




## Construction d'une piscine

Rue Edouard Crémieux

MARSEILLE (13)

\*\*\*\*\*

Etude hydrogéologique (G5)

<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>	25/04/2025	27	INTEGRATION DES DONNEES DU SUIVI PIEZOMETRIQUE REALISE PAR GEOTEC
<b>A</b>	07/04/2025	28	PREMIERE DIFFUSION
INDICE	DATE	Nb de pages	MODIFICATIONS- OBSERVATIONS
<b>REDACTEUR</b>		<b>RELECTEUR</b>	<b>APPROBATEUR</b>
E. JOUINES		J. LAGREE	S. TURLE
			



**GEOTERRIA**

**42 Avenue Irène et Jean Frédéric**

**Joliot Curie**

**83130 LA GARDE**

**Dossier n°A25.0316**

*Le présent rapport comporte 27 pages. Sauf autorisation écrite préalable, sa reproduction n'est autorisée que dans son intégralité. Toute modification ou utilisation frauduleuse sera passible de poursuites.*

# SOMMAIRE

<b>I</b>	<b>CONTEXTE DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
I1.	CARACTERISTIQUES DU PROJET	3
I2.	LOCALISATION DU SITE	3
I3.	DEFINITION DE LA MISSION	4
I4.	DOCUMENTS REMIS POUR L'ETUDE	4
<b>II</b>	<b>CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE</b>	<b>5</b>
<b>III</b>	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE</b>	<b>7</b>
III1.	GEOLOGIE REGIONALE	7
III2.	GEOLOGIE AU DROIT DU SITE	7
<b>IV</b>	<b>CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE</b>	<b>8</b>
IV1.	L'AQUIFERE EN PRESENCE	8
IV2.	USAGES DE LA NAPPE DANS LE SECTEUR	8
IV3.	COTE DE LA NAPPE	10
IV4.	PIEZOMETRE D'ARCHIVE	11
IV5.	ESSAI DE PERMEABILITE	12
<b>V</b>	<b>EVALUATION DES NIVEAUX DE PLUS HAUTES EAUX (NPHE)</b>	<b>13</b>
V1.	CADRE NORMATIF	13
V2.	DETERMINATION DU $N_{ETIAGE}$	14
V3.	DEFINITION DE L'APPROCHE DE CALCUL DU BATTEMENT INTERANNUEL	14
V4.	ESTIMATIONS DES BATTEMENTS INTERANNUELS DE LA NAPPE AU DROIT DU SITE	15
V5.	TRANSMISSION D'UNE ONDE DE CRUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE (A)	15
V6.	INFLUENCE DES POMPAGES DU SECTEUR (R)	15
V7.	EFFET BARRAGE DES INFRASTRUCTURES (BA)	15
V8.	ESTIMATION DES NIVEAUX CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE AU DROIT DU PROJET	16
<b>VI</b>	<b>ESTIMATION DU DEBIT RESIDUEL DE POINTE</b>	<b>17</b>
VI1.	RABATTEMENTS A ATTEINDRE	17
VI2.	PARAMETRES RETENUS POUR LES CALCULS	17
VI3.	METHODE DE CALCUL	17
VI4.	DEBITS DE POMPAGES RETENUS	18
<b>VII</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>19</b>
	ANNEXES	20
	✓ ESSAI DE PERMEABILITE	
	✓ CONDITIONS GENERALES	
	✓ MISSIONS GEOTECHNIQUES	

# I CONTEXTE DE L'ETUDE

## I1. CARACTERISTIQUES DU PROJET

Le projet, porté par la société EUROMEDITERRANEE, prévoit la construction d'une piscine et de combles sur un niveau de sous-sol. Les cotes plancher des niveaux bas sont prévues entre les cotes +2,72 m NGF et 4,59 m NGF. Au regard de ces données, les cotes basses de terrassement prévisionnelles seraient comprises entre 1,87 m NGF et 3,7 m NGF.

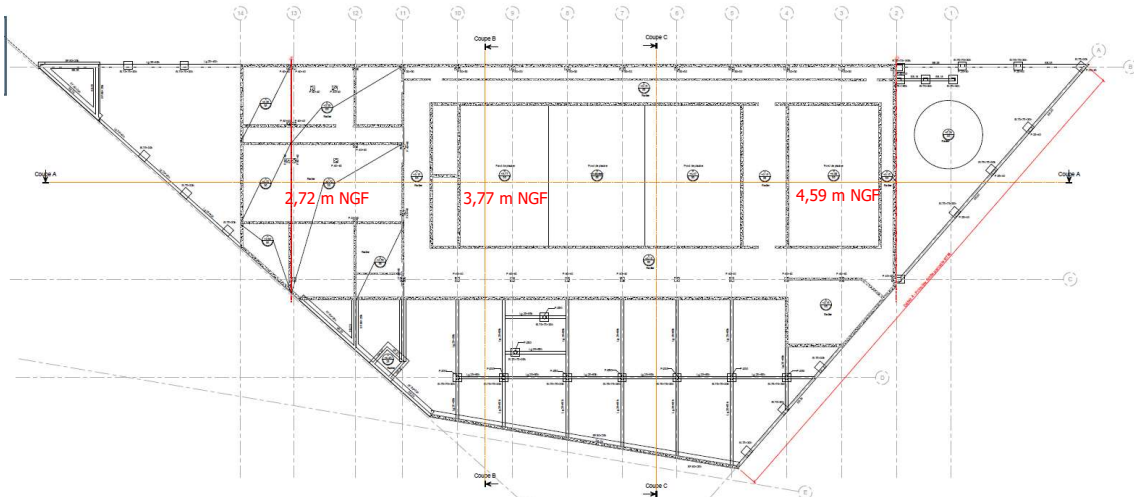


Figure 1 : Plan des fondations (source : LAMOUREUX RICCIOTTI - 1201 - Décembre 2024)

## I2. LOCALISATION DU SITE

Le projet est situé rue Edouard Crémieux, au Nord-Ouest du 3<sup>ème</sup> arrondissement de MARSEILLE (13).

Les parcelles concernées par le projet présentent une surface totale de 2 670 m<sup>2</sup>.

Le site est globalement plat et s'établit entre les cotes altimétriques +4,3 m NGF (au Nord-Ouest) et +9,7 m NGF (à l'Est).

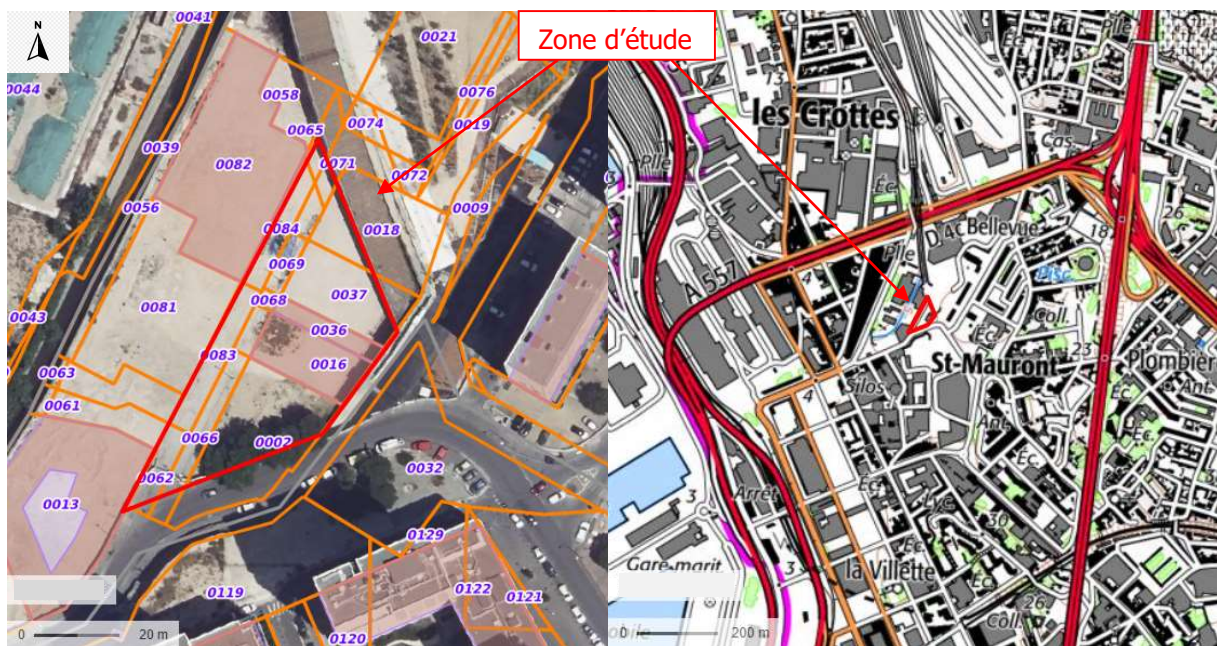


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude (Géoportail, 2023)

### **I3. DEFINITION DE LA MISSION**

La mission confiée de type G5 selon la norme NFP 94-500 porte sur les points suivants :

- Une synthèse hydrogéologique du site ;
- La détermination du Niveau des Plus Hautes Eaux (NPHE) des eaux souterraines selon les récurrences définies dans les Eurocodes afin d'optimiser les principes de construction des sous-sols ;
- L'estimation des débits d'exhaure en phase travaux, durant la construction des ouvrages enterrés.

*Tout rejet d'eau au réseau d'eaux pluviales est soumis, à déclaration au titre des articles L214-1 et suivants du code de l'environnement. Cette mission n'intègre pas le montage du dossier de déclaration au titre de la Loi sur l'Eau et ni la demande d'autorisation de rejet auprès du concessionnaire du réseau d'eaux pluviales.*

Les textes réglementaires sur lesquels repose notre étude sont les suivants :

- NF P 94-500, 30 novembre 2013 - Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications ;
- NF EN 1997 - 1 juin 2005 - Eurocode 7 : Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales, et son amendement NF EN 1997-1/A1 d'Avril 2014 ;
- NF EN 1997 - 2 septembre 2007 - Eurocode 7 : Calcul géotechnique - Partie 2 : reconnaissance des terrains et essais.

### **I4. DOCUMENTS REMIS POUR L'ETUDE**

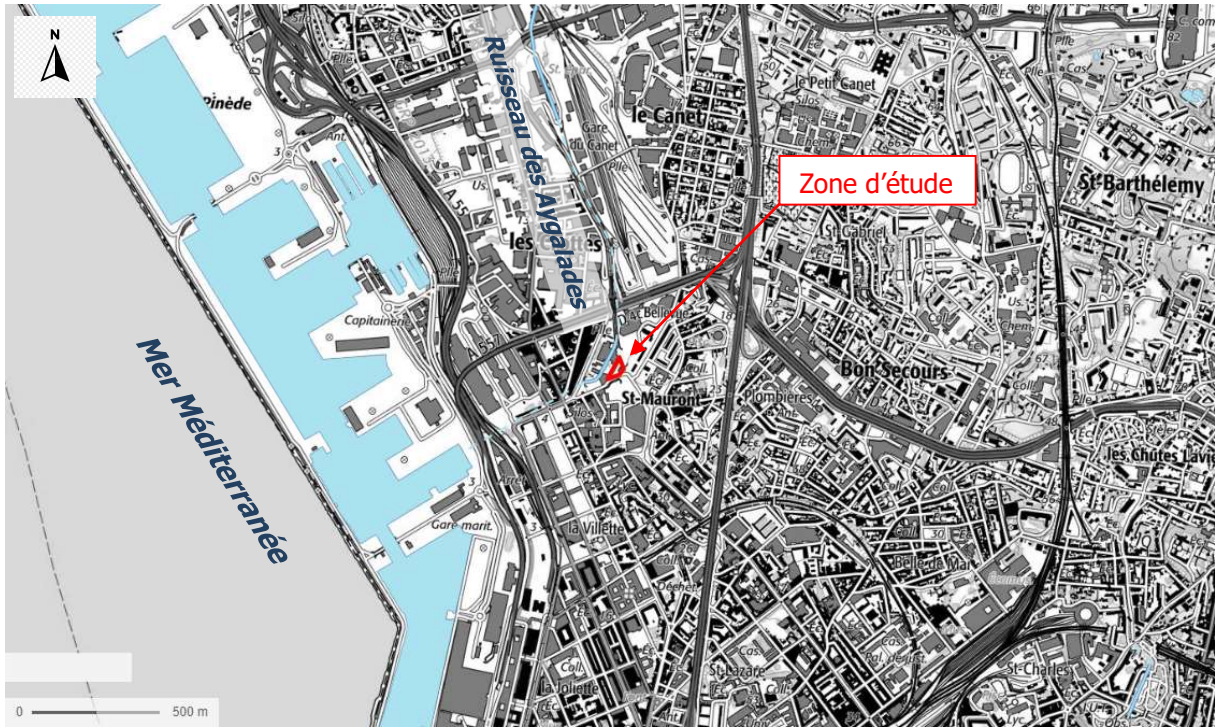
Les documents portés à notre connaissance pour cette prestation d'étude hydrogéologique sont :

- Rapport d'étude géotechnique de type G2 AVP n°2024/0318/G2/AVP/STE du 05/11/2024 ;
- Des mesures piézométriques effectuées entre novembre 2024 et février 2025 par APC INGENIERIE ;
- Des mesures piézométriques effectuées entre janvier 2024 et mars 2025 par GEOTEC ;
- Plans du projet.



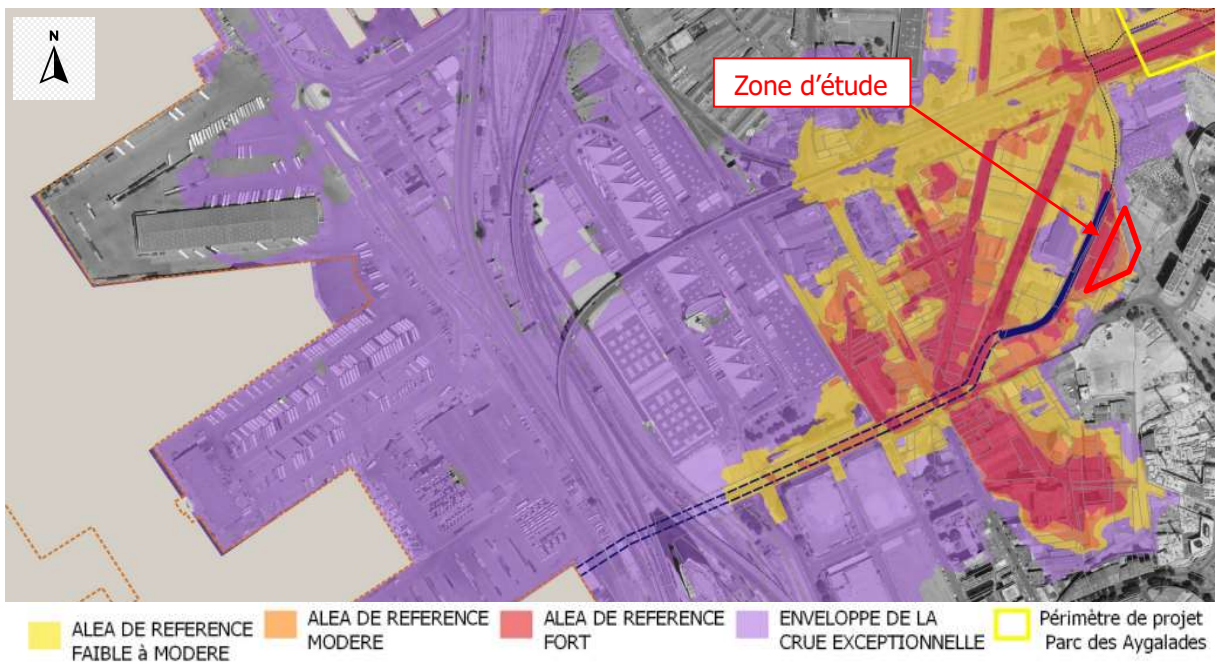
## II CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

Le terrain étudié est compris dans le bassin versant du ruisseau des *Aygalades* qui s'écoule vers le Sud-Ouest à environ 30 m à l'Ouest du site. Ce ruisseau se rejette dans la mer Méditerranée à 635 au Sud-Ouest du Site.



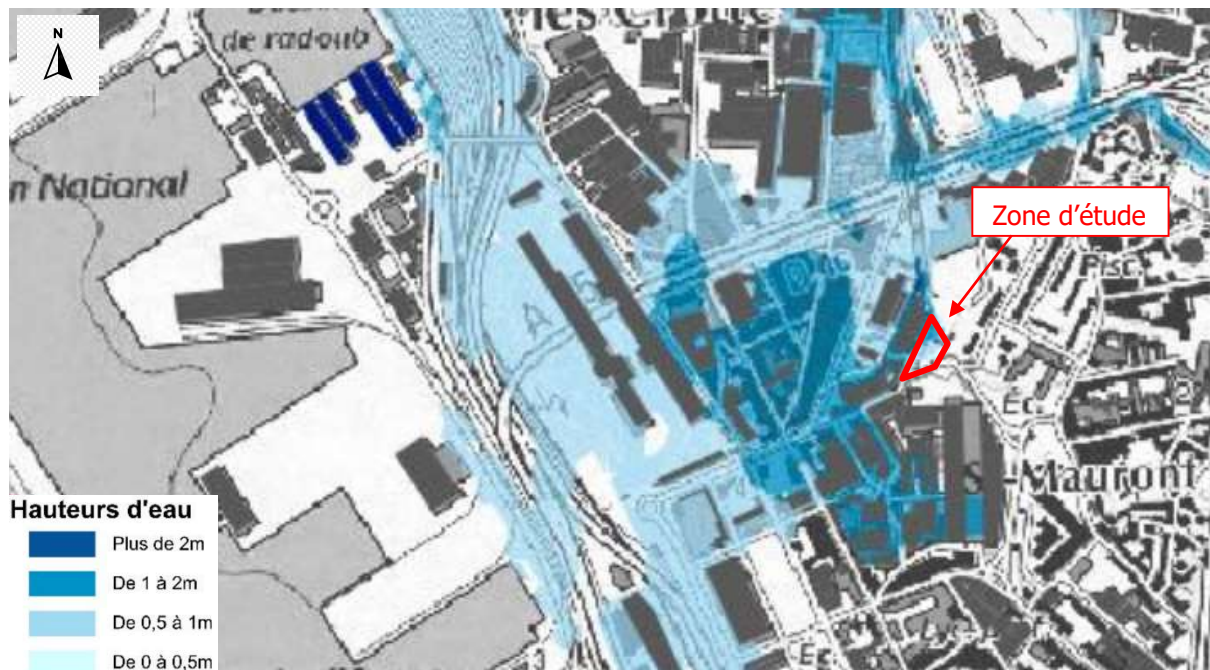
**Figure 3 : Contexte hydrographique dans les environs du site (Source : Géoportail)**

La commune dispose du PPRI Aygalades dont un extrait est présenté ci-dessous, il localise le site dans l'aléa de référence modéré.



**Figure 4 : Extrait de l'atlas des zones inondables dans le secteur d'étude (source : <https://www.bouches-du-rhone.gouv.fr>)**

La figure suivante présente un extrait de la carte des surfaces inondables, scénario extrême, renseigné dans le TRI de Marseille/ Aubagne (Territoires à risques importants d'inondation). Le projet est partiellement situé en zone concernée par une inondation comprise entre 1 et 2m.



**Figure 5 : Extrait de la carte des surfaces inondables dans le secteur d'étude**



### III CONTEXTE GEOLOGIQUE

#### III.1. GEOLOGIE REGIONALE

D'après la carte géologique au 1/50 000<sup>ème</sup> (Feuille n°1044 de AUBAGNE-MARSEILLE), la géologie locale du sous-sol est représentée, sous de potentiels remblais, par des alluvions récentes, reposant sur les formations du Stampien.



Figure 6 : Extrait de la carte géologique du secteur (Source : Infoterre)

#### III.2. GEOLOGIE AU DROIT DU SITE

Les travaux de forage menés par GEOTERRIA dans le cadre de l'étude géotechnique G2 AVP, permettent d'établir la coupe suivante, depuis la surface.

**Tableau 1 : Coupe lithologique des terrains recoupés au droit des investigations géotechniques**  
(Source : GEOTERRIA, G2 AVP - 05/11/2024)

Lithologie	S1P1	S2P2	S3P3	Pz	SP4	SP102	SP103
Remblai - cailloux sables (m/TN)	0 - 1,2	0 - 1,1	0 - 1,6	0 - 4,5	0 - 5,5	0 - 0,8	0 - 2
Argile (m/TN)	1,2 - 6	1,1 - 8	1,6 - 5,8	4,5 - 12	5,5 - 14,5	0,8 - 6	2 - 18
Argile caillouteuse (m/TN)	-	-	5,8 - 8	-	-	6 - 13,7	18 - 20,8
Marne graveleuse (m/TN)	-	-	-	-	14,5 - 20	13,7 - 18	20,8 - 25

*Remarque : les profondeurs des différentes couches n'impliquent en rien qu'il ne puisse exister d'anomalie de la stratigraphie entre les sondages.*

## IV CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

### IV1. L'AQUIFERE EN PRESENCE

Au vu du contexte géologique, une nappe superficielle sans doute peu productive est présente dans les premiers mètres de sols, à la faveur des horizons sableux des alluvions.

Les cartes de Géorisques indiquent que le terrain étudié est localisé au droit d'une zone sujette aux débordements de nappe (fiabilité faible).

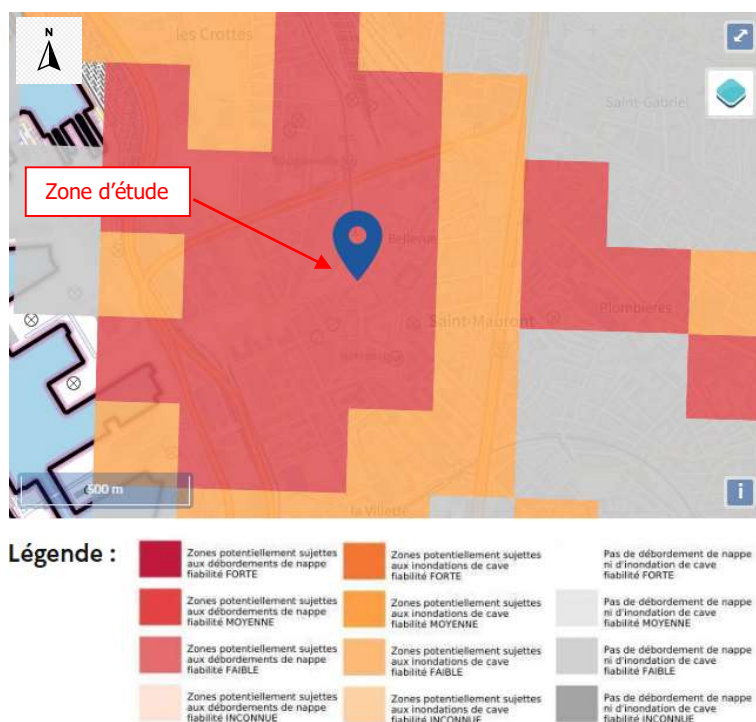


Figure 7 : Extrait de la cartographie des remontées de nappe sur le secteur d'étude (Géorisques)

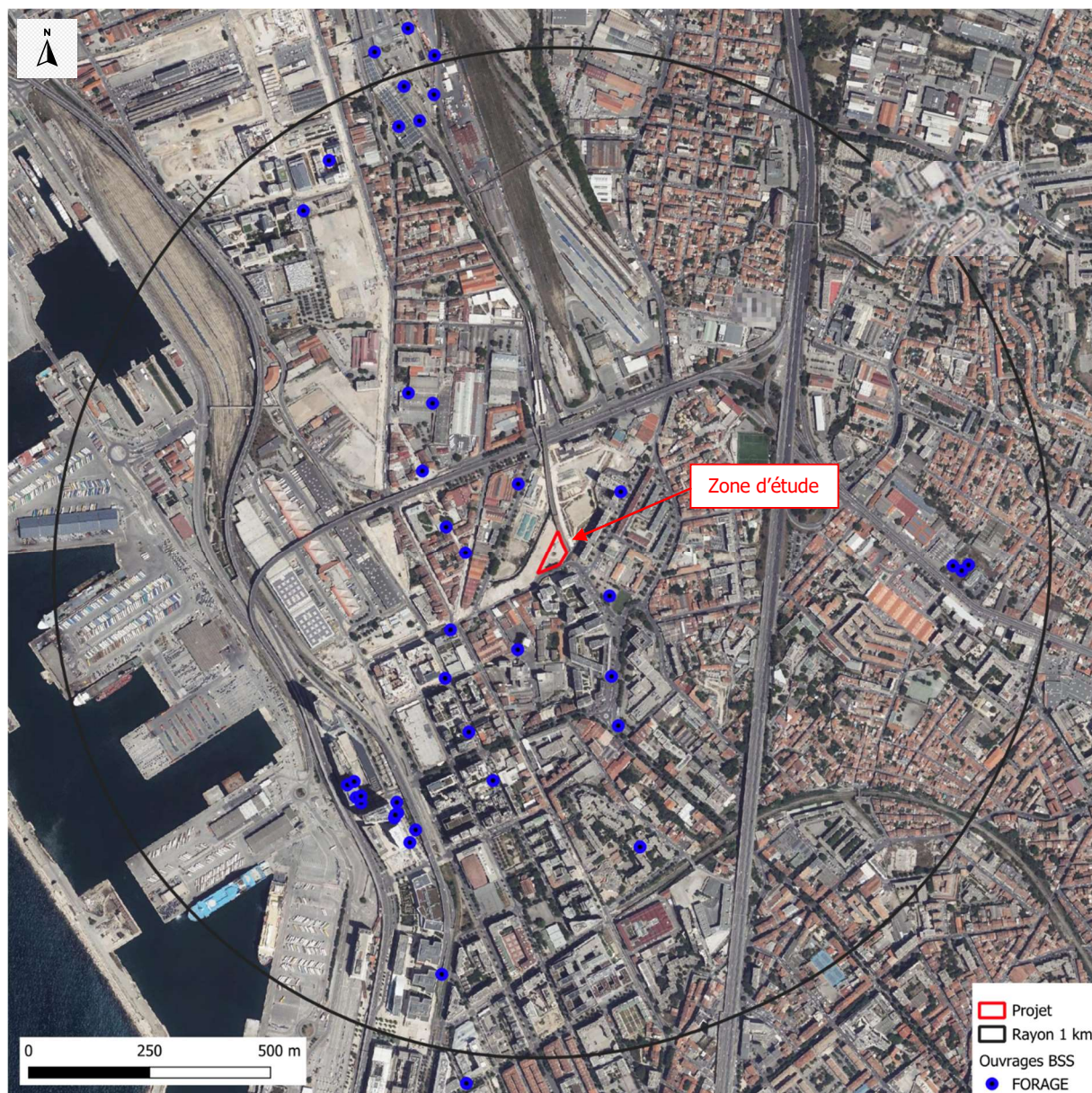
### IV2. USAGES DE LA NAPPE DANS LE SECTEUR

Les différentes bases de données renseignent de nombreux ouvrages dans un rayon d'1 km autour du site. Les principales caractéristiques des ouvrages les plus proches sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Caractéristiques principales des ouvrages recensés dans le secteur d'étude

Identifiant BSS	Usage	Altimétrie TN (m NGF)	Prof de l'ouvrage (m/TN)	Prof de la nappe (m/TN)	Date de la mesure en eau	Distance par rapport au site
BSS002KTPV	Forage	5,48	25,2	3,05	22/05/2002	130m au Nord-Ouest
BSS002KTGR	Forage	9,28	21,5	7,3	01/07/1978	120 m au Sud-Est
BSS002KRXT	Forage	2,65	33,1	0,7	14/09/1977	150 m à l'Ouest
BSS002KRXS	Forage	3,1	33	1,6	14/09/1977	210 m à l'Ouest
BSS002KSNS	Forage	4	68	1	24/06/1939	150 m au Sud/Sud-Ouest
BSS002KRXU	Forage	2,73	34	3,4	14/09/1977	210 m au Sud-ouest
BSS002KRZH	Forage	10	20	3,3	1/11/1975	270 m au Nord-est
BSS002KRXV	Forage	4,56	34,7	4	14/09/1977	280 m au Sud-ouest
BSS002KTGK	Forage	4,91	19,5	4,2	1/07/1978	250 m au Sud-est





**Figure 8 : Localisation des ouvrages recensés à proximité (source : Infoterre)**

Il est également à noter que le cadastre ne recense aucun puits de particuliers, à proximité du site d'étude.

IV3. COTE DE LA NAPPE

Trois ouvrages piézométriques notés Pz, SP102+Pz et SP103+Pz, ont été mis en place par GEOTERRIA en octobre 2024 et sont localisés sur la figure 9.

Un suivi des niveaux a été réalisé au droit de ces ouvrages entre novembre 2024 et février 2025. Ces relevés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Relevés piézométriques réalisés

Date des mesures	Pz (4,3 m NGF)		SP102+Pz (5,34 m NGF)		SP103+Pz (4,4 m NGF)	
	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)
29/01/2024	3,38	-	-	-	-	-
06/11/2024	3,12	1,18	3,42	1,98	2,48	1,92
18/11/2024	3,24	-	-	-	-	-
20/11/2024	3,16	1,14	3,48	1,92	2,51	1,89
06/12/2024	3,30	1,00	3,26	2,14	2,58	1,82
08/01/2025	3,26	1,04	3,19	2,21	2,55	1,85
07/02/2025	3,18	1,12	3,22	2,18	2,51	1,89
18/03/2025	3,20	-	-	-	-	-

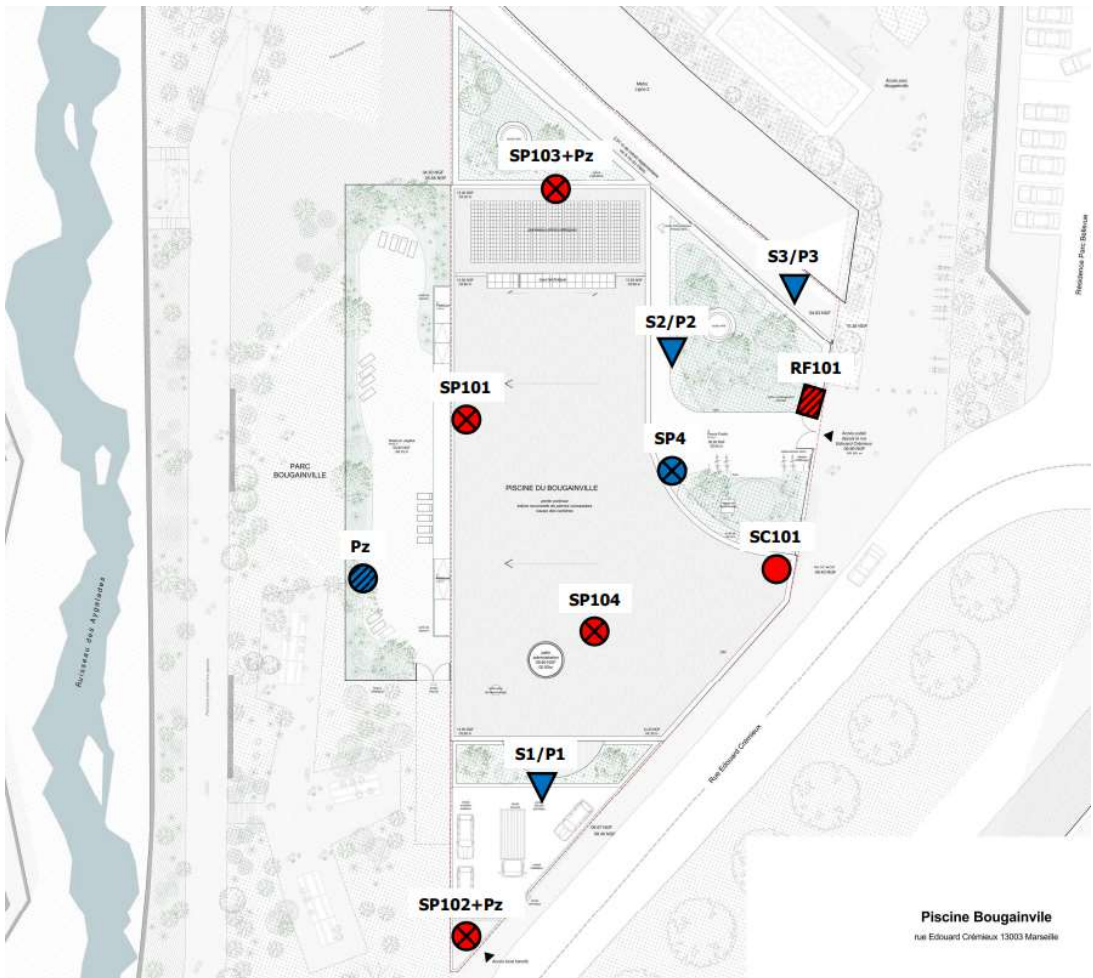


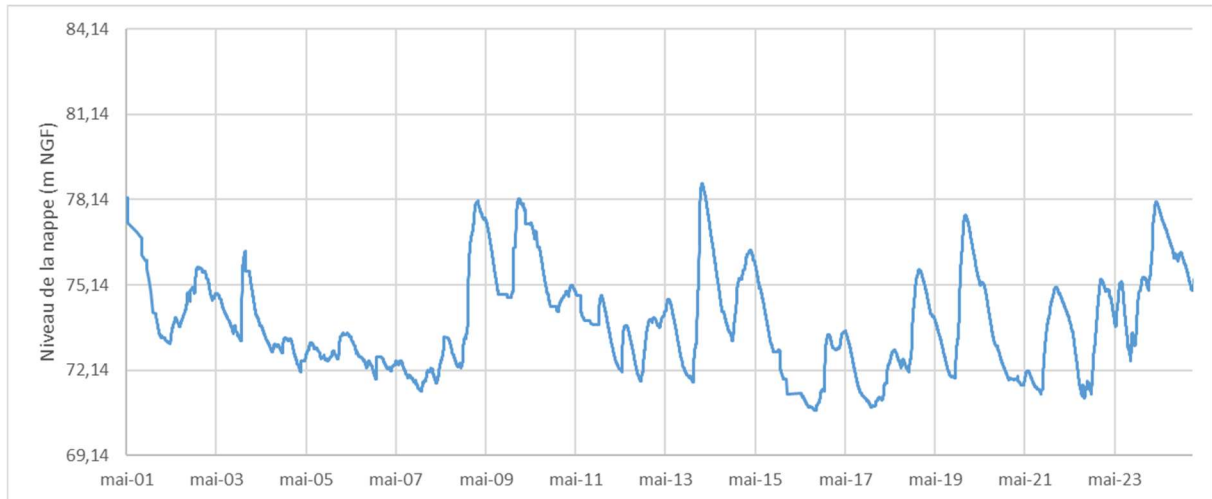
Figure 9 : Localisation des piézomètres (Source : GEOTERRIA - G2AVP du 05/11/2024)



#### IV4. PIEZOMETRE D'ARCHIVE

Afin d'apprécier les fluctuations saisonnières et interannuelles de la nappe, et compte-tenu des similitudes climatiques avec le site d'étude, nous allons utiliser le suivi piézométrique effectué sur l'ouvrage BSS002KZMC localisé à 12 km environ à l'Est du site. Cet ouvrage implanté à 15 m de profondeur, intercepte des terrains alluvionnaires. Aussi, la masse d'eau interceptée est la même que celle au droit du projet et permet de voir l'influence des précipitations sur l'aquifère de subsurface.

La chronique piézométrique de cet ouvrage est présentée sur la figure ci-dessous.



**Figure 10 : Chronique piézométrique de l'ouvrage BSS002KZMC (1991-2024) (source : ADES)**

On observe sur la chronique piézométrique enregistrée au droit de cet ouvrage de référence :

- Un niveau maximal de la nappe à 78,72 m NGF (mars 2014) ;
- Un niveau minimal de la nappe à 70,74 m NGF (août 2016) ;
- Un niveau moyen de 73,76 m NGF et médian de 73,45 m NGF ;
- Un battement maximal de 7,98 m.

Il est à noter qu'en l'absence de suivi de très longue durée au droit du projet, nous considérerons que les battements observés au droit de cet ouvrage sont transposables au droit du site en appliquant un facteur de 0,5.



#### **IV5. ESSAI DE PERMEABILITE**

Un essai de perméabilité a été réalisé par GEOTERRIA au droit du sondage SP104 interprété en régime transitoire à la descente après injection d'eau préalable dans le forage.

Les résultats de cet essai sont rappelés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 4 : Résultat de l'essai de perméabilité**

Ouvrage testé	Profondeur testée (m/TN)	Lithologie	Perméabilité (m/s)
SP104	-2,0 à -3,5	Limons argileux	$2,0.10^{-5}$

Cet essai met donc en évidence une perméabilité relativement bonne des terrains.

Néanmoins, la valeur donnée ci-avant n'est représentative que d'une perméabilité locale et peut être notamment différente de la perméabilité en grand. Un essai ponctuel ne se substitue pas à un essai de pompage en grand. Compte tenu des risques de variations de perméabilité aussi bien verticalement qu'horizontalement au sein des terrains alluvionnaires, nous prendrons en compte une perméabilité sécuritaire majorée de  **$1.10^{-4}$  m/s**.

## V EVALUATION DES NIVEAUX DE PLUS HAUTES EAUX (NPHE)

### V1. CADRE NORMATIF

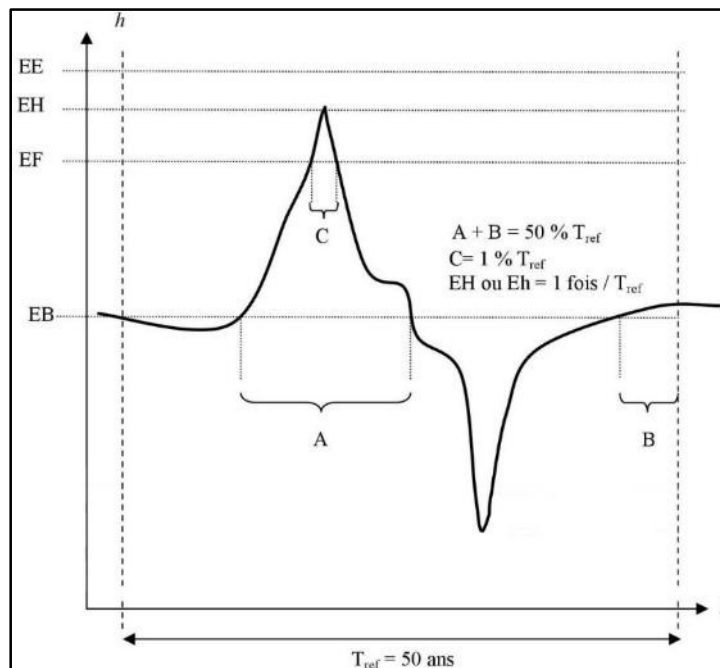
La nappe identifiée au droit du site est peu connue dans l'environnement proche du site d'étude. Les fluctuations précises de la nappe au droit du projet ne pourront être approchées qu'à l'issue d'un suivi piézométrique durant plusieurs années complètes.

La présente estimation des niveaux EB, EH et EE s'effectue donc sur la base des mesures effectuées à la suite de la pose des piézomètres et de données bibliographiques.

Ainsi, à partir des données bibliographiques ainsi que du relevé piézométrique effectué sur un piézomètre de référence voisin, nous proposons de retenir, comme estimation de niveaux de référence selon les Eurocodes, les paramètres suivants :

- EB : le niveau susceptible d'être dépassé 50% 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).

Ces niveaux peuvent être traduits avec les occurrences de durées suivantes et sont représentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 11 : Représentation schématique des niveaux caractéristiques - Extrait du courrier du CNJOG (Commission de Normalisation Justification des Ouvrages Géotechniques datant du 24/02/2014)**

## V2. DETERMINATION DU N<sub>ÉTIAGE</sub>

Considérant l'absence de suivi de longue durée au droit du site, il n'est pas possible de définir le niveau d'étiage de cette nappe au droit du projet. Aussi, pour la suite de l'étude, nous considérerons les niveaux mesurés à la date du 06/12/2024.

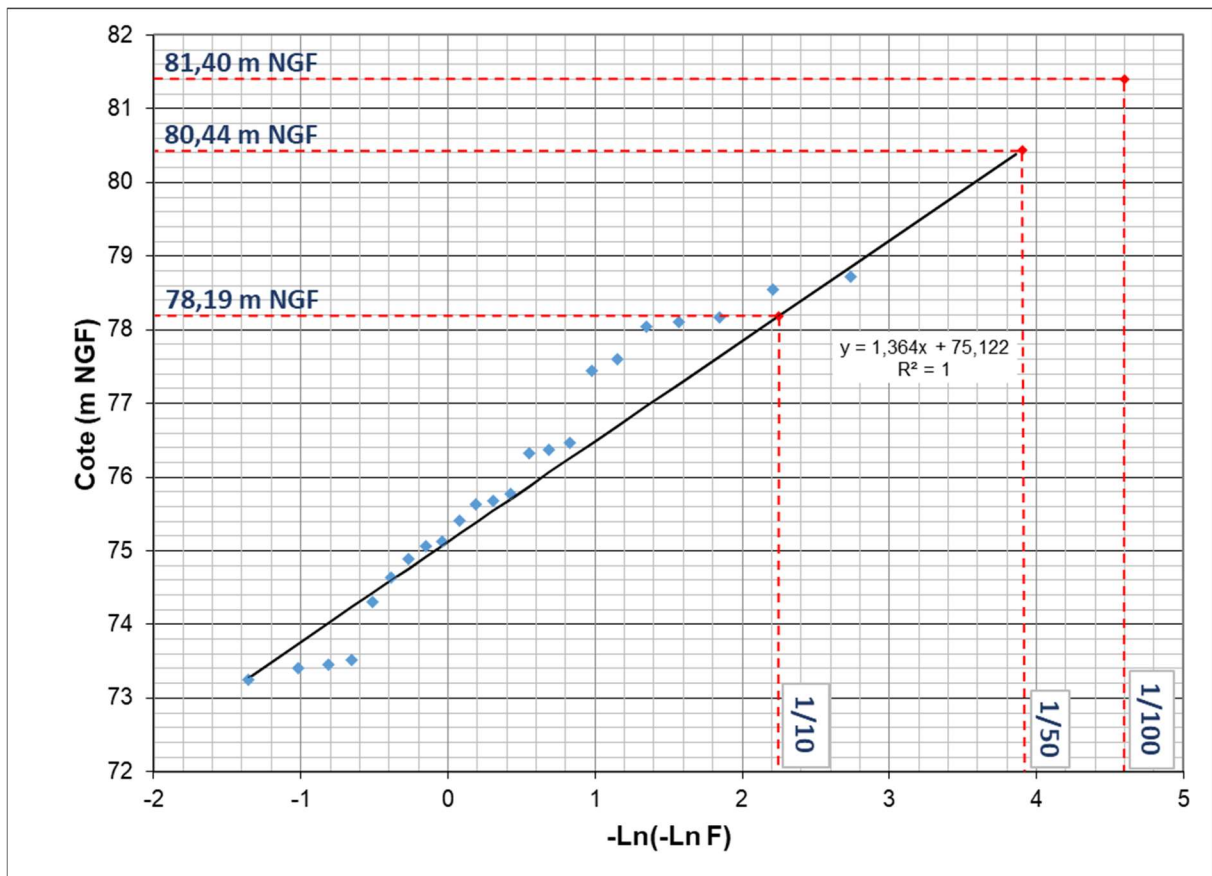
Aussi, pour la suite de l'étude, nous considérerons les niveaux d'étiage suivants :

- N<sub>étiage</sub> **Pz**  $\approx 1,00$  m NGF, soit -3,3 m/TN ;
- N<sub>étiage</sub> **SP102+Pz**  $\approx 2,1$  m NGF, soit -3,3 m/TN ;
- N<sub>étiage</sub> **SP103+Pz**  $\approx 1,8$  m NGF, soit -2,6 m/TN.

## V3. DEFINITION DE L'APPROCHE DE CALCUL DU BATTEMENT INTERANNUEL

Les cotes de nappe haute mesurées dans l'ouvrage de référence présenté dans la chronique en figure 10 (24 valeurs au total par ouvrage) ont ensuite été ajustées par la méthode de GUMBEL.

La méthode de GUMBEL permet d'estimer les niveaux hauts de la nappe correspondants à un certain temps de retour, c'est-à-dire à une certaine probabilité d'apparition donnée. L'analyse fréquentielle d'une longue série de mesures de niveaux hauts permet d'estimer le temps de retour d'une valeur particulière.



**Figure 12 : Ajustement des niveaux maximaux annuels de l'ouvrage BSS002KZMC par la loi de Gumbel (période de 2001 à 2024)**



#### **V4. ESTIMATIONS DES BATTEMENTS INTERANNUELS DE LA NAPPE AU DROIT DU SITE**

Le tableau suivant reprend les profondeurs obtenues au droit de l'ouvrage en cas de pluviométrie de récurrences décennale, cinquantennale et centennale. Les battements de nappe ont été estimés par rapport au niveau d'eau mesuré le 06/12/2024, soit 75,79 m NGF.

**Tableau 5 : Battements estimés au droit de l'ouvrage BSS002KZMC par la loi de GUMBEL**

	Niveau mesuré le 06/12/2024 (m NGF)	Décennale	Cinquantennale	Centennale
Cote de BSS002KZMC (m NGF)	75,79	78,2	80,4	81,4
<b>Battement estimé pour BSS002KZMC (m)</b>		2,4	4,6	5,6
<b>Battement estimé au droit du site (m) Ratio 0,5</b>		1,2	2,3	2,8

Il convient de rappeler que cette approche reste approximative à défaut de disposer de mesures et de chroniques piézométriques de longue durée au droit du site. Néanmoins, celle-ci permet de traduire l'influence de la pluie utile sur la nappe présente au droit du site.

#### **V5. TRANSMISSION D'UNE ONDE DE CRUE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE (A)**

D'après les données bibliographiques présentées auparavant, le terrain étudié est situé en dehors de toute zone soumise à l'aléa inondation par crue ou submersion marine, mais situé à quelques dizaines de mètres seulement des premières zones inondables.

Toutefois, nous pouvons considérer qu'une crue des cours d'eau surviendra suite à de forts épisodes pluvieux qui auront déjà généré une remontée importante de la nappe. Aussi, nous considérerons en première approche qu'une crue du réseau hydrographique n'aura pas d'influence sur la nappe au droit du site, soit **A = 0 m**.

#### **V6. INFLUENCE DES POMPAGES DU SECTEUR (R)**

Comme présenté au paragraphe IV2, les seuls ouvrages recensés dans le secteur sont des forages situés à plusieurs centaines de mètres.

En conséquence, en première approche, nous allons retenir une influence de l'arrêt des pompages voisins comme nulle, soit **R = 0 m**.

#### **V7. EFFET BARRAGE DES INFRASTRUCTURES (Ba)**

Lorsqu'un projet occulte toute la hauteur d'un aquifère (ou du moins une partie significative d'un aquifère), il se produit un effet barrage qui se traduit par un relèvement du niveau de la nappe en amont et par un rabattement en aval. Ce phénomène s'observe le plus souvent sur des aquifères peu épais et peu perméables. L'effet barrage est d'autant plus fort que le bâtiment est orienté perpendiculairement aux sens d'écoulement et que le gradient de nappe est élevé.

Il est toujours difficile d'estimer avec précision cet effet, qui plus est sans connaître la géométrie et l'emprise des structures enterrées projetées. C'est pourquoi, en première approche, nous le considérerons comme nul, soit **Ba = 0 m**.

## V8. ESTIMATION DES NIVEAUX CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE AU DROIT DU PROJET

Pour permettre d'obtenir les niveaux EB, nous utiliserons le niveau médian de l'ouvrage de référence (BSS002KZMC). Nous considérons pour l'ouvrage de référence que le niveau EB est équivalent au niveau médian, soit un niveau de la nappe de 73,45 m NGF. En considérant les niveaux mesurés le 06/12/2024 et le ratio entre l'ouvrage de référence et le projet, nous obtenons les niveaux EB suivants :

- **EB<sub>Pz</sub> ≈ -0,1 m NGF**, soit -4,4 m/TN ;
- **EB<sub>SP102+Pz</sub> ≈ 1 m NGF**, soit -4,4 m/TN ;
- **EB<sub>SP103+Pz</sub> ≈ 0,7 m NGF**, soit -3,7 m/TN.

Concernant le niveau maximum de la nappe prévisible à terme, hors période de crue, peut s'exprimer par la formule suivante :

$$EH = N_{\text{étiage}} + B_{\text{interannuel}} + R + BA$$

Les niveaux EH et EE sont récapitulés dans le tableau suivant. Il est également à noter que les niveaux ont été présentés pour deux récurrences distinctes (EH<sub>10</sub> correspondant à une période de retour 10 ans et EH<sub>50</sub> à une période de retour 50 ans).

**Tableau 6 : Estimation des niveaux EH et EE au droit des piézomètres du site**

	Pz (4,3 m NGF)		SP102+Pz (5,4 m NGF)		SP103+Pz (4,4 m NGF)	
	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)
Niveau d'eau mesuré le 06/12/2024	3,30	1,00	3,26	2,14	2,58	1,82
Battement interannuel (B) décennal (m)	1,2					
Battement interannuel (B) cinquantennal (m)	2,3					
Battement interannuel (B) centennal (m)	2,8					
Influence de crue (A) (m)	0,0					
Influence de pompage (R) (m)	0,0					
Effet barrage (BA)	Non estimé à ce stade					
<b>EH<sub>10</sub></b>	2,1	<b>2,2</b>	2,1	<b>3,3</b>	1,4	<b>3,0</b>
<b>EH<sub>50</sub></b>	1,0	<b>3,3</b>	1,0	<b>4,4</b>	0,3	<b>4,1</b>
<b>EE</b>	0,5	<b>3,8</b>	0,5	<b>4,9</b>	-	<b>4,4</b>

Aussi, le tableau suivant résume l'ensemble des niveaux caractéristiques estimés selon les Eurocodes.

**Tableau 7 : Synthèse des niveaux caractéristiques de la nappe selon les Eurocodes**

	Pz (4,3 m NGF)		SP102+Pz (5,4 m NGF)		SP103+Pz (4,4 m NGF)	
	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)
<b>EB</b>	4,4	<b>-0,1</b>	4,4	<b>1,0</b>	3,7	<b>0,7</b>
<b>EH<sub>10</sub></b>	2,1	<b>2,2</b>	2,1	<b>3,3</b>	1,4	<b>3,0</b>
<b>EH<sub>50</sub></b>	1,0	<b>3,3</b>	1,0	<b>4,4</b>	0,3	<b>4,1</b>
<b>EE</b>	0,5	<b>3,8</b>	0,5	<b>4,9</b>	-	<b>4,4</b>

*Remarque : ces niveaux d'eaux souterraines, que l'on peut raccorder aux cotes dimensionnantes décrites dans les Eurocodes, restent approximatives. APC INGENIERIE recommande de poursuivre le suivi piézométrique afin de confirmer ces niveaux.*

## VI ESTIMATION DU DEBIT RESIDUEL DE POINTE

### VI1. RABATTEMENTS A ATTEINDRE

D'après les cotes des planchers bas indiquées sur le plan de fondations, les niveaux prévisionnels des fonds de fouille à considérer seraient compris entre les cotes 1,87 m NGF et 3,7 m NGF.

**Pour la phase travaux**, pour mettre hors d'eau le fond de fouille, nous avons retenu comme hypothèse, une profondeur de rabattement de 1 m sous la cote du niveau bas, soit environ 1,7 m NGF (soit environ 20 cm la cote du fond de fouille le plus profond et environ 60 cm sous un niveau de fond de fouille moyen considéré à 2,3 m NGF).

Ainsi, selon le niveau EB + 1 m estimé à une cote de 2,0 m NGF, il conviendra, **en phase travaux**, de rabattre la nappe concernée par le projet sur une hauteur maximale de l'ordre de 0,3 m.

En phase définitive, aucun calcul de débit d'exhaure n'a été réalisé considérant une structure étanche et dimensionnée pour reprendre les sous pressions.

### VI2. PARAMETRES RETENUS POUR LES CALCULS

L'ensemble des paramètres retenus est présenté dans le tableau suivant.

**Tableau 8 : Paramètres retenus pour le calcul des débits résiduels**

Paramètres	Phase travaux
Période considérée	EB + 1 m
Rabattement à atteindre H (m)	0,3
Perméabilité moyenne K (m/s)	$1.10^{-4}$
Surface approximative du fond de fouille (m <sup>2</sup> )	1 300

### VI3. METHODE DE CALCUL

En considérant 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 SCHNEEBELI :

$$Q \approx 2,5 . K . H . \sqrt{\text{Surface}}$$

Q : débit en m<sup>3</sup>/s ;

K : perméabilité moyenne de l'aquifère (m/s) ;

H : hauteur entre l'altitude de la nappe et le fond de fouille (m) ;

Surface : surface mouillée de la fouille (variable selon le rabattement) (m<sup>2</sup>).

#### Remarque :

*L'essai de perméabilité réalisé est un essai ponctuel, ne permettant pas d'apprécier la perméabilité globale des terrains du site. Il est, dès lors, possible que la perméabilité soit supérieure à celle estimée par interprétation de l'essai de perméabilité et donc que les débits résiduels estimés soient également supérieurs.*



**VI4. DEBITS DE POMPAGES RETENUS**

Les estimations des débits d'exhaure avec l'approche de Schneebeli, en fouille ouverte, sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 9 : Débits estimés avec Schneebeli**

Paramètres	Phase travaux
Période considérée	EB + 1 m
Débit estimé (m <sup>3</sup> /h)	10

**En phase travaux**, les débits d'eau souterraine théoriques calculés en période EB + 1 m au droit du fond de fouille sont de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/h d'après la formule de Schneebeli. Néanmoins, APC INGENIERIE recommande de prévoir un dispositif de rabattement de nappe **pour la phase travaux permettant d'atteindre un débit de 20 m<sup>3</sup>/h** (mais pouvant être réduit au besoin sans risque pour le dispositif de pompage) et pour l'estimation du volume de rejet dans le cadre du Dossier Loi sur l'Eau.

Nous rappelons qu'en phase travaux :

- Tout dispositif de pompage d'eau est soumis à la loi sur l'eau (rubrique 1.1.1.0) ;
- Tout pompage d'eau est soumis à la loi sur l'eau (rubrique 1.1.2.0) avec un seuil de déclaration au-delà d'un volume de rejet >10 000 m<sup>3</sup> par an (volume de 10 000 m<sup>3</sup> atteint au bout de 42 jours de pompage en considérant une hypothèse de débit de 10 m<sup>3</sup>/h en continu) ;
- Tout rejet d'eaux souterraines aux réseaux est soumis à autorisation de rejet auprès du concessionnaire réseau.

Si les débits en phase provisoire ne sont pas compatibles avec les possibilités de rejet, une solution de paroi continue avec fiche hydraulique devra être envisagée.

## VII CONCLUSIONS

Dans le cadre de la construction d'une piscine et de combles sur un niveau de sous-sol, porté par la société EUROMEDITERRANEE, sur un terrain localisé rue Edouard Crémieux à MARSEILLE (13), APC INGENIERIE a été mandaté pour réaliser une étude hydrogéologique dans le but de déterminer les niveaux caractéristiques au sens des Eurocodes et estimer les débits d'exhaure en phase travaux.

Compte tenu du contexte géologique et hydrogéologique, les niveaux caractéristiques de la nappe à retenir, selon les Eurocodes, sont les suivants pour les ouvrages Pz, SP102+Pz et SP103+Pz.

	Pz (4,3 m NGF)		SP102+Pz (5,4 m NGF)		SP103+Pz (4,4 m NGF)	
	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)	Prof de la nappe (m/TN)	Niveau de la nappe (m NGF)
<b>EB</b>	4,4	<b>-0,1</b>	4,4	<b>1,0</b>	3,7	<b>0,7</b>
<b>EH<sub>10</sub></b>	2,1	<b>2,2</b>	2,1	<b>3,3</b>	1,4	<b>3,0</b>
<b>EH<sub>50</sub></b>	1,0	<b>3,3</b>	1,0	<b>4,4</b>	0,3	<b>4,1</b>
<b>EE</b>	0,5	<b>3,8</b>	0,5	<b>4,9</b>	-	<b>4,4</b>

Les données des essais de perméabilité réalisés ont permis de retenir une perméabilité sécuritaire de l'ordre de  $1.10^{-4}$  m/s.

En phase travaux, APC INGENIERIE recommande de prévoir un dispositif de rabattement de nappe permettant d'atteindre un débit de 20 m<sup>3</sup>/h et pour l'estimation du volume de rejet dans le cadre du Dossier Loi sur l'Eau (mais pouvant être réduit au besoin au cours des travaux sans risque pour le dispositif de pompage) et de confirmer la perméabilité prise en compte dans cette étude par la réalisation d'autres essais de perméabilité (essai Lefranc en grand nombre ou essai de pompage).

Si les débits en phase provisoire ne sont pas compatibles avec les possibilités de rejet, une solution de paroi continue avec fiche hydraulique devra être envisagée.

En phase définitive, aucun calcul de débit d'exhaure n'a été réalisé considérant une structure étanche et dimensionnée pour reprendre les sous pressions.

APC INGENIERIE reste à la disposition des intervenants pour tout complément d'information relatif aux conclusions de la présente étude, dans le respect des critères mentionnés dans les conditions générales jointes en annexes.

# **ANNEXES**

**ANNEXE 1 : ESSAI DE PERMEABILITE**

**ANNEXE 2 : CONDITIONS GENERALES**

**ANNEXE 3 : MISSIONS GEOTECHNIQUES**



**✓ ESSAI DE PERMEABILITE**

## RAPPORT D'ESSAI

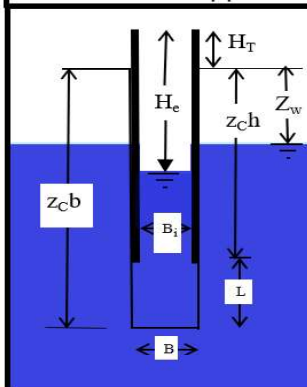
Essai Lefranc  
Essai Nasberg  
NF EN ISO 22282-2

Dossier : A24.0318

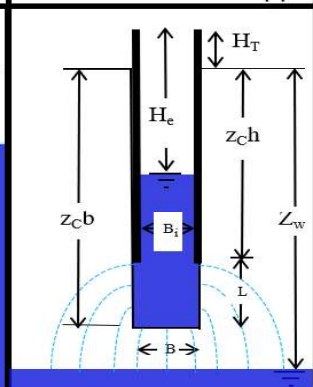
Chantier : MARSEILLE (13)

Equipe / Operateur : NM

### Essai Lefranc Sous la nappe



### Essai Nasberg Au dessus de la nappe



Date : 25/10/2024

Sondage n° : SP4

Profondeur de l'essai : 2 m à 3,5 m

Nature du sol : Limon argileux vasard

Longueur de la cavité d'essai: L = 1,5 m

Diamètre de la cavité: B = 0,066 m

Elancement de la cavité : L/B = 22,73 m

Profondeur de la nappe : zw = 2,35 m

Facteur de forme : m = 30,04 m

Type d'essai : Lefranc

Mode opératoire : injection

Débit de l'essai : 2,24 l/min  
3,7E-05 m³/s

Commentaire :

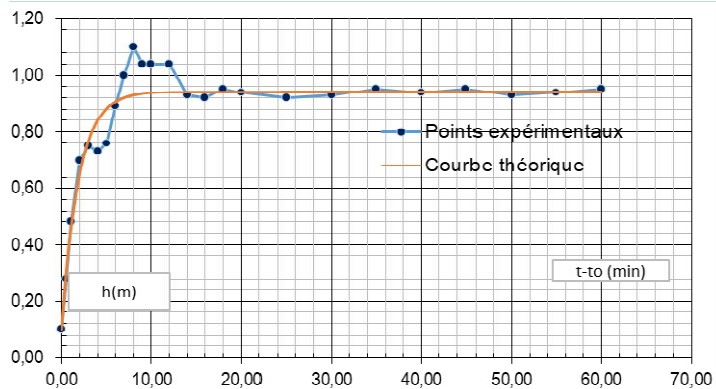
### PHASE DEBIT

durée (min)	charge h (m)	durée (min)	charge h (m)
0,00	0,10	25,00	0,92
0,50	0,28	30,00	0,93
1,00	0,48	35,00	0,95
2,00	0,70	40,00	0,94
3,00	0,75	45,00	0,95
4,00	0,73	50,00	0,93
5,00	0,76	55,00	0,94
6,00	0,89	60,00	0,95
7,00	1,00		
8,00	1,10		
9,00	1,04		
10,00	1,04		
12,00	1,04		
14,00	0,93		
16,00	0,92		
18,00	0,95		
20,00	0,94		

### RETOUR A L'EQUILIBRE

durée (min)	charge h (m)	durée (min)	charge h (m)
0,00	0,95	25,00	0,22
0,50	0,45	30,00	0,22
1,00	0,35	35,00	0,20
2,00	0,30	40,00	0,20
3,00	0,30	45,00	0,20
4,00	0,30	50,00	0,20
5,00	0,28	55,00	0,20
6,00	0,28	60,00	0,20
7,00	0,27		
8,00	0,26		
9,00	0,26		
10,00	0,25		
12,00	0,25		
14,00	0,24		
16,00	0,23		
18,00	0,23		
20,00	0,22		

### Variation de la charge hydraulique



### La perméabilité retenue :

$K_L$  (m/s) ( equation différentielle)

$K_L$  (m/s) ( solution de equation différentielle)

$K_L$  (m/s) ( regime permanent)

**2,0E-05**

**✓ *CONDITIONS GENERALES***

## CONDITIONS GÉNÉRALES DE VALIDITÉ DES ÉTUDES GÉOTECHNIQUES

**Article 1** - Le présent rapport est constitué d'un texte et d'annexes qui constituent un ensemble indissociable dont la mauvaise utilisation résultant d'une modification ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité d'APC INGENIERIE, tout en faisant droit à l'engagement de poursuites judiciaires contre son auteur.

**Article 2** - Toute modification dans la teneur du projet (implantation, importance des constructions) ou dans la géographie du site (par suite notamment d'apports de matériaux ou de terrassement entre l'étude et le début des travaux) doit être portée à la connaissance d'APC INGENIERIE qui sera amené, dans ce cas, à modifier éventuellement les conclusions de son étude.

**Article 3** - L'étude géotechnique étant ponctuelle par essence, tout élément nouveau mis en évidence en cours de chantier, non détecté lors des sondages (poche de matériau mou, présence localisée de remblai ou de déchets, venues d'eau, cavité,...) doit faire l'objet d'une communication immédiate à APC INGENIERIE qui pourra être amené à adapter les conclusions de l'étude aux nouvelles constatations.

**Article 4** - L'attention des concepteurs est particulièrement attirée sur l'importance du strict respect des normes en vigueur qui a conduit à l'émergence du présent rapport. En particulier, le domaine de définition de l'étude réalisée ne saurait excéder celui de la mission géotechnique concédée au sens de la norme NF P94-500.

**Article 5** - L'extrapolation des conclusions de l'étude géotechnique à des constructions voisines situées hors de l'emprise reconnue ne saurait engager de quelque manière que ce soit la responsabilité d'APC INGENIERIE.



## **✓ MISSIONS GEOTECHNIQUES**

**Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

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.

### **ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (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).

### **ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE 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, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

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

<p><b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</b></p> <p><b>ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).</li> <li>— Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>— 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).</li> <li>— 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)</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b></p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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).</li> <li>— donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul> <p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>— 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.</li> <li>— 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).</li> </ul>
---