

Assainissement

Hydrologie

Hydrogéologie

## RAPPORT DE POMPAGE – ESSAIS HYDRODYNAMIQUES

Aménagement d'une plateforme multimodale  
266 Route de la Noue  
LIMAY (78520)

Maitre d'ouvrage :



Maitre d'œuvre :



| Dossier n°2021/04/171/12 |            |                         |                |                 |  |
|--------------------------|------------|-------------------------|----------------|-----------------|--|
| Indice                   | Date       | Contenu                 | Rédigé par     | Contrôlé par    | Modifications / Observations   |
| A                        | 07/11/2023 | 13 pages (hors annexes) | Iliès ARAHMANE | Maxime MARTIN   | Première diffusion   |
| B                        | 17/11/2023 | 18 pages (hors annexes) | Iliès ARAHMANE | Florian CATIMEL | Ajout d'une quinquennale   |
| C                        | 27/11/2023 | 33 pages (hors annexes) | Iliès ARAHMANE | Maxime MARTIN   | Modification des surfaces de fouille+<br>Ajout d'une variation saisonnière |
| D                        | 05/12/2023 | 33 pages (hors annexes) | Iliès ARAHMANE |                 | Mise à jour du plan de phasage travaux                                     |

AGENCE DE MAROMME

5 rue Marconi  
76150 MAROMME

Tel. : 02.52.35.05.01 / Courriel : contact76@geotechnique-sas.com



Le département environnement du groupe GÉOTECHNIQUE SAS

## SOMMAIRE

|           |  |                             |
|-----------|--|-----------------------------|
| <b>1.</b> | <b>DEFINITION DE L'OPERATION</b>                               | <b>3</b>                    |
| 1.1.      | Résumé du contexte   | 3                           |
| 1.2.      | Cadre de l'étude   | 3                           |
| <b>2.</b> | <b>DONNEES GENERALES</b>                                       | <b>5</b>                    |
| 2.1.      | Situation du terrain   | 5                           |
| 2.2.      | Contexte topographie - morphologie                             | 5                           |
| 2.3.      | Contexte géologique  | 6                           |
| 2.4.      | Contexte hydrogéologique                                       | 7                           |
| <b>3.</b> | <b>PRESENTATIONS DES ESSAIS</b>                                | <b>8</b>                    |
| 3.1.      | Programme des investigations                                   | 8                           |
| 3.2.      | Généralités  | 9                           |
| 3.3.      | Suivis des niveaux dynamiques                                  | 9                           |
| 3.3.1.    | Essai longue durée   | 9                           |
| <b>4.</b> | <b>INTERPRETATION DES ESSAIS</b>                               | <b>11</b>                   |
| 4.1.      | Essais longue durée  | 11                          |
| 4.1.1.    | Traitement par formule de Jacob                                | 11                          |
| 4.1.2.    | Traitement par la formule de Theis à l'aide du logiciel OUAIP  | 11                          |
| 4.2.      | Synthèse   | 12                          |
| <b>5.</b> | <b>CALCUL DES DEBITS D'EXHAURES</b>                            | <b>13</b>                   |
| 5.1.      | Détermination des paramètres hydrodynamiques                   | 13                          |
| 5.2.      | Caractéristiques du terrassement et du rabattement à atteindre | 13                          |
| 5.3.      | Evaluation du débit d'exhaure selon la variation saisonnière   | 15                          |
| 5.3.1.    | Méthode de calcul : Jacob                                      | 15                          |
| 5.4.      | Incidence piézométrique  | 16                          |
| 5.5.      | Evaluation du débit d'exhaure quinquennal                      | 21                          |
| 5.5.1.    | Méthode de calcul : Jacob                                      | Erreur ! Signet non défini. |
| 5.6.      | Incidence piézométrique  | Erreur ! Signet non défini. |
| 5.7.      | Evaluation des débits d'exhaure décennal                       | 27                          |
| 5.7.1.    | Méthode de calcul : Jacob                                      | Erreur ! Signet non défini. |
| 5.8.      | Incidence piézométrique décennale                              | Erreur ! Signet non défini. |
| <b>6.</b> | <b>SYNTHESE DES RESULTATS</b>                                  | <b>33</b>                   |
|           | <b>ANNEXES</b>   | <b>34</b>                   |

## 1. DEFINITION DE L'OPERATION

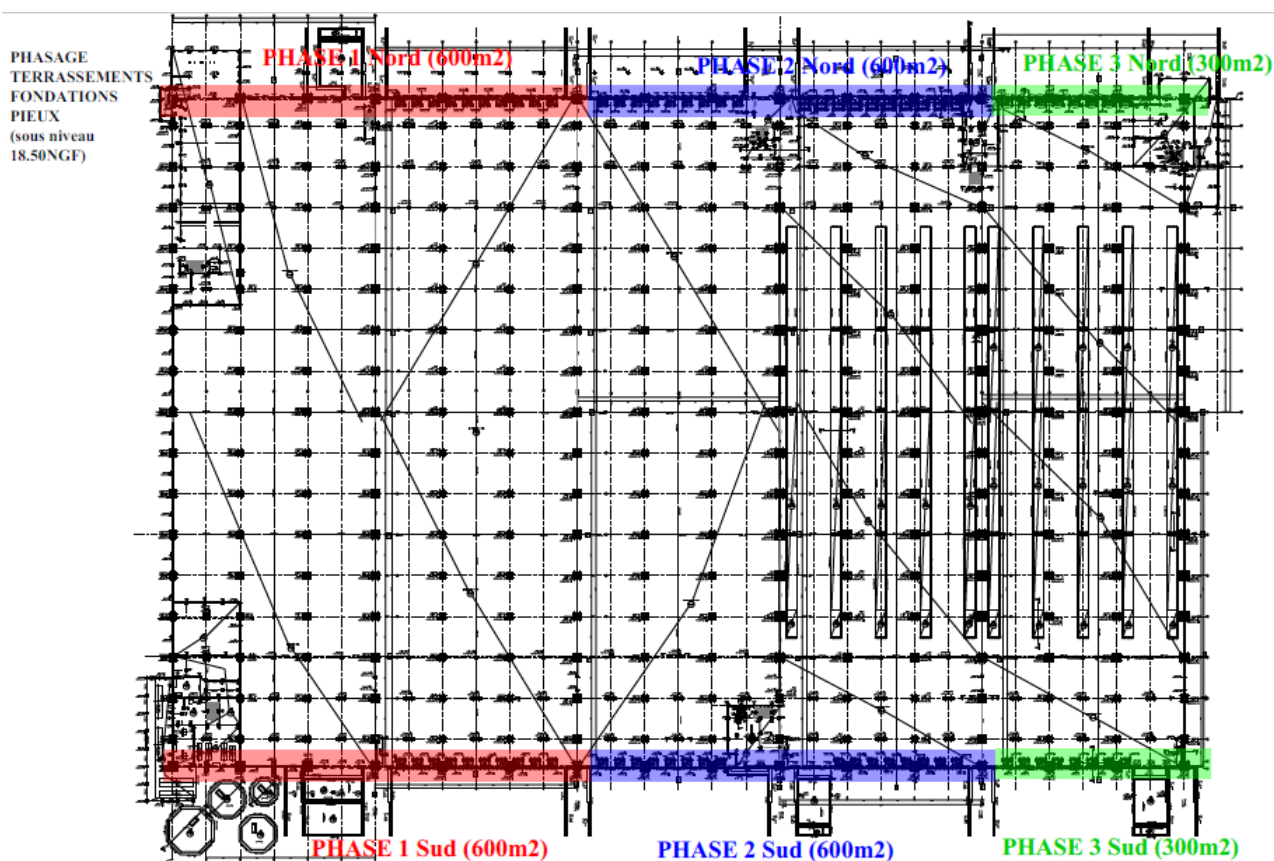
### 1.1. Résumé du contexte

| Opération                       |   |
|---------------------------------|---|
| Devis                           | Ame2021-04-171/12   |
| Mission                         | Rapport de synthèse – Essais hydrodynamiques                    |
| Adresse                         | 266 Route de la Noue – Limay (78)                               |
| Maitre d'ouvrage                | IKEA DEVELOPPEMENT SAS – 425 Rue Henri Barbusse – 78375 PLAISIR |
| Caractéristiques du projet      |   |
| Projet                          | Aménagement d'une plateforme multimodale                        |
| Profondeur actuelle de la nappe | Environ 17,4 m NGF  |

### 1.2. Cadre de l'étude

Le projet prévoit la construction d'un bâtiment industriel type R+1 d'une emprise d'environ 61 500 m<sup>2</sup>, composé des 5 cellules. L'emprise totale du projet est de 159 470 m<sup>2</sup>. La côte la plus basse du terrain est située à 20,2 m NGF.

La construction du bâtiment se divisera en 3 phases successives, comprenant la mise en place des 2 premières cellules, puis des 2 suivantes et enfin de la dernière (figure 1). Lors de ces phases, des fouilles seront créées à une altitude de 18,17 m NGF, au nord et au sud des cellules. Chaque fouille représentera une surface de 600 m<sup>2</sup>, sauf pour la phase 3 où elles couvriront une surface de 300 m<sup>2</sup> chacune.



**Figure 1 : plan de phasage des travaux (Source : Maître d'ouvrage)**

Conformément à notre proposition technique et financière validée par le pétitionnaire et selon la réglementation en vigueur, le présent rapport comprend :

- La présentation des protocoles essais réalisés ;
- L'ensemble des courbes et diagrammes établies dans le cadre de l'interprétation ;
- Les différents calculs des caractéristiques hydrauliques déterminées à partir de chaque courbe et diagrammes ;
- Le calcul des débits d'exhaure en phase chantier.



## 2. DONNEES GENERALES

### 2.1. Situation du terrain

Le site d'étude est localisé Avenue des peupliers sur la commune de Limay (78).

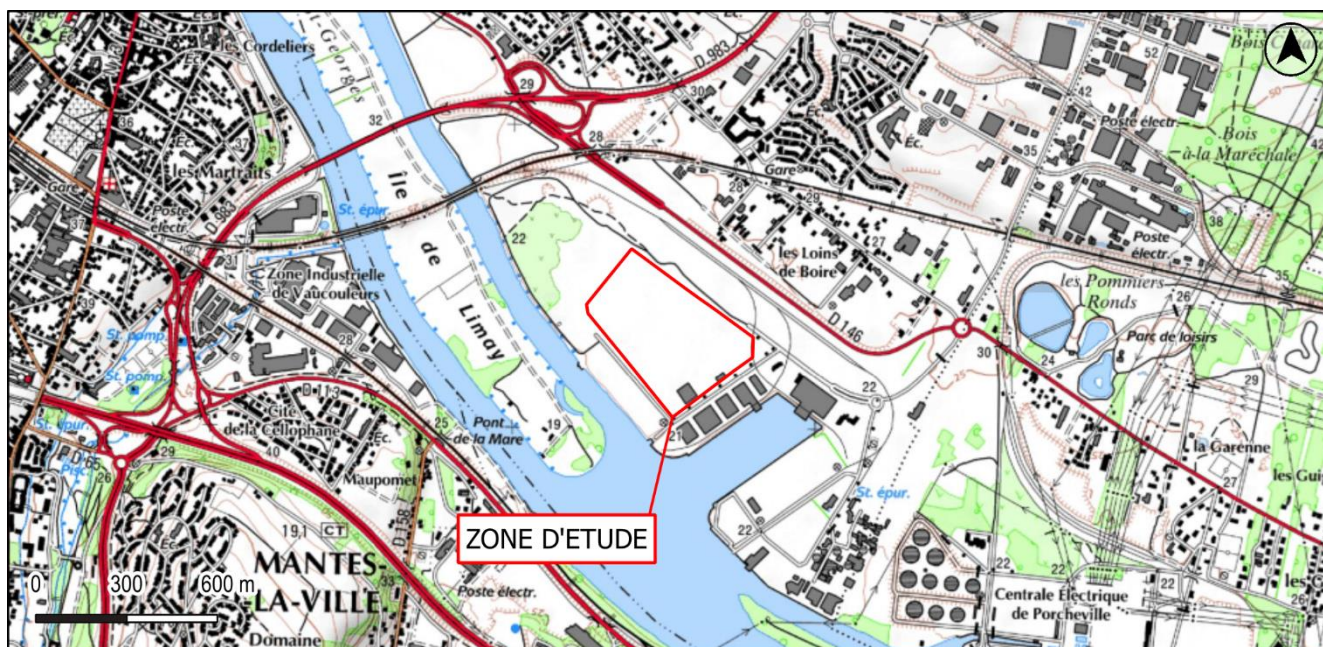


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

### 2.2. Contexte topographie - morphologie

La zone d'étude se situe sur un site géré par Haropa Port. Elle correspond à un ancien parking de stockage de voitures neuves.

La zone est bordée par :

- la route de la Noue puis des bâtiments d'activité à l'Est ;
- une zone enherbée et l'avenue Daniel Dreyfous Ducas au Nord ;
- la route des prés à l'Ouest puis de bâtiments d'activité ;
- la route des Prés, des locaux et la Seine au Sud.





Figure 3 : Vue aérienne de la zone d'étude

### 2.3. Contexte géologique

#### Données générales :

D'après la carte géologique au 1/50 000 de MANTES LA JOLIE (N°967), les formations géologiques attendues au droit du site sont des Alluvions modernes **Fz** constituées de cailloutis, sables, graviers et limons d'une épaisseur d'environ 5 mètres et des Alluvions anciennes et indifférenciées **Fy** selon les sondages référencés à la Banque de données du Sous-Sol (BSS). Ces couches alluvionnaires reposent sur la craie.

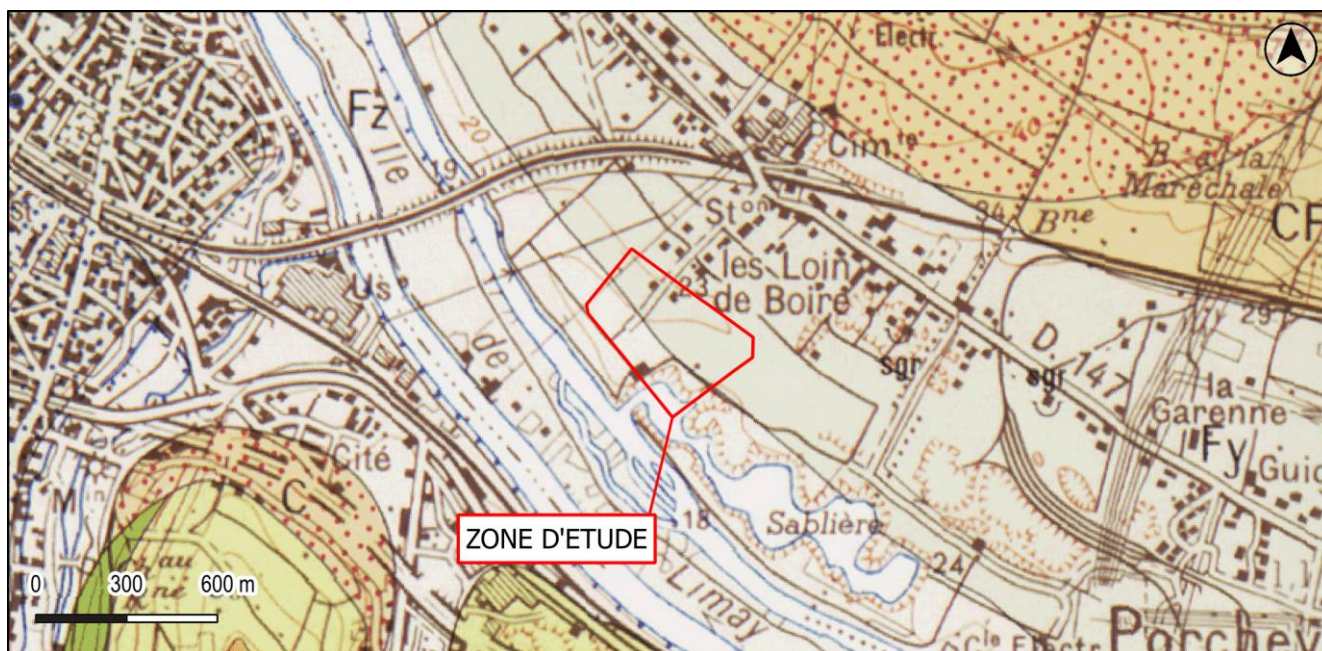


Figure 4 : Extrait de la carte géologique de Limay au 1/50000

- **Fy. Alluvions anciennes de bas niveau (altitude approximative par rapport à l'étiage : 5-12 m)**

Constituées d'une alternance de lits grossiers (galets de silex, meulière, calcaire de 5 à 10 cm) et de lits sableux. Dans ces alluvions grossières on trouve d'énormes blocs dépassant 1 m<sup>3</sup> et pesant plusieurs tonnes, formés de grès, calcaire ou meulière, abandonnés après la fusion de radeaux de glace sous climat périglaciaire. Dans les lobes convexes des méandres, la limite entre les alluvions Fya et Fyb n'est pas toujours marquée dans la morphologie (absence de talus). Il s'agit alors plutôt d'une nappe alluviale, représentée par le symbole unique Fy, que de terrasses étagées.

- **Fz. Alluvions modernes ou holocènes (post-wurmiennes) de granulométrie fine (sables, limons, argiles et marnes).**

Dans les vallées secondaires (Epte et ses affluents) elles contiennent des nodules calcaires et renferment des lits de tourbe interstratifiés (épaisseur de l'ordre de 2 m). Dans la vallée de la Seine, elles sont plus épaisses au voisinage du fleuve (4 à 5 m), surtout dans les lobes convexes des méandres, ou au débouché des affluents. Leur épaisseur diminue progressivement quand on s'écarte du lit de la Seine et elles reposent sur des alluvions grossières Fy.

#### Données locales :

Des investigations géotechniques ont été réalisées sur site et ont été complétées par des forages réalisés par la société INFRANEO le 12/10/2023. Les sondages, menés jusqu'à une profondeur de 25 m, ont permis de préciser la nature et la puissance des formations rencontrées au droit du site.

Ainsi, les coupes géologiques permettent de distinguer, de la surface vers la profondeur :

- des remblais sableux de la surface jusqu'à 7,00 m de profondeur (soit jusqu'à environ 15 m NGF) ;
- des sables graveleux de 7,00 m à 9,50 m de profondeur (soit jusqu'à environ 12,50 m NGF) ;
- des craies blanches à silex, au-delà et jusqu'à 25 m de profondeur (fin des forages) (soit jusqu'à environ -3,0 m NGF).

Le plan de localisation des sondages de reconnaissances géotechniques est présenté en Figure 5. Les coupes géologiques correspondantes sont présentées en Annexe 1.

## 2.4. Contexte hydrogéologique

La **Nappe de la craie** est la plus importante au Sud de la Seine et dans le Vexin normand. Elle est alimentée soit par infiltration des eaux superficielles, soit par les nappes sus-jacentes, soit par la Seine. Mais le sommet de la formation est fortement dénoyé sauf dans la vallée de la Taupe, au Sud de Rosny, où elle se situe à moins de 5 m de profondeur.

La nappe alluviale est continue au sein des alluvions modernes. Elle est généralement peu profonde, soit une profondeur moyenne d'environ 3 à 4 m par rapport au sol. Le niveau piézométrique devient plus proche de la surface du sol dans la partie aval de l'entité. La nappe est souvent en charge (captive à semi-captive) sous les recouvrements limoneux. Elle est cependant généralement en liaison hydraulique avec la Seine, et sa piézométrie est liée au cours d'eau.

Généralement, la nappe est drainée par la Seine, et en communication avec la nappe de la craie.

Les alluvions récentes sont constituées par des sédiments de nature grossière, caractérisés par une perméabilité forte de l'ordre de 10<sup>-2</sup> m/s.



### 3. PRESENTATIONS DES ESSAIS

#### 3.1. Programme des investigations

Le programme consiste à réaliser 2 essais de pompage sur la parcelle. Pour se faire, 2 puits de pompage, ainsi que 4 piézomètres de contrôle ont été réalisés à proximité de 2 piézomètres déjà présents sur site. Les coupes techniques de ces ouvrages sont présentées en [Annexe 1](#) et un tableau de synthèse de leurs caractéristiques est présenté ci-dessous :

| Nom de l'ouvrage | Profondeur <sup>1</sup> (m) | Horizon capté                    | Cote sol <sup>1</sup> (m NGF) | Cote piézométrique au 30/10/2023 (m NGF) | distance au puits de pompage <sup>2</sup> (m) |
|------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|---|
| F1               | 15                          | Sables graveleux à partir de 4 m | 21,6                          | 17,4                                     | 0   |
| Pz101            | 10                          | Sables graveleux à partir de 4 m | 21,65                         | 17,4                                     | 5   |
| Pz102            | 10                          | Sables graveleux à partir de 4 m | 21,6                          | 17,4                                     | 11  |
| Pz3              | 10                          | Sables graveleux à partir de 4 m | 21,7                          | 17,4                                     | 17  |
| F2               | 15                          | Sables graveleux à partir de 3 m | 21,5                          | 17,3                                     | 0   |
| Pz103            | 10                          | Sables graveleux à partir de 3 m | 21,5                          | 17,3                                     | 5   |
| Pz104            | 10                          | Sables graveleux à partir de 3 m | 21,45                         | 17,3                                     | 9   |
| Pz2              | 10                          | Sables graveleux à partir de 3 m | 21,5                          | 17,3                                     | 16  |

Tableau 1 : tableau de synthèse des caractéristiques des ouvrages piézométriques

Les piézomètres captent le même horizon que le puits de pompage.

L'implantation des différents ouvrages est présentée en page suivante.

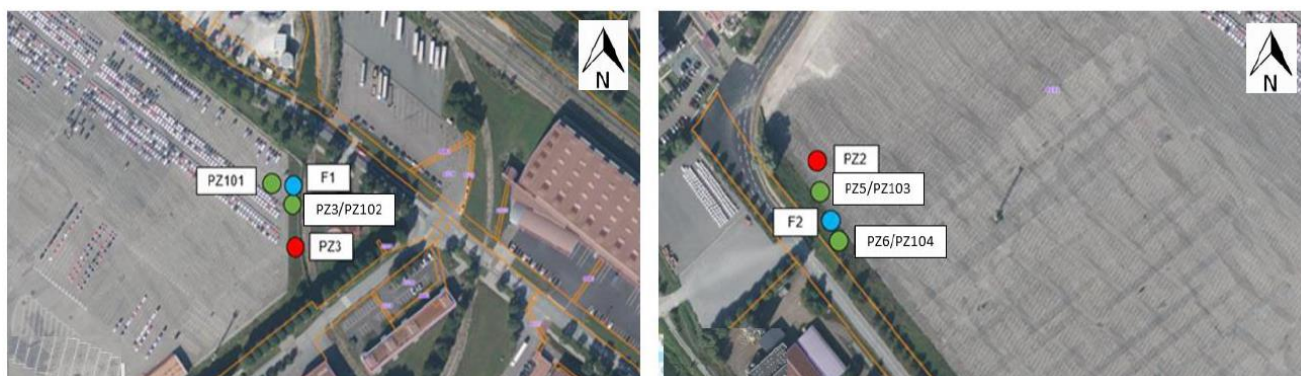


Figure 5: Implantation des ouvrages

<sup>1</sup> Source : Coupes géotechniques

<sup>2</sup> Source : Plan d'implantation



### 3.2. Généralités

**Durée des essais** 2 essais longue durée de 24h et 18h ;

**Equipement de pompage** : pompe 4 pouces, raccord pompier, colonne d'exhaure et tuyaux de refoulement

**Exutoire** : réseau EP

**Profondeur de la pompe** : - 10m pour la totalité des essais.

**Déroulement des essais** :

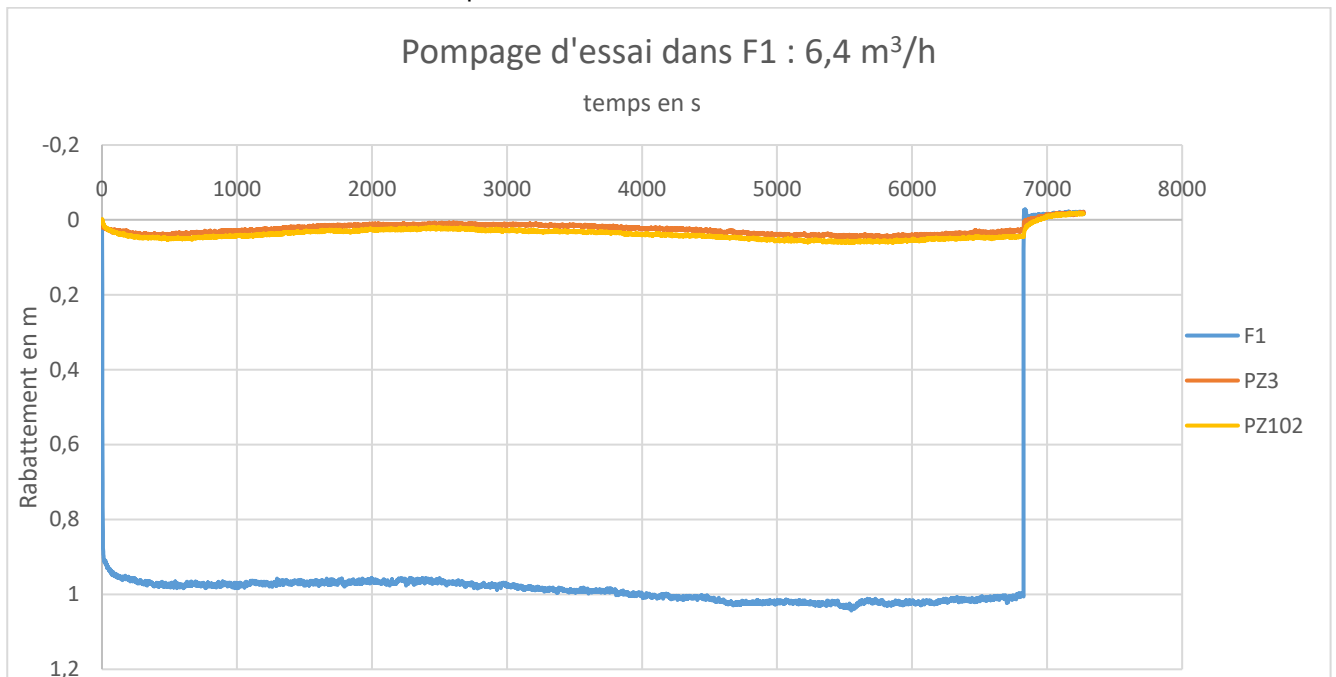
|                       | Longue durée sur F1                | Longue durée sur F2              |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Démarrage de la pompe | Mercredi 25 octobre à 15h48 et 20s | Jeudi 26 octobre à 16h40 et 40 s |
| Arrêt du pompage      | Jeudi 26 octobre à 10h45 et 40s    | Vendredi 27 octobre à 5h31       |
| Débit de la pompe     | 6,4 m <sup>3</sup> /h              | 6,9 m <sup>3</sup> /h            |

### 3.3. Suivis des niveaux dynamiques

#### Essai longue durée

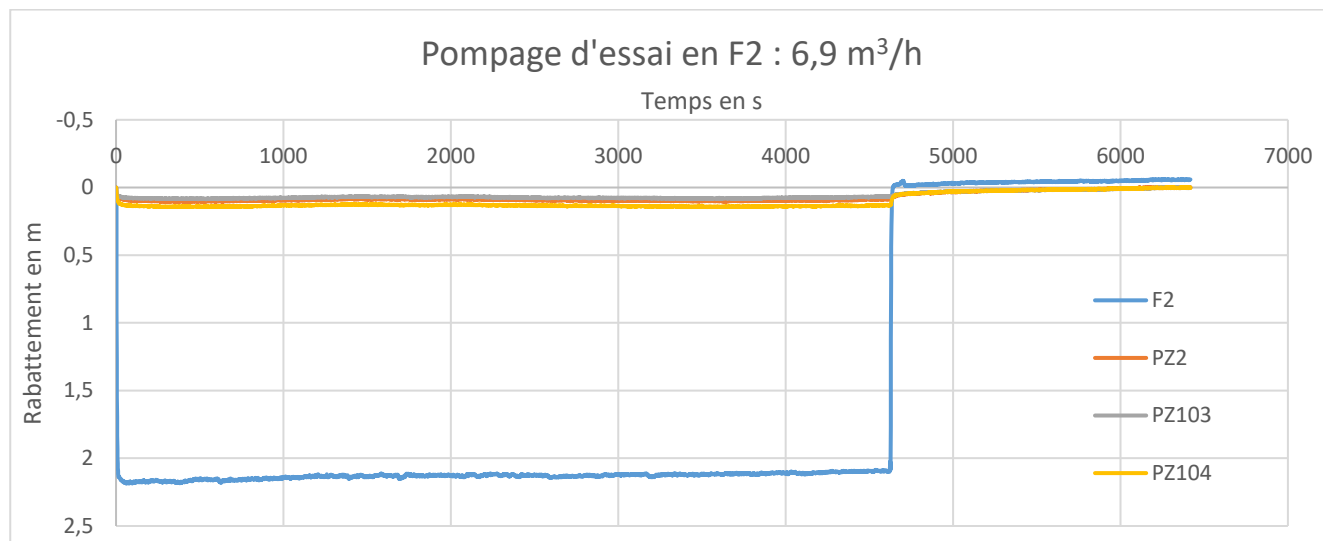
Un pompage d'essai de longue durée à débit constant permet de tester le comportement de la nappe, de mesurer les caractéristiques de l'aquifère lorsque les niveaux peuvent être suivis dans des ouvrages influencés, (utilisés comme piézomètres de contrôle). Il permet d'identifier notamment la présence de limites (limite étanche, colmatage des berges d'une rivière ou réalimentation par la rivière...) avec détermination de la distance de cette limite au forage d'essai. L'atteinte d'une limite par le cône de dépression se traduit en effet par des inflexions plus ou moins prononcées (fonction du type de limites) de la courbe « rabattement-temps ».

Les données brutes de ces suivis sont présentées en [Annexe 3](#).



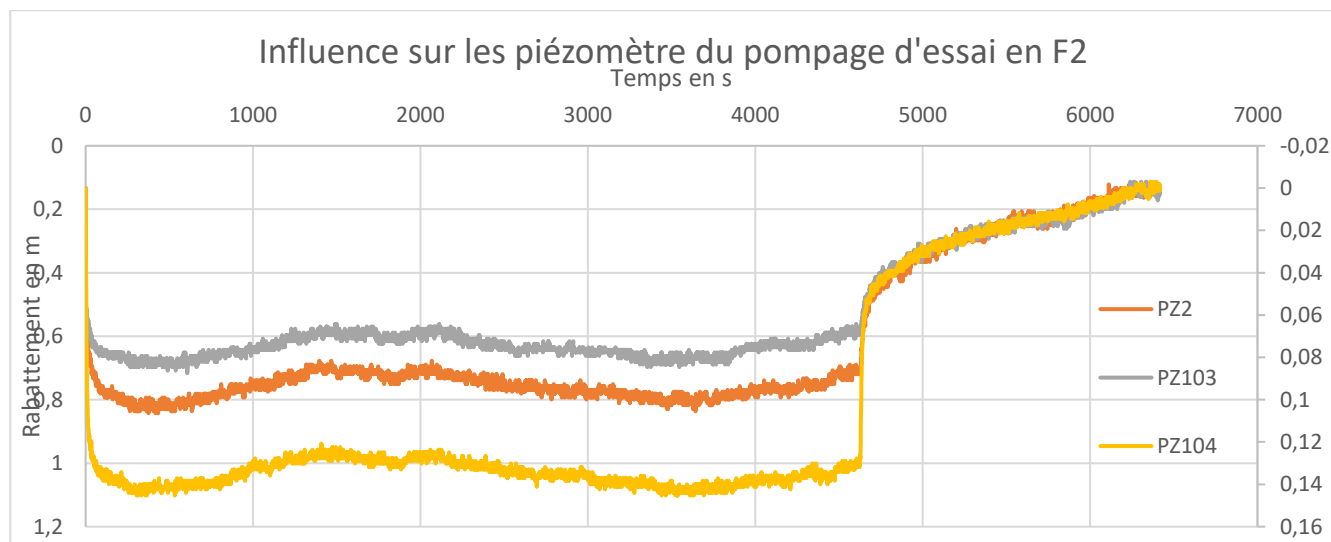
**Figure 6 : Suivi automatisé de l'essai longue durée dans le puits de pompage F1**

On observe sur ce suivi un rabattement d'environ 1 m et un niveau stabilisé rapidement au sein du forage lors de l'essai de pompage longue durée. Les piézomètres subissent également l'effet du pompage, néanmoins cet effet est perturbé par un battement de nappe d'une amplitude comparable. Ce battement de nappe est également visible sur le F1 mais dans ce cas son amplitude est bien moindre que le rabattement lui-même ce qui permet d'interpréter l'essai.



**Figure 7 : Suivi automatisé de l'essai longue durée dans le puits de pompage F2**

Lors du second pompage d'essai, nous avons observé un rabattement d'un peu plus de 2 m et une stabilisation encore une fois très rapide, signe d'un aquifère productif. Ce rabattement supérieur au pompage F1 s'explique par la nature des horizons traversés, en effet, F2 s'adresse plutôt aux alluvions (moins productifs) tandis que F1 recoupe plus d'horizons de craie fracturée (plus productifs). Les piézomètres ont tous réagis mais ont, là encore montré des signes de perturbation.



**Figure 8 : rabattement observé sur les piézomètres lors de l'essai longue durée dans le puits de pompage F2**

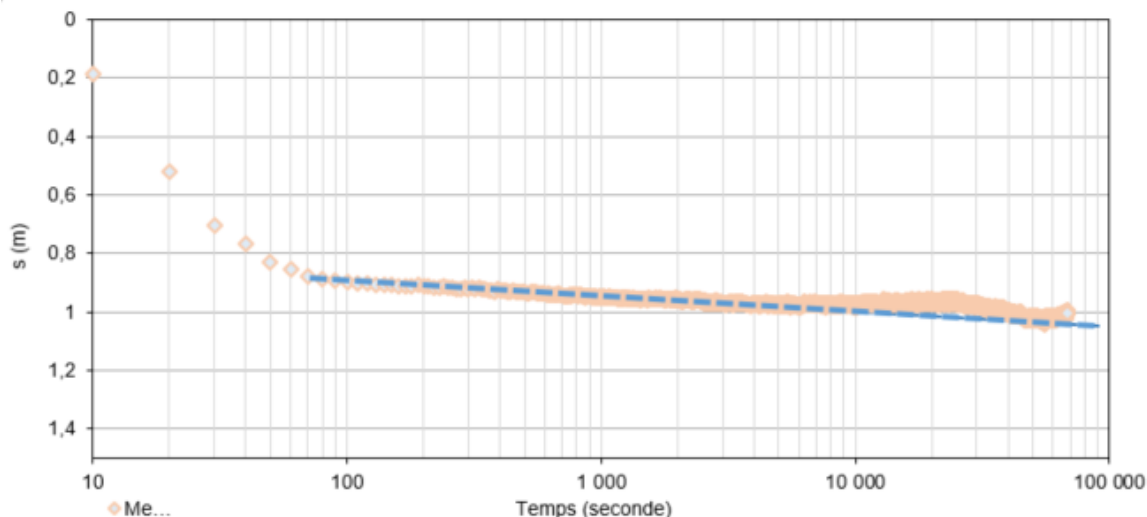
Il est intéressant de noter que contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, l'influence du pompage est plus forte sur PZ2 que sur PZ103 alors que ce dernier se trouve plus loin du forage (16 m contre 5 m). Cela témoigne d'une **anisotropie importante** et d'écoulements préférentiels vraisemblablement au sein de la craie fracturée.

## 4. INTERPRETATION DES ESSAIS

### 4.1. Essais longue durée

#### Traitement par formule de Jacob

La méthode de Theis (simplification de Jacob) a été utilisée pour l'analyse de l'essai de pompage F1. Pour cette méthode la nappe est considérée homogène, isotrope, de dimension infinie, d'épaisseur constante, captive et théoriquement le forage capte l'ensemble de la zone aquifère. Le résultat obtenu sur le puits de pompage F1 est le suivant (Figure 8) :

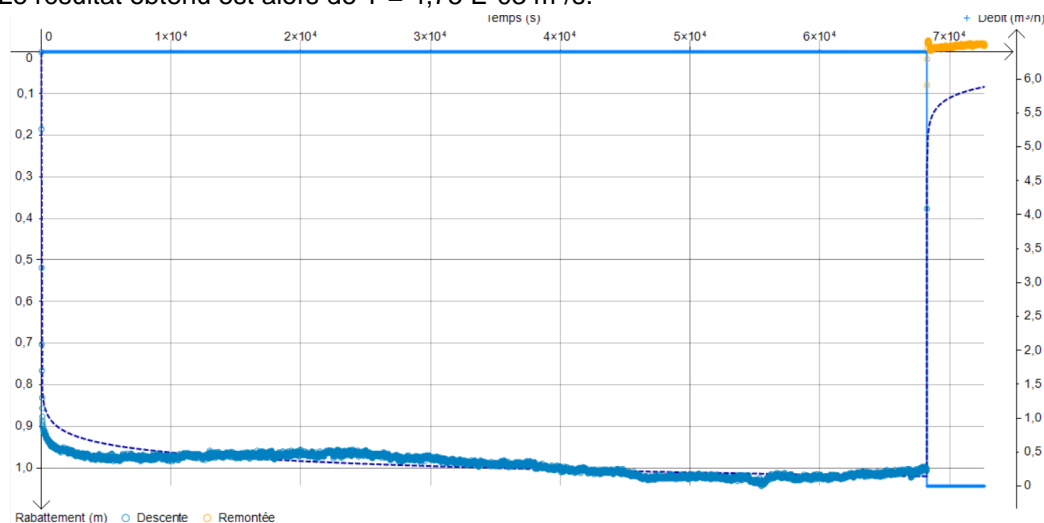


**Figure 9 : Traitement de l'essai longue durée selon la méthode de Theis (simplification de Jacob) à la descente**

Cette méthode conduit à une transmissivité de :  $6,40 \text{ E-}03 \text{ m}^2/\text{s}$ .

#### Traitement par la formule de Theis à l'aide du logiciel OUAIP

Une vérification des résultats obtenus a été effectuée par la méthode de Theis avec le logiciel OUAIP du BRGM. Il en ressort que les paramètres calculés sont cohérents et que la courbe d'interprétation correspond aux données mesurées. Le résultat obtenu est alors de  $T = 4,75 \text{ E-}03 \text{ m}^2/\text{s}$ .



**Figure 10 : Traitement de l'essai longue durée F1 à la descente à l'aide du logiciel dédié OUAIP**



Avec une méthode identique nous obtenons pour le pompage F2 une transmissivité de  $2,63 \text{ E-}03 \text{ m}^2/\text{s}$ .

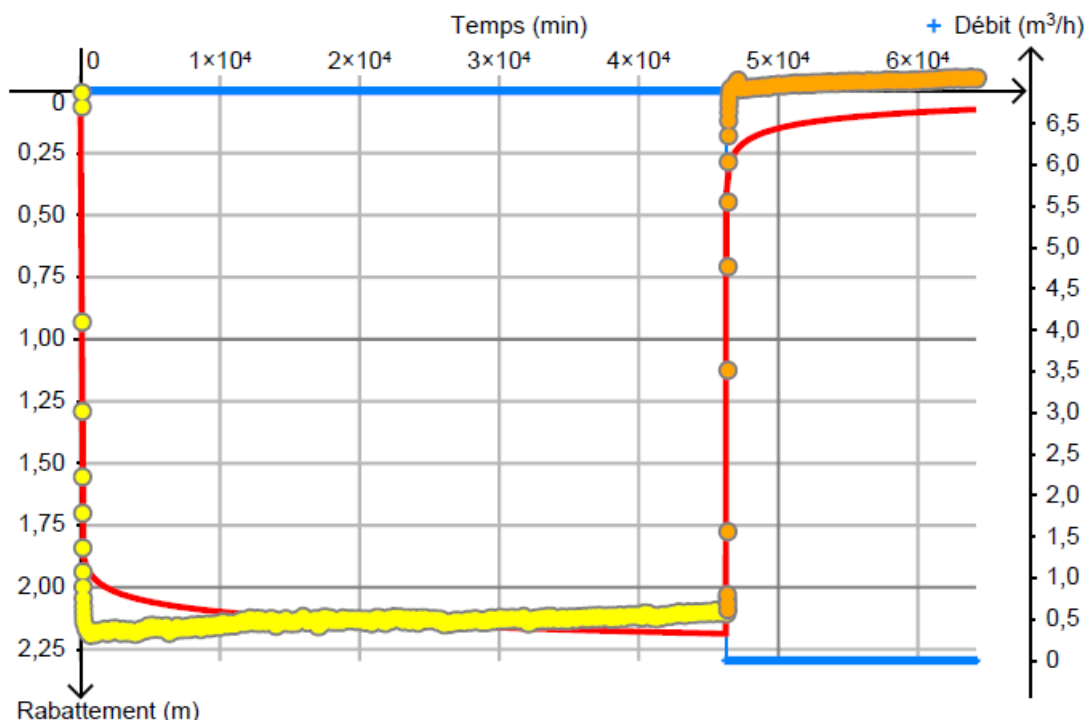


Figure 11 : Traitement de l'essai longue durée F2 à la descente à l'aide du logiciel dédié OUAIP

## 4.2. Synthèse

Les résultats de l'essai long duré sont présentés ci-dessous.

| Point de mesure | Profondeur | Nature de sol  | T calculé (m²/s)            | T moyenne (m²/s)   | D épaisseur mouillée (m) | K apparent (m/s)   |
|-----------------|------------|--|-----------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| F2              | 15         | Sable graveleux puis craie fracturée à partir de 8,5 m | Theis : $2,63 \text{ E-}03$ | $2,6 \text{ E-}03$ | 10                       | $2,6 \text{ E-}04$ |
| F1              | 15         | Sable graveleux puis craie fracturée à partir de 14 m  | Jacob : $6,4 \text{ E-}03$  | $5,6 \text{ E-}03$ | 10                       | $5,6 \text{ E-}04$ |
|                 |            |  | Theis : $4,75 \text{ E-}03$ |                    |                          |                    |

Tableau 2 : tableau de synthèse des résultats de l'essai de pompage

Dans la suite de l'étude, nous retiendrons la moyenne obtenue dans F2, plus défavorable que la valeur de transmissivité mesurée dans F1.

## 5. CALCUL DES DEBITS D'EXHAURES

### 5.1. Détermination des paramètres hydrodynamiques

Les perturbations sur les piézomètres de contrôle n'a pas permis de déterminer de coefficient d'emmagasinement des terrains en place. Dans un aquifère libre, l'eau est libérée par l'action des forces de gravité (drainage). Le coefficient d'emmagasinement est égal, en pratique, à la porosité efficace et sa signification est indépendante du temps. D'après la bibliographie la craie est fortement capacitive avec un coefficient d'emmagasinement compris entre 5 et 10%.

Dans la suite de cette étude nous retiendrons donc :

- **T : 5,6 E-03 m<sup>2</sup>/s ;**
- **K : 5,6 E-04 m/s ;**
- **S : 10 %** (valeur la plus contraignante).

Les observations suivantes peuvent être effectuées vis-à-vis des variations observées lors de l'essai :

- Les mesures dans l'ouvrage de pompage ont montré une perméabilité moyenne à forte ;
- L'incidence faible et les perturbation annexes dans les piézomètres de contrôle ne permet pas un calcul du coefficient d'emmagasinement mais vérifie l'anisotropie du secteur (fracturation de la craie).

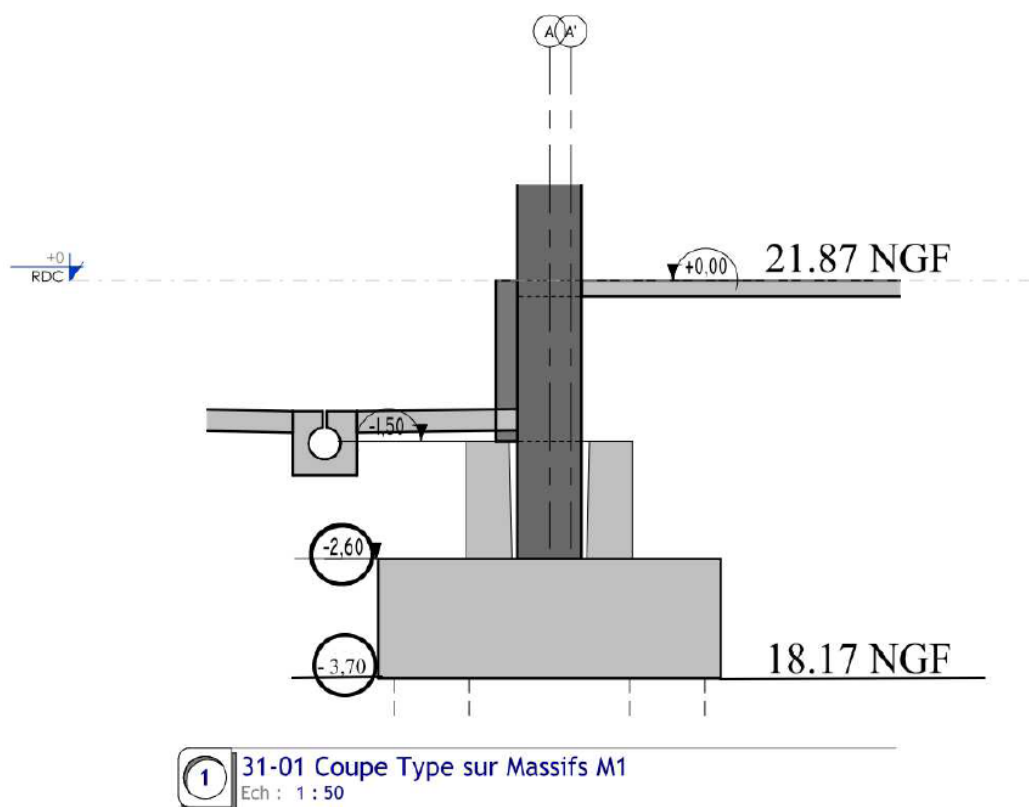
### 5.2. Caractéristiques du terrassement et du rabattement à atteindre

Le projet prévoit la création de structures nécessitant un rabattement de la nappe jusqu'à la cote de 17,60 m NGF (afin de garder un fond de fouille sain il est généralement réalisé un rabattement d'au moins 50 cm sous la cote de terrassement déterminée à 18,17 m NGF).

Le chantier est divisé en 3 phases différentes présentées dans la figure 1. Les deux premières phases correspondent chacune à la construction de 2 cellules. La dernière phase correspond à la construction d'une seule cellule.

Les phases 1 et 2 présenteront chacune 2 fouilles de 600 m<sup>2</sup>, une au Nord et une au Sud. La phase 3 présentera la même configuration mais avec des fouilles d'une surface de 300 m<sup>2</sup>.

Aucune des 3 phases ne se chevauchera. Deux fouilles seront donc toujours présentes sur le chantier.



**Figure 12 : Plan de coupe sur massifs (Source : Maître d'ouvrage)**

Le niveau d'étiage de la nappe se situant à 17,40 m NGF, en période d'étiage, aucun rabattement n'est prévu. Les calculs ont été faits en considérant un niveau piézométrique décennal (crue de chantier) estimé à 18,72 m NGF, un niveau piézométrique quinquennal estimé à une cote de 18,50 m NGF et pour un niveau de variation saisonnière annuelle 17,75 m NGF (Ame2021-04-171 – Rapport NPHE) d'où :

|                                | Variation annuelle | Crue quinquennale | Crue Décennale |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| <b>Cote piézométrique</b>      | 17,75 m NGF        | 18, 50 m NGF      | 18,72 m NGF    |
| <b>Rabattement à atteindre</b> | 0,15 m             | 0,90 m            | 1,12 m         |

**Tableau 3 : Cotes de rabattement à atteindre durant la phase travaux**

Nous conseillons de prévoir pour l'organisation du chantier, le rabattement d'une crue de temps de retour 10 ans. Les niveaux intermédiaires présentés le sont à titre indicatif et à la demande du client pour qu'il puisse prévoir des scénarios de gestion de son chantier en situation courante, hors période de crue. Les débits annoncés pour ces niveaux intermédiaires ne présument pas des moyens nécessaires pour garantir l'assèchement des fouilles concernées.



### 5.3. Evaluation du débit d'exhaure selon la variation annuelle

Le débit d'exhaure à prendre en compte pour la phase travaux a été estimé par calcul analytique. L'évaluation des débits d'exhaure est basée sur les paramètres hydrodynamiques retenus au paragraphe 5.1.

Les calculs ont été réalisés en prenant en compte les valeurs de rabattement de nappe présentées dans le paragraphe précédent.

Nous considérerons une alimentation latérale (sans paroi étanche) et estimerons le débit nécessaire à la mise hors d'eau des fouilles par la méthode de Jacob.

#### 5.3.1 Phase 1 et 2 selon la variation annuelle

##### **Méthode de calcul : Jacob**

Le modèle analytique de Jacob permet d'estimer le débit d'exhaure au droit d'une fouille au contact d'une nappe libre ou semi-captive, qui constituerait un aquifère homogène, isotrope dans un demi-espace infini. La fouille est assimilée à un cercle. À partir de ces hypothèses, l'expression du débit d'exhaure est telle que :

$$Q = \frac{T * s}{0,183 * \log\left(\frac{2,25 * T * t}{r^2 * S}\right)}$$

Avec :

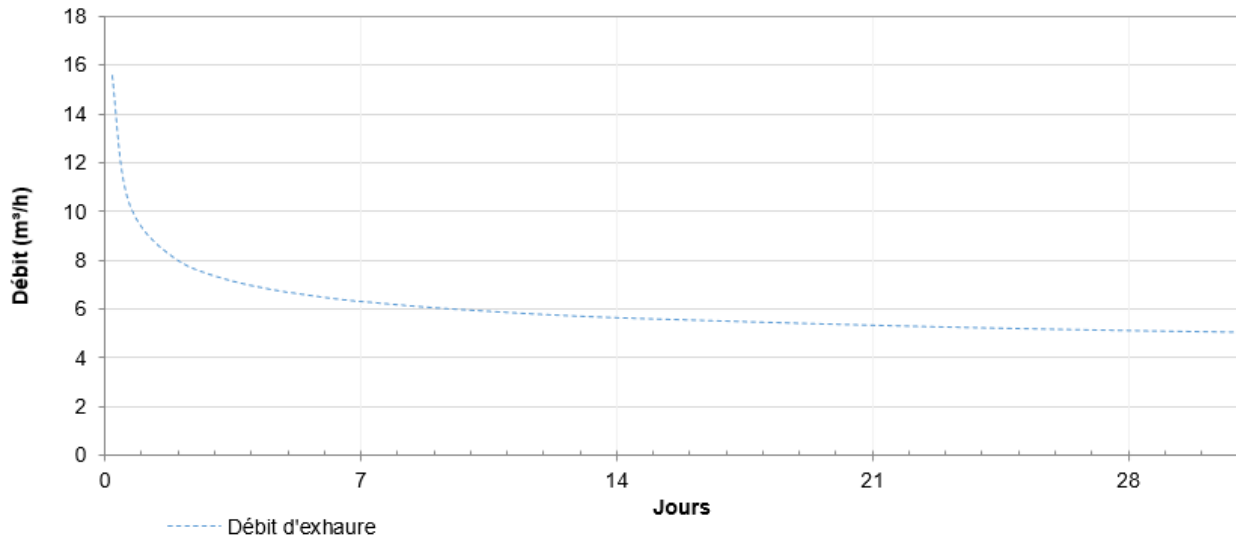
- **Q : débit (m³/s) ;**
- **s : hauteur de rabattement 0,15 m ;**
- **T : transmissivité mesurée au droit du site (5,6.10<sup>-3</sup> m/s) ;**
- **t : temps de pompage (secondes) ;**
- **r : rayon équivalent de la fouille (10 m pour une superficie de terrassement d'environ 600 m²) ;**
- **S : Coefficient d'emmagasinement soit 10 %.**

L'utilisation de formule analytique est conditionnée à un modèle simple. Le milieu est considéré comme homogène, isotrope et alimenté constamment en eau. La validité des résultats est directement liée à la représentativité du schéma théorique vis-à-vis de la réalité de terrain. L'écart est d'autant plus important que les caractéristiques hydrauliques des formations recoupées par le terrassement sont hétérogènes (possibilité de zones plus ou moins fracturées/altérées).

L'utilisation de formules analytiques permet d'avoir un ordre de grandeur des débits à mettre en œuvre et des volumes associés.

Les débits de pointe, en début de rabattement, dépendent de la rapidité que l'on souhaite pour obtenir la cote de rabattement objectif. Pour l'établissement de ce rapport nous avons estimé les débits et volumes pompés pour un rabattement maintenu pendant 30 jours. Les débits ont été estimés dans le cas d'un niveau de nappe annuel (niveau intermédiaire par rapport à une crue de chantier qui réclame un niveau décennal).

La Figure 12 et le Tableau 4 présentent l'évolution au cours du temps des débits et volumes pour cette configuration.



**Figure 12 : Evolution des débits de pompage estimés en phase 1 et 2 pour une fouille de 600 m²**

|                   | Durée du pompage   | 1 jours | 2 jours | 3 jours | 4 jours | 7 jours | 15 jours | 30 jours |
|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| T = 5,58E-03 m²/s | Débit (m³/h)       | 11      | 8       | 7       | 7       | 6       | 6        | 5        |
|                   | Volume cumulé (m³) | 136     | 417     | 594     | 762     | 1227    | 2331     | 4164     |

**Tableau 4 : Volume d'eau extrait lors du rabattement de la nappe**

Ces débits correspondent à une fouille de 600 m². Ils seraient surestimés s'il était décidé la mise en place d'une paroi étanche (type rideau de palplanches...) qui devrait limiter les arrivées d'eau.

### **Incidence piézométrique annuelle**

**En cas de mise en place de protection périphérique l'impact du pompage sera fortement réduit et diminuera très rapidement en s'éloignant de la fouille.**

Les impacts hydrodynamiques du pompage et du rabattement de nappe peuvent être évalués analytiquement à partir de l'approximation de Jacob (estimation sans paroi périphérique). Le rabattement  $s$ , occasionné par un pompage à un débit  $Q$  dans un puits se trouvant à une distance  $r$  du point de mesure, est fonction de la transmissivité  $T$ , du coefficient d'emmagasinement  $S$  et du temps de pompage  $t$  et peut être approché au moyen de la formule suivante, dite de Jacob :

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

Ainsi les rabattements «  $s$  » induits par le pompage ont été évalués pour différents temps de pompage «  $t$  » et jusqu'à 30 jours avec les débits transitoires définis ci avant (hypothèse sans écran de protection) :

| Distance (m)<br>Temps (j) | 31   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 430  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2                         | 0,10 | 0,07 | 0,02 | -    | -    | -    | -    |
| 3                         | 0,10 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | -    | -    | -    |
| 4                         | 0,11 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | -    | -    |
| 5                         | 0,11 | 0,10 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | -    | -    |
| 6                         | 0,11 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | -    |
| 7                         | 0,11 | 0,11 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | -    |
| 10                        | 0,11 | 0,12 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | -    |
| 15                        | 0,11 | 0,13 | 0,09 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | -    |
| 30                        | 0,12 | 0,15 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 0,02 |

Tableau 5 : Incidence du rabattement de nappe à différentes distances

On notera que le rabattement de la nappe est provisoire (limité ici à 4 semaines) et, une fois les opérations de rabattement effectuées, le niveau de la nappe remontera à son niveau initial.

Un forage recensé sur la BNPE (Banque National des Prélèvements d'Eau) se trouve sur le secteur. Il est localisé à environ 180 m du projet (Forage BETON SOLUTION MOBILE LIMAY) et aura donc un impact inférieur à 1 mètre. Les forages AEP étant implantés sur la commune de Limay ont tous été abandonné (Source : ARS). L'impact sera donc limité et temporaire sur la ressource en eau souterraine.



### 5.3.2 Phase 3 selon la variation annuelle

#### **Méthode de calcul : Jacob**

Le modèle analytique de Jacob permet d'estimer le débit d'exhaure au droit d'une fouille au contact d'une nappe libre ou semi-captive, qui constituerait un aquifère homogène, isotrope dans un demi-espace infini. La fouille est assimilée à un cercle. À partir de ces hypothèses, l'expression du débit d'exhaure est telle que :

$$Q = \frac{T * s}{0,183 * \log\left(\frac{2,25 * T * t}{r^2 * S}\right)}$$

Avec :

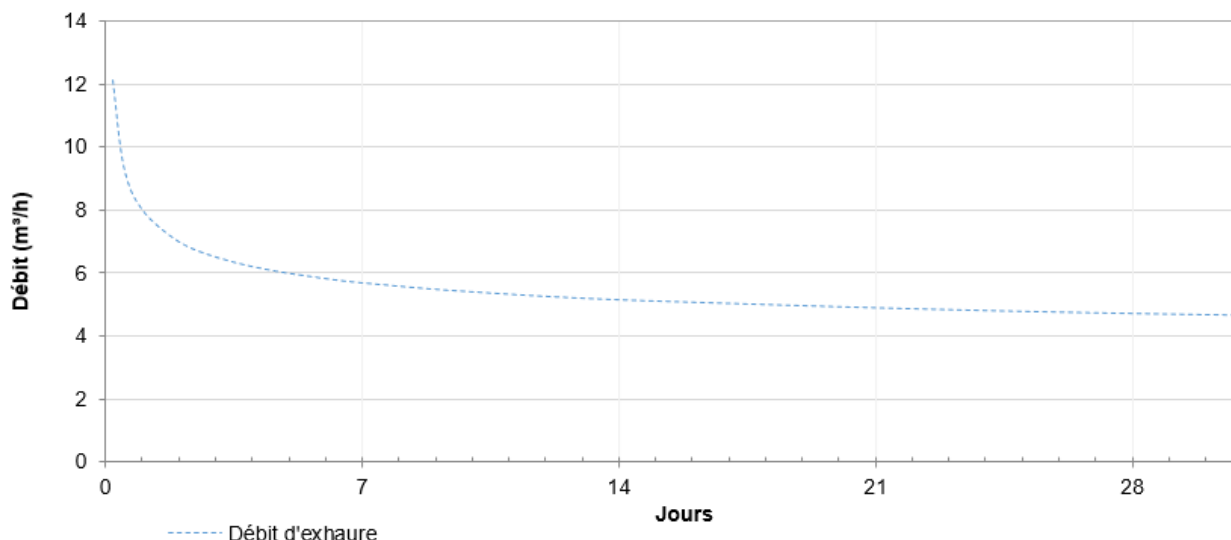
- **Q** : débit (m<sup>3</sup>/s) ;
- **s** : hauteur de rabattement 0,15 m ;
- **T** : transmissivité mesurée au droit du site (5,6.10<sup>-3</sup> m/s) ;
- **t** : temps de pompage (secondes) ;
- **r** : rayon équivalent de la fouille (10 m pour une superficie de terrassement d'environ 300 m<sup>2</sup>) ;
- **S** : Coefficient d'emmagasinement soit 10 %.

L'utilisation de formule analytique est conditionnée à un modèle simple. Le milieu est considéré comme homogène, isotrope et alimenté constamment en eau. La validité des résultats est directement liée à la représentativité du schéma théorique vis-à-vis de la réalité de terrain. L'écart est d'autant plus important que les caractéristiques hydrauliques des formations recoupées par le terrassement sont hétérogènes (possibilité de zones plus ou moins fracturées/altérées).

L'utilisation de formules analytiques permet d'avoir un ordre de grandeur des débits à mettre en œuvre et des volumes associés.

Les débits de pointe, en début de rabattement, dépendent de la rapidité que l'on souhaite pour obtenir la cote de rabattement objectif. Pour l'établissement de ce rapport nous avons estimé les débits et volumes pompés pour un rabattement maintenu pendant 30 jours. Les débits ont été estimés dans le cas d'un niveau de nappe annuel (niveau intermédiaire par rapport à une crue de chantier qui réclame un niveau décennal).

La Figure 13 et le Tableau 6 présentent l'évolution au cours du temps des débits et volumes pour cette configuration.



**Figure 13 : Evolution des débits de pompage estimés en phase 3 pour une fouille de 300 m²**

|                   | Durée du pompage   | 1 jours | 2 jours | 3 jours | 4 jours | 7 jours | 15 jours | 30 jours |
|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| T = 5,58E-03 m²/s | Débit (m³/h)       | 9       | 7       | 6       | 6       | 6       | 5        | 5        |
|                   | Volume cumulé (m³) | 113     | 360     | 516     | 664     | 1080    | 2079     | 3756     |

**Tableau 6 : Volume d'eau extrait lors du rabattement de la nappe**

Ces débits correspondent à une fouille de 300 m². Ils seraient surestimés s'il était décidé la mise en place d'une paroi étanche (type rideau de palplanches...) qui devrait limiter les arrivées d'eau.

### **Incidence piézométrique annuelle**

**En cas de mise en place de protection périphérique l'impact du pompage sera fortement réduit et diminuera très rapidement en s'éloignant de la fouille.**

Les impacts hydrodynamiques du pompage et du rabattement de nappe peuvent être évalués analytiquement à partir de l'approximation de Jacob (estimation sans paroi périphérique). Le rabattement  $s$ , occasionné par un pompage à un débit  $Q$  dans un puits se trouvant à une distance  $r$  du point de mesure, est fonction de la transmissivité  $T$ , du coefficient d'emmagasinement  $S$  et du temps de pompage  $t$  et peut être approché au moyen de la formule suivante, dite de Jacob :

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

Ainsi les rabattements «  $s$  » induits par le pompage ont été évalués pour différents temps de pompage «  $t$  » et jusqu'à 30 jours avec les débits transitoires définis ci avant (hypothèse sans écran de protection) :

| Distance (m)<br>Temps (j) | 31   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 430  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2                         | 0,09 | 0,06 | 0,02 | -    | -    | -    | -    |
| 3                         | 0,09 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | -    | -    | -    |
| 4                         | 0,09 | 0,08 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | -    | -    |
| 5                         | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | -    | -    |
| 6                         | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | -    |
| 7                         | 0,10 | 0,09 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | -    |
| 10                        | 0,10 | 0,10 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | -    |
| 15                        | 0,10 | 0,12 | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | -    |
| 30                        | 0,11 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,02 |

*Tableau 7 : Incidence du rabattement de nappe à différentes distances*

On notera que le rabattement de la nappe est provisoire (limité ici à 4 semaines) et, une fois les opérations de rabattement effectuées, le niveau de la nappe remontera à son niveau initial.

Un forage recensé sur la BNPE (Banque National des Prélèvements d'Eau) se trouve sur le secteur. Il est localisé à environ 180 m du projet (Forage BETON SOLUTION MOBILE LIMAY) et aura donc un impact inférieur à 1 mètre. Les forages AEP étant implantés sur la commune de Limay ont tous été abandonné (Source : ARS). L'impact sera donc limité et temporaire sur la ressource en eau souterraine.



## 5.4. Evaluation du débit d'exhaure quinquennal

Le débit d'exhaure à prendre en compte pour la phase travaux a été estimé par calcul analytique. L'évaluation des débits d'exhaure est basée sur les paramètres hydrodynamiques retenus au paragraphe 5.1.

Les calculs ont été réalisés en prenant en compte les valeurs de rabattement de nappe présentées dans le paragraphe précédent.

Nous considérerons une alimentation latérale (sans paroi étanche) et estimerons le débit nécessaire à la mise hors d'eau des fouilles par la méthode de Jacob.

### 5.4.1 Phase 1 et 2 pour une crue quinquennale

#### **Méthode de calcul : Jacob**

Le modèle analytique de Jacob permet d'estimer le débit d'exhaure au droit d'une fouille au contact d'une nappe libre ou semi-captive, qui constituerait un aquifère homogène, isotrope dans un demi-espace infini. La fouille est assimilée à un cercle. À partir de ces hypothèses, l'expression du débit d'exhaure est telle que :

$$Q = \frac{T * s}{0,183 * \log\left(\frac{2,25 * T * t}{r^2 * S}\right)}$$

Avec :

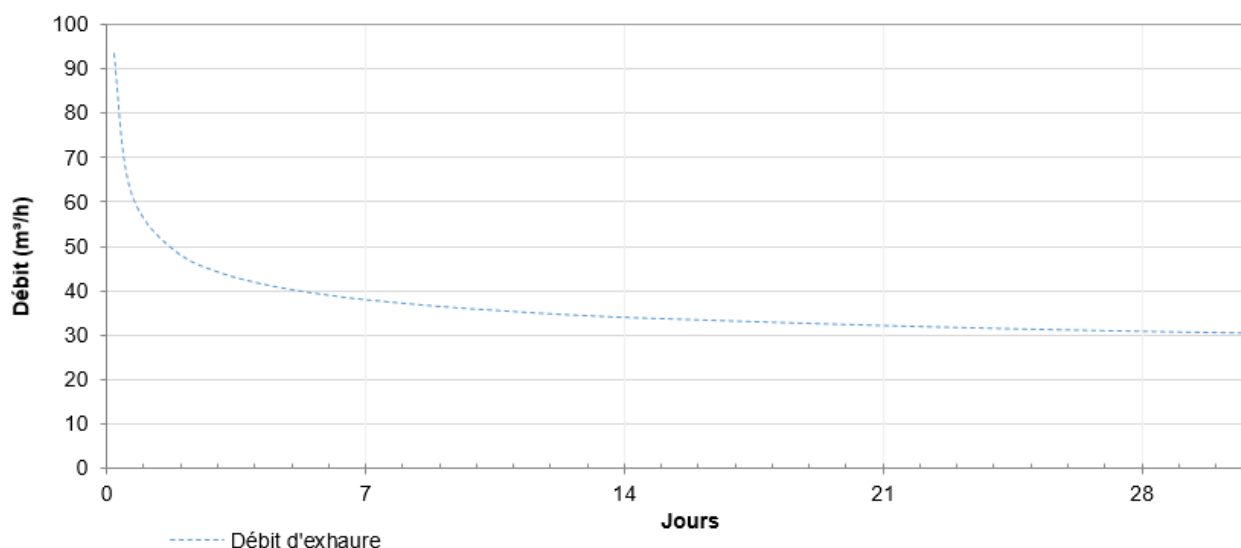
- **Q : débit (m³/s) ;**
- **s : hauteur de rabattement 0,90 m ;**
- **T : transmissivité mesurée au droit du site (5,6.10<sup>-3</sup> m/s) ;**
- **t : temps de pompage (secondes) ;**
- **r : rayon équivalent de la fouille (10 m pour une superficie de terrassement d'environ 600 m²) ;**
- **S : Coefficient d'emmagasinement soit 10 %.**

L'utilisation de formule analytique est conditionnée à un modèle simple. Le milieu est considéré comme homogène, isotrope et alimenté constamment en eau. La validité des résultats est directement liée à la représentativité du schéma théorique vis-à-vis de la réalité de terrain. L'écart est d'autant plus important que les caractéristiques hydrauliques des formations recoupées par le terrassement sont hétérogènes (possibilité de zones plus ou moins fracturées/altérées).

L'utilisation de formules analytiques permet d'avoir un ordre de grandeur des débits à mettre en œuvre et des volumes associés.

Les débits de pointe, en début de rabattement, dépendent de la rapidité que l'on souhaite pour obtenir la cote de rabattement objectif. Pour l'établissement de ce rapport nous avons estimé les débits et volumes pompés pour un rabattement maintenu pendant 30 jours. Les débits ont été estimés dans le cas d'un niveau de nappe annuel (niveau intermédiaire par rapport à une crue de chantier qui réclame un niveau décennal).

La Figure 14 et le Tableau 8 présentent l'évolution au cours du temps des débits et volumes pour cette configuration.



**Figure 14 : Evolution des débits de pompage estimés en phase 1 et 2 pour une fouille de 600 m²**

| Durée du pompage   | 1 jours | 2 jours | 3 jours | 4 jours | 7 jours | 15 jours | 30 jours |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| T = 5,58E-03 m²/s  |         |         |         |         |         |          |          |
| Débit (m³/h)       | 68      | 48      | 44      | 42      | 38      | 34       | 31       |
| Volume cumulé (m³) | 815     | 2504    | 3566    | 4571    | 7360    | 13984    | 24982    |

**Tableau 8 : Volume d'eau extrait lors du rabattement de la nappe**

Ces débits correspondent à une fouille de 600 m². Ils seraient surestimés s'il était décidé la mise en place d'une paroi étanche (type rideau de palplanches...) qui devrait limiter les arrivées d'eau.

### **Incidence piézométrique annuelle**

**En cas de mise en place de protection périphérique l'impact du pompage sera fortement réduit et diminuera très rapidement en s'éloignant de la fouille.**

Les impacts hydrodynamiques du pompage et du rabattement de nappe peuvent être évalués analytiquement à partir de l'approximation de Jacob (estimation sans paroi périphérique). Le rabattement  $s$ , occasionné par un pompage à un débit  $Q$  dans un puits se trouvant à une distance  $r$  du point de mesure, est fonction de la transmissivité  $T$ , du coefficient d'emmagasinement  $S$  et du temps de pompage  $t$  et peut être approché au moyen de la formule suivante, dite de Jacob :

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

Ainsi les rabattements «  $s$  » induits par le pompage ont été évalués pour différents temps de pompage «  $t$  » et jusqu'à 30 jours avec les débits transitoires définis ci avant (hypothèse sans écran de protection) :

| Distance (m)<br>Temps (j) | 31   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 430  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2                         | 0,59 | 0,41 | 0,15 | -    | -    | -    | -    |
| 3                         | 0,62 | 0,49 | 0,22 | 0,07 | -    | -    | -    |
| 4                         | 0,63 | 0,54 | 0,28 | 0,12 | 0,02 | -    | -    |
| 5                         | 0,64 | 0,59 | 0,32 | 0,17 | 0,06 | -    | -    |
| 6                         | 0,65 | 0,62 | 0,36 | 0,20 | 0,09 | 0,01 | -    |
| 7                         | 0,66 | 0,65 | 0,39 | 0,23 | 0,12 | 0,04 | -    |
| 10                        | 0,67 | 0,72 | 0,45 | 0,30 | 0,19 | 0,10 | -    |
| 15                        | 0,68 | 0,79 | 0,53 | 0,38 | 0,27 | 0,18 | -    |
| 30                        | 0,70 | 0,93 | 0,66 | 0,51 | 0,40 | 0,31 | 0,11 |

Tableau 9 : Incidence du rabattement de nappe à différentes distances

On notera que le rabattement de la nappe est provisoire (limité ici à 4 semaines) et, une fois les opérations de rabattement effectuées, le niveau de la nappe remontera à son niveau initial.

Un forage recensé sur la BNPE (Banque National des Prélèvements d'Eau) se trouve sur le secteur. Il est localisé à environ 180 m du projet (Forage BETON SOLUTION MOBILE LIMAY) et aura donc un impact inférieur à 1 mètre. Les forages AEP étant implantés sur la commune de Limay ont tous été abandonné (Source : ARS). L'impact sera donc limité et temporaire sur la ressource en eau souterraine.

### 5.4.2 Phase 3 pour une crue quinquennale

#### **Méthode de calcul : Jacob**

Le modèle analytique de Jacob permet d'estimer le débit d'exhaure au droit d'une fouille au contact d'une nappe libre ou semi-captive, qui constituerait un aquifère homogène, isotrope dans un demi-espace infini. La fouille est assimilée à un cercle. À partir de ces hypothèses, l'expression du débit d'exhaure est telle que :

$$Q = \frac{T * s}{0,183 * \log\left(\frac{2,25 * T * t}{r^2 * S}\right)}$$

Avec :

- **Q : débit (m<sup>3</sup>/s) ;**
- **s : hauteur de rabattement 0,90 m ;**
- **T : transmissivité mesurée au droit du site (5,6.10<sup>-3</sup> m/s) ;**
- **t : temps de pompage (secondes) ;**
- **r : rayon équivalent de la fouille (10 m pour une superficie de terrassement d'environ 300 m<sup>2</sup>) ;**
- **S : Coefficient d'emmagasinement soit 10 %.**

L'utilisation de formule analytique est conditionnée à un modèle simple. Le milieu est considéré comme homogène, isotrope et alimenté constamment en eau. La validité des résultats est directement liée à la représentativité du schéma théorique vis-à-vis de la réalité de terrain. L'écart est d'autant plus important que les caractéristiques hydrauliques des formations recoupées par le terrassement sont hétérogènes (possibilité de zones plus ou moins fracturées/altérées).

L'utilisation de formules analytiques permet d'avoir un ordre de grandeur des débits à mettre en œuvre et des volumes associés.

Les débits de pointe, en début de rabattement, dépendent de la rapidité que l'on souhaite pour obtenir la cote de rabattement objectif. Pour l'établissement de ce rapport nous avons estimé les débits et volumes pompés pour un rabattement maintenu pendant 30 jours. Les débits ont été estimés dans le cas d'un niveau de nappe annuel (niveau intermédiaire par rapport à une crue de chantier qui réclame un niveau décennal).

La Figure 15 et le Tableau 10 présentent l'évolution au cours du temps des débits et volumes pour cette configuration.

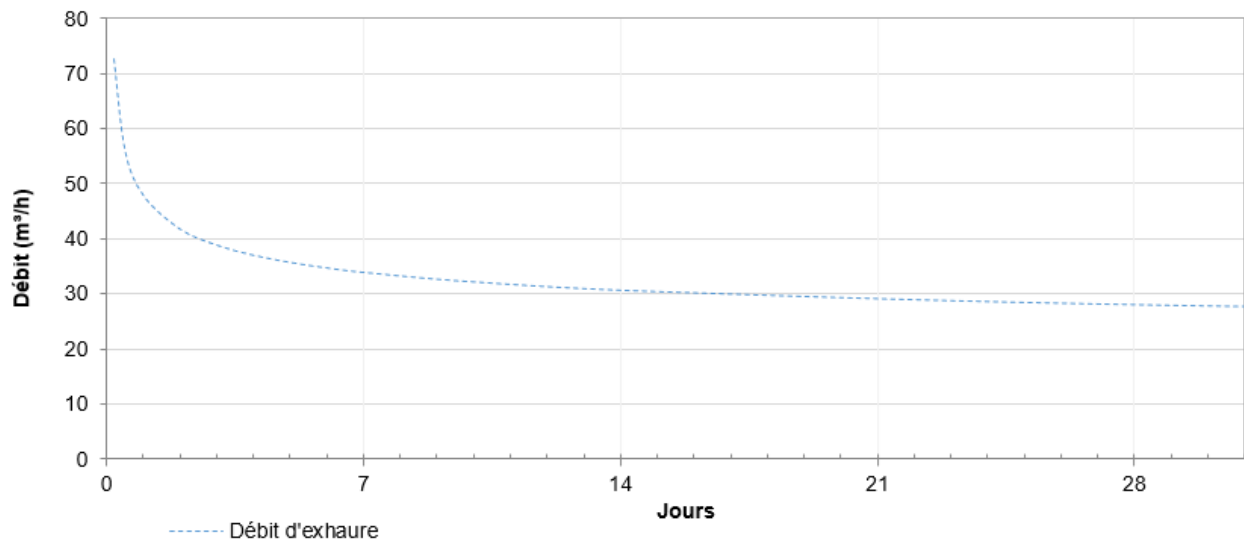


Figure 15 : Evolution des débits de pompage estimés en phase 3 pour une fouille de 300 m²

| Durée du pompage   | 1 jours | 2 jours | 3 jours | 4 jours | 7 jours | 15 jours | 30 jours |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| T = 5,58E-03 m²/s  |         |         |         |         |         |          |          |
| Débit (m3/h)       | 56      | 42      | 39      | 37      | 34      | 31       | 28       |
| Volume cumulé (m3) | 675     | 2158    | 3094    | 3986    | 6480    | 12472    | 22533    |

Tableau 10 : Volume d'eau extrait lors du rabattement de la nappe

Ces débits correspondent à une fouille de 300 m². Ils seraient surestimés s'il était décidé la mise en place d'une paroi étanche (type rideau de palplanches...) qui devrait limiter les arrivées d'eau.

### Incidence piézométrique annuelle

**En cas de mise en place de protection périphérique l'impact du pompage sera fortement réduit et diminuera très rapidement en s'éloignant de la fouille.**

Les impacts hydrodynamiques du pompage et du rabattement de nappe peuvent être évalués analytiquement à partir de l'approximation de Jacob (estimation sans paroi périphérique). Le rabattement  $s$ , occasionné par un pompage à un débit  $Q$  dans un puits se trouvant à une distance  $r$  du point de mesure, est fonction de la transmissivité  $T$ , du coefficient d'emmagasinement  $S$  et du temps de pompage  $t$  et peut être approché au moyen de la formule suivante, dite de Jacob :

$$s = \frac{0,183.Q}{T} \cdot \log \frac{2,25Tt}{r^2S}$$

Ainsi les rabattements «  $s$  » induits par le pompage ont été évalués pour différents temps de pompage «  $t$  » et jusqu'à 30 jours avec les débits transitoires définis ci avant (hypothèse sans écran de protection) :



| Distance (m)<br>Temps (j) | 31   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 430  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2                         | 0,52 | 0,36 | 0,13 | -    | -    | -    | -    |
| 3                         | 0,54 | 0,43 | 0,20 | 0,06 | -    | -    | -    |
| 4                         | 0,56 | 0,47 | 0,24 | 0,11 | 0,01 | -    | -    |
| 5                         | 0,57 | 0,51 | 0,28 | 0,15 | 0,05 | -    | -    |
| 6                         | 0,58 | 0,54 | 0,31 | 0,18 | 0,08 | 0,01 | -    |
| 7                         | 0,59 | 0,57 | 0,34 | 0,20 | 0,11 | 0,03 | -    |
| 10                        | 0,60 | 0,63 | 0,40 | 0,26 | 0,17 | 0,09 | -    |
| 15                        | 0,62 | 0,69 | 0,46 | 0,33 | 0,23 | 0,16 | -    |
| 30                        | 0,64 | 0,81 | 0,58 | 0,44 | 0,35 | 0,27 | 0,09 |

Tableau 11 : Incidence du rabattement de nappe à différentes distances

On notera que le rabattement de la nappe est provisoire (limité ici à 4 semaines) et, une fois les opérations de rabattement effectuées, le niveau de la nappe remontera à son niveau initial.

Un forage recensé sur la BNPE (Banque National des Prélèvements d'Eau) se trouve sur le secteur. Il est localisé à environ 180 m du projet (Forage BETON SOLUTION MOBILE LIMAY) et aura donc un impact inférieur à 1 mètre. Les forages AEP étant implantés sur la commune de Limay ont tous été abandonné (Source : ARS). L'impact sera donc limité et temporaire sur la ressource en eau souterraine.

## 5.5. Evaluation des débits d'exhaure décennal

Le débit d'exhaure à prendre en compte pour la phase travaux a été estimé par calcul analytique. L'évaluation des débits d'exhaure est basée sur les paramètres hydrodynamiques retenus au paragraphe 5.1.

Les calculs ont été réalisés en prenant en compte les valeurs de rabattement de nappe présentées dans le paragraphe précédent.

Par mesure conservatrice nous considérerons d'abord une alimentation latérale (sans paroi étanche) et estimerons dans un premier temps le débit nécessaire à la mise hors d'eau des fouilles par la méthode de Jacob.

### 5.5.1 Phase 1 et 2 pour une crue décennale

#### **Méthode de calcul : Jacob**

Le modèle analytique de Jacob permet d'estimer le débit d'exhaure au droit d'une fouille au contact d'une nappe libre ou semi-captive, qui constituerait un aquifère homogène, isotrope dans un demi-espace infini. La fouille est assimilée à un cercle. À partir de ces hypothèses, l'expression du débit d'exhaure est telle que :

$$Q = \frac{T * s}{0,183 * \log\left(\frac{2,25 * T * t}{r^2 * S}\right)}$$

Avec :

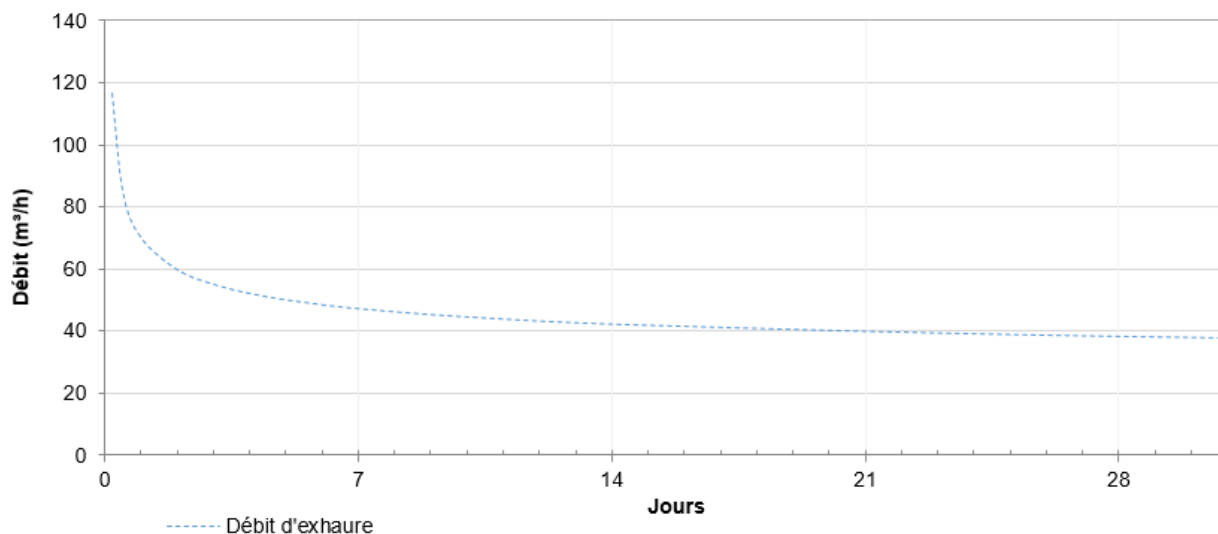
- **Q : débit (m³/s) ;**
- **s : hauteur de rabattement 1,12 m ;**
- **T : transmissivité mesurée au droit du site (5,6.10<sup>-3</sup> m/s) ;**
- **t : temps de pompage (secondes) ;**
- **r : rayon équivalent de la fouille (10 m pour une superficie de terrassement d'environ 600 m²) ;**
- **S : Coefficient d'emmagasinement soit 10 %.**

L'utilisation de formule analytique est conditionnée à un modèle simple. Le milieu est considéré comme homogène, isotrope et alimenté constamment en eau. La validité des résultats est directement liée à la représentativité du schéma théorique vis-à-vis de la réalité de terrain. L'écart est d'autant plus important que les caractéristiques hydrauliques des formations recoupées par le terrassement sont hétérogènes (possibilité de zones plus ou moins fracturées/altérées).

L'utilisation de formules analytiques permet d'avoir un ordre de grandeur des débits à mettre en œuvre et des volumes associés.

Les débits de pointe, en début de rabattement, dépendent de la rapidité que l'on souhaite pour obtenir la cote de rabattement objectif. Pour l'établissement de ce rapport nous avons estimé les débits et volumes pompés pour un rabattement maintenu pendant 30 jours. Les débits ont été estimés dans le cas d'un niveau de nappe annuel (niveau intermédiaire par rapport à une crue de chantier qui réclame un niveau décennal).

La Figure 16 et le Tableau 12 présentent l'évolution au cours du temps des débits et volumes pour cette configuration.



**Figure 16 : Evolution des débits de pompage estimés en phase 1 et 2 pour une fouille de 600 m²**

|                   | Durée du pompage   | 1 jours | 2 jours | 3 jours | 4 jours | 7 jours | 15 jours | 30 jours |
|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| T = 5,58E-03 m²/s | Débit (m3/h)       | 85      | 60      | 55      | 52      | 47      | 42       | 38       |
|                   | Volume cumulé (m3) | 1015    | 3116    | 4437    | 5689    | 9159    | 17402    | 31089    |

**Tableau 12 : Volume d'eau extrait lors du rabattement de la nappe**

Ces débits correspondent à une fouille de 600 m². Ils seraient surestimés s'il était décidé la mise en place d'une paroi étanche (type rideau de palplanches...) qui devrait limiter les arrivées d'eau.

### **Incidence piézométrique annuelle**

**En cas de mise en place de protection périphérique l'impact du pompage sera fortement réduit et diminuera très rapidement en s'éloignant de la fouille.**

Les impacts hydrodynamiques du pompage et du rabattement de nappe peuvent être évalués analytiquement à partir de l'approximation de Jacob (estimation sans paroi périphérique). Le rabattement  $s$ , occasionné par un pompage à un débit  $Q$  dans un puits se trouvant à une distance  $r$  du point de mesure, est fonction de la transmissivité  $T$ , du coefficient d'emmagasinement  $S$  et du temps de pompage  $t$  et peut être approché au moyen de la formule suivante, dite de Jacob :

$$s = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \cdot \log \frac{2,25 T t}{r^2 S}$$

Ainsi les rabattements «  $s$  » induits par le pompage ont été évalués pour différents temps de pompage «  $t$  » et jusqu'à 30 jours avec les débits transitoires définis ci avant (hypothèse sans écran de protection) :

| Distance (m)<br>Temps (j) | 31   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 430  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2                         | 0,74 | 0,51 | 0,18 | -    | -    | -    | -    |
| 3                         | 0,77 | 0,61 | 0,28 | 0,09 | -    | -    | -    |
| 4                         | 0,79 | 0,68 | 0,35 | 0,16 | 0,02 | -    | -    |
| 5                         | 0,80 | 0,73 | 0,40 | 0,21 | 0,07 | -    | -    |
| 6                         | 0,81 | 0,77 | 0,44 | 0,25 | 0,12 | 0,01 | -    |
| 7                         | 0,82 | 0,81 | 0,48 | 0,29 | 0,15 | 0,05 | -    |
| 10                        | 0,83 | 0,89 | 0,56 | 0,37 | 0,24 | 0,13 | -    |
| 15                        | 0,85 | 0,99 | 0,66 | 0,47 | 0,33 | 0,23 | -    |
| 30                        | 0,88 | 1,15 | 0,82 | 0,63 | 0,50 | 0,39 | 0,13 |

Tableau 13 : Incidence du rabattement de nappe à différentes distances

On notera que le rabattement de la nappe est provisoire (limité ici à 4 semaines) et, une fois les opérations de rabattement effectuées, le niveau de la nappe remontera à son niveau initial.

Un forage recensé sur la BNPE (Banque National des Prélèvements d'Eau) se trouve sur le secteur. Il est localisé à environ 180 m du projet (Forage BETON SOLUTION MOBILE LIMAY) et aura donc un impact inférieur à 1 mètre. Les forages AEP étant implantés sur la commune de Limay ont tous été abandonnés (Source : ARS). L'impact sera donc limité et temporaire sur la ressource en eau souterraine.

### 5.5.2 Phase 3 pour une crue décennale

#### **Méthode de calcul : Jacob**

Le modèle analytique de Jacob permet d'estimer le débit d'exhaure au droit d'une fouille au contact d'une nappe libre ou semi-captive, qui constituerait un aquifère homogène, isotrope dans un demi-espace infini. La fouille est assimilée à un cercle. À partir de ces hypothèses, l'expression du débit d'exhaure est telle que :

$$Q = \frac{T * s}{0,183 * \log\left(\frac{2,25 * T * t}{r^2 * S}\right)}$$

Avec :

- **Q** : débit (m<sup>3</sup>/s) ;
- **s** : hauteur de rabattement 1,12 m ;
- **T** : transmissivité mesurée au droit du site (5,6.10<sup>-3</sup> m/s) ;
- **t** : temps de pompage (secondes) ;
- **r** : rayon équivalent de la fouille (10 m pour une superficie de terrassement d'environ 300 m<sup>2</sup>) ;
- **S** : Coefficient d'emmagasinement soit 10 %.

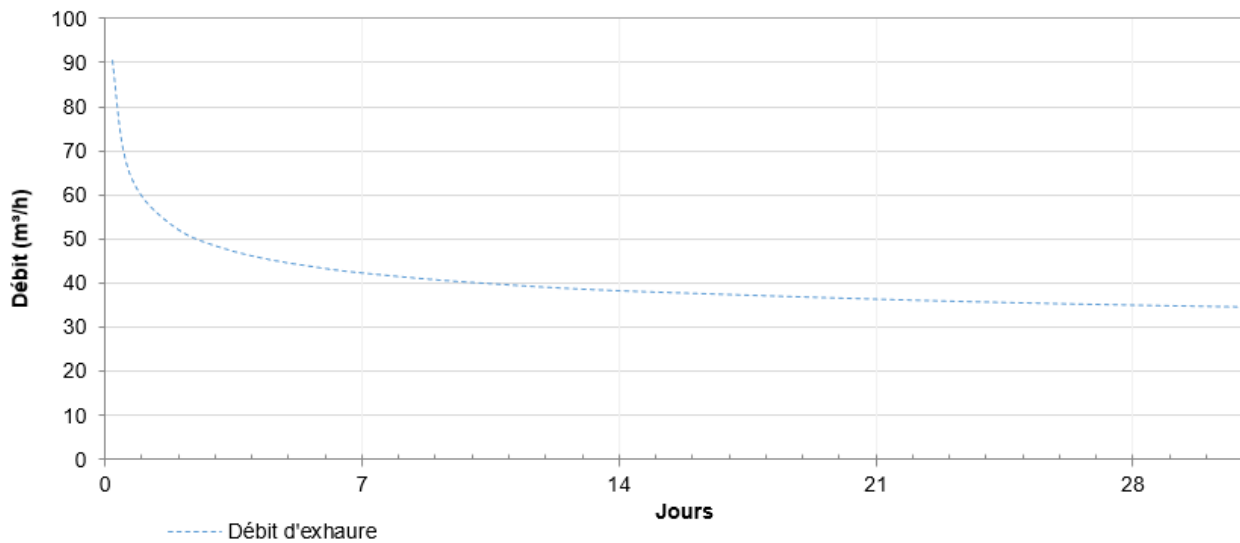
L'utilisation de formule analytique est conditionnée à un modèle simple. Le milieu est considéré comme homogène, isotrope et alimenté constamment en eau. La validité des résultats est directement liée à la représentativité du schéma théorique vis-à-vis de la réalité de terrain. L'écart est d'autant plus important que les caractéristiques hydrauliques des formations recoupées par le terrassement sont hétérogènes (possibilité de zones plus ou moins fracturées/altérées).

L'utilisation de formules analytiques permet d'avoir un ordre de grandeur des débits à mettre en œuvre et des volumes associés.

Les débits de pointe, en début de rabattement, dépendent de la rapidité que l'on souhaite pour obtenir la cote de rabattement objectif. Pour l'établissement de ce rapport nous avons estimé les débits et volumes pompés pour un rabattement maintenu pendant 30 jours. Les débits ont été estimés dans le cas d'un niveau de nappe annuel (niveau intermédiaire par rapport à une crue de chantier qui réclame un niveau décennal).

La Figure 15 et le Tableau 10 présentent l'évolution au cours du temps des débits et volumes pour cette configuration.





**Figure 17 : Evolution des débits de pompage estimés en phase 3 pour une fouille de 300 m²**

|                   | Durée du pompage   | 1 jours | 2 jours | 3 jours | 4 jours | 7 jours | 15 jours | 30 jours |
|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| T = 5,58E-03 m²/s | Débit (m3/h)       | 70      | 52      | 49      | 46      | 42      | 38       | 35       |
|                   | Volume cumulé (m3) | 840     | 2686    | 3850    | 4960    | 8064    | 15521    | 28041    |

**Tableau 14 : Volume d'eau extrait lors du rabattement de la nappe**

Ces débits correspondent à une fouille de 300 m². Ils seraient surestimés s'il était décidé la mise en place d'une paroi étanche (type rideau de palplanches...) qui devrait limiter les arrivées d'eau.

### **Incidence piézométrique annuelle**

**En cas de mise en place de protection périphérique l'impact du pompage sera fortement réduit et diminuera très rapidement en s'éloignant de la fouille.**

Les impacts hydrodynamiques du pompage et du rabattement de nappe peuvent être évalués analytiquement à partir de l'approximation de Jacob (estimation sans paroi périphérique). Le rabattement  $s$ , occasionné par un pompage à un débit  $Q$  dans un puits se trouvant à une distance  $r$  du point de mesure, est fonction de la transmissivité  $T$ , du coefficient d'emménagement  $S$  et du temps de pompage  $t$  et peut être approché au moyen de la formule suivante, dite de Jacob :

$$s = \frac{0,183.Q}{T} \cdot \log \frac{2,25Tt}{r^2S}$$

Ainsi les rabattements «  $s$  » induits par le pompage ont été évalués pour différents temps de pompage «  $t$  » et jusqu'à 30 jours avec les débits transitoires définis ci avant (hypothèse sans écran de protection) :

| Distance (m)<br>Temps (j) | 31   | 50   | 100  | 150  | 200  | 250  | 430  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2                         | 0,64 | 0,45 | 0,16 | -    | -    | -    | -    |
| 3                         | 0,68 | 0,53 | 0,24 | 0,08 | -    | -    | -    |
| 4                         | 0,70 | 0,59 | 0,30 | 0,14 | 0,02 | -    | -    |
| 5                         | 0,71 | 0,64 | 0,35 | 0,18 | 0,06 | -    | -    |
| 6                         | 0,72 | 0,67 | 0,39 | 0,22 | 0,10 | 0,01 | -    |
| 7                         | 0,73 | 0,70 | 0,42 | 0,25 | 0,13 | 0,04 | -    |
| 10                        | 0,75 | 0,78 | 0,49 | 0,32 | 0,21 | 0,11 | -    |
| 15                        | 0,77 | 0,86 | 0,58 | 0,41 | 0,29 | 0,20 | -    |
| 30                        | 0,80 | 1,01 | 0,72 | 0,55 | 0,43 | 0,34 | 0,12 |

Tableau 15 : Incidence du rabattement de nappe à différentes distances

On notera que le rabattement de la nappe est provisoire (limité ici à 4 semaines) et, une fois les opérations de rabattement effectuées, le niveau de la nappe remontera à son niveau initial.

Un forage recensé sur la BNPE (Banque National des Prélèvements d'Eau) se trouve sur le secteur. Il est localisé à environ 180 m du projet (Forage BETON SOLUTION MOBILE LIMAY) et aura donc un impact inférieur à 1 mètre. Les forages AEP étant implantés sur la commune de Limay ont tous été abandonné (Source : ARS). L'impact sera donc limité et temporaire sur la ressource en eau souterraine.

## 6. SYNTHÈSE DES RESULTATS

La société IKEA DEVELOPPEMENT est maîtresse d'ouvrage d'un projet de construction d'un bâtiment industriel localisé sur la commune de Limay (78). La réalisation de certaines infrastructures du projet nécessitera la mise en œuvre d'un rabattement de nappe.

Le niveau bas sera calé à la cote de 18,17 m NGF. La cote de rabattement est prévue à 17,60 m NGF.

Une étude NPHE réalisée en juin 2023 (cf. 2022-04-171/8 Ind. C) a conclu à un niveau de crue annuel de 17,75 mNGF, quinquennal de 18,50 m NGF et décennal à la cote 18,72 m NGF.

**Les résultats des essais hydrodynamiques réalisés indiquent une transmissivité moyenne de 5,6 E-03 m²/s. L'incidence observée dans les piézomètres de contrôle n'a pas montré de proportionnalité avec la distance du puits de pompage, ce qui indiquerait une forte anisotropie.**

Une estimation des débits d'exhaure a été réalisée en considérant trois niveaux de nappe (décennal, quinquennal et annuel) et pour des fouilles de 600 m² et de 300 m², suivant le phasage des travaux. Sur la base des essais de pompages et calculs réalisés, d'un temps de pompage en phase travaux de 30 jours et d'un rabattement à la cote de 17,60 m NGF, on obtient les résultats suivants

|  | Annuel                   |                       | Quinquennal              |                       | Décennal                 |                       |
|--|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
|  | Phases 1&2 :<br>2x600 m² | Phase 3 :<br>2x300 m² | Phases 1&2 :<br>2x600 m² | Phase 3 :<br>2x300 m² | Phases 1&2 :<br>2x600 m² | Phase 3 :<br>2x300 m² |
| Débit maximum en début de rabattement          | 2x16 m³/h                | 2x12 m³/h             | 2x94 m³/h                | 2x73 m³/h             | 2x116 m³/h               | 2x90 m³/h             |
| Débit de rabattement stabilisé après 1 semaine | 2x7 m³/h                 | 2x6 m³/h              | 2x38 m³/h                | 2x34 m³/h             | 2x47 m³/h                | 2x42 m³/h             |

Si toutefois les débits devaient dépasser les 80 m³/h, le rabattement serait soumis à la rubrique 1.2.2.0. Afin de pouvoir réaliser ces pompages, des prélèvements dans les piézomètres présents sur place ont été réalisés (Annexe 2).

Il conviendra de mettre en place un système permettant le pompage d'eau chargée (acceptant un taux de Matière En Suspension relativement important) mais aussi un dispositif limitant l'entraînement de particules fines lors du fonctionnement du rabattement (par exemple un massif filtrant adapté au terrain). Par ailleurs il sera nécessaire de mesurer régulièrement la teneur en sable dans les eaux d'exhaures afin de vérifier ce point.

Aussi, lors de la réalisation du projet, il est recommandé de suivre précisément la vitesse de rabattement et de l'ajuster pour éviter les phénomènes d'érosion. Un suivi de la turbidité des eaux pompées est un bon indicateur. En effet, un dépassement de 50 NTU (nephelometric turbidity unit) signifiera un effet érosif trop puissant et des mesures devront être prises afin de limiter la vitesse de dépassement.

Il est précisé que cette étude repose sur une reconnaissance 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 et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension.

Les éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au chargé du suivi géotechnique d'exécution (mission G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique (réévaluation des débits, risque de boulangerie,...).

**Pour rappel, tout rabattement de nappe est soumis à la rubrique 1.1.1.0 et potentiellement 2.2.3.0 du code de l'environnement. Compte tenu du projet et de la perméabilité envisagée, les débits prélevés seront également soumis à la rubrique 1.2.2.0 en cas de dépassement du palier des 80 m³/h.**

# ANNEXES



## **ANNEXE 1 : COUPES TECHNIQUES DES OUVRAGES REALISES**

*Cette annexe contient 18 pages A4.*



**Client : S2E**

**Adresse du chantier :** Route de la Noue - 78520 LIMAY



## CREATION DE PIEZOMETRES ET DE PUITES DE POMPAGE

**Compte-rendu de fin de travaux de forage**

**Cr-IN-23-08963-1 indice A**

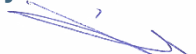
Rédacteur

**T. LAURENT**



Vérificateur

**JL. BRIARD**



Approbateur

**JL. BRIARD**



INGÉNIERIE  
DES SOLS



CYCLE  
DE L'EAU



CONTRÔLES  
ET ESSAIS



INGÉNIERIE  
DES STRUCTURES

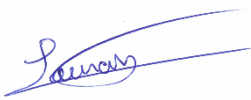
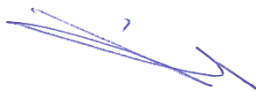
[www.infraneo.com](http://www.infraneo.com)

## COMPTE-RENDU DE FIN DE TRAVAUX

### Pose de deux puits de pompage et de 4 piézomètres satellites

Ce dossier comprend :

- 1 compte-rendu
- Annexe 1 : Conditions générales de vente et d'exécution des prestations
- Annexe 2 : Coupes détaillées des ouvrages

| Ind | Date       | Chargé d'affaire  | Contrôle interne   | Observations  |
|-----|------------|---|--|---------------|
| A   | 31/10/2023 | T. LAURENT<br> | JL. BRIARD<br> | 1ère émission |

## SOMMAIRE

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>PRESENTATION</b>   | <b>4</b> |
| 1.1      | Définition de l'opération - Mission                               | 4        |
| 1.2      | Descriptions générales du site                                    | 4        |
| 1.2.1    | Situation de l'étude  | 4        |
| 1.2.2    | Description du site actuel et implantation des ouvrages existants | 5        |
| 1.2.3    | Projet  | 5        |
| <b>2</b> | <b>PROGRAMME DE LA RECONNAISSANCE</b>                             | <b>6</b> |
| 2.1      | Sondage de reconnaissance   | 6        |
| 2.2      | Equipement  | 7        |
| 2.3      | Résultat des mesures hydrogéologiques                             | 8        |

# 1 Présentation

## 1.1 Définition de l'opération - Mission

A la demande et pour le compte de la société S2E, **INFRANEO** Normandie a reçu pour mission de réaliser deux puits de pompage et 4 piézomètres satellites dans le cadre d'investigations hydrogéologiques (essais de pompage) sur un terrain d'HAROPA situé route de la Noue à LIMAY (78520).

Le présent compte-rendu traite la mission d'investigations géotechniques selon la norme NF P 94-500, révisée en novembre 2013.

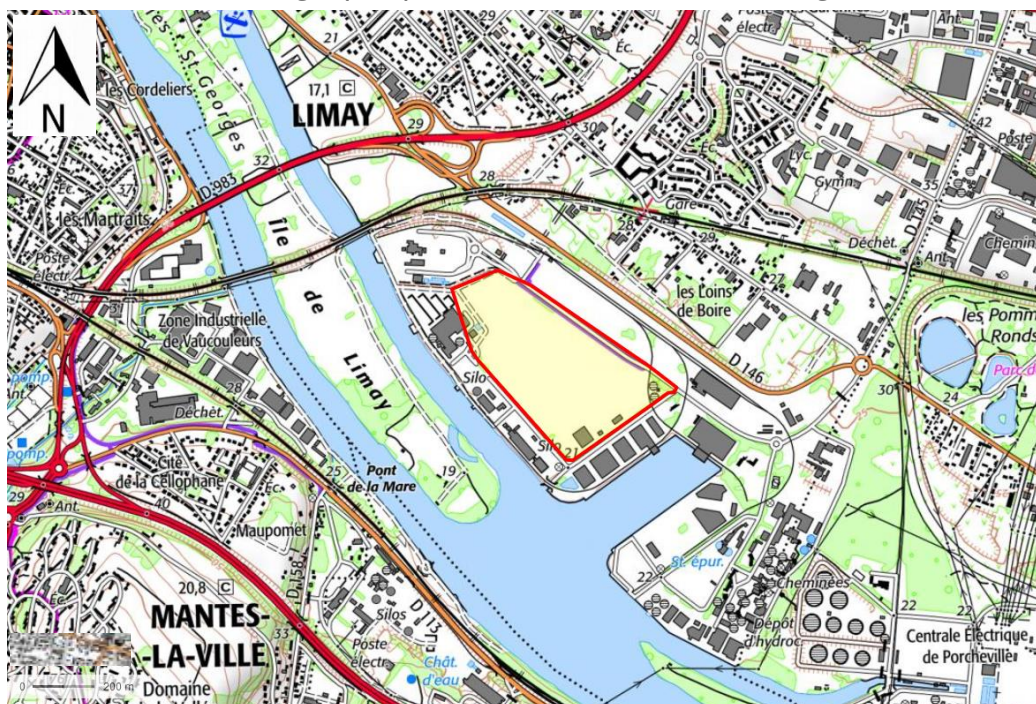
Remarque : La réalisation de l'essai de pompage et la rédaction du dossier de Déclaration au titre de la Loi sur l'Eau ne sont pas à notre charge.

## 1.2 Descriptions générales du site

### 1.2.1 Situation de l'étude

#### Route de la Noue - LIMAY (78520)

Coordonnées Géographiques : latitude 48.9801° ; longitude 1.7434°



Localisation du projet (fond de carte topographique IGN, source  
geoportail.gouv.fr)





Localisation du projet (vue aérienne, source geoportail.gouv.fr)

### 1.2.2 Description du site actuel et implantation des ouvrages existants

Le site d'étude correspond à un vaste parking en enrobés servant au stockage de véhicules. Il existe actuellement deux piézomètres implantés à l'extrême est et à l'extrême ouest du site.

### 1.2.3 Projet

Afin de réaliser deux essais de pompage normalisés au voisinage de chaque piézomètre existant, il est nécessaire de créer au droit de chaque zone d'essai un puits de pompage et deux piézomètres complémentaires (pour posséder 3 piézomètres satellites de suivi du rabattement). L'implantation des nouveaux ouvrages à créer a été définie par S2E.





## 2 PROGRAMME DE LA RECONNAISSANCE

### 2.1 Sondage de reconnaissance

Le programme de sondage, conforme aux demandes du client, est présenté dans le tableau suivant.

La coupe des sondages avec description des équipements mis en place est jointe en annexe 2.

Le terme profondeur utilisé dans le présent compte-rendu prend comme référence le niveau du sol au droit du point de sondage.

Les ouvrages ont été réalisés conformément à la norme NFD X 31-614 (oct. 1999) et à la norme ISO 22282 Partie 4 (2021).

| Type de sondage                                  | N° de sondage | Profondeur atteinte (m/TN actuel) |
|--|---------------|-----------------------------------|
| Sondage destructif au tricône de diamètre 150 mm | F1            | 15                                |
|  | F2            | 15                                |
| Sondage destructif au tricône de diamètre 101 mm | PZ101         | 10                                |
|  | PZ3 (PZ102)   | 10                                |
|  | PZ5 (PZ103)   | 10                                |
|  | PZ6 (PZ104)   | 10                                |

Les paramètres de forage ont été enregistrés et ne sont que partiellement restitués suite à une erreur d'enregistrement lors des sondages PZ5 et PZ6.

## 2.2 Equipement

Les équipements mis en place, schématisés sur les coupes de synthèse en annexe 2, sont résumés ci-après :

| Sondage     | Type d'équipement   | Profondeur (m/TN actuel)               |
|-------------|---|--|
| Puits F1    | Tube piézométrique définitif PVC diamètre 112/125 mm :<br>- Plein<br>- Crépiné (slot 1 mm)<br>- Bouchon de fond | 0.0 – 3.0<br>3.0 – 14.8<br>14.8 – 15.0 |
| Puits F2    | Tube piézométrique définitif PVC diamètre 112/125 mm :<br>- Plein<br>- Crépiné (slot 1 mm)<br>- Bouchon de fond | 0.0 – 3.0<br>3.0 – 14.8<br>14.8 – 15.0 |
| PZ101       | Tube piézométrique définitif PVC diamètre 51/60 mm :<br>- Plein<br>- Crépiné (slot 1 mm)<br>- Bouchon de fond   | 0.0 – 3.0<br>3.0 – 9.8<br>9.8 – 10.0   |
| PZ3 (PZ102) | Tube piézométrique définitif PVC diamètre 51/60 mm :<br>- Plein<br>- Crépiné (slot 1 mm)<br>- Bouchon de fond   | 0.0 – 3.0<br>3.0 – 9.8<br>9.8 – 10.0   |
| PZ5 (PZ103) | Tube piézométrique définitif PVC diamètre 51/60 mm :<br>- Plein<br>- Crépiné (slot 1 mm)<br>- Bouchon de fond   | 0.0 – 3.0<br>3.0 – 9.8<br>9.8 – 10.0   |
| PZ6 (PZ104) | Tube piézométrique définitif PVC diamètre 51/60 mm :<br>- Plein<br>- Crépiné (slot 1 mm)<br>- Bouchon de fond   | 0.0 – 3.0<br>3.0 – 9.8<br>9.8 – 10.0   |

Des centreurs ont été mis en place sur les tubes avant mise en œuvre du massif filtrant (sable siliceux lavé et calibré 0.7 / 1.25 mm).

Un bouchon d'argile (sobranite) a été mis en place au-dessus de ce massif, entre 1 et 3 mètres de profondeur par rapport au terrain naturel.

Pour finir, une cimentation au coulis bentonite-ciment a été mise en œuvre jusqu'en tête de l'ouvrage. L'ouvrage est verrouillié par un système de bouche à clé ras de sol.

### 2.3 Résultat des mesures hydrogéologiques

Dès la fin du forage, un lavage à l'eau claire a été réalisé. Par la suite un développement par pompage a été opéré pendant environ 1 heure (après incorporation d'eau claire au démarrage).

Des mesures de niveaux d'eau non stabilisés ont été réalisés en fin de forage (après opération de développement) entre le 11 et le 16 octobre 2023 et sont résumés dans le tableau suivant :

| Sondage      | Date       | Niveau d'eau en fin de forage (m/TN) |
|--------------|------------|--------------------------------------|
| F1           | 12/10/2023 | 5.8                                  |
| F2           | 13/10/2023 | 6.0                                  |
| PZ101        | 11/10/2023 | 5.2                                  |
| PZ3 (PZ102)  | 12/10/2023 | 4.8                                  |
| PZ5 (PZ103)  | 17/10/2023 | 4.8                                  |
| PZ6 ( PZ104) | 16/10/2023 | 4.2                                  |

## ANNEXES

**ANNEXE 1 :**

**CONDITIONS GENERALES DE VENTE ET  
D'EXECUTION DES PRESTATIONS**

## 1. DEVIS

Sauf indications contraires, nos devis ne nous engagent que pendant la période de 2 mois qui suit la date de leur établissement. Dans le cas de devis à prix forfaitaire, les prix unitaires et les quantités sont forfaitaires, nos prestations et fournitures étant expressément limitées aux quantités prévues au devis ; dans le cas de devis quantitatif estimatif, seuls les prix unitaires sont forfaitaires, la facturation étant établie sur la base des quantités d'essais ou d'opérations effectivement réalisées et des matériels ou matières réellement fournis.

## 2. COMMANDE

Toute demande de prestations doit faire l'objet d'une commande en bonne et due forme établie par le donneur d'ordres. En règle générale, les prestations ne seront entreprises qu'après réception de la commande qui devra comporter : a) un numéro b) la date c) la désignation des prestations d) l'identité et la qualité du signataire e) le destinataire des résultats (ou de la fourniture) f) les coordonnées complètes de facturation. Dans les cas exceptionnels, à la demande expresse du client, les prestations pourront être entreprises sans délai (procédure d'urgence) mais la demande devra être confirmée dans les 24 heures par une commande en bonne et due forme. Toute commande implique l'acceptation par le donneur d'ordres des présentes conditions générales. Aucune clause contraire même si elle figure sur les documents de commande ou les conditions générales du donneur d'ordres ne nous est opposable en l'absence d'accord écrit de notre part. Dans le cas où le donneur d'ordres et le destinataire de la facturation sont des personnes différentes, le premier est responsable, en dernier ressort, du règlement de la note d'honoraires, sauf s'il fournit préalablement à l'exécution de la commande un engagement écrit du second acceptant de régler le montant de la prestation.

## 3. ECHANTILLONS-PRODUITS-CORPS D'EPREUVES

Le donneur d'ordres doit mettre à notre disposition les échantillons, produits et corps d'épreuves nécessaires à l'exécution de la prestation, le port étant à sa charge. Nous ne sommes en aucun cas responsables de la détérioration des produits du seul fait des expérimentations qui nous sont demandées, non plus que de leur transport. Sauf demande expresse du client formulée lors de la commande, les échantillons, produits ou corps d'épreuve ne sont pas conservés après l'envoi des résultats. En cas de demande de conservation dans nos laboratoires, des frais de stockage seront facturés au client.

## 4. INTERVENTIONS HORS LABORATOIRE

En cas d'investigation sur site ou sur ouvrage, nous déclinons toute responsabilité quant aux dégâts occasionnés sur les réseaux, câbles ou canalisations dont la présence ne nous aurait pas été signalée par écrit. Les formalités éventuellement nécessaires ou les arrêtés autorisant l'accès sur les sites doivent nous être signifiés au moment du devis, faute de quoi nos prix et délais seraient sujets à ajustement. Certaines interventions peuvent entraîner d'inévitables dommages notamment sur l'ouvrage ausculté et sur les sites d'intervention. Les remises en état, indemnités ou réparations correspondantes sont à la charge du donneur d'ordres.

## 5. COMMUNICATION ET UTILISATION DES RESULTATS DE NOS PRESTATIONS

Les résultats de nos prestations sont consignés dans des procès-verbaux, comptes-rendus ou rapports qui sont établis en deux exemplaires destinés au client (dont un exemplaire sous format informatique). Tout exemplaire papier supplémentaire fait l'objet d'une facturation. Ces documents sont transmis au donneur d'ordres (ou à toute personne expressément désignée à la commande) à l'exclusion de tout autre tiers, sauf accord préalable écrit du donneur d'ordres. Aucun résultat ne peut être donné, même oralement, en l'absence d'une commande en bonne et due forme. Aucune modification ou altération ne pourra être portée à ces documents après leur communication sans notre accord écrit, le double en notre possession faisant foi. La reproduction d'un document établi par INFRANEO n'est autorisée que sous sa forme intégrale et conforme à l'original. Toute autre forme de référence aux prestations réalisées par INFRANEO doit faire l'objet d'un accord préalable de notre organisme. Toute utilisation des résultats communiqués par INFRANEO tendant à créer une équivoque auprès de tiers pourra donner lieu à poursuites conformément aux dispositions légales et réglementaires en vigueur.

## 6. DELAIS

Les délais de nos prestations (ou livraisons) sont donnés à titre indicatif. Aucune pénalité pour retard ne peut nous être appliquée sauf stipulation contraire dûment acceptée.

## 7. RNORVE DE PROPRIETE

Les obligations contractuelles réciproques sont remplies dès lors que les résultats ont été communiqués au client (ou que le matériel lui a été livré) et que le client a versé intégralement le prix des prestations (ou des fournitures). De convention expresse, les résultats d'essais, d'études ou de contrôles restent la propriété

## 8. PROPRIETE INDUSTRIELLE

Lorsque des essais, études, recherches menés par INFRANEO conduisent à des inventions, les modalités de leur propriété et de la concession des licences correspondantes sont obligatoirement réglées par un contrat spécifique négocié à cet effet. Les spécifications et informations techniques, modes opératoires, notes et programmes de calcul, procédés, appartenant en propre à INFRANEO et issus des travaux, essais, recherches et développements effectués par INFRANEO, constituent son savoir-faire et doivent toujours être considérés par la personne à laquelle ils sont communiqués, à l'occasion d'un devis ou d'une consultation, comme strictement confidentiels et couverts par le secret. Le donneur d'ordres de INFRANEO s'interdit formellement toute reproduction et/ou communication non autorisées par écrit à des tiers, tant par lui-même, que par ses préposés ou toute personne liée avec lui par contrat.

## 9. RESPONSABILITES

INFRANEO assume, outre ses obligations contractuelles, la responsabilité civile et professionnelle de droit commun relative à ses prestations ainsi que, le cas échéant, la responsabilité des constructeurs édictée par les articles 1792 et 2270 du Code Civil. Il garantit que ses interventions sont conformes aux spécifications techniques en usage et sont réalisées suivant les règles de l'art. Sa responsabilité est celle d'un prestataire de services intellectuels assujéti à une obligation de moyens. De convention expresse la responsabilité d'INFRANEO est soumise aux limitations suivantes :

A) ESIRIS NO ne peut être rendu responsable des modifications apportées aux solutions qu'il a préconisées que dans la mesure où il aurait donné par écrit son accord sur lesdites modifications. Certaines conclusions et prescriptions de ses rapports d'étude peuvent se trouver modifiées en cas de changements dans l'implantation, la conception ou l'importance des ouvrages par rapport aux données de l'étude.

B) la responsabilité d'INFRANEO ne peut être retenue que dans les limites de la mission qui lui a été confiée; les résultats se rapportant à des essais, études ou contrôles ponctuels ne peuvent être extrapolés à l'ensemble d'un ouvrage (voire à une partie d'ouvrage) ou à un matériel complexe sans un examen approfondi de la question (représentativité des échantillons, homogénéité des composants, conditions d'exploitation de l'ouvrage ou du matériel ...) qui doit faire l'objet d'une demande spécifique du client.

C) La responsabilité d'INFRANEO ne peut être recherchée pour des dommages résultant d'erreurs, d'omissions ou d'imprécisions dans les documents remis par le client ou par des tiers à sa demande.

D) Les dispositions des Normes AFNOR P03-001 & P03-002 (dernières éditions) non contraires aux présentes conditions générales, sont utilisées, en cas de besoin, comme documents contractuels complémentaires.

E) INFRANEO est garanti au titre de sa responsabilité civile et professionnelle auprès de SMA COURTAGE - 8, rue Louis Armand - CS 17201 - 75738 PARIS CEDEX 15.

Police Responsabilité Civile N°F26640J 7352 000 /002 100546/0.

## 10. CONDITIONS FINANCIERES

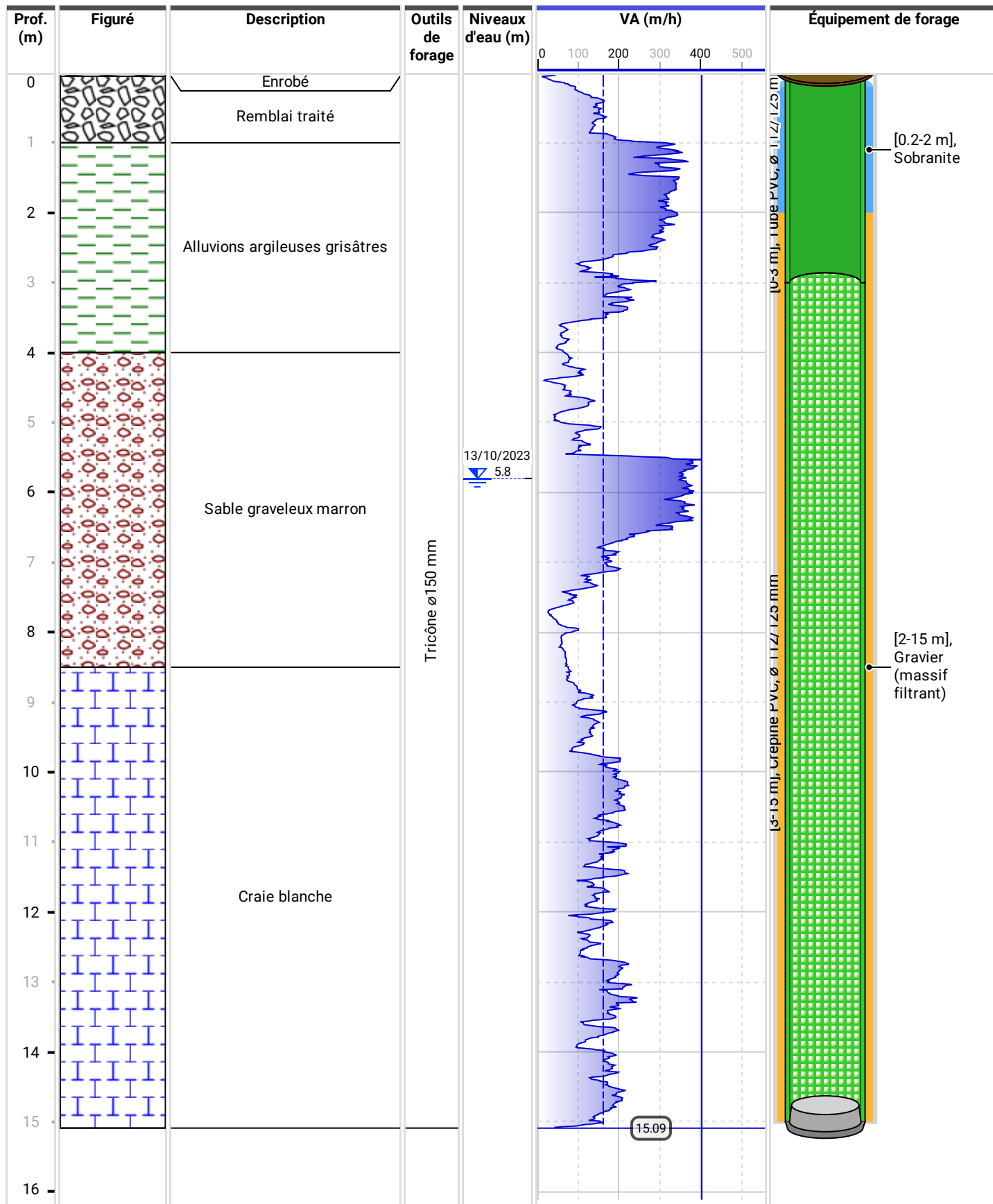
Tous nos prix sont établis hors taxes ; ils sont majorés des taxes en vigueur, à la charge du client. La T.V.A. est acquittée sur les encaissements. La procédure d'urgence, lorsqu'elle entraîne pour INFRANEO des sujétions particulières, peut donner lieu à une majoration des prix courants. Sauf stipulation contraire dûment précisée et justifiée à la commande, nos interventions sont facturées au donneur d'ordres. Les factures doivent être réglées par chèque ou virement bancaire à trente jours fin de mois de la date de facturation ou par traite acceptée à même échéance, sous déduction de l'acompte correspondant de 30 % à la commande lorsque le donneur d'ordre est un particulier, une société privée, une SCI ou assimilés.

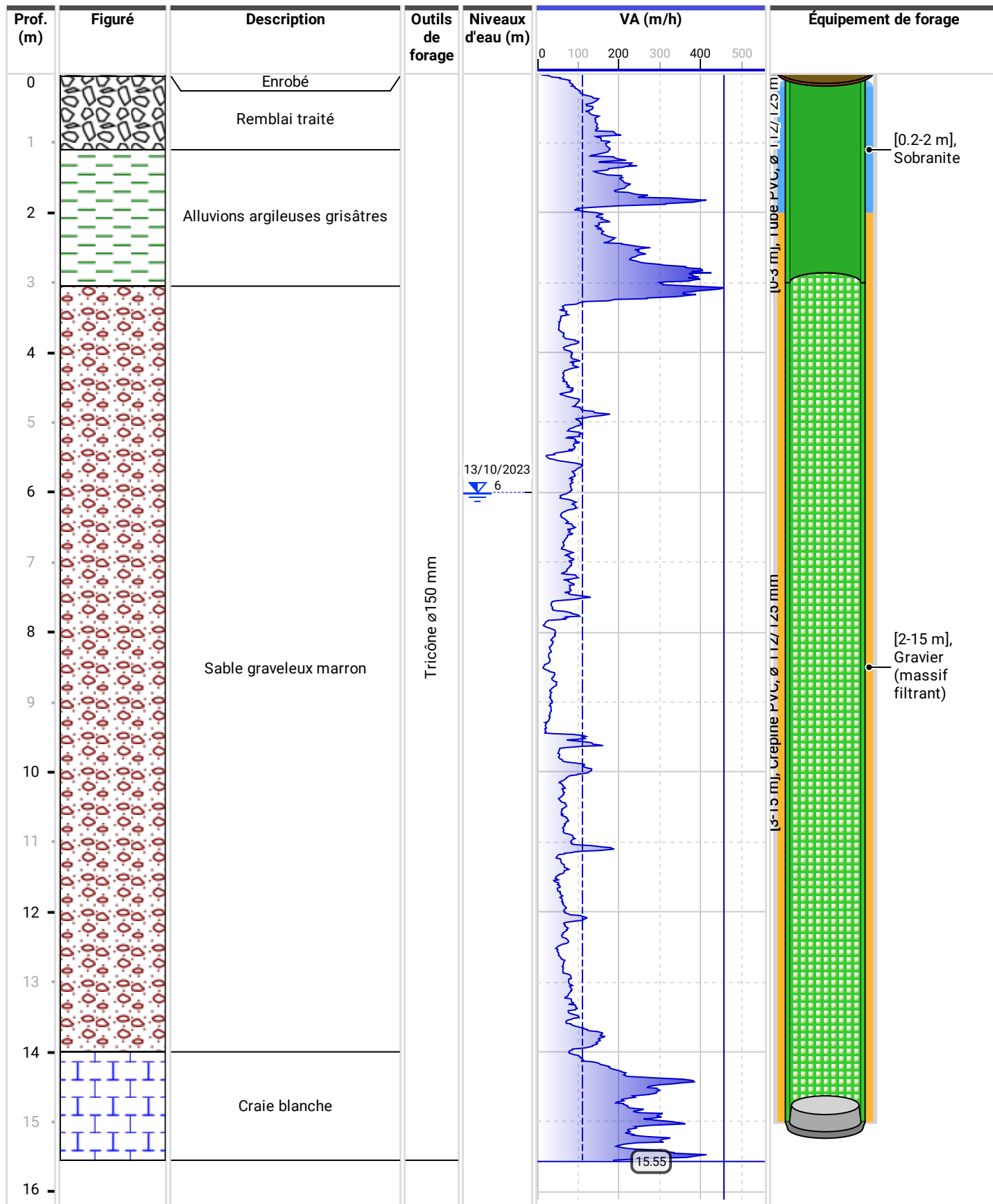
Toute prestation dont le délai de réalisation dépasse deux mois fait obligatoirement l'objet de facturations intermédiaires et mensuelles. Toute somme non payée à l'échéance porte de plein droit intérêt à cinq fois le taux de l'intérêt légal. Lorsque le crédit du client se détériore, nous nous réservons le droit, même après exécution partielle d'une commande, d'exiger du client les garanties que nous jugeons convenables en vue de la bonne exécution des engagements pris. Le refus d'y satisfaire nous donne le droit d'annuler tout ou partie de la commande. Aucune facturation ne pourra être contestée passés 30 jours après son émission. Le non paiement d'une seule facture à son échéance rend exigible de plein droit le solde dû sur toutes les autres factures majoré de tous frais de recouvrement avec un minimum de 500€ HT.

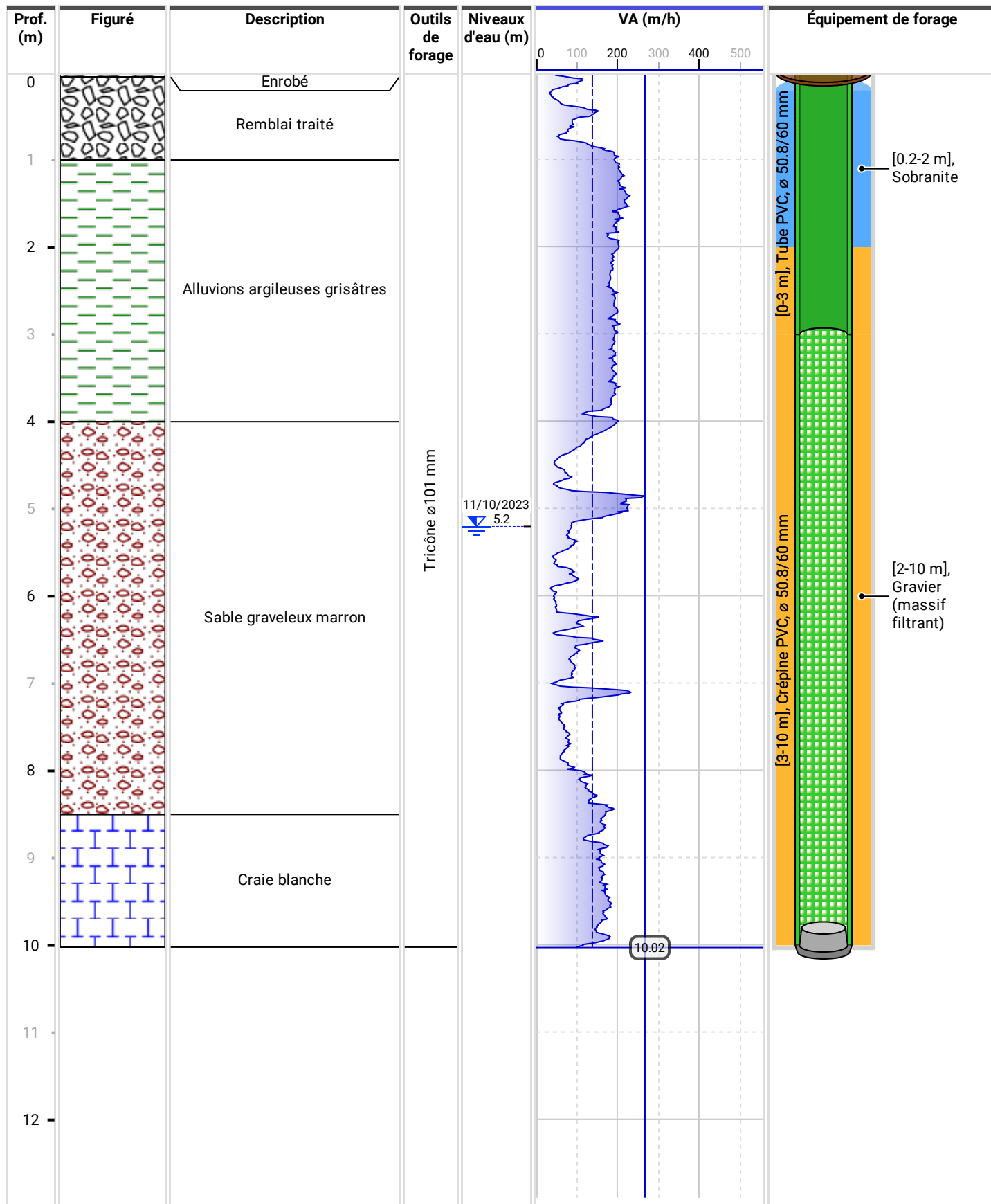
Nous attirons l'attention sur la particularité des agences INFRANEO, ces dernières

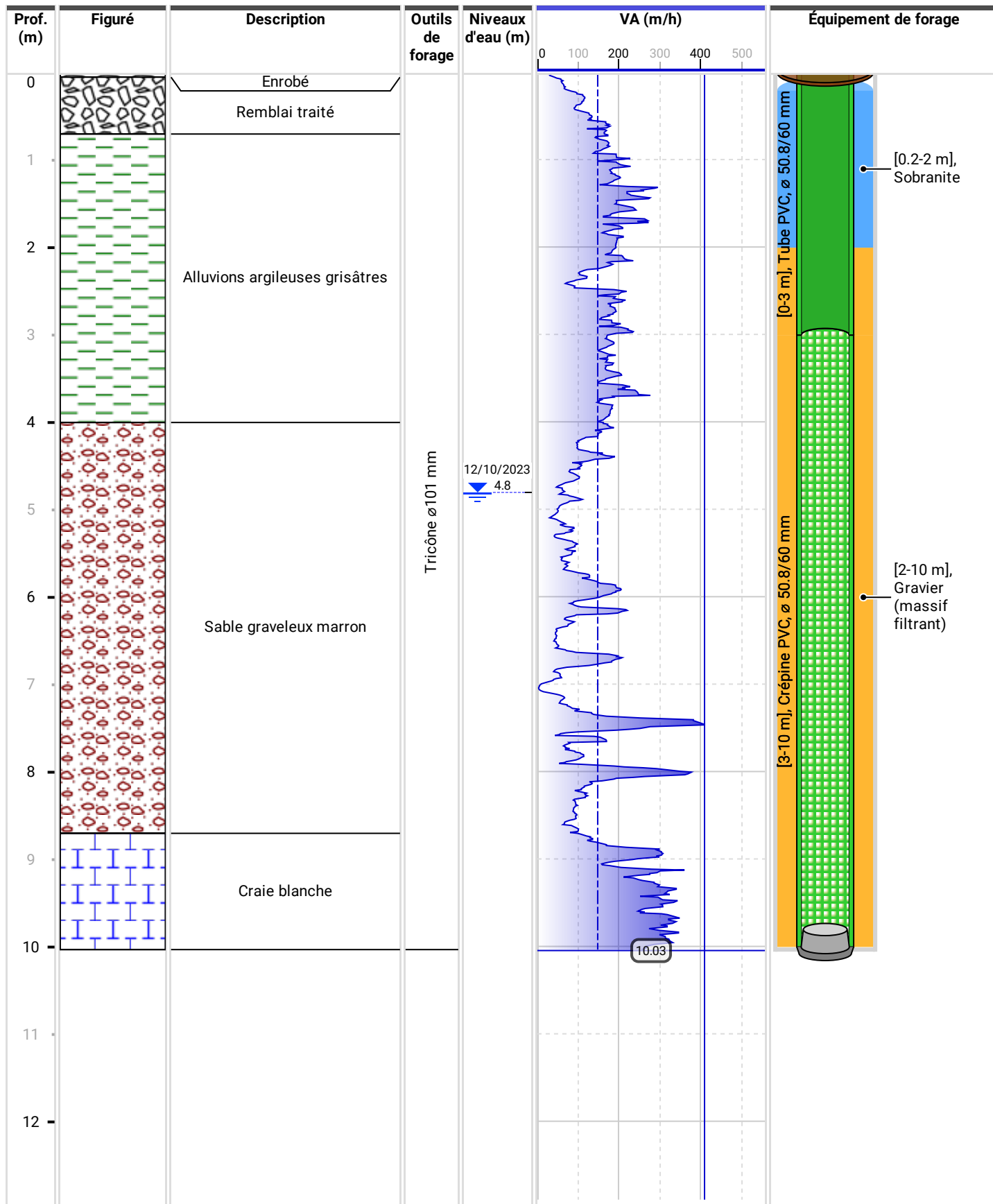
## **ANNEXE 2 : COUPES DETAILLEES DES OUVRAGES**

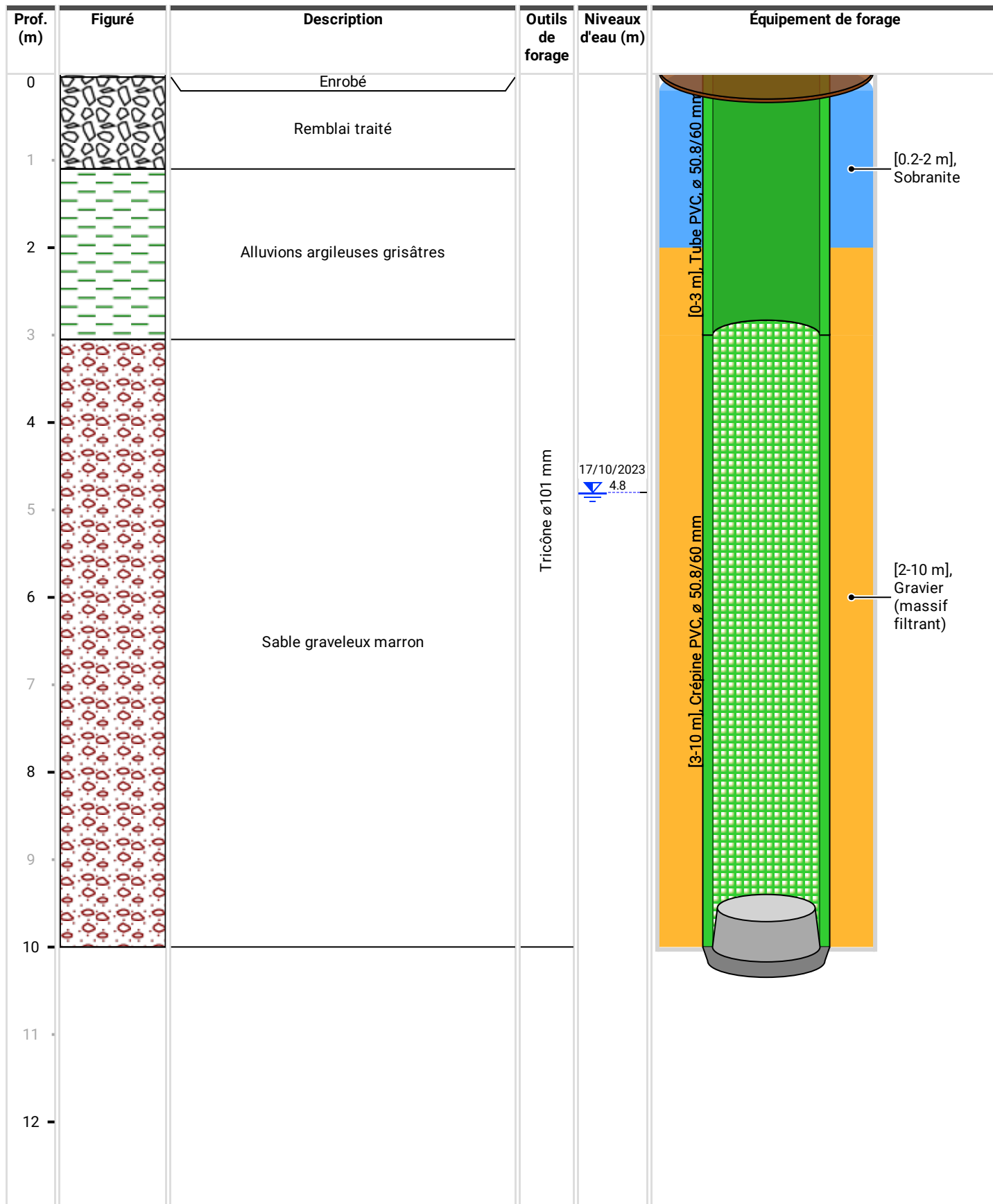


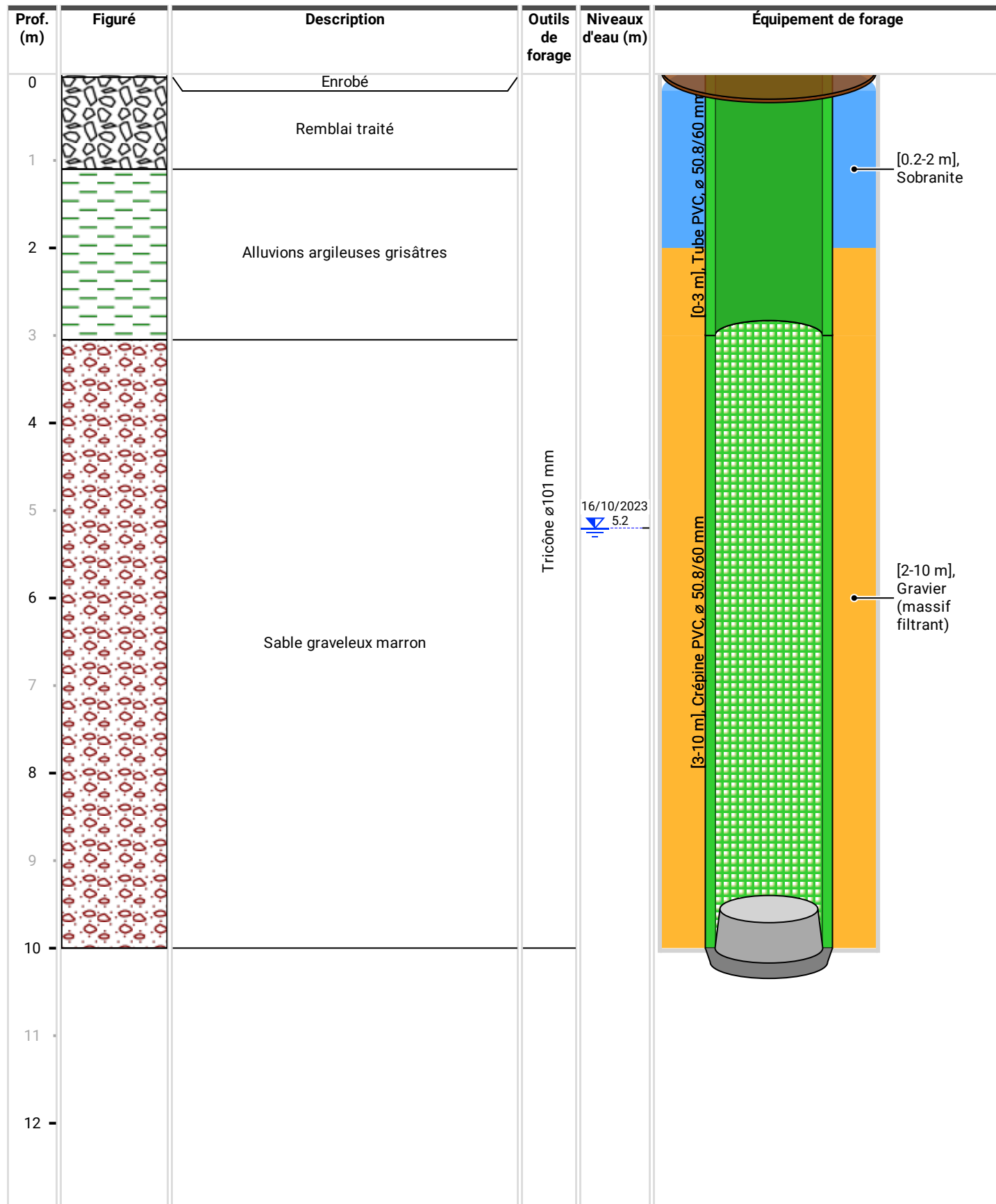












★

## ANNEXE 2 : COMPTE RENDU D'ANALYSES

*Cette annexe contient 6 pages A4.*



## Rapport d'analyse

VINIRE GEOTECHNIQUE SAS Ets de MAROMME

Ilies ARAHMANE

5 Rue Marconi

Zone Industrielle La Maine

F-76150 MAROMME

Page 1 sur 6

Votre nom de Projet : Construction d'un entrepôt  
Votre référence de Projet : 2021-04-171/12 - LIMAY  
Référence du rapport SGS : 13960027, version: 1.

Rotterdam, 03-11-2023

Cher(e) Madame/ Monsieur,

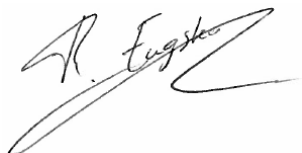
Ce rapport contient les résultats des analyses effectuées pour votre projet 2021-04-171/12 - LIMAY. Les analyses ont été réalisées en accord avec votre commande. Les résultats ne se rapportent qu' aux échantillons analysés et tels qu' ils ont été reçus par SGS. Le rapport reprend les descriptions des échantillons, la date de prélèvement (si fournie), le nom de projet et les analyses que vous avez indiqués sur le bon de commande. SGS n'est pas responsable des données fournies par le client.

Ce rapport est constitué de 6 pages dont chromatogrammes si prévus, références normatives, informations sur les échantillons. Dans le cas d'une version 2 ou plus élevée, toute version antérieure n'est pas valable. Toutes les pages font partie intégrante de ce rapport, et seule une reproduction de l'ensemble du rapport est autorisée.

En cas de questions et/ou remarques concernant ce rapport, nous vous prions de contacter notre Service Client.

Toutes les analyses sont réalisées par SGS Environmental Analytics, Steenhouwerstraat 15, Rotterdam, Pays Bas. Les analyses sous-traitées sont indiquées sur le rapport.

Veuillez recevoir, Madame/ Monsieur, l'expression de nos cordiales salutations.



René Eugster  
Business Unit Manager

# Rapport d'analyse

VINIRE GEOTECHNIQUE SAS Ets de MAROMME

Ilies ARAHMANE

Projet Construction d'un entrepôt

Référence du projet 2021-04-171/12 - LIMAY

Réf. du rapport 13960027 - 1

Date de commande 18-10-2023

Date de début 25-10-2023

Rapport du 03-11-2023

| Code   | Matrice         | Réf. échantillon  |                     |                     |                     |  |
|--|-----------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| 001  | Eau souterraine | 2021-04-171- PZ1  |                     |                     |                     |  |
| 002  | Eau souterraine | 2021-04-171 - PZ2 |                     |                     |                     |  |
| 003  | Eau souterraine | 2021-04-171- PZ3  |                     |                     |                     |  |
| Analyse  | Unité           | Q                 | 001                 | 002                 | 003                 |  |
| <b>METAUX</b>                                  |                 |                   |                     |                     |                     |  |
| filtration métaux                              | -               |                   | 1 <sup>1)</sup>     | 1 <sup>1)</sup>     | 1 <sup>1)</sup>     |  |
| arsenic  | µg/l            | Q                 | <1 <sup>1)</sup>    | 6.2 <sup>1)</sup>   | <1 <sup>1)</sup>    |  |
| cadmium  | µg/l            | Q                 | <0.2 <sup>1)</sup>  | <0.2 <sup>1)</sup>  | <0.2 <sup>1)</sup>  |  |
| chrome   | µg/l            | Q                 | <1 <sup>1)</sup>    | 1.0 <sup>1)</sup>   | <1 <sup>1)</sup>    |  |
| cuivre   | µg/l            | Q                 | <2 <sup>1)</sup>    | <2 <sup>1)</sup>    | <2 <sup>1)</sup>    |  |
| mercure  | µg/l            | Q                 | <0.05 <sup>1)</sup> | <0.05 <sup>1)</sup> | <0.05 <sup>1)</sup> |  |
| plomb  | µg/l            | Q                 | <2 <sup>1)</sup>    | <2 <sup>1)</sup>    | <2 <sup>1)</sup>    |  |
| nickel   | µg/l            | Q                 | 6.2 <sup>1)</sup>   | <3 <sup>1)</sup>    | 5.3 <sup>1)</sup>   |  |
| zinc   | µg/l            | Q                 | <10 <sup>1)</sup>   | <10 <sup>1)</sup>   | <10 <sup>1)</sup>   |  |
| <b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</b>           |                 |                   |                     |                     |                     |  |
| benzène  | µg/l            | Q                 | <0.2                | <0.2                | <0.2                |  |
| toluène  | µg/l            | Q                 | <0.2                | <0.2                | <0.2                |  |
| éthylbenzène                                   | µg/l            | Q                 | <0.2                | <0.2                | <0.2                |  |
| orthoxyène                                     | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |
| para- et métaoxyène                            | µg/l            | Q                 | <0.2                | <0.2                | <0.2                |  |
| xylènes  | µg/l            | Q                 | <0.30               | <0.30               | <0.30               |  |
| BTEX totaux                                    | µg/l            | Q                 | <1                  | <1                  | <1                  |  |
| <b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b> |                 |                   |                     |                     |                     |  |
| naphtalène                                     | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |
| acénaphthylène                                 | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |
| acénaphthène                                   | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |
| fluorène                                       | µg/l            | Q                 | <0.05               | <0.05               | <0.05               |  |
| phénanthrène                                   | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| anthracène                                     | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| fluoranthène                                   | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| pyrène   | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| benzo(a)anthracène                             | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| chrysène                                       | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| benzo(b)fluoranthène                           | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| benzo(k)fluoranthène                           | µg/l            | Q                 | <0.01               | <0.01               | <0.01               |  |
| benzo(a)pyrène                                 | µg/l            | Q                 | <0.01               | <0.01               | <0.01               |  |
| dibenzo(ah)anthracène                          | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| benzo(ghi)peryène                              | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| indéno(1,2,3-cd)pyrène                         | µg/l            | Q                 | <0.02               | <0.02               | <0.02               |  |
| Somme des HAP (10) VROM                        | µg/l            | Q                 | <0.3                | <0.3                | <0.3                |  |
| Somme des HAP (16) - EPA                       | µg/l            | Q                 | <0.57               | <0.57               | <0.57               |  |
| <b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</b>      |                 |                   |                     |                     |                     |  |
| 1,2-dichloroéthane                             | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |
| 1,1-dichloroéthane                             | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |
| cis-1,2-dichloroéthane                         | µg/l            | Q                 | <0.1                | <0.1                | <0.1                |  |

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe : 

## Rapport d'analyse

VINIRE GEOTECHNIQUE SAS Ets de MAROMME

Ilies ARAHMANE

Projet Construction d'un entropôt

Référence du projet 2021-04-171/12 - LIMAY

Réf. du rapport 13960027 - 1

Date de commande 18-10-2023

Date de début 25-10-2023

Rapport du 03-11-2023

| Code | Matrice         | Réf. échantillon  |  |  |  |
|------|-----------------|-------------------|--|--|--|
| 001  | Eau souterraine | 2021-04-171- PZ1  |  |  |  |
| 002  | Eau souterraine | 2021-04-171 - PZ2 |  |  |  |
| 003  | Eau souterraine | 2021-04-171- PZ3  |  |  |  |

| Analyse                                | Unité | Q | 001   | 002   | 003   |
|--|-------|---|-------|-------|-------|
| totaux (cis,trans) 1,2-dichloroéthènes | µg/l  | Q | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| trans-1,2-dichloroéthylène             | µg/l  | Q | <0.1  | <0.1  | <0.1  |
| dichlorométhane                        | µg/l  | Q | <0.5  | <0.5  | <0.5  |
| 1,2-dichloropropane                    | µg/l  | Q | <0.2  | <0.2  | <0.2  |
| 1,3-dichloropropène                    | µg/l  |   | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| tétrachloroéthylène                    | µg/l  | Q | <0.1  | <0.1  | <0.1  |
| tétrachlorométhane                     | µg/l  | Q | <0.1  | <0.1  | <0.1  |
| 1,1,1-trichloroéthane                  | µg/l  | Q | <0.1  | <0.1  | <0.1  |
| trichloroéthylène                      | µg/l  | Q | <0.1  | <0.1  | <0.1  |
| chloroforme                            | µg/l  | Q | <0.1  | <0.1  | <0.1  |
| chlorure de vinyle                     | µg/l  | Q | <0.2  | <0.2  | <0.2  |
| hexachlorobutadiène                    | µg/l  | Q | <0.2  | <0.2  | <0.2  |
| bromoforme                             | µg/l  | Q | <0.2  | <0.2  | <0.2  |
| HYDROCARBURES TOTAUX                   |       |   |       |       |       |
| fraction C10-C12                       | µg/l  |   | <10   | <10   | <10   |
| fraction C12-C16                       | µg/l  |   | <10   | <10   | <10   |
| fraction C16-C21                       | µg/l  |   | <10   | <10   | <10   |
| fraction C21-C40                       | µg/l  |   | <10   | <10   | <10   |
| hydrocarbures totaux C10-C40           | µg/l  | Q | <50   | <50   | <50   |

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe : 

## Rapport d'analyse

VINIRE GEOTECHNIQUE SAS Ets de MAROMME

Ilies ARAHMANE

Projet Construction d'un entpôt

Référence du projet 2021-04-171/12 - LIMAY

Réf. du rapport 13960027 - 1

Date de commande 18-10-2023

Date de début 25-10-2023

Rapport du 03-11-2023

---

**Commentaire**

---

1 L'aliquot de l'échantillon utilisé pour cette analyse a été filtré au laboratoire

Paraphe : 

## Rapport d'analyse

VINIRE GEOTECHNIQUE SAS Ets de MAROMME

Ilies ARAHMANE

Projet Construction d'un entrepôt

Référence du projet 2021-04-171/12 - LIMAY

Réf. du rapport 13960027 - 1

Date de commande 18-10-2023

Date de début 25-10-2023

Rapport du 03-11-2023

| Analyse                                | Matrice         | Référence normative                                |
|--|-----------------|--|
| arsenic                                | Eau souterraine | NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN ISO 17294-2              |
| cadmium                                | Eau souterraine | Idem   |
| chrome                                 | Eau souterraine | Idem   |
| cuivre                                 | Eau souterraine | Idem   |
| mercure                                | Eau souterraine | NEN-EN-ISO 17852, NF EN ISO 17852                  |
| plomb                                  | Eau souterraine | NEN-EN-ISO 17294-2, NF EN ISO 17294-2              |
| nickel                                 | Eau souterraine | Idem   |
| zinc                                   | Eau souterraine | Idem   |
| benzène                                | Eau souterraine | ISO 11423-1, NF ISO 11423-1, NF EN ISO 20595       |
| toluène                                | Eau souterraine | Idem   |
| éthylbenzène                           | Eau souterraine | Idem   |
| orthoxyène                             | Eau souterraine | Idem   |
| para- et métaoxyène                    | Eau souterraine | Idem   |
| xyènes                                 | Eau souterraine | Idem   |
| BTEX totaux                            | Eau souterraine | Idem   |
| naphtalène                             | Eau souterraine | Méthode interne                                    |
| acénaphthylène                         | Eau souterraine | Idem   |
| acénaphthène                           | Eau souterraine | Idem   |
| fluorène                               | Eau souterraine | Idem   |
| phénanthrène                           | Eau souterraine | Idem   |
| anthracène                             | Eau souterraine | Idem   |
| fluoranthène                           | Eau souterraine | Idem   |
| pyrène                                 | Eau souterraine | Idem   |
| benzo(a)anthracène                     | Eau souterraine | Idem   |
| chrysène                               | Eau souterraine | Idem   |
| benzo(b)fluoranthène                   | Eau souterraine | Idem   |
| benzo(k)fluoranthène                   | Eau souterraine | Idem   |
| benzo(a)pyrène                         | Eau souterraine | Idem   |
| dibenzo(ah)anthracène                  | Eau souterraine | Idem   |
| benzo(ghi)peryène                      | Eau souterraine | Idem   |
| indéno(1,2,3-cd)pyrène                 | Eau souterraine | Idem   |
| Somme des HAP (10) VROM                | Eau souterraine | Idem   |
| Somme des HAP (16) - EPA               | Eau souterraine | Idem   |
| 1,2-dichloroéthène                     | Eau souterraine | NEN-EN-ISO 10301, NF EN ISO 10301, NF EN ISO 20595 |
| 1,1-dichloroéthène                     | Eau souterraine | Idem   |
| cis-1,2-dichloroéthène                 | Eau souterraine | Idem   |
| totaux (cis,trans) 1,2-dichloroéthènes | Eau souterraine | Idem   |
| trans-1,2-dichloroéthylène             | Eau souterraine | Idem   |
| dichlorométhane                        | Eau souterraine | Idem   |
| 1,2-dichloropropane                    | Eau souterraine | Idem   |
| 1,3-dichloropropane                    | Eau souterraine | Idem   |
| tétrachloroéthylène                    | Eau souterraine | Idem   |
| tétrachlorométhane                     | Eau souterraine | Idem   |
| 1,1,1-trichloroéthane                  | Eau souterraine | Idem   |
| trichloroéthylène                      | Eau souterraine | Idem   |

Paraphe :

## Rapport d'analyse

VINIRE GEOTECHNIQUE SAS Ets de MAROMME

Ilies ARAHMANE

Projet Construction d'un entpôt

Référence du projet 2021-04-171/12 - LIMAY

Réf. du rapport 13960027 - 1


Date de commande 18-10-2023

Date de début 25-10-2023

Rapport du 03-11-2023

| Analyse                      | Matrice         | Référence normative                                     |
|------------------------------|-----------------|---|
| chloroforme                  | Eau souterraine | Idem  |
| chlorure de vinyle           | Eau souterraine | Idem  |
| hexachlorobutadiène          | Eau souterraine | Idem  |
| bromoforme                   | Eau souterraine | Idem  |
| hydrocarbures totaux C10-C40 | Eau souterraine | Méthode interne (extraction hexane, analyse par GC-FID) |

| Code | Code barres | Date de réception | Date prélèvement | Flaconnage |
|------|-------------|-------------------|------------------|------------|
| 001  | C6745841    | 25-10-2023        | 16-10-2023       | ALU254     |
| 001  | G7282335    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC236     |
| 001  | B6275205    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC207     |
| 001  | S1239189    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC237     |
| 002  | B6285146    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC207     |
| 002  | S1239179    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC237     |
| 002  | G7277068    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC236     |
| 002  | C6745837    | 25-10-2023        | 16-10-2023       | ALU254     |
| 003  | S1242154    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC237     |
| 003  | G7250674    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC236     |
| 003  | C6745840    | 25-10-2023        | 16-10-2023       | ALU254     |
| 003  | B6275204    | 31-10-2023        | 16-10-2023       | ALC207     |

Paraphe : 

## Conditions de validité de l'étude

1 - Le présent rapport et ses annexes sont indissociables. Il est basé sur un nombre limité de sondages et de mesures et sur les renseignements concernant le projet remis à S2e au moment de la reconnaissance géotechnique. L'analyse et les recommandations soumises dans ce rapport sont basées sur les résultats obtenus à partir des sondages dont l'emplacement est indiqué sur le plan d'implantation joint en annexe, et sur toutes les informations données dans ce rapport.

2 - Ce rapport ne tient pas compte des variations entre sondages. L'étude étant basée sur un nombre limité de sondages, la continuité des couches de sols entre sondages ne peut être garantie et une adaptation du projet en fonction de l'hétérogénéité des sols est normale et ne peut être reprochée à S2e.

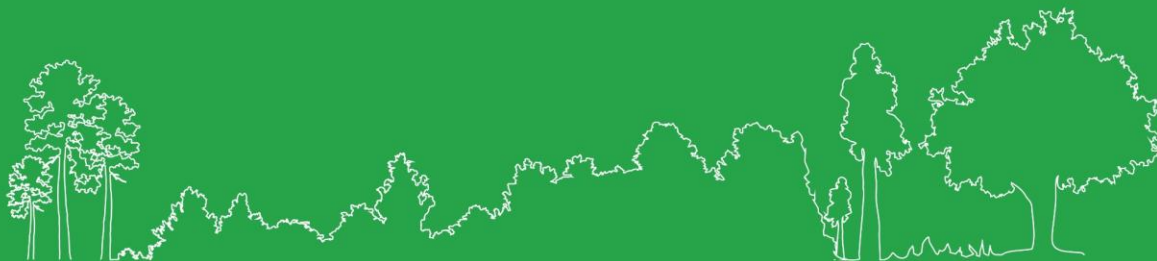
3 - Toute étude réalisée à partir d'une esquisse ou d'un plan de principe nécessitera une seconde étude spécifique adaptée au projet retenu. Le but de ce rapport est limité au projet et à la localisation décrite ci-avant.

4 - Tout changement d'implantation ou de structure des constructions par rapport aux hypothèses de départ sera communiqué à S2e qui donnera ou non son accord, selon que ces changements modifient les conclusions de l'étude.

5 - Les éléments nouveaux mis à jour en cours des travaux et non détectés lors de la reconnaissance devront être signalés à S2e afin d'étudier les adaptations nécessaires.

6 - Ce rapport remplace en totalité les indices précédents qui sont de fait caducs.





## S2e

est un bureau d'études et d'ingénierie  
spécialisé dans le domaine  
**de l'environnement,**  
**de l'hydrologie**  
**et de l'hydrogéologie.**

De l'analyse préliminaire à l'étude de conception  
nous accompagnons les acteurs privés et publics  
dans la réalisation de leurs projets avec leurs équipes  
(vrd, architectes, etc.).

Nos ingénieurs et techniciens spécialisés apportent  
leur expertise complète au service de projets respectueux  
de la réglementation nationale et européenne.

**S2e** est le département eau et environnement  
de **GÉOTECHNIQUE SAS**, acteur de référence  
sur le marché depuis plus de 20 ans.  
Cette synergie facilite la mutualisation  
des missions et des moyens  
sur un même projet.



Retrouvez toutes nos agences  
[www.geotechnique-s2e.com](http://www.geotechnique-s2e.com)

POUR PLUS D'INFORMATIONS

[contact@geotechnique-s2e.com](mailto:contact@geotechnique-s2e.com)

0 805 690 989