

Cellule Hydrogéologie Nantes

12 rue Léon Gaumont, 44700 ORVAULT

Tél. : 02 51 77 86 50



**linkcity**

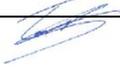
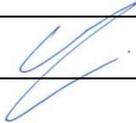
**DTHY.19.0047 Indice B – Pièce n° 001**

**NANTES (44)  
Ilot ADAM**

**Ensemble immobilier  
Diagnostic hydrogéologique –  
Estimation des niveaux EB, EF, EH et  
EE selon les Eurocodes et estimation  
des débits de mise hors d'eau  
(Mission G5 au stade AVP)**

# Suivi des modifications et mises à jour

FTQ.261-A

Rév.	Date	Nb pages	Modifications	Rédacteur	Contrôleur
				Nom, Visa	Nom, Visa
	28/06/2019	42		L.MIOTTI	J. JOUBERT
A	13/09/2019	46	Suite mesures de perméabilité	J. JOUBERT	L.MIOTTI
B	31/11/2019	48	Correction de l'implantation des piézomètres et gestion des eaux	L.MIOTTI	J. JOUBERT
C					

REV PAGE		A	B	C		REV PAGE		A	B	C	
1	X	X	X			41	X	X	X		
2	X	X	X			42	X	X	X		
3	X	X	X			43	X	X	X		
4	X	X	X			44		X	X		
5	X	X				45		X	X		
6	X					46		X	X		
7	X					47			X		
8	X					48			X		
9	X					49					
10	X					50					
11	X					51					
12	X		X			52					
13	X		X			53					
14	X		X			54					
15	X		X			55					
16	X		X			56					
17	X		X			57					
18	X		X			58					
19	X		X			59					
20	X					60					
21	X					61					
22	X		X			62					
23	X					63					
24	X					64					
25	X	X	X			65					
26	X	X	X			66					
27	X	X	X			67					
28	X	X	X			68					
29	X	X	X			69					
30	X	X	X			70					
31	X	X	X			71					
32	X	X	X			72					
33	X	X	X			73					
34	X	X	X			74					
35	X	X	X			75					
36	X	X	X			76					
37	X	X	X			77					
38	X	X	X			78					
39	X	X	X			79					
40	X	X	X			80					

<b>Présentation de notre mission</b>	<b>4</b>
1 – Description sommaire du projet	4
2 – Mission selon la norme NF P 94-500	5
3 – Intervenants	5
4 – Documents remis	5
<b>Descriptif général du site et approche documentaire</b>	<b>6</b>
1 – Topographie, occupation du site et avoisinants	6
2 – Contexte géologique du site	6
3 – Contexte hydrogéologique	7
4 – Contexte hydrologique	9
<b>Résultats des investigations in situ</b>	<b>12</b>
1 – Sondages et essais in-situ	12
2 – Nivellement des piézomètres	12
3 – Enquête de voisinage	13
<b>Synthèse hydrogéotechnique du projet</b>	<b>14</b>
1 – Lithologie	14
2 – Hydrogéologie	14
<b>Estimation des niveaux de référence</b>	<b>17</b>
<b>Avis sur les risques d'interférence avec le projet</b>	<b>22</b>
<b>Estimation du débit d'exhaure en phase chantier et définitive</b>	<b>23</b>
1 – Caractéristiques hydrodynamiques	23
2 – Hypothèses de calcul	23
3 – Méthodes de calcul	24
4 – Débit de pompage retenu	25
5 – Gestion des eaux collectées	25
<b>Complément de mission</b>	<b>30</b>
<b>Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)</b>	<b>34</b>
<b>Classification des missions d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)</b>	<b>35</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>36</b>
<b>Annexe 1 - Plan d'implantation des sondages et coupes des piézomètres</b>	<b>37</b>
<b>Annexe 2 - Mesures de perméabilité</b>	<b>42</b>

## Présentation de notre mission

La société de promotion immobilière LINKCITY envisage la construction d'un ensemble immobilier sur un terrain situé dans la ZAC République, rue des Marchandises, sur la commune de NANTES (44).

Dans le cadre de ce projet, la société LINKCITY a confié à Fondasol une mission d'étude hydrogéologique concernant l'estimation des niveaux de référence EB, EF, EH, EE des eaux souterraines, conformément aux Eurocodes ainsi que l'estimation des débits de drainage au droit des parcelles concernées par le projet.

Le présent rapport indicé B fait part d'une correction de l'implantation des piézomètres. Il annule et remplace la précédente version.

Cette étude vient également en complément de l'étude géotechnique de type G2<sub>AVP</sub> selon la norme NFP 94 500 réalisée par Fondasol, datée du 06/06/2019 et référencée 44GT.19.0034 - Pièce n°001.

### I – Description sommaire du projet

D'après les éléments qui nous ont été communiqués, le projet consiste en la construction d'un bâtiment de type R+4 à R+8, avec deux niveaux de sous-sol.

Les cotes des niveaux bas des rez-de-chaussée et du sous-sol ne nous ont pas été communiquées à ce jour.

Nous supposons un niveau RDC rasant au TA soit 7,0 mNGF et un niveau bas du R-2 calé à environ 5,5 m/TA soit 1,5 mNGF (à valider par l'équipe de Maître d'Œuvre).



Figure 1 : implantation du projet (gauche) et plan du niveau sous-sol (droite)  
(LinkCity, daté de février 2019)

Concernant la topographie, le site présente une pente descendante vers le sud-ouest.

## 2 – Mission selon la norme NF P 94-500

Il s'agit d'une mission d'étude hydrogéologique pouvant être rapprochée d'une mission de diagnostic géotechnique de type G5 au stade AVP. Elle se conclut par la fourniture d'un rapport comprenant :

- **Études préliminaire du site**
  - Enquête bibliographique (reprise des éléments en notre possession) et visite du terrain/enquête de quartier.
- **Résultats des levés in situ**
  - Plan d'implantation, coupes géologiques, pompage dans les piézomètres, esquisse piézométrique.
- **Analyse et synthèse du contexte géologique et hydrogéologique du site et son influence sur le projet**
  - Description de la géologie et du système hydrogéologique au droit du site ;
  - Enquête sur l'usage de la nappe ;
  - Niveaux de l'eau lors des investigations, leur influence sur le projet ;
  - Avis sur le sens d'écoulement de la nappe ;
  - Estimation des niveaux caractéristiques de nappe (EB, EF, EH et EE) au sens des Eurocodes ;
  - Estimation des débits de nappe à drainer au droit du projet en phase de travaux ;
  - Estimation de la faisabilité d'infiltration des eaux souterraines ;
- **Adaptation du projet au site**
  - Avis sur le niveau de la nappe à prendre en compte pour le projet et ses fluctuations.
- **Recommandations particulières pour la conception du projet**
- **Les compléments éventuels à intégrer dans les missions ultérieures, afin de réduire les incertitudes et les risques géologiques encore existants**

## 3 – Intervenants

Maitre d'ouvrage : LINKCITY

Bureau d'études Géotechnique et Hydrogéologique : FONDASOL

## 4 – Documents remis

Les documents qui nous ont été remis dans le cadre de l'étude sont :

- rapport G2<sub>AVP</sub> FONDASOL référencé 44GT.19.0034 - Pièce n°001 et daté du 06/06/2019 ;
- un dossier de présentation du projet, comprenant un plan de situation, une vue de la volumétrie et un plan du sous-sol de source inconnue à la date de février 2019.

## I – Topographie, occupation du site et avoisinants

Le terrain étudié se trouve sur l'île de Nantes, rue des Marchandises. Il constitue l'ilot A1a de la ZAC République, sur la commune de NANTES (44) (voir Localisation du site d'étude, figure 2). Il s'agit des parcelles cadastrales DX n° 199 et 200.

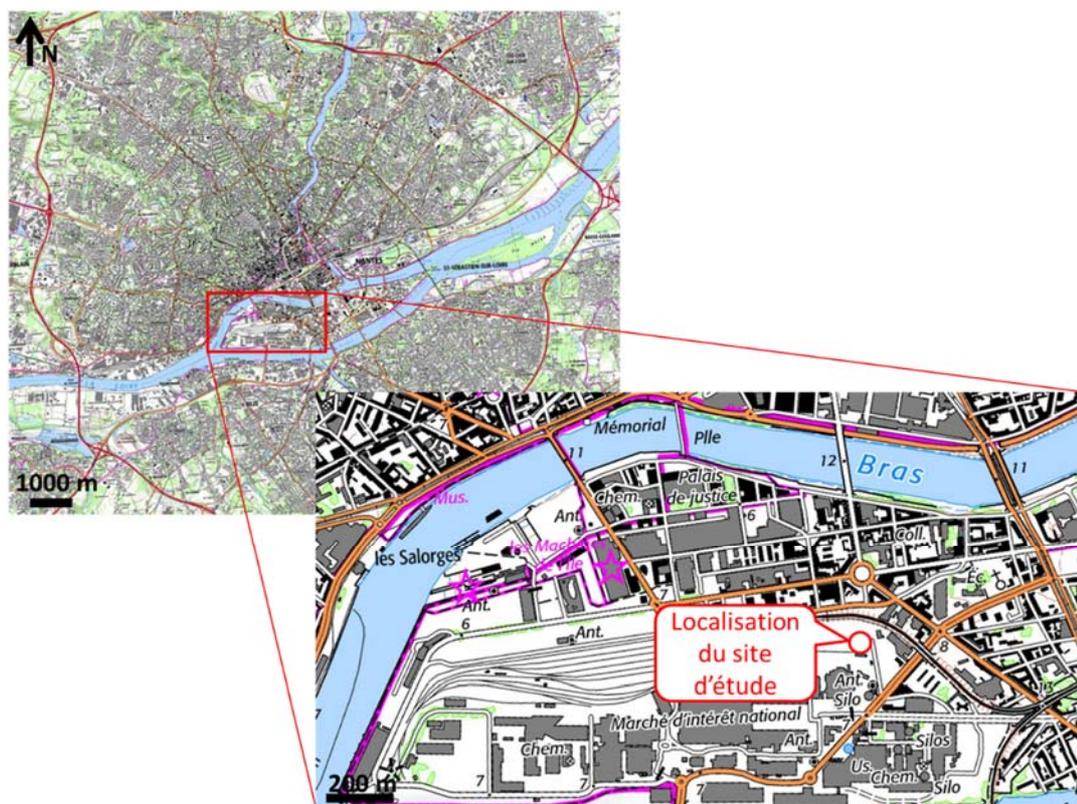


Figure 2 : localisation du site d'étude (source : IGN)

D'un point de vue topographique, le terrain actuel se trouve entre les cotes 7,5 mNGF (au nord) et 8,7 mNGF (au sud) : le site présente une pente légère (2 %) orientée vers le nord.

## 2 – Contexte géologique du site

D'après la carte géologique au 1/50 000 (Edition BRGM) de Nantes (voir Extrait de la carte géologique, figure 3), le sous-sol au droit du site est composé sous une couverture superficielle de remblais par les alluvions de la Loire (de nature argileuse puis sableuse) et au-delà par un substratum de micaschiste plus ou moins altéré en tête.

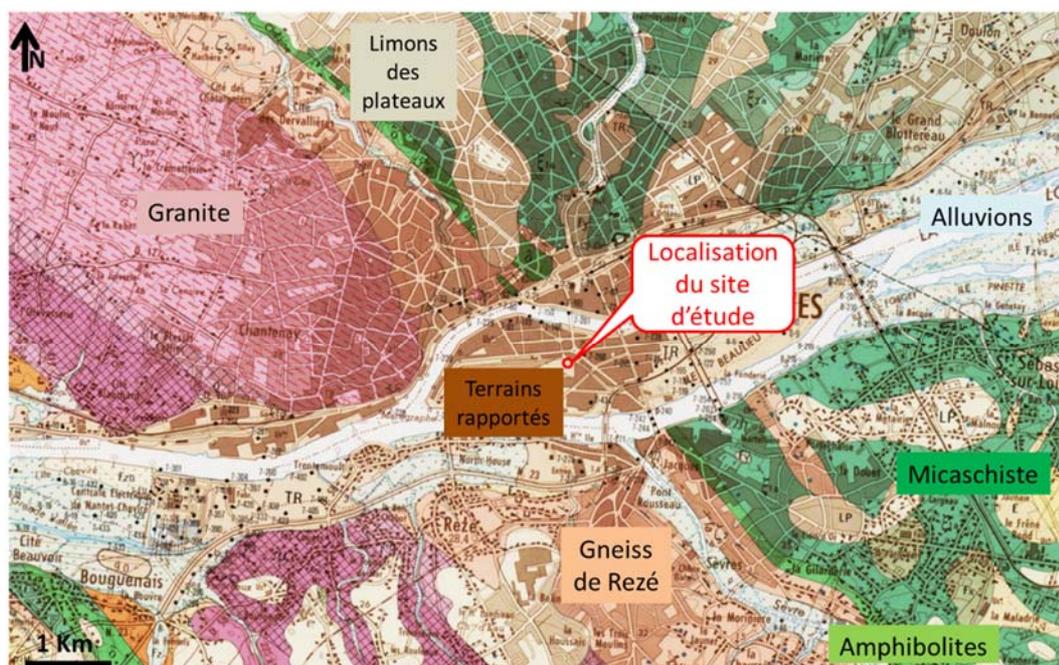


Figure 3 : extrait de la carte géologique (source : BRGM)

### 3 – Contexte hydrogéologique

#### 3.1 – Aquifères en présence

Au droit du site, on recense une nappe principale pouvant potentiellement interagir avec le projet. Il s'agit de la nappe des alluvions de la Loire : c'est une nappe plus ou moins continue présente dans la porosité des matériaux sableux. Cette nappe peut potentiellement être productive à la faveur d'une faible fraction argileuse.

En présence de remblais sur une épaisseur importante, une nappe peut également se trouver dans cette unité rapportée, en lien avec la nappe alluviale sous-jacente.

Plus en profondeur, la nappe du socle baigne les parties altérées de ce dernier. En l'absence d'un niveau argileux imperméable, elle peut être en lien avec la nappe des alluvions sus-jacente. Considérant la profondeur du toit du socle au droit du site (supérieur à 20 m de profondeur par rapport au TA), le projet ne recoupera pas cet aquifère.

#### 3.2 – Remontée de nappes

D'après la cartographie du BRGM, le secteur d'étude est cartographié comme sujet au risque de remontée de nappe des alluvions. La carte ci-dessous présente ce risque d'inondation par remontée de nappes.

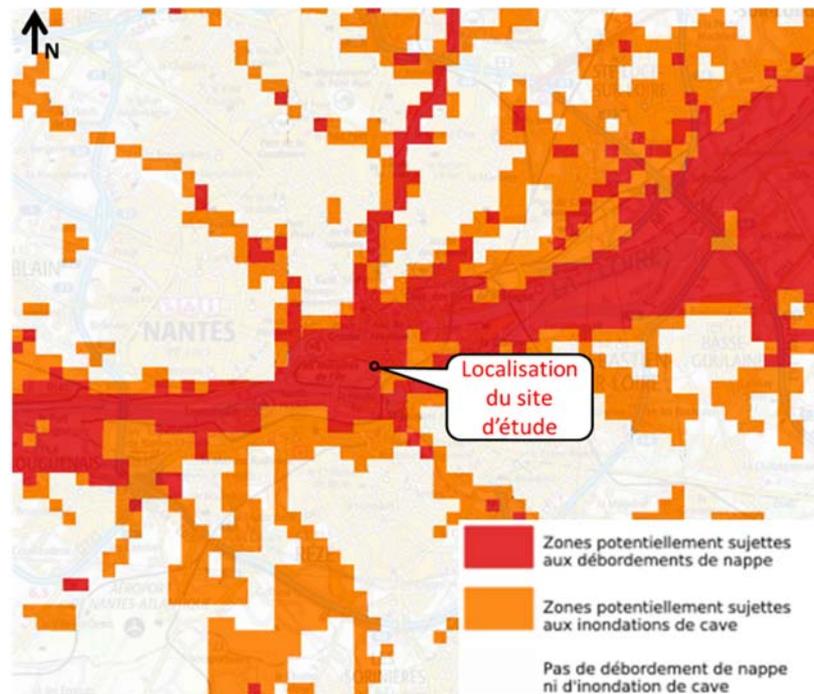


Figure 4 : cartographie de sensibilité face au risque de remontées de nappes (source : BRGM)

### 3.3 – Points d'eau recensés à proximité du projet

Plusieurs points d'eau et ouvrages sont référencés dans le secteur d'étude, dans un rayon de 200 m. Cependant, seulement un ouvrage indique un niveau d'eau : il s'agit d'un sondage géotechnique aujourd'hui rebouché, réalisé par Fondasol en décembre 1999, à proximité du site d'étude. Le niveau d'eau relevé à l'issu du chantier (niveau a priori non stabilisé) est de l'ordre de 2 m/TA.

Les autres ouvrages du secteur sont essentiellement des sondages et piézaires réalisés dans le cadre de diagnostics de pollution au droit de friches industrielles : tous captent les alluvions ou le socle plus ou moins fracturé, mais n'indiquent ni niveau d'eau, ni débits instantanés.

L'extrait cartographique ci-dessous présente l'emplacement de ces ouvrages.

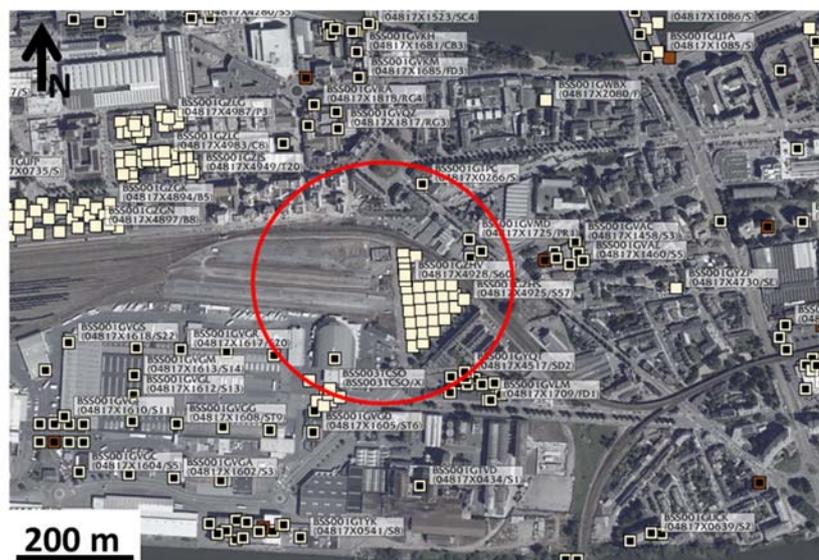


Figure 5 : inventaire des ouvrages environnants (source : INFOTERRE BRGM)

### 3.4 – Suivi piézométrique d’archive

Aucun suivi piézométrique de la formation alluviale présente au droit du site, et dans un contexte similaire, n’est recensé dans la banque de données ADES à proximité immédiate du site.

À ce jour, un suivi piézométrique manuel et mensuel est engagé au droit du site pour une période de 12 mois.

Un piézomètre permettant la mesure de niveau d’eau dans les formations alluviales est présent à Basse-Goulaine, à environ 7 km à l’ouest du site : il est référencé 04818X0545/PZ33.

À cette période de l’année (septembre 2019), le niveau observé au droit du piézomètre de référence est un niveau de basses eaux. La figure ci-dessous présente les niveaux mensuels extrema ainsi que l’évolution du niveau d’eau au droit de cette référence depuis janvier 2019.

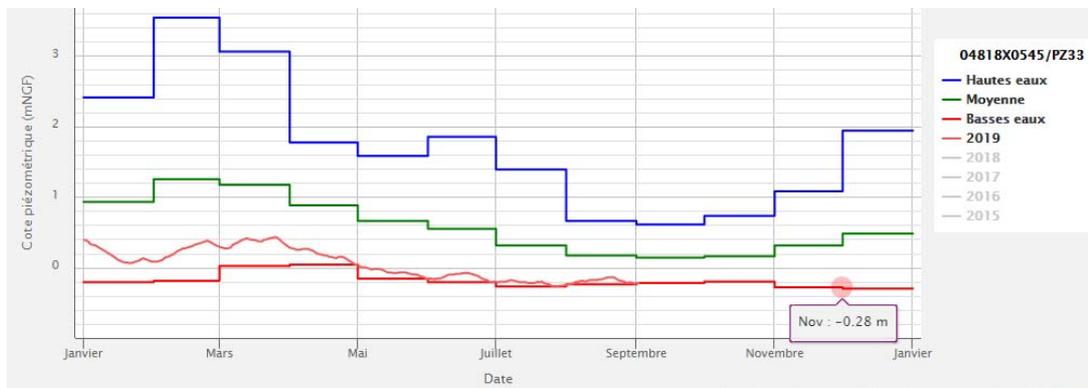


Figure 6 : courbe statistique du piézomètre de référence 04818X0545/PZ33 (source : ADES)

A noter que Fondasol dispose d’informations piézométriques dans le quartier : une étude hydrogéologique a été réalisée sur une parcelle voisine, rue des Marchandises, en face du site d’étude : Le niveau caractéristique EH, au droit de cette parcelle, a été estimé à environ 5,1-5,3 mNGF selon le secteur.

## 4 – Contexte hydrologique

### 4.1 – Les cours d’eau

Le réseau hydrographique à proximité du site d’étude est composé par la Loire : le fleuve se situe à environ 430 m au nord du site (bras de la Madeleine) d’une part, et à environ 480 m au sud d’autre part (bras de Pirmil).

La Chézine et l’Erdre, affluents en rive droite de la Loire, et la Sèvre, affluent en rive gauche, complètent le réseau hydrographique à proximité du site.

La figure ci-dessous présente le contexte hydrographique dans l’environnement du site.

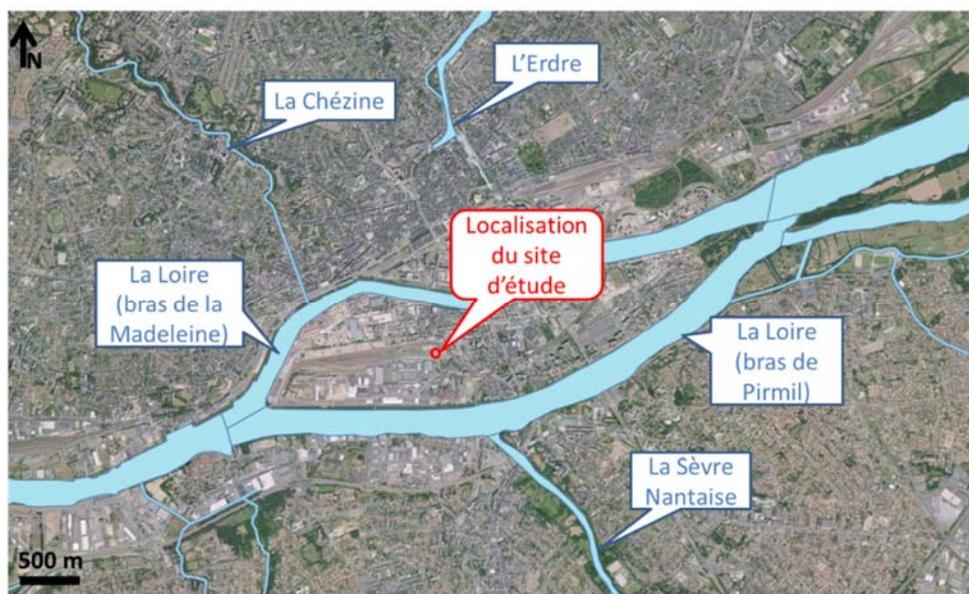


Figure 7 : cartographie des cours d'eau (source : Géoportail)

## 4.2 – Les inondations par débordement de cours d'eau

Bien que la commune de Nantes dispose d'un Plan de Prévention des Risques Inondation vis-à-vis de la Loire, la zone d'étude n'est pas cartographiée en tant que zone inondable (source : Préfecture de la Loire Atlantique – PPRI de la Loire).

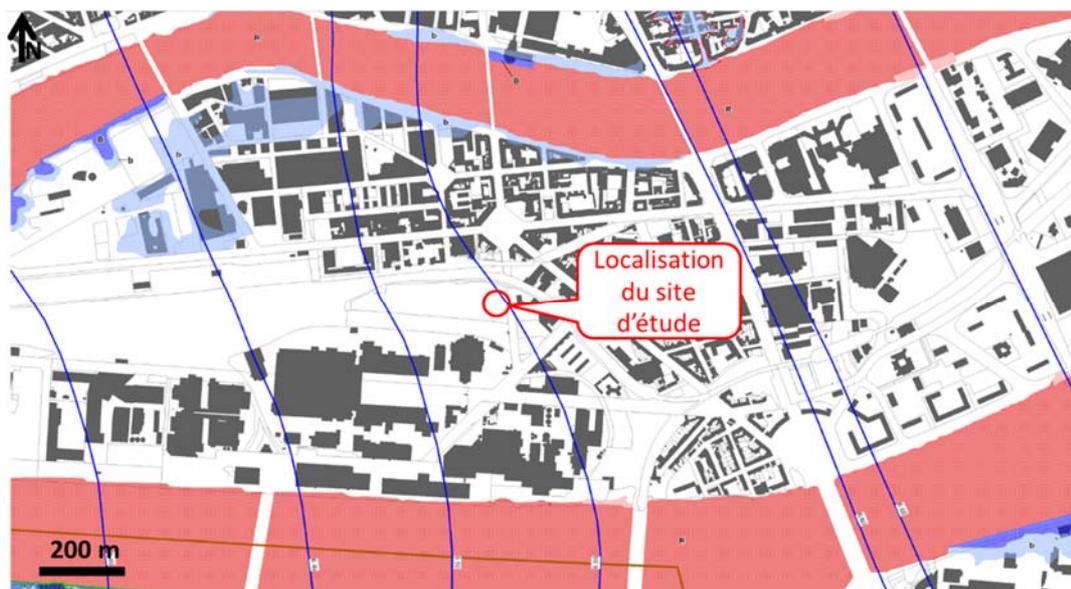
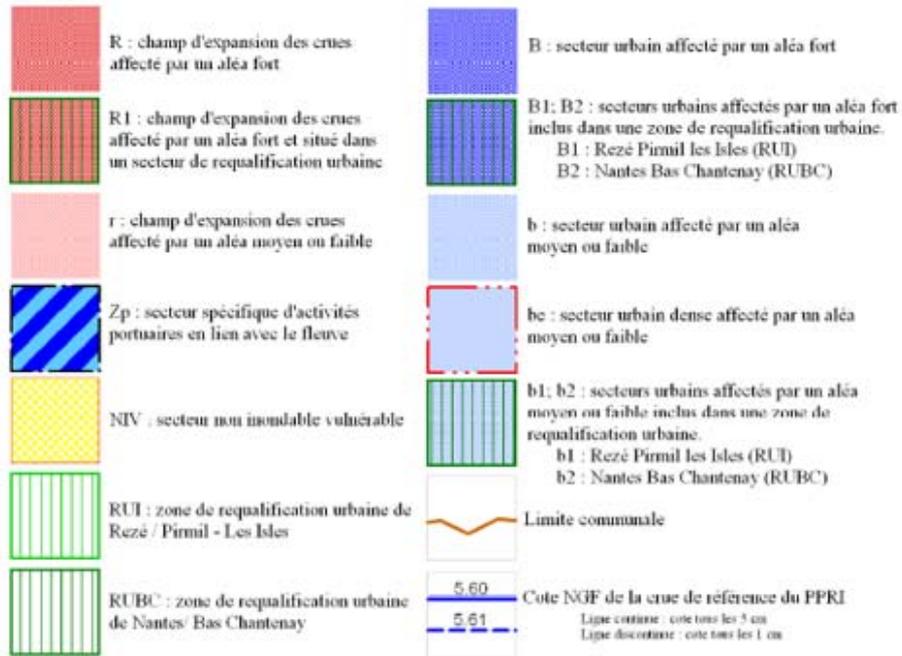


Figure 8 : extrait du PPRI de la Loire (source : PPRI de la Loire)



Légende du PPRI de la Loire

Au plus proche du site, la cote PPRI de la Loire est de l'ordre de 6,55 mNGF, alors que la cote topographique la plus basse au droit du site est de l'ordre de 6,5 mNGF.

### I – Sondages et essais in-situ

Dans le cadre de la mission géotechnique réalisée par Fondasol (références rappelées en p5 du présent document), des sondages permettant la caractérisation du sous-sol et quatre piézomètres ont été réalisés au droit du futur niveau de sous-sol :

- PR1, PR2, PR5 et PR6 : 4 sondages destructifs descendus entre 18 m/TA et 22 m/TA avec essais pressiométriques répartis dans ces sondages.
- CPTu3 et CPTu4 : 2 essais de pénétration statique au pénétromètre lourd poussés au refus à 10,2 et 12,1 m/TA ;
- PR1+PZ, PR2+PZ, CPTu3+PZ : 3 équipements piézométriques (bouchon de fond, massif filtrant adapté au slot des crépines à l'extrados du tubage crépiné, bouchon d'argile à l'extrados du tubage lisse, cimentation en tête, fermés par une bouche à clef cimentée) pour relever le niveau d'eau en fin de forage, avec suivi mensuel des niveaux d'eau jusqu'en avril 2020, installés dans ces forages spécifiques séparés :
  - PR1+PZ : un piézomètre en diamètre 45/50 m descendu à 9,5 m/TA au droit du sondage PR1, crépiné de 6,50 à 9,50 m/TA ;
  - PR2+PZ : un piézomètre en diamètre 52/60 m descendu à 6,0 m/TA au droit du sondage PR2, crépiné de 3,0 à 6,0 m/TA ;
  - CPTu3+PZ : un piézomètre en diamètre 45/50 m descendu à 6,0 m/TA au droit du sondage CPTu3, crépiné de 3,0 à 6,0 m/TA ;
  - PR5+PZ : un piézomètre en diamètre 45/50 m descendu à 12,0 m/TA au droit du sondage PR5, crépiné de 9,0 à 12,0 m/TA.
- une série d'essais en laboratoire comprenant :
  - 2 analyses de l'agressivité des eaux et des sols sur les bétons pour classification de l'environnement.

Les sondages PR5+PZ et PR6 ont été réalisés en septembre 2018, dans le cadre de l'étude préliminaire GIPGC sur cette ZAC République.

Un suivi piézométrique d'une période de 6 mois est actuellement en cours au droit du site depuis mai 2019.

Le plan d'implantation des sondages est présenté en annexe I.

### 2 – Nivellement des piézomètres

Les piézomètres ont été nivelés par rapport au plan topographique transmis (voir plan d'implantation des sondages donné en annexe). La cote des ouvrages est indiquée dans le tableau suivant en mNGF.

Sondage	Cote (en mNGF)
PR1+PZ	7,29
PR2+PZ	7,21
CPTu3+PZ	6,86
PR5+PZ	7,30

Tableau I : nivellement des piézomètres

### 3 – Enquête de voisinage

Le site se trouve sur l'île de Nantes. La figure suivante rend compte des niveaux d'eau et des battements observés dans les alluvions lors de suivis piézométriques sur des chantiers voisins.

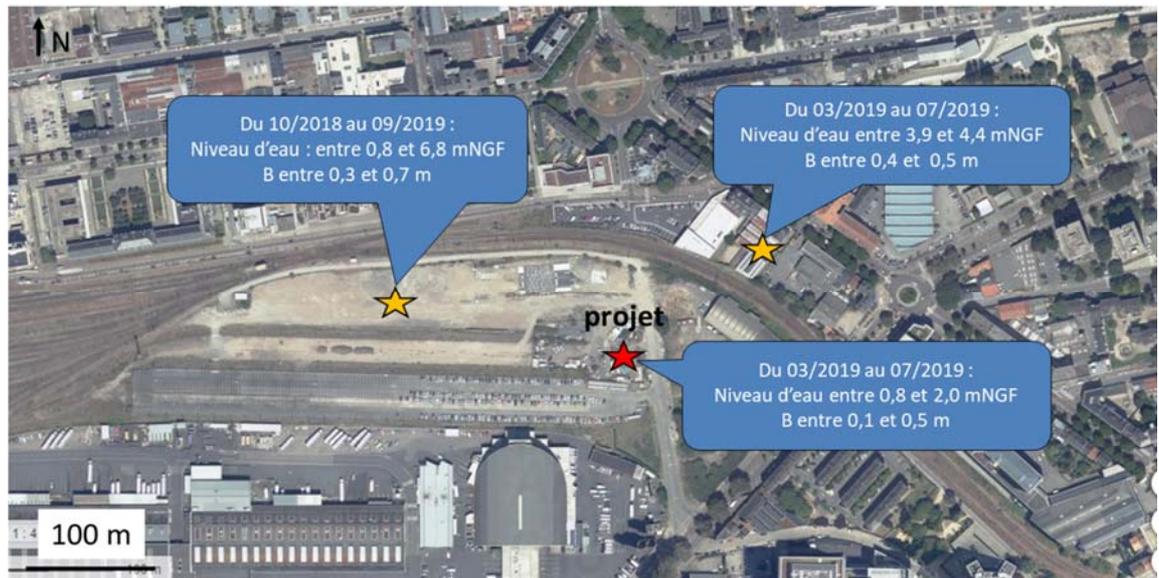


Figure 9 : observations des niveaux d'eau sur des chantiers voisins (source : FONDASOL)

A la date du 25/06/2019, des mesures synchrones ont été relevées sur plusieurs site et a permis la création de la carte piézométrique cidessus.

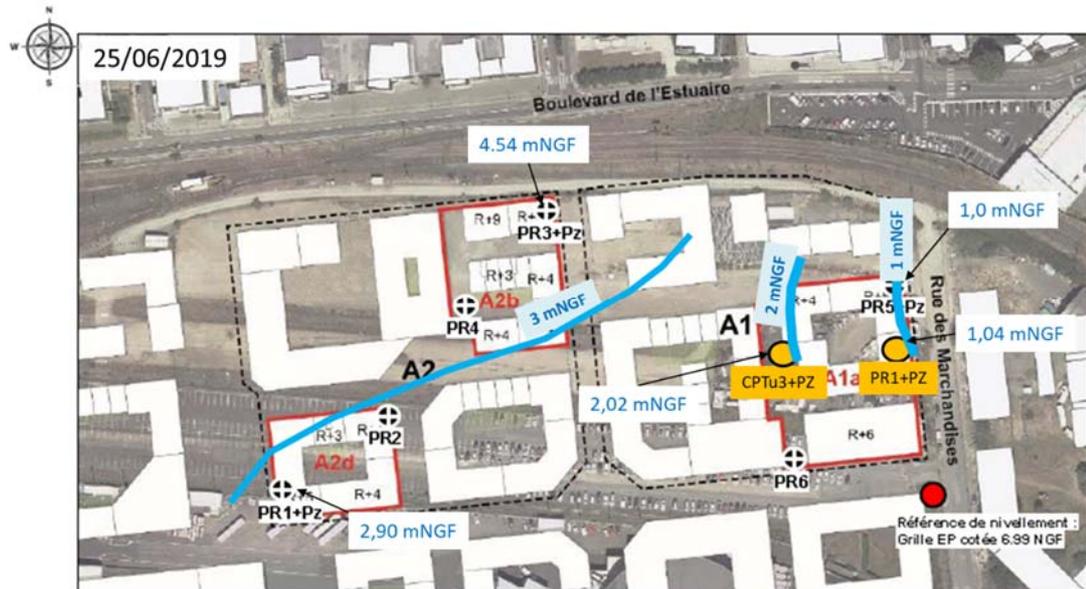


Figure 10 : carte piézométrique dans l'environnement de l'étude, le 25/06/2019 (mesures FONDASOL)

La nappe s'écoule de manière générale vers l'est avec une gradient de l'ordre de 2,5 %.

De nombreux ouvrages enterrés sont présents à proximité du site d'étude, toutefois, ils n'ont pas pu être visités dans le cadre de la présente intervention.

Aucun puits n'a été observé à proximité du site d'étude.

### I – Lithologie

La lithologie décrite ci-dessous est issue du rapport géotechnique G2<sub>AVP</sub> de Fondasol (références rappelées en p5 du présent rapport), soit de haut en bas :

- jusqu'à 1,6 à 3,3 m/TA : des remblais sableux à caillouteux de couleur gris brun (remblais hydrauliques anciens) ;
- jusqu'à 10,8 à 13,4 m/TA : les alluvions argilo-sableuses gris foncé de la Loire :
  - présence de lentilles à dominante sablo-argileuse jusqu'à 5,6 à 6,5 m/TA ;
  - au-delà de 5,6 à 6,5 m/TA : des argiles molles plus ou moins sableuses de couleur gris foncé ;
- jusqu'à 11,6 à 16,2 m/TA : des micaschistes altérés marron à gris ;
- au-delà : des micaschistes compacts marron, reconnus jusqu'à la base de nos sondages (18,0 à 22,0 m/TA).

Les coupes lithologiques des piézomètres sont présentées en annexe I. Les coupes des autres sondages sont consultables dans le rapport géotechnique référencé en p5.

### 2 – Hydrogéologie

#### 2.1 – Nappes présentes au droit du site

Des niveaux d'eau sont présents au droit du site dans alluvions de la Loire. Il s'agit de sables argileux recoupés sur une épaisseur d'une dizaine de mètres environ.

Plus en profondeur, la nappe du socle baigne dans les parties altérées de ce dernier. Considérant la profondeur du toit du socle au droit du site (supérieure à 10 m de profondeur par rapport au TA), le niveau bas du projet ne recouperait pas cet aquifère.

#### 2.2 – Cote de la nappe

La réalisation des quatre piézomètres au droit du site a permis de mesurer le niveau piézométrique de la nappe libre. Un suivi piézométrique de 6 mois est actuellement en cours. Les mesures réalisées au droit des piézomètres du site sont indiquées dans le tableau suivant.

	PR1+PZ		PR2+PZ		CPTu3+PZ		PR5+PZ	
Cote sol du piézomètre (mNGF)	7,29		7,21		6,86		7,30	
Profondeur (m/TA)	9,50		6,70		6,20		11,50	
Cote fond (mNGF)	-2,21		0,51		0,66		-4,20	
Date du relevé	m/TA	mNGF	m/TA	mNGF	m/TA	mNGF	m/TA	mNGF
20/05/2019	6,10	1,19	2,72	4,49	-	-	6,23	1,07
11/06/2019	5,99	1,30	2,72	4,49	4,85	2,01	6,17	1,13
25/06/2019	6,25	1,04	1,96	5,25	4,84	2,02	6,30	1,00
18/07/2019	6,31	0,98	2,01	5,20	4,94	1,92	-	-
19/08/2019	6,52	0,77	3,13	4,08	4,90	1,96	-	-
03/09/2019	6,50	0,79	3,30	3,91	4,90	1,96	-	-
Delta (m)	0,53		1,34		0,09		0,53	

Tableau 2 : cotes piézométriques (mesures Fondasol)

De plus, dans le cadre de l'étude à l'échelle de la totalité de la ZAC, un suivi piézométrique a été entrepris par nos soins au droit de l'ouvrage PR5+PZ entre octobre 2018 et juin 2019 inclus. Le graphique suivant présente les différentes mesures piézométriques effectuées au droit du site, y compris celles au droit du PR5+PZ.

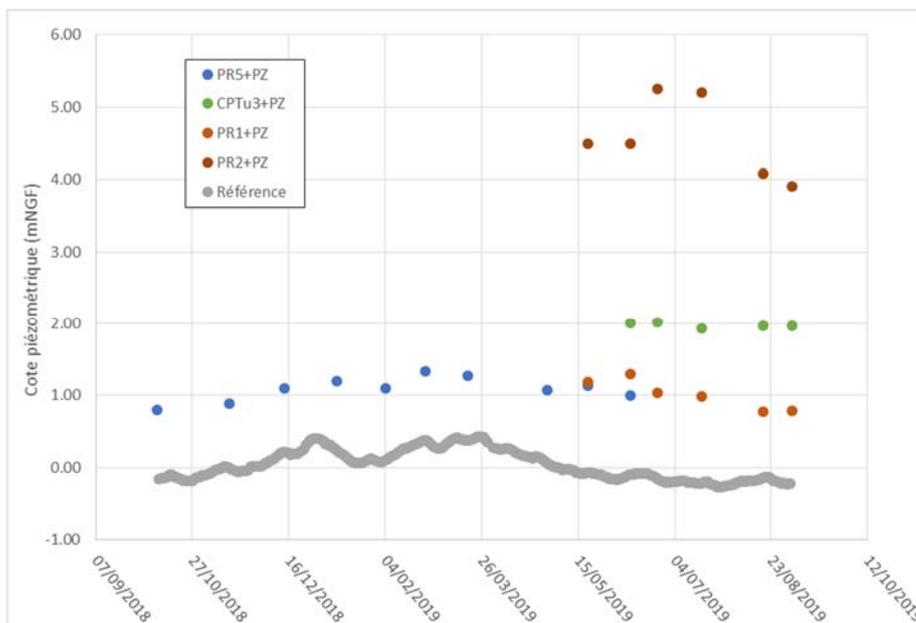


Figure 11 : mesures piézométriques au droit du site (source : Fondasol) et de la référence

Au cours de la période de mesure, les niveaux d'eau au droit du site sont compris entre environ 0,8 et 5,25 mNGF dans l'aquifère des alluvions présent au droit du site. Cependant, les niveaux piézométriques observés au droit de l'ouvrage PR2+PZ semble aberrant par rapport à ceux mesurés au droit des autres ouvrages de la zone, avec un niveau surélevé de l'ordre de 3 m, qui varie de manière différente par rapport aux autres ouvrages.

Les niveaux piézométriques au droit de l'ouvrage PR2+PZ sont donc probablement ceux d'une nappe perchée qui réagit de manière rapide aux évènements pluvieux.

Selon la carte piézométrique présentée en figure 12, la nappe alluviale semble s'écouler en direction de l'est avec un gradient de l'ordre de 3 % au 25/06/2019

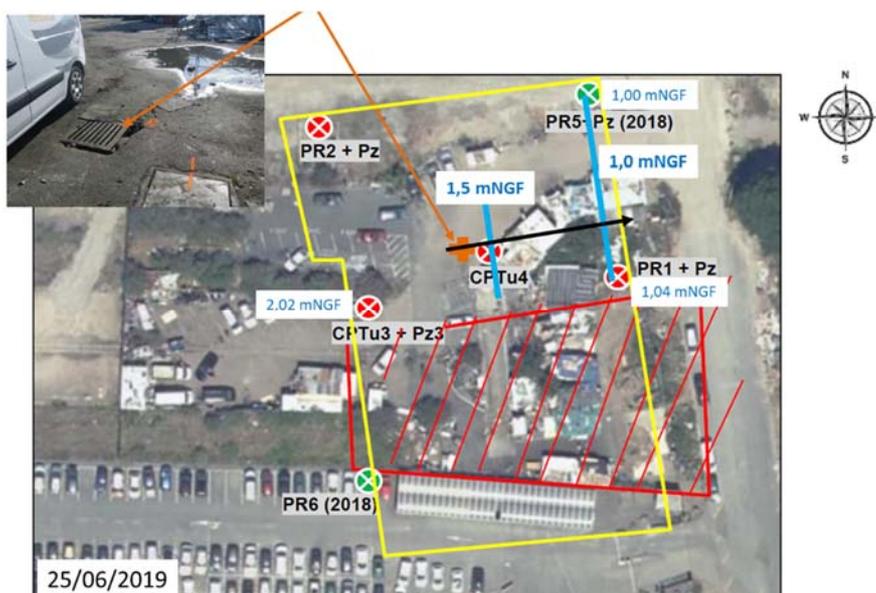


Figure 12 : carte piézométrique de la nappe des alluvions au droit du site, le 25/06/2019

La cote du niveau de sous-sol projeté serait calée à 1,0 mNGF environ. Aux dates des mesures, les niveaux d'eau souterraine sont supérieurs à cette cote au droit de l'ensemble des piézomètres du site, à l'exception de PRI+PZ sur la période de juillet à septembre 2019.

**NB : Il convient de signaler que des arrivées d'eau d'origine météorique à la circulation anarchique pourront être rencontrées dans les formations de surface en fonction des conditions météorologiques.**

## Estimation des niveaux de référence

La nappe des alluvions identifiée au droit du site est connue dans l'environnement proche du site d'étude. Les données accessibles à ce jour sont les données collectées au cours des mesures piézométriques réalisées par Fondasol au droit du site et dans son environnement au cours de projets antérieurs. Les fluctuations précises de la nappe au droit de l'ensemble du projet ne pourront être approchées qu'à l'issue d'un suivi piézométrique durant une année hydrologique complète.

La présente estimation des niveaux EB, EF, EH et EE s'effectue donc sur la base des mesures effectuées à la suite de la pose des piézomètres, et dans le cadre du suivi piézométrique en cours au droit du site, de notre connaissance du secteur et de données bibliographiques.

À partir des données bibliographiques, nous proposons de retenir, comme estimation des niveaux de référence selon les Eurocodes, les paramètres suivants :

- EB : le niveau susceptible d'être dépassé 50% du temps de référence (50 ans) ;
- EF : le niveau susceptible d'être dépassé 1% du temps de référence (50 ans) ;
- EH : le niveau qui présente, en principe, une période de retour de 50 ans ;
- EE : le niveau exceptionnel qui correspond au niveau maximal susceptible d'être atteint pendant la durée de vie de l'ouvrage (50 ans).

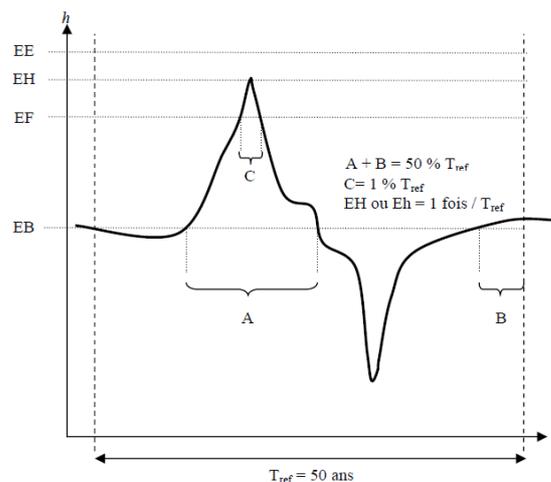


Figure 13 : représentation schématique des niveaux caractéristiques

Du fait de l'absence de suivi piézométrique annuel dans l'environnement immédiat du site d'étude (absence de suivi piézométrique pendant le temps de référence de 50 ans) dans la formation aquifère présente à faible profondeur, les niveaux caractéristiques donnés plus loin restent des estimations.

D'une manière générale, le niveau des nappes connaît des fluctuations, notamment des remontées qui peuvent dépendre de trois facteurs :

- le battement saisonnier ou interannuel de la nappe ; ce paramètre est directement lié à l'intensité de la recharge de la nappe par les précipitations (B) ;
- l'incidence des pompages existants à proximité ou à distance du site (industriels, parkings souterrains, épuisement de fouilles dans le cas de travaux, etc ...) qui créent un rabattement artificiel du niveau piézométrique. En cas d'arrêt durable de ces prélèvements, un relèvement (R) du niveau piézométrique se produirait ;

- la transmission d'ondes de crue dans l'aquifère à partir de rivière en crue, amortie dans le terrain aquifère, selon la distance à la berge (A).

Le niveau maximum de la nappe prévisible à terme peut donc s'exprimer par la formule suivante :

$$EH = NA + B + R + A \text{ où NA correspond au niveau d'étiage de la nappe}$$

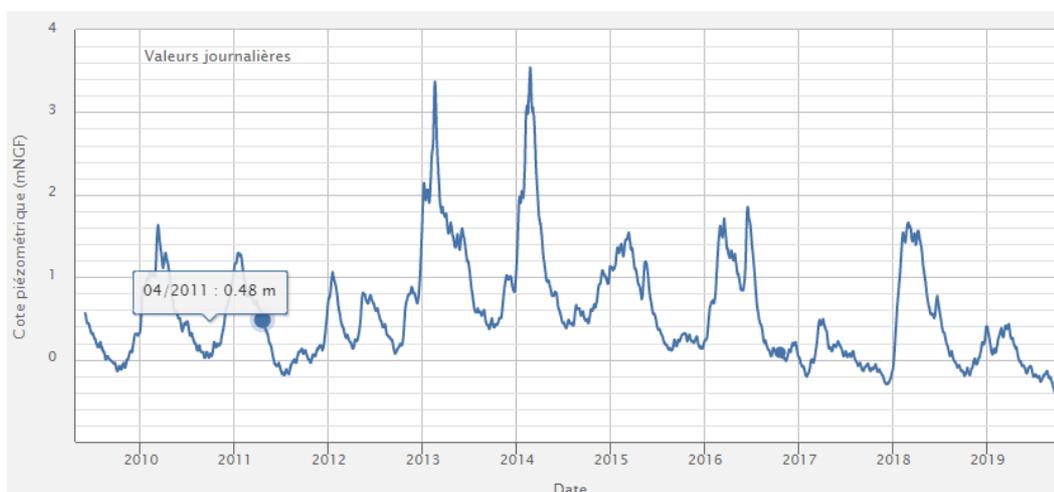
### Battement saisonnier et interannuel (B)

Les variations saisonnières du niveau de la nappe sont directement liées à l'intensité de la réalimentation de l'aquifère superficiel par la pluie efficace sur un cycle hydrologique. Aucun suivi piézométrique annuel ou pluriannuel de la nappe des alluvions présente au droit du site et à proximité immédiate n'est disponible dans les banques de données.

D'après notre expérience du secteur, le battement saisonnier et interannuel est variable au droit de l'aquifère alluviale de la Loire, et est fonction de la distance au réseau hydrographique, de la nappe captée (perchée ou non), des prélèvements effectués.

L'observation du suivi piézométrique effectué au droit du piézomètre de référence captant la nappe alluviale de la Loire au niveau de Basse-Goulaine, à environ 7 km à l'ouest du site d'étude. D'après les niveaux d'eau indiqués par le Portail d'accès aux données des Eaux Souterraines ([www.ades.eaufrance.fr/](http://www.ades.eaufrance.fr/)), le battement saisonnier au droit de l'ouvrage de référence est de l'ordre de 3,8 m.

Le graphique suivant présente l'évolution piézométrique d'un piézomètre de référence (04818X0545/PZ33). Nous faisons ici l'hypothèse que le comportement des deux aquifères (y compris PR2+PZ), au droit du site et celui recoupé par le piézomètre de référence, sont comparables.



**Figure 14 : chronique piézométrique au droit de l'ouvrage de référence 04818X0545/PZ33 (ADES)**

Au droit de cet ouvrage de référence, suivi depuis 2009, alors que le niveau d'eau est actuellement de l'ordre de -0,22 mNGF (le 03/09/2019, mesure synchrone avec l'ensemble du site), les niveaux caractéristiques sont les suivants :

- niveau de basses eaux : -0,30 mNGF 05/12/2017 ;
- niveau de hautes eaux : 3,54 mNGF le 21/02/2014 ;
- niveau moyen : 0,62 mNGF et niveau médian : 0,47 mNGF ;
- niveau dépassé 1% du temps d'observation : 3,01 mNGF ;
- battement saisonnier et interannuel de l'ordre de 3,8 m.

A noter qu'au cours du suivi piézométrique manuel et mensuel au droit du site, le battement saisonnier au droit de la référence noté  $b_{ref}$  et des piézomètres du site est variable :

- $b_{PR1+PZ} = 2,65 \times b_{ref}$  ;
- $b_{PR2+PZ} = 6,70 \times b_{ref}$  ;
- $b_{CPTU3+PZ} = 0,45 \times b_{ref}$  ;
- $b_{PR5+PZ} = 0,85 \times b_{ref}$ .

Les niveaux observés en septembre 2019 sont proches d'un niveau de basses eaux, de l'ordre du 0,1 m au-dessus du niveau EB.

Pour la suite de l'étude, de manière conservatoire, il sera retenu un battement saisonnier et interannuel local de 3,8 m au droit de l'aquifère des alluvions. Il sera également fait l'hypothèse que ce battement est identique au droit des différents ouvrages présents sur site.

$$B = 3,8 \text{ m}$$

### Niveau d'étiage (NA)

Par exploitation des données, nous ferons ici les hypothèses suivantes :

$$\begin{aligned} \mathbf{NA_{PR1+PZ} = 0,8 \text{ mNGF}} \\ \mathbf{NA_{PR2+PZ} = 4,3 \text{ mNGF}} \\ \mathbf{NA_{CPTU3+PZ} = 1,2 \text{ mNGF}} \\ \mathbf{NA_{PR5+PZ} = 0,7 \text{ mNGF}} \end{aligned}$$

### Transmission de l'onde de crue (A)

Le site se trouve à proximité d'une zone inondable (source : PPRI de la Loire - Préfecture de la Loire Atlantique) la cote de crue au droit du site est de l'ordre de 6,55 mNGF (crue centennale).

A priori, le niveau de la nappe alluviale au droit du site sera essentiellement contrôlé par le niveau de la Loire et les fortes précipitations (présence d'une nappe libre).

En conséquence, nous allons considérer ici une transmission d'onde de crue de la Loire dans la nappe des alluvions recoupée au droit des piézomètres du site (sans considérer l'arrivée d'une crue par les réseaux publics et la recharge de la nappe par ces derniers) : nous avons évalué l'amortissement d'une onde de crue dans les terrains aquifères avec la formule suivante :

$$A = A_0 \cdot e^{-x \sqrt{\frac{\pi \cdot S}{t_0 \cdot T}}}$$

Avec :

- $A_0$  : amplitude des variations du niveau de la Loire, liée à une crue :
  - en condition de crue non débordante : la Loire atteignant une cote de 4,5 mNGF, soit un battement de l'ordre de = 5 m ;
  - en condition de crue débordante : la Loire atteignant une cote de 6,6 mNGF ;
- A : amplitude des variations au droit du site (m) = paramètre recherché ;
- x : distance au cours d'eau en période de crue :
  - non débordante = 340 m ;
  - débordante = 300 m ;
- $t_0$  : durée de la crue (s) : une marée (12,5h) ;
- T : transmissivité estimée de l'aquifère concerné :  $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  ;
- S : coefficient d'emménagement de l'aquifère concerné (sans unité) = estimation de 1%.

D'après cette formule, il vient un amortissement théorique négligeable, inférieur au cm, quelle que soit la crue retenue (en supposant toujours l'absence de réalimentation de la nappe par les réseaux publics). Nous allons donc considérer un amortissement d'onde de crue négligeable.

$$A_{\text{ crue non débordante / débordante}} = 0 \text{ m}$$

### **Influence des pompages voisins (R)**

La consultation des bases de données du Sous-Sol (BSS et ADES) n'indique pas d'ouvrages à moins de 150 m du site.

Si des forages exploitent la nappe à proximité du site, mais ne sont pas déclarés dans les bases de données, nous considérerons que ce sont des ouvrages de particuliers, qui peuvent exploiter la nappe pour des besoins domestiques, soit quelques centaines de l/j. En tout état de cause, cette exploitation domestique ponctuelle ne va pas entraîner une incidence notable sur le niveau de la nappe au droit du site.

De plus, de nombreux bâtiments sur niveaux de sous-sols sont présents dans l'environnement immédiat du site : certains sont cuvelés, d'autres drainés. Il est complexe de définir un rabattement occasionné par les bâtiments voisins.

En période de moyennes ou basses eaux, il est probable que l'essentiel des bâtiments sur sous-sol ne rabattent pas le niveau de la nappe : au cours du suivi piézométrique entrepris, le niveau de la nappe est de l'ordre de 3 m de profondeur/TA en moyenne, donc sous un niveau de sous-sol.

En conséquence, pour la suite de l'étude, nous allons considérer que les niveaux mesurés ne sont pas, ou très peu influencés par les éventuels drainages voisins. Les battements saisonniers et interannuels ainsi que la transmission de l'onde de crue reprennent également le relèvement de la nappe en cas d'arrêt des prélèvements voisins.

En somme, en première approche, nous allons donc retenir une influence de l'arrêt des pompages voisins nulle.

$$R = 0 \text{ m}$$

### **Estimation des niveaux caractéristiques au droit du site**

L'addition au niveau d'étiage actuel de la nappe (NA) et des différents paramètres pris en compte (A, B et R) permet d'approcher le niveau EH.

D'après les différentes informations collectées, le niveau EH se décompose de la manière suivante :

- NA :
  - $NA_{PR1+PZ}$  : 0,8 mNGF ;
  - $NA_{PR2+PZ}$  : 4,3 mNGF ;
  - $NA_{CPTu3+PZ}$  : 1,2 mNGF ;
  - $NA_{PR5+PZ}$  : 0,7 mNGF ;
- $B_{\text{estimé\_alluvions}}$  : 3,8 m ;
- $A_{\text{alluvions}}$  : négligeable ;
- R : 0 m.

D'après le calcul, on trouve les niveaux EH suivants (dans la limite du TA) :

- en PR1+PZ : 4,6 mNGF, soit 2,7 m/TA ;
- en PR2+PZ : 7,2 mNGF, soit le TA ;
- en CPTu3+PZ : 5,0 mNGF, soit 1,9 m/TA ;
- en PR5+PZ : 4,5 mNGF, soit 2,8 m/TA.

De plus, pour permettre d'obtenir le niveau EB, nous utiliserons l'analyse statique au droit de l'ouvrage de référence (EB de l'ordre de 15% du B, au-dessus du NA). Concernant le niveau EF (1% du temps de dépassement sur la période d'observation), d'après les données collectées, ce niveau serait de 0,5 m sous le niveau EH dans les alluvions (90% du B au-dessus du NA).

On retiendra un niveau EE supérieur de 0,5 m au niveau EH.

Les estimations sont présentées ci-dessous selon les hypothèses proposées.

Ouvrages	EB	EF	EH	EE
PR1+PZ	1,4 mNGF, soit 5,9 m/TA	4,1 mNGF, soit 3,2 m/TA	4,6 mNGF, soit 2,7 m/TA	5,1 mNGF, soit 2,2 m/TA
PR2+PZ	4,9 mNGF, soit 2,3 m/TA	7,2 mNGF, soit le TA	7,2 mNGF, soit le TA	7,2 mNGF, soit le TA
CPTu3+PZ	1,8 mNGF, soit 5,1 m/TA	4,5 mNGF, soit 2,4 m/TA	5,0 mNGF, soit 1,9 m/TA	5,5 mNGF, soit 1,4 m/TA
PR5+PZ	1,3 mNGF, soit 6,0 m/TA	4,0 mNGF, soit 3,3 m/TA	4,5 mNGF, soit 2,8 m/TA	5,0 mNGF, soit 2,3 m/TA

Tableau 3 : niveaux caractéristiques estimés EB, EF, EH et EE (Eurocodes)

### Remarques importantes

Les niveaux définis ci-dessus correspondent à des estimations sur la base de données bibliographiques et des mesures piézométriques réalisées à ce jour. Ces niveaux de référence peuvent néanmoins faire l'objet de variations en fonction d'aléas imprévisibles :

- aléas naturels : période et intensité de pluie ou de neige exceptionnelle ou de changements climatiques imprévisibles à ce jour ;
- aléas artificiels : phénomène de drainage ou de réalimentation provoqués par des travaux proches, de futures canalisations ou des canalisations existantes, des pompages en sous-sol, la mise en place de réseaux profonds ou de dispositifs d'infiltrations ;
- des écoulements superficiels et temporaires peuvent également avoir lieu dans les remblais en période humide.

## Avis sur les risques d'interférence avec le projet

L'analyse du contexte géologique et hydrogéologique local sur la base, d'une part du rapport de Fondasol (références rappelées en p5 du présent rapport), et d'autre part des données bibliographiques, indique la présence de deux nappes au droit du site, dans les formations alluviales d'une part et dans le socle compact sous-jacent. L'étude de la nappe du socle a été écartée à ce stade compte-tenu de la profondeur du toit du socle au droit du site supérieur à 10 m de profondeur par rapport au TA.

L'aquifère des alluvions est plus ou moins continu à la faveur de lentilles d'argile, parfois hétérogène et peut être productif.

D'après l'analyse du contexte hydrogéologique local sur la base de données bibliographiques, et des sondages réalisés, le site se trouve au droit d'une zone qui présente un risque de remontées de nappe avéré. La zone d'étude n'est pas soumise à un risque d'inondation.

L'analyse géologique et hydrogéologique du site nous permet donc d'estimer sur la base des données détaillées plus haut, et conformément aux Eurocodes, les niveaux de référence dans le tableau 3 en page précédente.

Au vu de l'estimation de ces niveaux de référence et compte tenu de la présence de deux niveaux de sous-sol enterrés (avec une cote du niveau bas calée à 1,5 mNGF), le projet pourrait recouper les niveaux de nappe en EB localement (PR2+PZ et CPTu3+PZ) et EF, EH et EE au droit de l'ensemble des piézomètres du site.

Le concepteur devra intégrer ces cotes prévisionnelles de nappe dans son projet.

Néanmoins ces estimations ne pourront être validées qu'à l'issue d'un suivi piézométrique annuel avec relevés piézométriques de période mensuelle au droit de l'ensemble du site.

### I – Caractéristiques hydrodynamiques

Des tests de perméabilité en pompage ont été réalisés au droit des piézomètres PR1+PZ, PR2+PZ, CPTu3+PZ et PR5+PZ (en zone saturée).

Pour ces tests en pompage, l'essai de perméabilité a été effectué à l'aide d'une pompe immergée placée dans le tube piézométrique et qui fonctionne à débit constant. Compte tenu d'un dénoyage rapide de la pompe par vidange complète des ouvrages, l'interprétation du test de perméabilité s'effectue sur les valeurs mesurées au cours de la remontée. La remontée a été suivie pendant une heure au minimum.

D'après les mesures obtenues, la méthode Lefranc a été utilisée pour obtenir les caractéristiques hydrodynamiques de la zone saturée pour l'ensemble des piézomètres du site.

Les résultats complets et l'interprétation du suivi sont fournis en annexe 2. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Ouvrage	Méthode	Formation testée	Prof, (m/TA)	Perméabilité (m/s)
PR1+PZ	Lefranc (en pompage)	Alluvions sablo-argileuses	6,5 à 9,5	$6,9 \cdot 10^{-6}$
PR2+PZ		Alluvions argileuses	3,7 à 6,7	$9,6 \cdot 10^{-8}$
CPTu3+PZ		Alluvions sablo-argileuses	4,8 à 6,2	$9,2 \cdot 10^{-7}$
PR5+PZ		Alluvions argileuses	8,5 à 11,5	$3,1 \cdot 10^{-6}$

**Tableau 4 : mesures des caractéristiques hydrodynamiques (ZS)**

La perméabilité des formations alluviales présentes en profondeur, mesurée au droit des différents piézomètres du site, est comprise entre  $10^{-7}$  m/s et  $7 \cdot 10^{-6}$  m/s.

La faible perméabilité mesurée au droit du PR2+PZ est en lien avec la discussion indiquée plus haut concernant l'évolution des niveaux de nappe et les niveaux déconnectés de cet ouvrage par rapport aux autres. Il est donc possible qu'il soit partiellement colmaté. Pour la suite de l'étude, les données issues de cet ouvrage seront utilisées avec précaution.

Pour les hypothèses de calcul et de manière conservatoire, eu égard aux phénomènes de colmatage inhérent à la méthodologie des essais, et considérant un drainage des formations de moindre perméabilité en profondeur, nous retiendrons une perméabilité de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s dans les formations alluviales présentes en profondeur au droit du site.

### 2 – Hypothèses de calcul

Le projet prévoit la construction de deux niveaux de sous-sol dont la cote finie est estimée à 1,5 mNGF au droit de l'ensemble du projet. Pour la suite de l'étude, nous considérerons la cote de terrassement comme cote de rabattement, en phase travaux, mais aussi en phase

définitive (cote terrassement = cote sous-sol fini - 0,5 m, soient des terrassements estimés à 1,0 mNGF).

De plus, du fait que les terrassements seront réalisés essentiellement sous protection d'une enceinte continue (pieux sécants a priori), il sera supposé que seul le fond de la fouille laissera circuler les eaux souterraines.

En fonction de la période de référence et des hypothèses posées ci-dessus, les rabattements seront les suivants au droit des piézomètres.

Rabattement (m)	EB	EF	EH
PR1+PZ	0,4	3,1	3,6
PR2+PZ	3,9	6,2	6,7
CPTu3+PZ	0,8	3,5	4,0
PR5+PZ	0,3	3,0	3,5

Tableau 5 : rabattements estimés

Le tableau suivant présente les paramètres retenus pour les calculs suivants.

Paramètres	Niveau EB	Niveau EF	Niveau EH
Rabattement retenu (m) au droit du bâtiment	0,5	3,2	3,7
Surface équivalente de la fouille (m <sup>2</sup> )	≈ 2 800 m <sup>2</sup> (à confirmer)		

Tableau 6 : hypothèses de calcul

### 3 – Méthodes de calcul

Différentes méthodes sont applicables pour le calcul du débit résiduel de pompage,

- si l'on considère que l'essentiel du débit qui sera pompé pour rabattre la nappe libre au droit du projet proviendra latéralement des terrains aquifères superficiels, la formule applicable pour le calcul du débit résiduel est celle de Dupuit :

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot s}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

Avec :

- T : transmissivité (m<sup>2</sup>/s) = somme des perméabilités sur une hauteur estimée de 10 m, soit une transmissivité de T = 1.10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s ;
- s : rabattement (m) = indiqué plus haut ;
- R : rayon d'action (m) = estimé à 60 m du centre de la fouille ;
- r : rayon équivalent de fond de fouille (m) qui est égal à :

$$r = \sqrt{\frac{\text{surface}}{\pi}}$$

- en considérant que l'aquifère est isotrope (perméabilité identique dans toutes les directions de l'espace) et que ce dernier est infini en extension, la formule applicable pour le calcul du débit résiduel est celle de Schneebeli :

$$Q = 2,5 \cdot K_H \cdot s \sqrt{\text{surface}}$$

Avec :

- K : perméabilité (m/s) = 1.10<sup>-5</sup> m/s ;
- surface : surface mouillée en m<sup>2</sup> (variable selon le rabattement) ;
- s : rabattement (m) = indiqué plus haut.

- si l'on considère que la fouille se comporte comme un puits de grand diamètre uniquement alimenté par le fond, la formule applicable pour le calcul du débit résiduel est celle de Forsheimer :

$$Q = 4.K_v.s.r$$

Avec :

- K: perméabilité (m/s) =  $1.10^{-5}$  m/s ;
- s : rabattement (m) = indiqué plus haut ;
- r : rayon équivalent de fond de fouille (m).

*Remarque 1 : les formules de Schneebeli et Forsheimer ont tendance à majorer le débit résiduel, le débit calculé correspondant au régime de pompage du début du rabattement, la nappe n'étant pas influencée à la périphérie de la fouille,*

*Remarque 2 : les méthodes utilisées sont applicables à des milieux homogènes et isotropes, En contexte géologique alluvial, comme au droit du terrain d'étude, le sous-sol n'est ni homogène, ni isotrope : les résultats sont des estimations auxquelles nous appliquons des facteurs de sécurité,*

*Remarque 3 : au droit du site, dans les formations alluviales, la circulation des eaux souterraines se produit par l'intermédiaire de zone moins argilisées. Il est possible qu'une telle zone productive non observée (et non observable) au droit des sondages et des piézomètres réalisés soit mise à jour, La perméabilité ponctuelle sera alors supérieure à celle estimée par interprétation des tests de perméabilité dans les piézomètres et il est possible que le débit résiduel estimé soit alors supérieur,*

## 4 – Débit de pompage retenu

En fonction des différentes hypothèses et des méthodes de calcul présentées plus haut, les différents débits d'exhaure sont présentés dans le tableau ci-dessous pour les niveaux EF et EH au droit de l'ensemble du niveau enterré projeté,

Méthode	Niveau EB	Niveau EF	Niveau EH
Dupuit (m <sup>3</sup> /h)	1,6	10	12
Forsheimer (m <sup>3</sup> /h)	2,2	14	16
Schneebeli (m <sup>3</sup> /h)	2,4	15	18

**Tableau 7 : débits de pointe calculés au droit de l'ensemble du sous-sol projeté**

Les débits d'eau souterraine théoriques calculés en phase provisoire ou en phase définitive, quel que soit le niveau de protection retenu au droit du projet de sous-sol sont théoriquement inférieurs ou de l'ordre de 20 m<sup>3</sup>/h, hors aléa géologique (fissure, fracture non mise en évidence au cours des investigations) au droit de l'ensemble du sous-sol.

Compte-tenu des incertitudes des données collectées et des hypothèses retenues, nous préconisons de retenir un débit résiduel de l'ordre de 30 m<sup>3</sup>/h au droit de l'ensemble du sous-sol en période de pointe, et de dimensionner le système de relevage (drainage et pompage) pour ce débit de pointe.

## 5 – Gestion des eaux collectées

Du fait du règlement d'assainissement de Nantes Métropole, le rejet d'eau souterraine drainée au droit de bâtiment sur sous-sol est interdit vers le réseau public en phase définitive. En phase travaux, il y aura lieu de se rapprocher des services de la collectivité pour connaître les conditions de rejet au réseau, notamment les conditions de débit et la qualité des eaux.

Afin de pouvoir infiltrer dans de bonnes conditions les eaux souterraines drainées, ainsi que limiter le phénomène de recyclage entre le point de pompage et le point d'infiltration, il y aura lieu de mettre en place un système visant à limiter autant que possible la circulation d'eau entre le système d'infiltration et le drainage (étanchéification des voiles et reprise de la sous-pression liée à la présence d'eau, drainage uniquement sous le niveau bas du bâtiment pour ne drainer que les eaux visant à éviter toute sous-pression au niveau de la surface du sous-sol, mais pas au niveau des voiles, mise en place de bèches hydrauliques ancrées dans des formations de faible perméabilité comme les argiles sableuses observées en profondeur au droit du site).

## 5.1 – Perméabilité de la zone non saturée

Des tests de perméabilité en injection ont été réalisés au droit de la zone envisagée en pleine terre en phase de service (voir figure suivante).

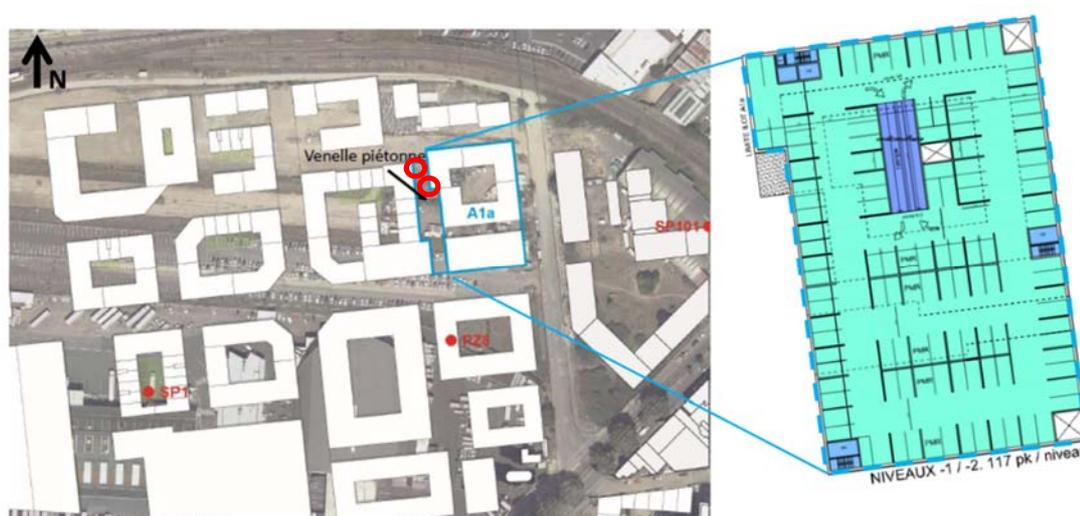


Figure 15 : implantation des mesures de perméabilité de type Matsuo (source du fond de plan : LinkCity, daté de février 2019)

Les résultats complets et l'interprétation du suivi sont fournis en annexe 2. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Ouvrage	Méthode	Formation testée	Prof, (m/TA)	Perméabilité (m/s)
M1	Matsuo (en injection)	Alluvions sableuses	1,2 à 1,4	$1 \cdot 10^{-3}$
M2			1,2 à 1,45	$2 \cdot 10^{-4}$

Tableau 8 : mesures des caractéristiques hydrodynamiques (ZNS)

La perméabilité des formations alluviales présentes en surface est relativement hétérogène, mais supérieure à  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Pour les hypothèses de calcul et de manière conservatoire, eu égard aux phénomènes de colmatage inhérent à la méthodologie des essais, nous retiendrons une perméabilité de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s dans les formations alluviales présentes en surface, au droit de la zone testée.

## 5.2 – Ebauche d'un ouvrage de type tranchée

Les principes de dimensionnement d'une tranchée d'infiltration seraient les suivants :

- débit de fuite limité, calculé par le produit de la surface d'infiltration (auquel un facteur correctif de 2 est appliqué afin de tenir compte des phénomènes de colmatage de la tranchée à long terme) et de la capacité d'absorption des sols (déterminée par les mesures de perméabilité en zone non saturée) ;
- utilisation d'un débit d'exhaure théorique, en période de hautes eaux (pointe en EH) et phase définitive de 20 m<sup>3</sup>/h.

La capacité et les dimensions indicatives de la tranchée d'infiltration sont reportées dans le tableau suivant. Les caractéristiques hydrogéologiques les plus faibles ont été utilisées pour le dimensionnement de la tranchée. La formule utilisée est la formule de Matsuo et Akai suivante :

$$Q = K.(B + 2H).L / 2$$

Avec :

- Q : débit d'infiltration (m<sup>3</sup>/s) ;
- K : perméabilité (m/s) ;
- B : largeur de la tranchée (m) ;
- H : hauteur mouillée de tranchée (m) ;
- L : longueur de la tranchée (m).

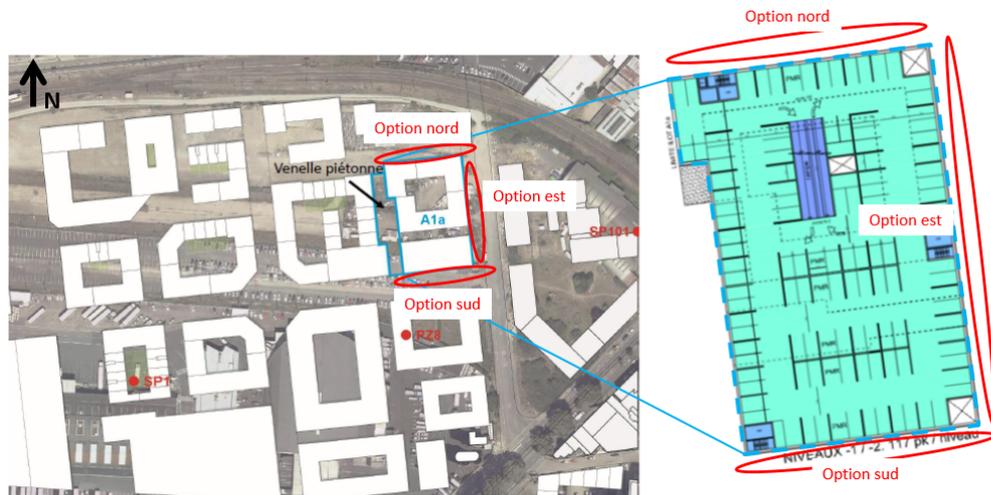
Paramètres	Période EH
Débit de pointe (m <sup>3</sup> /h)	18
Perméabilité retenue (m/s)	1.10 <sup>-4</sup>
Surface d'infiltration utile (m <sup>2</sup> )	100

Tableau 9 : caractéristiques de l'ouvrage d'infiltration (débit EH)

## 5.3 – Localisation de l'ouvrage

Lors de l'étude, seules des mesures de perméabilité dans les sables en partie nord-ouest ont pu être effectuées. Pour la suite, il sera retenu que ces sables sont présents de manière uniforme au droit de l'emplacement des ouvrages envisagé.

D'après les hypothèses retenues et les calculs effectués, dans le cas où un ouvrage soit disposé en partie nord, est ou ouest (voir figure suivante), il risque de se trouver contre la coupure hydraulique. En conséquence, il sera fait l'hypothèse que dans le cas de mise en place d'une tranchée d'infiltration, seuls le fond et un coté de l'ouvrage seront infiltrant (sécuritaire).



**Figure 16 : localisation des options de l'ouvrage d'infiltration**  
(source du fond de plan : LinkCity, daté de février 2019)

Dans le cas de la mise en place d'un ouvrage selon cette architecture :

- profondeur effective de 1 m ;
- largeur effective de 1 m ;
- remplissage en matériaux granulaires enrobé d'un géotextile ;
- drains de répartition en partie haute.

Il viendrait une longueur théorique d'ouvrage de 50 m de long serait qui nécessaire pour infiltrer la totalité des eaux de pompage du bâtiment, en période de pointe, dans le cas d'un drainage des formations argilo-sableuses en profondeur, sous bâtiment, et une réinfiltration dans les formations sableuses de surface.

Au vu de l'espace de pleine terre disponible, cette longueur de tranchée paraît envisageable au droit du site, en particulier en option est.

Cette longueur de tranchée pourrait être revue en fonction des débits de pompage effectivement observés au droit du bâtiment alors que le sous-sol sera réalisé (phase de construction du bâtiment, en période de hautes eaux, en relativisant en fonction de la caractéristique du niveau d'eau, et comparaison avec les débits théoriques estimés), ainsi que de la réalisation de tests de perméabilités complémentaires au droit de l'implantation potentielle d'un ouvrage de type tranchée.

De plus, idéalement, l'ouvrage d'infiltration devra se trouver en aval hydrogéologique de la parcelle et ce, pour limiter les phénomènes de recyclage entre point de drainage et ouvrage d'infiltration (le cas de l'option est).

## 5.4 – Dispositions particulières pour les ouvrages d'infiltration

En ce qui concerne les constructions et avoisinants, les recommandations suivantes peuvent être faites :

- les dispositifs d'infiltration devront être éloignés le plus possible des fondations des constructions avoisinantes, afin d'éviter la saturation des sols supports de fondation ;
- les dispositifs d'infiltrations devront être le plus éloignés possibles des sous-sols et ouvrages enterrés existants ;
- une distance minimale de 5 m est habituellement préconisée entre deux ouvrages d'infiltration.

Il est également recommandé de prévoir un ouvrage de trop-plein au niveau de la rétention de stockage, permettant d'évacuer les eaux vers une zone non sensible ou un exutoire adapté en cas d'événements ne permettant pas l'infiltration de la totalité des eaux collectées.

#### **Inconvénients et entretiens :**

Ces ouvrages d'infiltration présentent quelques inconvénients qu'il convient de garder à l'esprit :

- risque potentiel de pollution directe du sol et de la nappe si les eaux sont contaminées ;
- risque de colmatage du puits / de la tranchée et de dépôts de boue de décantation (modifie les perméabilités et le volume utile de rétention de l'ouvrage), ce qui nécessite un entretien spécifique régulier.

### **5.5 – Essai de réception**

Des essais de réception devront être effectués sur le/les puits/tranchées afin de vérifier leur(s) bon fonctionnement et la conformité de leur capacité d'infiltration réelle avec la théorie.

Les fluctuations précises du niveau de la nappe au droit du projet ne pourront être approchées qu'à l'issue d'un suivi piézométrique durant une année hydrologique complète. Les estimations des niveaux caractéristiques ne pourront être validées qu'à l'issue de ce suivi annuel avec relevés piézométriques de période mensuelle au droit de l'ensemble du site.

Afin de lever le doute sur la présence potentielle de sous-pression occasionnée par un niveau de nappe qui serait captif dans les formations de socle altéré (stabilité de fond de fouille), en profondeur, la pose de piézomètres sélectifs, équipés uniquement aux altération du socle, à plus de 11 m de profondeur sera à envisager.

De plus, pour s'assurer des débits de drainage, que ce soit en période de travaux ou en service, Fondasol conseille la réalisation d'un pompage d'essai au sens de la 22282-4, dans une cellule d'essai dédiée (puits de pompage équipés en PVC 80-90 mm a minima) pour mesurer la variation du niveau piézométrique en pompage, à distance du prélèvement, et ce afin d'estimer les éventuelles incidences du prélèvement dans l'environnement du site (tassements, ...) et confirmer les caractéristiques hydrodynamiques indiquées dans le présent document.

Fondasol conseille la réalisation de mesures de débit de drainage effectif, en particulier en période de hautes eaux souterraines, afin de confirmer les hypothèses de débit de drainage.

Des essais de réception devront être effectués sur le/les puits/tranchées afin de vérifier leur(s) bon fonctionnement et la conformité de leur capacité d'infiltration réelle avec la théorie.

Fondasol rappelle que tout ouvrage de prélèvement en nappe doit faire l'objet d'un dossier au regard du Code de l'environnement (Loi sur l'eau). Concernant la gestion du rejet, soit vers un réseau : l'autorisation doit être obtenue auprès du gestionnaire de réseau, soit vers le milieu naturel : il y aura également lieu d'établir un dossier au titre du Code de l'environnement.

Fondasol se tient à la disposition du MO pour la réalisation de ces missions complémentaires.

### I. Formation du Contrat

Toute commande par le co-contractant (« le Client »), qui a reçu un devis de la part de FONDASOL, ou l'une quelconque de ses filiales (ci-après le « Prestataire »), quelle qu'en soit la forme (par exemple bon de commande, lettre de commande, ordre d'exécution ou acceptation de devis, sans que cette liste ne soit exhaustive) et ses avenants éventuels, constitue l'acceptation totale et sans réserve des présentes conditions générales par ledit Client, que ce dernier ait contresigné les conditions générales ou non, ou qu'il ait émis des conditions contractuelles. Tout terme de la commande, quelle qu'en soit la forme, et de ses avenants éventuels, qui serait en contradiction avec les présentes conditions générales ou le devis, serait réputé de nul effet et inapplicable, sauf s'il a fait l'objet d'une acceptation écrite expresse non équivoque par le Prestataire. Cette acceptation ne peut pas résulter de l'exécution des Prestations prévues au devis et/ou à la commande, quelle qu'en soit la forme, et/ou avenant éventuel, ou de l'absence de réponse du Prestataire sur ledit terme.

Les présentes conditions générales prévalent sur toutes autres conditions y compris contenues dans la commande (quelle que soit sa forme) du Client ou dans les accusés de réception des échanges de données informatisés, sur portail électronique, dans la gestion électronique des achats ou dans les courriers électroniques du Client. Aucune exception ou dérogation n'est applicable sauf si elle est émise par le Prestataire ou acceptée expressément, préalablement et de manière non équivoque par écrit par le Prestataire. A ce titre, toute condition de la commande ne peut être considérée comme acceptée qu'après accord écrit exprès et non équivoque du Prestataire. Le contrat est constitué par le dernier devis émis par le Prestataire, les présentes conditions générales, la commande ou l'acceptation de devis ou lettre de commande du Client et, à titre accessoire et complémentaire, les conditions de la commande expressément acceptées et spécifiquement indiquées par écrit par le Prestataire comme acceptées (le « Contrat »).

### 2. Entrée en vigueur

Le Contrat n'entre en vigueur qu'à la réception par le Prestataire de l'acompte prévu au Contrat ou suivant les conditions particulières du devis, ou, le cas échéant, de l'accusé de réception de commande et/ou de réception de paiement émis par le Prestataire. Sauf disposition contraire des conditions particulières du devis, les délais d'exécution par le Prestataire de ses obligations au titre du Contrat commencent quinze (15) jours ouvrés après la date d'entrée en vigueur du Contrat.

### 3. Prix

Les prix sont établis aux conditions économiques en vigueur à la date d'établissement du devis. Préalablement au Contrat, les prix sont valables selon la durée mentionnée au devis et au maximum pendant deux (2) mois à compter de la date du devis. A l'entrée en vigueur du Contrat, les prix sont fermes et définitifs pour une durée de six (6) mois mis à jour tous les six (6) mois par application de l'indice « Sondages et Forages TP 04 » pour les investigations in situ et en laboratoire, et par application de l'indice « SYNTEC » pour les prestations d'études, l'indice de base étant le dernier indice publié à la date d'émission du devis.

Les prix mentionnés dans le Contrat ou le devis ne comprennent pas la TVA, les taxes sur les ventes, les droits, les prélèvements, les taxes sur le chiffre d'affaires, les droits de douane et d'importation, les surtaxes, les droits de timbre, les impôts retenus à la source et toutes les autres taxes similaires qui peuvent être imposées au Prestataire, à ses employés, à ses sociétés affiliées et/ou à ses représentants, dans le cadre de l'exécution du Contrat (les « Impôts »), qui seront supportés par le Client en supplément des prix indiqués. Le Prestataire restera toutefois responsable du paiement de tous les impôts applicables en France.

Au cas où le Prestataire serait obligé de payer l'un des Impôts mentionnés ci-dessus, le Client remboursera le Prestataire dans les trente (30) jours suivant la réception des documents correspondants justifiant le paiement de celui-ci. Au cas où ce remboursement serait interdit par toute législation applicable, le Prestataire aura le droit d'augmenter les prix indiqués dans le devis ou spécifiés dans le Contrat du montant des Impôts réellement supportés.

Sauf indication contraire dans le devis, les prix des Prestations relatifs à des quantités à réaliser, quelle qu'en soit l'unité (notamment sans que cela ne soit exhaustif, profondeurs, mètres linéaires, nombre d'essais, etc) ne sont que des estimatifs sur la base des informations du Client, en conséquence seules les quantités réellement réalisées seront facturées sur la base des prix unitaires du Contrat.

### 4. Obligations générales du Client

**4.1** Le terme « Prestations » désigne exclusivement les prestations énumérées dans le devis du Prestataire comme étant comprises dans le devis à la charge du Prestataire. Toute prestation non comprise dans les Prestations, ou dont le prix unitaire n'est pas indiqué au Contrat, fera l'objet d'un prix nouveau à négocier.

**4.2** Par référence à la norme NF P 94-500, il appartient au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre ou à toute entreprise de faire réaliser impérativement par des ingénieries compétentes chacune des missions géotechniques (successivement G1, G2, G3 et G4 et les investigations associées) pour suivre toutes les étapes d'élaboration et d'exécution du projet. Si la mission d'investigation est commandée seule, elle est limitée à l'exécution matérielle de sondages et à l'établissement d'un compte rendu factuel sans interprétation et elle exclut toute activité d'étude, d'ingénierie ou de conseil, ce que le Client reconnaît et accepte expressément. La mission de diagnostic géotechnique G5 engage le géotechnicien uniquement dans le cadre strict des objectifs ponctuels fixés et acceptés expressément par écrit.

**4.3** Sauf disposition contraire expresse du devis, le Client obtiendra à ses propres frais, dans un délai permettant le respect du délai d'exécution du Contrat, tous les permis et autorisations d'importation nécessaires pour l'importation des matériels et équipements et l'exécution des Prestations dans le pays où les matériels et équipements doivent être livrés et où les Prestations doivent être exécutées. En plus de ce qui précède et sauf à ce que l'une ou plusieurs des obligations suivantes soient expressément et spécifiquement intégrées aux Prestations et au bordereau de prix, le Client devra également, notamment, sans que cela ne soit exhaustif :

- Payer au Prestataire les Prestations conformément aux conditions du Contrat ;
- Communiquer en temps utile toutes les informations et/ou documentations nécessaires pour l'exécution du Contrat et notamment, mais pas seulement, tout élément qui lui paraîtrait de nature à compromettre la bonne exécution des Prestations ou devant être pris en compte par le Prestataire ;
- Permettre un accès libre et rapide au Prestataire à ses locaux et/ou au site où sont réalisées les Prestations y compris pour la livraison des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des Prestations et notamment, mais pas seulement, les machines de forage ;
- Approuver tous les documents du Prestataire conformément au devis et à défaut dans un délai de deux jours au plus ;
- Préparer ses installations pour l'exécution du Contrat, et notamment, sans que cela ne soit exhaustif, décider et préparer les implantations des forages, fournir eau et électricité, et veiller, le Client étant toujours responsable de ses installations, à ce que le Prestataire dispose en permanence de toutes les ressources nécessaires pour exécuter le Contrat,

sauf accord spécifique contraire dans le Contrat. Si le Personnel du Client est tenu d'exécuter un travail lié au Contrat incluant, mais sans s'y limiter, l'assemblage ou l'installation d'équipements, ce personnel sera qualifié et restera en permanence sous la responsabilité du Client. Le Client conservera le droit exclusif de diriger et de superviser le travail quotidien de son personnel. Dans ce cas, le Prestataire ne sera en aucun cas responsable d'une négligence ou d'une faute du personnel du Client dans l'exécution de ses tâches, y compris les conséquences de cette négligence ou faute peut avoir sur le Contrat. Par souci de clarté, tout sous-traitant du Prestataire imposé ou choisi par le Client restera sous l'entière responsabilité du Client ;

- fournir, conformément aux articles R.554-1 et suivants du même chapitre du code de l'environnement, à sa charge et sous sa responsabilité, l'implantation des réseaux privés, la liste et l'adresse des exploitants des réseaux publics à proximité des travaux, les plans, informations et résultats des investigations complémentaires consécutifs à sa Déclaration de projet de Travaux (DT). Ces informations sont indispensables pour permettre les éventuelles déclarations d'intentions de commencement de travaux (DICT) (le délai de réponse, est de 7 à 15 jours selon les cas, hors jours fériés) et pour connaître l'environnement du projet. En cas d'incertitude ou de complexité pour la localisation des réseaux sur le domaine public, il pourra être nécessaire de faire réaliser, à la charge du Client, des fouilles manuelles ou des avant-trous à la pelle mécanique pour les repérer. Les conséquences et la responsabilité de toute détérioration de ces réseaux par suite d'une mauvaise communication sont à la charge exclusive du Client.

- Déclarer aux autorités administratives compétentes tout forage réalisé, notamment, sans que cela ne soit exhaustif, de plus de 10 m de profondeur ou lorsqu'ils sont destinés à la recherche, la surveillance ou au prélèvement d'eaux souterraines (piézomètres notamment).

**4.4** La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en aucun cas pour quelque dommage que ce soit à des ouvrages publics ou privés (notamment, à titre d'exemple, des ouvrages, canalisations enterrés) dont la présence et l'emplacement précis ne lui auraient pas été signalés par écrit préalablement à l'émission du dernier devis et intégrés au Contrat.

### 5. Obligations générales du Prestataire

Le Prestataire devra :

- Exécuter avec le soin et la diligence requis ses obligations conformément au Contrat, toujours dans le respect des spécifications techniques et du calendrier convenus entre les Parties par écrit ;
- Respecter toutes les règles internes et les règles de sécurité raisonnables qui sont communiquées par le Client par écrit et qui sont applicables dans les endroits où les Prestations doivent être exécutées par le Prestataire ;
- S'assurer que son personnel reste à tout moment sous sa supervision et direction et exercer son pouvoir de contrôle et de direction sur ses équipes ;
- Procéder selon les moyens actuels de son art, à des recherches consciencieuses et à fournir les indications qu'on peut en attendre, étant entendu qu'il s'agit d'une obligation de moyen et en aucun cas d'une obligation de résultat ou de moyens renforcés ;
- Faire en sorte que son personnel localisé dans le pays de réalisation des Prestations respecte les lois dudit pays.

Le Prestataire n'est solidaire d'aucun autre intervenant sauf si la solidarité est explicitement prévue et expressément agréée dans le devis et dans ce cas la solidarité ne s'exerce que sur la durée de réalisation sur site du Client du Contrat.

En cas d'intervention du Prestataire sur site du Client, si des éléments de terrain diffèrent des informations préalables fournies par le Client, le Prestataire peut à tout moment décider que la protection de son personnel n'est pas assurée ou adéquate et suspendre ses Prestations jusqu'à ce que les mesures adéquates soient mises en œuvre pour assurer la protection du personnel, par exemple si des traces de pollution sont découvertes ou révélées. Une telle suspension sera considérée comme un Imp prévu, tel que défini à l'article 14 ci-dessous.

### 6. Délais de réalisation

A défaut d'engagement précis, ferme et expresse du Prestataire dans le devis sur une date finale de réalisation ou une durée de réalisation fixe et non soumise à variations, les délais d'intervention et d'exécution d'onnés dans le devis sont purement indicatifs et, notamment du fait de la nature de l'activité du Prestataire, dépendants des interventions du Client ou de tiers, ne sauraient en aucun cas engager le Prestataire. Les délais de réalisation sont soumis aux ajustements tels qu'indiqués au Contrat. A défaut d'accord expresse spécifique contraire, il ne sera pas appliqué de pénalités de retard. Nonobstant toute clause contraire, les pénalités de retard, si elles sont prévues, sont plafonnées à un montant total maximum et cumulé pour le Contrat de 5% du montant total HT du Contrat.

Le Prestataire réalise le Contrat sur la base des informations communiquées par le Client. Ce dernier est seul responsable de l'exactitude et de la complétude de ces données et transmettra au Prestataire toute information nécessaire à la réalisation des Prestations. En cas d'absence de transmission, d'inexactitude de ces données ou d'absence d'accès au(x) site(s) d'intervention, quelles que soient les hypothèses que le Prestataire a pu prendre, notamment en cas d'absence de données ou d'accès, le Prestataire est exonéré de toute responsabilité et les délais de réalisation sont automatiquement prolongés d'une durée au moins équivalente à la durée de correction de ces données et de reprise des Prestations correspondantes.

### 7. Formalités, autorisations et accès, obligations d'information, dégâts aux ouvrages et cultures

A l'exception d'un accord contraire dans les conditions spécifiques du devis ou dans les cas d'obligations législatives ou réglementaires non transférables par convention à la charge du Prestataire, toutes les démarches et formalités administratives ou autres, pour l'obtention des autorisations et permis de pénétrer sur les lieux et/ou d'effectuer les Prestations sont à la charge du Client. Le Client doit obtenir et communiquer les autorisations requises pour l'accès du personnel et des matériels nécessaires au Prestataire en toute sécurité dans l'enceinte des propriétés privées ou sur le domaine public. Le Client doit également fournir tous les documents et informations relatifs aux dangers et aux risques de toute nature, notamment sans que cela ne soit exhaustif, ceux cachés, liés aux réseaux, aux obstacles enterrés, à l'histoire du site et à la pollution des sols, sous-sols et des nappes. Le Client communiquera les règles pratiques que les intervenants doivent respecter en matière de santé, sécurité, hygiène et respect de l'environnement. Il assure également en tant que de besoin la formation du personnel, notamment celui du Prestataire, sur les règles propres à son site, avant toute intervention sur site. Le Client sera responsable de tout dommage corporel, matériel ou immatériel, consécutif ou non consécutif, résultant des événements mentionnés au présent paragraphe et qui n'aurait pas été mentionné au Prestataire.

Lorsque les Prestations consistent à mesurer, relever voire analyser ou traiter des sols pollués, le Prestataire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger son personnel dans la réalisation desdites Prestations, sur la base des données fournies par le Client.

Les forages et investigations de sols et sous-sols peuvent par nature entraîner des dommages sur le site en ce compris tout chemin d'accès, en particulier sur la végétation, les cultures et les ouvrages existants, sans qu'il y ait négligence ou faute de la part du Prestataire. Ce dernier n'est en aucun cas tenu de remettre en état ou réparer ces dégâts, sauf si la remise en état et/ou les réparations font partie des Prestations, et n'est en aucun cas tenu d'indemniser le Client ou les tiers pour lesdits dommages inhérents à la réalisation des Prestations.

#### 8. Implantation, nivellement des sondages

A l'exception des cas où l'implantation des sondages fait partie des Prestations à réaliser par le Prestataire, ce dernier est exonéré de toute responsabilité dans les événements consécutifs à ladite implantation et est tenu indemne des conséquences liées à la décision d'implantation, tels que notamment, sans que cela ne soit exhaustif, le retard de réalisation, les surcoûts et/ou la perte de forage. Les Prestations ne comprennent pas les implantations topographiques permettant de définir l'emprise des ouvrages et zones à étudier ni la mesure des coordonnées précises des points de sondages ou d'essais. Les éventuelles altitudes indiquées pour chaque sondage (qu'il s'agisse de cotes de références rattachées à un repère arbitraire ou de cotes NGF) ne sont données qu'à titre indicatif. Seules font foi les profondeurs mesurées depuis le sommet des sondages et comptées à partir du niveau du sol au moment de la réalisation des essais.

#### 9. Hydrogéologie - Géotechnique

**9.1** Les niveaux d'eau indiqués dans le rapport final d'exécution des Prestations correspondent uniquement aux niveaux relevés au droit des sondages exécutés et au moment précis du relevé. En dépit de la qualité de l'étude les aléas suivants subsistent, notamment la variation des niveaux d'eau en relation avec la météo ou une modification de l'environnement des études et Prestations. Seule une étude hydrogéologique spécifique permet de déterminer les amplitudes de variation de ces niveaux et les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues).

**9.2** L'étude géotechnique s'appuie sur les renseignements reçus concernant le projet, sur un nombre limité de sondages et d'essais, et sur des profondeurs d'investigations limitées qui ne permettent pas de lever toutes les incertitudes inhérentes à cette science naturelle. En dépit de la qualité de l'étude, des incertitudes subsistent du fait notamment du caractère ponctuel des investigations, de la variation d'épaisseur des remblais et/ou des différentes couches, de la présence de vestiges enterrés et de bien d'autres facteurs telle que la variation latérale de faciès. Les conclusions géotechniques ne peuvent donc conduire à forfait le prix des fondations compte tenu d'une hétérogénéité, naturelle ou du fait de l'homme, toujours possible et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains. Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment à titre d'exemple glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une actualisation à chaque étape du projet notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant l'étape suivante.

**9.3** L'estimation des quantités des ouvrages géotechniques nécessite, une mission d'étude géotechnique de conception G2 (phase projet). Les éléments géotechniques non décelés par l'étude et mis en évidence lors de l'exécution (pouvant avoir une incidence sur les conclusions du rapport) et les incidents importants survenus au cours des travaux (notamment glissement, dommages aux avoisinants ou aux existants) doivent obligatoirement être portés à la connaissance du Prestataire ou signalés aux géotechniciens chargés des Prestations de suivi géotechnique d'exécution G3 et de supervision géotechnique d'exécution G4, afin que les conséquences sur la conception géotechnique et les conditions d'exécution soient analysées par un homme de l'art.

#### 10. Pollution - dépollution

Lorsque l'objet de la Prestation est le diagnostic ou l'analyse de la pollution de sols et/ou sous-sols, ou l'assistance à la maîtrise d'œuvre ou la maîtrise d'œuvre de prestations de dépollution, le Client devra désigner un coordonnateur de Sécurité et de Protection de la Santé sur le site (SPS), assister le Prestataire pour l'obtention des autorisations nécessaires auprès des autorités compétentes, fournir au Prestataire toute information (notamment visite sur site, documents et échantillons) nécessaire à l'obtention des Certificats d'Acceptation Préalable de Déchets ainsi que pour l'obtention des autorisations nécessaires au transport, au traitement et à l'élimination des terres, matériaux, effluents, rejets, déchets, et plus généralement de toute substance polluante.

Sauf s'il s'agit de l'objet des Prestations tel que précisé au devis, notre devis est réalisé sur la base d'un site sur lequel il n'existe aucun danger potentiel lié à la présence de produits radioactifs.

Les missions d'assistance à maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'œuvre seront exercées conformément à l'objectif de réhabilitation repris dans le devis. A défaut d'une telle définition d'objectif, ces missions ne pourront commencer.

#### 11. Rapport de mission, réception des Prestations par le Client

Sauf disposition contraire du Contrat et sous réserve des présentes conditions générales, la remise du dernier document à fournir dans le cadre des Prestations marque la fin de la réalisation des Prestations. La fin de la réalisation des Prestations sur site du Client est marquée par le départ autorisé du personnel du Prestataire du site. L'approbation du dernier document fourni dans le cadre des Prestations doit intervenir au plus tard deux semaines après sa remise au Client. A défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans ce délai, le document sera considéré comme approuvé. L'émission de commentaires ne vaut pas rejet et n'interrompt pas le délai d'approbation. Le Prestataire répondra aux commentaires dans les dix (10) jours de leur réception. A défaut de rejet explicite et par écrit par le Client dans les cinq (5) jours de la réception des réponses aux commentaires ou du document modifié, le document sera considéré comme approuvé. Si le Client refuse le document et que le document n'est toujours pas approuvé deux (2) mois après sa remise initiale, les Parties pourront mettre en œuvre le processus de règlement des litiges tel que défini au Contrat. A défaut de mise en œuvre de ce processus, le rapport sera considéré comme approuvé définitivement trois mois après la date de sa remise initiale au Client.

#### 12. Réserve de propriété, confidentialité

Les coupes de sondages, plans et documents établis par le Prestataire dans le cadre des Prestations ne peuvent être utilisés, publiés ou reproduits par des tiers sans son autorisation. Le Client ne peut pas les utiliser pour d'autres ouvrages sans accord écrit préalable exprès du Prestataire. Le Client s'engage à maintenir confidentielle et à ne pas utiliser pour tout autre objectif que celui prévu au Contrat ou pour le compte de tiers, toute information se rapportant au savoir-faire, techniques et données du Prestataire, que ces éléments soient brevetés ou non, dont le Client a pu avoir connaissance au cours des Prestations ou qui ont été acquises ou développées par le Prestataire au cours du Contrat, sauf accord préalable écrit exprès du Prestataire.

#### 13. Propriété Intellectuelle

Si dans le cadre du Contrat, le Prestataire met au point, développe ou utilise une nouvelle technique, celle-ci est et/ou reste sa propriété exclusive. Le Prestataire est libre de déposer tout brevet s'y rapportant. Le Prestataire est titulaire des droits d'auteur et de propriété sur les résultats et/ou données compris, relevés ou utilisés dans les ou, au cours des, Prestations et/ou développés, générés, compilés et/ou traités dans le cadre du Contrat. Le Prestataire concède au Client, sous réserve qu'il remplisse ses obligations au titre du Contrat, un droit non exclusif de reproduction des documents remis dans le cadre des Prestations pour la seule utilisation des besoins de l'exploitation, la maintenance et l'entretien du site Client concerné.

En cas de reproduction des documents remis par le Prestataire dans le cadre des Prestations, le Client s'engage à indiquer la source en portant sur tous les documents diffusés intégrant lesdits documents du Prestataire, quelle que soit leur forme, la mention suivante en caractères apparents : « source originale : Groupe Fondasol – date du document : JJMMIAAAA » sans que ces

mentions ne puissent être interprétées comme une quelconque garantie donnée par le Prestataire. Le Client s'engage à ce que tout tiers à qui il aurait été dans l'obligation de remettre l'un ou les documents, se conforme à l'obligation de citation de la source originelle telle que prévue au présent article.

#### 14. Modifications du contenu des Prestations en cours de réalisation

La nature des Prestations et des moyens à mettre en œuvre, les prévisions des avancements et délais, ainsi que les prix sont déterminés en fonction des éléments communiqués par le Client et ceux recueillis lors de l'établissement du devis. Des conditions imprévisibles par le Prestataire au moment de l'établissement du devis touchant à la géologie et éléments de terrains et découvertes imprévues, aux hypothèses de travail, au projet et à son environnement, à la législation et aux règlements, à des événements imprévus, survenant au cours de la réalisation des Prestations (l'ensemble désigné par les « Imprévus ») pourront conduire le Prestataire à proposer au Client un ou des avenant(s) avec notamment application des prix du bordereau du devis, ou en leur absence, de nouveau prix raisonnables et des délais de réalisation mis à jour. A défaut d'un refus écrit exprès du Client dans un délai de sept (7) jours à compter de la réception de la proposition d'avenant ou de modification des Prestations, ledit avenant ou modification des Prestations devient pleinement effectif et le Prestataire est donc rémunéré du prix de cet avenant ou de cette modification des Prestations, en sus. En cas de refus écrit exprès du Client, le Prestataire est en droit de suspendre immédiatement l'exécution des Prestations jusqu'à confirmation écrite expresse du Client des modalités pour traiter de ces Imprévus et accord des deux Parties sur lesdites modalités. Les Prestations réalisées à cette date sont facturées et rémunérées intégralement, sans que le Client ne puisse faire état d'un préjudice. Le temps d'immobilisation du personnel du Prestataire est rémunéré selon le prix unitaire indiqué dans le bordereau de prix du devis. Dans l'hypothèse où le Prestataire notifie qu'il est dans l'impossibilité d'accepter les modalités de traitement des Imprévus telles que demandées par le Client, ce dernier aura le droit de résilier le Contrat selon les termes prévus à l'article 19.2 (Résiliation).

#### 15. Modifications du projet après fin de mission, délai de validité du rapport

Le rapport de fin de mission, quel que soit son nom, constitue une synthèse des Prestations telle que définie au Contrat. Ce rapport et ses annexes forment un ensemble indissociable. Toute interprétation, reproduction partielle ou totale, ou utilisation par un autre maître de l'ouvrage, un autre constructeur ou maître d'œuvre, ou conseil desdits maître d'ouvrage, constructeur ou maître d'œuvre pour un projet différent de celui objet du Contrat est interdite et ne saurait en aucun cas engager la responsabilité du Prestataire à quelque titre que ce soit. La responsabilité du Prestataire ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du rapport. Toute modification apportée au projet, au site, à l'ouvrage et/ou à son environnement non révélée expressément au Prestataire lors de la réalisation des Prestations ou dont il lui a été demandé de ne pas tenir compte, rend le rapport caduc, dégage la responsabilité du Prestataire et engage celle du Client. Le Client doit faire actualiser le dernier rapport émis dans le cadre du Contrat en cas d'ouverture du chantier (pour lequel le rapport a été émis) plus d'un an après remise dudit rapport. Il en est de même notamment en cas de travaux de terrassements, de démolition ou de réhabilitation du site (à la suite d'une contamination des terrains et/ou de la nappe) modifiant entre autres les qualités mécaniques, les dispositions constructives et/ou la répartition de tout ou partie des sols sur les emprises concernées par l'étude géotechnique.

#### 16. Force Majeure

Le Prestataire ne sera pas responsable, de quelque manière que ce soit, de la non-exécution ou du retard d'exécution de ses obligations à la suite d'un événement de Force Majeure. La Force Majeure sera définie comme un événement qui empêche l'exécution totale ou partielle du Contrat et qui ne peut être surmonté en dépit des efforts raisonnables de la part de la Partie affectée, qui lui est extérieure. La Force Majeure inclura, notamment les événements suivants: catastrophes naturelles ou climatiques, pénurie de main d'œuvre qualifiée ou de matières premières, incidents majeurs affectant la production des agents ou sous-traitants du Prestataire, actes de guerre, de terrorisme, sabotages, embargos, insurrections, émeutes ou atteintes à l'ordre public.

Tout événement de Force Majeure sera notifié par écrit à l'autre Partie dès que raisonnablement possible. Si l'événement de Force Majeure se poursuit pendant plus de deux (2) mois et que les Parties ne se sont pas mises d'accord sur les conditions de poursuite du Contrat, l'une ou l'autre des Parties aura le droit de résilier le Contrat, sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours adressé à l'autre Partie, auquel cas la stipulation de la clause de Résiliation du Contrat s'appliquera.

Quand l'événement de Force Majeure aura cessé de produire ses effets, le Prestataire reprendra l'exécution des obligations affectées dès que possible. Le délai de réalisation sera automatiquement prolongé d'une période au moins équivalente à la durée réelle des effets de l'événement de Force Majeure. Tous frais supplémentaires raisonnablement engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure seront remboursés par le Client au Prestataire contre présentation de la preuve de paiement associée et de la facture correspondante.

#### 17. Conditions de paiement, acompte, retenue de garantie

Aucune retenue de garantie n'est appliquée sur les paiements des Prestations.

Dans le cas où le Contrat nécessite une intervention d'une durée supérieure à un mois, des factures mensuelles intermédiaires sont établies et envoyées par le Prestataire pour paiement par le Client. Les paiements interviennent à réception et sans escompte. L'acompte dont le montant est défini dans les conditions particulières du devis est déduit de la facture ou décompte final(e).

En cas de sous-traitance par le Client au Prestataire dans le cadre d'un ouvrage public, les factures du Prestataire sont réglées directement et intégralement par le maître d'ouvrage, conformément à la loi n°75-1334 du 31/12/1975.

En l'absence de paiement au plus tard le jour suivant la date de règlement figurant sur la facture, il sera appliqué à compter dudit jour et de plein droit, un intérêt de retard égal au taux d'intérêt appliqué par la Banque Centrale Européenne à son opération de refinancement la plus récente majorée de 10 points de pourcentage. Cette pénalité sera exigible sans qu'un rappel ou mise en demeure soit nécessaire à compter du jour suivant la date de règlement figurant sur la facture.

En sus de ces pénalités de retard, le Client sera redevable de plein droit des frais de recouvrement exposés ou d'une indemnité forfaitaire de 40 €.

Si la carence du Client rend nécessaire un recouvrement contentieux, le Client s'engage à payer, en sus du principal, des frais, dépens et émoluments ordinairement et légalement à sa charge et des dommages-intérêts éventuels, une indemnité fixée à 15% du montant TTC de la créance avec un minimum de 500 euros. Cette indemnité est due de plein droit, sans mise en demeure préalable, du seul fait du non-respect de la date de paiement. Les Parties reconnaissent expressément qu'elle constitue une évaluation raisonnable de l'indemnité de recouvrement et de l'indemnisation des frais de recouvrement.

Un désaccord quelconque dans le cadre de l'exécution des Prestations ne saurait en aucun cas constituer un motif de non-paiement des Prestations réalisées et non soumises à contestation précise et documentée. La compensation est formellement exclue. En conséquence, le Client s'interdit de déduire le montant des préjudices qu'il allègue du prix des Prestations facturées ou de retenir les paiements.

## 18. Suspension

L'exécution du Contrat ne peut être suspendue par le Prestataire que dans les cas suivants :

- (i) En cas d'Imprévu,
- (ii) En cas de violation par le Client d'une ou plusieurs de ses obligations contractuelles,
- (iii) En cas de Force Majeure.

Quand l'un des événements mentionnés ci-dessus se produit, le Prestataire a le droit de notifier au Client son intention de suspendre l'exécution du Contrat. Dans ce cas, le délai de réalisation sera prolongé d'une période équivalente à la durée de cette suspension et tous les frais associés engagés par le Prestataire suite à cette suspension seront remboursés par le Client contre présentation des preuves de paiement associées, en ce compris l'indemnité d'immobilisation au taux prévu au devis. Le Prestataire peut soumettre la reprise des obligations suspendues au remboursement par le Client au Prestataire des sommes mentionnées ci-dessus.

Si l'exécution du Contrat est suspendue pendant une période de plus de deux (2) mois, le Prestataire aura le droit de résilier le Contrat immédiatement sur préavis écrit d'au moins trente (30) jours, auquel cas les stipulations de l'article « Résiliation » (19.2 et suivants) du Contrat s'appliqueront. A partir du moment où les obligations du Prestataire ou le Contrat sont suspendus pendant une durée égale ou supérieure à deux (2) mois, les Prestations seront considérées comme finies et acceptées par le Client.

## 19. Résiliation

Toute procédure de résiliation est obligatoirement précédée d'une tentative de négociation et résolution amiable du différend.

### 19.1 Résiliation pour manquement

Si l'une des Parties commet une violation substantielle du Contrat, l'autre Partie peut demander, par écrit, que la Partie défaillante respecte les conditions du Contrat. Si dans un délai de trente (30) jours, ou dans un autre délai dont les Parties auront convenu, après la réception de cette demande, la Partie défaillante n'a pas pris de mesures satisfaisantes pour respecter le Contrat, la Partie non défaillante peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la Partie défaillante une notification écrite à cet effet.

### 19.2 Résiliation pour insolvabilité ou événement similaire ou après suspension prolongée

Si l'une ou l'autre des Parties est en état de cessation des paiements ou devient incapable de répondre à ses obligations financières, ou après une suspension supérieure à deux (2) mois, l'autre Partie peut, sans préjudice de l'exercice des autres droits ou recours dont elle peut disposer, résilier le Contrat en remettant à la première Partie une notification à cet effet. Cette résiliation entrera en vigueur à la date où ladite notification de résiliation est reçue par la première Partie.

### 19.3 Indemnisation pour résiliation

En cas de résiliation du Contrat en totalité ou en partie par le Client ou le Prestataire, conformément aux stipulations des Articles 19.1 ou 19.2, le Client paiera au Prestataire :

- (i) Le solde du prix des Prestations exécutées conformément au Contrat, à la date de résiliation non encore payées, et
- (ii) Les coûts réellement engagés par le Prestataire jusqu'à la date de résiliation pour la réalisation des Prestations y compris si certaines Prestations ne sont pas terminées,
- (iii) les coûts engagés par le Prestataire suite à la résiliation, y compris, mais sans s'y limiter, tous les frais liés à l'annulation de ses contrats de sous-traitance ou de ses contrats avec ses propres fournisseurs et les frais engagés pour toute suspension prolongée (le cas échéant), et
- (iv) un montant raisonnable pour compenser les frais administratifs et généraux du Prestataire du fait de la résiliation, qui ne sera en aucun cas inférieur à quinze (15) pour cent du prix des Prestations restant à effectuer à la date de résiliation.

En cas de résiliation du Contrat due à un événement de Force Majeure conformément à l'Article 16, le Client paiera au Prestataire les montants mentionnés aux alinéas (i), (ii) et (iii) ci-dessus et tous les autres frais raisonnables engagés par le Prestataire suite à l'événement de Force Majeure et à la suspension associée.

### 19.4 Effets de la résiliation

La résiliation du Contrat en totalité ou en partie, pour quelque raison que ce soit, n'affectera pas les stipulations du présent article et des articles concernant la propriété intellectuelle, la confidentialité, la limitation de responsabilité, le droit applicable et le règlement des différends.

## 20. Répartition des risques, responsabilités

**20.1** Le Prestataire n'est pas tenu d'avertir son Client sur les risques encourus déjà connus ou ne pouvant être ignorés du Client compte-tenu de sa compétence. Le devoir de conseil du Prestataire vis-à-vis du Client ne s'exerce que dans les domaines de compétence requis pour l'exécution des Prestations spécifiquement confiées. Tout élément nouveau connu du Client après la fin de la réalisation des Prestations doit être communiqué au Prestataire qui pourra, le cas échéant, proposer la réalisation d'une prestation complémentaire. A défaut de communication des éléments nouveaux ou d'acceptation de la prestation complémentaire, le Client en assumera toutes les conséquences. En aucun cas, le Prestataire ne sera tenu pour responsable des conséquences d'un non-respect de ses préconisations ou d'une modification de celles-ci par le Client pour quelque raison que ce soit. L'attention du Client est attirée sur le fait que toute estimation de quantités faite à partir des données obtenues par prélèvements ou essais ponctuels sur le site objet des Prestations possède une représentativité limitée et donc incertaine par rapport à l'ensemble du site pour lequel elles seraient extrapolées.

**20.2** Le Prestataire est responsable des dommages qu'il cause directement par l'exécution de ses Prestations, dans les conditions et limites du Contrat. A ce titre, il est responsable de ses Prestations dont la défectuosité lui est imputable. Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, la responsabilité totale et cumulée du Prestataire au titre du ou en relation avec le Contrat sera plafonnée au prix total HT du Contrat et à dix mille (10 000) euros pour tout Contrat dont le prix HT serait inférieur à ce montant, quel que soit le fondement de la responsabilité (contractuelle, délictuelle, garantie, légale ou autre). Nonobstant toute clause contraire dans le Contrat ou tout autre document, il est expressément convenu que le Prestataire ne sera pas responsable des dommages immatériels consécutifs et/ou non-consécutifs à un dommage matériel et ne sera pas responsable des dommages tels que, notamment, la perte d'exploitation, la perte de production, le manque à gagner, la perte de profit, la perte de contrat, la perte d'image, l'immobilisation de personnel ou d'équipements, que ceux-ci soient considérés directs ou non.

**20.3** Le Prestataire sera garanti et indemnisé en totalité par le Client contre tous recours, demandes, actions, procédures, recherches en responsabilité de toute nature de la part de tiers au Contrat à l'encontre du Prestataire du fait des Prestations.

## 21. Assurances

Le Prestataire bénéficie d'un contrat d'assurance au titre de la responsabilité décennale afférente aux ouvrages soumis à obligation d'assurance, conformément à l'article L241-1 du Code des assurances. **A ce titre et en toute hypothèse y compris pour les ouvrages non soumis à obligation d'assurance, les ouvrages dont la valeur HT (travaux et honoraires compris) excède au jour de la déclaration d'ouverture de chantier un montant de 15 M€ HT doivent faire l'objet d'une déclaration auprès du Prestataire.** Il est expressément convenu que le Client a l'obligation d'informer le Prestataire d'un éventuel dépassement de ce seuil, et accepte, de fournir tous éléments d'information nécessaires à l'adaptation de la garantie. Au-delà de 15 M€ HT de valeur de l'ouvrage, le Client prend également l'engagement, de souscrire à ses frais un Contrat Collectif de Responsabilité Décennale (CCRD), contrat dans lequel le Prestataire sera expressément mentionné parmi les bénéficiaires. Le Client prendra en charge toute éventuelle sur-cotisation qui serait demandée au Prestataire par rapport aux conditions de base de son contrat d'assurance. Par ailleurs, les ouvrages de caractère exceptionnel, voire inhabituels sont exclus du contrat d'assurance en vigueur et doivent faire l'objet d'une cotation particulière. A défaut de respecter ces

engagements, le Client en supportera les conséquences financières. Le maître d'ouvrage est tenu d'informer le Prestataire de la DOC (déclaration d'ouverture de chantier).

Toutes les conséquences financières d'une déclaration insuffisante quant au coût de l'ouvrage seront supportées par le Client.

## 22. Changement de lois

Si à tout moment après la date du devis du Prestataire au Client, une loi, un règlement, une norme ou une méthode entre en vigueur ou change, et si cela augmente le coût de réalisation des Prestations, ou si cela affecte plus généralement l'une des conditions du Contrat, tel que, mais sans que ce ne soit limitatif, le délai de réalisation ou les garanties, le prix du Contrat sera ajusté en fonction de l'augmentation des coûts subie par le Prestataire du fait de ce changement et supporté par le Client. Les autres conditions du Contrat affectées seront ajustées de bonne foi pour refléter ces changements(s).

## 23. Interprétation, langue

En cas de contradiction ou de conflit entre les termes des différents documents composant le Contrat tel qu'indiqué en article 1, les documents prévalent l'un sur l'autre dans l'ordre dans lequel ils sont énoncés audit article 1. Sauf clause contraire spécifique dans le devis, tout rapport et/ou document objet des Prestations sera fourni en français. Les titres des articles des présentes conditions générales n'ont aucune valeur juridique ni interprétative.

## 24. Cessibilité de Contrat, non-renonciation

Le Contrat ne peut être cédé, en tout ou en partie, par le Client ou le Prestataire à un tiers sans le consentement exprès, écrit, préalable de l'autre Partie. La sous-traitance par le Prestataire n'est pas considérée comme une cession au titre du présent article. Le fait que le Prestataire ne se prévale pas à un moment donné de l'une quelconque des stipulations du Contrat et/ou tolère un manquement par le Client à l'une quelconque des obligations visées dans le Contrat ne peut en aucun cas être interprété comme valant renonciation par le Prestataire à se prévaloir ultérieurement de l'une quelconque desdites stipulations.

## 25. Divisibilité

Si une stipulation du Contrat est jugée par une autorité compétente comme nulle et inapplicable en totalité ou en partie, la validité des autres stipulations du Contrat et le reste de la stipulation en question n'en sera pas affectée. Le Client et le Prestataire remplaceront cette stipulation par une stipulation aussi proche que possible de la stipulation rendue invalide, produisant les mêmes effets juridiques que ceux initialement prévus par le Client et le Prestataire.

## 26. Litiges - Attribution de juridiction

LE PRESENT CONTRAT EST SOUMIS AU DROIT FRANÇAIS ET TOUT LITIGE RELATIF AUDIT CONTRAT (SA VALIDITE, SON INTERPRETATION, SON EXISTENCE, SA REALISATION, DEFECTUEUSE OU TOTALE, SON EXPIRATION OU SA RESILIATION NOTAMMENT) SERA SOUMIS EXCLUSIVEMENT AU DROIT FRANÇAIS.

A DEFAUT D'ACCORD AMIABLE DANS UN DELAI DE 30 JOURS SUIVANT L'ENVOI D'UNE CORRESPONDANCE FAISANT ETAT D'UN DIFFEREND, TOUT LITIGE SERA SOUMIS POUR RESOLUTION AUX JURIDICTIONS DU RESSORT DU SIEGE SOCIAL DU PRESTATAIRE QUI SONT SEULES COMPETENTES, ET AUXQUELLES LES PARTIES ATTRIBUENT COMPETENCE EXCLUSIVE, MEME EN CAS DE DEMANDE INCIDENTE OU D'APPEL EN GARANTIE OU DE PLURALITE DE DEFENDEURS. LA LANGUE DU CONTRAT ET DE TOUT REGLEMENT DES LITIGES EST LE FRANÇAIS.

NOVEMBRE 2018

## Enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

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

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

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

**Classification des missions d'ingénierie géotechnique en page suivante**

Février 2014

## Classification des missions d'ingénierie géotechnique (Norme NF P 94-500)

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

### ETAPE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases:

#### Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

#### Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

### ETAPE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases:

#### Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

#### Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.

- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

#### Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participé à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

### ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

#### Phase Étude

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

#### Phase Suivi

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

### SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

#### Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

#### Phase Supervision du suivi d'exécution

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

### A TOUTES ETAPES : DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)

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

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

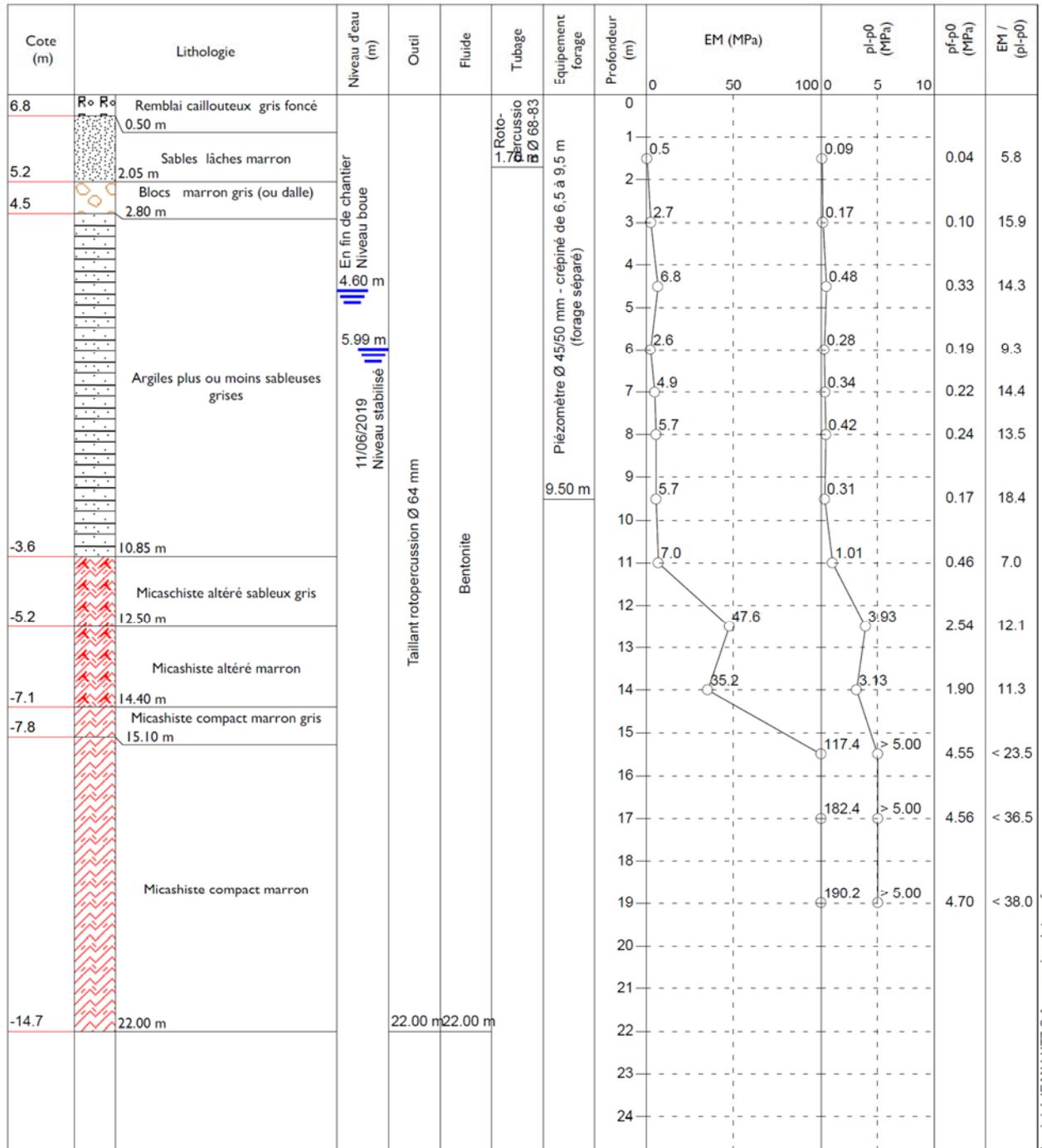
Février 2014

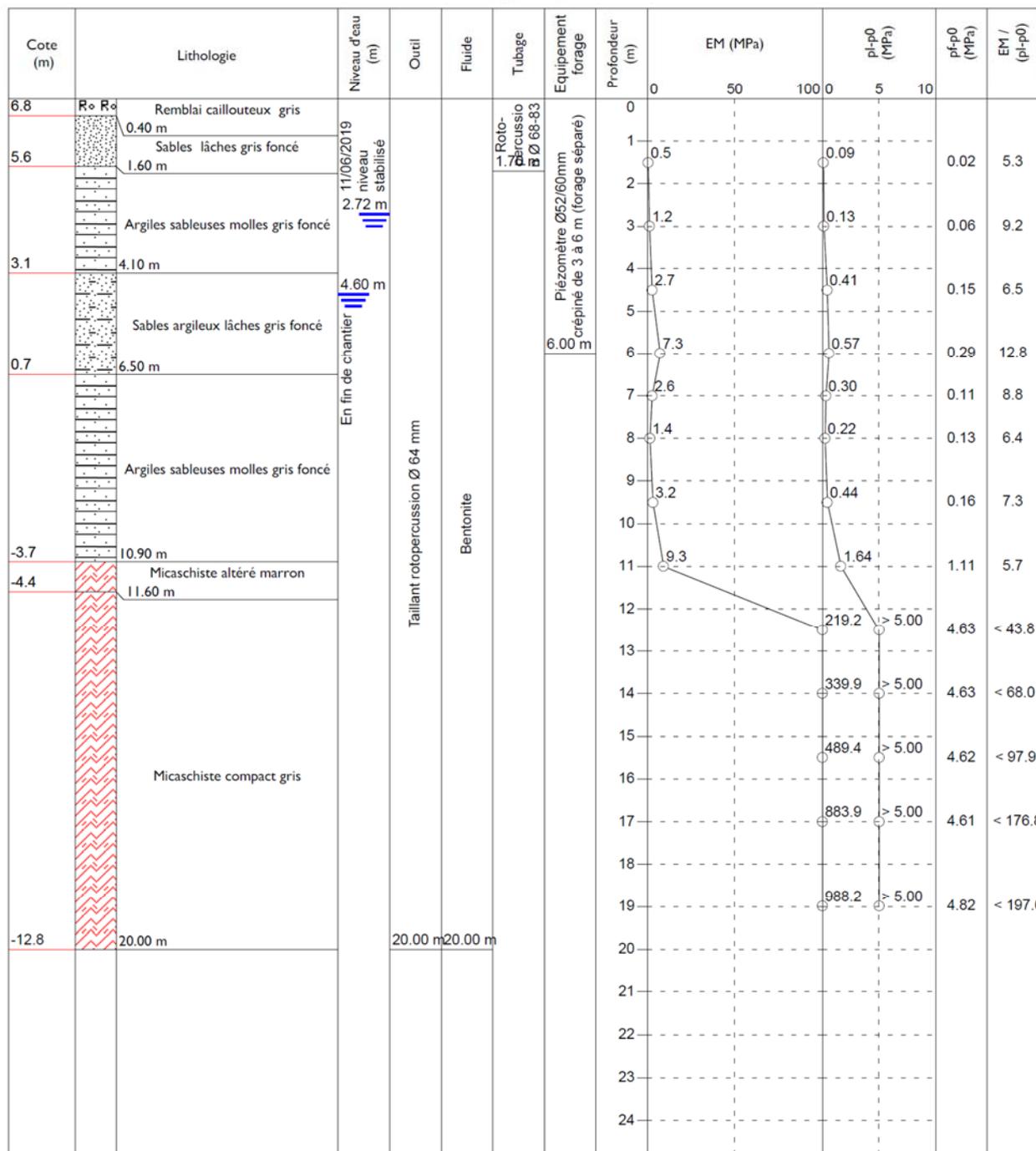


**Annexe I - Plan d'implantation des sondages et coupes des piézomètres**



Plan d'implantation du piézomètre et des sondages au droit du site

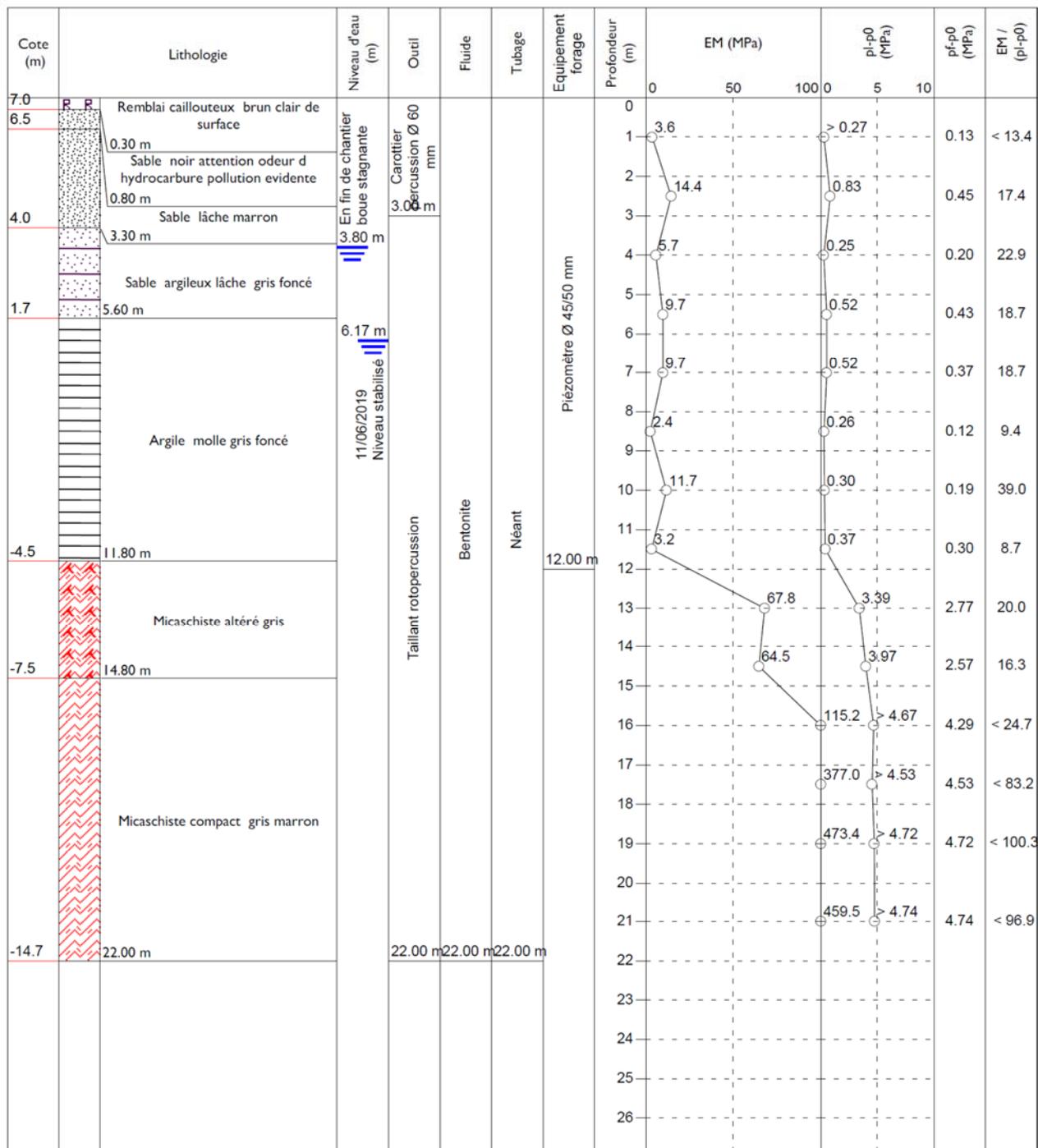




Sondage : PZ3

EXGTE B3.20.11/GTE

Cote (m)	Lithologie	Niveau d'eau (m)	Outil	Fluide	Tubage	Equipement forage
6.86 m						
6.66 m						
6.46 m	Briques (remblais de surface)					
	Remblai caillouteux brun clair					
5.26 m	Sables marron	1.00 m				
2.86 m	Argiles sableuses molles gris foncé	Fin de forage	Taillant rotoperçusion Ø 89 mm	Air	Néant	Piézomètre Ø 45/50 mm crépiné de 3 à 6 m
1.36 m	Sables argileux gris foncé	4.85 m				
0.86 m	Argile sableuse molle grise	11/06/2019 Niveau stabilisé				



## Annexe 2 - Mesures de perméabilité

**TEST DE PERMEABILITE  
EN FORAGE OUVERT**

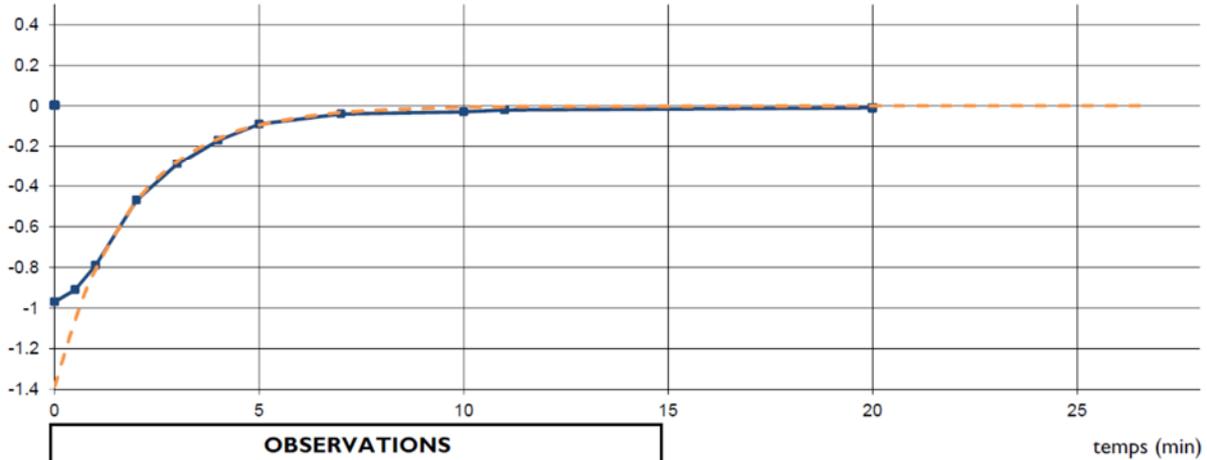
réalisé conformément à la norme NF EN ISO 22282-2  
FTQ 234-3

AFFAIRE N° : AN.19.0024-ETH  
CHANTIER : Ilot ADAM  
SONDAGE N° : PRI+PZ  
DATE : 04/06/2019  
PROFONDEUR DE L'ESSAI : de 6.50 à 9.50 m

TYPE DE L'ESSAI : LEFRANC  
MODE OPERATOIRE : PAR POMPAGE  
DEBIT D'ESSAI :

LONGUEUR DE LA CAVITE D'ESSAI : L = 3.00 m  
DIAMETRE DE LA CAVITE D'ESSAI : D = 0.064 m  
ELANCEMENT DE LA CAVITE : L/D = 46.9  
FACTEUR DE FORME : m = F/D = 64.9  
PROFONDEUR DE LA NAPPE : h<sub>0</sub> = 6.43 m

Variation de la charge hydraulique h durant le pompage (m)



**OBSERVATIONS**

Vérifié par:

**COEFFICIENT DE PERMEABILITE**  
**PHASE DE POMPAGE** m/s  
**RETOUR A L'EQUILIBRE** 6.9E-06 m/s

**PHASE 1 : POMPAGE**

durée corrigée (min)	charge hydraulique h(m)

durée corrigée (min)	charge hydraulique h(m)

**PHASE 2 : RETOUR A L'EQUILIBRE**

durée corrigée (min)	charge hydraulique h(m)
0	0.60
0.5	0.66
1	0.78
2	1.10
3	1.28
4	1.40
5	1.48
7	1.53
10	1.54
11	1.55
20	1.56

durée corrigée (min)	charge hydraulique h(m)



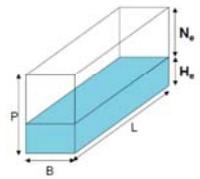




	IMPORT 1	IMPORT 2	IMPORT 3	IMPORT 4	IMPORT 5	IMPORT 6
Sondage :	M1	M2				
Geolocalisation :						
Longueur L (m) :	1.40	1.30				
Largeur B (m) :	0.53	0.55				
Profondeur P (m) :	1.40	1.45				
Date debut saturation :	10/09/2019 09:30	10/09/2019 10:00				
Date debut essai :	10/09/2019 09:40	10/09/2019 10:10				
Nature du sol :	Sable	Sable				
Météo :	Ensoleillé	Ensoleillé				
Vent :	Faible	Faible				
Température :	15.00	15.00				
Observations :						

	IMPORT 1		IMPORT 2		IMPORT 3		IMPORT 4		IMPORT 5		IMPORT 6	
	Durée (min)	Mesure (cm)										
	0	120.0	0	120.0								
	1	130.0	1	123.0								
	2	140.0	2	126.0								
			3	127.0								
			4	129.0								
			5	131.0								
			6	132.0								

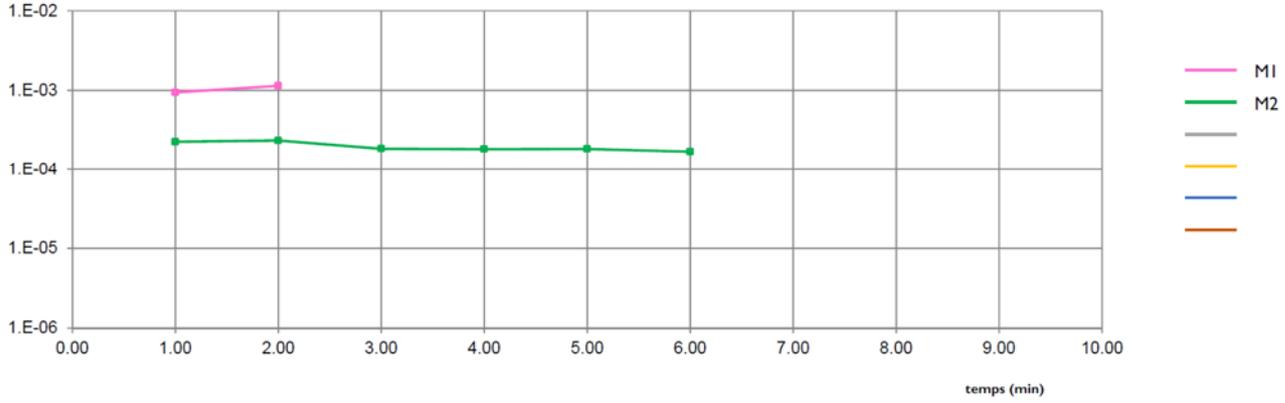


niveau d'eau / sol  
 choisir le type de mesures réalisées:  
 - niveau d'eau / sol  $N_e$   
 - charge hydraulique  $H_e$

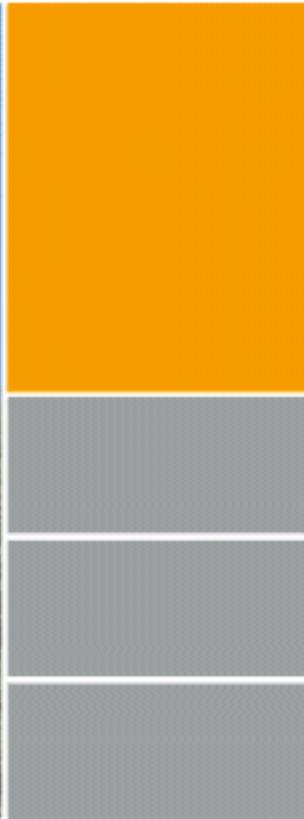
**RESULTATS DES ESSAIS**

N° ESSAI :	ESSAI :	DATE ESSAI :	PERMEABILITE :
1	M1	10/09/2019	1.0E-03 m/s
2	M2	10/09/2019	2.0E-04 m/s

Perméabilité instantanée (m/s)



OBSERVATIONS :



**fondasol**

TERRITOIRE(S) D'EXIGENCE

[www.fondasol.fr](http://www.fondasol.fr)

