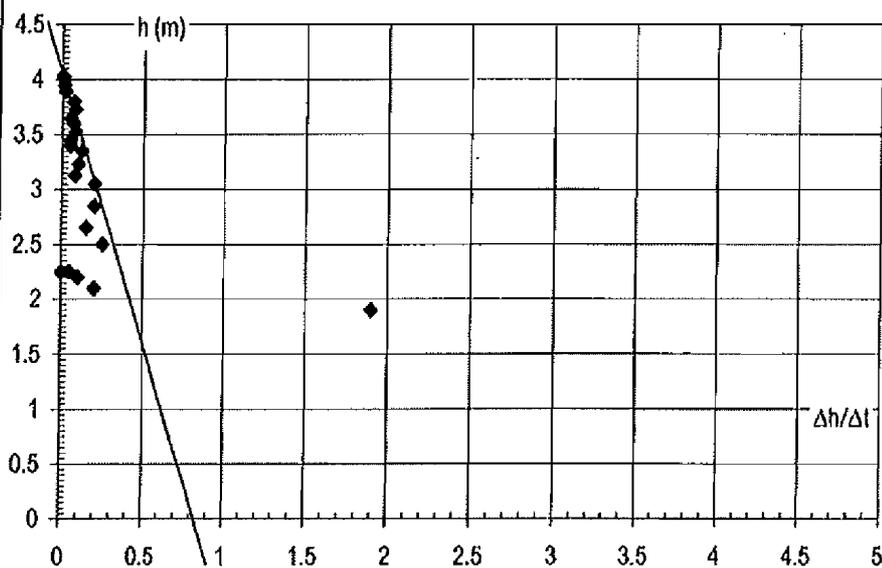
**07.75 m**



CHANTIER Raccordement STEP  
 VILLE CAGNES (06)  
 CLIENT BRL  
 DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
 OPERATEURS LEGER  
 DATE 29-nov-11  
 MODE (pompage/Injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



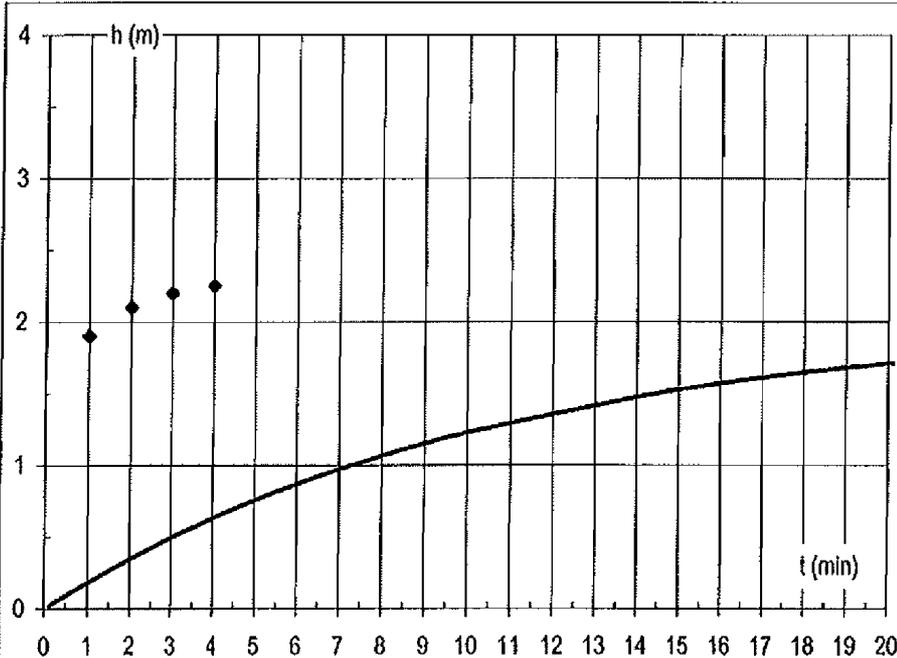
|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 4.00E-05 |
| m                         | 6.3      |
| B (m)                     | 0.105    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 1.27E-02 |
| $Q_a/S$ (m/s)             | 3.16E-03 |
| (m/min)                   | 1.89E-01 |

|                     |     |     |
|---------------------|-----|-----|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0   | 0.8 |
| h                   | 4.1 | 0   |

PERMEABILITE  $k_L$  (m/s)

**1.5E-05**

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_a$ (m <sup>3</sup> /s) | 4.00E-05 |
| m                         | 6.3      |
| B (m)                     | 0.105    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 1.27E-02 |

|           |         |
|-----------|---------|
| $t_0$ (s) | 640.408 |
|-----------|---------|

|              |      |
|--------------|------|
| $Q_a/mk_L B$ | 2.02 |
|--------------|------|

PERMEABILITE  $k_L$  (m/s)

**3.0E-05**

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
Interprétation en régime transitoire débit nul  
norme NF P 94-132

**SC3**

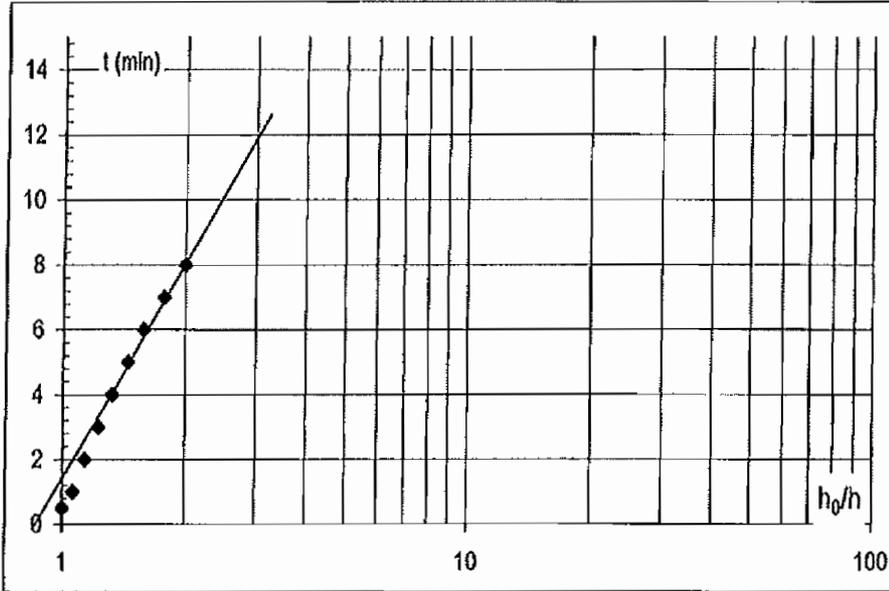
**07.75 m**



CHANTIER Raccordement STEP  
VILLE CAGNES (06)  
CLIENT BRL  
DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
OPERATEURS LEGER  
DATE 29-nov-11  
MODE (pompage/injection) injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



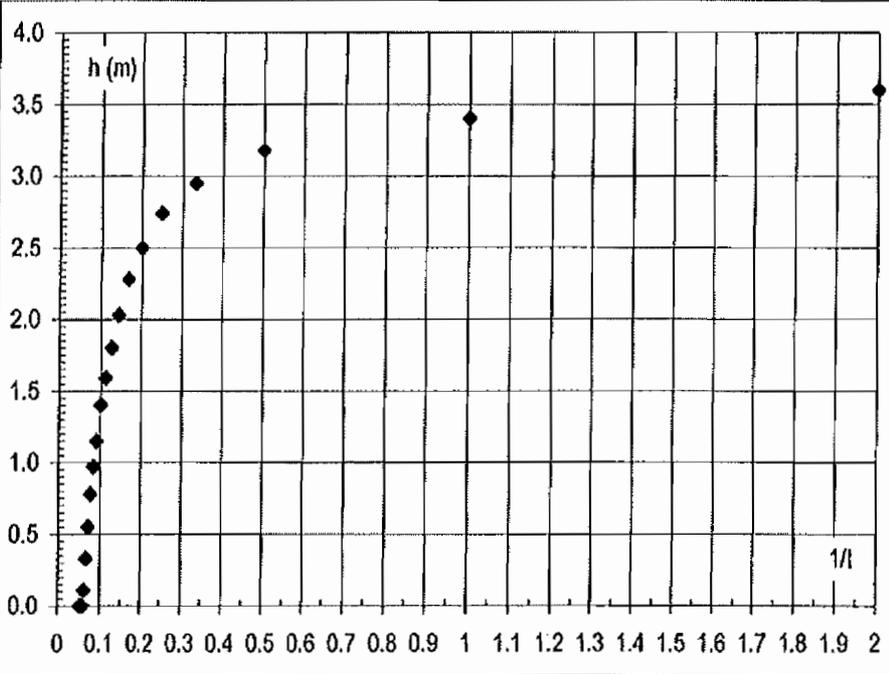
|             |      |       |   |
|-------------|------|-------|---|
| $(h_0/h)_1$ | 1.44 | $t_1$ | 5 |
| $(h_0/h)_2$ | 2    | $t_2$ | 8 |

|           |        |
|-----------|--------|
| pende (s) | 547.94 |
|-----------|--------|

|                     |          |
|---------------------|----------|
| m                   | 6.3      |
| B (m)               | 0.105    |
| S (m <sup>2</sup> ) | 1.27E-02 |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_t$ (m/s) |
| <b>3.5E-05</b>           |

**INTERPRETATION DANS LE CAS D'UN TERRAIN PEU PERMEABLE**



|           |       |       |      |
|-----------|-------|-------|------|
| $(1/t)_1$ | 0.143 | $h_1$ | 4.3  |
| $(1/t)_2$ | 0.071 | $h_2$ | 1.05 |

|                |      |
|----------------|------|
| pende $\alpha$ | 4.64 |
|----------------|------|

|                     |          |
|---------------------|----------|
| m                   | 6.3      |
| B (m)               | 0.105    |
| V (m <sup>3</sup> ) | 0.00E+00 |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_t$ (m/s) |
| <b>0.0E+00</b>           |

|  |                       |                              |   |
|--|-----------------------|------------------------------|---|
| <b>ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC</b><br>données - mesures - résultats<br>norme NF P 94-132 | <b>SC3</b><br>sondage | <b>09.95 m</b><br>profondeur |  |
|--|-----------------------|------------------------------|---|

|                 |                   |                                 |            |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|------------|
| <b>CHANTIER</b> | Raccordement STEP | <b>MACHINE</b>                  | SOCO 50/65 |
| <b>VILLE</b>    | CAGNES (06)       | <b>OPERATEURS</b>               | LEGER      |
| <b>CLIENT</b>   | BRL               | <b>DATE</b>                     | 29-nov-11  |
| <b>DOSSIER</b>  | 11/NG/132Aa       | <b>MODE (pompage/injection)</b> | injection  |

| DONNEES DE L'ESSAI            |  |   |          |       |
|-------------------------------|--|---|----------|-------|
| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TH | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       | $Z_{C\ haut}$                             | 9.00     |       |
|                               | profondeur bas cavité (m)                      | $Z_{C\ bas}$                              | 10.30    |       |
|                               | profondeur essai (milieu cavité) (m)           | $H_c$                                     | 9.95     |       |
|                               | profondeur nappe (m)                           | $Z_w$                                     | 6.90     |       |
|                               | profondeur substratum étanche (m)              | $Z_{substratum}$                          | 50.00    |       |
| HAUTEURS                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)             | $H_T$                                     | 0.10     |       |
|                               | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      | $H_L$                                     | 10.05    |       |
|                               | profondeur nappe/arase tubage (m)              | $H_P$                                     | 7.00     |       |
|                               | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       | $H_w$                                     | 3.05     |       |
|                               | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  | $H$                                       | 40.05    |       |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE      | diamètre extérieur tubage (m)                  | $B_o$                                     | 0.140    |       |
|                               | diamètre intérieur tubage (m)                  | $B_i$                                     | 0.127    |       |
|                               | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) | $S$                                       | 1.27E-02 |       |
| GEOMETRIE CAVITE              | diamètre (m)                                   | $B$                                       | 0.105    |       |
|                               | hauteur (m)                                    | $L$                                       | 1.30     |       |
|                               | élancement                                     | $c=L/B$                                   | 12.38    |       |
|                               | type de forme                                  | cavité éloignée limites équilière         | $m_0$    | 24.24 |
|                               |  | limites équilière (voir tableau) cas n° 3 | $m$      | 23.46 |
| APPORT/PRELEVEMENT            | débit  | $m^3/h$                                   | 0.24     |       |
|                               | par injection                                  | $m^3/s$                                   | 6.7E-05  |       |
|                               | prélèvement unique d'eau (m)                   | $H_o$                                     |          |       |
|                               | vidange du forage (m)                          | $H_L+0,5L$                                |          |       |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum impémeable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous nappe

| MESURES          |           |                 |           |
|------------------|-----------|-----------------|-----------|
| injection        |           | arrêt injection |           |
| t (min)          | $H_e$ (m) | t (min)         | $H_e$ (m) |
|                  |           | 0.5             | 5.90      |
| 1                | 6.27      | 1               | 6.00      |
| 2                | 6.26      | 2               | 6.11      |
| 3                | 6.24      | 3               | 6.22      |
| 4                | 6.2       | 4               | 6.35      |
| 5                | 6.15      | 5               | 6.47      |
| 6                | 6.08      | 6               | 6.60      |
| 7                | 6.03      | 7               | 6.80      |
| 8                | 6         | 8               | 6.96      |
| 9                | 5.8       | 9               | 7.00      |
| 10               | 5.8       | 10              | 7.00      |
| 11               | 5.8       | 11              | 7.00      |
| 12               | 5.8       | 12              | 7.00      |
| 13               | 5.8       | 13              | 7.00      |
| 14               | 5.8       | 14              | 7.00      |
| 15               | 5.8       | 15              | 7.00      |
| 16               | 5.8       | 16              | 7.00      |
| 17               | 5.8       | 17              | 7.00      |
| 18               | 5.8       | 18              | 7.00      |
| 19               | 5.8       | 19              | 7.00      |
| 20               | 5.8       | 20              | 7.00      |
| 25               | 5.78      | 21              | 7.00      |
| 30               | 5.78      | 22              | 7.00      |
| 35               | 5.78      | 23              | 7.00      |
| 40               | 5.77      | 24              | 7.00      |
| 45               | 5.77      | 25              | 7.00      |
| 50               | 5.77      | 26              | 7.00      |
| 55               | 5.77      | 27              | 7.00      |
| 60               | 5.77      | 28              | 7.00      |
| niveau stabilisé |           | 29              | 7.00      |
| $H_e$ (m)        | 5.77      | 30              | 7.00      |

| RESULTATS                 |                          |               |              |
|---------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
| regime                    | méthode d'interprétation | $k_L$ (m/s)   | observations |
| PERMANENT                 |                          | 2.2E-05       |              |
| TRANSITOIRE débit non nul | éq. différentielle       | 2.1E-05       |              |
|                           | solution éq. différent.  | 3.0E-05       |              |
| TRANSITOIRE débit nul     | solution éq. différent.  | 1.4E-04       |              |
|                           | terrain peu perm.        | Inexploitable |              |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*Interprétation en régime transitoire débit non nul*  
 norme NF P 94.132

**SC3**

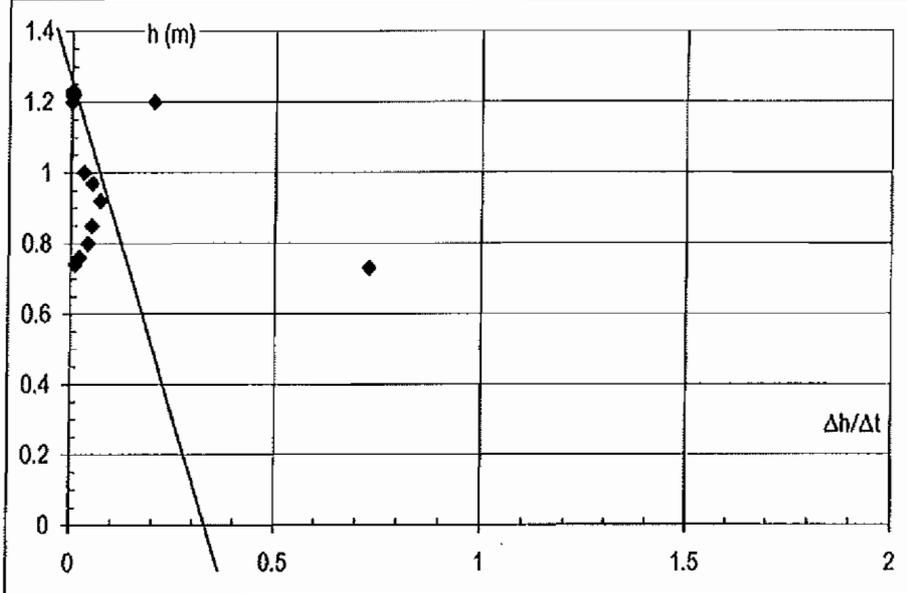
**09.95 m**



|          |                   |
|----------|-------------------|
| CHANTIER | Raccordement STEP |
| VILLE    | CAGNES (06)       |
| CLIENT   | BRL               |
| DOSSIER  | 11/NG/132Aa       |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| MACHINE                  | SOCO 50/65 |
| OPERATEURS               | LEGER      |
| DATE                     | 29-nov-11  |
| MODE (pompage/injection) | injection  |

**INTERPRETATION A PARTIR DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**

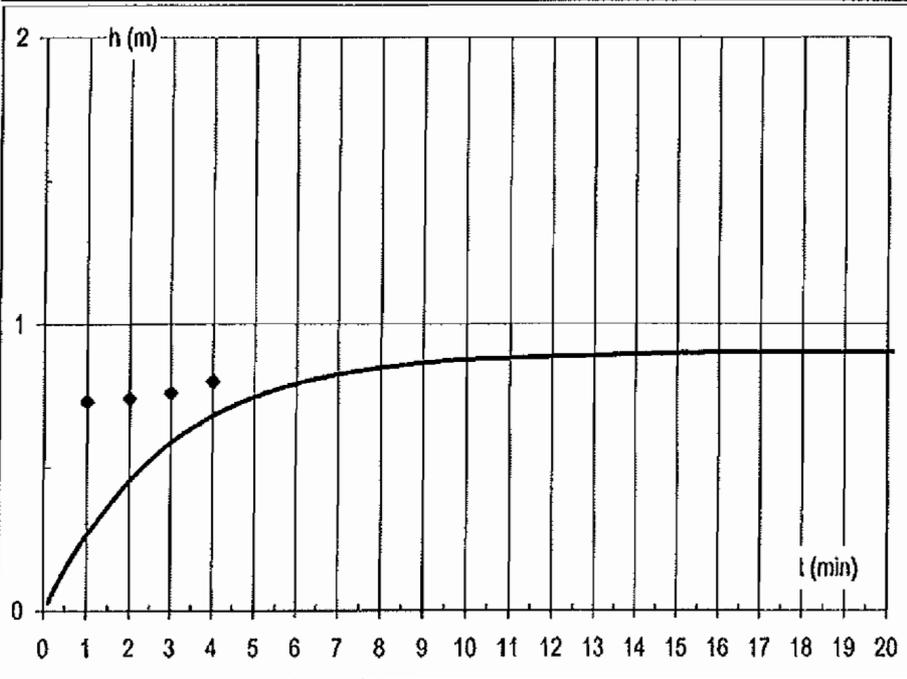


|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_s$ (m <sup>3</sup> /s) | 6.67E-05 |
| m                         | 23.5     |
| B (m)                     | 0.105    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 1.27E-02 |
| $Q_s/S$ (m/s)             | 5.26E-03 |
| (m/min)                   | 3.16E-01 |

|                     |     |      |
|---------------------|-----|------|
| $\Delta h/\Delta t$ | 0   | 0.42 |
| h                   | 1.3 | 0    |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>2.1E-05</b>           |

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



|                           |          |
|---------------------------|----------|
| $Q_s$ (m <sup>3</sup> /s) | 6.67E-05 |
| m                         | 23.5     |
| B (m)                     | 0.105    |
| S (m <sup>2</sup> )       | 1.27E-02 |

|           |         |
|-----------|---------|
| $t_0$ (s) | 171.415 |
|-----------|---------|

|              |      |
|--------------|------|
| $Q_s/mk_L B$ | 0.90 |
|--------------|------|

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>3.0E-05</b>           |

**ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC**  
*interprétation en régime transitoire débit nul*  
 norme NF P 94-132

**SC3**

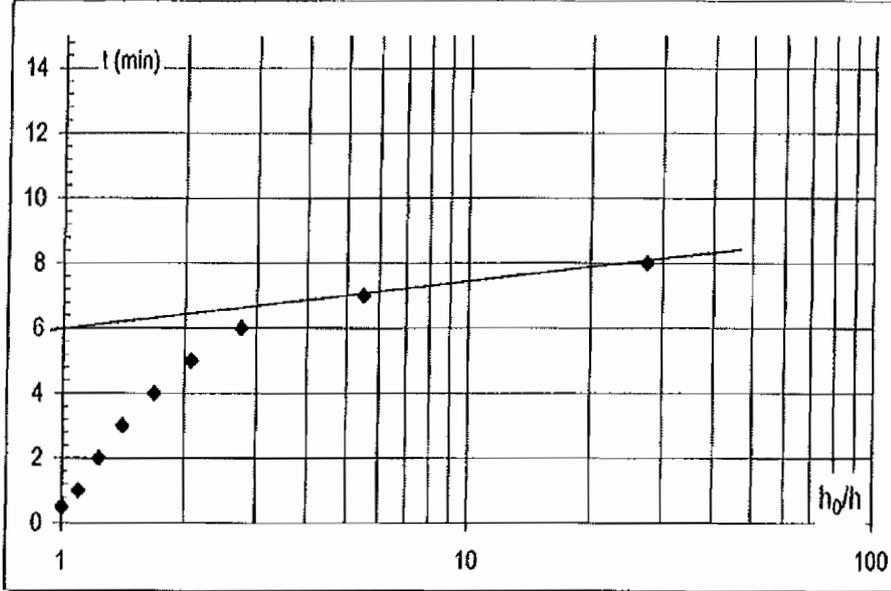
**09.95 m**



CHANTIER : Raccordement STEP  
 VILLE : CAGNES (06)  
 CLIENT : BRL  
 DOSSIER : 11/NG/132Aa

MACHINE : SOCO 50/65  
 OPERATEURS : LEGER  
 DATE : 29-nov-11  
 MODE (pompage/injection) : injection

**INTERPRETATION A PARTIR DE LA SOLUTION DE L'EQUATION DIFFERENTIELLE**



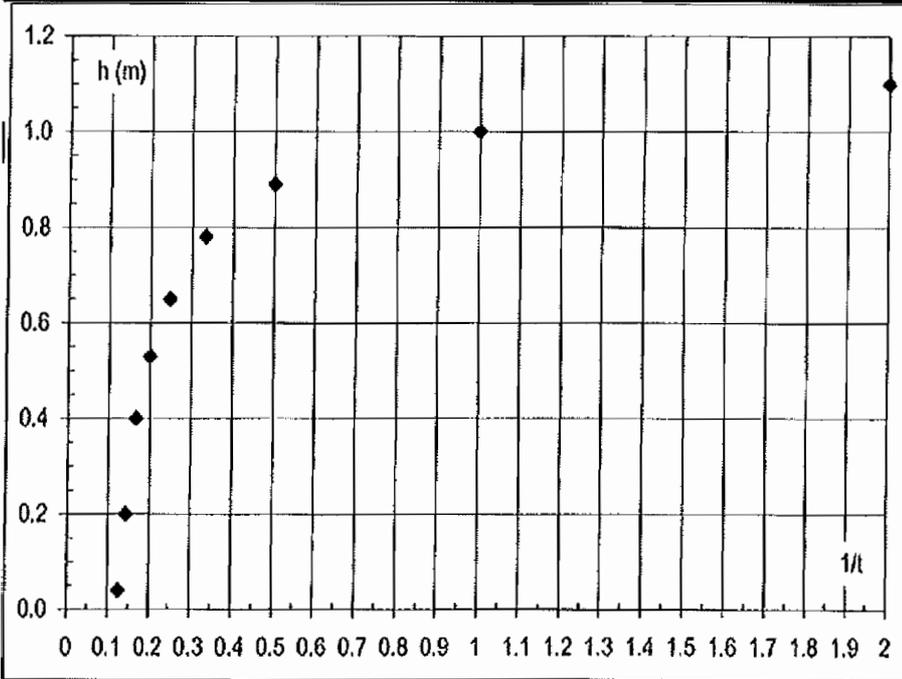
|             |      |       |   |
|-------------|------|-------|---|
| $(h_0/h)_1$ | 5.5  | $t_1$ | 7 |
| $(h_0/h)_2$ | 27.5 | $t_2$ | 8 |

|           |       |
|-----------|-------|
| pende (s) | 37.28 |
|-----------|-------|

|                     |          |
|---------------------|----------|
| m                   | 23.5     |
| B (m)               | 0.105    |
| S (m <sup>2</sup> ) | 1.27E-02 |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>1.4E-04</b>           |

**INTERPRETATION DANS LE CAS D'UN TERRAIN PEU PERMEABLE**



|           |       |       |      |
|-----------|-------|-------|------|
| $(1/t)_1$ | 0.143 | $h_1$ | 4.3  |
| $(1/t)_2$ | 0.071 | $h_2$ | 1.05 |

|                |      |
|----------------|------|
| pende $\alpha$ | 4.64 |
|----------------|------|

|                     |          |
|---------------------|----------|
| m                   | 23.5     |
| B (m)               | 0.105    |
| V (m <sup>3</sup> ) | 0.00E+00 |

|                          |
|--------------------------|
| PERMEABILITE $k_L$ (m/s) |
| <b>0.0E+00</b>           |

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SC3

sondage

07.75 m

profondeur



CHANTIER Raccordement STEP  
VILLE CAGNES (06)  
CLIENT BRL  
DOSSIER 11/NG/132Aa

MACHINE SOCO 50/65  
OPERATEURS LEGER  
DATE 29-nov-11  
MODE (pompage/injection) injection

## DONNEES DE L'ESSAI

| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TH                 | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       | Z <sub>C haut</sub>              | 7.50           |
|---|--|----------------------------------|----------------|
|   | profondeur bas cavité (m)                      | Z <sub>C bas</sub>               | 8.00           |
|   | profondeur essai (milieu cavité) (m)           | H <sub>c</sub>                   | 7.75           |
|   | profondeur nappe (m)                           | Z <sub>N</sub>                   | 7.70           |
|   | profondeur substratum étanche (m)              | Z <sub>substratum</sub>          | 50.00          |
| HAUTEURS                                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)             | H <sub>T</sub>                   | 0.10           |
|   | profondeur milieu cavité/arase lubage (m)      | H <sub>L</sub>                   | 7.85           |
|   | profondeur nappe/arase lubage (m)              | H <sub>P</sub>                   | 7.80           |
|   | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       | H <sub>w</sub>                   | 0.05           |
| hauteur entre milieu cavité et substratum (m) | H  | 42.25                            |                |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE                      | diamètre extérieur tubage (m)                  | B <sub>e</sub>                   | 0.140          |
|   | diamètre intérieur lubage (m)                  | B <sub>i</sub>                   | 0.127          |
|   | section intérieure du lubage (m <sup>2</sup> ) | S                                | 1.27E-02       |
| GEOMETRIE CAVITE                              | diamètre (m)                                   | B                                | 0.105          |
|   | hauteur (m)                                    | L                                | 0.50           |
|   | élanement                                      | c=L/B                            | 4.76           |
|   | type de forme                                  | cavité éloignée limites aquifère | m <sub>0</sub> |
| limites aquifère (voir tableau) cas n° 3      |  | m                                | 6.28           |
| APPORT/PRELEVEMENT                            | débit m <sup>3</sup> /h                        | Qa                               | 0.144          |
|   | par injection m <sup>3</sup> /s                |                                  | 4.0E-05        |
|   | prélèvement unique d'eau (m)                   | H <sub>0</sub>                   |                |
|   | vidange du forage (m)                          | H <sub>L</sub> +0,5L             |                |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum imperméable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous nappe

## MESURES

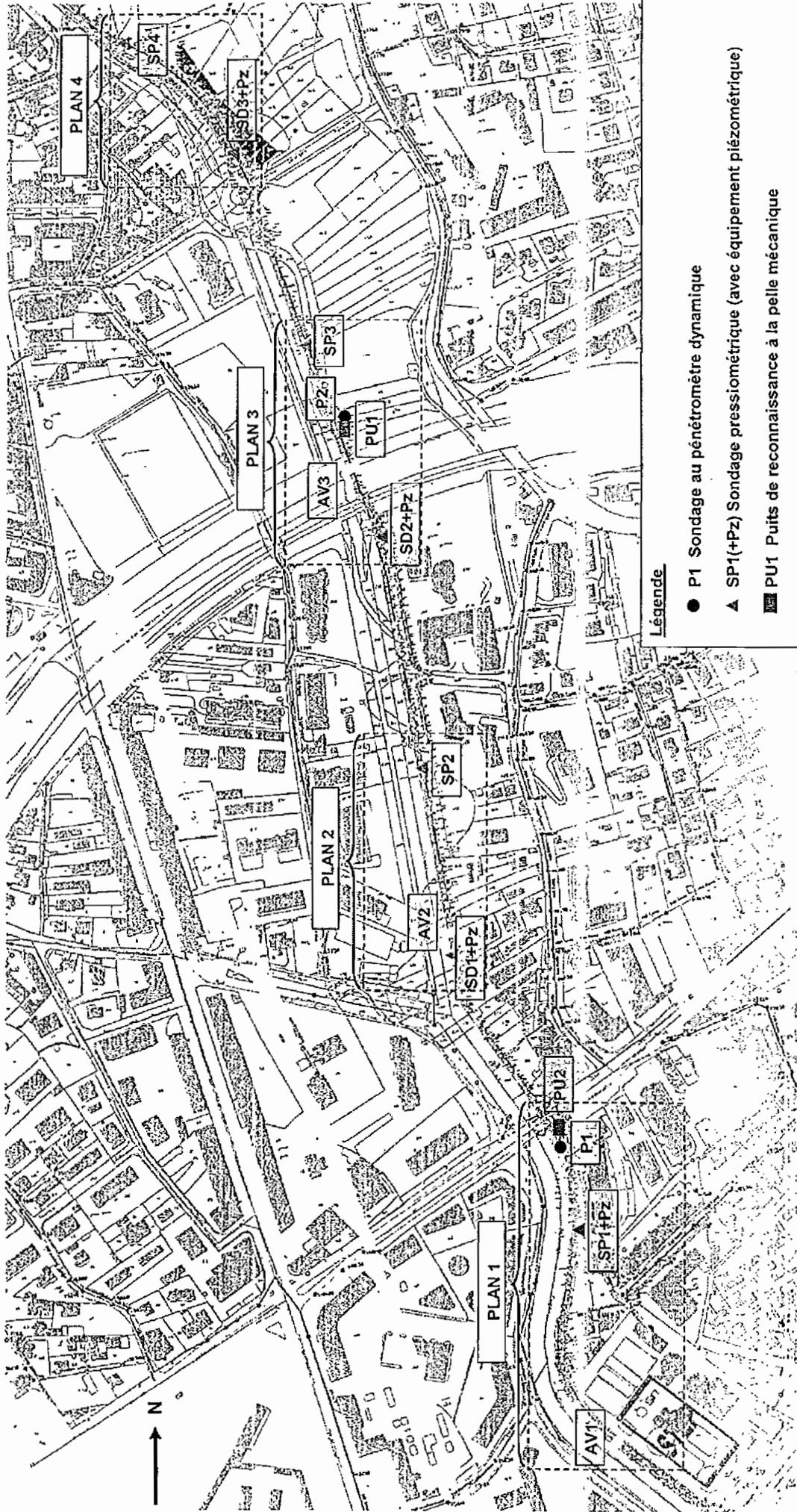
| Injection          |                    | arrêt injection |                    |
|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| t (min)            | H <sub>e</sub> (m) | t (min)         | H <sub>e</sub> (m) |
|                    |                    | 0.5             | 4.20               |
| 1                  | 5.9                | 1               | 4.40               |
| 2                  | 5.7                | 2               | 4.62               |
| 3                  | 5.6                | 3               | 4.85               |
| 4                  | 5.55               | 4               | 5.06               |
| 5                  | 5.55               | 5               | 5.30               |
| 6                  | 5.55               | 6               | 5.52               |
| 7                  | 5.3                | 7               | 5.77               |
| 8                  | 5.15               | 8               | 6.00               |
| 9                  | 4.95               | 9               | 6.21               |
| 10                 | 4.75               | 10              | 6.40               |
| 11                 | 4.67               | 11              | 6.65               |
| 12                 | 4.57               | 12              | 6.83               |
| 13                 | 4.45               | 13              | 7.02               |
| 14                 | 4.4                | 14              | 7.25               |
| 15                 | 4.35               | 15              | 7.47               |
| 16                 | 4.27               | 16              | 7.69               |
| 17                 | 4.2                | 17              | 7.80               |
| 18                 | 4.15               | 18              | 7.80               |
| 19                 | 4.07               | 19              | 7.80               |
| 20                 | 4                  | 20              | 7.80               |
| 25                 | 3.91               | 21              | 7.80               |
| 30                 | 3.85               | 22              | 7.80               |
| 35                 | 3.8                | 23              | 7.80               |
| 40                 | 3.77               | 24              | 7.80               |
| 45                 | 3.77               | 25              | 7.80               |
| 50                 | 3.77               | 26              | 7.80               |
| 55                 | 3.78               | 27              | 7.80               |
| 60                 | 3.78               | 28              | 7.80               |
| niveau stabilisé   |                    | 29              | 7.80               |
| H <sub>e</sub> (m) | 3.78               | 30              | 7.80               |

## RESULTATS

| regime                       | méthode d'interprétation | k <sub>L</sub> (m/s) | observations |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| PERMANENT                    |                          | 1.5E-05              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit non nul | éq. différentielle       | 1.5E-05              |              |
|                              | solution éq. différent.  | 3.0E-05              |              |
| TRANSITOIRE<br>débit nul     | solution éq. différent.  | 3.5E-05              |              |
|                              | terrain peu perm.        | Inexploitable        |              |

**Extraits du rapport CEBTP n° CNI2.A.429**

**IMPLANTATION DES SONDAGES**  
**PLAN GENERAL**  
 (Echelle 1/3000)



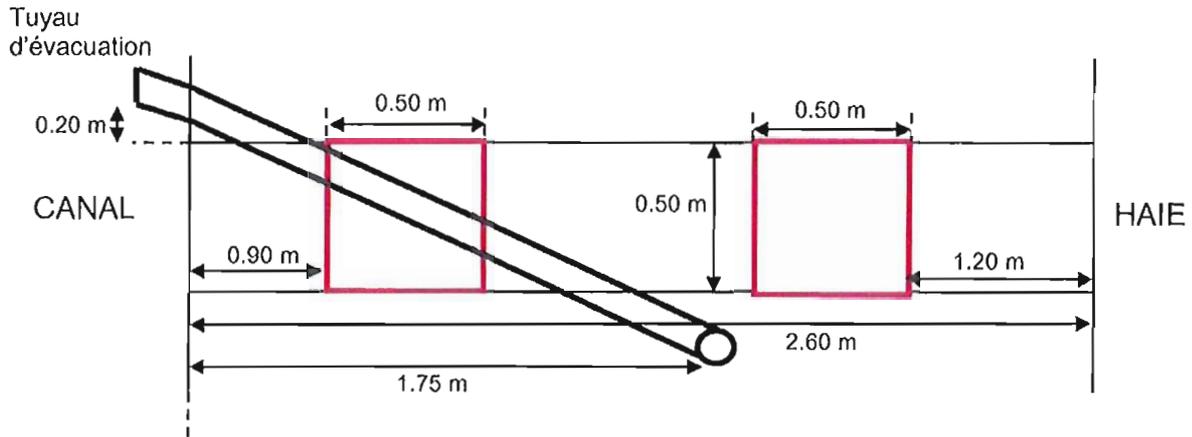
**Légende**

- P1 Sondage au pénétromètre dynamique
- ▲ SP1(+Pz) Sondage pressiométrique (avec équipement piézométrique)
- PU1 Puits de reconnaissance à la pelle mécanique
- ▲ SD1(+Pz) Sondage destructif (avec équipement piézométrique)
- AV1 Avant-trou

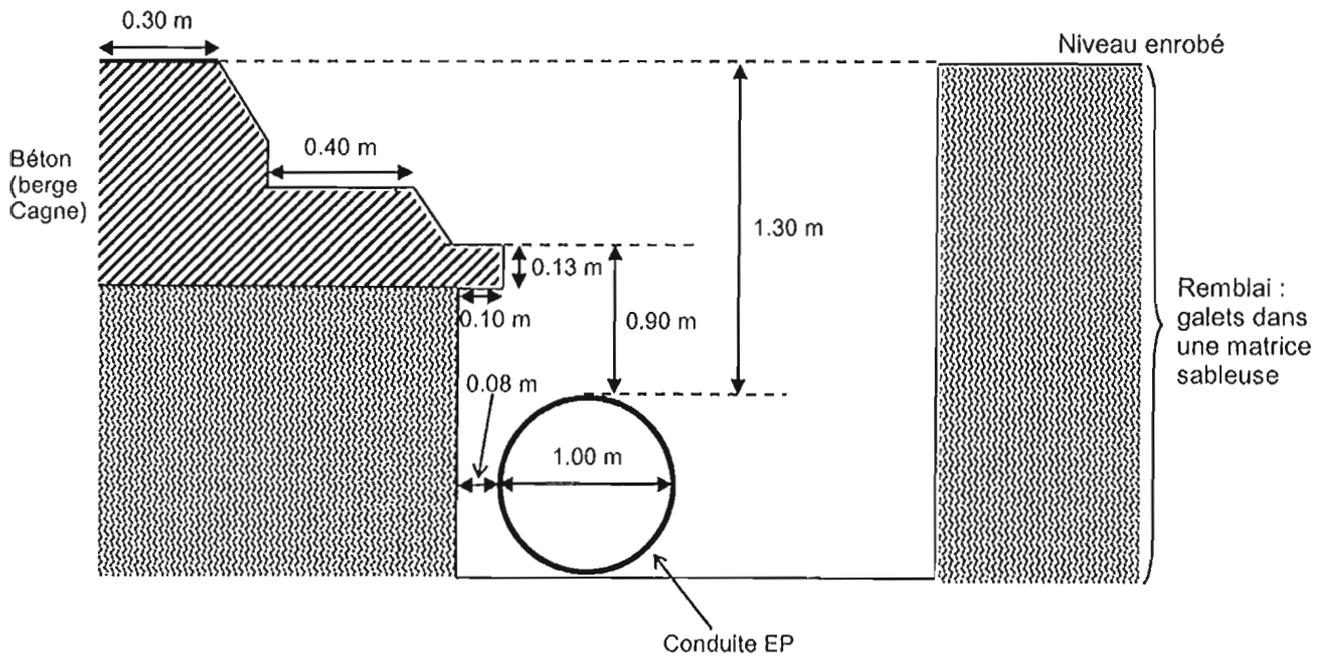


**AVANT-TROU AV1 réalisé le 25/08/10**  
*(Schéma sans échelle)*

**Vue en plan**



**Vue en coupe transversale**





# GINGER CEBTP

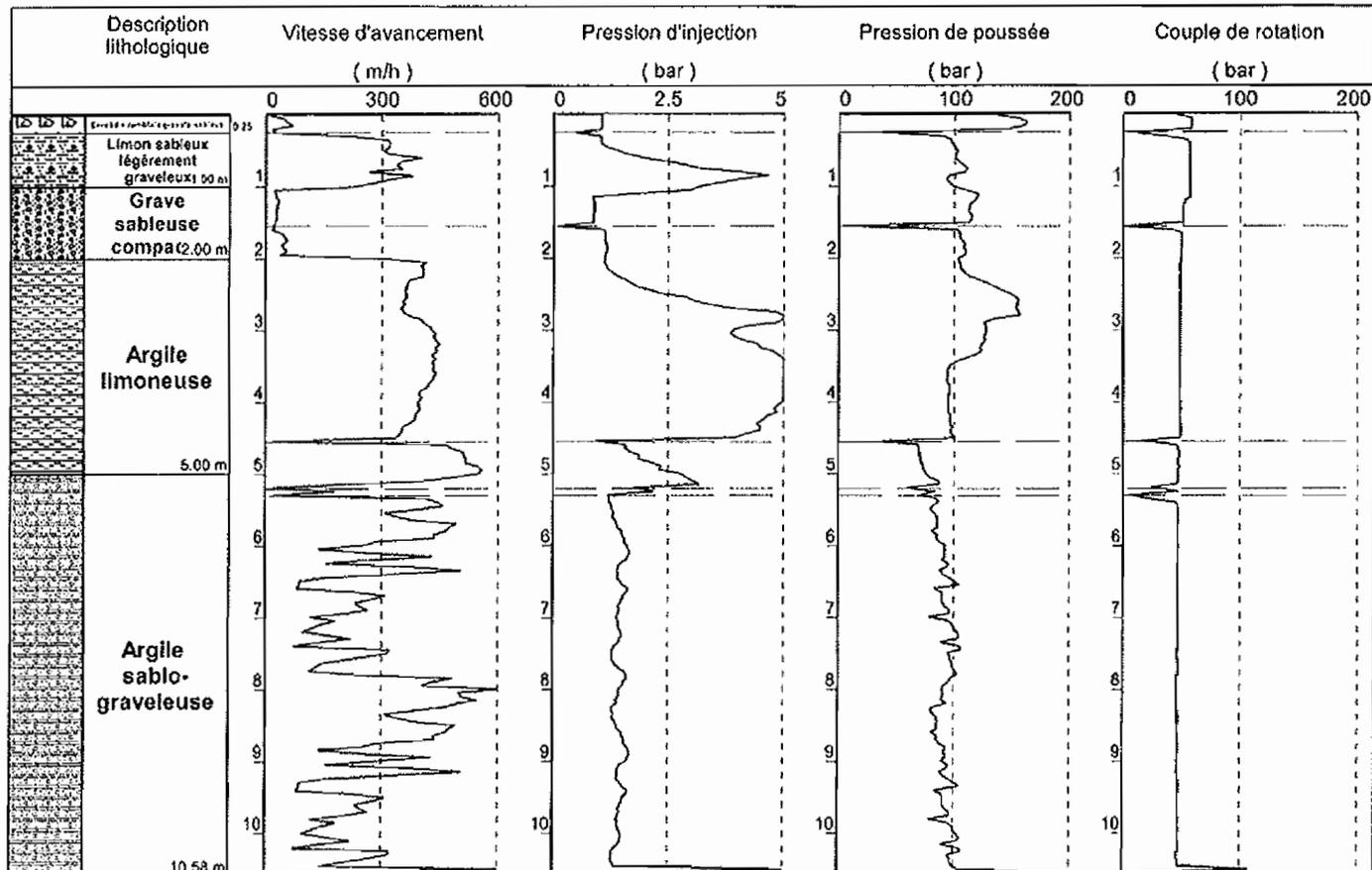
Conduite enterrée CAGNES SUR MER (Contrat : CAGNESSURMER )  
Paramètres de forage

Date : 30/08/2010 Cote NGF : 4.4 Méthode : Nappe d'eau : 3.75 m Outil : Tricône  
Début : 08 h 51 Machine : Comacchi Fluide : Eau Diamètre : Ø66mm  
Fin : 12 h 12 Angle : Tubage : Profondeur : 0.00 - 10.58 m

1/100

## Forage SP1

EXEPF 4.43/LUT3EPF503FR

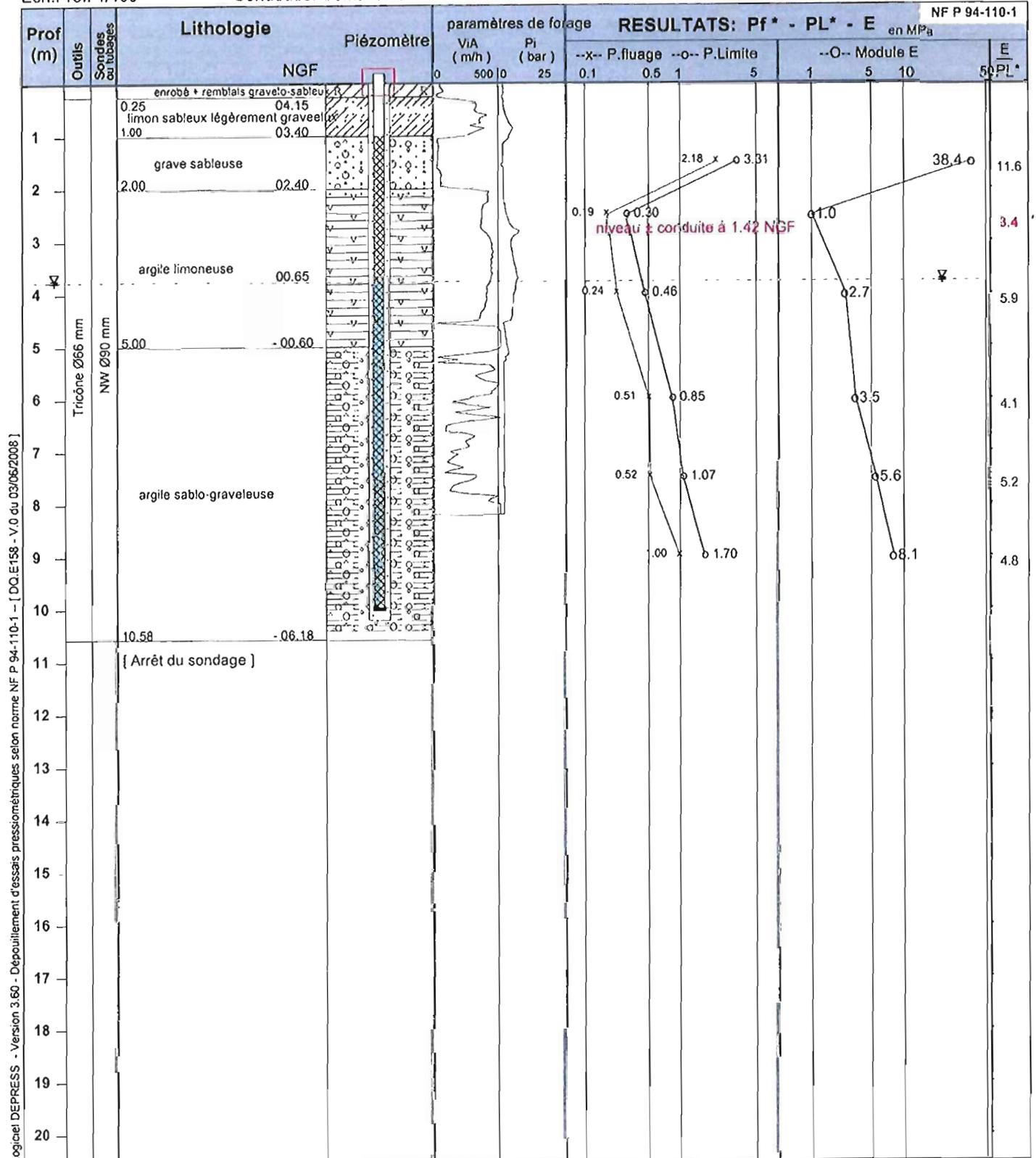


JEAN LUTZ S.A.-Jurançon-France-www.jeanlutzsa.fr

Ech. Prof: 1/100°

Sondeuse: Comacchio

date d'exécution: 30/08/2010



Logiciel DEPRESS - Version 3.60 - Déploiement d'essais pressiométriques selon norme NF P 94-110-1 - [ DQ.E158 - V.0 du 03/06/2008 ]

Observations : Essai Lefranc à 4,6 m (k = 2.10-6 m/s)

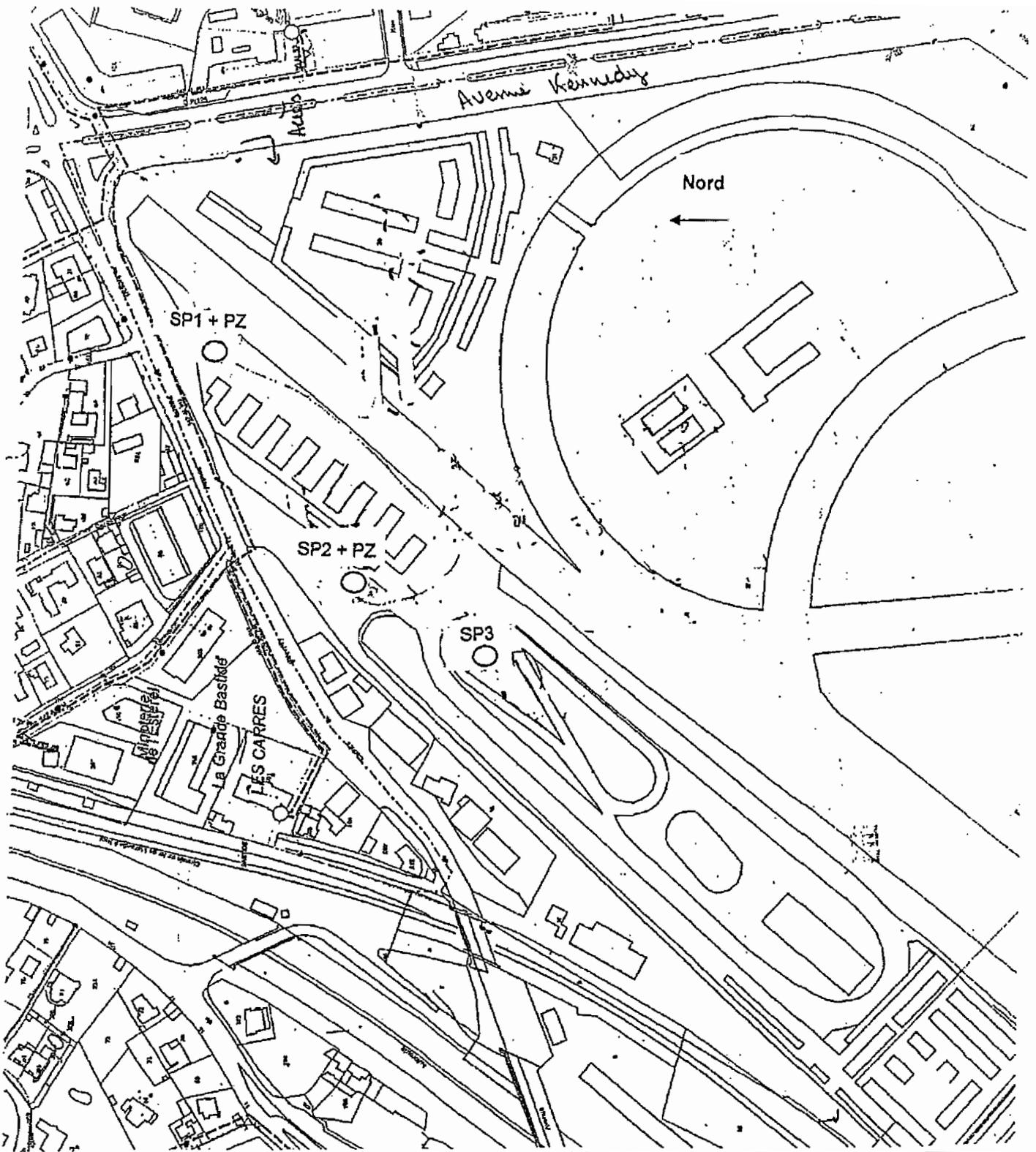
Edité le 22/09/2010

(\*) : -> essais doux

Nappe: niveau d'eau à 3.75 m.  
niveau relevé le 30/08/2010

Piézomètre installé. Longueur 10m, tube PVC Ø 50mm  
 crépiné de 1 à 10m. / gravillonnage en place.  
 Protection: bouche à clé en tête

**Extraits du rapport ERG n° 07NG125Aa**



### PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



| Document extrait de         | Echelle                                   | Nivellement                                       | Type sondage   | Qté |
|-----------------------------|---|---|--|-----|
| Plan client                 | <input checked="" type="checkbox"/> 1/100 | <input type="checkbox"/>                          | Pressiométrique (SP) <input type="checkbox"/>        | 3/3 |
| Référence                   | <input type="checkbox"/> 1/200            | <input type="checkbox"/> NGF                      | Destructif (SD) <input type="checkbox"/>             |     |
| STATION D'EPURATION ENTEREE | <input type="checkbox"/> 1/400            | <input type="checkbox"/>                          | Carotté (SC) <input type="checkbox"/>                |     |
| 06 - CAGNES SUR MER         | <input type="checkbox"/> 1/1000           | <input type="checkbox"/> Indépendant              | Pénétromètre statique (PS) <input type="checkbox"/>  |     |
| 07/NG/125Aa                 | <input type="checkbox"/>                  | <input type="checkbox"/> cote base de nivellement | Pénétromètre dynamique (PD) <input type="checkbox"/> |     |
| Croquis dressé par ERG      | <input type="checkbox"/>                  | <input type="checkbox"/> repère sur plan          | Pelle mécanique (PM) <input type="checkbox"/>        |     |
|                             | Sans <input checked="" type="checkbox"/>  | Sans  | Fouille manuelle (F) <input type="checkbox"/>        |     |





# SONDAGE : SP2

Affaire N° : 07/NG/125Aa

Client : CANCA

Type : PRESSIOMETRE

Etude : STEP ENTERREE HIPPODROME  
06 - CAGNES SUR MER

Z:

Date : 27/11/2007

X:

Début : 0,00 m

Y:

Fin : 25,00 m

Inclinaison/Vert (°):

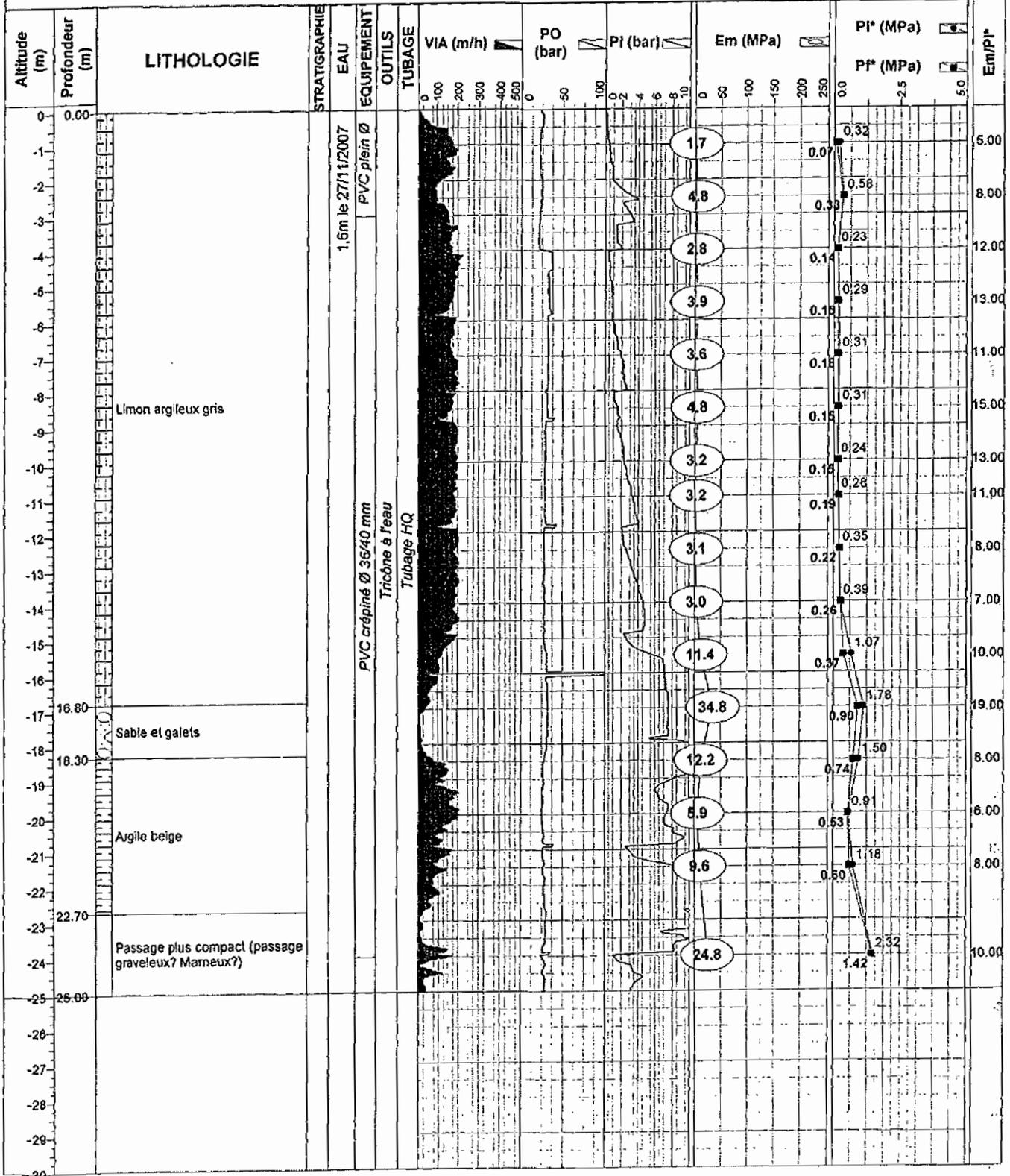
Azimut :

Echelle : 1 / 150

Machine : SBC 3070

Remarque : Bouche à clé

Page: 1 / 1





# SONDAGE : SP3

Affaire N° : 07/NG/125Aa

Type : PRESSIOMETRE

Z:

Date : 26/11/2007

X:

Début : 0,00 m

Y:

Fin : 25,01 m

Inclinaison/Vert (\*):

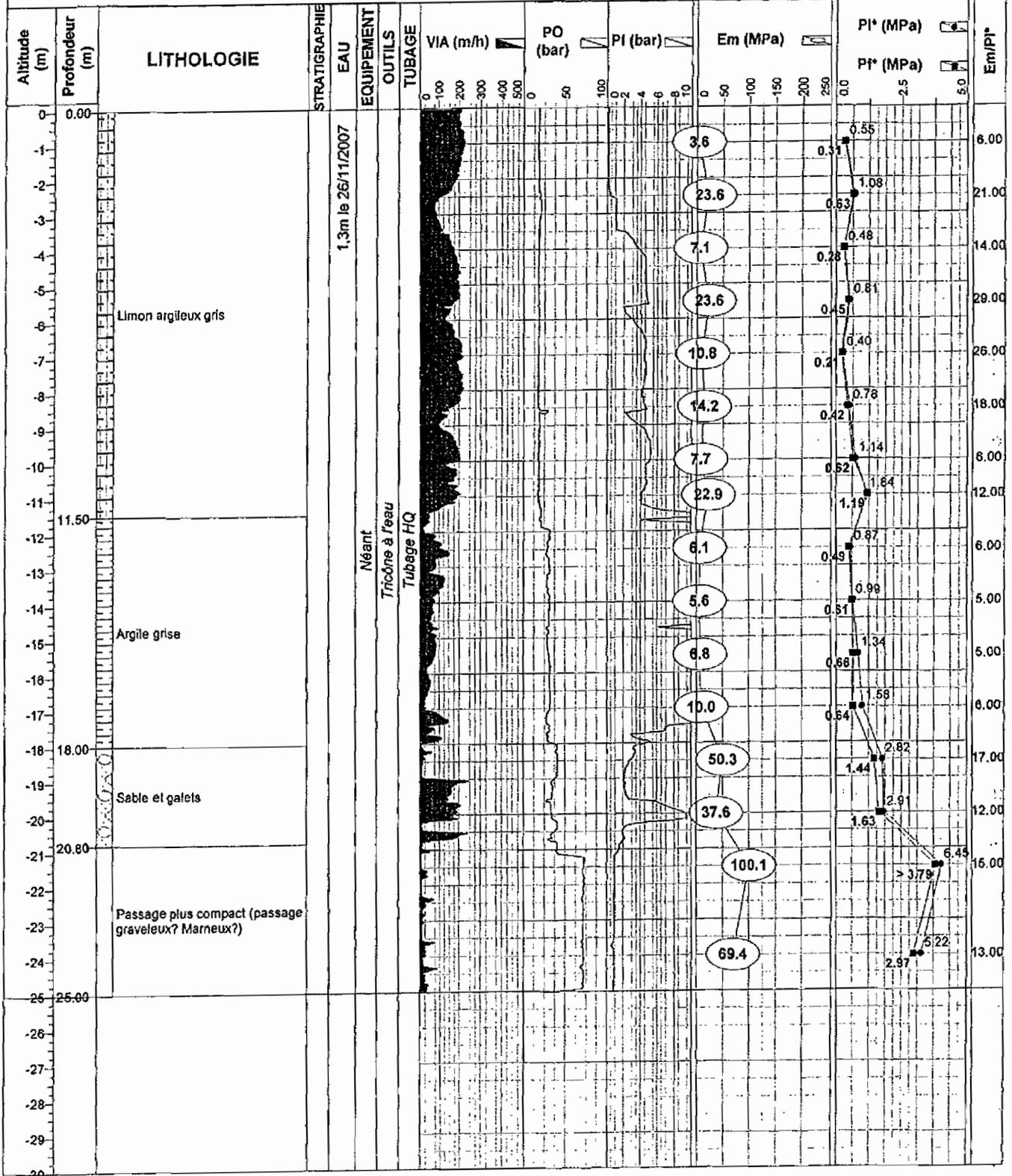
Azimut :

Echelle : 1 / 150

Machine : SBC 3070

Page: 1 / 1

Remarque :



# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SP1  
sondage

05,10 m  
profondeur



|          |                     |
|----------|---------------------|
| CHANTIER | STEP enterrée       |
| VILLE    | CAGNES SUR MER (06) |
| CLIENT   | CANCA               |
| DOSSIER  | 07/NG/0125Aa        |

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| MACHINE                  | SBC 3070  |
| OPERATEURS               | LUZET     |
| DATE                     | 20-nov-07 |
| MODE (pompage/Injection) | injection |

## DONNEES DE L'ESSAI

| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN            | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       |                                  | $Z_{C\ haut}$    | 4,20         |
|--|--|----------------------------------|------------------|--------------|
|  |  | profondeur bas cavité (m)        |                  | $Z_{C\ bas}$ |
|  | profondeur essai (milieu cavité) (m)           |                                  | $H_c$            | 5,10         |
|  | profondeur nappe (m)                           |                                  | $Z_w$            | 0,85         |
|  | profondeur substratum étanche (m)              |                                  | $Z_{substratum}$ | 50,00        |
| HAUTEURS                                 | hauteur tubage au dessus du TN (m)             |                                  | $H_T$            | 0,40         |
|  | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      |                                  | $H_L$            | 5,50         |
|  | profondeur nappe/arase tubage (m)              |                                  | $H_P$            | 1,25         |
|  | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       |                                  | $H_w$            | 4,25         |
|  | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  |                                  | $H$              | 44,90        |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE                 | diamètre extérieur tubage (m)                  |                                  | $B_e$            | 0,089        |
|  | diamètre intérieur tubage (m)                  |                                  | $B_i$            | 0,078        |
|  | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) |                                  | $S$              | 4,78E-03     |
| GEOMETRIE CAVITE                         | diamètre (m)                                   |                                  | $B$              | 0,075        |
|  | hauteur (m)                                    |                                  | $L$              | 1,80         |
|  | élancement                                     |                                  | $c=L/B$          | 24,00        |
|  | facteur de forme                               | cavité éloignée limites aquifère |                  | $m_0$        |
| limites aquifère (voir tableau) cas n° 3 |  | $m$                              | 37,92            |              |
| APPORT/PRELEVEMENT                       | débit m <sup>3</sup> /h                        |                                  | $Q_a$            |              |
|  | par injection m <sup>3</sup> /s                |                                  |                  |              |
|  | prélèvement unique d'eau (m)                   |                                  | $H_e$            |              |
| vidange du forage (m)                    |  | $H_L + 0,5L$                     |                  |              |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum imperméable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous nappe

## MESURES

| injection          |                    | arrêt injection |                    |
|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| t (min)            | H <sub>e</sub> (m) | t (min)         | H <sub>e</sub> (m) |
|                    |                    | 0,5             | 0,03               |
| 1                  |                    | 1               | 0,05               |
| 2                  |                    | 2               | 0,09               |
| 3                  |                    | 3               | 0,13               |
| 4                  |                    | 4               | 0,18               |
| 5                  |                    | 5               | 0,22               |
| 6                  |                    | 6               | 0,25               |
| 7                  |                    | 7               | 0,29               |
| 8                  |                    | 8               | 0,32               |
| 9                  |                    | 9               | 0,35               |
| 10                 |                    | 10              | 0,38               |
| 11                 |                    | 11              | 0,41               |
| 12                 |                    | 12              | 0,44               |
| 13                 |                    | 13              | 0,47               |
| 14                 |                    | 14              | 0,50               |
| 15                 |                    | 15              | 0,52               |
| 16                 |                    | 16              | 0,54               |
| 17                 |                    | 17              | 0,57               |
| 18                 |                    | 18              | 0,59               |
| 19                 |                    | 19              | 0,61               |
| 20                 |                    | 20              | 0,63               |
| 25                 |                    | 21              | 0,65               |
| 30                 |                    | 22              | 0,67               |
| 35                 |                    | 23              | 0,68               |
| 40                 |                    | 24              | 0,70               |
| 45                 |                    | 25              | 0,72               |
| 50                 |                    | 26              | 0,74               |
| 55                 |                    | 27              | 0,75               |
| 60                 |                    | 28              | 0,76               |
| niveau stabilisé   |                    | 29              | 0,77               |
| H <sub>e</sub> (m) | 0                  | 30              | 0,79               |

## RESULTATS

| regime                       | méthode d'interprétation | $k_L$ (m/s)   | observations |
|------------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
| PERMANENT                    |                          | Inexploitable |              |
| TRANSITOIRE<br>débit non nul | éq. différentielle       | Inexploitable |              |
|                              | solution éq. différent   | Inexploitable |              |
| TRANSITOIRE<br>débit nul     | solution éq. différent   | 1,0E-06       |              |
|                              | terrain peu perm.        | Inexploitable |              |

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats

norme NF P 94-132

SP2

sondage

03,35 m

profondeur



|          |                     |                          |           |
|----------|---------------------|--------------------------|-----------|
| CHANTIER | STEP enterrée       | MACHINE                  | SBC 3070  |
| VILLE    | CAGNES SUR MER (06) | OPERATEURS               | LUZET     |
| CLIENT   | CANCA               | DATE                     | 20-nov-07 |
| DOSSIER  | 07/NG/0125Aa        | MODE (pompage/injection) | injection |

## DONNEES DE L'ESSAI

| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)       |                           | $Z_{C\ haut}$    | 2,70         |
|-------------------------------|--|---------------------------|------------------|--------------|
|                               |  | profondeur bas cavité (m) |                  | $Z_{C\ bas}$ |
|                               | profondeur essai (milieu cavité) (m)           |                           | $H_c$            | 3,35         |
|                               | profondeur nappe (m)                           |                           | $Z_w$            | 1,82         |
|                               | profondeur substratum étanche (m)              |                           | $Z_{substratum}$ | 50,00        |
| HAUTEURS                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)             |                           | $H_T$            | 0,40         |
|                               | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)      |                           | $H_L$            | 3,75         |
|                               | profondeur nappe/arase tubage (m)              |                           | $H_P$            | 2,22         |
|                               | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)       |                           | $H_w$            | 1,53         |
|                               | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)  |                           | $H$              | 46,65        |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE      | diamètre extérieur tubage (m)                  |                           | $B_o$            | 0,089        |
|                               | diamètre intérieur tubage (m)                  |                           | $B_i$            | 0,078        |
|                               | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> ) |                           | $S$              | 4,78E-03     |
| GEOMETRIE CAVITE              | diamètre (m)                                   |                           | $B$              | 0,075        |
|                               | hauteur (m)                                    |                           | $L$              | 1,30         |
|                               | élancement                                     |                           | $c=L/B$          | 17,33        |
|                               | Facteur de forme                               |                           | $m_0$            | 30,71        |
|                               | cavité éloignée limites aquifère               |                           |                  |              |
|                               | limités aquifère                               |                           |                  |              |
|                               | cas n° 3                                       |                           | $m$              | 28,98        |
|                               | (voir tableau)                                 |                           |                  |              |
| APPORT/PRELEVEMENT            | débit  |                           | $m^3/h$          | 0,142        |
|                               | par injection                                  |                           | $m^3/s$          | 3,9E-05      |
|                               | prélèvement unique d'eau (m)                   |                           | $H_e$            |              |
|                               | vidange du forage (m)                          |                           | $H_L+0,5L$       |              |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum imperméable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous nappe

## MESURES

| Injection        |           | arrêt injection |           |
|------------------|-----------|-----------------|-----------|
| t (min)          | $H_e$ (m) | t (min)         | $H_e$ (m) |
| 0                | 1,82      | 0,5             | 0,04      |
| 1                | 1,09      | 1               | 0,09      |
| 2                | 0,51      | 2               | 0,13      |
| 3                | 0         | 3               | 0,20      |
| 4                |           | 4               | 0,26      |
| 5                |           | 5               | 0,32      |
| 6                |           | 6               | 0,38      |
| 7                |           | 7               | 0,43      |
| 8                |           | 8               | 0,49      |
| 9                |           | 9               | 0,54      |
| 10               |           | 10              | 0,59      |
| 11               |           | 11              | 0,64      |
| 12               |           | 12              | 0,69      |
| 13               |           | 13              | 0,74      |
| 14               |           | 14              | 0,78      |
| 15               |           | 15              | 0,82      |
| 16               |           | 16              | 0,87      |
| 17               |           | 17              | 0,91      |
| 18               |           | 18              | 0,95      |
| 19               |           | 19              | 0,99      |
| 20               |           | 20              | 1,03      |
| 25               |           | 21              | 1,06      |
| 30               |           | 22              | 1,10      |
| 35               |           | 23              | 1,13      |
| 40               |           | 24              | 1,15      |
| 45               |           | 25              | 1,19      |
| 50               |           | 26              | 1,22      |
| 55               |           | 27              | 1,25      |
| 60               |           | 28              | 1,28      |
| niveau stabilisé |           | 29              | 1,31      |
| $H_e$ (m)        | 0         | 30              | 1,33      |

## RESULTATS

| regime                       | méthode d'interprétation | $k_L$ (m/s)   | observations |
|------------------------------|--------------------------|---------------|--------------|
| PERMANENT                    |                          | 8,2E-06       |              |
| TRANSITOIRE<br>débit non nul | éq. différentielle       | 8,2E-06       |              |
|                              | solution éq. différent.  | Inexploitable |              |
| TRANSITOIRE<br>débit nul     | solution éq. différent.  | 1,1E-06       |              |
|                              | terrain peu perm.        | Inexploitable |              |

# ESSAI DE PERMEABILITE LEFRANC

données - mesures - résultats  
norme NF P 94-132

SP2  
sondage

06,85 m  
profondeur



|          |                     |                          |           |
|----------|---------------------|--------------------------|-----------|
| CHANTIER | STEP enterrée       | MACHINE                  | SBC 3070  |
| VILLE    | CAGNES SUR MER (06) | OPERATEURS               | LUZET     |
| CLIENT   | CANCA               | DATE                     | 20-nov-07 |
| DOSSIER  | 07/NGI/0125Aa       | MODE (pompage/injection) | injection |

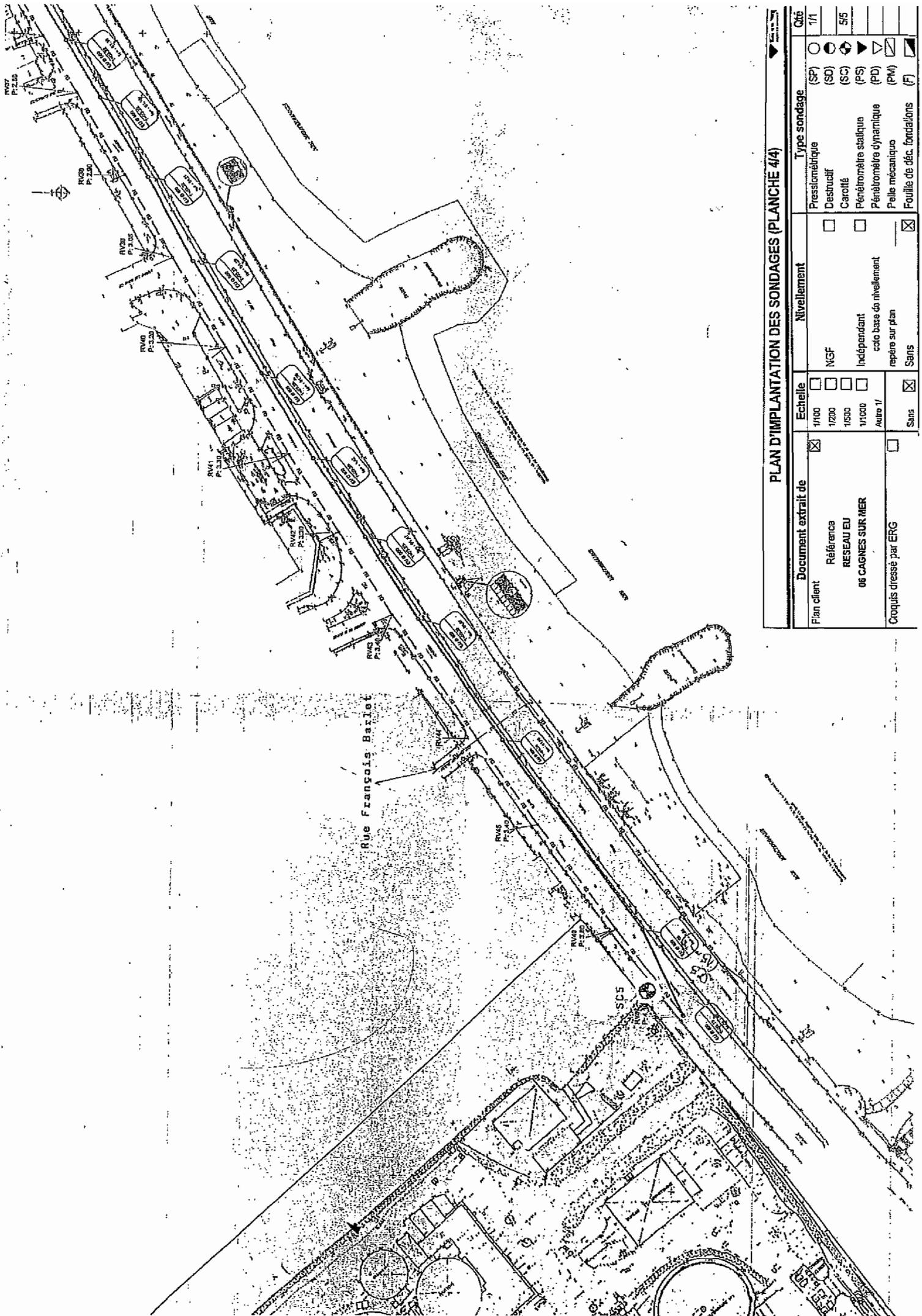
| DONNEES DE L'ESSAI            |  |                         |          |
|-------------------------------|--|-------------------------|----------|
| PROFONDEURS PAR RAPPORT AU TN | profondeur haut cavité (=bas tubage) (m)         | Z <sub>C haut</sub>     | 5,70     |
|                               | profondeur bas cavité (m)                        | Z <sub>C bas</sub>      | 8,00     |
|                               | profondeur essai (milieu cavité) (m)             | H <sub>c</sub>          | 6,85     |
|                               | profondeur nappe (m)                             | Z <sub>w</sub>          | 1,90     |
|                               | profondeur substratum étanche (m)                | Z <sub>substratum</sub> | 50,00    |
| HAUTEURS                      | hauteur tubage au dessus du TN (m)               | H <sub>T</sub>          | 0,40     |
|                               | profondeur milieu cavité/arase tubage (m)        | H <sub>L</sub>          | 7,25     |
|                               | profondeur nappe/arase tubage (m)                | H <sub>P</sub>          | 2,30     |
|                               | hauteur entre nappe et milieu cavité (m)         | H <sub>w</sub>          | 4,95     |
| DIAMETRES/SECTION TUBAGE      | hauteur entre milieu cavité et substratum (m)    | H                       | 43,15    |
|                               | diamètre extérieur tubage (m)                    | B <sub>e</sub>          | 0,089    |
|                               | diamètre intérieur tubage (m)                    | B <sub>i</sub>          | 0,078    |
| GEOMETRIE CAVITE              | section intérieure du tubage (m <sup>2</sup> )   | S                       | 4,78E-03 |
|                               | diamètre (m)                                     | B                       | 0,075    |
|                               | hauteur (m)                                      | L                       | 2,30     |
|                               | élanement  | c=L/B                   | 30,67    |
| APPORT/PRELEVEMENT            | coefficient de forme                             | m <sub>0</sub>          | 46,81    |
|                               | cas 1 : cavité éloignée des limites aquifère     | m                       | 45,53    |
|                               | cas 2 : cavité proche du substratum impénétrable |                         |          |
| APPORT/PRELEVEMENT            | débit  | m <sup>3</sup> /h       | 0,193    |
|                               | par injection                                    | m <sup>3</sup> /s       | 5,4E-05  |
|                               | prélèvement unique d'eau (m)                     | H <sub>e</sub>          |          |
|                               | vidange du forage (m)                            | H <sub>L</sub> +0,5L    |          |

cas 1 : cavité éloignée des limites de l'aquifère  
cas 2 : cavité proche du substratum impénétrable  
cas 3 : cavité proche surface de la nappe  
cas 4 : cavité proche surface d'un sol situé sous roçpe

| MESURES   |                    |                 |                    |      |
|-----------|--------------------|-----------------|--------------------|------|
| injection |                    | arrêt injection |                    |      |
| t (min)   | H <sub>e</sub> (m) | t (min)         | H <sub>e</sub> (m) |      |
| 0         | 1                  | 0,5             | 0,15               |      |
| 1         | 1,22               | 1               | 0,27               |      |
| 2         | 0,83               | 2               | 0,50               |      |
| 3         | 0,32               | 3               | 0,69               |      |
| 4         | 0                  | 4               | 0,85               |      |
| 5         |                    | 5               | 0,98               |      |
| 6         |                    | 6               | 1,10               |      |
| 7         |                    | 7               | 1,20               |      |
| 8         |                    | 8               | 1,30               |      |
| 9         |                    | 9               | 1,37               |      |
| 10        |                    | 10              | 1,44               |      |
| 11        |                    | 11              | 1,50               |      |
| 12        |                    | 12              | 1,55               |      |
| 13        |                    | 13              | 1,59               |      |
| 14        |                    | 14              | 1,63               |      |
| 15        |                    | 15              | 1,66               |      |
| 16        |                    | 16              | 1,69               |      |
| 17        |                    | 17              | 1,72               |      |
| 18        |                    | 18              | 1,74               |      |
| 19        |                    | 19              | 1,75               |      |
| 20        |                    | 20              | 1,77               |      |
| 25        |                    | 21              | 1,79               |      |
| 30        |                    | 22              | 1,80               |      |
| 35        |                    | 23              | 1,81               |      |
| 40        |                    | 24              | 1,82               |      |
| 45        |                    | 25              | 1,82               |      |
| 50        |                    | 26              | 1,84               |      |
| 55        |                    | 27              | 1,85               |      |
| 60        |                    | 28              | 1,85               |      |
|           | niveau stabilisé   | 29              | 1,86               |      |
|           | H <sub>e</sub> (m) | 0               | 30                 | 1,87 |

| RESULTATS                 |                          |                      |              |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------|
| regime                    | méthode d'interprétation | k <sub>L</sub> (m/s) | observations |
| PERMANENT                 |                          | 6,8E-06              |              |
| TRANSITOIRE débit non nul | éq. différentielle       | 7,1E-06              |              |
|                           | solution éq. différent.  | Inexploitable        |              |
| TRANSITOIRE débit nul     | solution éq. différent.  | 8,2E-07              |              |
|                           | terrain peu perm.        | Inexploitable        |              |

**Extraits du rapport ERG n° 05NG007Aa**



**PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES (PLANCHE 4/4)**

| Document extrait de    |                                     | Echelle |                                     | Nivellement             |                                     | Type sondage               |      | Qté |
|------------------------|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------|-----|
| Plan client            | <input checked="" type="checkbox"/> | 1/100   | <input type="checkbox"/>            | NGF                     | <input type="checkbox"/>            | Pressionnétique            | (SP) | 1/1 |
| Référence              |                                     | 1/200   | <input type="checkbox"/>            | Indépendant             | <input type="checkbox"/>            | Destructif                 | (SD) |     |
| RESEAU EU              |                                     | 1/500   | <input type="checkbox"/>            | coû base de nivellement | <input type="checkbox"/>            | Caroté                     | (SC) | 5/5 |
| DE CAGNES SUR MER      |                                     | 1/1000  | <input type="checkbox"/>            | repère sur plan         | <input type="checkbox"/>            | Pénétrétre statique        | (FS) |     |
| Croquis dressé par ERG | <input type="checkbox"/>            | Auto 1/ | <input type="checkbox"/>            | Sans                    | <input checked="" type="checkbox"/> | Pénétrétre dynamique       | (FD) |     |
|                        |                                     | Sans    | <input checked="" type="checkbox"/> | Sans                    | <input type="checkbox"/>            | Pelle mécanique            | (PM) |     |
|                        |                                     |         |                                     |                         | <input type="checkbox"/>            | Fouille de déc. fondations | (F)  |     |



# SONDAGE : SC5

Affaire N° : 05/NG/007Aa

Type : CAROTTE - ODEX

Z: 3.65 m

Date : 29/03/2005

X:

Début : 0.00 m

Y:

Fin : 15.00 m

Inclinaison/Vert (°) :

Azimut :

Echelle : 1 / 100

Machine : BE 35RP II

Remarque : Regard trottoir

Page: 1 / 1

| ALTITUDE (m) | PROFONDEUR (m) | DESCRIPTION LITHOLOGIQUE<br>NATURE DU TERRAIN  | STRATIGRAPHIE | ECHANTILLONS | CAROTTAGE (%) |    | RQD (%) |   | ID (cm) |     | NASBERG | LUGEON | NIVEAU D'EAU | EQUIPEMENT | OUTILS | TUBAGE |
|--------------|----------------|--|---------------|--------------|---------------|----|---------|---|---------|-----|---------|--------|--------------|------------|--------|--------|
|              |                |  |               |              | 0             | 50 | 100     | 0 | 50      | 100 |         |        |              |            |        |        |
|              | 0.00           | avant trou   |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| 3            | 1.00           |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| 2            |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| 1            |                | graviers polyolithiques à matrice de sable grossier marron gris<br>(granulométrie non représentative de la réalité - sondage réalisé de manière destructive) |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| 0            |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -1           |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -2           | 5.00           | sable fin marron gris, quelques gaïers subarrondis<br>(granulométrie non représentative de la réalité - sondage réalisé de manière destructive)              |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -3           |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -4           | 7.00           |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -5           |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -6           |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -7           |                | sable fin marron gris (granulométrie non représentative de la réalité - sondage réalisé de manière destructive)  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -8           |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -9           |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -10          |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -11          |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -12          | 15.00          |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -13          |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -14          |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -15          |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |
| -16          |                |  |               |              |               |    |         |   |         |     |         |        |              |            |        |        |

N1

3/103/05

PVC crépiné 52/60

ODEX 113

102/114 (ODEX)

# PHOTOGRAPHIES DES CAROTTES

**SC5**

sondage



|            |                     |           |                 |
|------------|---------------------|-----------|-----------------|
| OBJET      | Projet réseau EU    | OPERATEUR | T.ROSSI         |
| LIEU       | 06 - CAGNES SUR MER | APPAREIL  | Canon Powershot |
| CLIENT     | CANCA               | PELLICULE | Numérique       |
| N° DOSSIER | 05/NG/007Aa         | Nb ISO    | /               |

(Profondeurs exprimées en mètres)



**NB :** A partir de 5 m de profondeur, la granulométrie des terrains prélevés et visible sur les photos ci-dessus n'est pas nécessairement représentative de la granulométrie réelle des terrains (forage réalisé de manière destructive à l'ODEX).



FIN DU SONDAGE

NB : A partir de 5 m de profondeur, la granulométrie des terrains prélevés et visible sur les photos ci-dessus n'est pas nécessairement représentative de la granulométrie réelle des terrains (forage réalisé de manière destructive à l'ODEX).

**LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES DANS LES COUPES DE SONDAGE**

| OUTILS | <i>[type] [diamètre en mm] ([nom outil éventuel])+[fluide de forage et/ou nature couronne pour carotté]</i> |
|--------|---|
|--------|---|

|                    |   |
|--------------------|---|
| type               |   |
| TAM                | tarière à main                                |
| THC                | tarière hélicoïdale continue                  |
| BC                 | bicône  |
| TC                 | tricône                                       |
| BL                 | bilame  |
| T                  | taillant rotoperçusion                        |
| MFT                | marteau fond de trou                          |
| ODEX               | marteau fond de trou sur équipement ODEX      |
| CR                 | carottier rotatif conventionnel               |
| CC                 | carottier à câble                             |
| CP                 | carottier poinçonneur                         |
| CPS                | carottier à piston stationnaire               |
| nom outil éventuel | par exemple HELIX, HIGHWAY, NQ, HQ, PQ etc... |
| fluide de forage   | bentonite, GSP, eau, air etc...               |
| couronne           | par exemple diamant, tungstène etc...         |

| TUBAGES PROVISOIRES | <i>[diamètre intérieur en mm]/[diamètre extérieur en mm] ([nom tubage éventuel])</i> |
|---------------------|--|
|---------------------|--|

| EQUIPEMENTS | <i>[type] [matériau] [diamètres en mm] + ([ouvrage additionnel éventuel])</i> |
|-------------|---|
|-------------|---|

|                     |  |
|---------------------|--|
| type                |  |
| PZ                  | tube piézométrique   |
| TI                  | tube inclinométrique   |
| TL                  | tube lisse   |
| CC                  | rebouchage au coulis de ciment   |
| CB                  | rebouchage au coulis bentonite-ciment  |
| matériau            | par exemple ABS, PVC, acier galva etc...                                       |
| ouvrage additionnel | par exemple cimentation annulaire, gravillonnage, chaussette géotextile etc... |

| DIVERS |
|--------|
|--------|

|              |  |
|--------------|--|
| EI           | échantillon intact                       |
| VIA          | vitesse d'avancement instantanée         |
| PO           | poids sur l'outil                        |
| PI           | pression d'injection de fluide de forage |
| inclinaiison | comptée par rapport à la verticale       |

**PARTIE 3 – ESSAIS  
COMPLEMENTAIRES  
JUN 2012**



**CONTRAT DE PRESTATIONS DE SERVICES  
N° NG120150B- SBT**

**Objet**

RACCORDEMENT STEP (SONDAGES COMPLEMENTAIRES)  
06 – CAGNES SUR MER

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET G12

**Client**

BRL  
1105 AVENUE PIERRE MENDES-FRANCE  
BP 94001  
30001 NIMES CEDEX 5

**PROPOSITION TECHNIQUE**

Dans le cadre du projet de création d'une nouvelle station d'épuration à CAGNES SUR MER, il est prévu de raccorder l'ancienne station située boulevard de la Plage à la future station (nord de l'hippodrome), via le chemin de la Foux et l'hippodrome, ainsi que la création d'ouvrages au droit de l'actuelle STEP.

Au stade actuel du projet, il est demandé par BRL d'effectuer une étude géotechnique d'avant-projet complémentaire, permettant de préciser le contexte géologique et hydrogéologique du site, et de définir les conditions de fondation des futurs ouvrages (bassin).

Dans cet objectif, nous proposons d'effectuer une étude géotechnique d'avant-projet de type G<sub>12</sub> selon la norme NFP 94-500 des missions types d'ingénierie géotechnique, relative au mode de fondation des ouvrages, et basée sur la réalisation des investigations suivantes :

- deux avant-trous manuels pour reconnaissance des réseaux,
- un sondage de reconnaissance géologique destructif descendu à 8 m de profondeur avec essais pressiométriques tous les 1.5 m (5 essais) et enregistrement des paramètres de forage, implanté sur la berge de Cagne,
- un sondage de reconnaissance géologique destructif descendu à 25 m de profondeur et comportant des essais pressiométriques répartis tous les mètres (24 essais), avec enregistrement des paramètres de forage,
- un sondage carotté descendu à 25 m de profondeur, avec prélèvement d'échantillon intact pour essai de laboratoire,
- la pose d'un tube piézométrique (PVC 36/40) dans le sondage carotté avec tête de forage,
- trois essais de perméabilité de type Lefranc,
- des essais de laboratoire comprenant :
  - deux identifications GTR (teneur en eau, valeur de bleu ou limites d'Atterberg, analyse granulométrique),
  - deux essais de cisaillement à la boîte,
  - des essais d'abrasivité CERCHAR sur les galets prélevés en SC4, lors de la précédente campagne de reconnaissance (prélèvement sur les caisses à carottes),
- la prolongation de 6 mois du suivi piézométrique mensuel en cours sur l'ensemble des piézomètres disponibles.

L'ensemble des opérations de sondages et d'essais in-situ constitue une prestation d'investigations géotechniques suivant le texte de la norme NFP 94-500 des missions types d'ingénierie géotechnique.

La faisabilité du sondage carotté est conditionnée par la possibilité d'obtenir une alimentation en eau à proximité des points de sondage (par exemple eau prélevée auprès des sociétés occupant le site, après pose d'un compteur).

Par ailleurs, en cas d'impossibilité de carotter en profondeur (présence de galets très volumineux par exemple), les sondages carottés seraient poursuivis en destructif avec enregistrement des paramètres et essais pressiométriques, en accord avec la maîtrise d'œuvre.

**GEOTECHNIQUE - GEOLOGIE - SONDAGES - EAU - POLLUTION - DECHETS - ENVIRONNEMENT**

**GROUPE E.R.G. Agence NICE - Nice Leader - "Apollo" 62, Route de Grenoble - 06200 NICE - Tél. 04 93 72 90 00 - Fax 04 93 72 90 10**  
**EXEQUITES ETUDES ET RECHERCHES GEOTECHNIQUES - S.A.S. AU CAPITAL DE 368 000 € - SIRET 339 110 611 00045 - CODE NAF 7112B - RC NICE 90 B 00729**

TOULON (Siège Social)  
04 94 11 04 90  
la-seyne@erg-sa.fr

NICE  
04 93 72 90 00  
nice@erg-sa.fr

CAVAILLON  
04 32 50 10 87

LILLE  
03 21 64 46 60  
lille@erg-sa.fr

LYON  
04 72 80 87 71  
lyon@erg-sa.fr

NANCY  
03 83 26 09 02  
nancy@erg-sa.fr

MARSEILLE  
04 95 06 90 60  
marseille@erg-sa.fr



En fin d'intervention sera établi un rapport d'étude géotechnique d'avant-projet de type G<sub>12</sub>.

Ce rapport édité en deux exemplaires, dont un reproductible, comportera :

- un plan d'implantation des sondages,
- les résultats des sondages,
- le relevé des niveaux d'eau en fin de forage,
- la description et l'interprétation de la géologie locale du site,
- les recommandations relatives au mode de fondation à envisager pour les ouvrages (bassin).

Les éléments suivants sont nécessaires à la réalisation de cette mission et devront nous être communiqués :

- plan de masse du projet à l'échelle sur fond de plan topographique,
- coupes types associées.

Préalablement à l'intervention d'ERG, le client aura :

- rendu le site accessible à notre sondeuse (autorisations d'accès aux différents sites),
- repéré et balisé les éventuels réseaux enterrés ; il aura averti ERG (ou fait avertir ERG par le maître d'ouvrage) de la présence de ces réseaux, en transmettant notamment à ERG les réponses des exploitants à la Demande de Renseignements qu'il aura préalablement envoyée (respect notamment du décret 91-1147 du 14 octobre 1991 paru au JO du 9 novembre 1991).

**Ce devis comporte 5 pages recto verso.**

**REMARQUES :**

- la présente mission sera réalisée en référence à la norme NFP 94 500 ci-annexée définissant les missions de type G1, G2, G3, G4, G5.
- E.R.G est en mesure d'assurer des missions d'assistance technique lors des différentes phases d'étude ou de travaux :
  - études géotechniques préalables (G1)
  - étude géotechnique de projet des ouvrages géotechniques (G2)
  - étude et suivi géotechniques d'exécution des ouvrages géotechniques (G3) ou supervision géotechnique d'exécution (G4)
  - diagnostic géotechnique sur ouvrage avec ou sans sinistre (G5).

En ce qui concerne les prestations simples (vérification de fond de fouilles, réunions, visites de chantier), celles-ci seront rémunérées à la vacation d'ingénieur tandis que les missions plus complexes le seront sur la base d'un montant à définir entre les parties.

### DETAIL ESTIMATIF

| CODE | DESIGNATION  | U     | Q     | P.U. HT €  | Mt HT €       |
|------|--|-------|-------|------------|---------------|
|      | MISSIONS GEOTECHNIQUES   |       |       |            |               |
| 033  | Réalisation des DICT, autorisations d'accès, implantation,...          | Forf. | 1,00  | 400,00 €   | 400,00 €      |
| 033  | Mission d'investigations géotechniques                                 | Forf. | 1,00  | 650,00 €   | 650,00 €      |
| 033  | Mission G11/G12 : Etudes géotechniques                                 | Forf. | 1,00  | 900,00 €   | 900,00 €      |
|      | AMENEES - REPLIS   |       |       |            |               |
| 001  | Amenée repli du matériel et personnel pour une foreuse pour 1 campagne | Forf. | 1,00  | 1 000,00 € | 1 000,00 €    |
|      | SONDAGES ET FORAGES  |       |       |            |               |
| 139  | Avant-trou manuel de recherche des réseaux                             | U.    | 2,00  | 500,00 €   | 1 000,00 €    |
| 011  | Mise en station foreuse  | U.    | 3,00  | 300,00 €   | 900,00 €      |
| 020  | Sondage carotté de 0 à 10 m de profondeur                              | MI    | 10,00 | 220,00 €   | 2 200,00 €    |
| 020  | Sondage carotté au delà de 10 m de profondeur                          | MI    | 15,00 | 260,00 €   | 3 900,00 €    |
| 020  | Sondage destructif de 0 à 10 m de profondeur                           | MI    | 18,00 | 53,00 €    | 954,00 €      |
| 020  | Sondage destructif au delà de 10 m de profondeur                       | MI    | 15,00 | 110,00 €   | 1 650,00 €    |
| 107  | Prise d'échantillon non remanié dans forage pour essai en laboratoire  | U.    | 2,00  | 50,00 €    | 100,00 €      |
| 065  | Essai pressiométrique  | U.    | 29,00 | 65,00 €    | 1 885,00 €    |
| 131  | Enregistrement des paramètres de forage (sondage destructif)           | MI    | 33,00 | 15,00 €    | 495,00 €      |
|      | <b>MONTANT TOTAL HORS TAXES</b>  |       |       |            | <b>XXXXXX</b> |
|      | <b>T.V.A.</b>  |       |       |            | <b>XXXXXX</b> |
|      | <b>MONTANT TOTAL TTC</b>   |       |       |            | <b>XXXXXX</b> |

## DETAIL ESTIMATIF

| CODE                            | DESIGNATION  | U     | Q     | P.U. HT €  | Mt HT €            |
|---------------------------------|--|-------|-------|------------|--------------------|
| 169                             | Citernage (POUR MEMOIRE)   | J.    | P . M | 300,00 €   | P . M              |
| 198                             | Essai de perméabilité in-situ dans forage  | U.    | 3,00  | 600,00 €   | 1 800,00 €         |
| 131                             | Fourniture et pose de tube pour piézomètre ouvert  | MI    | 25,00 | 30,00 €    | 750,00 €           |
| 037                             | Equipement d'une tête de piézomètre ouvert   | U.    | 1,00  | 80,00 €    | 80,00 €            |
| 130                             | Relevé manuel pour 2 à 6 piézomètres   | Forf. | 6,00  | 100,00 €   | 600,00 €           |
|                                 | LABORATOIRE  |       |       |            |                    |
| 190                             | Teneur en eau naturelle  | U.    | 2,00  | 15,00 €    | 30,00 €            |
| 190                             | Densité apparente et sèche   | U.    | 2,00  | 40,00 €    | 80,00 €            |
| 198                             | Essai au bleu de méthylène   | U.    | 2,00  | 40,00 €    | 80,00 €            |
| 193                             | Limites d'Atterberg (POUR MEMOIRE)   | U.    | P . M | 75,00 €    | P . M              |
| 192                             | Analyse granulométrique  | U.    | 2,00  | 50,00 €    | 100,00 €           |
| 192                             | Analyse sédimentométrique  | U.    | 2,00  | 70,00 €    | 140,00 €           |
| 198                             | Essais de cisaillement à la boîte  | U.    | 2,00  | 550,00 €   | 1 100,00 €         |
| 620                             | Essai d'abrasivité et de dureté CERCHAR  | U.    | 2,00  | 150,00 €   | 300,00 €           |
| ASS                             | Coût et gestion d'une assurance responsabilité professionnelle ingénierie soit 6% de la prestation | Forf. | 1,00  | 1 265,64 € | 1 265,64 €         |
| <b>MONTANT TOTAL HORS TAXES</b> |  |       |       |            | <b>22 359,64 €</b> |
| <b>T.V.A.</b>                   |  |       |       |            | <b>4 382,49 €</b>  |
| <b>MONTANT TOTAL TTC</b>        |  |       |       |            | <b>26 742,13 €</b> |

## BON DE COMMANDE

Le total général de l'intervention conforme à la norme NFP 94 500 ci-annexée est estimé à :

|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| <b>MONTANT HORS TAXES</b> | <b>22 359,64 €</b> |
| Montant T.V.A. 19,6 % :   | 4 382,49 €         |
| Montant TTC :             | 26 742,13 €        |

Conditions de paiement :

| ACOMPTE TTC   | SOLDE TTC                   |
|---------------|-----------------------------|
| 8 022,63 €    | 18 719,50 €                 |
| à la commande | Chèque ou traite à 30 jours |

Conditions d'établissement des prix : Voir au verso

|   |  |
|---|--|
| <p><b>LE RESPONSABLE TECHNIQUE ERG</b><br/>S. BOISSENOT<br/>Ingénieur Géotechnicien</p> <p><br/><b>ERG</b><br/>GÉOTECHNIQUE<br/>S.A.S. au capital de 368.000 €<br/>AGENCE NICE<br/>Nice Leader "Apollo" 62, route de Grenoble<br/>06200 NICE<br/>☎ 04 93 72 90 00 - FAX 04 93 72 90 10<br/>RCS 339 110 611 TOULON</p> <p>Fait à Nice , le 02/05/12</p> | <p><b>LE CLIENT : BON POUR ACCORD</b></p> <p>Nom :<br/>Fonction :<br/>Société :</p> <p>cachet commercial, date et signature avec mention manuscrite "lu et approuvé"</p> |
|---|--|

Nom et adresse de facturation (à compléter par le client) :

Numéro de TVA Intracommunautaire

# CONDITIONS GENERALES DU CONTRAT DE PRESTATION DE SERVICES

## I. - DISPOSITIONS GENERALES

Toute commande implique de la part du contractant, ci-après dénommé client, acceptation sans réserve des conditions ci-dessous définies, indépendamment des règles légales applicables en la matière.

Il est entendu que la Société E.R.G. s'engage à procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre. Son obligation n'est qu'une obligation de moyen et non de résultat au sens de la jurisprudence actuelle des tribunaux.

Par ailleurs, conformément au code minier, le client s'engage à déclarer ou à faire déclarer par le maître d'ouvrage les forages de plus de 10 m de profondeur au BRGM. De même, conformément au code de l'environnement (décret 93743 mis à jour le 3 juin 2006), le client s'engage à établir ou à faire établir une déclaration en préfecture des sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment). ERG est en mesure d'établir un devis pour ces différents types de déclaration.

## II. - CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DES PRIX

Les prix unitaires s'entendent hors taxes. Ils seront majorés de la T.V.A. au taux en vigueur le jour de la facturation. Ils seront valables pour une période de trois mois à compter de la date de l'établissement du devis. Au-delà, les prix seront actualisés en multipliant la rémunération ou les taux unitaires initialement concernés par le rapport :

$I_m/I_0$  dans lequel :

$I_0$  = Valeur de l'index ingénierie pour le mois précédant celui de la fixation des prix ;

$I_m$  = Valeur de l'index ingénierie pour le premier mois d'exécution de la prestation.

Les quantités et le type d'investigation figurent à titre indicatif et pourront être modifiés en plus ou moins, avant ou en cours de travaux avec l'accord du client, suivant les nécessités techniques de l'étude.

Il est admis dans l'établissement des prix d'étude ou de sondages que le client s'engage à fournir à titre gratuit les prestations suivantes :

- mise à disposition des emplacements des travaux et accès à ces emplacements libres de toutes sujétions et pouvant être empruntés par nos véhicules.
- implantation de l'ensemble immobilier matérialisé sur le terrain,
- repérage et balisage des éventuels réseaux enterrés ; il aura averti ERG (ou fait avertir ERG par le maître d'ouvrage) de la présence de ces réseaux en transmettant notamment à ERG les réponses des exploitants à la Demande de Renseignements qu'il aura préalablement envoyée (respect notamment du décret 91-1147 du 14 octobre 1991 paru au JO du 9 novembre 1991).

## III. - CONDITIONS DE PAIEMENT

Le paiement de nos prestations s'effectue à hauteur de 30 % comptant à la signature de la commande, le solde dès remise de notre rapport et de la facture, au besoin à 30 jours par traite acceptée et négociable, la traite devant être retournée à la Société E.R.G. sous 48 heures et toute prorogation d'échéance engendrera un intérêt de retard de 1,5 % par mois.

Le refus d'acceptation de nos traites ou le défaut de paiement de son échéance rend immédiatement exigible l'intégralité de notre créance sans mise en demeure préalable. Le montant dû sera alors majoré de 15 % avec un minimum de 77,00 €, afin de couvrir les frais engagés.

Toute créance impayée avec ces accessoires remise aux fins d'encaissement à notre service de recouvrement est majorée de 20 % et à cette indemnité s'ajouteront naturellement les frais judiciaires et intérêts légaux majorés de 5 points. Un désaccord quelconque ne saurait constituer un motif de non paiement.

## IV. - ASSURANCES

### IV.1 Répartition des risques et responsabilités autres que la responsabilité décennale soumise à obligation d'assurance.

Le prestataire assume les responsabilités qu'il engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat.

A ce titre, le prestataire est responsable de ses prestations dont la défectuosité lui est imputable.

Le prestataire sera garanti en totalité par le client contre les conséquences de toute recherche en responsabilité dont le prestataire serait l'objet du fait de ses prestations, de la part de tiers au présent contrat, le client ne garantissant cependant le prestataire qu'au delà du montant de responsabilité visé ci-dessous pour le cas des prestations défectueuses.

La responsabilité globale et cumulée du prestataire au titre ou à l'occasion de l'exécution du contrat sera limitée au montant des garanties délivrées par son assureur, dont le client reconnaît avoir eu connaissance, et ce pour les dommages de quelque nature que ce soit et quel qu'en soit le fondement juridique.

Il est expressément convenu que le prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs ou non à un dommage matériel tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements ainsi que tout dommage indirect.

### IV.2 Clause de seuil

#### IV.2.1 Assurance décennale obligatoire

Le prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance auprès de la SMABTP au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L.241-1 du Code des assurances.

Ce contrat impose une obligation de déclaration préalable et d'extension de garantie pour les ouvrages dont le coût total HT (travaux et honoraires compris) excède, à la date d'ouverture du chantier, 26 000 000 € pour les ouvrages soumis à l'obligation d'assurance de responsabilité décennale.

Il est expressément convenu que le client a l'obligation d'informer le prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, le cas échéant, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'extension de la garantie.

Le client prend également l'engagement, en cas de souscription d'un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), de faire le nécessaire pour que le prestataire soit mentionné parmi les bénéficiaires de cette garantie de responsabilité décennale de seconde ligne. Le maître d'ouvrage s'engage par ailleurs à lui fournir copie de la police souscrite.

En tout état de cause, il appartiendra au client de prendre en charge toute éventuelle surcotisation qui serait demandée au prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance.

#### IV.2.2 Ouvrages non soumis à l'obligation d'assurance

Les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède un montant de 6 000 000 € pour les ouvrages de génie civil en convention spéciale Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie et 2 000 000 € en génie civil en convention spéciale Responsabilité Professionnelle de l'Economie de la Construction doivent faire l'objet d'une déclaration préalable auprès de l'assureur du prestataire pour détermination des conditions d'assurance décennale. Le client a l'obligation d'informer le prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte de prendre à sa charge toutes les éventuelles conséquences financières liées à ce dépassement de seuil.

## V. - CLAUSE ATTRIBUTIVE DE JURIDICTION

Toute contestation quelle qu'en soit la cause, sera du ressort du Tribunal de Commerce de Nice qui a la compétence exclusive, même en cas d'appel en garantie ou de pluralité de défendeur, et ce, notwithstanding toutes clauses contraires.

**SOCIÉTÉ MUTUELLE D'ASSURANCE DE BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS**  
**ASSURANCE MUTUELLE DES TRAVAUX PUBLICS - BTP**  
 Siège social : 300 Boulevard Michelet - 13255 Marseille cedex 13 - France  
 N° de téléphone : 04 91 23 24 00  
 N° de télécopie : 04 91 23 24 01  
 Pour tout renseignement contactez :  
 SMABTP  
 300 Boulevard Michelet  
 13255 Marseille cedex 13  
 Tél : 04 91 23 24 00  
 Fax : 04 91 23 24 01

**CONTRAT D'ASSURANCE PROFESSIONNELLE BTP**  
**INGENIERIE, ECONOMIE DE LA**  
**CONSTRUCTION**  
**« RESPONSABILITES PROFESSIONNELLES »**

Attestation d'assurance 2012

Valable à compter du 01/01/2012 jusqu'au 31/12/2012

La SMABTP certifie que le sociétaire ERG est titulaire d'un contrat d'assurance professionnelle BTP Ingénierie, Economie de la Construction n° 411579 P 7306000-001 273631, à effet du 01/01/1997, comportant les conventions spéciales :

- Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie Bâtiment
- Responsabilité Professionnelle de l'Ingénierie Génie Civil
- Responsabilité Professionnelle de l'Expertise Construction

garantisant, à ce jour, les risques indiqués ci-après pour les missions suivantes :

Etudes techniques sous corps d'états

Maitrise d'œuvre pour les études géotechniques

Investigations et ingénierie géotechnique

Soit :

- Etudes spécialisées en techniques du sol comportant : exécution de forages, essais et mesures géotechniques, établissement d'un rapport d'interprétation des résultats avec ou sans proposition des dispositions à prendre pour la fondation des ouvrages.
- Etudes spécialisées pour l'établissement de calculs et plans d'exécution des ouvrages de fondations avec ou sans contrôle d'exécution.

Diagnostic géotechnique avant et après sinistre

Expertise de la construction

Etudes et conseils en environnement

**2. ASSURANCE DE RESPONSABILITE PROFESSIONNELLE (CONVENTION**  
**INGENIERIE BATIMENT)**

Le contrat garantit les conséquences pécuniaires des responsabilités professionnelles énumérées ci-dessous incombant au sociétaire :  
 - du fait des missions indiquées précédemment,  
 - pour une participation à des opérations de construction d'un ouvrage soumis à l'obligation d'assurance.

**2.1 - Responsabilité décennale et bon fonctionnement**

| Garanties de responsabilité décennale (1)   | Montants de garantie   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>pour les chantiers ouverts entre le 01/01/2012 et le 31/12/2012</li> <li>obligatoire conformément aux dispositions légales (articles L.241-1, L.242-1 et L.243-1 du Code des assurances). Cette garantie est accordée pour la durée de dix ans à compter de la réception visée à l'article 1792-4-1 du Code civil. Elle est gérée en capitalisation.</li> <li>lorsque le sociétaire intervient en qualité de sous-traitant pour les dommages de nature décennale selon les articles 1792 et 1792-2 du Code civil. Cette garantie est accordée pour une durée limitée de dix ans à compter de la réception visée à l'article 1792-2 du Code civil.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>le montant du coût des travaux de réparation de l'ouvrage (les travaux de réparation, notamment en cas de remplacement des ouvrages, comprennent également les travaux de démolition, déblaiement, dépose ou démontage éventuellement nécessaires) (2)</li> </ul> |

(1) La participation du sociétaire doit porter sur des opérations de construction d'un ouvrage dont le coût total prévisionnel de construction hors taxes (travaux et honoraires compris), déclaré par le maître d'ouvrage, n'est pas supérieur à 26 000 000 €. Au-delà de ce montant, le sociétaire doit nous déclarer le chantier concerné et souscrire, auprès de la SMABTP, un avenant d'adaptation de garantie. A défaut, il sera fait application d'une règle proportionnelle selon l'article L. 121-5 du Code des assurances.

(2) Cette disposition ne s'applique pas lorsqu'il est recouru à un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale. Pour toute opération de construction d'un ouvrage soumis à l'obligation d'assurance d'un coût total prévisionnel de travaux et honoraires supérieur à 15 000 000 € HT, la souscription d'un Contrat Collectif est vivement recommandée.

| Garantie de bon fonctionnement   | Montants de garantie   |
|--|------------------------|
| Pour les chantiers ouverts entre le 01/01/2012 et le 31/12/2012 selon l'article 1792-3 du Code civil | 610 000 € par sinistre |

**2.2 - Autres responsabilités professionnelles**

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| dommages corporels   | 3 354 000 € par sinistre           |
| dommages matériels   | 610 000 € par sinistre             |
| dommages immatériels   | 305 000 € par sinistre             |
| tous dommages confondus directement ou indirectement dus ou liés à l'immixtion ou à tout matériau contenant de l'amiante | 1 000 000 € par sinistre et par an |
| tous dommages confondus d'atteinte à l'environnement accidentelle  | 305 000 € par sinistre et par an   |

**1. ASSURANCE DE RESPONSABILITE CIVILE EXPLOITATION (CONVENTION DES**  
**RISQUES DE L'EXPLOITATION)**

Le contrat garantit les conséquences pécuniaires de la responsabilité incombant au sociétaire à l'occasion de l'exploitation de sa société pour l'exercice de son activité.

| Garanties   | Montants de garantie                                       |
|---|--|
| -RC dommages corporels  | 3 354 000 € par sinistre                                   |
| -RC dommages matériels et immatériels   | 610 000 € par sinistre                                     |
| Tous dommages (corporels, matériels, immatériels) en cas de faute inexcusable à l'égard d'un de vos préposés ou d'un tiers  | 1 000 000 € par sinistre et par an                         |
| Tous dommages (corporels, matériels, immatériels) en cas de faute inexcusable affectant plus d'un préposé ou plus d'un intérimaire, consécutifs à un même fait dommageable (le montant total de la garantie, par année d'assurance, ne doit pas dépasser 2 000 000 €) | 2 000 000 € par sinistre et par an                         |
| Tous dommages confondus (corporels, matériels, immatériels) directement ou indirectement dus ou liés à l'immixtion ou à tout matériau contenant de l'amiante  | 1 000 000 € par sinistre et par an                         |
| Tous dommages confondus (corporels, matériels, immatériels) d'atteinte à l'environnement accidentelle   | 410 000 € par sinistre et par an                           |
| Protection juridique  | 15 000 € par Page<br>Maxi : 61 000 € par année d'assurance |

**3. ASSURANCE DE RESPONSABILITE PROFESSIONNELLE (CONVENTION**  
**INGENIERIE GENIE CIVIL)**

Le contrat garantit les conséquences pécuniaires des responsabilités professionnelles énumérées ci-dessous incombant au sociétaire :  
 - du fait des missions indiquées précédemment,  
 - pour une participation à des opérations de construction d'un ouvrage non soumis à l'obligation d'assurance mentionnée au contrat.

**3.1 - Responsabilité décennale**

| Garantie de responsabilité décennale  | Montants de garantie     |
|---|--------------------------|
| Selon les articles 1792 et 1792-4-1 du Code civil y compris lorsque le sociétaire intervient en qualité de sous-traitant pour les dommages de nature décennale visés aux articles 1792 et 1792-4-2 du Code civil. | 1 500 000 € par sinistre |

La participation du sociétaire doit porter sur des opérations de construction d'un ouvrage dont le coût total prévisionnel de construction hors taxes (travaux et honoraires compris), déclaré par le maître d'ouvrage, n'est pas supérieur à 6 000 000 €.

Au-delà de ce montant, le sociétaire doit nous déclarer le chantier concerné et souscrire, auprès de la SMABTP, un avenant d'adaptation de garantie.

A défaut, la garantie ne s'applique pas.

**3.2 - Autres responsabilités professionnelles**

| Garanties  | Montants de garantie               |
|--|------------------------------------|
| -RC dommages corporels   | 3 354 000 € par sinistre           |
| -RC dommages matériels   | 610 000 € par sinistre             |
| -RC dommages immatériels   | 305 000 € par sinistre             |
| Tous dommages confondus (corporels, matériels, immatériels) directement ou indirectement dus ou liés à l'immixtion ou à tout matériau contenant de l'amiante | 1 000 000 € par sinistre et par an |
| Tous dommages confondus (corporels, matériels, immatériels) d'atteinte à l'environnement accidentelle  | 305 000 € par sinistre et par an   |

**4. ASSURANCE DE RESPONSABILITE PROFESSIONNELLE (CONVENTION**  
**EXPERTISE DE LA CONSTRUCTION)**

Le contrat garantit les conséquences pécuniaires de la responsabilité incombant au sociétaire, pour les dommages causés aux tiers, du fait de ses missions déclarées ci-dessus.

| Garanties  | Montants de garantie               |
|--|------------------------------------|
| -RC dommages corporels   | 3 354 000 € par sinistre           |
| -RC dommages matériels   | 153 000 € par sinistre             |
| -RC dommages immatériels   | 77 000 € par sinistre              |
| Tous dommages confondus (corporels, matériels, immatériels) directement ou indirectement dus ou liés à l'immixtion ou à tout matériau contenant de l'amiante | 1 000 000 € par sinistre et par an |
| Tous dommages confondus (corporels, matériels, immatériels) d'atteinte à l'environnement accidentelle  | 153 000 € par sinistre et par an   |

La présente attestation ne peut engager la SMABTP au-delà des clauses et conditions du contrat précité auquel elle se réfère.

Fait à MARSEILLE, le 04/01/2012.

LE DIRECTEUR GENERAL  
 Par délégation

SMABTP  
 300, Bd Michelet - 13255  
 Entrée 3, B2 - Lutz  
 13255 MARSEILLE cedex 13  
 Tél : 04 91 23 24 00  
 Fax : 04 91 23 24 01

**CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE  
UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE (version décembre 2006)**

### **1. Cadre de la mission**

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'oeuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G11), d'étude géotechnique d'avant projet (G12), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'oeuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

### **2. Recommandations**

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en oeuvre.

### **3. Rapport de la mission**

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

#### **CONDITIONS PARTICULIERES**

##### **1. Déclaration réglementaire**

- Rappelons que conformément au code minier, le client est tenu de déclarer ou faire déclarer par le maître d'ouvrage les forages de plus de 10 m au BRGM
- Rappelons également que le client est tenu de faire établir une déclaration en préfecture des sondages et forages destinés à la recherche, à la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètre notamment).

##### **2. Sondages géotechniques**

La mission est strictement de type géotechnique. Les sondages géotechniques réalisés dans le cadre de cette mission n'ont pas pour but et donc ne peuvent pas détecter d'éventuelles pollutions des sols. Ainsi, dans le cadre de cette mission géotechnique spécifique, il n'est pas abordé le contexte environnemental (dans le cas d'une éventuelle contamination des sols, une étude environnementale comprenant des investigations adaptées pour cela doit être réalisée).

##### **3. Rapport de mission – délai de validité**

Le maître d'ouvrage est tenu de nous informer de la DROC (date réelle d'ouverture de chantier). Il devra faire réactualiser le présent rapport de mission en cas de modification du projet ou d'ouverture du chantier plus de 2 ans après la date du présent rapport. Il en sera de même en cas de travaux de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant notamment les qualités mécaniques et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique. Ces nouvelles conditions hydro-géotechniques (éléments géotechniques nouveaux) sont de nature à modifier tout ou partie des conclusions du rapport nécessitant impérativement une réactualisation de ce dernier.

**TABEAU 2 - CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE**

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

**ETAPE 1 : ETUDES GÉOTECHNIQUES PREALABLES (G1)**

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

**ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)**

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisinants.
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

**ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)**

Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
  - Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).
- Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

**ETAPE 2 : ETUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)**

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

**Phase Projet**

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

**Phase Assistance aux Contrats de Travaux**

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

**ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)**

**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXÉCUTION (G3)**

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

**Phase Etude**

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

**Phase Suivi**

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

**SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)**

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

**Phase Supervision de l'étude d'exécution**

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

**Phase Supervision du suivi d'exécution**

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

**DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)**

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

### CLASSIFICATION ET ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Tableau 1 – Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

| Étape           | Phase d'avancement du projet                               | Missions d'ingénierie géotechnique            | Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques                   | Prestations d'investigations géotechniques *         |
|-----------------|--|---|---|--|
| 1               | Étude préliminaire<br>Étude d'esquisse                     | Étude géotechnique préliminaire de site (G11) | Première identification des risques   | Fonction des données existantes                      |
|                 | Avant projet   | Étude géotechnique d'avant-projet (G12)       | Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences | Fonction des données existantes et de l'avant-projet |
| 2               | Projet<br>Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)         | Étude géotechnique de projet (G2)             | Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences    | Fonction des choix constructifs                      |
| 3               | Exécution  | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) | Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences     | Fonction des méthodes de construction mises en œuvre |
|                 |  | Supervision géotechnique d'exécution (G4)     |   | Fonction des conditions rencontrées à l'exécution    |
| Cas particulier | Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques | Diagnostic géotechnique (G5)                  | Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques                             | Fonction de la spécificité des éléments étudiés      |

\* NOTE : A définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

PROGRAMME DES ESSAIS COMPLEMENTAIRES - JUIN 12