

**INGENIERIE en
GEOTECHNIQUE et
AUSCULTATION**

Mécanique des sols et des roches
Géologie - Hydrogéologie
Mesure et Instrumentation
Environnement

6, 8, avenue Eiffel
77220 Gretz-Armainvilliers
Tél.: 33 (0)1 64 06 47 76
Fax : 33 (0)1 64 06 47 59
E-mail: info@enomfra.fr

EN • OM • FRA S. A.S.

Fondée en 1969

**ZAC DE VILLERAY
91 - SAINT-PIERRE-DU-PERRAY**

EPA SENART

**ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE
- Mission type G1 (phases ES et PGC) -**

DOSSIER N° 7273-16 - AOUT/SEPTEMBRE 2016

| Date | L'ingénieur chargé de l'étude | Modifications | Contrôle interne | |
|-----------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|-------------|
| | | | Vérificateur | Approbateur |
| 09/11/16 | VASEUX Jean | 1 ^{ère} émission | CAU Patricia | |
| 09/01/17 | | 2 ^{ème} émission | | |
| Diffusion | EPA SENART - Monsieur HADDAD Laurent | | | |

SOMMAIRE

Plan de position des sondages

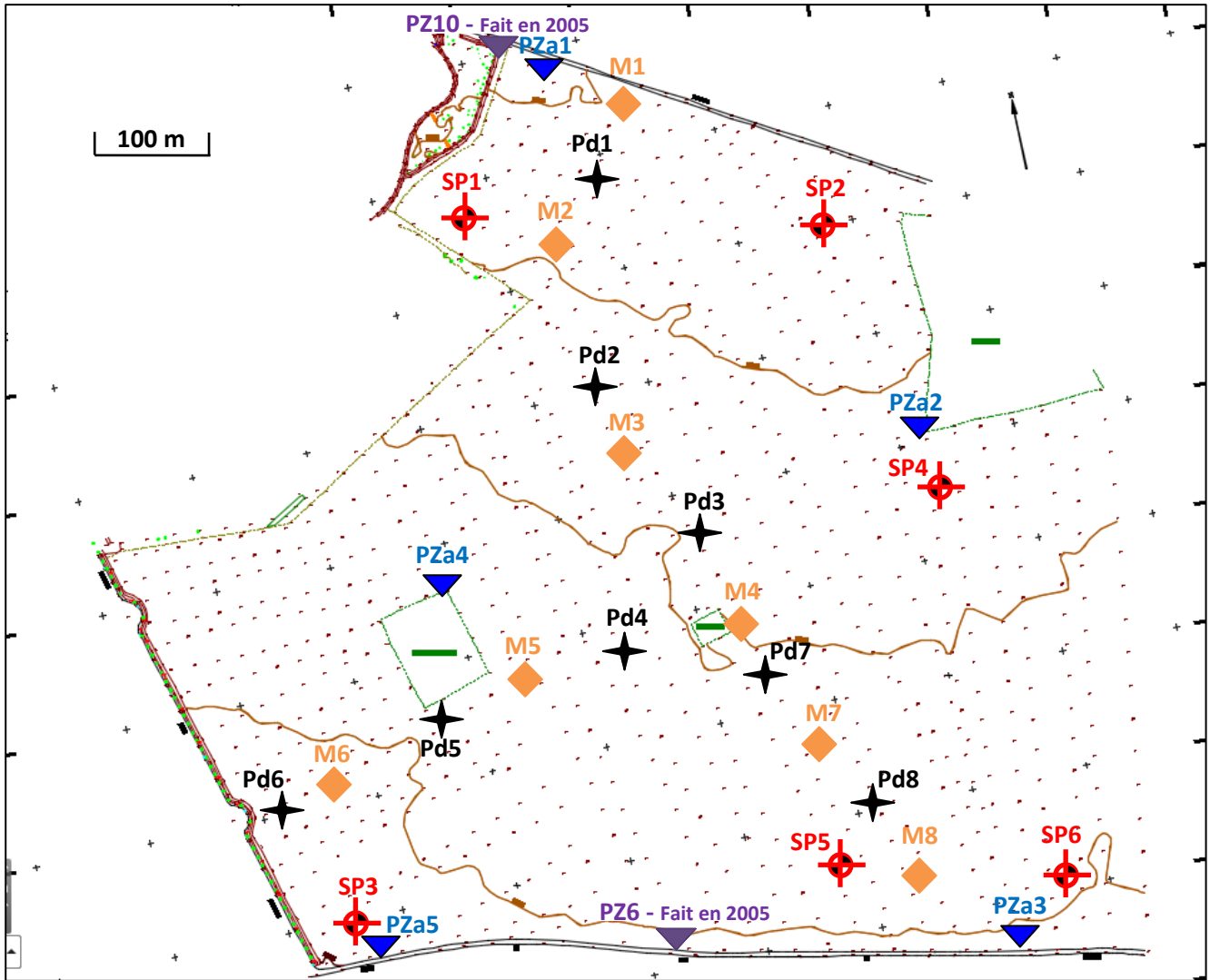
| | | |
|---------------|--|-----------|
| I - | BUT DE LA MISSION..... | 4 |
| II - | DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET | 5 |
| III - | SITUATION DU TERRAIN - ETAT ACTUEL | 5 |
| IV - | CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE | 7 |
| | A) Documents et sites consultés..... | 7 |
| | B) Géologie | 7 |
| | C) Hydrogéologie..... | 9 |
| | D) Remarque sur le contexte hydrogéologique local et la piézométrie (rappels du dossier n° 4377-04) | 10 |
| V - | ALEA « RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES » | 11 |
| VI - | MOYENS D'ETUDE - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES..... | 12 |
| VII - | NIVELLEMENT DE NOS SONDAGES | 13 |
| VIII - | ETUDE GEOLOGIQUE | 14 |
| | A) Géologie de fosses d'infiltration Matsuo | 14 |
| | B) Géologie des sondages pressiométriques | 21 |
| | C) Fiches analytiques..... | 22 |
| | D) Définition des paramètres mesurés..... | 23 |
| IX - | RELEVES DE LA NAPPE DE BRIE | 24 |
| X - | RESULTATS DES ESSAIS D'INFILTRATION TYPE MATSUO | 24 |
| XI - | ETUDE GEOTECHNIQUE | 25 |
| | A) Résultats des essais pressiométriques | 25 |
| | B) Résultats des essais de pénétration dynamique | 28 |
| | C) Résultats des essais de laboratoire | 29 |
| | D) Commentaires sur les essais géotechniques | 31 |
| | E) Principe de fondation (mission G1)..... | 32 |

| | |
|---|-----------|
| XII - ALEAS GEOTECHNIQUES..... | 34 |
| XIII - AVIS TECHNIQUES SUR LA REALISATION DES PLATES-FORMES DES FUTURES VOIRIES..... | 35 |
| A) Les épaisseurs des Limons (rappels) | 35 |
| B) Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase | 35 |
| XIV - CONCLUSIONS | 38 |






ANNEXES

- 1 - Plan de position des sondages
- 2 - Coupes techniques des piézomètres, plan d'implantation et isohypses du toit des Marnes Vertes (planche n° 3 - dossier n° 4377-04)
 - Carte piézométrique (planche n° 4 - dossier n° 4377-04)
- 3 - Fiches analytiques des essais pressiométriques et des piézomètres
- 4 - Procès-verbaux des essais Matsuo et fiches analytiques des essais de pénétration dynamique
- 5 - Procès-verbaux des essais de laboratoire
- 6 - Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique
Conditions générales des missions géotechniques

PLAN DE POSITION DES SONDAGES



LEGENDE

-  Sondage pressiométrique (SP)
-  Piézomètre (PZ)
-  Piézomètre (PZ) fait en 2005 – Dossier n°4477-05
-  Fosse d'infiltration MATSUO (M)
-  Pénétrromètre dynamique (Pd)

I - BUT DE LA MISSION

A la demande de l'EPA SENART, nous avons effectué une reconnaissance des sols préliminaire de site en vue de l'aménagement urbain de la ZAC de Villeray située sur la commune de Saint-Pierre-du-Perray (91).

Notre mission d'étude est du type G1 (phases ES et PGC) selon la classification des missions géotechniques (extrait de la Norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013 joint en **ANNEXE 6**).

Elle comporte les prestations suivantes :

- La visite du site et de son environnement par un Ingénieur Géologue Géotechnicien,
- Collectionner des données géologiques, hydrogéologiques et géotechniques à partir de nos archives, du site Infoterre du BRGM, de la Banque du Sous-Sol,
- Analyser le site et son environnement (situation, topographie, pente, etc ...),
- Procéder à l'inventaire des risques et aléas majeurs (retrait, gonflement, sources, remontée de nappe, dissolution, carrière, etc ...),
- Faire la synthèse des données,
- Le suivi technique et l'exploitation des résultats des sondages et des essais géotechnique,
- Un rapport d'étude géotechnique préliminaire de faisabilité géotechnique avec certains principes généraux d'adaptation des ouvrages au terrain (bâtiments et voiries), une première identification des risques et des capacités d'infiltration des terrains supérieurs.

Nous précisons que notre présente mission ne comporte pas le diagnostic environnemental des sols.

II - DESCRIPTION SOMMAIRE DU PROJET

→ Documents communiqués par l'EPA SENART

- * *Un programme et modalités de la consultation de la mission G1,*
- * *Une photographie aérienne du site avec les limites des secteurs à étudier,*
- * *Un schéma de développement selon étude interne de l'EPA,*
- * *Un plan topographique au 1/1000^{ème} du 21/09/15.*

Le projet prévoit l'urbanisation d'un terrain de 36 hectares environ avec la construction de 1 270 logements collectifs et d'habitat individuel. Il comportera un réseau de voiries pour desservir les différents programmes de logements. Le descriptif des bâtiments n'est pas connu à ce jour. Pour la suite du rapport, nous avons considéré des structures en R+1 à R+3 sans sous-sol et avec un niveau de sous-sol avec des hauteurs de terrassement limitées à 3.00 m.

III - SITUATION DU TERRAIN - ETAT ACTUEL

Le secteur à étudier couvre les terrains situés à l'Est de l'avenue Lachenal, limités au Nord par l'enceinte actuelle du Parc des Sports et au Sud par la route du golf qui dessert la ferme de Villeray.

Les terrains sont essentiellement occupés par des terres agricoles. On signale la présence du bassin du Trou Grillon situé au Nord/Nord-Est du périmètre d'étude.

Périmètre de l'étude

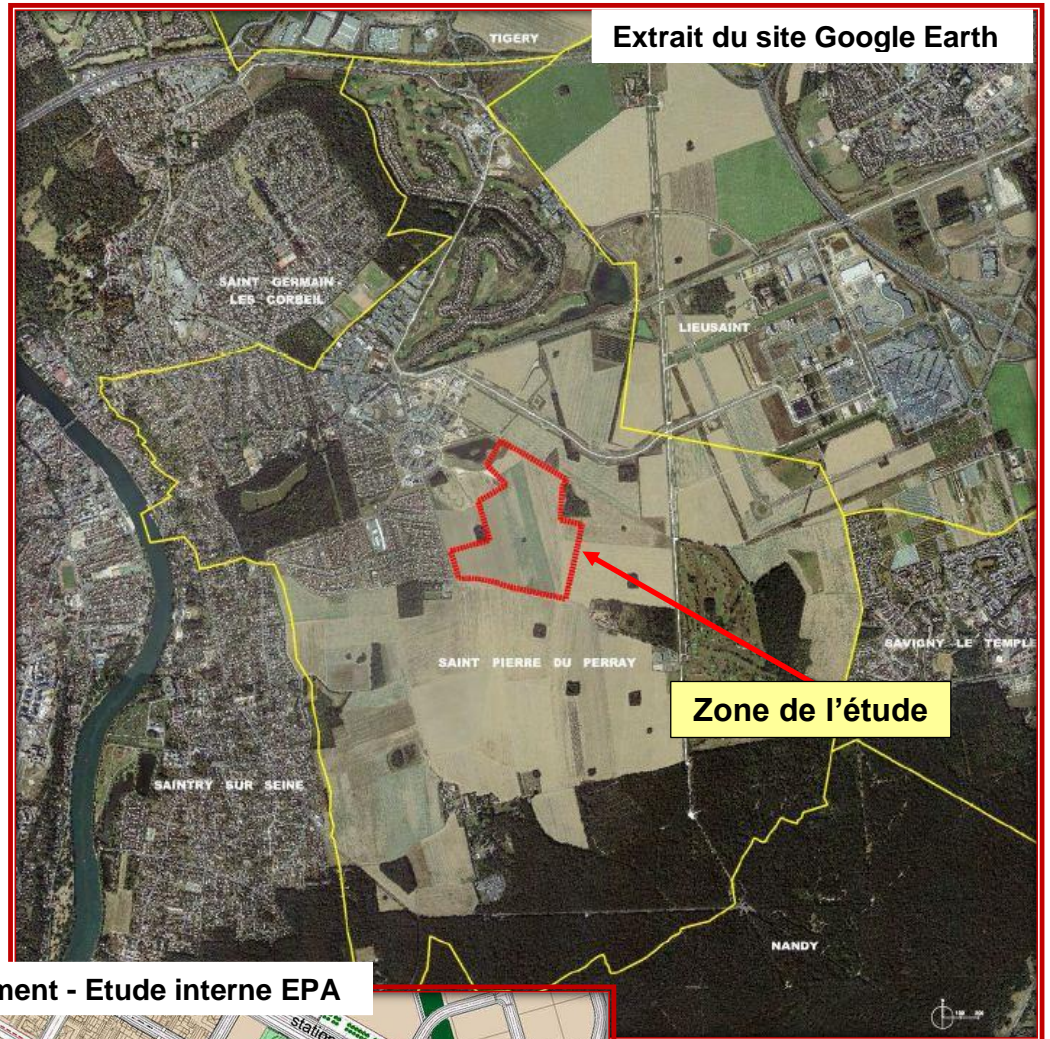
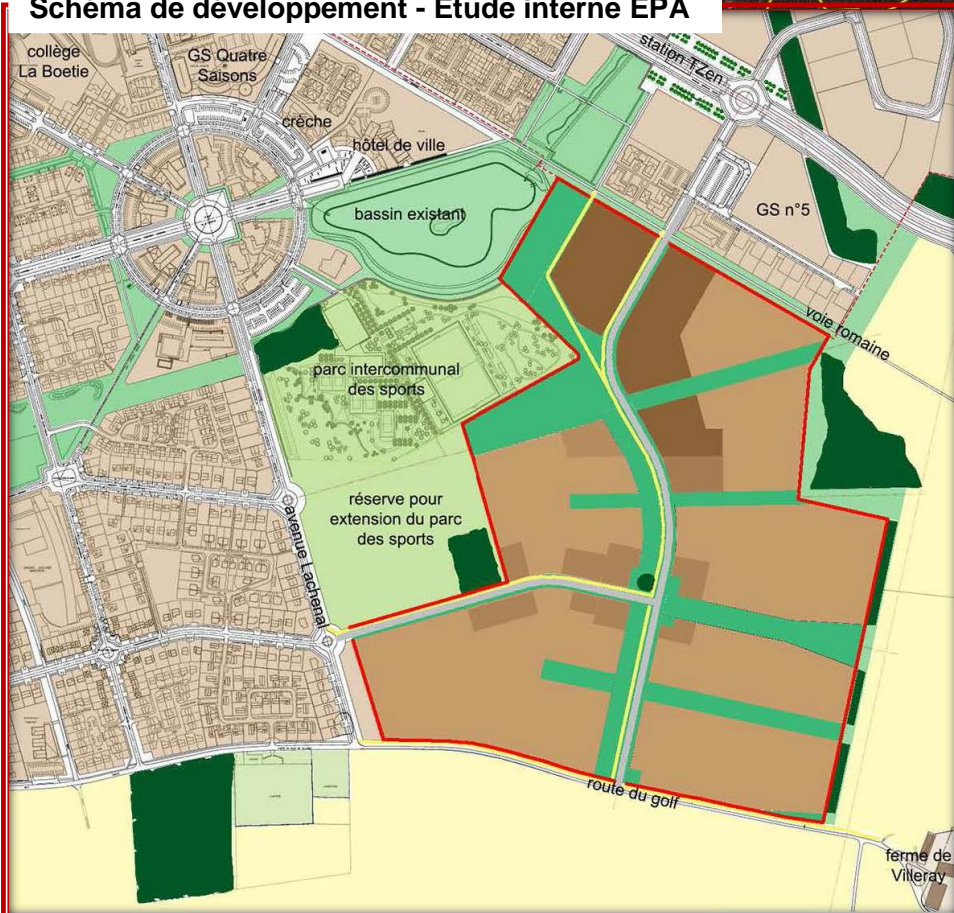


Schéma de développement - Etude interne EPA



IV - CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

A) Documents et sites consultés

- Notre rapport n° 4377-04 qui concerne la réalisation du bassin du Trou Grillon,
- Les cartes géologiques au 1/50 000^{ème},
- Le site « Infoterre » du BRGM,
- Le site « Géorisques » du BRGM.

B) Géologie

Le site à étudier se situe au carrefour de 4 cartes géologiques (Corbeil Essonne, Brie Comte Robert, Etampes et Melun). On constate, à l'examen de ces cartes, une absence totale de concordance des horizons géologiques.

Néanmoins, à partir de nos sondages réalisés dans le cadre du projet du « bassin du Trou Grillon » et de l'expertise hydrogéologique du cimetière de Saint-Pierre du Perray, nous devrions rencontrer les formations géologiques suivantes :

- Des Limons argileux et sableux peu épais (LP),
- Les Argiles à Meulière (g1b),
- Les Marnes et Calcaires de Brie (g1b),
- Les Marnes Vertes (g1a).

Le projet sera implanté au Sud du talweg du « Ruisseau des Prés Hauts » qui draine le terrain incliné vers l'Est et vers le Nord. En effet, la crête topographique se situe à l'Ouest du site, très proche de la vallée de la Seine au milieu du Parc François Mitterrand et, plus vers le Sud, au droit du « Bois d'Amour » et du cimetière de Saint-Pierre du Perray.



Les extraits des cartes géologiques assemblés sont présentés page suivante.

ZAC DU TROU GRILLON - BASSIN DE RÉTENTION
SAINT-PIERRE-DU-PERRAY (77)

EN OM FRA

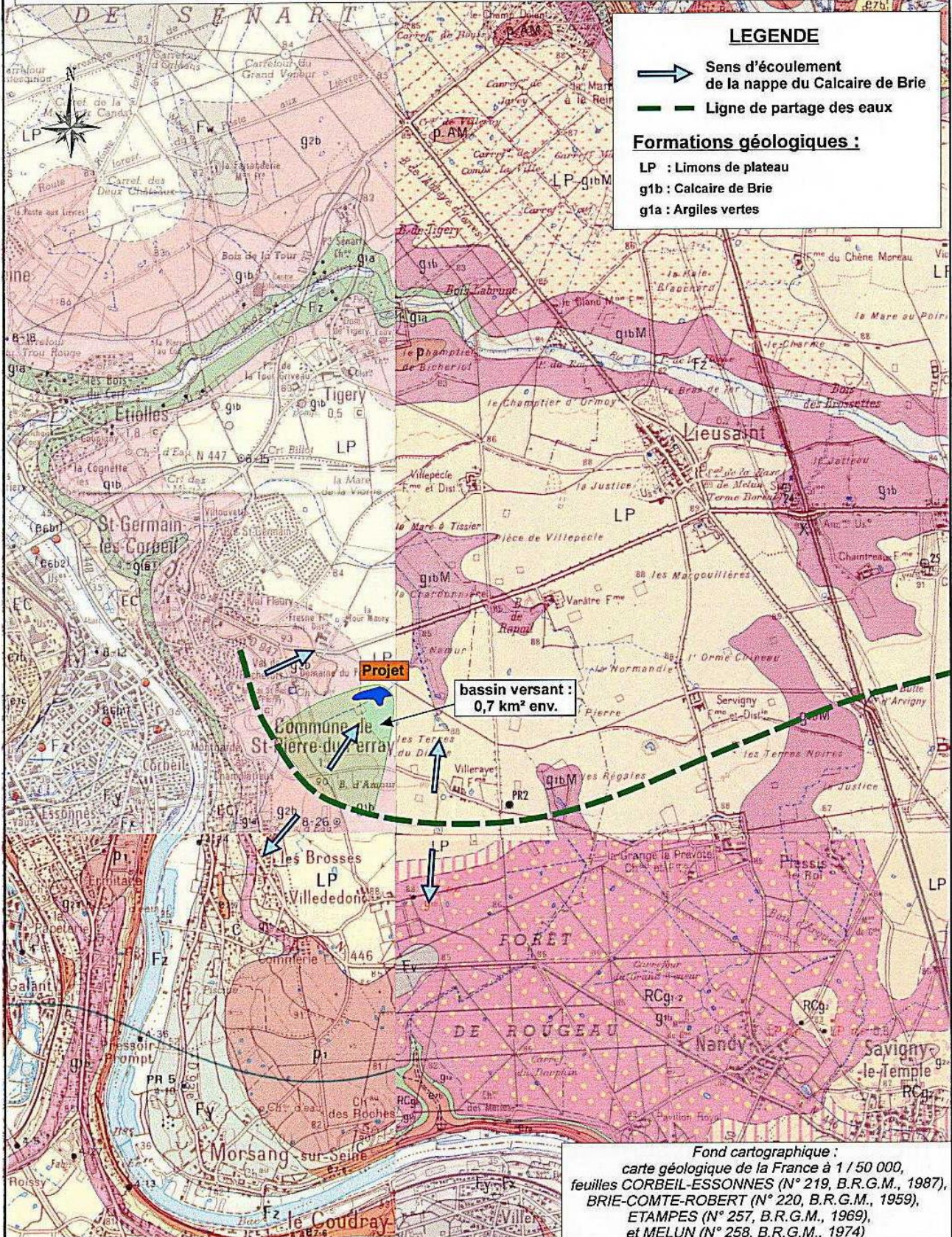
CARTE GÉOLOGIQUE (1 / 50 000)

LEGENDE

-  Sens d'écoulement de la nappe de Calcaire de Brie
-  Ligne de partage des eaux

Formations géologiques :

- LP : Limons de plateau
- g1b : Calcaire de Brie
- g1a : Argiles vertes



Fond cartographique :
carte géologique de la France à 1 / 50 000,
feuilles CORBEIL-ESSONNES (N° 219, B.R.G.M., 1987),
BRIE-COMTE-ROBERT (N° 220, B.R.G.M., 1959),
ETAMPES (N° 257, B.R.G.M., 1969),
et MELUN (N° 258, B.R.G.M., 1974)

C) Hydrogéologie

Compte tenu de la faible épaisseur de la formation de Brie, du pendage et de l'inclinaison dans le toit des Marnes Vertes, la ligne de partage des eaux souterraines suit approximativement la crête topographique entre les communes de Saint-Pierre du Perray et Plessis-le-Roi.

Dans le cadre de notre étude relative au bassin du Trou Grillon, nous avons mis en œuvre 12 équipements piézométriques (notés Pz1 à Pz12). Au droit et dans un environnement proche du secteur à étudier, nous avons mis en place les équipements suivants :

| |
|------|
| Pz4 |
| Pz5 |
| Pz6 |
| Pz7 |
| Pz10 |
| Pz11 |

Sur le site, nous avons pu identifier les équipements Pz6 et Pz10 a priori en bon état de fonctionnement.

(Les coupes techniques de ces piézomètres ainsi que le plan d'implantation et les isohypses du toit des Marnes Vertes sont reportés en **ANNEXE 2** - planche 3).

Les relevés piézométriques des 12 piézomètres effectués en décembre 2004 et mai 2005 sont reportés dans le tableau suivant.

| Référence | Cote IGN 69 | Cote ortho (-0.33) | Relevé du 09/12/04 | | | Relevé du 23/12/04 | | |
|-----------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|----------------|--------------------|-------------|----------------|
| | | | Par/au TN | En cote IGN | en cote ortho. | Par/au TN | En cote IGN | en cote ortho. |
| Pz1 | 89,79 | 89,46 | 5,22 | 84,57 | 84,24 | 5,09 | 84,70 | 84,37 |
| Pz2 | 88,18 | 87,85 | 1,31 | 86,87 | 86,54 | 0,59 | 87,59 | 87,26 |
| Pz3 | 89,51 | 89,18 | 2,58 | 86,93 | 86,60 | 2,31 | 87,20 | 86,87 |
| Pz4 | 88,58 | 88,25 | 1,82 | 86,76 | 86,43 | 1,36 | 87,22 | 86,89 |
| Pz5 | 90,22 | 89,89 | 1,60 | 88,62 | 88,29 | 1,28 | 88,94 | 88,61 |
| Pz6 | 89,68 | 89,35 | 2,62 | 87,06 | 86,73 | 1,97 | 87,71 | 87,38 |
| Pz7 | 87,70 | 87,37 | 2,55 | 85,15 | 84,82 | 2,47 | 85,23 | 84,90 |
| Pz8 | 86,19 | 85,86 | 0,48 | 85,71 | 85,38 | 0,00 | 86,19 | 85,86 |
| Pz9 | 88,28 | 87,95 | 3,14 | 85,14 | 84,81 | 3,02 | 85,26 | 84,93 |
| Pz10 | 86,20 | 85,87 | 1,44 | 84,76 | 84,43 | 1,17 | 85,03 | 84,70 |
| Pz11 | 87,80 | 87,47 | 3,08 | 84,72 | 84,39 | 2,38 | 85,42 | 85,09 |
| Pz12 | 86,50 | 86,17 | 3,06 | 83,44 | 83,11 | 2,75 | 83,75 | 83,42 |

| Référence | Cote IGN 69 | Cote ortho (-0.33) | Relevé du 11/05/05 | | |
|-----------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|----------------|
| | | | Par/au TN | En cote IGN | en cote ortho. |
| Pz1 | 89,79 | 89,46 | 4,91 | 84,88 | 84,55 |
| Pz2 | 88,18 | 87,85 | 0,91 | 87,27 | 86,94 |
| Pz3 | 89,51 | 89,18 | 2,27 | 87,24 | 86,91 |
| Pz4 | 88,58 | 88,25 | 1,47 | 87,11 | 86,78 |
| Pz5 | 90,22 | 89,89 | 1,31 | 88,91 | 88,58 |
| Pz6 | 89,68 | 89,35 | 1,97 | 87,71 | 87,38 |
| Pz7 | 87,70 | 87,37 | 1,93 | 85,77 | 85,44 |
| Pz8 | 86,19 | 85,86 | 0,25 | 85,94 | 85,61 |
| Pz9 | 88,28 | 87,95 | 2,30 | 85,98 | 85,65 |
| Pz10 | 86,20 | 85,87 | 1,25 | 84,95 | 84,62 |
| Pz11 | 87,80 | 87,47 | 1,55 | 86,25 | 85,92 |
| Pz12 | 86,50 | 86,17 | 2,36 | 84,14 | 83,81 |

D) Remarque sur le contexte hydrogéologique local et la piézométrie (rappels du dossier n° 4377-04)

Les sondages réalisés dans le secteur du site du bassin montrent que les Marno-calcaires de Brie ne sont pas bien développés : leur épaisseur ne dépasse pas 2.00-2.50 m et ils sont seulement présents dans la partie aval du secteur, sauf quelques lambeaux résiduels au droit du cimetière de Saint-Pierre du Perray.

A cette couche, probablement moyennement perméable, s'ajoutent, sur une bande de 200.00 m de largeur environ, des sables argileux dont la perméabilité devrait également être prise en compte.

Les deux couches forment alors un aquifère de faible productivité qui est peu présent dans les parties Ouest et Sud du secteur.

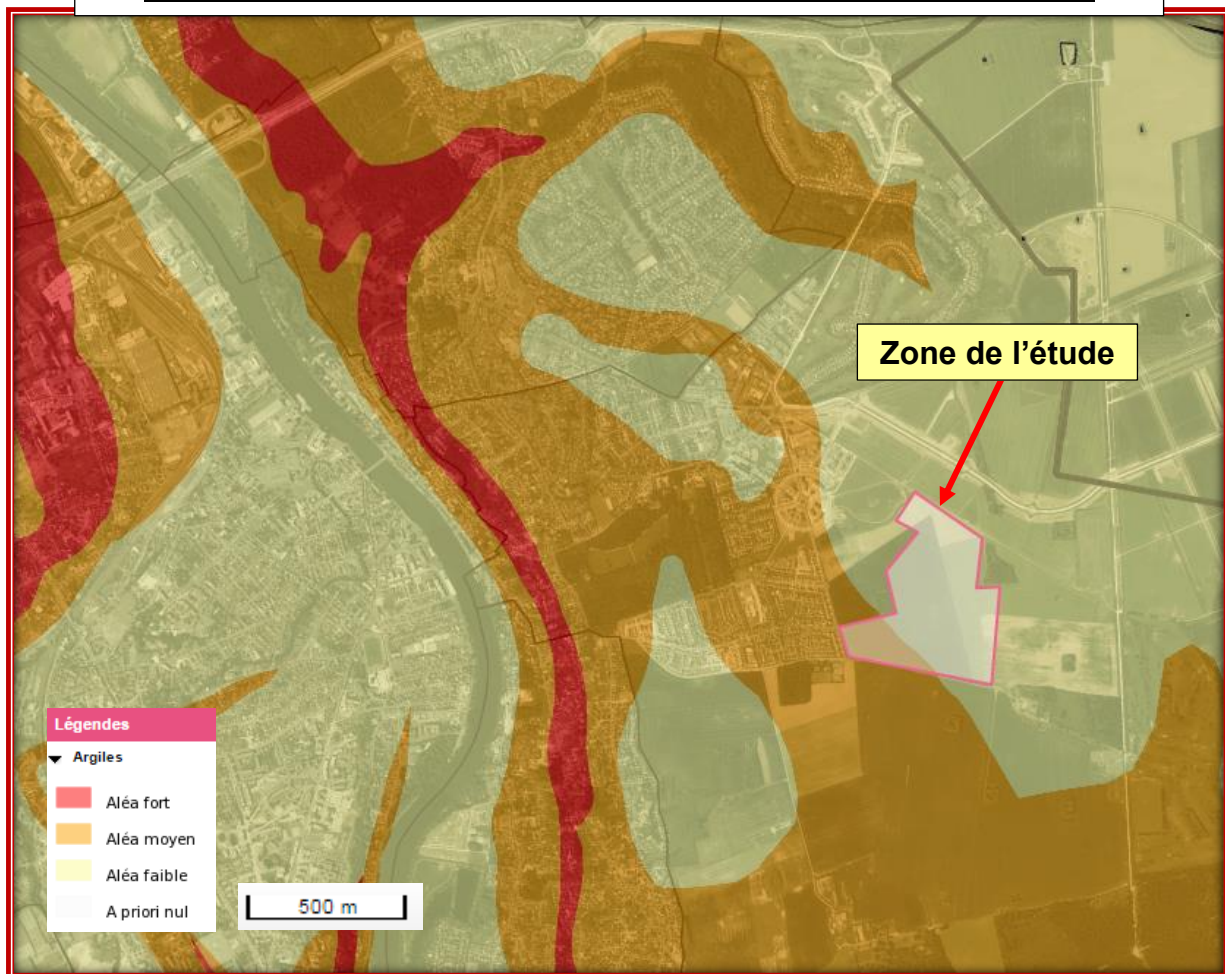
Toutefois, la carte piézométrique (cf. planche 4 en **ANNEXE 2**) montre une piézométrie tout à fait cohérente : d'après les mesures du 09/12/04, la nappe coule du Sud-Ouest vers le Nord-Est avec une pente moyenne de 0.4 %, donc sensiblement avec la même inclinaison que celle du toit des Marnes Vertes.

Il s'agit ici certainement d'une **piézométrie d'un état d'étiage**, en prenant en compte que les mesures ont été effectuées au début de l'hiver et la recharge inférieure à la moyenne de l'année hydrologique précédente (109 mm en 2003/2004).

Entre le 09/12/04 et le 11/01/05, on observe une remontée généralisée du niveau de la nappe entre 0.19 m (piézomètre Pz10) et 1.52 m (piézomètre Pz11). Cette remontée nous laisse présager de fortes variations du niveau de la nappe dans le cas où l'hiver serait particulièrement humide.

V - ALEA « RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES »

D'après l'examen de la carte d'aléa « retrait-gonflement des Argiles » du BRGM, le terrain à étudier s'inscrit dans une zone d'aléa faible (secteur Est/Nord-Est) et d'aléa moyen (secteur Sud/Sud-Ouest). Cependant, étant donné le manque de concordance entre les cartes géologiques, il faut prendre cette information avec prudence.

Extrait de la carte du BRGM « Retrait-gonflement des Argiles »**VI - MOYENS D'ETUDE - PROGRAMME D'INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES**

Nous avons réalisé, à l'aide d'une sondeuse type SOCOMAFOR 50-65, d'un pénétromètre léger type TG 30-20 et d'une pelle mécanique, une reconnaissance des sols qui se décompose de la façon suivante :

- 6 sondages pressiométriques de 8.00 et 20.00 m de profondeur (notés SP1 à SP6),
- 5 équipements piézométriques ancrés dans les Argiles Vertes (notés Pza1 à Pza5),
- 8 essais de pénétration dynamique de 2.00 à 3.00 m de profondeur ou menés au refus (notés Pd1 à Pd8),
- 8 fosses d'infiltration de type Matsuo descendues vers 1.00-1.10 m de profondeur (notées M1 à M8),
- 9 prélèvements de sol entre 0.30 et 0.90 m de profondeur pour analyse en laboratoire.

L'ensemble des opérations a été réalisé du 22 août au 12 septembre 2016 par une équipe de Sondeurs-Géotechniciens, sous le contrôle d'un Ingénieur-Géotechnicien.

VII - NIVELLEMENT DE NOS SONDAGES

Les relevés en (x, y et z) de l'ensemble des sondages sont rassemblés dans le tableau ci-après (référence WGS 84).

| Réf. sondage | Latitude (Nord) | Longitude (Est) | NGF ortho. (m) |
|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| SP1 | 48.61155° | 2.51771° | 86.6 |
| SP2 | 48.61060° | 2.52021° | 86.7 |
| SP3 | 48.60592° | 2.51365° | 89.45 |
| SP4 | 48.60779° | 2.52106° | 87.5 |
| SP5 | 48.60545° | 2.51747° | 89.6 |
| SP6 | 48.60498° | 2.52106° | 89.1 |
| Pza1 | 48.61206° | 2.51786° | 85.97 |
| Pza2 | 48.60873° | 2.52129° | 87.3 |
| Pza3 | 48.60465° | 2.52114° | 89.27 |
| Pza4 | 48.60828° | 2.51545° | 88.59 |
| Pza5 | 48.60563° | 2.51384° | 89.43 |
| Pd1 | 48.611108° | 2.51807° | 86.8 |
| Pd2 | 48.60964° | 2.51785° | 87.45 |
| Pd3 | 48.60830° | 2.51875° | 87.9 |
| Pd4 | 48.60744° | 2.51696° | 88.2 |
| Pd5 | 48.60734° | 2.51494° | 88.95 |
| Pd6 | 48.60695° | 2.51295° | 89.35 |
| Pd7 | 48.60689° | 2.51853° | 88.15 |
| Pd8 | 48.60580° | 2.51826° | 88.45 |
| M1 | 48.611162° | 2.51853° | 86.35 |
| M2 | 48.61026° | 2.51741° | 86.9 |
| M3 | 48.60915° | 2.51876° | 87.6 |
| M4 | 48.60746° | 2.51868° | 87.85 |
| M5 | 48.60753° | 2.51579° | 88.5 |
| M6 | 48.60707° | 2.51354° | 89.2 |
| M7 | 48.60631° | 2.51840° | 88.35 |
| M8 | 48.60529° | 2.51816° | 88.65 |
| Pz4 (dossier 4377) | -- | -- | 88.25 |
| Pz5 (dossier 4377) | -- | -- | 89.89 |
| Pz6 (dossier 4377) | -- | -- | 89.35 |
| Pz7 (dossier 4377) | -- | -- | 87.37 |
| Pz10 (dossier 4377) | -- | -- | 85.87 |
| Pz11 (dossier 4377) | -- | -- | 87.47 |

VIII - ETUDE GEOLOGIQUE

A) Géologie de fosses d'infiltration Matsuo

→ Fosse M1 :

De 0.00 à 0.40 m : De la Terre Végétale

De 0.40 à 0.70 m : Des Argiles sablo-graveleuses à Meulière marron

De 0.70 à 1.00 m : De l'Argile à Meulière

Echantillon n° 126.4 (Ech. 4)



→ **Fosse M2** :

De 0.00 à 0.30 m : De la Terre Végétale

De 0.30 à 0.90 m : L'Argile limoneuse marron

De 0.90 à 1.00 m : De l'Argile à Meulière

Echantillon n° 126.5 (Ech. 5)



→ **Fosse M3 :**

De 0.00 à 0.30 m : De la Terre Végétale

De 0.30 à 0.70 m : Des Argiles limono-sableuses marron avec graviers de Meulière

De 0.70 à 1.10 m : De l'Argile à Meulière rousse et grise avec de GROS BLOCS
($\varnothing \approx 0.40$ m)

Echantillon n° 126.6 (Ech. 6)



→ **Fosse M4 :**

De 0.00 à 0.30 m : De la Terre Végétale

De 0.30 à 0.50 m : Des Limons argileux

De 0.50 à 0.80 m : Des Argiles à graviers de Meulière

De 0.80 à 1.00 m : Des Argiles à gros blocs de Meulière ($\varnothing \approx 0.80$ m)

Echantillon n° 126.7 (Ech. 7)



→ **Fosse M5 :**

De 0.00 à 0.30 m : De la Terre Végétale

De 0.30 à 1.00 m : Des Limons argileux

De 1.00 à 1.05 m : Le toit des Argiles à Meulière

Echantillon n° 126.5 (Ech. 5)



→ **Fosse M6 :**

De 0.00 à 0.30 m : De la Terre Végétale

De 0.30 à 1.00 m : Des Limons argileux

De 1.00 à 1.05 m : Le toit des Argiles à Meulière

Echantillon n° 126.2 (Ech. 2)



→ **Fosse M7 :**

De 0.00 à 0.35 m : De la Terre Végétale

De 0.35 à 0.60 m : Une Argile limoneuse marron

De 0.60 à 1.00 m : Une Argile rousse avec de gros blocs de Meulière

Echantillon n° 126.8 (Ech. 8)



→ **Fosse M8 :**

De 0.00 à 0.30 m : De la Terre Végétale

De 0.30 à 0.60 m : Des Argiles limoneuses marron

De 0.60 à 1.00 m : Des Argiles avec de gros blocs de Meulière

Echantillon n° 126.9 (Ech. 9)



B) Géologie des sondages pressiométriques

Ces sondages ont mis en évidence les natures de sols suivantes :

- De la Terre Végétale limoneuse épaisse de 0.30 à 0.40 m environ,
- Des Limons bruns, peu épais, de 0.10 à 1.20 m,
- Un complexe intermédiaire hétérogène entre les Limons et le substratum calcaire représenté par :
 - Des Argiles à Meulière,
 - Des blocs de Meulière,
 - Des Argiles sablo-marneuses,
 - Des Sables argileux,

- Des Marno-calcaires beige jaune parfois difficiles à différencier du complexe intermédiaire ; le mur de cette formation se situe entre 4.00 et 6.00 m de profondeur,
- Les argiles Vertes épaisses de 4.00 à 5.00 m et identifiées jusqu'à 7.00-10.00 m de profondeur par rapport au terrain actuel ; cette formation constitue le mur imperméable de la nappe de Brie,
- Et enfin les Marnes supragypseuses qui comprennent les Marnes de Pantin et les Marnes bleues d'Argenteuil.

C) Fiches analytiques

Les résultats des investigations géologique et géotechnique sont figurés sur les fiches analytiques qui se trouvent en **ANNEXE 2**, où nous avons reporté :

Sondages pressiométriques

- La pression limite de rupture (PL en bars)
- Le module de déformation pressiométrique (E en bars)
- La vitesse d'avancement (VA en m/heure)
- Le couple de rotation (Cr en bars)
- La pression sur l'outil (Po en bars)
- La pression d'injection (Pi en bars)
- La pression de retenue (P4 en bars)
- Une coupe géologique descriptive

Sondages piézométriques

- Une coupe géologique détaillée
- La description de l'équipement piézométrique
- Le relevé de la nappe

D) Définition des paramètres mesurés

Chacun de nos forages a été l'objet des enregistrements de paramètres suivants :

Vitesse d'avancement (Va en m/h) :

Ce paramètre mesure la vitesse instantanée d'avancement. Il est en relation directe avec les caractéristiques mécaniques des roches telles que : module d'Young, dureté, temps sonique.

Pression sur l'outil (Po en bars) :

Ce paramètre mesure la pression de poussée sur le train de tiges, il complète l'information « vitesse » en recherche de cavité, car en l'absence de réaction du terrain, dans la traversée des cavités, la poussée tombe à zéro.

Pression d'injection (Pi en bars) :

Ce paramètre mesure la pression du fluide de circulation (eau ou boue). Lorsque l'outil traverse une formation très plastique (argile ou marne), la pression (Pi) croît ; à l'inverse dans des terrains perméables à fort indice de vide la (Pi) chute fortement.

Couple de rotation (Cr en bars) :

Ce paramètre mesure le couple pris par l'outil pendant la foration. En l'absence de réaction du terrain, dans la traversée d'une cavité, le couple chute d'une façon significative.

Pression de retenue (P4 en bars) :

Ce paramètre mesure la retenue hydraulique ; il est lié à l'action de retenue du train de tige ; il évite la chute de celui-ci en cas de présence de vides francs.

IX - RELEVES DE LA NAPPE DE BRIE

Les coupes techniques des piézomètres sont reportées en **ANNEXE 3** (pour information, nous avons également reporté les coupes des piézomètres Pz4 à Pz7, Pz10 et Pz11 de notre mission de 2004).

Les relevés sont présentés dans le tableau ci-après :

| Réf. (Pz) | Cote (ortho.) | Prof. (m) | Hauteur crépinée (m) | Horizon crépiné | Relevé du 07/09/16 | | Relevé du 29/09/16 | |
|-----------|---------------|-----------|----------------------|---|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | | | | | Prof. (m) | Prof. (Ortho.) | Prof. (m) | Prof. (Ortho.) |
| Pza1 | 85.97 | 7.00 | 1.50-7.00 | o Argiles à Meulière o Calcaires de Brie | 1.80 | 84.17 | 1.95 | 84.02 |
| Pza2 | 87.30 | 7.40 | 1.40-7.40 | o Toit des Argiles Vertes | 0.70 ! | 86.60 | 1.70 | 85.60 |
| Pza3 | 89.27 | 7.42 | 1.20-7.40 | o Toit des Argiles Vertes | 1.80 | 87.47 | 1.85 | 87.42 |
| Pza4 | 88.59 | 5.93 | 1.60-5.93 | o Toit des Argiles Vertes | 1.60 | 86.99 | 1.78 | 86.81 |
| Pza5 | 89.43 | 7.35 | 1.00-7.35 | o Toit des Argiles Vertes | 0.70 ! | 88.73 | 1.72 | 87.71 |
| Pz6 | 89.35 | 8.00 | 1.50-8.50 | o Toit des Argiles Vertes | -- | -- | 1.66 | 87.69 |
| Pz10 | 85.87 | 8.00 | 1.20-8.00 | o Toit des Argiles Vertes | -- | -- | 2.36 | 83.51 |

X - RESULTATS DES ESSAIS D'INFILTRATION TYPE MATSUO

Les essais ont nécessité la réalisation de fouilles calibrées à l'aide d'une pelle mécanique descendues dans les Limons ou au toit des Argiles à Meulière.

Les procès-verbaux des essais sont reportés en **ANNEXE 4**.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-après :

| Réf. fosse | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6a | M6b | M7 | M8 |
|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Prof. (m) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Terrain testé | Argiles à Meulière | Argiles à Meulière | Argiles à Meulière | Argiles à Meulière | Toit des Argiles à Meulière | Base des Argiles à Meulière | Toit des Argiles à Meulière | Argiles à Meulière | Argiles à Meulière |
| Perméabilité | 1.5 x 10 ⁻⁶ m/s | 3.7 x 10 ⁻⁷ m/s | 5.7 x 10 ⁻⁶ m/s | 2.5 x 10 ⁻⁶ m/s | 6.5 x 10 ⁻⁶ m/s | 7 x 10 ⁻⁶ m/s | 2.7 x 10 ⁻⁶ m/s | 1.9 x 10 ⁻⁶ m/s | 1.7 x 10 ⁻⁶ m/s |

Nous précisons que ces essais ont été réalisés à la suite d'une période sèche.

Pour le toit des Argiles à Meulière, nous proposons de retenir une perméabilité moyenne de :

$$2.5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

XI - ETUDE GEOTECHNIQUE

A) Résultats des essais pressiométriques

La reconnaissance de sols par sondages a été suivie de la mesure « in situ » des caractéristiques mécaniques des terrains rencontrés. Cette mesure a été réalisée à l'aide d'une sonde de type BX mise en place tous les mètres dans le forage, reliée en surface à un pressiomètre de type GA.

Le tableau ci-après récapitule les résultats de ces essais. On y trouve, pour chaque sondage et chaque profondeur, en regard de la nature du terrain testé, les paramètres suivants :

PF : pression de fluage en MPa
*PL** : pression limite de rupture en MPa
E : module de déformation en MPa
E/PL : état de consolidation du sol

Remarques :

Les courbes pressiométriques corrigées selon la norme NFP 94-110 obtenues à l'aide du logiciel de traitement Expressio sont à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'Œuvre.

| Essai | Prof. essai (m) | Pf* (MPa) | Pl* (MPa) | Em (MPa) | E/Pl* |
|-------|-----------------|-----------|-----------|----------|-------|
| SP1 | 1.00 | 0.13 | 0.34 | 2.33 | 6.80 |
| SP1 | 2.00 | 1.51 | 2.36 | 22.70 | 9.63 |
| SP1 | 3.00 | 1.10 | 1.72 | 10.19 | 5.93 |
| SP1 | 4.20 | 0.81 | 1.38 | 9.46 | 6.87 |
| SP1 | 5.00 | 0.65 | 1.24 | 8.40 | 6.80 |
| SP1 | 6.00 | 0.54 | 1.32 | 12.39 | 9.38 |
| SP1 | 7.00 | 0.58 | 1.15 | 11.11 | 9.64 |

| Essai | Prof. essai (m) | Pf* (MPa) | PI* (MPa) | Em (MPa) | E/PI* |
|-------|-----------------|-----------|-----------|----------|-------|
| SP2 | 1.50 | 0.53 | 1.20 | 6.34 | 5.27 |
| SP2 | 3.00 | 0.90 | 1.57 | 8.06 | 5.15 |
| SP2 | 4.70 | 0.51 | 1.13 | 13.50 | 11.93 |
| SP2 | 6.00 | 0.53 | 1.32 | 18.10 | 13.68 |
| SP2 | 7.50 | 0.70 | 1.42 | 13.22 | 9.28 |
| SP2 | 9.00 | 1.31 | 2.49 | 44.35 | 17.85 |
| SP2 | 10.50 | 1.03 | 1.65 | 10.04 | 6.09 |
| SP2 | 12.00 | 0.93 | 2.05 | 18.63 | 9.10 |
| SP2 | 13.50 | 0.82 | 1.74 | 27.00 | 15.49 |
| SP2 | 15.00 | 0.93 | 1.86 | 17.64 | 9.49 |
| SP2 | 16.50 | 1.02 | 2.05 | 42.84 | 20.86 |
| SP2 | 18.00 | 1.36 | 2.53 | 18.86 | 7.45 |
| SP2 | 19.20 | 1.18 | 2.25 | 34.34 | 15.26 |
| SP3 | 1.20 | 0.99 | 1.25 | 9.61 | 7.67 |
| SP3 | 2.00 | >1,71 | >1,71 | 59.81 | 34.89 |
| SP3 | 3.50 | 0.35 | 0.99 | 15.88 | 16.07 |
| SP3 | 5.00 | 0.58 | 1.05 | 38.52 | 36.69 |
| SP3 | 6.50 | 0.41 | 1.14 | 13.19 | 11.54 |
| SP3 | 8.00 | 0.74 | 1.50 | 19.08 | 12.72 |
| SP3 | 9.50 | 0.76 | 2.27 | 26.75 | 11.76 |
| SP3 | 11.00 | 0.85 | 1.83 | 28.02 | 15.34 |
| SP3 | 12.50 | 0.81 | 1.39 | 57.62 | 41.39 |
| SP3 | 14.00 | 0.98 | 1.59 | 38.62 | 24.26 |
| SP3 | 15.50 | 0.73 | 1.46 | 12.70 | 8.70 |
| SP3 | 17.00 | 0.82 | 2.33 | 93.84 | 40.26 |
| SP3 | 18.50 | 0.77 | 1.97 | 31.22 | 15.86 |
| SP4 | 1.00 | 0.24 | 0.46 | 4.94 | 10.72 |
| SP4 | 2.00 | 0.24 | 0.59 | 6.60 | 11.15 |
| SP4 | 3.00 | 0.40 | 0.83 | 6.14 | 7.38 |
| SP4 | 4.00 | 0.37 | 0.75 | 16.00 | 21.30 |
| SP4 | 5.30 | 0.72 | 1.32 | 12.79 | 9.67 |
| SP4 | 6.10 | 0.44 | 1.25 | 9.83 | 7.89 |
| SP4 | 7.00 | 2.17 | 2.85 | 38.73 | 13.58 |
| SP5 | 1.00 | >1,68 | >1,68 | 39.15 | 23.25 |
| SP5 | 2.00 | >2,28 | >2,28 | 42.62 | 18.71 |
| SP5 | 3.00 | 1.55 | 2.34 | 12.50 | 5.34 |
| SP5 | 4.00 | 0.69 | 1.39 | 9.87 | 7.10 |
| SP5 | 5.00 | 0.63 | 1.36 | 15.86 | 11.67 |
| SP5 | 6.00 | 0.72 | 1.45 | 28.98 | 20.01 |
| SP5 | 7.00 | 0.75 | 1.06 | 28.63 | 27.04 |

| Essai | Prof. essai (m) | Pf* (MPa) | PI* (MPa) | Em (MPa) | E/PI* |
|-------|-----------------|-----------|-----------|----------|--------|
| SP6 | 1.50 | >1,48 | >1,77 | 143.02 | 80.67 |
| SP6 | 3.00 | 0.78 | 1.64 | 14.93 | 9.09 |
| SP6 | 4.50 | >1,54 | >1,54 | 14.39 | 9.36 |
| SP6 | 6.00 | 0.73 | 1.34 | 18.51 | 13.77 |
| SP6 | 7.50 | 0.46 | 0.95 | 8.10 | 8.57 |
| SP6 | 9.00 | 0.74 | 1.52 | 51.85 | 34.11 |
| SP6 | 10.50 | 1.05 | 1.98 | 21.68 | 10.97 |
| SP6 | 12.00 | 1.22 | 1.59 | 59.35 | 37.45 |
| SP6 | 13.50 | 0.38 | 1.76 | 716.93 | 406.88 |
| SP6 | 15.00 | 0.91 | 1.86 | 48.09 | 25.88 |
| SP6 | 16.50 | 0.62 | 1.60 | 54.70 | 34.19 |
| SP6 | 18.00 | 0.91 | 1.58 | 36.24 | 22.93 |
| SP6 | 19.50 | 2.62 | 4.58 | 81.27 | 17.76 |

B) Résultats des essais de pénétration dynamique

Le pénétromètre dynamique utilisé (modèle TG 30-20) possède les caractéristiques suivantes :

- Masses passives (M') :

| | | |
|-----------------|---|----------|
| Mandrin | : | 0.750 kg |
| Tige de battage | : | 2.500 kg |
| Pointe | : | 0.325 kg |

- Masse active (M) :

| | | |
|--------|---|-------|
| Mouton | : | 30 kg |
|--------|---|-------|

- Constantes de l'appareil :

| | | |
|-----------------------------|---|--------------------|
| Hauteur de chute (H) | : | 20 cm |
| Section droite de la pointe | : | 10 cm ² |

Les résistances de rupture en pointe ou résistantes dynamiques apparentes, Qd, ont été calculées tous les 20 cm (h) à partir de la formule des Hollandais donnée ci-après :

$$Qd = \frac{M^2 \times g \times H}{(M + M') \times A \times e}$$

Avec :

M = Masse du mouton

M' = Masse frappée (somme des masses du train de tige, de l'enclume et de la pointe)

G = accélération de la pesanteur

H = hauteur de frappe

A = surface de la plus grande section droite de la pointe

e = intervalle moyen d'enfoncement, soit :

$$e = \frac{h}{Nd} \text{ où } Nd \text{ est le nombre de coups nécessaires à un enfoncement } H.$$

Les fiches analytiques de ces essais de pénétration sont rassemblées en **ANNEXE 4**.

C) Résultats des essais de laboratoire

Nous avons prélevé 9 échantillons de sol directement sur la Terre Végétale en vue d'effectuer des essais d'identification en laboratoire.

Les procès-verbaux des essais sont présentés en **ANNEXE 5**.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau page suivante.

TAB LEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS EN LABORATOIRE

| ECHANT. N° | REFERENCES | | NATURE DU MATERIAU | TENEUR EN EAU | GRANULOMETRIE % d'éléments passant à | | | LIMITES D'ATTERBERG | | | | CLASSEMENT GTR | MATERIE ORGANIQUE | TENEUR EN SULFATE | CARACTERISTIQUES PROC | | | INDICE IPI A Wn |
|------------|------------|-------------|--|---------------|--------------------------------------|------|-------|---------------------|------------------|------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------|
| | SONDAGE N° | PROFONDEUR | | | 50 mm | 2 mm | 80 µm | W _l % | W _p % | Ip % | I _c | | | | MA S SE VOLUMIQUE | TENEUR EN EAU DE L'OPN | VALEUR DE L'IPI à Wopn | |
| 126.6 | M3-Ech.6 | 0.30-0.70 m | Argile limono-sablo-graveleuse marron | 13.2 | 100.0 | 47.7 | 38.3 | 38.2 | 26.8 | 11.3 | 2.20 | A1 | | 0.03 | | | | |
| 126.7 | M4-Ech.7 | 0.30-0.60 m | Argile limoneuse avec des graviers | | | | | | | | | | | 0.03 | 13.3 | | 13 | |
| 126.4 | M6-Ech4 | 0.40-0.70 m | Argile limono-sablo-graveleuse | 10.3 | 97.7 | 41.9 | 32.7 | 33.4 | 22.6 | 10.7 | 2.15 | B5 | | 0.12 | | | | |
| 126.9 | M8-Ech.9 | 0.30-0.60 m | Argile limoneuse - Limons | 21.4 | 100.0 | 95.0 | 90.6 | 39.3 | 25.1 | 14.2 | 1.26 | A2s | | 0.02 | | | | |
| 126.7 | M4-Ech.7 | 0.30-0.60 m | Argile limoneuse traitée à 2 % Cao | | | | | | | | | | | | 16.7 | | | |
| 126.6 | M3-Ech.6 | 0.30-0.70 m | Argile limono-sableuse et graveleuse traitée à 1 % Cao + 7 % liant | | | | | | | | | | | | 15.9 | | | |
| 126.2 | M6-Ech.2 | 0.50-0.80 m | Argile limoneuse avec des blocs | 12.1 | | | | | | 30.1 | 1.48 | | | 0.01 | | | | |

D) Commentaires sur les essais géotechniques

De l'examen des coupes de sondage et des résultats des essais géotechniques, il apparaît que :

- Les Limons, peu épais en règle générale, présentent de faibles à moyennes caractéristiques mécaniques ; un seul essai pressiométrique a été effectué au sein de cette formation (au droit de SP1) :

| |
|---|
| $PI^* \approx 0.24 \text{ MPa}$ $E \approx 2.80 \text{ MPa}$ |
| $1.00 \leq Qd \leq 3.00 \text{ MPa}$ |
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Teneur en eau naturelle (Wn) : 13 à 21.40 % ○ Classification GTR : A1m - B5 - A2s ○ Indice de plasticité (Ip) : 10.70 à 14.20 |

- Les Argiles à Meulière et le Calcaire de Brie comportent, dans l'ensemble, d'assez bonnes caractéristiques mais néanmoins hétérogènes du fait de la présence d'obstacles rocheux ; la plupart des essais de pénétration dynamique ont présenté un refus sur ces obstacles ; on signale des caractéristiques très moyennes en SP4 sur toute la hauteur de la formation :

| Caractéristiques pressiométriques | | | | | | | | | | Résistance de Pointe |
|-----------------------------------|--------------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|------------|---------|------|----------------------|
| Nombre d'essais | Moyenne harmonique | | Valeur minimale | | Valeur maximale | | Ecart type | | E/PI | QD (MPa) |
| | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | | |
| 12 | 1.00 | 9.30 | 0.46 | 4.90 | 2.30 | 64.50 | 0.50 | 16.40 | 9.20 | 3.00 à 6.00 |

- Les Argiles Vertes présentent d’assez bonnes mesures pressiométriques ; on précise que cette formation est très sensible à des variations de teneur en eau qui génèrent des phénomènes de « retrait-gonflement » :

| Nombre d'essais | Moyenne harmonique | | Valeur minimale | | Valeur maximale | | Ecart type | | E/PI |
|-----------------|--------------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|------------|---------|-------|
| | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | |
| 17 | 1.10 | 15.20 | 0.74 | 8.10 | 2.50 | 44.00 | 0.48 | 10.50 | 13.00 |

- Les Marnes supragypseuses comportent de bonnes mesures pressiométriques :

| Nombre d'essais | Moyenne harmonique | | Valeur minimale | | Valeur maximale | | Ecart type | | E/PI |
|-----------------|--------------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|------------|---------|-------|
| | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | PI* (MPa) | E (MPa) | |
| 22 | 1.60 | 26.20 | 1.30 | 10.00 | 2.30 | 750.00 | 0.28 | 154.00 | 16.00 |

E) Principe de fondation (mission G1)

E-1) Structures en R+1 à R+3 sans sous-sol

- Nous proposons un système de fondation par semelles filantes et/ou isolées, ancrées de 0.30 m minimum dans les Argiles à Meulière. Le niveau moyen d’assise des semelles sera de 0.80 à 1.00 m par rapport au terrain actuel. La contrainte de service σ (ELS) est estimée entre 200 et 350 kPa.

E-2) Structures en R+1 à R+3 avec un niveau de sous-sol

Dans cette configuration, la réalisation des infrastructures sera confrontée à la problématique de la nappe. La cote du toit des Argiles Vertes va déterminer la nature des fondations. Ainsi, on considérera les deux cas cités pages suivantes.

- **Cas du toit des Argiles ≥ 4.50 m :**

On pourra envisager un système de fondation par semelles filantes, ancrées de 0.40 m minimum dans les argiles à Meulière et/ou les Marno-calcaires de Brie avec une contrainte de service σ (ELS) de l'ordre de 200 à 300 kPa. Compte tenu de l'hétérogénéité de la formation de Brie et de la présence de blocs rocheux, les fondations isolées seront a priori proscrites (point à préciser lors des études de conception).

- **Cas du toit des Argiles vertes ≤ 4.50 m :**

On pourra envisager des fondations par pieux forés et ancrés dans les Marnes supragypseuses sous-jacentes aux Argiles Vertes, identifiées à des profondeurs variant de 7.00 à 10.00 m de profondeur ou un radier général si l'épaisseur résiduelle de la formation de Brie, sous-jacente au radier, est \geq à 0.80 m.

Problème de la nappe

Nous rappelons que la nappe de Brie a été relevée, le 29/09/16, à une profondeur variant de 1.66 à 2.36 m par rapport au terrain actuel. En période de hautes eaux, cette nappe est certainement très proche de la surface du sol.

Ainsi, pour la phase provisoire, il importera de réaliser un rabattement de la nappe afin de réaliser l'infrastructure dans de bonnes conditions.

De tels travaux seront soumis à une déclaration « loi sur l'eau ». Au préalable, il conviendra, au droit de chacun des lots avec sous-sol, de procéder à une étude hydrogéologique spécifique afin de déterminer les débits de pompage et les dispositifs à mettre en œuvre pour rabattre la nappe à au moins 1.00 m sous le niveau bas des fondations.

En phase définitive, le sous-sol sera équipé d'un cuvelage étanche selon une hauteur qui reste à déterminer par l'étude hydrogéologique spécifique (en règle générale, on retient le niveau de nappe de récurrence décennale).

Compte tenu des niveaux de nappe plutôt élevés, relevés dans une période de basses eaux, il apparaît judicieux pour les structures avec sous-sol d'envisager un système de fondation par radier général formant cuvelage jusqu'au niveau de nappe de récurrence décennale. Au-delà de ce niveau, le sous-sol sera équipé d'évents. Les éventuels locaux nobles en sous-sol seront obligatoirement cuvelés jusqu'au T.N.. Il conviendra d'évaluer l'effet « barrage » des structures cuvelées sur le niveau de la nappe.

A ce jour nous écartons une solution de tapis drainant qui permettrait de diminuer le coût des infrastructures. Cependant, cette solution mérite d'être étudiée et d'en vérifier la faisabilité auprès de la Police de l'Eau et des concessionnaires des réseaux.

XII - ALEAS GEOTECHNIQUES

On citera principalement les aléas suivants :

- Les Argiles à Meulière renferment des blocs rocheux qui nécessitent des moyens mécaniques adaptés lors des terrassements (pelle de forte puissance, BRH ...),
- Les blocs rocheux présents en fond de fouille devront être purgés et remplacés par un béton maigre faiblement dosé afin de limiter les risques de tassement différentiel,
- Les Argiles à Meulière comportent localement des horizons argileux plastiques sensibles à des variations de teneur en eau qui peuvent générer des phénomènes de retrait ; dans le cas de structures en maçonneries, il est conseillé de renforcer les chaînages verticaux et horizontaux ainsi que le ferrailage des fondations,
- Le 29/09/16, la nappe de Brie a été relevée entre 1.65 et 2.35 m de profondeur par rapport au terrain actuel ; en période de hautes eaux, le niveau de la nappe est certainement proche de la surface du sol.

XIII - AVIS TECHNIQUES SUR LA REALISATION DES PLATES-FORMES DES FUTURES VOIRIES

A) Les épaisseurs des Limons (rappels)

Au droit des fosses, les épaisseurs des Limons sont les suivantes :

| Réf. fosse | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 |
|----------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Epaisseur des Limons | Néant | 0.60 m | Néant | 0.20 m | 0.70 m | 0.70 m | 0.25 m | 0.30 m |
| Base des Limons | -- | 0.90 m | -- | 0.50 m | 1.00 m | 1.00 m | 0.60 m | 0.60 m |

Au toit des Argiles à Meulière, on signale la présence de gros blocs rocheux ($\approx 0.40-0.80$ m) au droit des fosses M3, M4, M7 et M8. De tels blocs interdisent tout traitement en place des Argiles à Meulière.

B) Partie supérieure des terrassements (PST) et classe d'arase

Il est rappelé que, selon le GTR, la mise en œuvre correcte de la couche de forme nécessite un fond de forme ayant un module E_{v2} de l'ordre de 35.00 MPa pour une couche de forme en matériaux traités et de 15.00 à 20.00 MPa pour une couche de forme en matériaux granulaires.

Compte tenu des sols en présence et selon le guide technique routier (GTR), la Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.) représentée par des Limons de classe A1 peut varier entre P.S.T. n° 01 et P.S.T. n° 2. En cas de fortes pluies, la classe d'arase pourra chuter en ARO.

Les indices IPI à la teneur en eau naturelle sont faibles mais non négligeables. Ils sont inférieurs à 7 (2 pour l'échantillon n° 99.2).

Ainsi, nous proposons que l'arase soit l'objet d'un contrôle de portance. Dans le cas d'une portance insuffisante ($E_{v2} < 30$ MPa) et dans l'objectif d'obtenir une classe d'arase AR2, il conviendra de traiter à la chaux sur 20 à 30 cm environ l'arase des terrassements pour abaisser la teneur en eau et permettre le compactage.

Nous précisons que le traitement est possible dans la mesure où un malaxage est réalisable d'un point de vue technique.

Cela suppose une élimination des éléments grossiers présents dès 0.50-0.60 m de profondeur (cas des fosses Ma, M7 et M8).

A-2 Couche de forme

Pour les voiries, sur une arase de classe AR2, la mise en œuvre d'une couche de forme s'avère nécessaire.

⇒ Couche de forme des voiries

Afin d'obtenir une plate-forme de type PF2 (au sens du manuel de dimensionnement des chaussées à faible trafic) correspondant à un module E_{v2} au moins égal à 50 MPa, il est possible d'envisager, a priori, les couches de forme définies dans le tableau page suivante.

| Nature de la couche de forme | Classe d'arase AR | Epaisseur minimum de la couche (cm) | Portance de la plate-forme |
|---|-------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Limons traités à la chaux et au ciment ou chaux + liant hydraulique | 2 | 35 | PF2 |

A-3 Structure de chaussée

La structure de chaussée reste à définir en fonction de l'usage et du trafic.

NOTES IMPORTANTES :

- Si un géotextile est placé directement sous la couche de forme, l'épaisseur de celle-ci peut être réduite en fonction du type de géotextile.
- L'épaisseur donnée ci-dessus est indicative ; elle devra être adaptée sur le chantier selon les résultats des contrôles effectués (planche d'essais préalable) et en fonction des objectifs à atteindre et de la météorologie lors des travaux de terrassement.
- Le traitement des Limons (en place ou d'apport) nécessitera une étude spécifique de laboratoire. Il convient notamment de vérifier que le sol ne contient pas de sulfates pouvant entraîner la formation de sels expansifs (ettringite ou thaumasite). Pour le cas présent, sur la base de 5 échantillons, les teneurs en sulfates sont favorables, elles sont < 0.1 %.
Les dosages courants sont de l'ordre de 1 % de chaux pour 1.5 % d'eau excédentaire et de 5 à 8 % de ciment.
- Nous attirons l'attention des entreprises sur la difficulté de terrassement du fait de la présence de blocs rocheux à faibles profondeurs. Pour mieux appréhender l'incidence technique et financière de ces obstacles, il peut être réalisé des tranchées au droit des voiries.

XIV - CONCLUSIONS

GEOLOGIE (voir paragraphe VIII, page n° 14)

Nos sondages ont mis en évidence les natures de sols suivantes :

- De la Terre Végétale,
- Des Limons peu épais, de l'ordre de 0.20 à 0.70 m (ils sont quasi-absents en M1 et M3),
- Les Argiles à blocs de Meulière et les Marno-calcaires de Brie,
- Les Argiles Vertes identifiées à partir de 4.00-5.00 m de profondeur,
- Et enfin, les Marnes supragypseuses.

HYDROGEOLOGIE (voir paragraphe IX, page n° 24)

Le 29/09/16, la nappe de Brie a été relevée entre 1.66 et 2.36 m de profondeur par rapport au terrain actuel, soit à une cote orthométrique variant de 83.51 à 87.71.

Suite aux résultats obtenus à partir des essais d'infiltration type Matsuo, nous proposons de retenir une perméabilité verticale au toit des Argiles à Meulière de 2.5×10^{-6} m/s.

GEOTECHNIQUE (voir paragraphe XI, page n° 25)

- **Principes de fondation** :

➔ **Structures en R+1 à R+3 sans sous-sol**

- Nous proposons un système de fondation par semelles filantes et/ou isolées, ancrées de 0.30 m minimum dans les Argiles à Meulière. Le niveau moyen d'assise des semelles sera de 0.80 à 1.00 m par rapport au terrain actuel. La contrainte de service σ (ELS) est estimée entre 200 et 350 kPa.

→ Structures en R+1 à R+3 avec un niveau de sous-sol

Voir nos commentaires et recommandations du paragraphe XI - E, pages n° 32 à 34.

• Plates-formes supports de voiries :

→ Voir nos commentaires et recommandations cités au paragraphe XIII, page n° 35.

ALEAS GEOTECHNIQUES

→ Voir paragraphe XII, page n° 34.

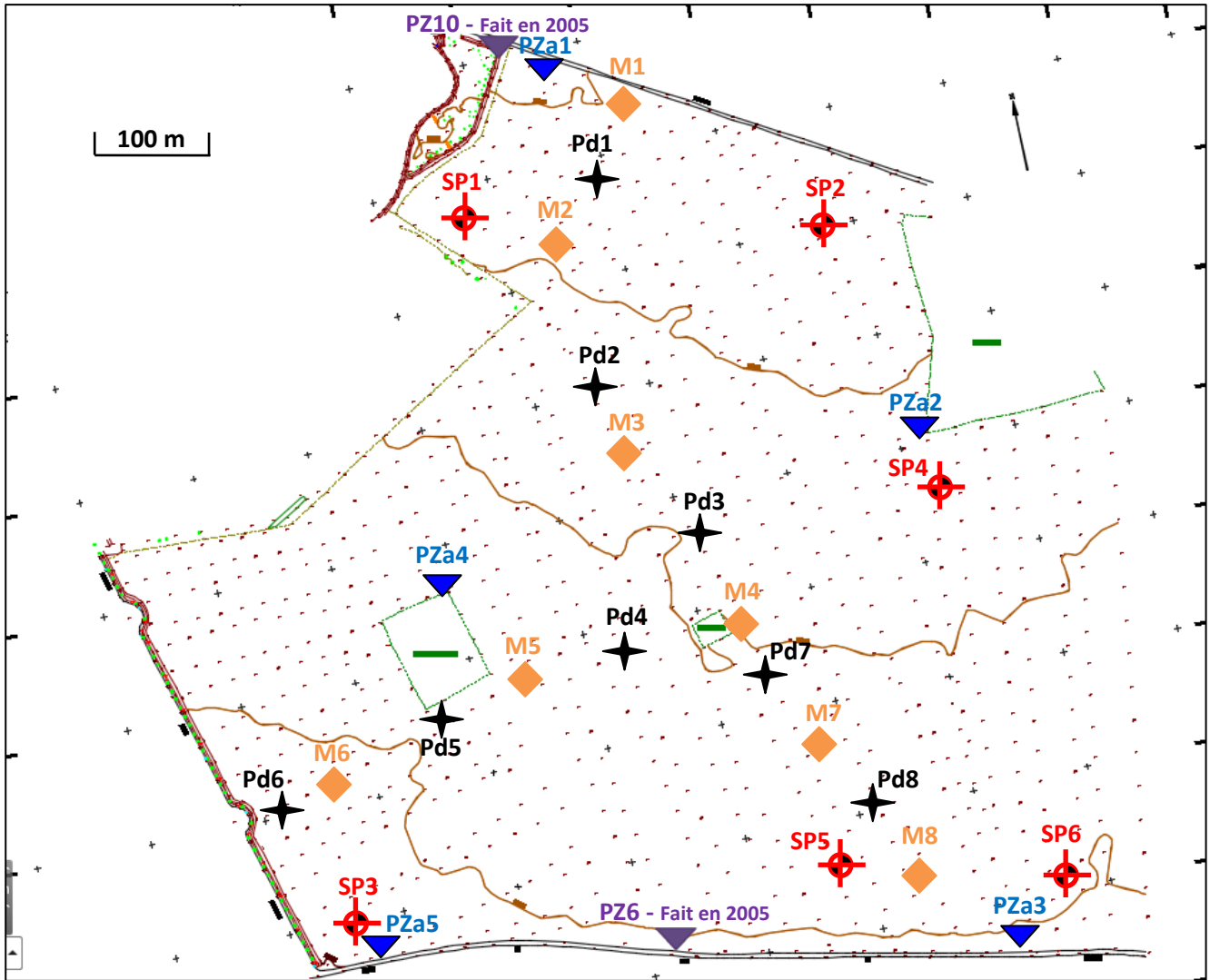
ETUDES COMPLEMENTAIRES

Conformément à la norme NF P 94-500 révisée en novembre 2013, il conviendra de procéder à l'étude géotechnique de conception G2 (phases AVP et PRO) au droit des différents projets.






Nous restons à la disposition du Maître d'Ouvrage et du Maître d'œuvre pour tout renseignement concernant notre étude.

ANNEXE 1

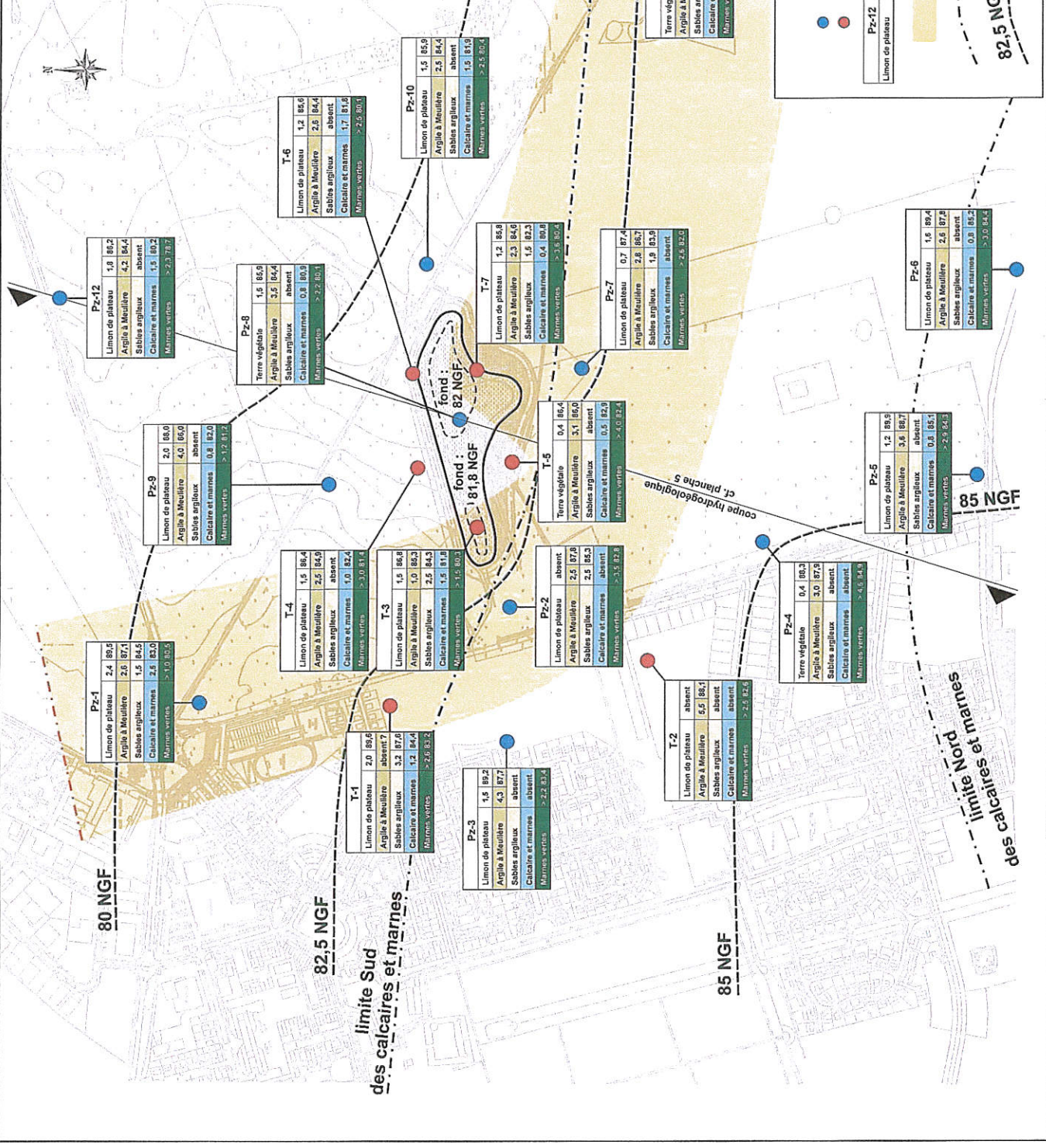
PLAN DE POSITION DES SONDAGES



LEGENDE

-  Sondage pressiométrique (SP)
-  Piézomètre (PZ)
-  Piézomètre (PZ) fait en 2005 – Dossier n°4477-05
-  Fosse d'infiltration MATSUO (M)
-  Pénétrromètre dynamique (Pd)

ANNEXE 2



Pz-12

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 1,8 | 86,2 |
| Argile à Meulière | 4,2 | 84,4 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | 1,5 | 89,2 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-8

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Terre végétale | 1,5 | 85,9 |
| Argile à Meulière | 3,5 | 84,4 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | 0,8 | 82,0 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-10

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 1,5 | 85,9 |
| Argile à Meulière | 2,5 | 84,4 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | 1,5 | 81,9 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

T-7

| | | |
|--------------------|-------|------|
| Limons de plateau | 1,2 | 85,8 |
| Argile à Meulière | 2,5 | 84,9 |
| Sables argileux | 1,5 | 82,3 |
| Calcaire et marnes | 0,4 | 80,8 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-7

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 0,7 | 87,4 |
| Argile à Meulière | 2,8 | 86,7 |
| Sables argileux | 1,9 | 83,9 |
| Calcaire et marnes | absent | |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-5

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 1,2 | 88,5 |
| Argile à Meulière | 3,6 | 86,7 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | 0,8 | 85,1 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-1

| | | |
|--------------------|-------|------|
| Limons de plateau | 2,4 | 89,5 |
| Argile à Meulière | 2,6 | 87,1 |
| Sables argileux | 1,5 | 84,5 |
| Calcaire et marnes | 2,5 | 83,0 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

T-4

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 1,5 | 88,4 |
| Argile à Meulière | 2,5 | 84,9 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | 1,0 | 82,4 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

T-1

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 2,0 | 89,6 |
| Argile à Meulière | absent | |
| Sables argileux | 3,2 | 87,0 |
| Calcaire et marnes | 1,2 | 84,4 |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-3

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 1,5 | 89,2 |
| Argile à Meulière | 4,3 | 87,7 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | absent | |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

T-5

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Terre végétale | 0,4 | 86,4 |
| Argile à Meulière | 3,1 | 86,0 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | absent | |
| Marnes vertes | > 4,0 | 82,4 |

T-2

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | absent | |
| Argile à Meulière | 5,5 | 88,1 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | absent | |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Pz-4

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Terre végétale | 0,4 | 86,3 |
| Argile à Meulière | 3,0 | 87,8 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | absent | |
| Marnes vertes | > 4,5 | 84,5 |

Pz-6

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Limons de plateau | 1,5 | 89,4 |
| Argile à Meulière | 2,5 | 87,8 |
| Sables argileux | absent | |
| Calcaire et marnes | 0,8 | 85,2 |
| Marnes vertes | > 3,0 | 84,5 |

Pz-11

| | | |
|--------------------|--------|------|
| Terre végétale | 0,4 | 87,5 |
| Argile à Meulière | 3,6 | 87,1 |
| Sables argileux | 1,2 | 81,5 |
| Calcaire et marnes | absent | |
| Marnes vertes | > 2,5 | 89,0 |

Légende

- Piezomètre (EN OM FRA, déc. 2004)
- Sondage de reconnaissance (EN OM FRA, déc. 2004)
- Désignation
- Formation géologique / épaisseur / cote du toit en NGF
- Présence de faciès sableux de la formation de Brie
- Limites Nord et Sud des faciès calcaire/marnes
- Isohypse du toit des Marnes vertes
- Cote NGF orthométrique

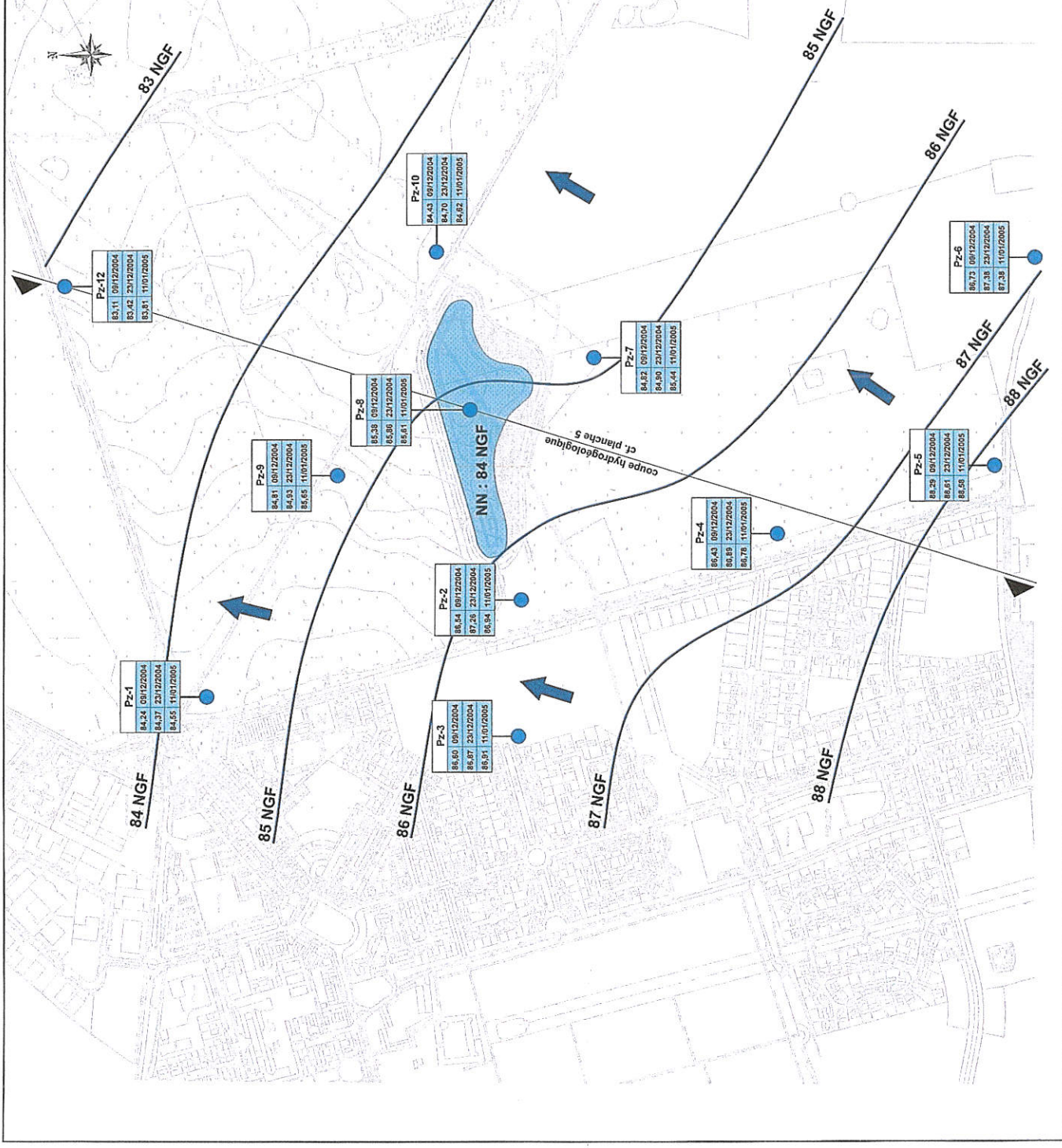
Pz-12

| | | |
|-------------------|-----|------|
| Limons de plateau | 1,8 | 86,2 |
|-------------------|-----|------|

EN OM FRA
 PLANCHE 4
 24/01/2005
**ZAC DU TROU GRILLON - BASSIN DE RÉTENTION
 SAINT-PIERRE-DU-PARRAY (77)**
 ÉTUDE D'INCIDENCE HYDROGÉOLOGIQUE
**PIEZOMÉTRIE - ÉTAT D'ÉTIAGE
 (09/12/2004)**
 Échelle : 1 / 5 000

Légende
 Piézomètre (EN OM FRA, déc. 2004) :
 ● Pz-12
 83,11 | 09/12/2004
 83,42 | 23/12/2004
 83,81 | 11/01/2005

 Désignation
 Niveau d'eau avec date
 Courbe équipotentielle
 de la nappe du Calcaire de Brie
 SENS D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE
 Cote NGF orthométrique

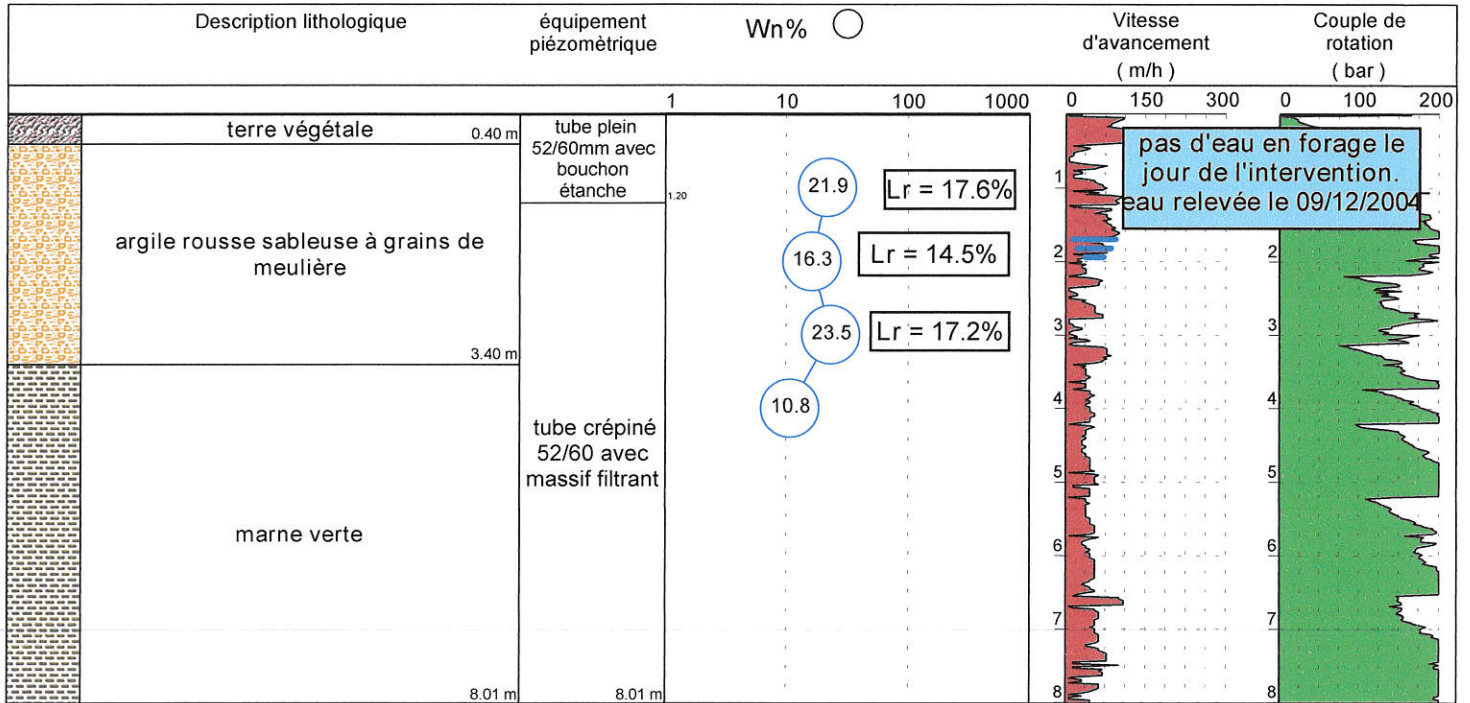


Date : 25/11/2004 cote ortho : 88.25 Méthode : tarière Nappe d'eau : 1.82 m Outil :
Début : Machine : nenzi Fluide : neant Diamètre : 114mm
Fin : Angle : 0 ° Tubage : 0 Profondeur : 0.00 - 8.01 m

1/100

Forage PZ4

EXEPF W 2.82.2/EPF F2083

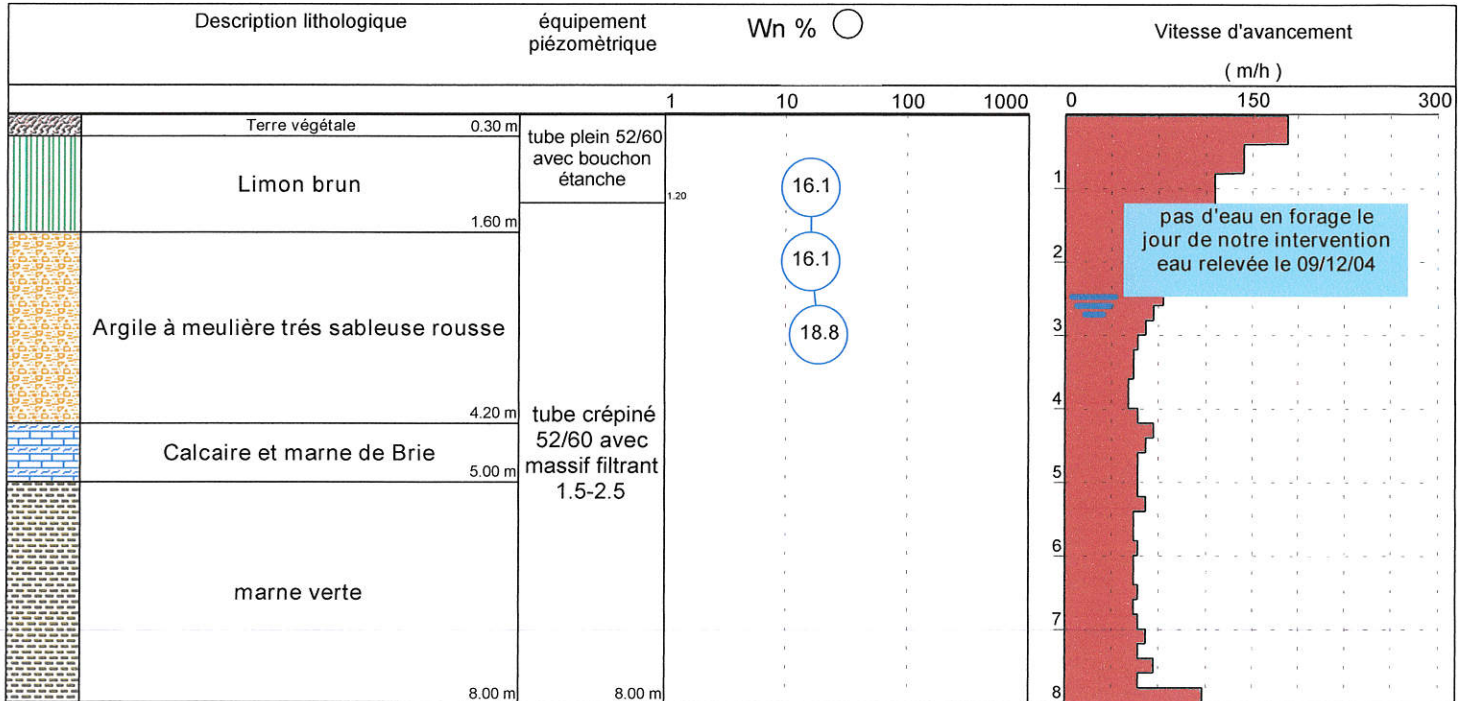


Date : 08/12/2004 cote ortho: : 89.35 Méthode : tarière Nappe d'eau : 2.6 m Outil :
 Début : Machine : nenzi Fluide : Diamètre : 114mm
 Fin : Angle : 0 Tubage : Profondeur : 0 - 8 m

1/100

Forage PZ6

EXEPF W 2.82.2/.

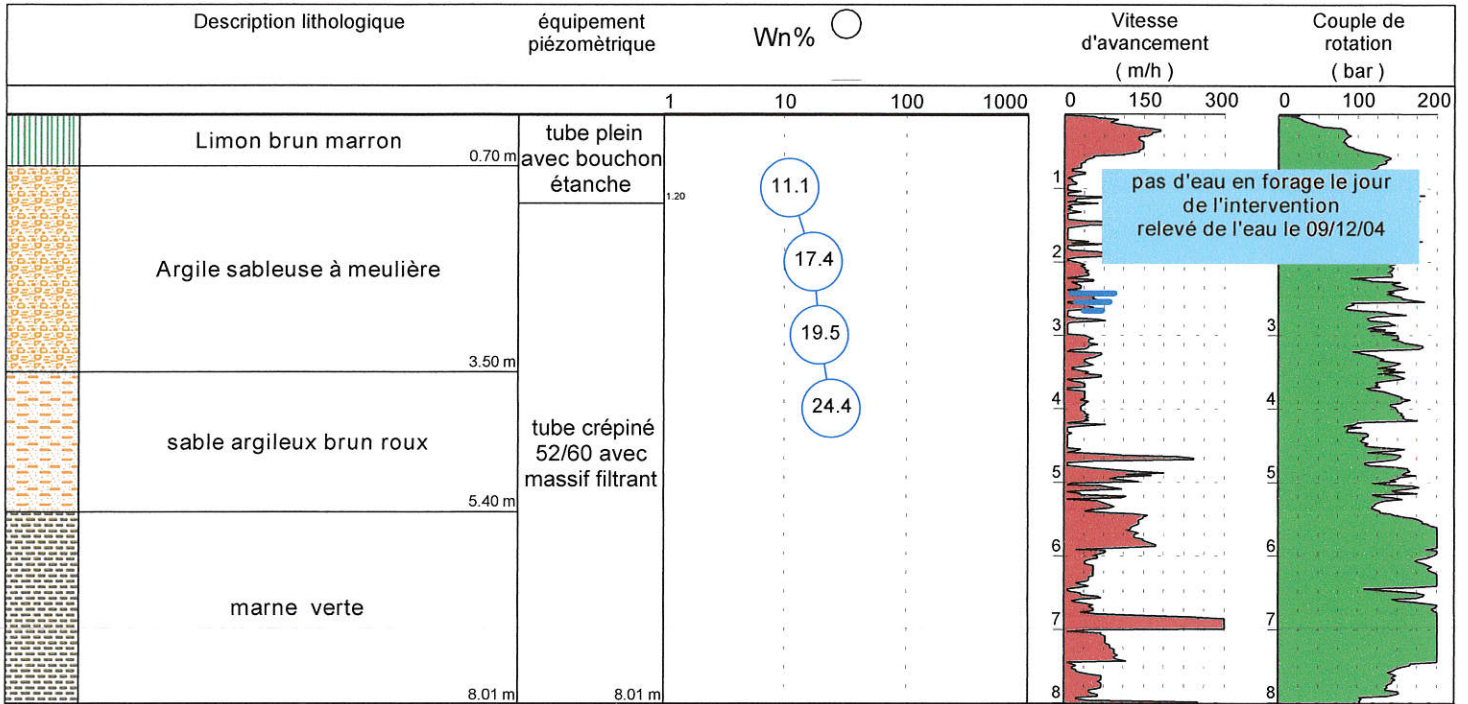


Date : 24/11/2004 cote ortho : 87.37 Méthode : tar/MFT Nappe d'eau : 2.55 m Outil :
 Début : Machine : nenzi Fluide : neant Diamètre : 114mm
 Fin : 10 h 08 Angle : 0 ° Tubage : 0 Profondeur : 0.00 - 8.01 m

1/100

Forage PZ7

EXEPF W 2.82.2/EPF F2083

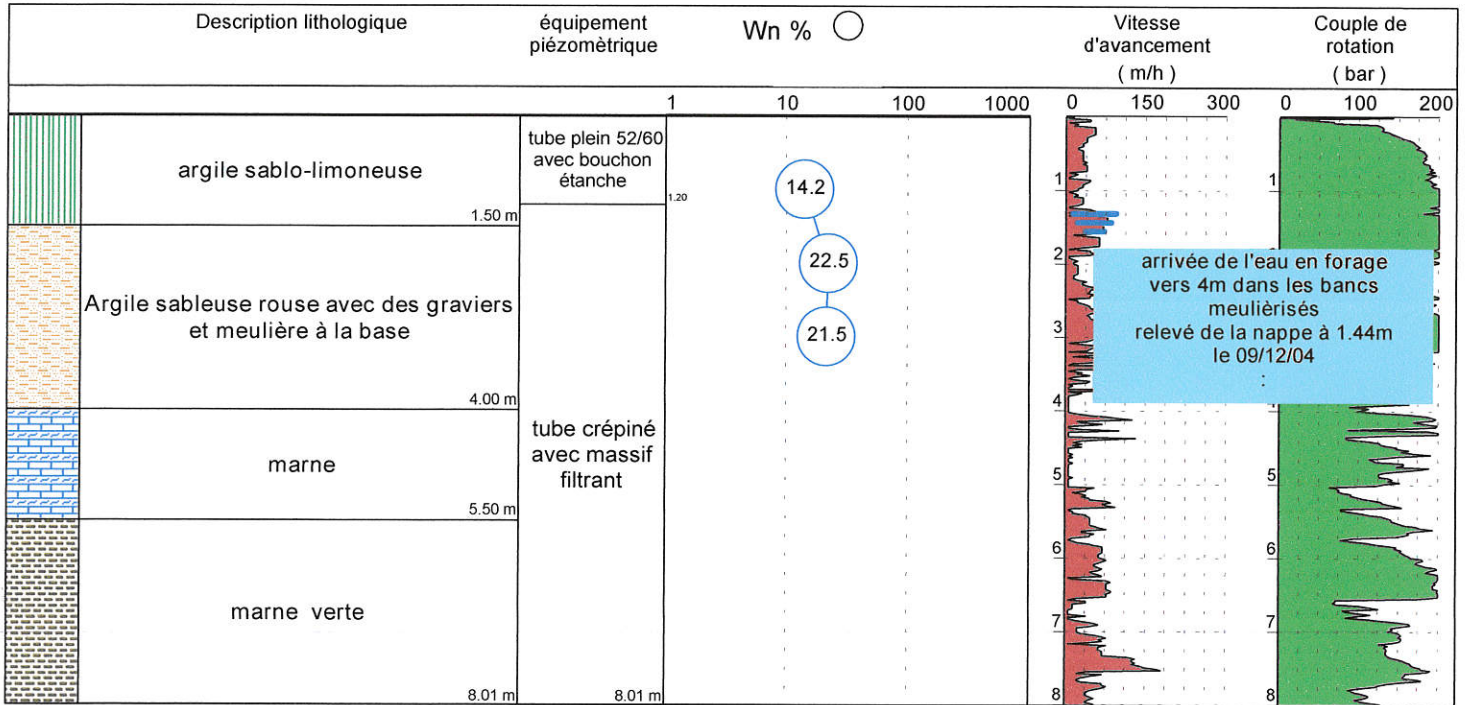


Date : 26/11/2004 cote ortho: 85.87 Méthode : tar/mft Nappe d'eau : 1.44 m Outil :
 Début : Machine : Nenzi Fluide : neant Diamètre : 114mm
 Fin : Angle : 0° Tubage : 0 Profondeur : 0.00 - 8.01 m

1/100

Forage PZ10

EXEPF W 2.82.2/EPF F2083

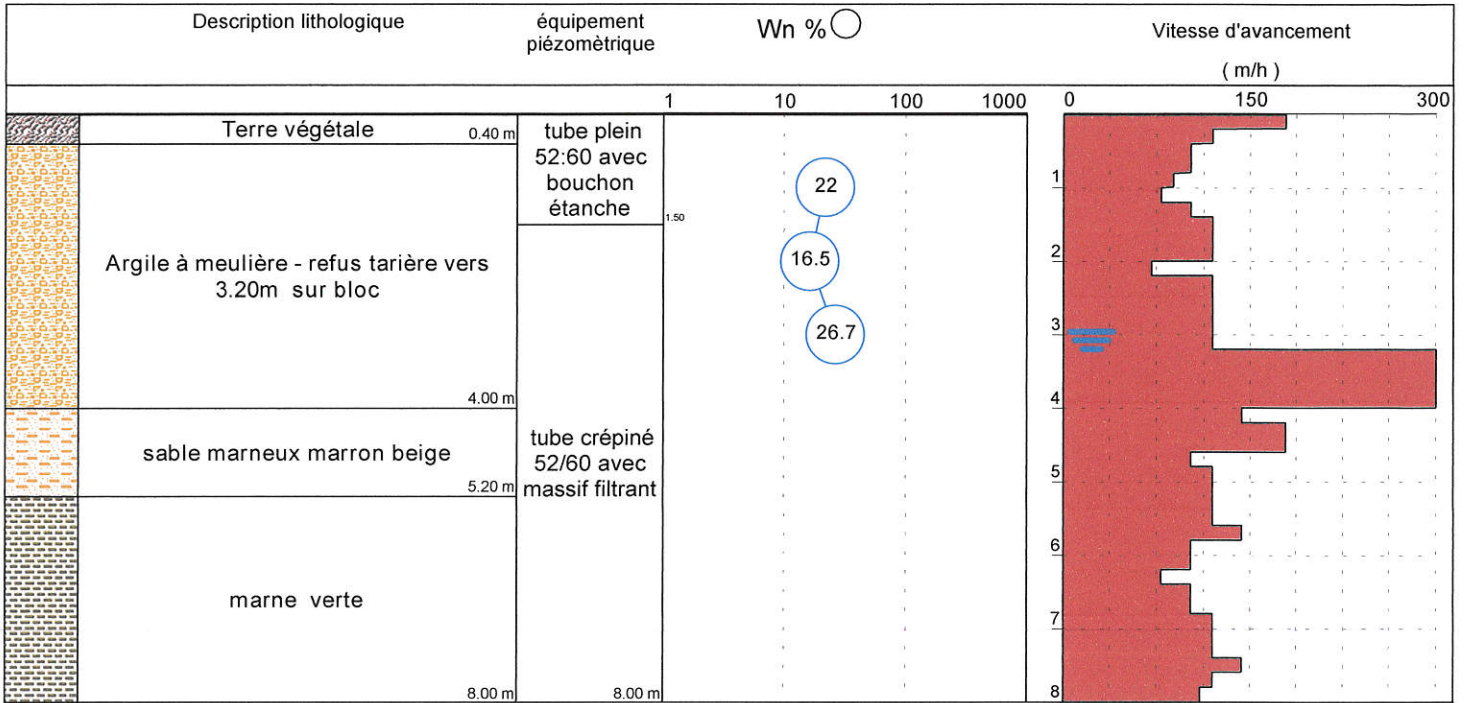


Date : 30/11/2004 cote ortho : 87.47 Méthode : tariere Nappe d'eau : 3.08 m Outil :
 Début : Machine : nenzi Fluide : . Diamètre : 114mm
 Fin : Angle : . Tubage : Profondeur : 0 - 8 m

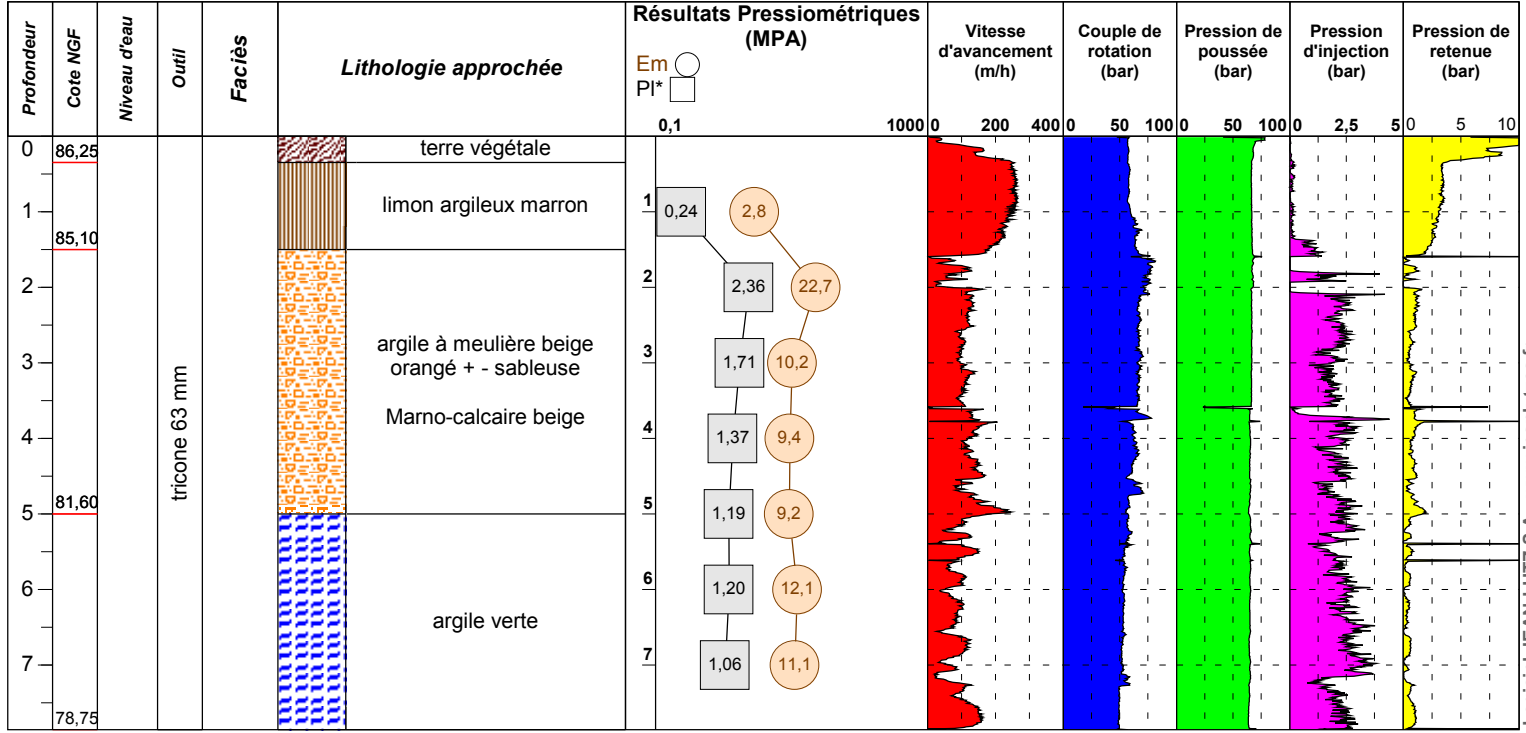
1/100

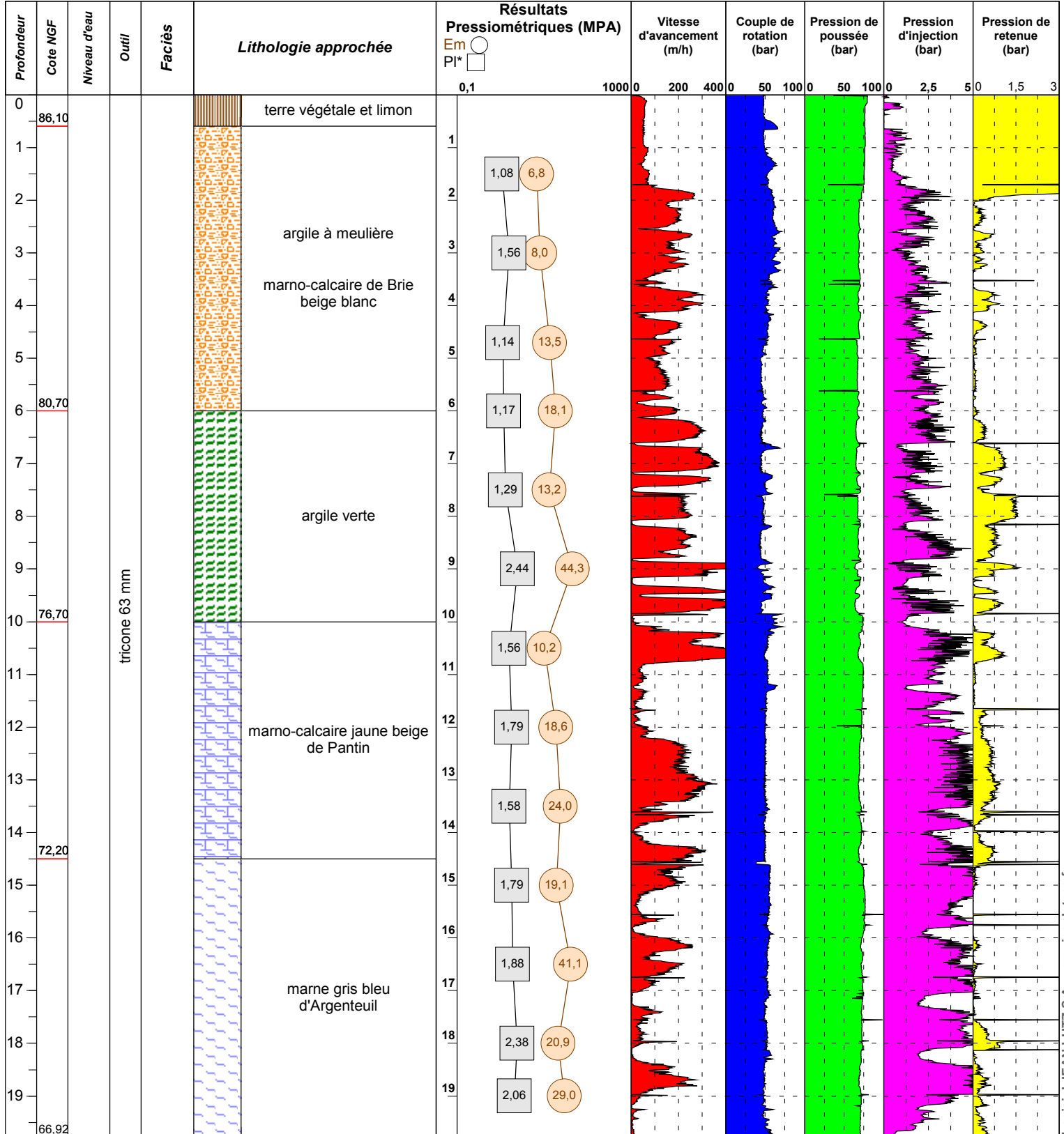
Forage PZ11

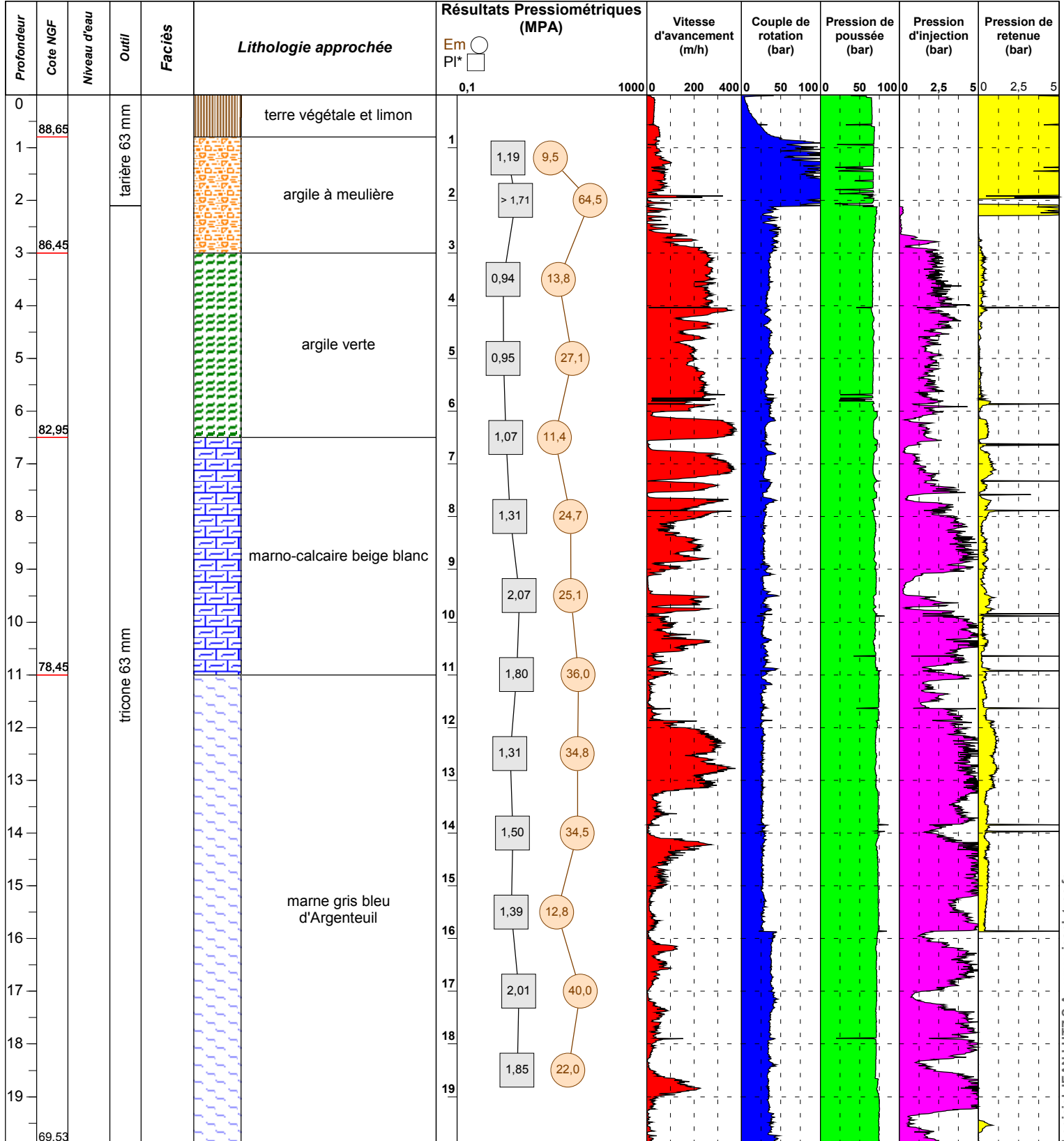
EXEPF W 2.82.2/

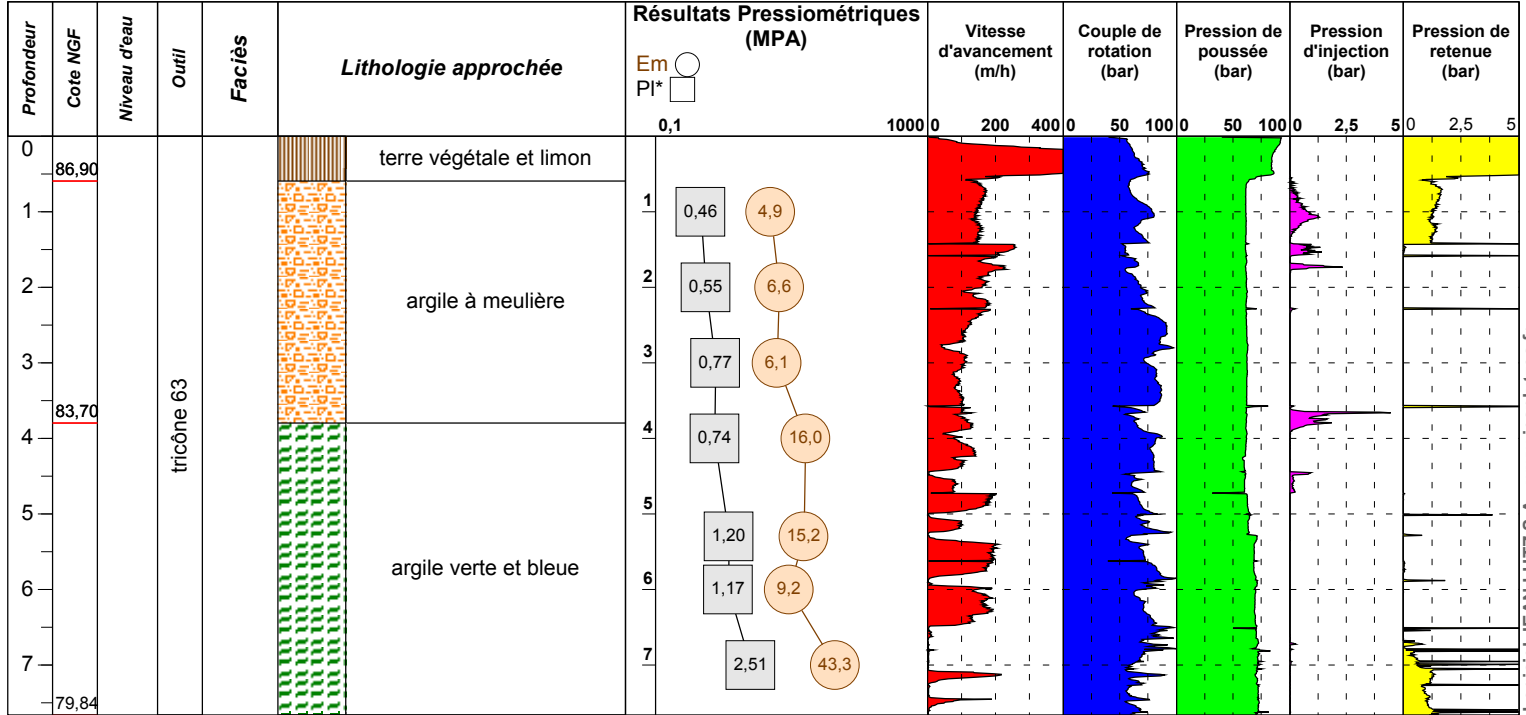


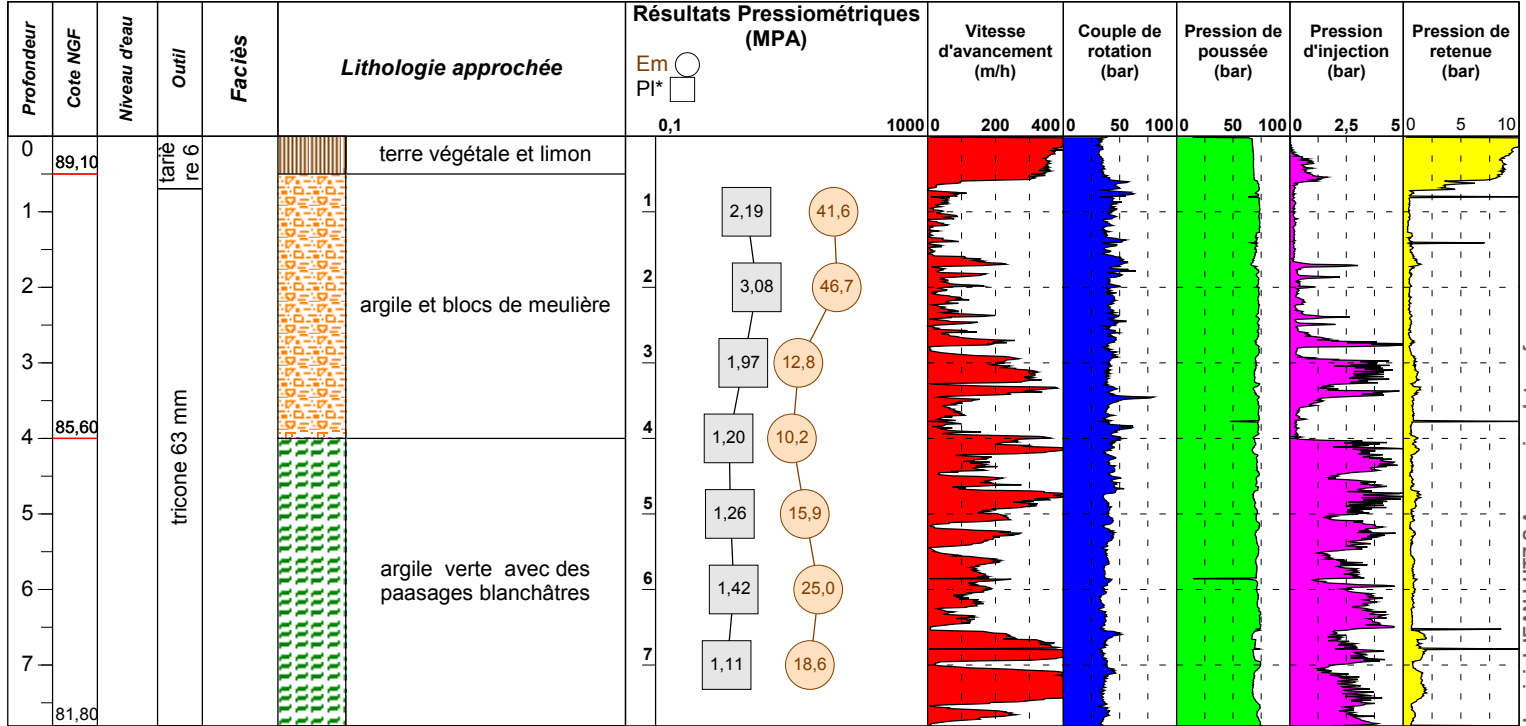
ANNEXE 3

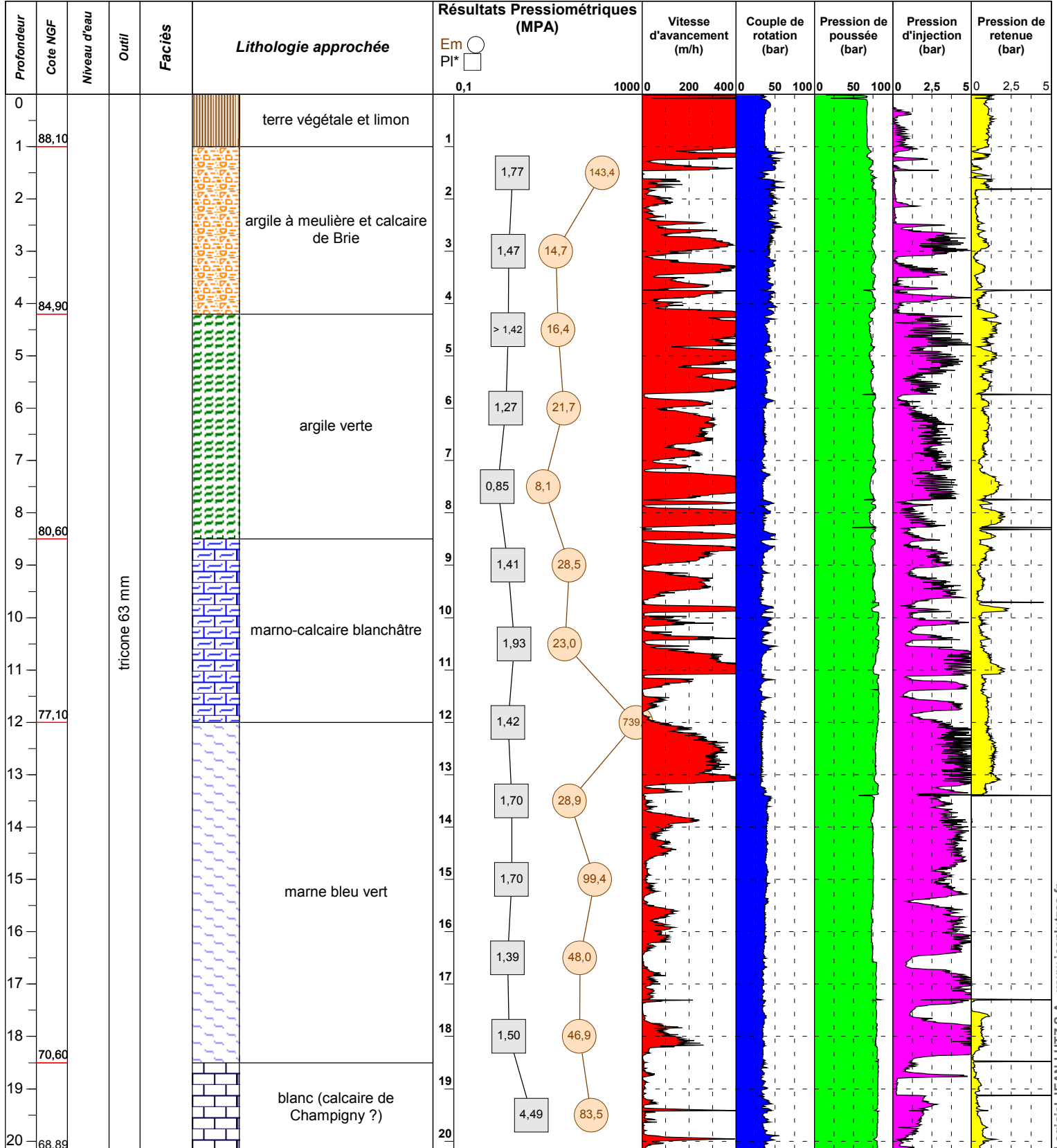


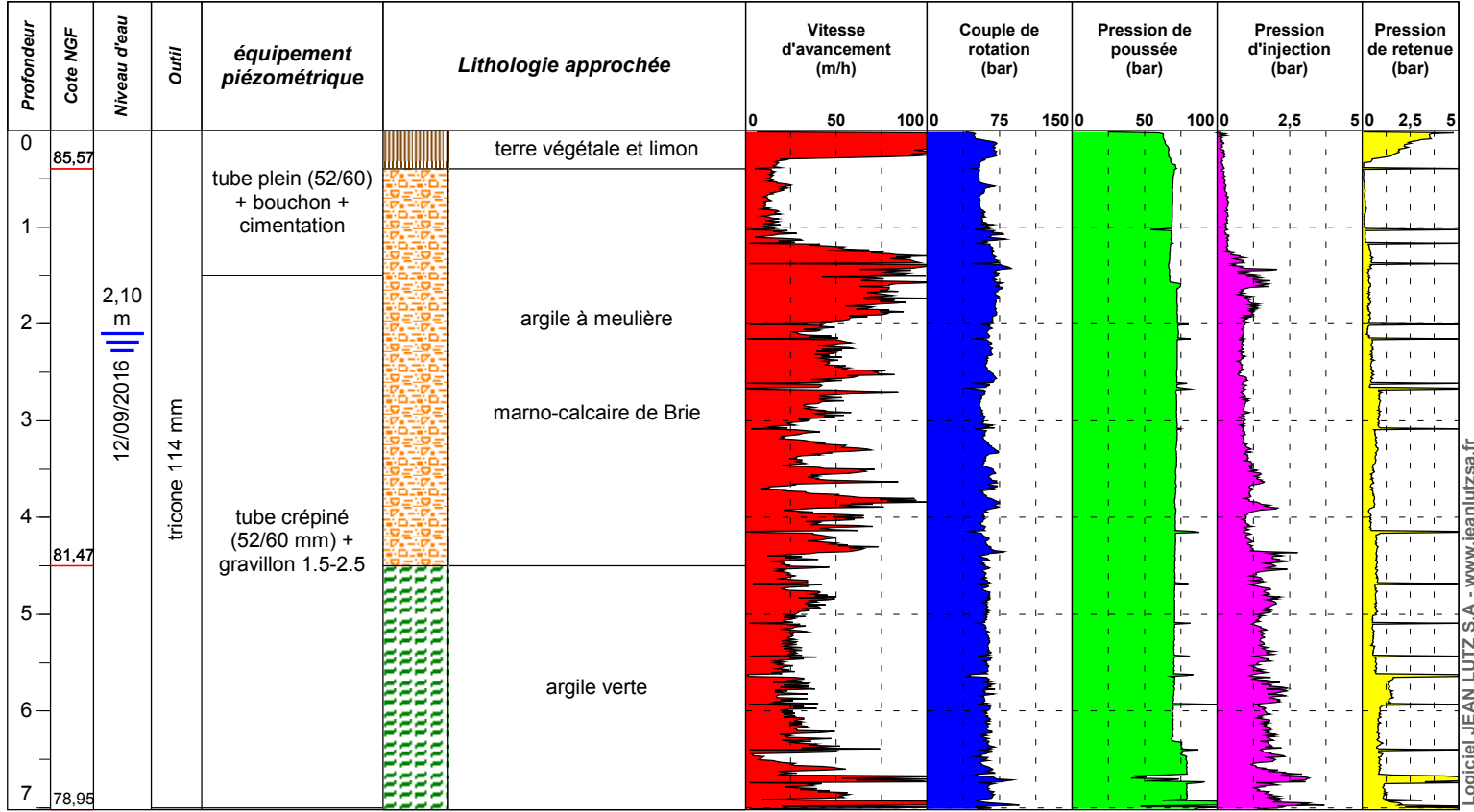


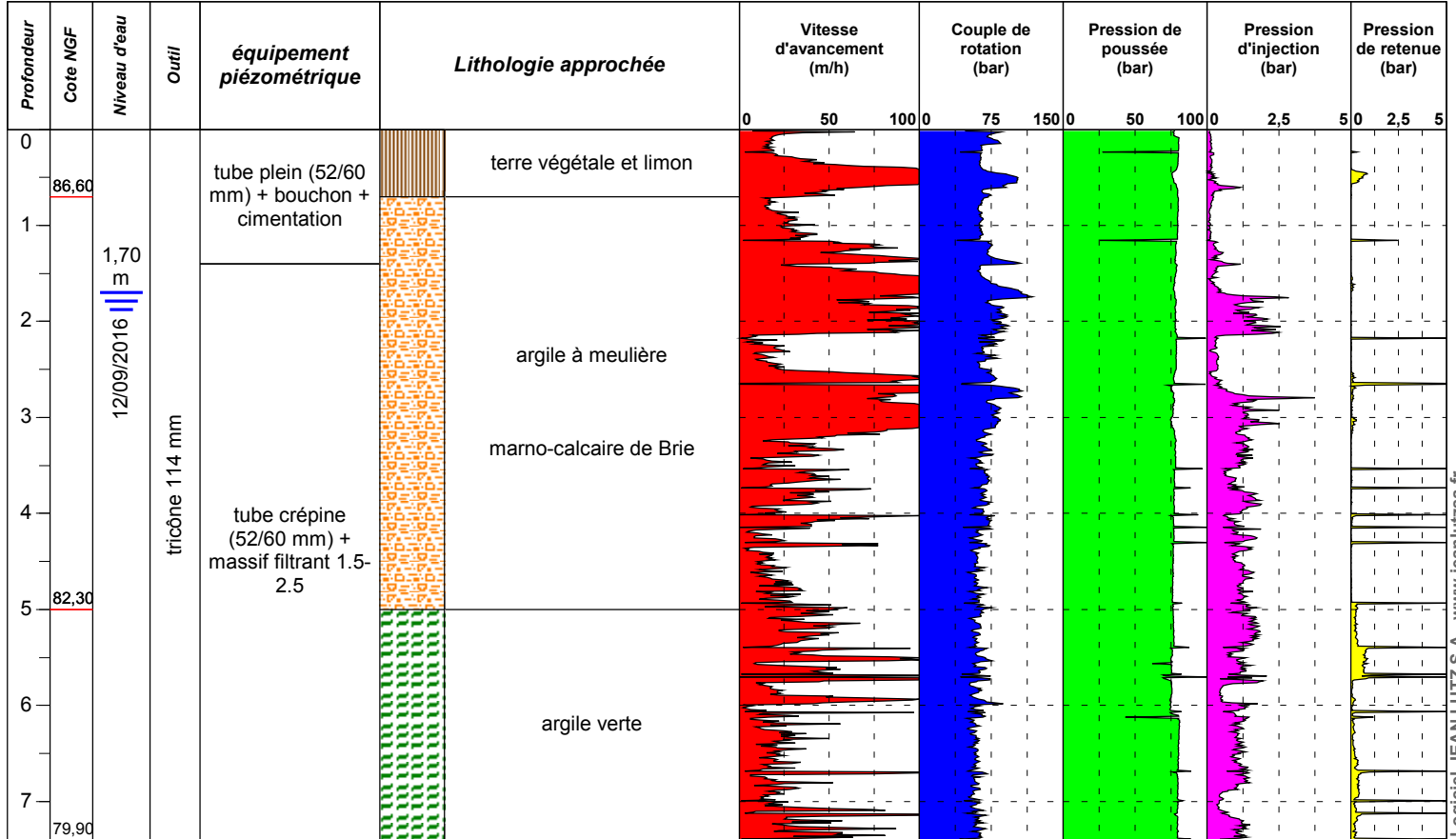


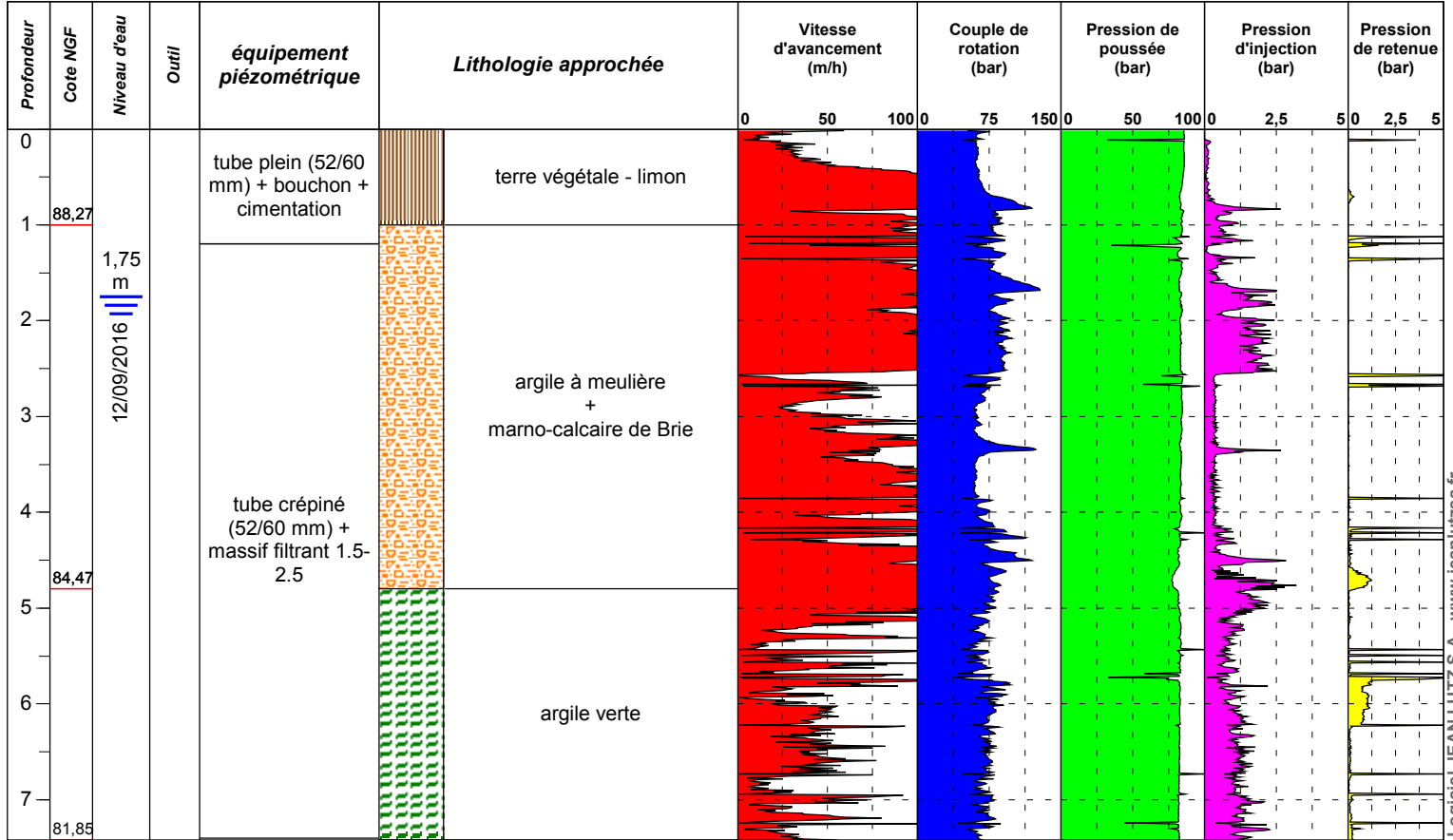


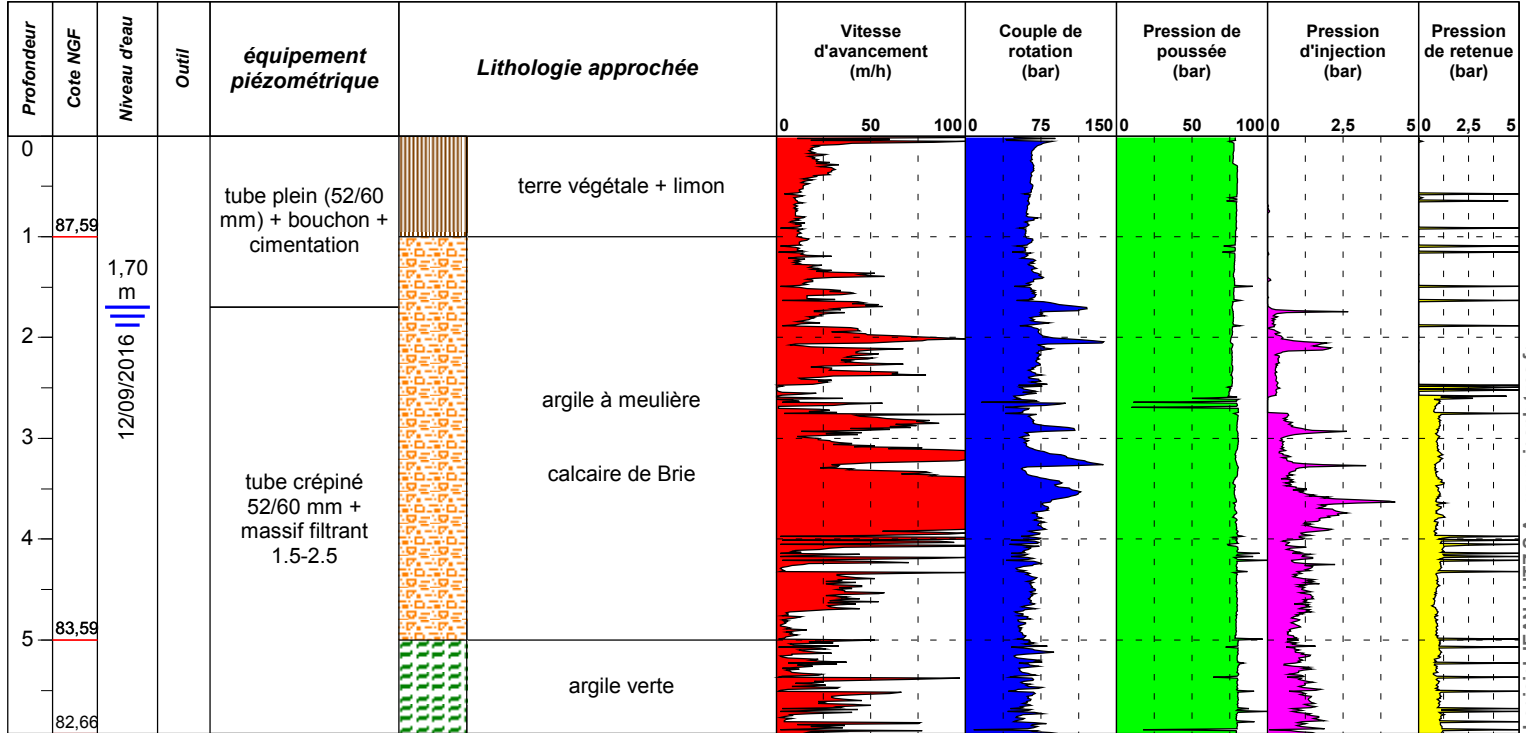


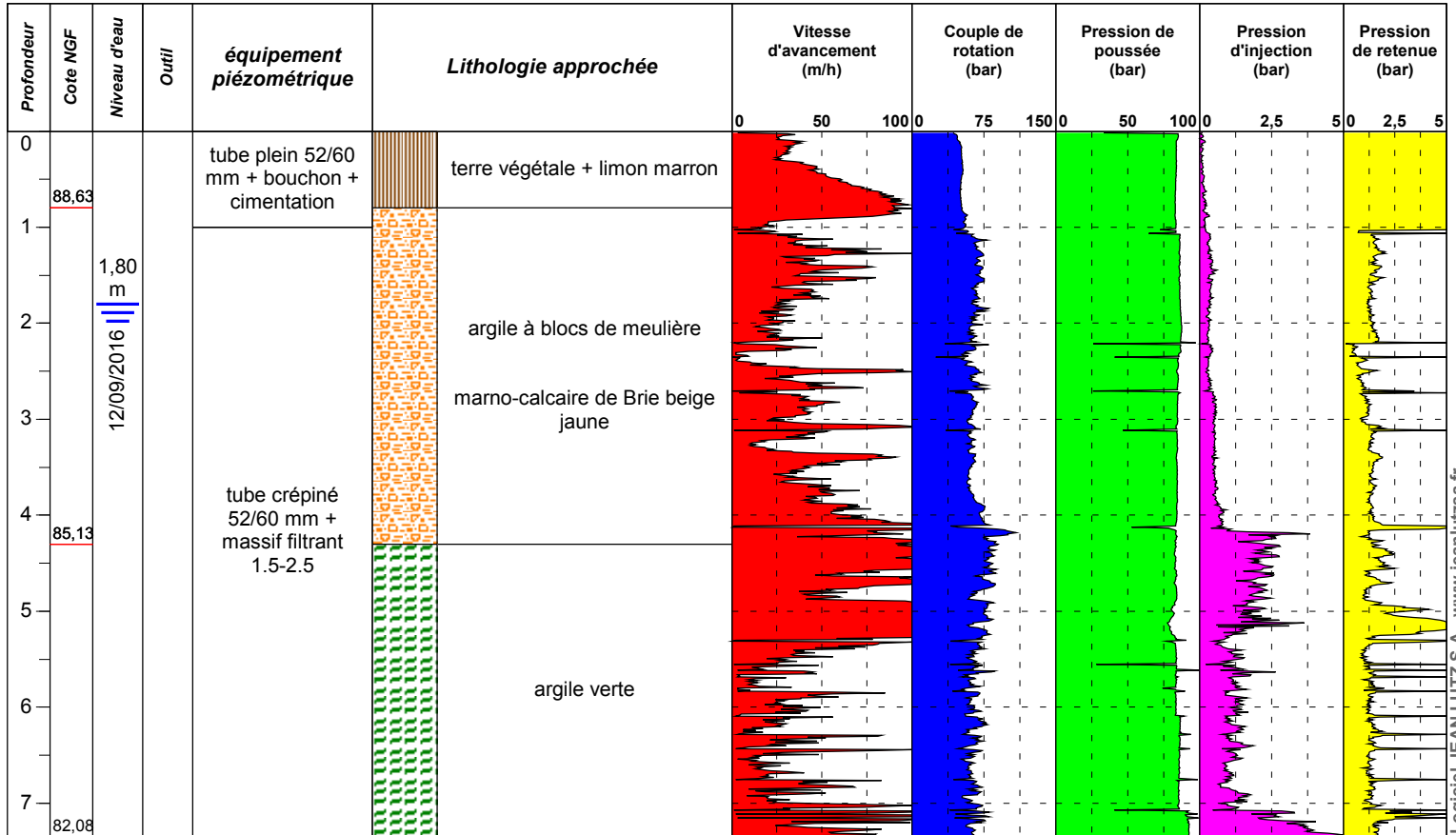












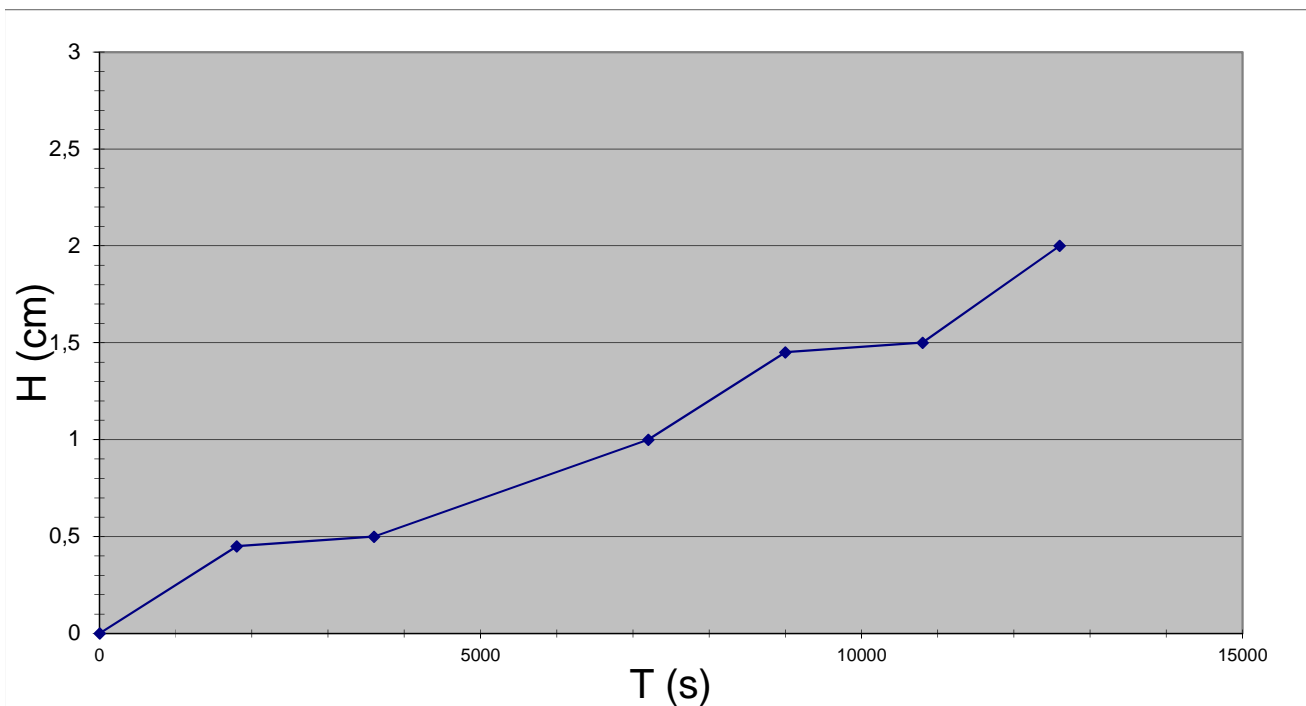
ANNEXE 4

Essai d'absorption M1

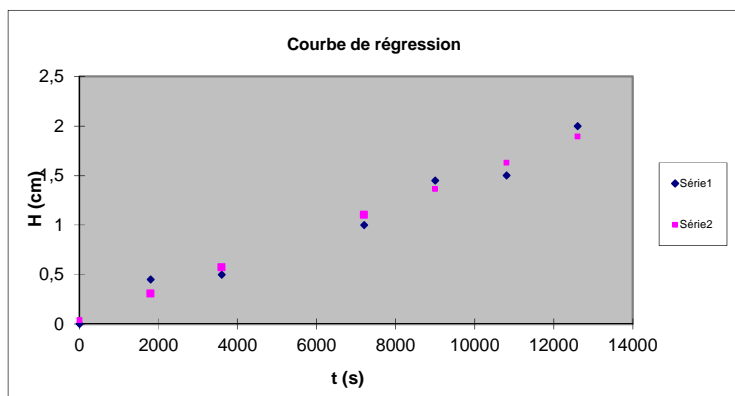
Date : 08/09/2016
Prof. : 1,10 m

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| Temps de saturation : 3h00 | Charge d'eau moyenne considérée : H _{moy} ~ 0,50 m | Dimensions : S = 1,10 m ² |
|--------------------------------------|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,0 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 49,6 | 0,45 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -4000 |
| 49,5 | 0,5 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -36000 |
| 49,0 | 1 | 02:00:00 | 7200 | 1:00:00 | 3600 | -7200 |
| 48,6 | 1,45 | 02:30:00 | 9000 | 0:30:00 | 1800 | -4000 |
| 48,5 | 1,5 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -36000 |
| 48,0 | 2 | 03:30:00 | 12600 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 1,47E-04 cm / s

soit : 1,62E-03 l / s

soit : **1,47E-03 l / s.m²**
5,30E-03 m / h

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

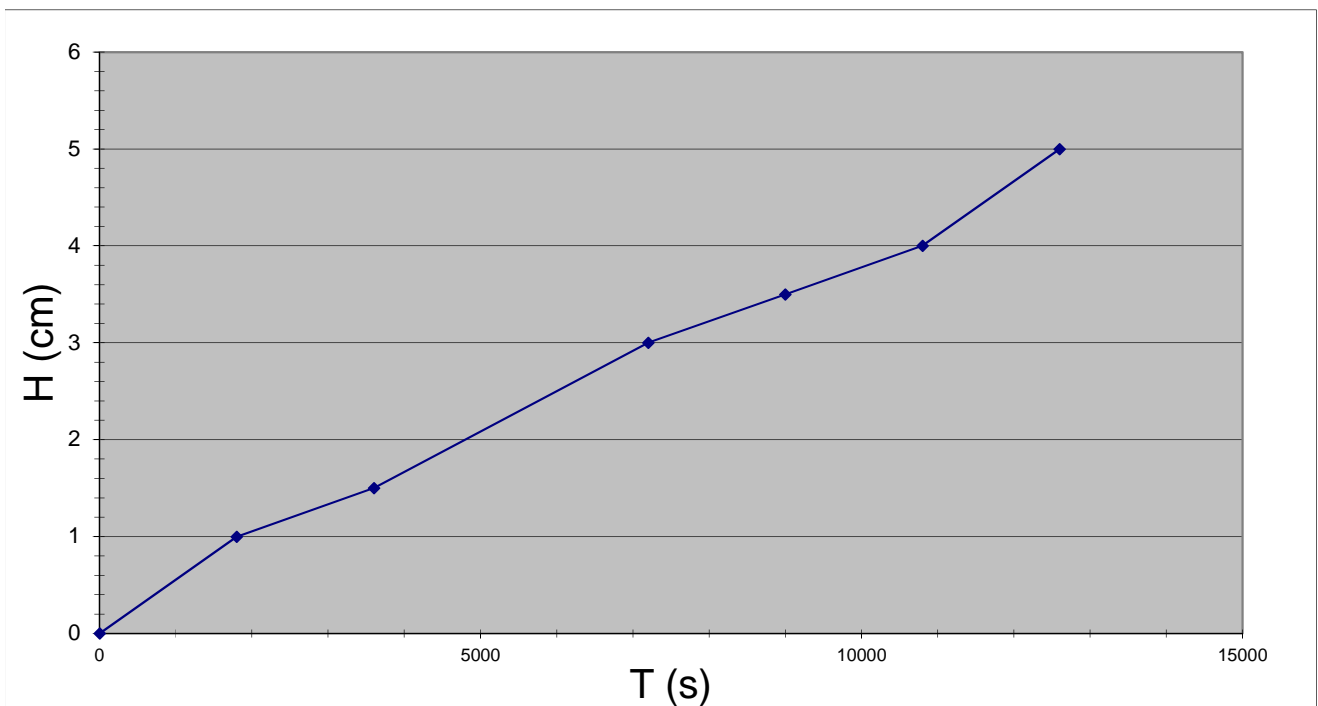
1,47E-06 m / s

Essai d'absorption M2

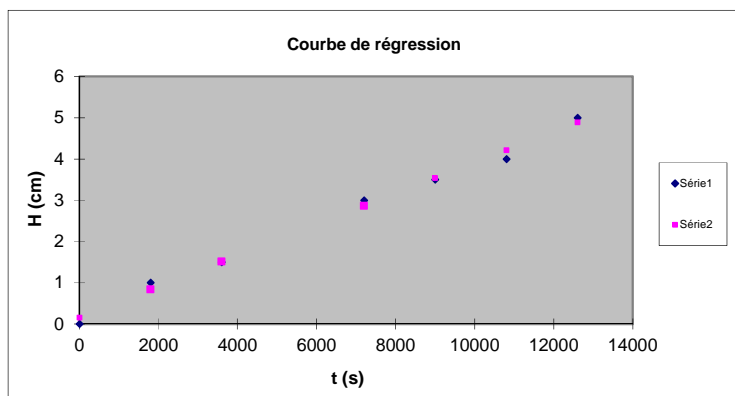
Date : 08/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|---|---|--|
| Temps de saturation : <i>3h00</i> | Charge d'eau moyenne considérée : <i>H_{moy} ~ 0,50 m</i> | Dimensions : <i>S = 1,10 m²</i> |
|---|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,0 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 49,0 | 1 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |
| 48,5 | 1,5 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 47,0 | 3 | 02:00:00 | 7200 | 1:00:00 | 3600 | -2400 |
| 46,5 | 3,5 | 02:30:00 | 9000 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 46,0 | 4 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 45,0 | 5 | 03:30:00 | 12600 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 3,76E-04 cm / s

soit : 4,13E-03 l / s

soit : **3,76E-03 l / s.m²**
1,35E-02 m / h

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

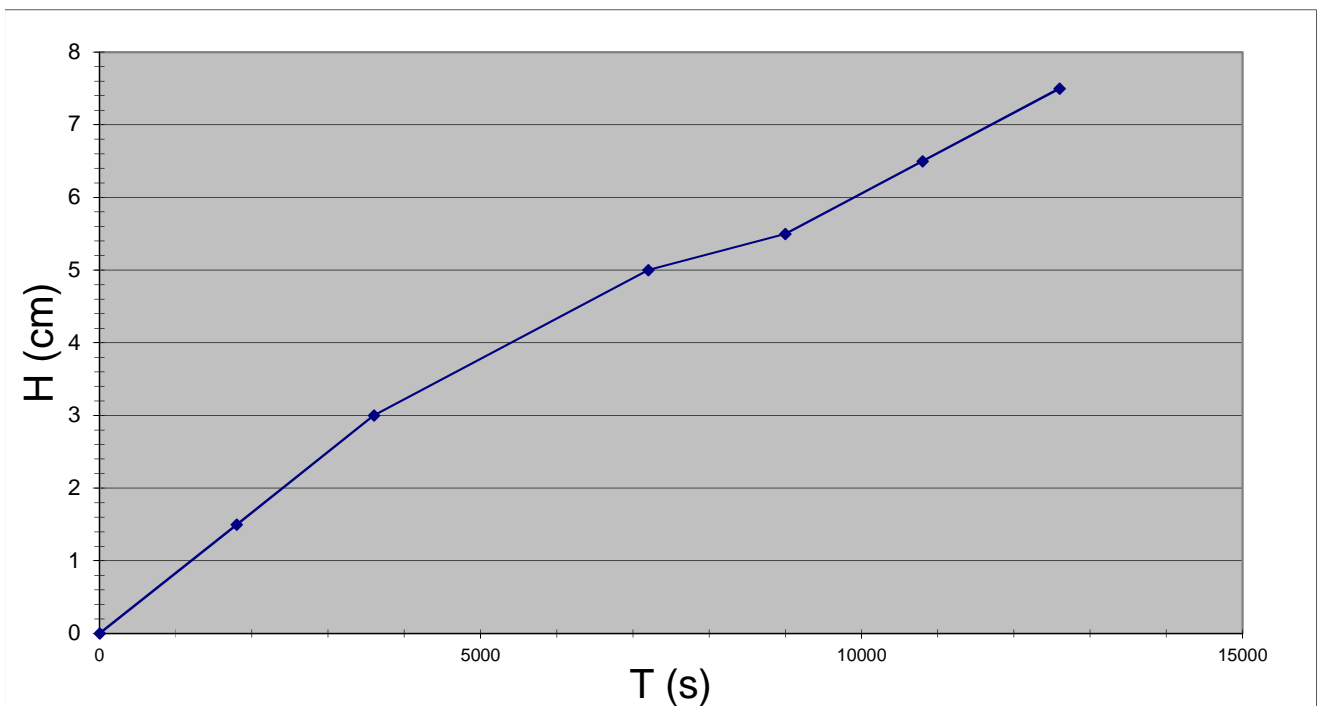
3,76E-06 m / s

Essai d'absorption M3

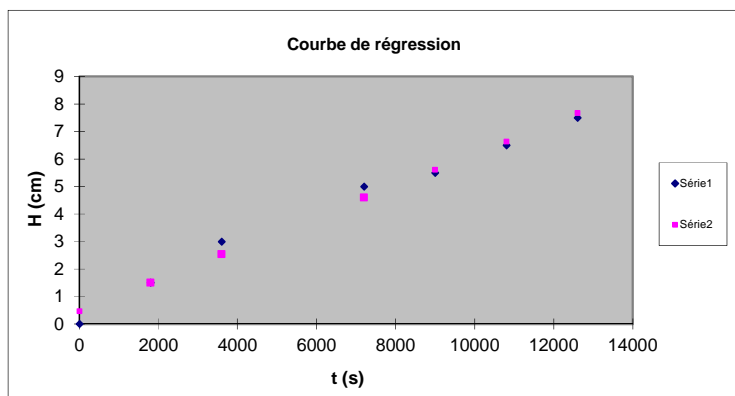
Date : 08/09/2016
Prof. : 1,10 m

| | | |
|---|--|--|
| Temps de saturation : <i>2h00</i> | Charge d'eau moyenne considérée : <i>Hmoy ~ 0,50 m</i> | Dimensions : <i>S = 1,10 m²</i> |
|---|--|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,0 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 48,5 | 1,5 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 47,0 | 3 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 45,0 | 5 | 02:00:00 | 7200 | 1:00:00 | 3600 | -1800 |
| 44,5 | 5,5 | 02:30:00 | 9000 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 43,5 | 6,5 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |
| 42,5 | 7,5 | 03:30:00 | 12600 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 5,72E-04 cm / s

soit : 6,29E-03 l / s

soit : **5,72E-03 l / s.m²**
2,06E-02 m / h

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

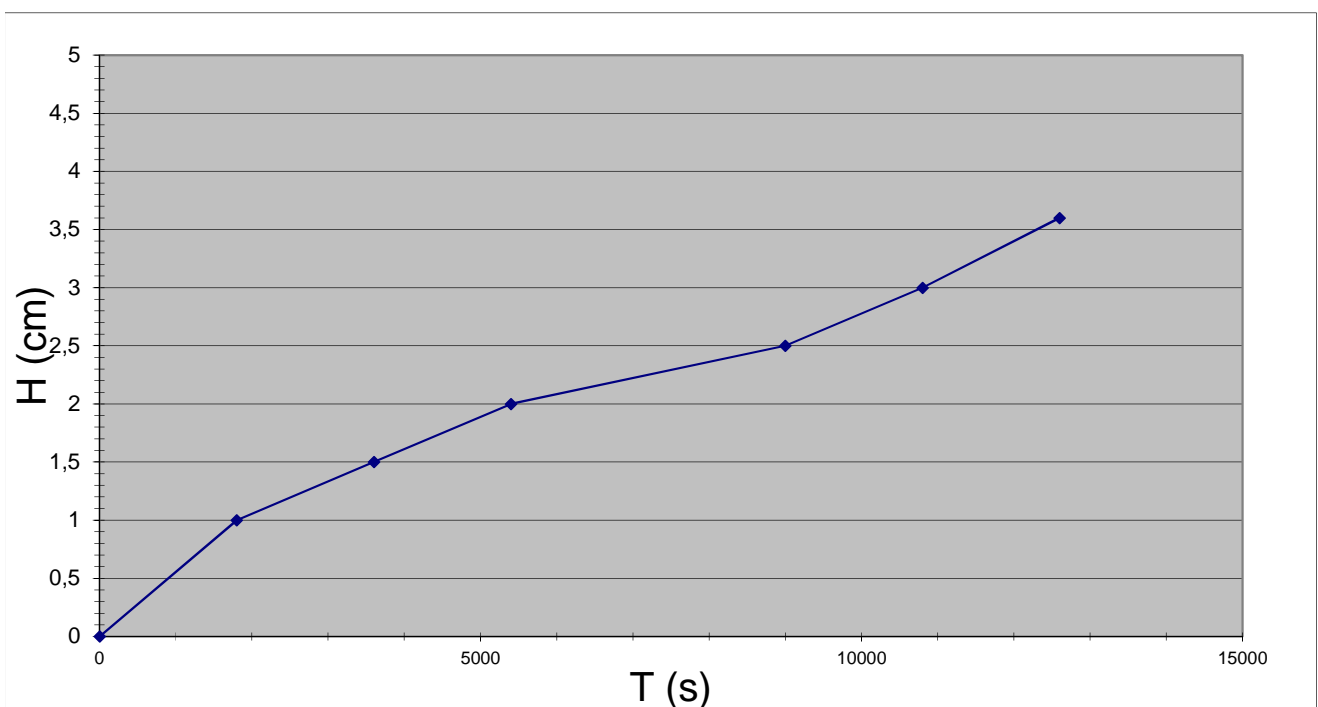
5,72E-06 m / s

Essai d'absorption M4

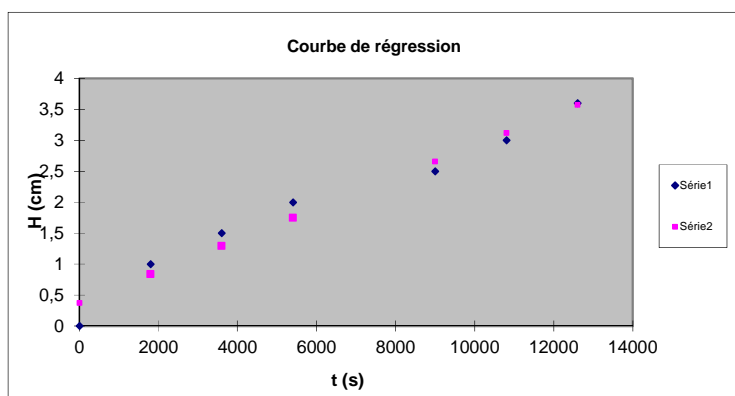
Date : 09/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|---|---|--|
| Temps de saturation : <i>2h00</i> | Charge d'eau moyenne considérée : <i>H_{moy} ~ 0,50 m</i> | Dimensions : <i>S = 1,10 m²</i> |
|---|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,00 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 49,00 | 1 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |
| 48,50 | 1,5 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 48,00 | 2 | 01:30:00 | 5400 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 47,50 | 2,5 | 02:30:00 | 9000 | 1:00:00 | 3600 | -7200 |
| 47,00 | 3 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 46,40 | 3,6 | 03:30:00 | 12600 | 0:30:00 | 1800 | -3000 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 2,54E-04 cm / s

soit : 2,79E-03 l / s

soit : **2,54E-03 l / s.m²**

soit : **9,14E-03 m / h**

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

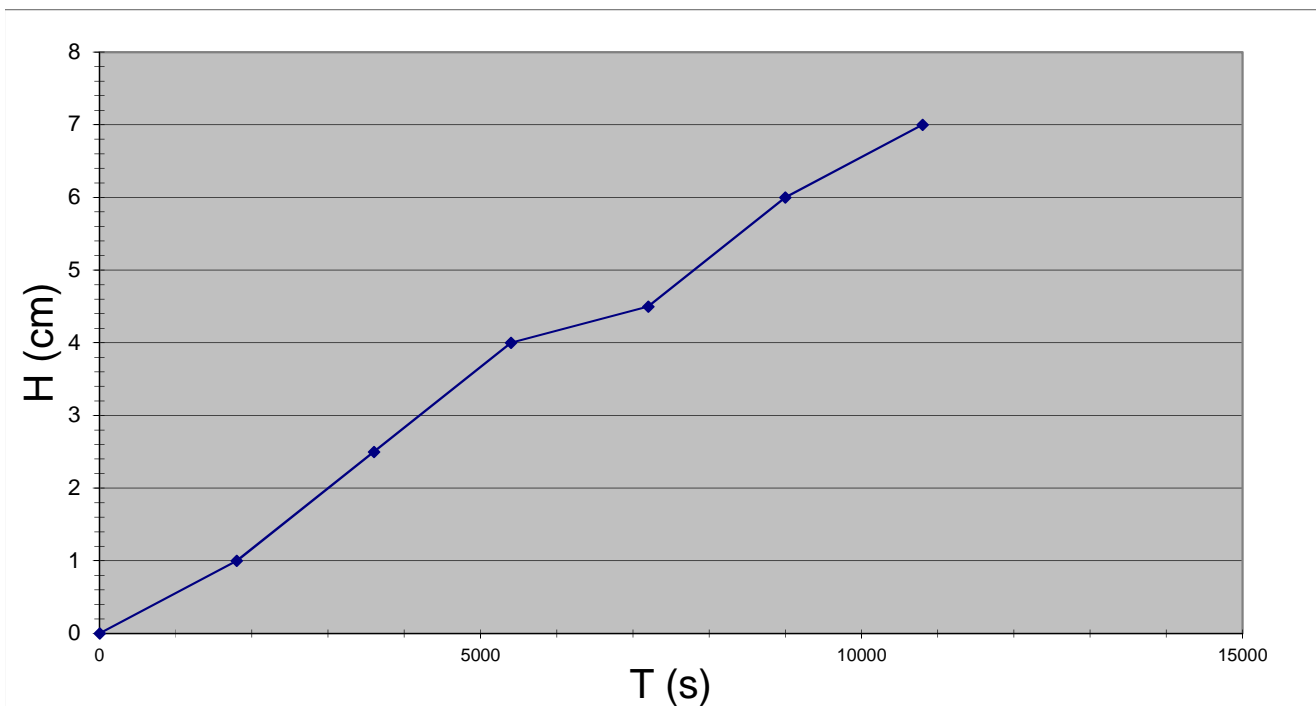
2,54E-06 m / s

Essai d'absorption M5

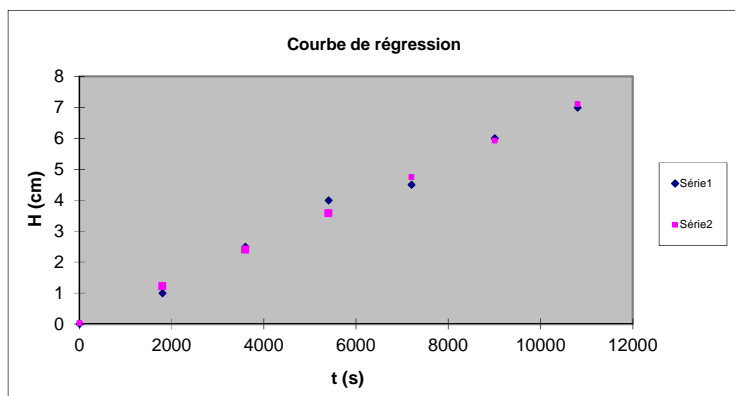
Date : 07/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| Temps de saturation : 2h00 | Charge d'eau moyenne considérée : H _{moy} ~ 0,50 m | Dimensions : S = 1,40 m ² |
|--------------------------------------|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,00 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 49,00 | 1 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |
| 47,50 | 2,5 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 46,00 | 4 | 01:30:00 | 5400 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 45,50 | 4,5 | 02:00:00 | 7200 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 44,00 | 6 | 02:30:00 | 9000 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 43,00 | 7 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 6,55E-04 cm / s

soit : 9,17E-03 l / s

soit : **6,55E-03 l / s.m²**
2,36E-02 m / h

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

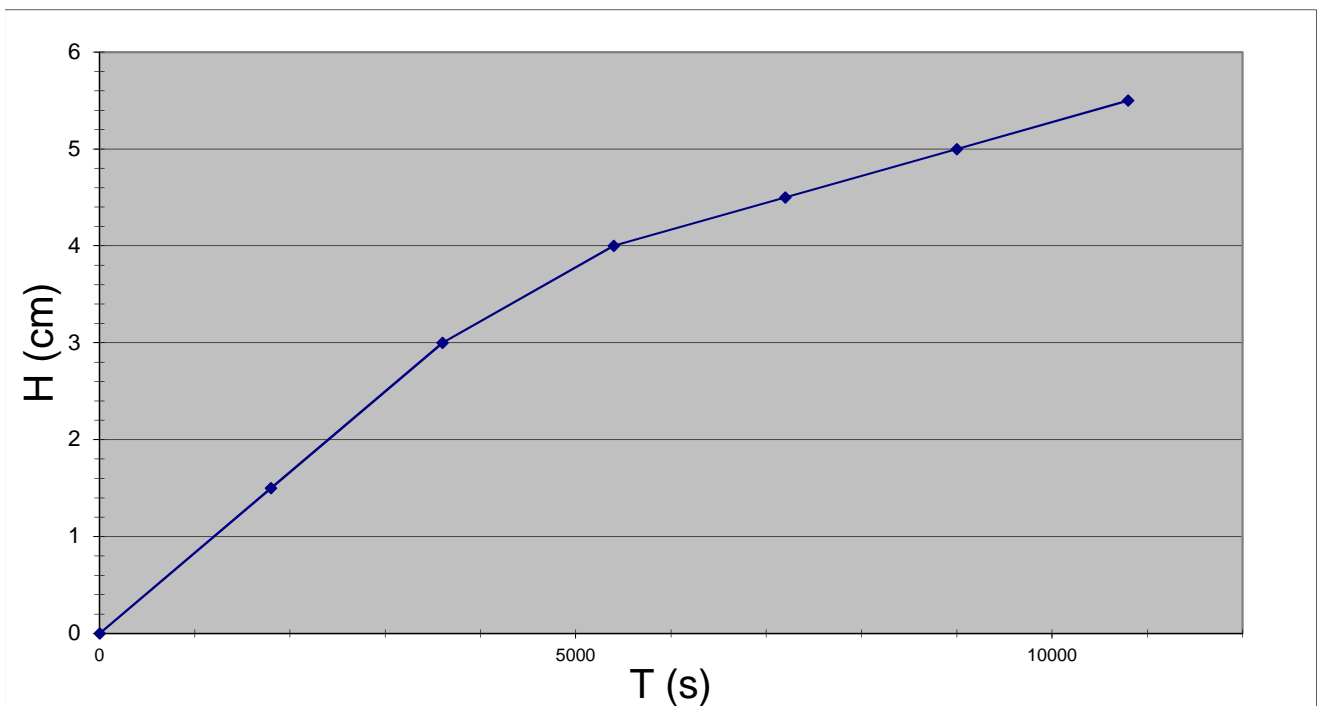
6,55E-06 m / s

Essai d'absorption M6 a

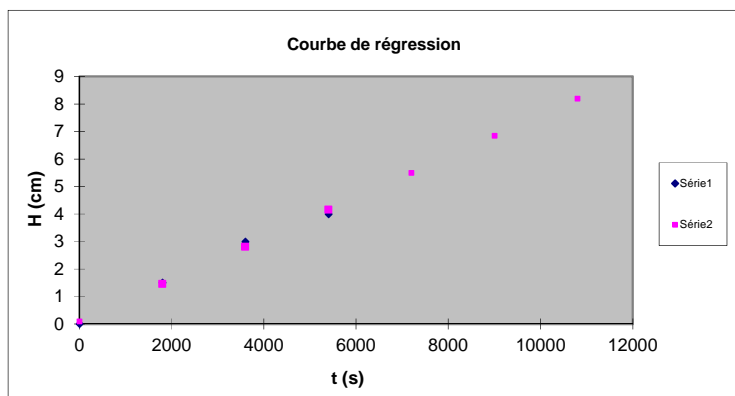
Date : 07/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|---|---|--|
| Temps de saturation : <i>2h00</i> | Charge d'eau moyenne considérée : <i>H_{moy} ~ 0,50 m</i> | Dimensions : <i>S = 2,21 m²</i> |
|---|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,00 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 48,50 | 1,5 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 47,00 | 3 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 46,00 | 4 | 01:30:00 | 5400 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |
| 45,50 | 4,5 | 02:00:00 | 7200 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 45,00 | 5 | 02:30:00 | 9000 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 44,50 | 5,5 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 7,50E-04 cm / s

soit : 1,66E-02 l / s

soit : **7,50E-03 l / s.m²**
2,70E-02 m / h

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

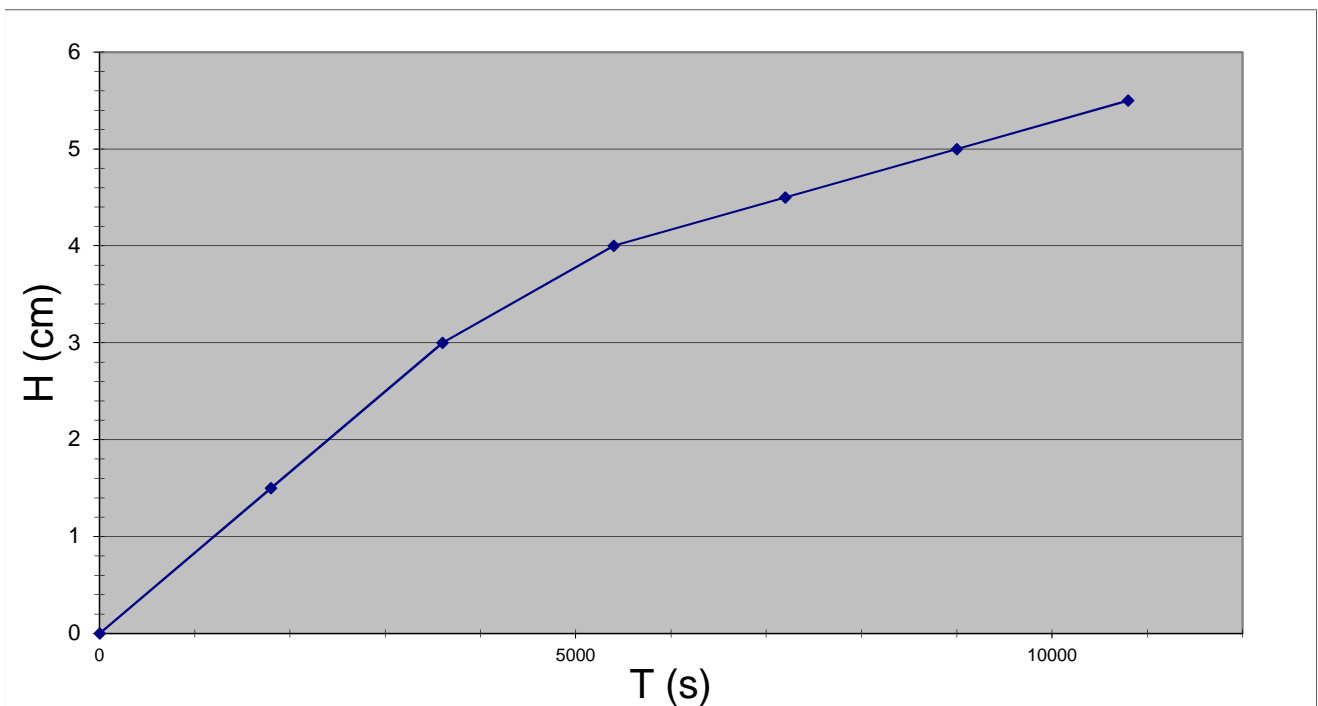
7,50E-06 m / s

Essai d'absorption M6 b

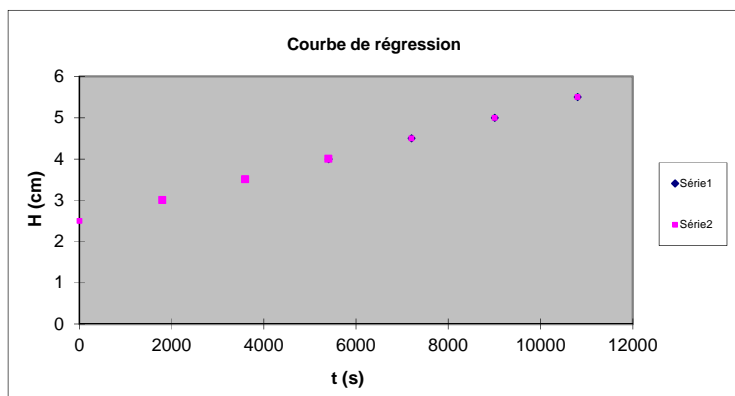
Date : 07/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| Temps de saturation : 2h00 | Charge d'eau moyenne considérée : H _{moy} ~ 0,50 m | Dimensions : S = 2,21 m ² |
|--------------------------------------|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,00 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 48,50 | 1,5 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 47,00 | 3 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -1200 |
| 46,00 | 4 | 01:30:00 | 5400 | 0:30:00 | 1800 | -1800 |
| 45,50 | 4,5 | 02:00:00 | 7200 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 45,00 | 5 | 02:30:00 | 9000 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 44,50 | 5,5 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 2,78E-04 cm / s

soit : 6,14E-03 l / s

soit : **2,78E-03 l / s.m²**

soit : **1,00E-02 m / h**

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

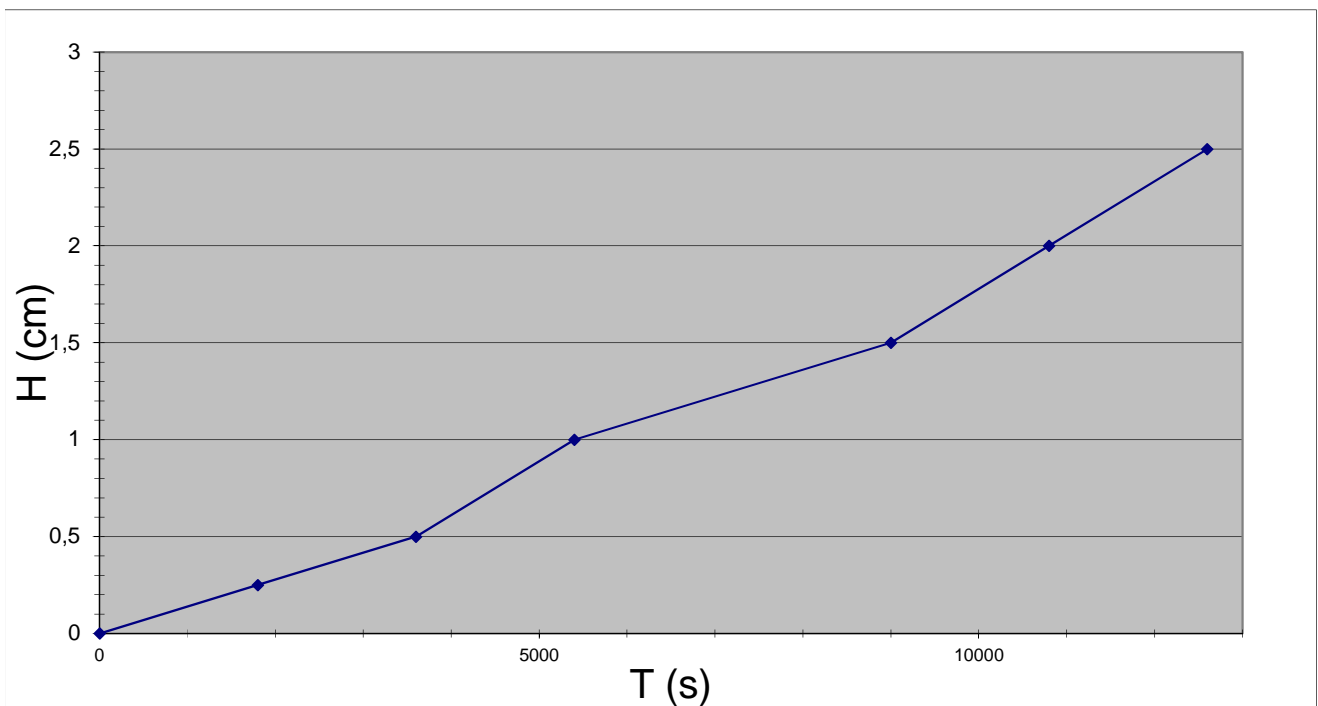
2,78E-06 m / s

Essai d'absorption M 7

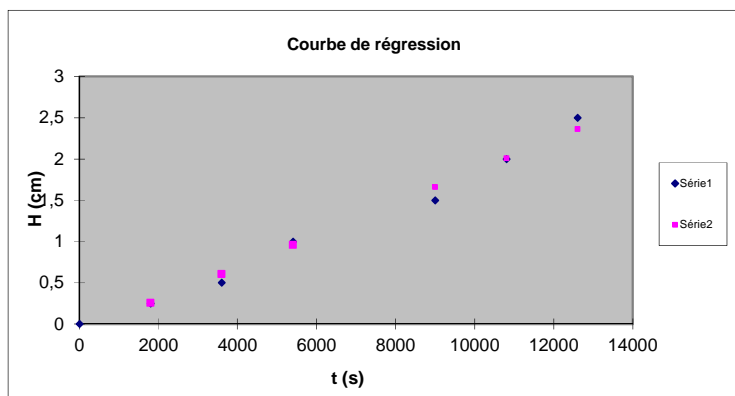
Date : 07/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|---|---|--|
| Temps de saturation : <i>2h00</i> | Charge d'eau moyenne considérée : <i>H_{moy} ~ 0,50 m</i> | Dimensions : <i>S = 1,20 m²</i> |
|---|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,00 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 49,75 | 0,25 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -7200 |
| 49,50 | 0,5 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -7200 |
| 49,00 | 1 | 01:30:00 | 5400 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 48,50 | 1,5 | 02:30:00 | 9000 | 1:00:00 | 3600 | -7200 |
| 48,00 | 2 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 47,50 | 2,5 | 03:30:00 | 12600 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 1,95E-04 cm / s

soit : 2,35E-03 l / s

soit : **1,95E-03 l / s.m²**
7,04E-03 m / h

D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

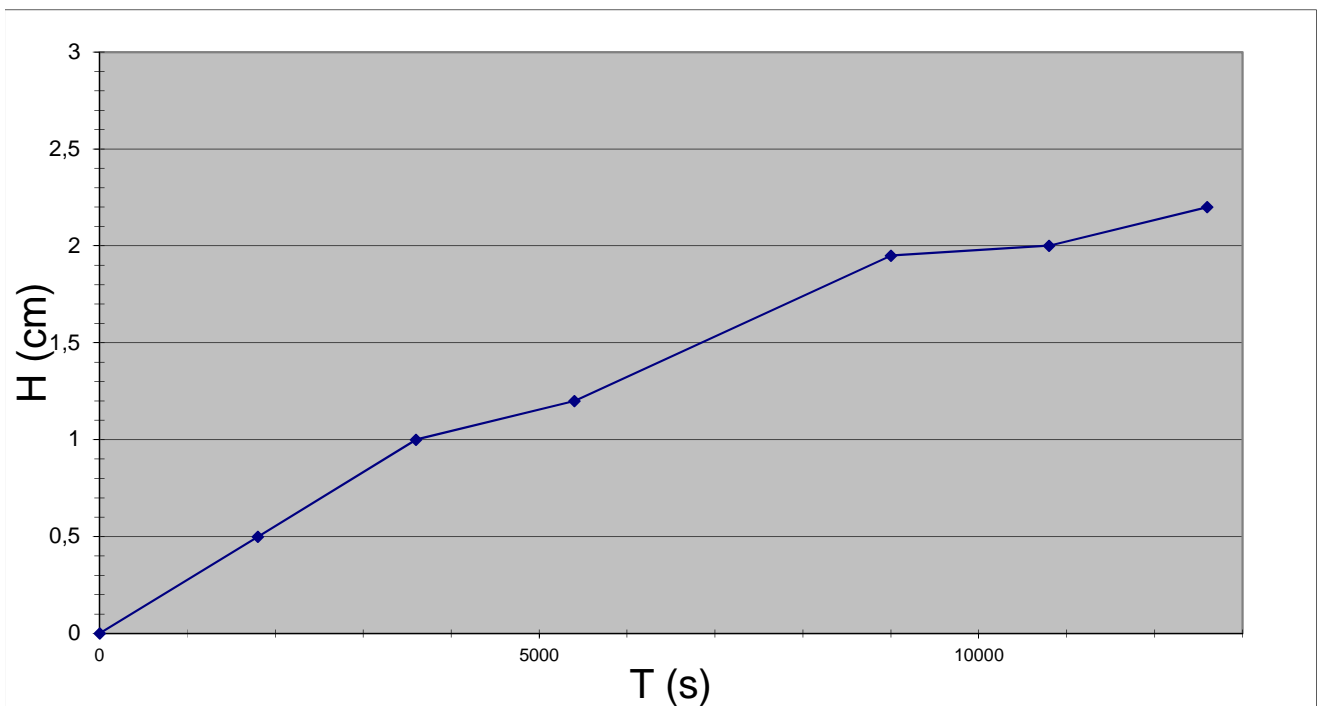
1,95E-06 m / s

Essai d'absorption M 8

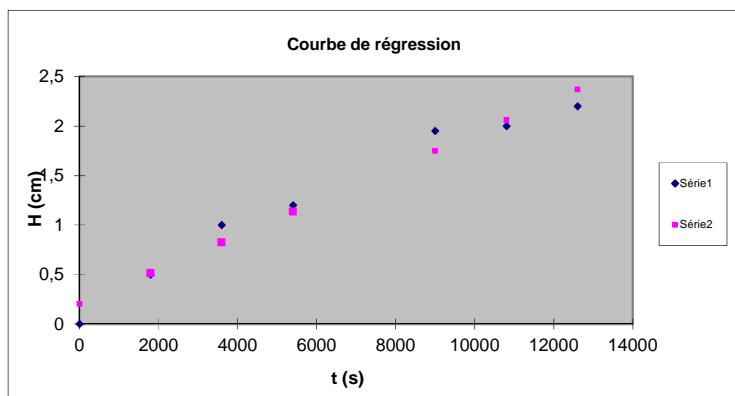
Date : 09/09/2016
Prof. : 1,00 m

| | | |
|---|---|--|
| Temps de saturation : <i>2h00</i> | Charge d'eau moyenne considérée : <i>H_{moy} ~ 0,50 m</i> | Dimensions : <i>S = 1,32 m²</i> |
|---|---|--|

| Mesure (cm) | H (cm) | t | t (s) | Dt | Dt (s) | t _{moy} /cm (s) |
|-------------|--------|----------|-------|---------|--------|--------------------------|
| 50,00 | 0 | 00:00:00 | 0 | | | |
| 49,50 | 0,5 | 00:30:00 | 1800 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 49,00 | 1 | 01:00:00 | 3600 | 0:30:00 | 1800 | -3600 |
| 48,80 | 1,2 | 01:30:00 | 5400 | 0:30:00 | 1800 | -9000 |
| 48,05 | 1,95 | 02:30:00 | 9000 | 1:00:00 | 3600 | -4800 |
| 48,00 | 2 | 03:00:00 | 10800 | 0:30:00 | 1800 | -36000 |
| 47,80 | 2,2 | 03:30:00 | 12600 | 0:30:00 | 1800 | -9000 |



Résultats régression linéaire :



Coéf. Direct. = 1,72E-04 cm / s

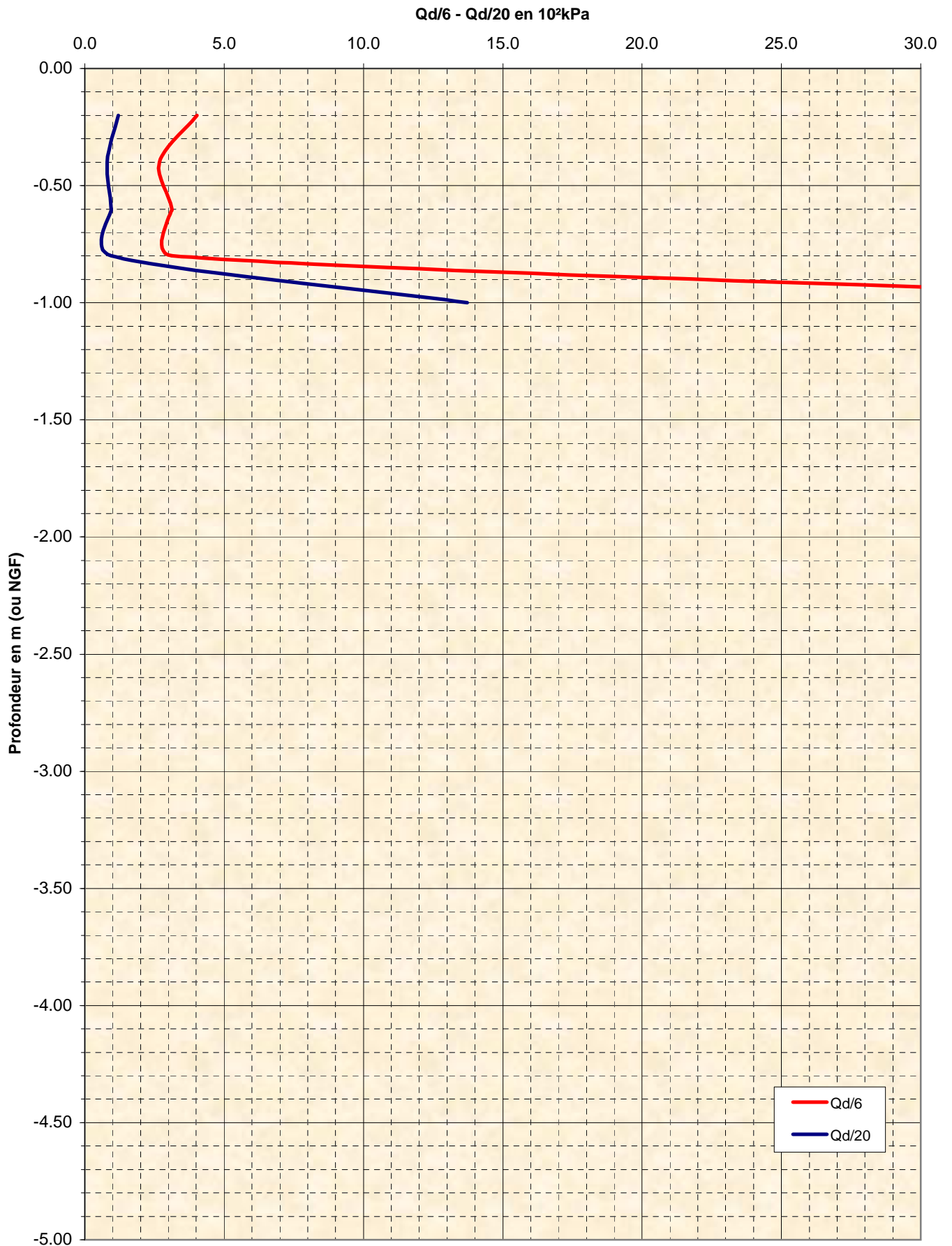
soit : 2,27E-03 l / s

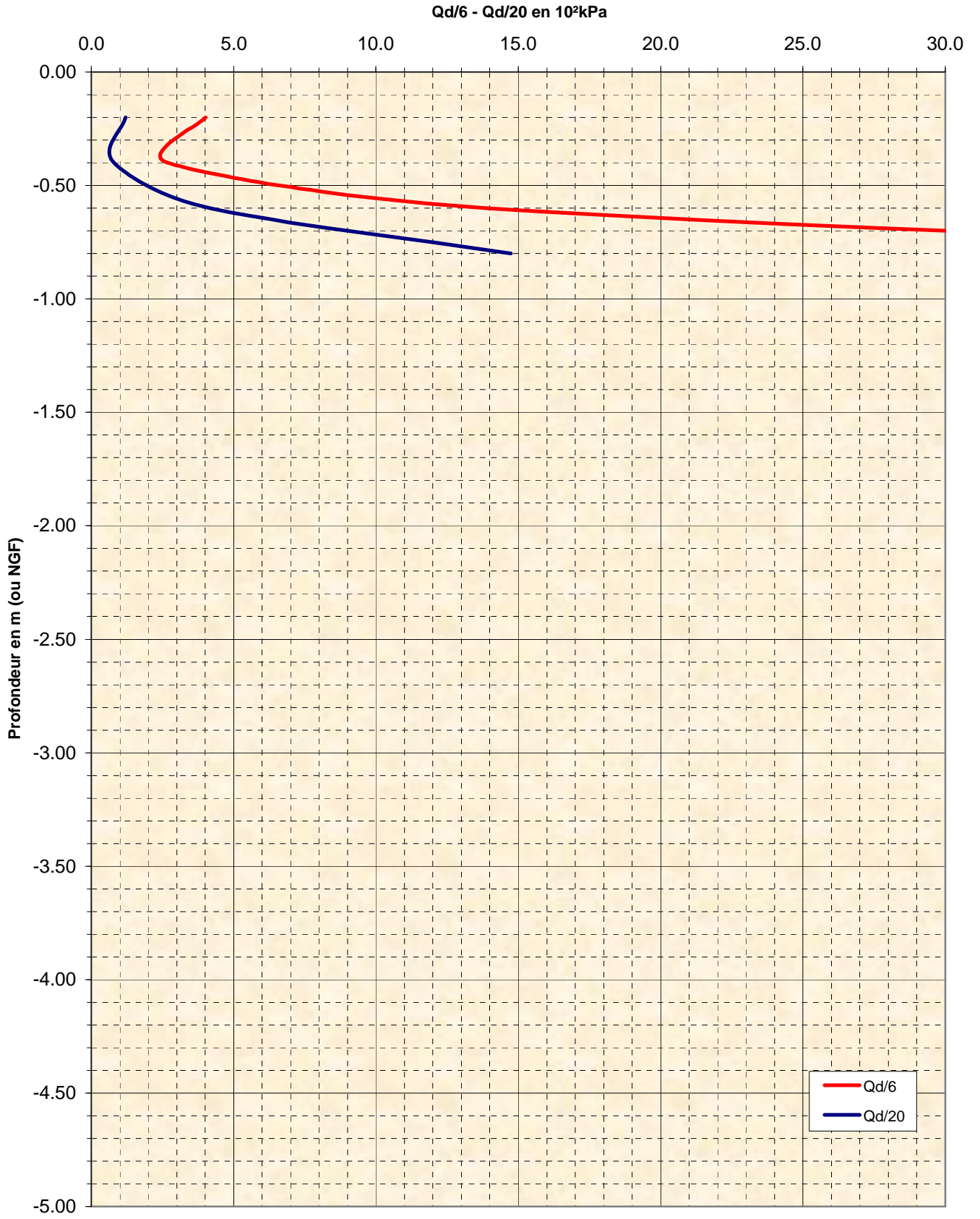
soit : **1,72E-03 l / s.m²**

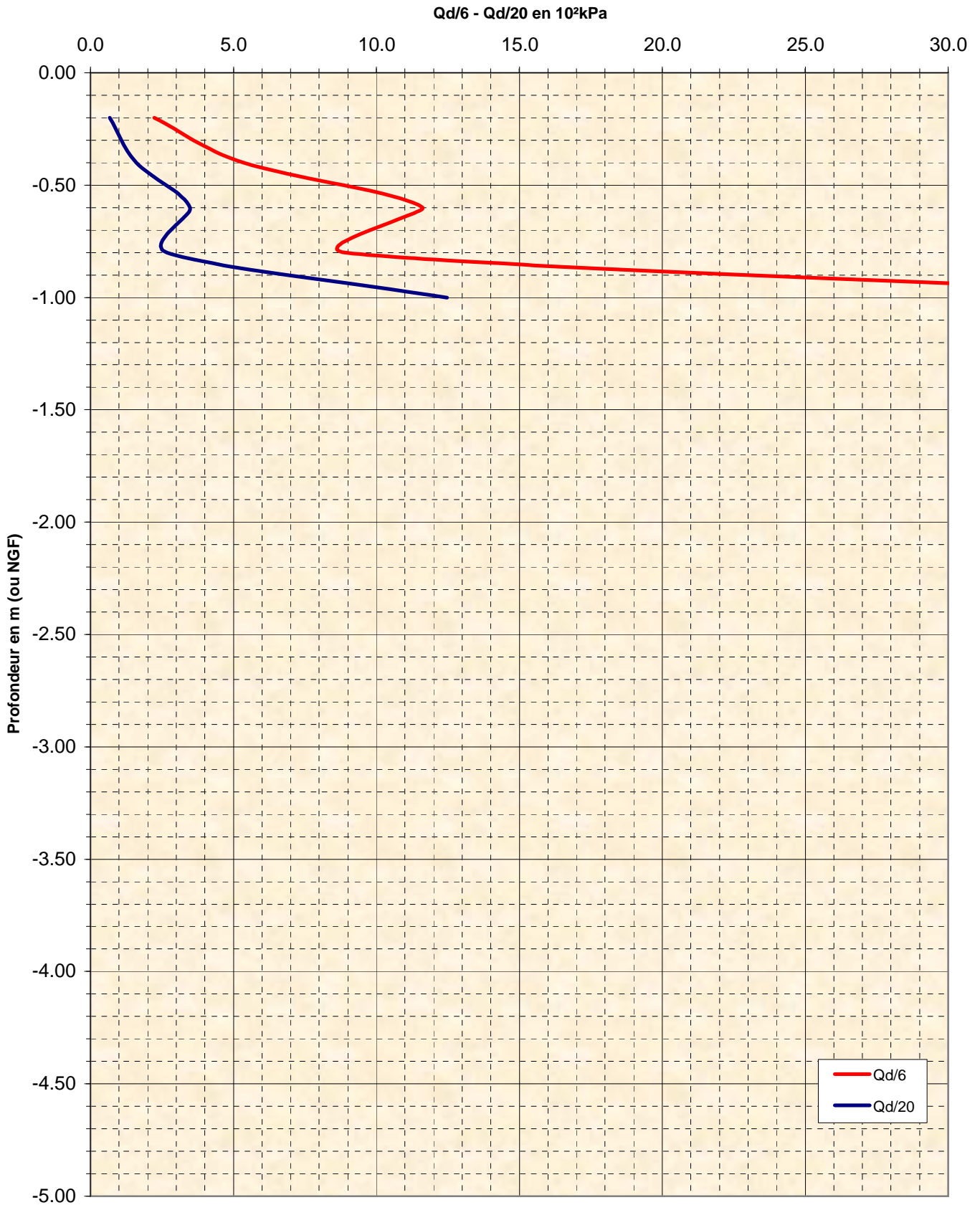
soit : **6,19E-03 m / h**

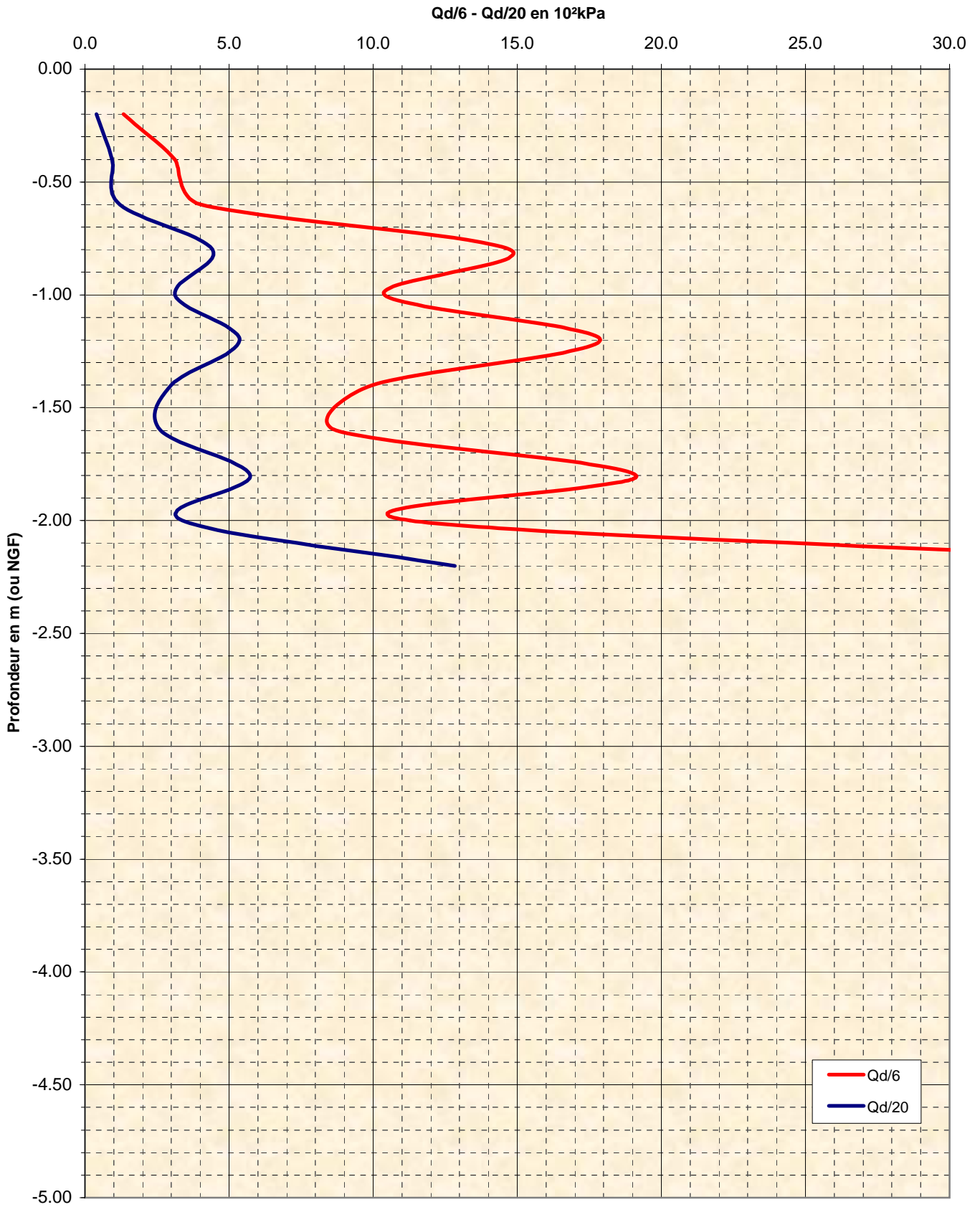
D'où une perméabilité équivalente Keq égale à

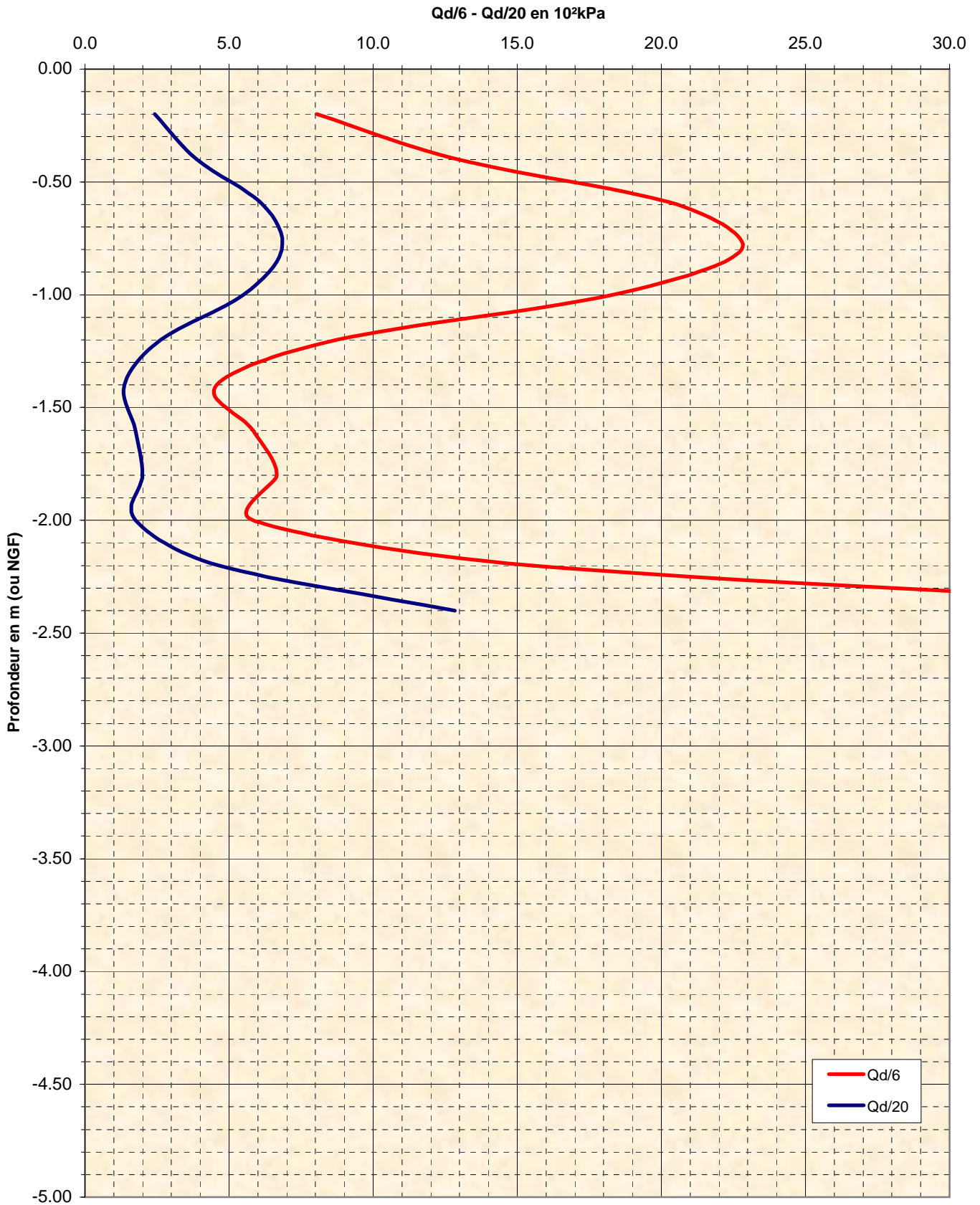
1,72E-06 m / s

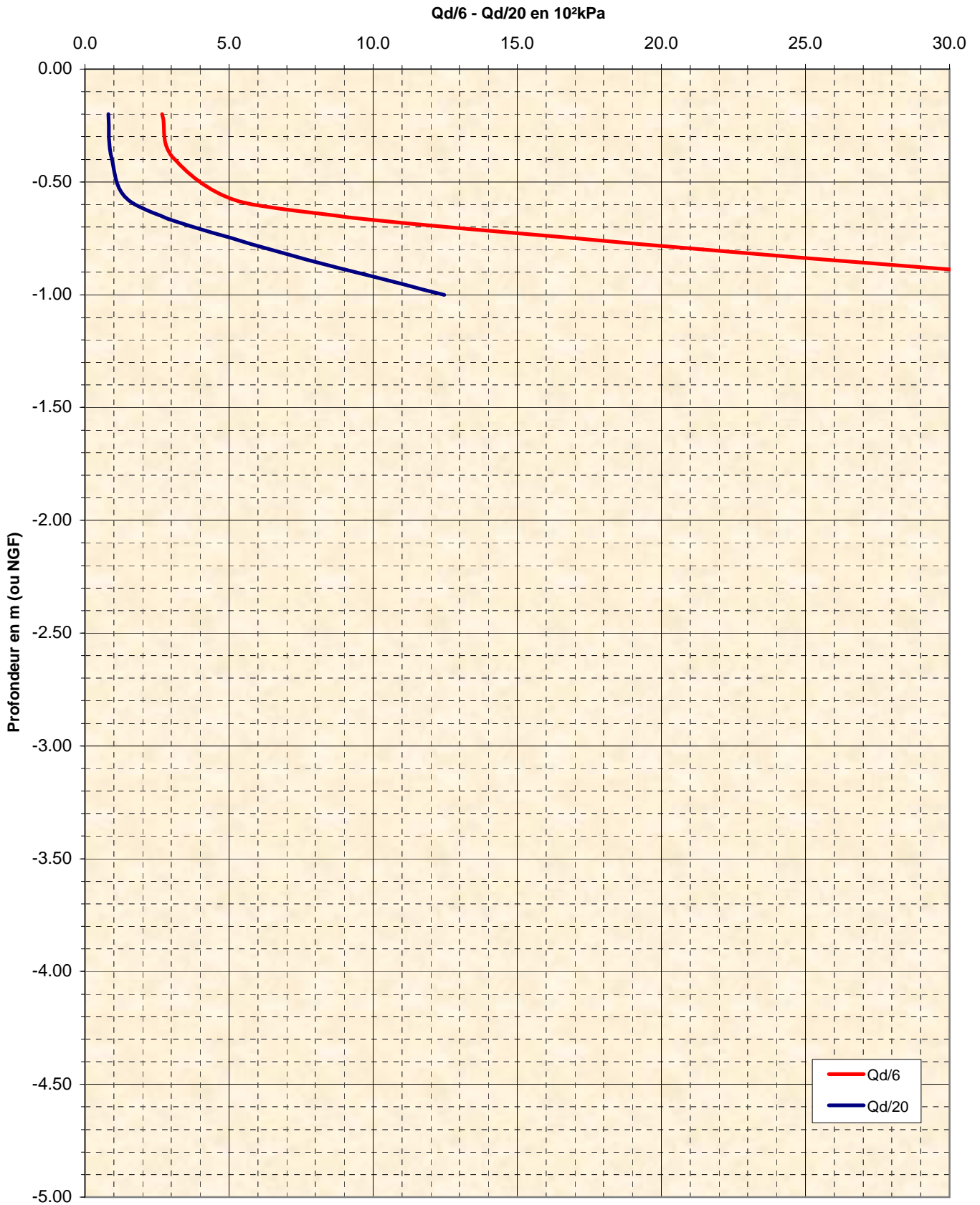


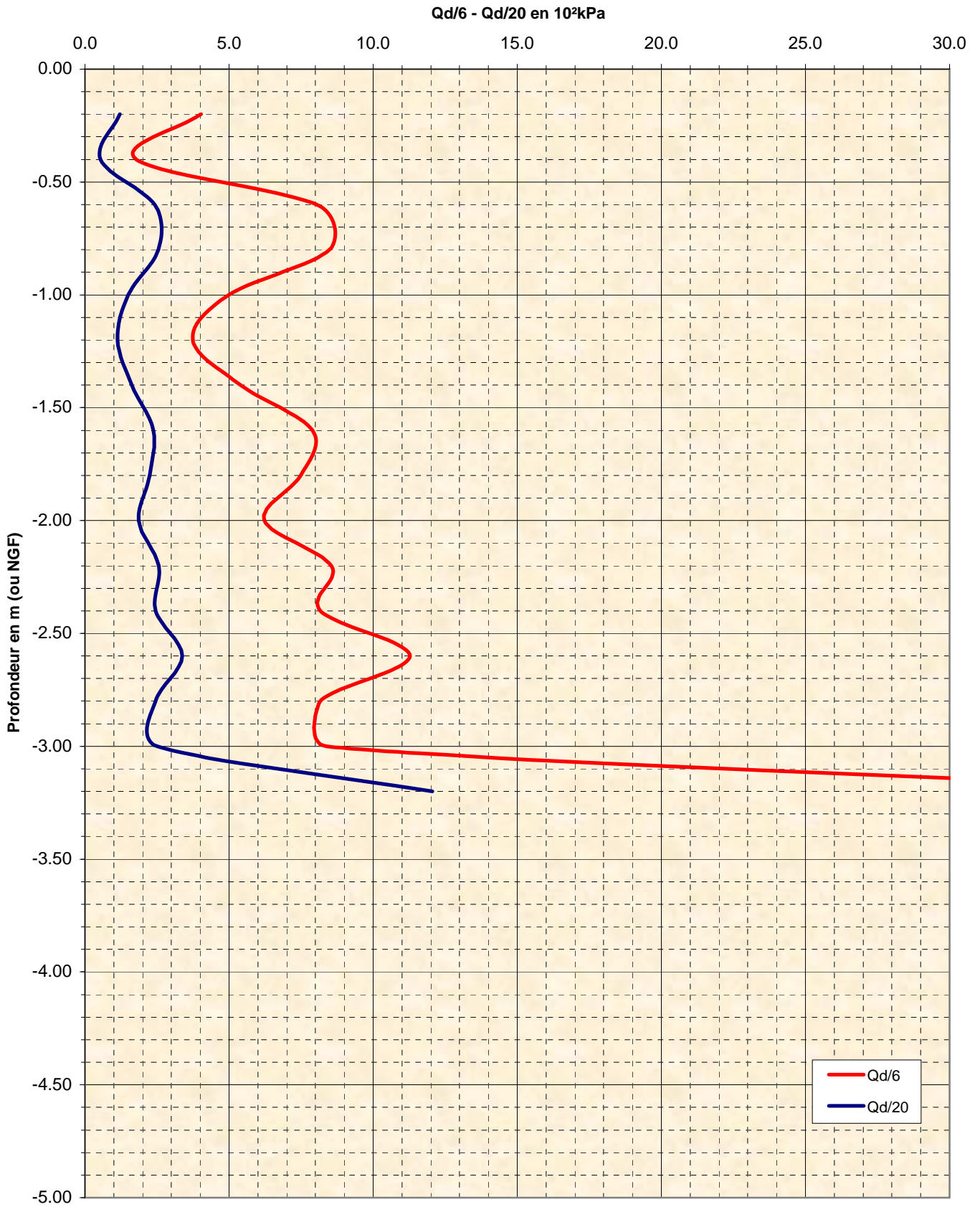


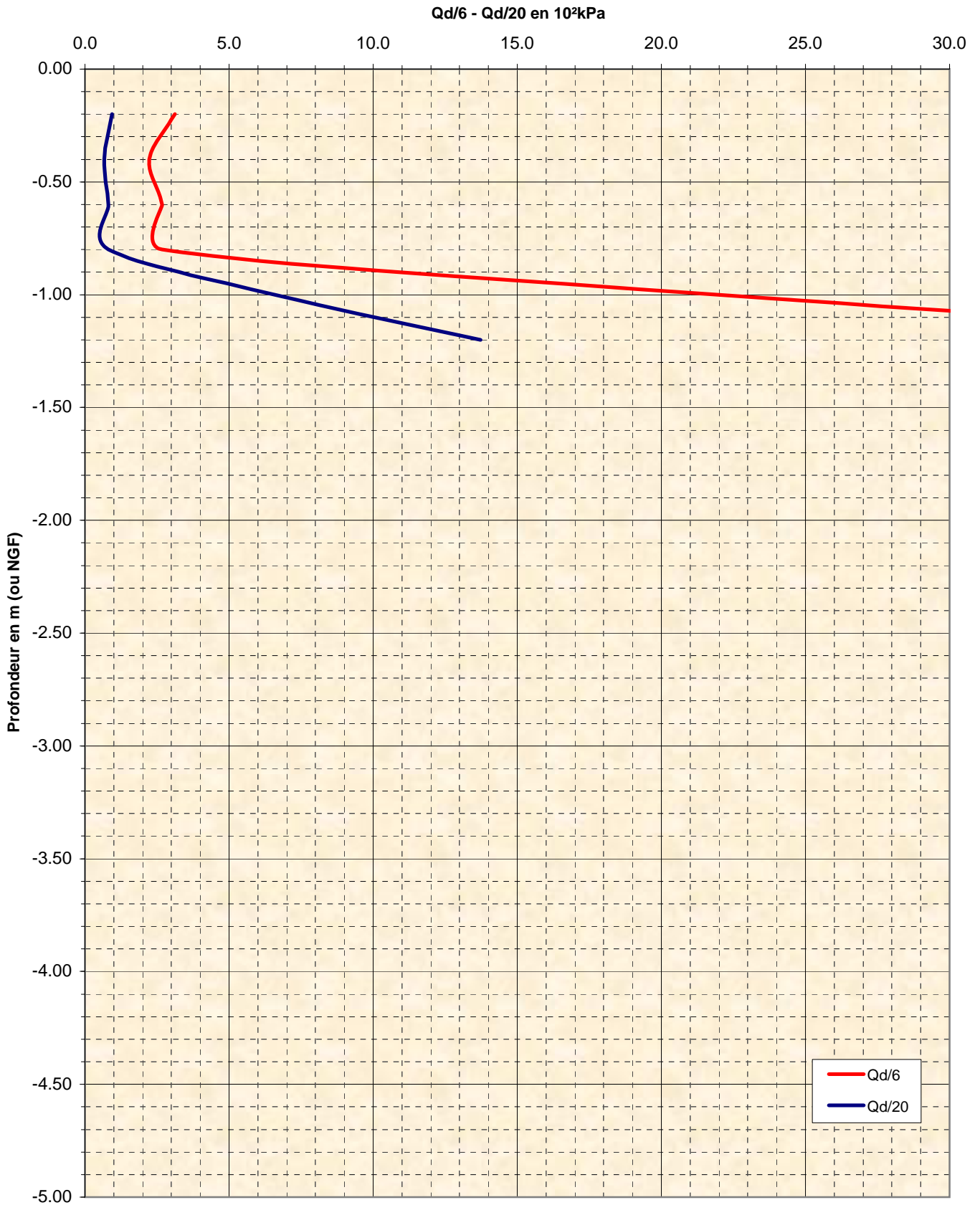






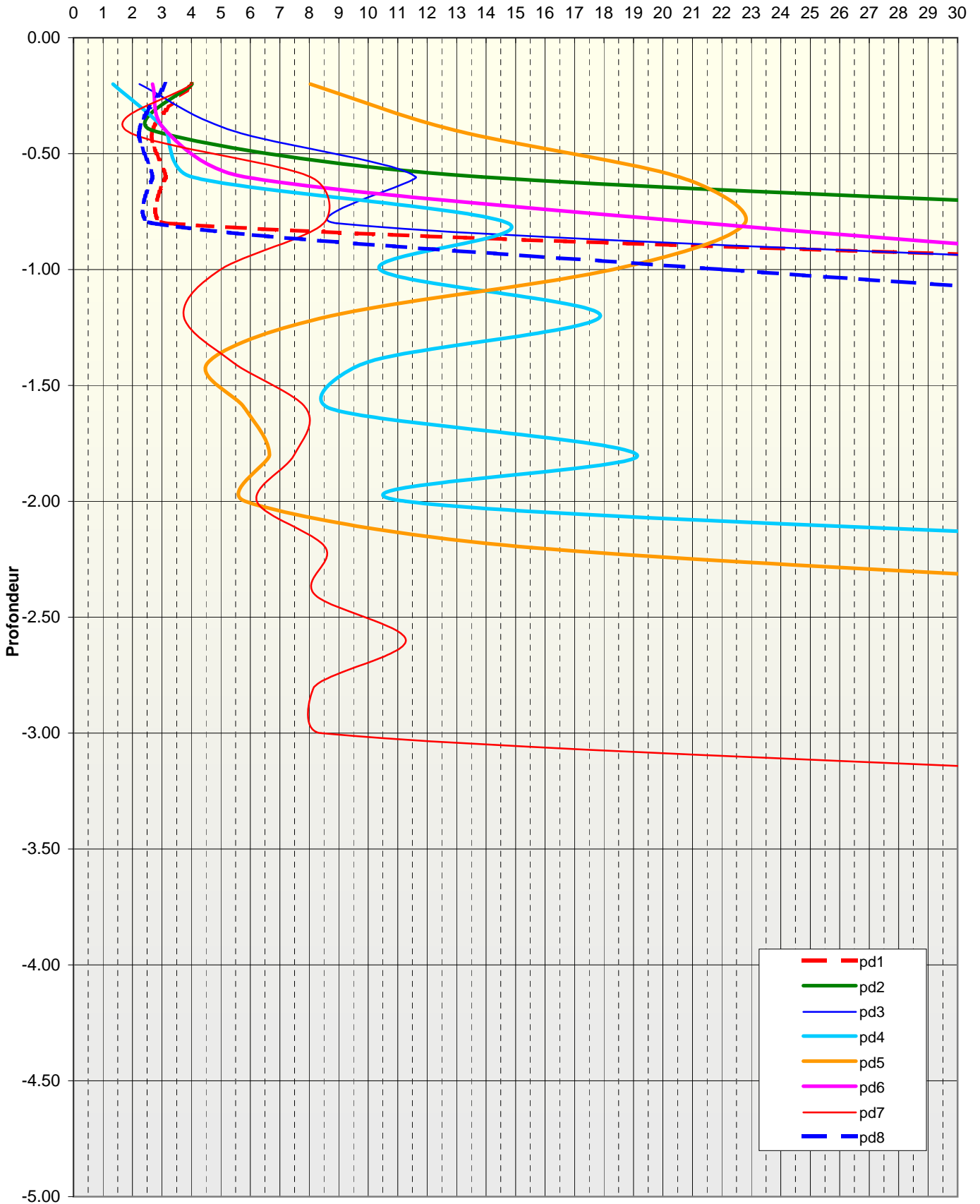






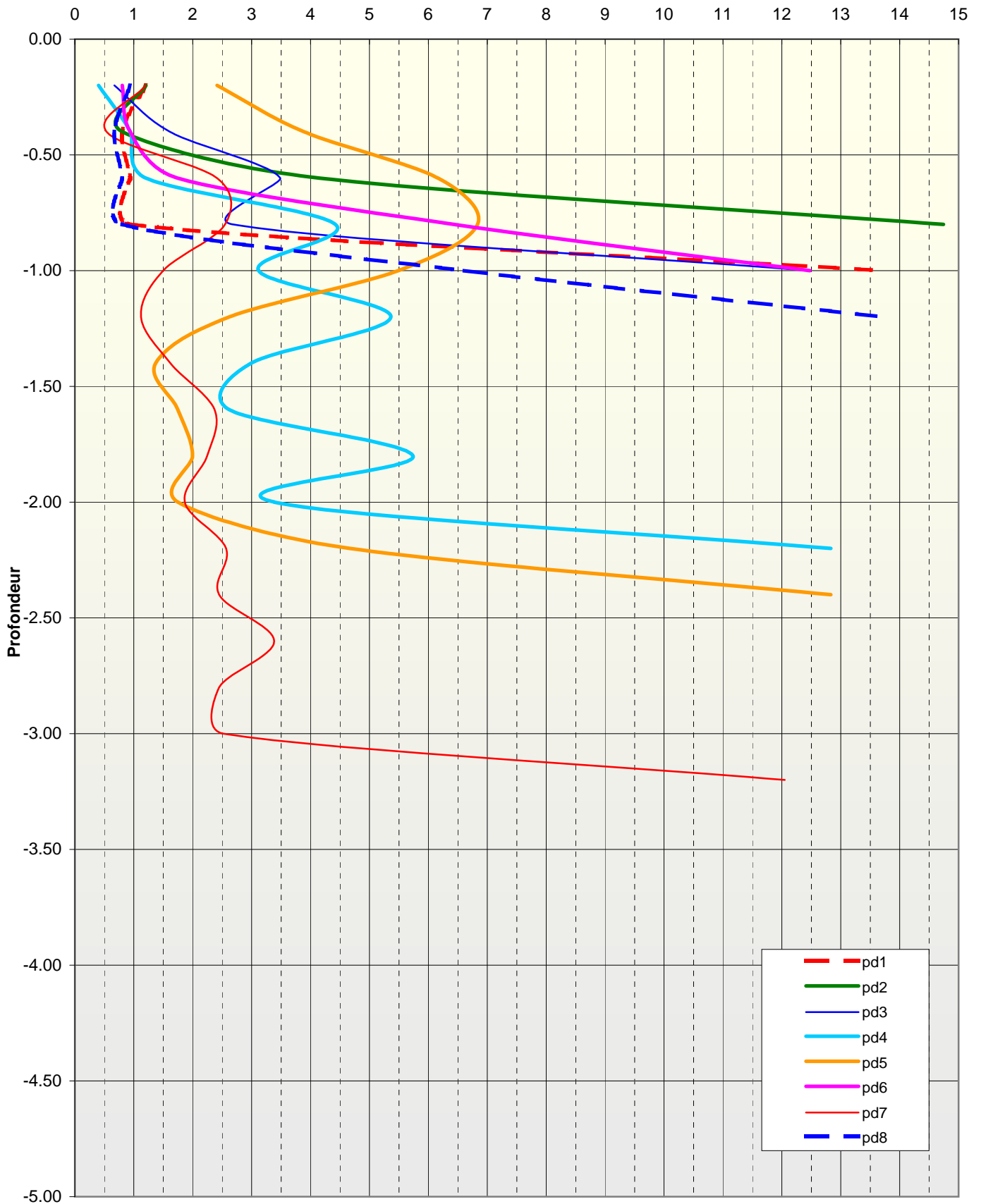
RESUME - Pénétrromètres dynamiques - Dossier N°7273

Qd/6 en 10²kPa



RESUME - Pénétrromètres dynamiques - Dossier N°7273

Qd/20 en 10²kPa



ANNEXE 5

| | |
|---------------------------------------|--|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limono-sablo-graveleuse avec des blocs |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.2 / Ech.2 | Sondage n° : M6 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,50 - 0,80 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-01A | |

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-050

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Température d'étuvage (°C) | 105 |
| Masse humide (g) | 1734,9 |
| Masse sèche (g) | 1547,2 |
| Teneur en eau naturelle (%) | 12,1 |

Observations :

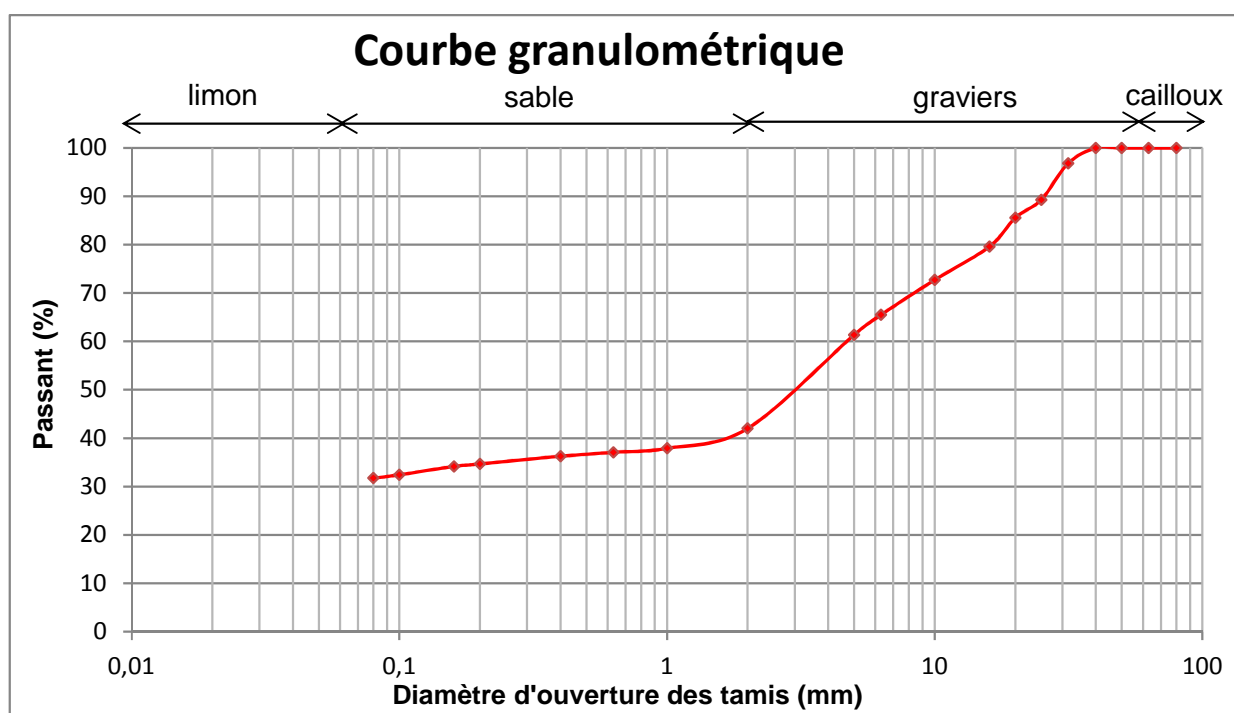
Trappes, le 18/10/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.2 / Ech.2**
 Date d'essai : **17/10/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-02A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse avec des blocs**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M6**
 Profondeur : **0,50 - 0,80 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056



| | | | |
|-----------|----|---------|------|
| Dmax (mm) | 35 | dm (mm) | 31,5 |
|-----------|----|---------|------|

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Tamis d (mm) | 80 | 63 | 50 | 40 | 31,5 | 25 | 20 |
| Passant (%) | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 96,8 | 89,3 | 85,6 |
| Tamis d (mm) | 16 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1 | 0,63 |
| Passant (%) | 79,6 | 72,7 | 65,5 | 61,4 | 42,0 | 37,9 | 37,1 |
| Tamis d (mm) | 0,4 | 0,2 | 0,16 | 0,1 | 0,08 | | |
| Passant (%) | 36,3 | 34,7 | 34,2 | 32,4 | 31,7 | | |

Observations :

Trappes, le 18/10/2016

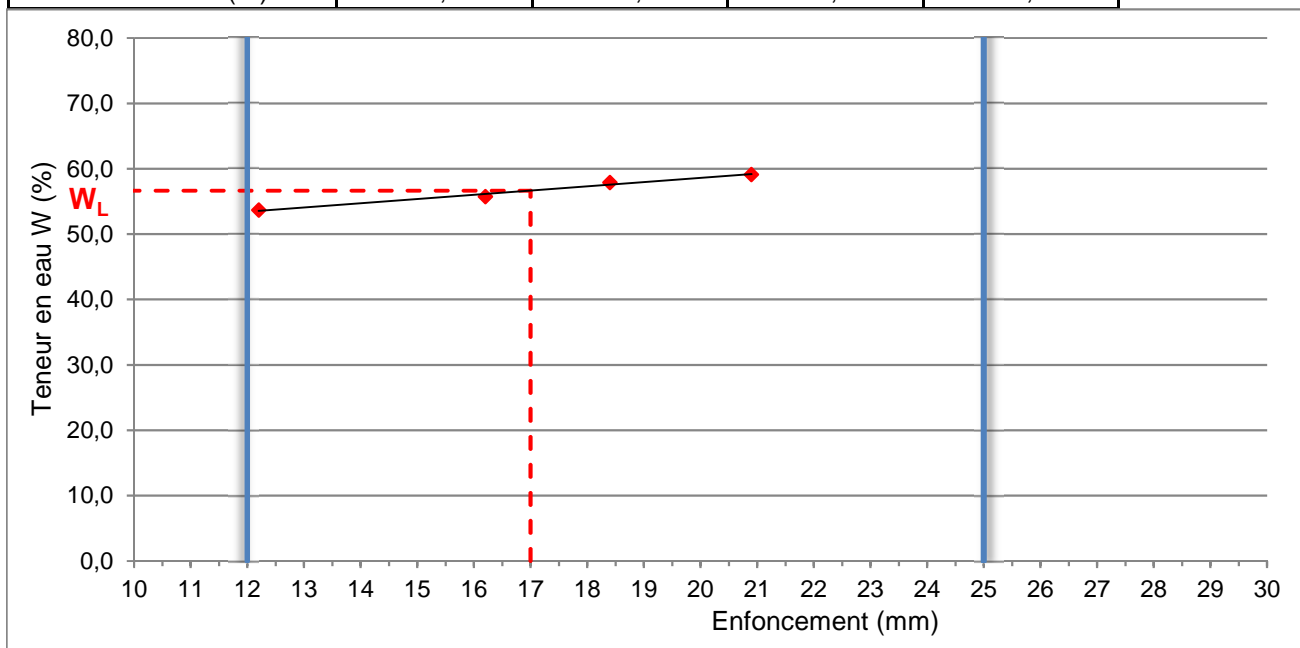
Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
Dossier n° : **16.TR.4.070**
Echantillon n° : **126.2 / Ech.2**
Date d'essai : **10/11/2016**
Opérateur : **SB**
PV n° : **16.TR.4.070.PV-03A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse avec des blocs**
Date de prélèvement : **NC**
Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
Sondage n° : **M6**
Profondeur : **0,50 - 0,80 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-052-1

| Mesures | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|------|------|------|------|
| Enfoncement (mm) | 12,2 | 16,2 | 18,4 | 20,9 |
| Teneur en eau W (%) | 53,7 | 55,7 | 57,9 | 59,1 |



| | | |
|--------------------------------|------|-------------|
| Limite de plasticité W_P (%) | 25,9 | 26,6 |
| NF P 94-051 | 27,3 | |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Limite de liquidité W_L (%) | 56,7 |
| Indice de plasticité I_P | 30,1 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Teneur en eau naturelle W_n (%) | 12,1 |
| Indice de consistance I_C | 1,48 |

Observations :

Trappes, le 15/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|--|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limono-sablo-graveleuse avec des blocs |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.2 / Ech.2 | Sondage n° : M6 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,50 - 0,80 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-04A | |

conformément à la norme NF P 11-300

| Granularité | | NF P 94-056 |
|--------------------|--|-------------|
| Dmax (mm) | | 35 |
| Tamisé à 50 mm (%) | | 100,0 |
| Tamisé à 20 mm (%) | | 85,6 |
| Tamisé à 5 mm (%) | | 61,4 |
| Tamisé à 2 mm (%) | | 42,0 |
| Tamisé à 80 µm (%) | | 31,7 |

| Argilosité | | |
|-------------------------|-------------|------|
| Indice de plasticité IP | NF P 94-051 | 30,1 |

| Comportement mécanique | | |
|-------------------------------|--|--|
| | | |

| Etat hydrique | | |
|--------------------------------|-------------|------|
| Teneur en eau naturelle WN (%) | NF P 94-050 | 12,1 |
| Indice de consistance IC | NF P 94-051 | 1,48 |

| Classe du sol | |
|----------------------|--|
| B6ts | Sables et graves, argileux à très argileux |

Observations :

Trappes, le 15/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|--|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limono-sablo-graveleuse marron |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.4 / Ech.4 | Sondage n° : M6 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,40 - 0,70 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-05A | |

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-050

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Température d'étuvage (°C) | 105 |
| Masse humide (g) | 2386 |
| Masse sèche (g) | 2163,4 |
| Teneur en eau naturelle (%) | 10,3 |

Observations :

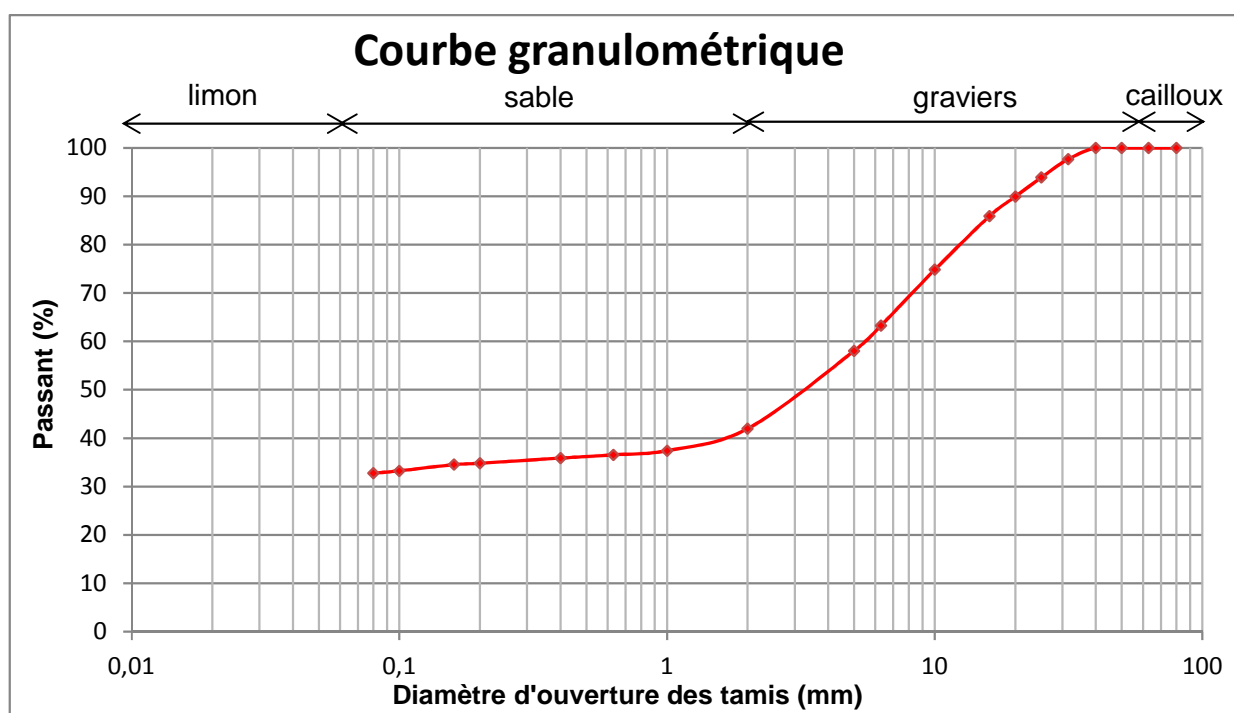
Trappes, le 14/10/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.4 / Ech.4**
 Date d'essai : **17/10/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-06A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M6**
 Profondeur : **0,40 - 0,70 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056



| | | | |
|-----------|----|---------|------|
| Dmax (mm) | 40 | dm (mm) | 31,5 |
|-----------|----|---------|------|

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Tamis d (mm) | 80 | 63 | 50 | 40 | 31,5 | 25 | 20 |
| Passant (%) | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 97,7 | 93,9 | 89,9 |
| Tamis d (mm) | 16 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1 | 0,63 |
| Passant (%) | 85,9 | 74,8 | 63,3 | 58,1 | 41,9 | 37,4 | 36,6 |
| Tamis d (mm) | 0,4 | 0,2 | 0,16 | 0,1 | 0,08 | | |
| Passant (%) | 35,9 | 34,8 | 34,5 | 33,2 | 32,7 | | |

Observations :

Trappes, le 14/10/2016

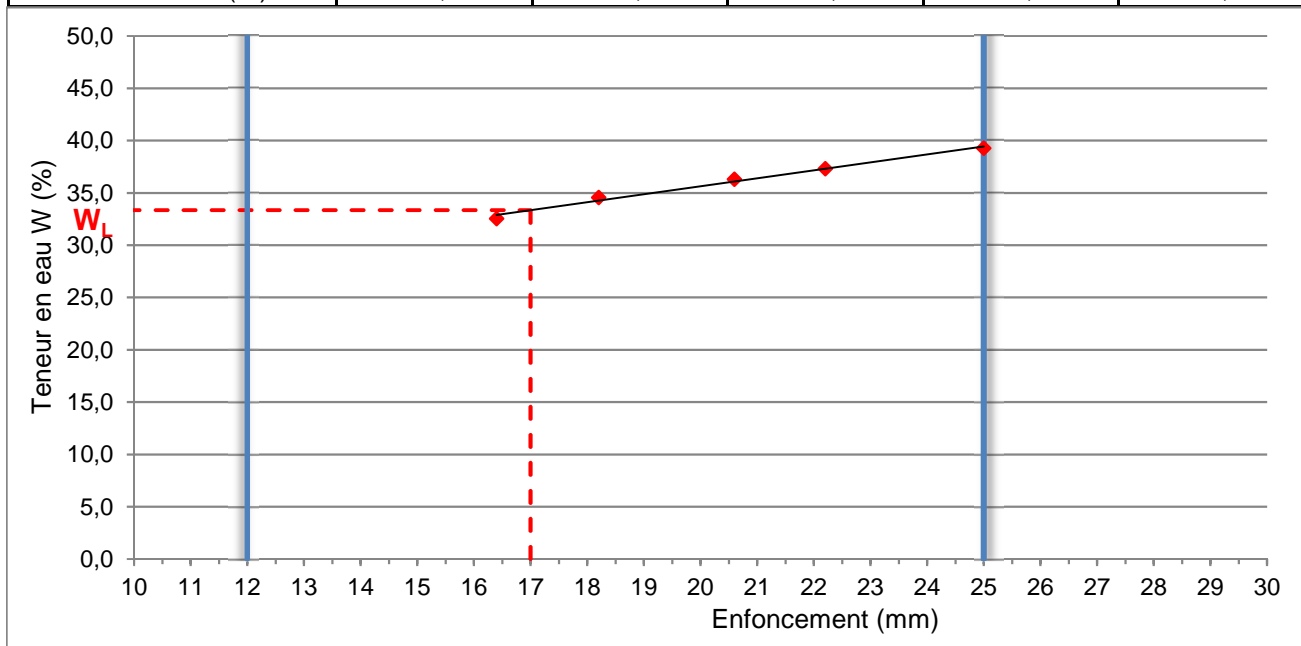
Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.4 / Ech.4**
 Date d'essai : **07/11/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-07A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M6**
 Profondeur : **0,40 - 0,70 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-052-1

| Mesures | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| Enfoncement (mm) | 16,4 | 18,2 | 20,6 | 22,2 | 25 |
| Teneur en eau W (%) | 32,5 | 34,6 | 36,3 | 37,3 | 39,3 |



| | | |
|--------------------------------|------|-------------|
| Limite de plasticité W_P (%) | 23,1 | 22,6 |
| NF P 94-051 | 22,2 | |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Limite de liquidité W_L (%) | 33,4 |
| Indice de plasticité I_P | 10,7 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Teneur en eau naturelle W_n (%) | 10,3 |
| Indice de consistance I_C | 2,15 |

Observations :

Trappes, le 14/10/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|--|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limono-sablo-graveleuse marron |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.4 / Ech.4 | Sondage n° : M6 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,40 - 0,70 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-08A | |

conformément à la norme NF P 11-300

| Granularité | | NF P 94-056 |
|--------------------|--|-------------|
| Dmax (mm) | | 40 |
| Tamisé à 50 mm (%) | | 100,0 |
| Tamisé à 20 mm (%) | | 89,9 |
| Tamisé à 5 mm (%) | | 58,1 |
| Tamisé à 2 mm (%) | | 41,9 |
| Tamisé à 80 µm (%) | | 32,7 |

| Argilosité | | |
|-------------------------|-------------|------|
| Indice de plasticité IP | NF P 94-051 | 10,7 |

| Comportement mécanique | | |
|-------------------------------|--|--|
| | | |

| Etat hydrique | | |
|--------------------------------|-------------|------|
| Teneur en eau naturelle WN (%) | NF P 94-050 | 10,3 |
| Indice de consistance IC | NF P 94-051 | 2,15 |

| Classe du sol | |
|----------------------|----------------------------------|
| B5 | Sables et graves très silteux... |

Observations :

Trappes, le 08/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|--|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limono-sablo-graveleuse marron |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.6 / Ech.6 | Sondage n° : M3 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,30 - 0,70 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-09A | |

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-050

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Température d'étuvage (°C) | 105 |
| Masse humide (g) | 2288,9 |
| Masse sèche (g) | 2021,6 |
| Teneur en eau naturelle (%) | 13,2 |

Observations :

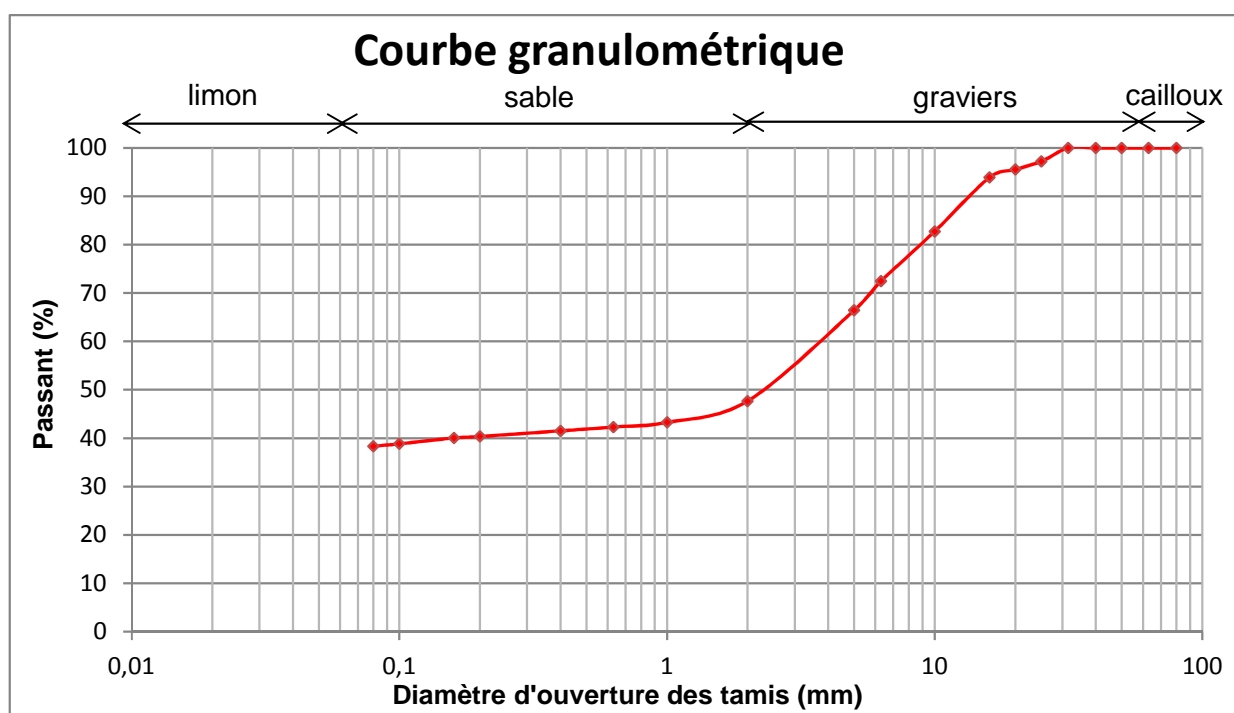
Trappes, le 07/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.6 / Ech.6**
 Date d'essai : **17/10/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-10A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M3**
 Profondeur : **0,30 - 0,70 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056



| | | | |
|-----------|----|---------|----|
| Dmax (mm) | 31 | dm (mm) | 25 |
|-----------|----|---------|----|

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Tamis d (mm) | 80 | 63 | 50 | 40 | 31,5 | 25 | 20 |
| Passant (%) | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 97,2 | 95,5 |
| Tamis d (mm) | 16 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1 | 0,63 |
| Passant (%) | 93,9 | 82,7 | 72,5 | 66,4 | 47,7 | 43,3 | 42,3 |
| Tamis d (mm) | 0,4 | 0,2 | 0,16 | 0,1 | 0,08 | | |
| Passant (%) | 41,5 | 40,3 | 40,0 | 38,8 | 38,3 | | |

Observations :

Trappes, le 07/11/2016

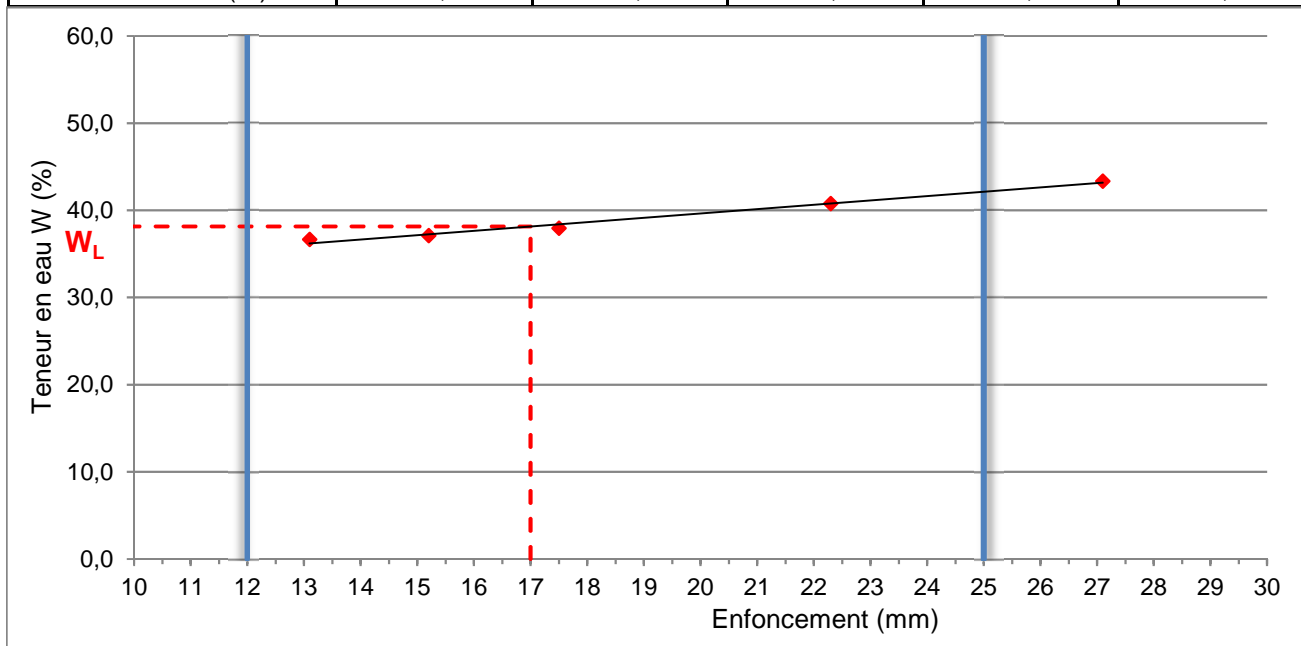
Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
Dossier n° : **16.TR.4.070**
Echantillon n° : **126.6 / Ech.6**
Date d'essai : **04/11/2016**
Opérateur : **SB**
PV n° : **16.TR.4.070.PV-11A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
Date de prélèvement : **NC**
Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
Sondage n° : **M3**
Profondeur : **0,30 - 0,70 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-052-1

| Mesures | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------|------|------|------|------|------|
| Enfoncement (mm) | 27,1 | 22,3 | 17,5 | 15,2 | 13,1 |
| Teneur en eau W (%) | 43,3 | 40,8 | 37,9 | 37,1 | 36,7 |



| | | |
|--------------------------------|------|-------------|
| Limite de plasticité W_P (%) | 26,7 | 26,8 |
| NF P 94-051 | 27,0 | |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Limite de liquidité W_L (%) | 38,2 |
| Indice de plasticité I_P | 11,3 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Teneur en eau naturelle W_n (%) | 13,2 |
| Indice de consistance I_C | 2,20 |

Observations :

Trappes, le 07/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|--|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limono-sablo-graveleuse marron |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.6 / Ech.6 | Sondage n° : M3 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,30 - 0,70 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-12A | |

conformément à la norme NF P 11-300

| Granularité | | NF P 94-056 |
|--------------------|--|-------------|
| Dmax (mm) | | 31 |
| Tamisé à 50 mm (%) | | 100,0 |
| Tamisé à 20 mm (%) | | 95,5 |
| Tamisé à 5 mm (%) | | 66,4 |
| Tamisé à 2 mm (%) | | 47,7 |
| Tamisé à 80 µm (%) | | 38,3 |

| Argilosité | | |
|-------------------------|-------------|------|
| Indice de plasticité IP | NF P 94-051 | 11,3 |

| Comportement mécanique | | |
|------------------------|--|--|
| | | |

| Etat hydrique | | |
|--------------------------------|-------------|------|
| Teneur en eau naturelle WN (%) | NF P 94-050 | 13,2 |
| Indice de consistance IC | NF P 94-051 | 2,20 |

| Classe du sol | |
|---------------|---|
| A1 | Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques... |

Observations : Sol classé A1, limite A2

Trappes, le 07/11/2016

Stéphanie BOULET
 Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|---|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limoneuse à limon argileux marron |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRAY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.9 / Ech.9 | Sondage n° : M8 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,30 - 0,60 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-18A | |

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-050

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Température d'étuvage (°C) | 105 |
| Masse humide (g) | 1855,5 |
| Masse sèche (g) | 1528,8 |
| Teneur en eau naturelle (%) | 21,4 |

Observations :

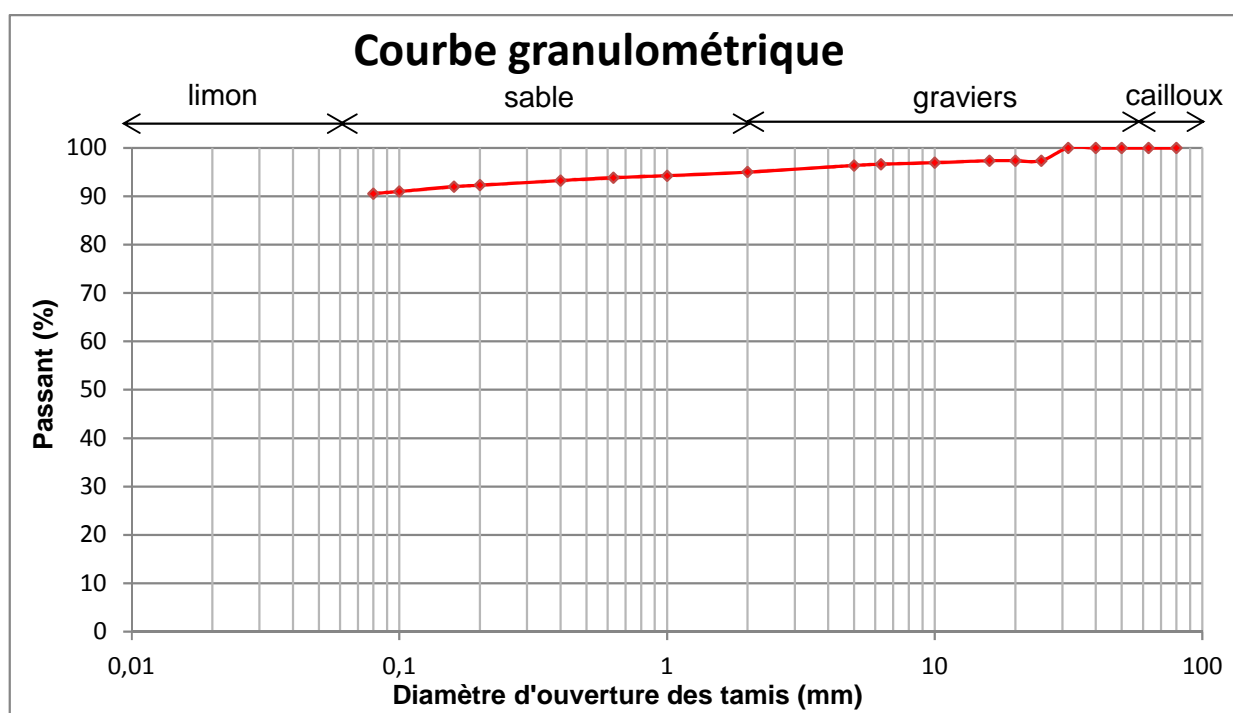
Trappes, le 14/10/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.9 / Ech.9**
 Date d'essai : **17/10/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-19A**

Description du matériau : **Argile limoneuse à limon argileux marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M8**
 Profondeur : **0,30 - 0,60 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-056



| | | | |
|-----------|----|---------|----|
| Dmax (mm) | 34 | dm (mm) | 25 |
|-----------|----|---------|----|

| | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Tamis d (mm) | 80 | 63 | 50 | 40 | 31,5 | 25 | 20 |
| Passant (%) | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 97,4 | 97,4 |
| Tamis d (mm) | 16 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1 | 0,63 |
| Passant (%) | 97,4 | 97,0 | 96,6 | 96,4 | 95,0 | 94,3 | 93,8 |
| Tamis d (mm) | 0,4 | 0,2 | 0,16 | 0,1 | 0,08 | | |
| Passant (%) | 93,3 | 92,3 | 92,0 | 91,0 | 90,6 | | |

Observations :

Trappes, le 14/10/2016

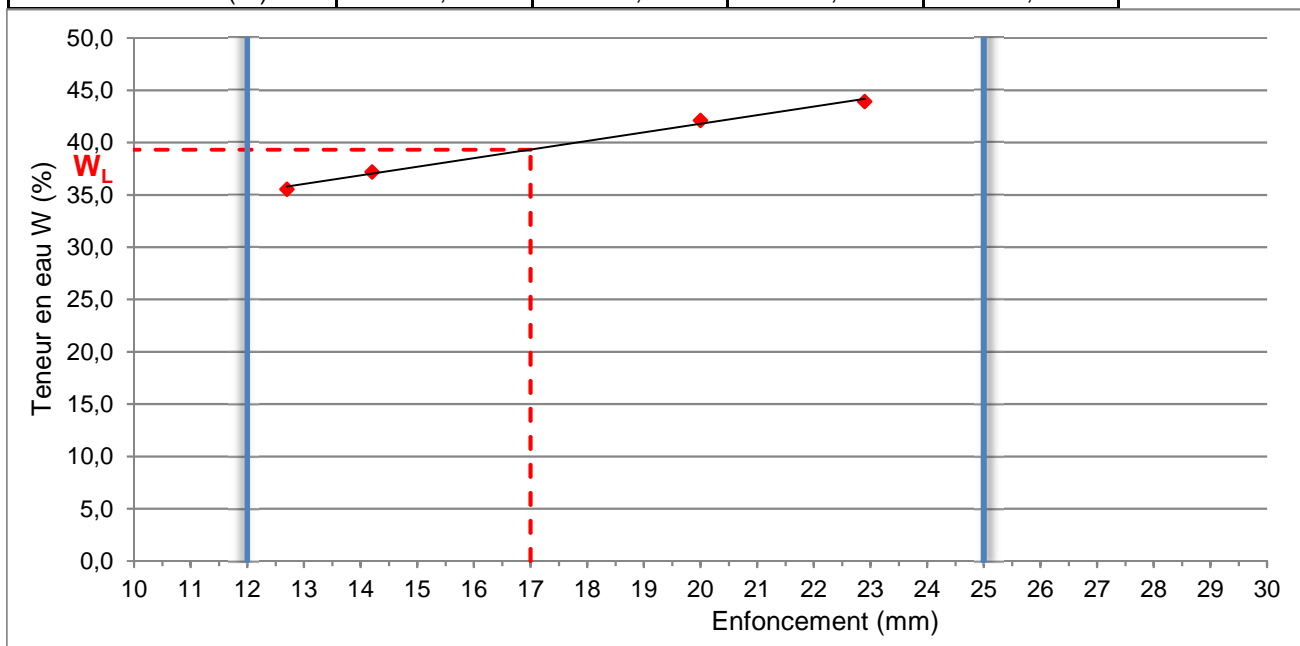
Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.9 / Ech.9**
 Date d'essai : **14/11/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-20A**

Description du matériau : **Argile limoneuse à limon argileux marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M8**
 Profondeur : **0,30 - 0,60 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-052-1

| Mesures | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|------|------|------|------|
| Enfoncement (mm) | 12,7 | 14,2 | 20 | 22,9 |
| Teneur en eau W (%) | 35,5 | 37,2 | 42,1 | 43,9 |



| | | |
|--------------------------------|------|-------------|
| Limite de plasticité W_P (%) | 25,5 | 25,1 |
| NF P 94-051 | 24,8 | |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Limite de liquidité W_L (%) | 39,3 |
| Indice de plasticité I_P | 14,2 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Teneur en eau naturelle W_n (%) | 21,4 |
| Indice de consistance I_C | 1,26 |

Observations :

Trappes, le 15/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

| | |
|---------------------------------------|---|
| Client : EN.OM.FRA | Description du matériau : Argile limoneuse à limon argileux marron |
| Affaire : ST PIERRE DU PERRY | Date de prélèvement : NC |
| Dossier n° : 16.TR.4.070 | Lieu de prélèvement : St Pierre du Perray |
| Echantillon n° : 126.9 / Ech.9 | Sondage n° : M8 |
| Date d'essai : 11/10/2016 | Profondeur : 0,30 - 0,60 m |
| Opérateur : SB | Température d'étuvage : 105 °C |
| PV n° : 16.TR.4.070.PV-21A | |

conformément à la norme NF P 11-300

| Granularité | | NF P 94-056 |
|--------------------|--|-------------|
| Dmax (mm) | | 34 |
| Tamisé à 50 mm (%) | | 100,0 |
| Tamisé à 20 mm (%) | | 97,4 |
| Tamisé à 5 mm (%) | | 96,4 |
| Tamisé à 2 mm (%) | | 95,0 |
| Tamisé à 80 µm (%) | | 90,6 |

| Argilosité | | |
|-------------------------|-------------|------|
| Indice de plasticité IP | NF P 94-051 | 14,2 |

| Comportement mécanique | | |
|-------------------------------|--|--|
|-------------------------------|--|--|

| Etat hydrique | | |
|--------------------------------|-------------|------|
| Teneur en eau naturelle WN (%) | NF P 94-050 | 21,4 |
| Indice de consistance IC | NF P 94-051 | 1,26 |

| Classe du sol | |
|----------------------|---|
| A2s | Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes... |

Observations :

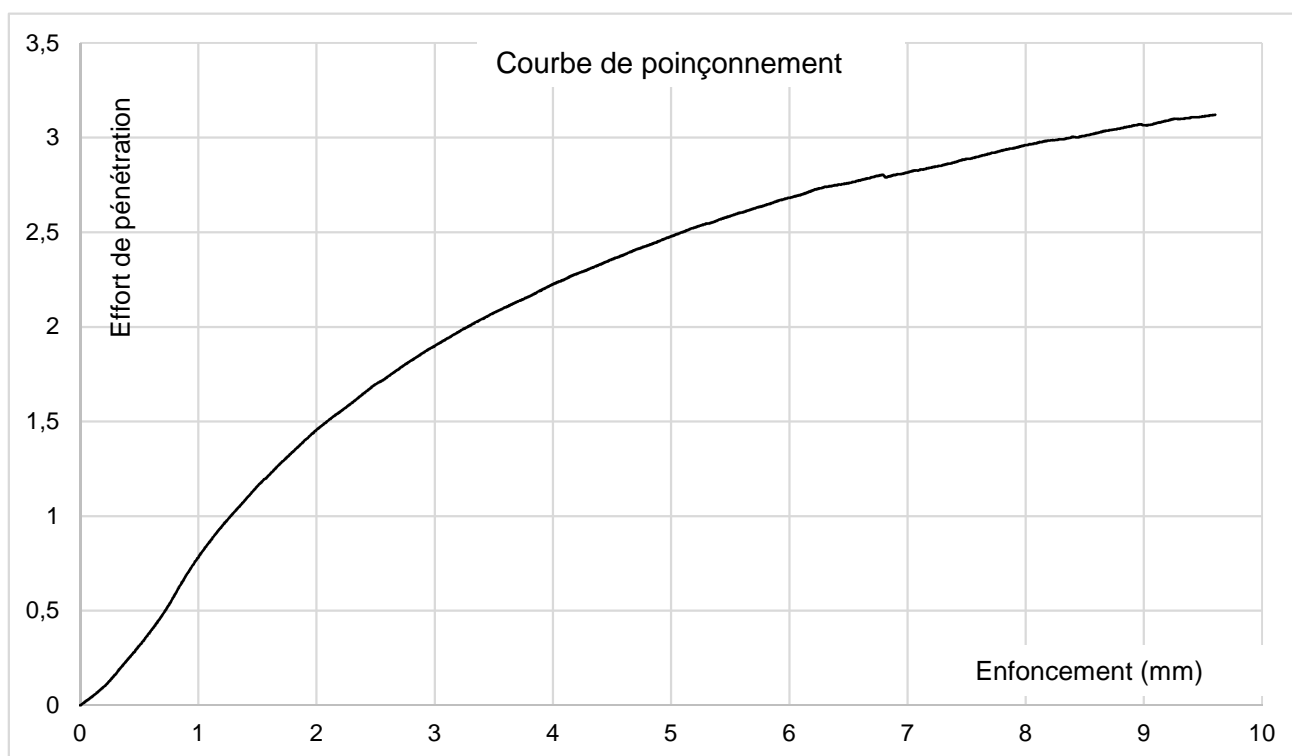
Trappes, le 15/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
Dossier n° : **16.TR.4.070**
Echantillon n° : **126.7 / Ech.7**
Date d'essai : **24/10/2016**
Opérateur : **SB**
PV n° : **16.TR.4.070.PV-15A**

Description du matériau : **Argile limoneuse marron avec quelques graviers**
Date de prélèvement : **NC**
Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
Sondage n° : **M4**
Profondeur : **0,30 - 0,60 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-078



IPI à 2,5 mm 13
IPI à 5,0 mm 12

W (%) = 15,7
 ρ_h (T/m³) = 2,102
 ρ_d (T/m³) = 1,817

IPI = 13

Observations :

Trappes, le 25/10/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
Dossier n° : **16.TR.4.070**
Echantillon n° : **126.7 / Ech.7**
Date d'essai : **25/10/2016**
Opérateur : **SB + AK**
PV n° : **16.TR.4.070.PV-16A**

Description du matériau : **Argile limoneuse marron avec quelques graviers**
Date de prélèvement : **NC**
Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
Sondage n° : **M4**
Profondeur : **0,30 - 0,60 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

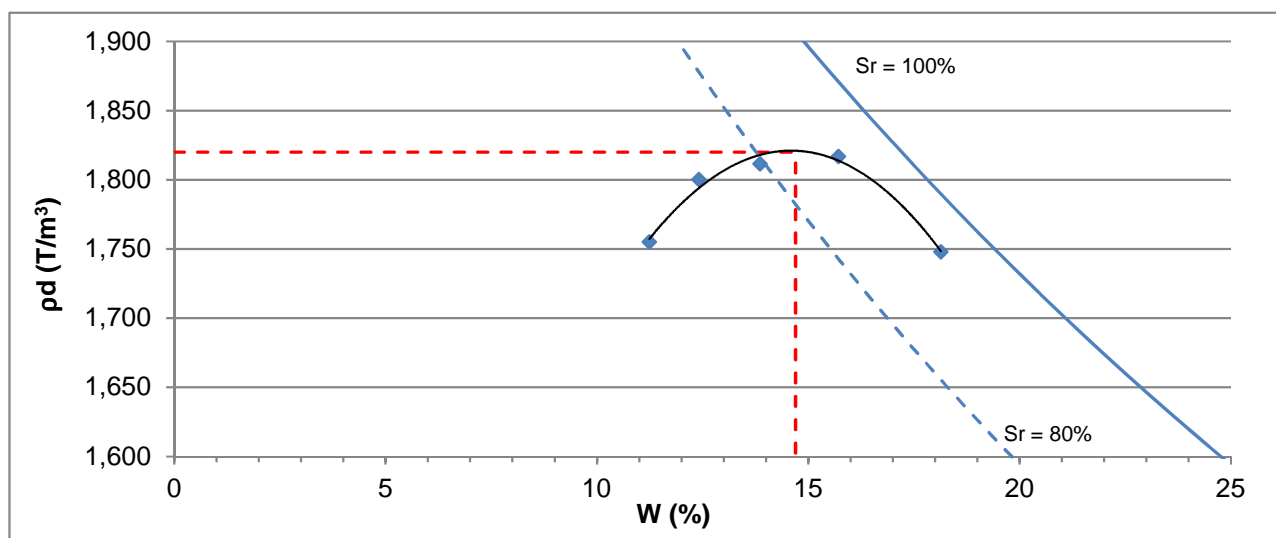
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai protor Normal Modifié Moule proctor (A) CBR (B) Matériau naturel traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Malaxage mécanique Essai réalisé sur fraction 0/20 mm 0/5 mm

| | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (%) | 11,2 | 12,4 | 13,9 | 15,7 | 18,1 |
| ρ_d (T/m ³) | 1,755 | 1,800 | 1,811 | 1,817 | 1,748 |

| Résultats | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| sur fraction | 0/20 | 0/D |
| W OPN (%) | 14,7 | 13,3 |
| ρ_d OPN (T/m ³) | 1,820 | 1,877 |



Observations :

Trappes, le 03/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
Affaire : **ST PIERRE DU PERRYAY**
Dossier n° : **16.TR.4.070**
Echantillon n° : **126.7 / Ech.7**
Date d'essai : **10/11/2016**
Opérateur : **SB**
PV n° : **16.TR.4.070.PV-17A**

Description du matériau : **Argile limoneuse marron avec quelques graviers**
Date de prélèvement : **NC**
Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
Sondage n° : **M4**
Profondeur : **0,30 - 0,60 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

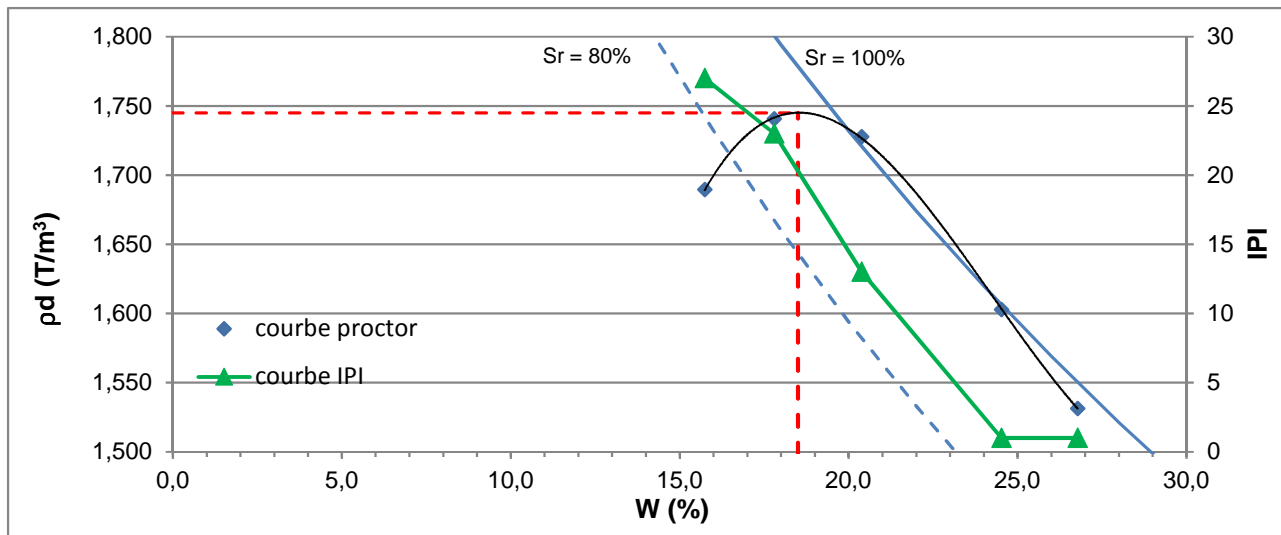
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai proctor Normal Moule proctor (A) Matériau naturel
 Modifié CBR (B) traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Essai réalisé sur fraction 0/20 mm
 Malaxage mécanique 0/5 mm

| | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (%) | 15,7 | 17,8 | 20,4 | 24,5 | 26,8 |
| ρ_d (T/m ³) | 1,690 | 1,741 | 1,728 | 1,603 | 1,531 |
| IPI | 27 | 23 | 13 | 1 | 1 |

| Résultats | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| sur fraction | 0/20 | 0/D |
| W OPN (%) | 18,5 | 16,7 |
| ρ_d OPN (T/m ³) | 1,745 | 1,805 |



Observations : **Sol traité à 2% de CaO**

Trappes, le 14/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.6 / Ech.6**
 Date d'essai : **14/11/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-13A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M3**
 Profondeur : **0,30 - 0,70 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

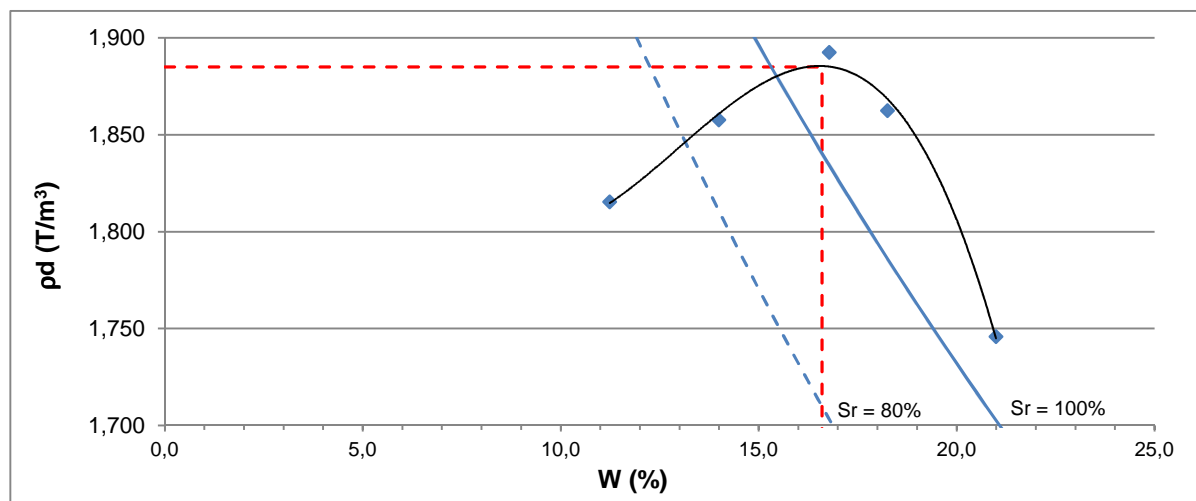
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai protor Normal Modifié Moule proctor (A) CBR (B) Matériau naturel traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Malaxage mécanique Essai réalisé sur fraction 0/20 mm 0/5 mm

| | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (%) | 11,2 | 14,0 | 16,8 | 18,3 | 21,0 |
| ρ_d (T/m ³) | 1,815 | 1,858 | 1,893 | 1,863 | 1,746 |

| Résultats | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| sur fraction | 0/20 | 0/D |
| W OPN (%) | 16,6 | 15,9 |
| ρ_d OPN (T/m ³) | 1,885 | 1,910 |



Observations : **Sol traité avec 1% de CaO + 7% de liant CEM II 32,5R**

Trappes, le 15/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
Dossier n° : **16.TR.4.070**
Echantillon n° : **126.6 / Ech.6**
Date d'essai : **15/11/2016**
Opérateur : **SB**
PV n° : **16.TR.4.070.PV-14A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
Date de prélèvement : **NC**
Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
Sondage n° : **M3**
Profondeur : **0,30 - 0,70 m**
Température d'étuvage : **105 °C**

conformément à la norme NF P 94-100

| Matériau essayé | Traitement |
|---------------------------------------|---|
| Argile limono-sablo-graveleuse marron | 1% de CaO + 7% de liant CEM II 32,5R |
| Classification GTR | |
| A1 | |

| Gonflement volumique après 7 j. d'immersion | Eprouvettes | 1 | 2 | 3 | Moyenne |
|---|------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | $G_{V\ 7j}$ (%) | 1,4 | 1,1 | 0,2 | 0,9 |
| | Aptitude au traitement | Adapté | Adapté | Adapté | Adapté |

| Caractéristiques mécaniques après 7 j. d'immersion | Eprouvettes | 4 | 5 | 6 | Moyenne |
|--|---|--------|--------|--------|---------|
| | Résistance en compression diamétrale R_{tb} (MPa) | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| | Aptitude au traitement | Adapté | Adapté | Adapté | Adapté |

| Aptitude du matériau au traitement | Adapté | Douteux | Inadapté |
|------------------------------------|--------------|---------|----------|
| | X | | |

Observations :

Trappes, le 22/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Client : **EN.OM.FRA**
 Affaire : **ST PIERRE DU PERRY**
 Dossier n° : **16.TR.4.070**
 Echantillon n° : **126.6 / Ech.6**
 Date d'essai : **14/11/2016**
 Opérateur : **SB**
 PV n° : **16.TR.4.070.PV-13A**

Description du matériau : **Argile limono-sablo-graveleuse marron**
 Date de prélèvement : **NC**
 Lieu de prélèvement : **St Pierre du Perray**
 Sondage n° : **M3**
 Profondeur : **0,30 - 0,70 m**
 Température d'étuvage : **105 °C**

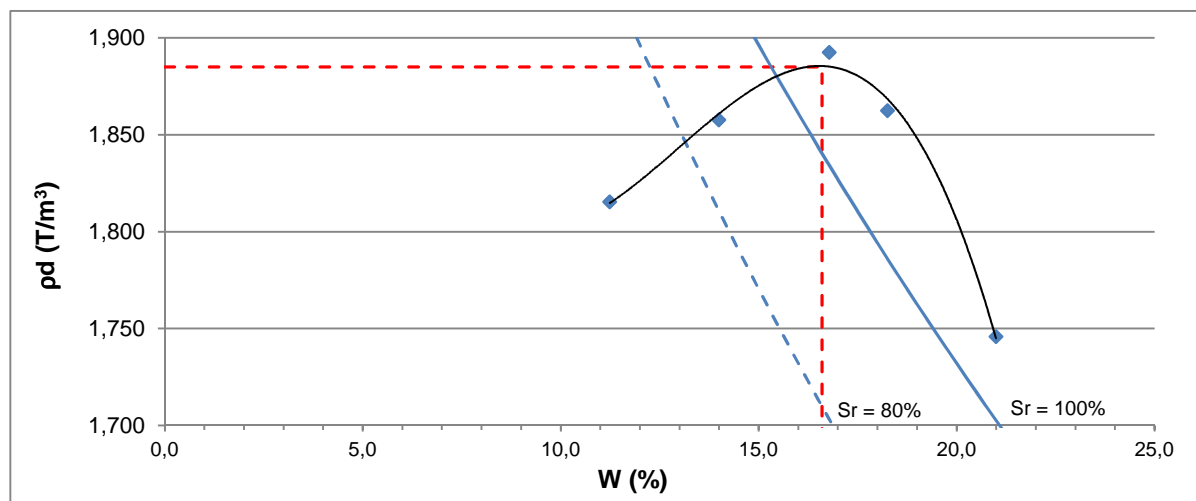
Essai réalisé conformément à la norme NF P 94-093

Energie essai protor Normal Modifié Moule proctor (A) CBR (B) Matériau naturel traité

Préparation du matériau Malaxage manuel Malaxage mécanique Essai réalisé sur fraction 0/20 mm 0/5 mm

| | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| W (%) | 11,2 | 14,0 | 16,8 | 18,3 | 21,0 |
| ρ_d (T/m ³) | 1,815 | 1,858 | 1,893 | 1,863 | 1,746 |

| Résultats | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| sur fraction | 0/20 | 0/D |
| W OPN (%) | 16,6 | 15,9 |
| ρ_d OPN (T/m ³) | 1,885 | 1,910 |



Observations : **Sol traité avec 1% de CaO + 7% de liant CEM II 32,5R**

Trappes, le 15/11/2016

Stéphanie BOULET
Responsable laboratoire

Laboratoire WESSLING, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex
ESIRIS Île de France
Madame Stéphanie BOULET
2 avenue le Verrier - ZA des Bruyères
78190 TRAPPES

Rapport d'essai n°.: ULY16-012600-1
Commande n°.: ULY-09447-16
Interlocuteur: J. Moncorgé
Téléphone: +33 474 999-633
eMail: Jonathan.Moncorge@wessling.fr
Date: 17.10.2016

Rapport d'essai

16.TR.4.070 - St Pierre du Perray

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparti entre le prélèvement et l'analyse préconisée dans les normes suivies.

Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes.

Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais est disponible sur www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon.

Les essais effectués par le laboratoire de Paris sont accrédités par le COFRAC sous le numéro 1-5578.

Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DAKKS sous le numéro D-PL-14162-01-00 (www.as.dakks.de).

Les essais effectués par le laboratoire hongrois de Budapest sont accrédités par le NAT sous le numéro NAT-1-1398 (www.nat.hu).

Les essais effectués par le laboratoire polonais de Krakow sont accrédités par le PCA sous le numéro AB 918 (www.pca.gov.pl).

Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

La conclusion ne tient pas compte des incertitudes et n'est pas couverte par l'accréditation.

Rapport d'essai n°.: ULY16-012600-1
Projet : 16.TR.4.070 - St Pierre du Perray

Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 · Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 17.10.2016

| N° d'échantillon | Unité | 16-162537-01 | 16-162537-02 | 16-162537-03 | 16-162537-04 |
|-------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Ech.2 / M6 | Ech.4 / M6 | Ech.6 / M3 | Ech.7 / M4 |
| Désignation d'échantillon | | 126.2 0,50-0,80 | 126.4 0,40-0,70 | 126.6 0,30-0,70 | 126.7 0,30-0,60 |
| | | m | m | m | m |
| Extrait à l'acide chlorhydrique | MS-A | 14.10.16 | 14.10.16 | 14.10.16 | 14.10.16 |
| Paramètres globaux / Indices | | | | | |
| Sulfates (SO4) calc. | mg/kg MS-A | 100 | 200 | 300 | 250 |
| Soufre (S) | mg/kg MS-A | 34 | 68 | 100 | 85 |

Rapport d'essai n°.: ULY16-012600-1
Projet : 16.TR.4.070 - St Pierre du Perray

Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 · Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 17.10.2016

N° d'échantillon **16-162537-05**
Ech.9 / M8
126.9 0,30-0,60

Désignation d'échantillon **Unité**
m

Extrait à l'acide chlorhydrique MS-A 14.10.16

Paramètres globaux / Indices

| | | |
|-----------------------------------|------------|-----|
| Sulfates (SO ₄) calc. | mg/kg MS-A | 210 |
| Soufre (S) | mg/kg MS-A | 70 |

Rapport d'essai n°.: ULY16-012600-1
Projet : 16.TR.4.070 - St Pierre du Perray

Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 · Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 17.10.2016

Informations sur les échantillons

| | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| N° d'échantillon : | 16-162537-01 | 16-162537-02 | 16-162537-03 | 16-162537-04 | 16-162537-05 |
| Date de réception : | 12.10.2016 | 12.10.2016 | 12.10.2016 | 12.10.2016 | 12.10.2016 |
| | Ech.2 / M6 | Ech.4 / M6 | Ech.6 / M3 | Ech.7 / M4 | Ech.9 / M8 |
| Désignation : | 126.2 0,50-0,80 | 126.4 0,40-0,70 | 126.6 0,30-0,70 | 126.7 0,30-0,60 | 126.9 0,30-0,60 |
| | m | m | m | m | m |
| Type d'échantillon : | Sol | Sol | Sol | Sol | Sol |
| Date de prélèvement : | 09.09.2016 | 09.09.2016 | 09.09.2016 | 09.09.2016 | 09.09.2016 |
| Récipient : | 250VB | 250VB | 250VB | 250VB | 250VB |
| Température à réception (C°) : | 11.3°C | 11.3°C | 11.3°C | 11.3°C | 11.3°C |
| Début des analyses : | 12.10.2016 | 12.10.2016 | 12.10.2016 | 12.10.2016 | 12.10.2016 |
| Fin des analyses : | 17.10.2016 | 17.10.2016 | 17.10.2016 | 17.10.2016 | 17.10.2016 |

Rapport d'essai n°.: ULY16-012600-1
Projet : 16.TR.4.070 - St Pierre du Perray

Laboratoires WESSLING S.A.R.L.
Z.I. de Chesnes Tharabie · 40 rue du Ruisseau
BP 50705 · 38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20 · Fax +33 (0)4 74 99 96 37
labo@wessling.fr · www.wessling.fr

St Quentin Fallavier, le 17.10.2016

Informations sur les méthodes d'analyses

Paramètre

Sulfates, HCl extr. B (agress. sur béton et acier)
Extraction à l'acide chlorhydrique (agressivité vis-à-vis des bétons)

Norme

DIN 4030-2 mod.(A)
DIN 4030-2(A)

Laboratoire

Wessling Oppin (D)
Wessling Oppin (D)

Commentaires :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.

Signataire Rédacteur

Jonathan MONCORGE

Chargé de Clientèle



Signataire Technique

Sophie DECOT

Responsable du Service LIMS



ANNEXE 6

Enchaînement et classification des missions d'ingénierie géotechnique

Le Maître d'Ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la Maîtrise d'Œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception, puis de réalisation de l'ouvrage. Le Maître d'Ouvrage, ou son mandataire, doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives à la Maîtrise d'Œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du Maître d'Ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3, la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Tableau 1 - Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

| Enchaînement des missions G1 à G4 | Phases de la maîtrise d'œuvre | Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission | | Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques | Niveau de management des risques géotechniques attendu | Prestations d'investigations géotechniques à réaliser |
|--|-----------------------------------|---|--|--|---|--|
| Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1) | | Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES) | | Spécificités géotechniques du site | Première identification des risques présentés par le site | Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique |
| | Etude préliminaire, esquisse, APS | Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC) | | Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site | Première identification des risques pour les futurs ouvrages | Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique |
| Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2) | APD/AVP | Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP) | | Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet | Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance | Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs) |
| | PRO | Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO) | | Conception et justifications du projet | | Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs) |
| | DCE/ACT | Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT | | Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux | | |
| Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4) | | À la charge de l'entreprise | À la charge du maître d'ouvrage | | | |
| | EXE/VISA | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi) | Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi) | Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût | Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience) | Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent |
| | DET/AOR | Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude) | Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude) | Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage | | Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux |
| À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant | Diagnostic | Diagnostic géotechnique (G5) | | Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant | Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés | Fonction de l'élément géotechnique étudié |

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique

| |
|--|
| <p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p> |
| <p>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols). |
| <p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). — Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux. |

Tableau 2 - Classification des missions d'ingénierie géotechnique (suite)

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

UNION SYNDICALE GEOTECHNIQUE
CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS GEOTECHNIQUES
(Mise à jour du 26/04/2007)

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'œuvre 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'œuvre 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 œuvre.

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.