

Vous aider à construire l'avenir

INGENIERIE EUROPE

GROUPE



GINGER CEPTP

OCTOBRE 2012

Dossier : EST2.C0987

Technoparc 2

29 route de la Wantzenau

67800 HOENHEIM

Tél. 03 88 81 20 50 – Fax. 03 88 81 21 50

cebt.p.strasbourg@gingergroupe.com

VILLE ET COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

PROJET WACKEN EUROPE - QA1

STRASBOURG (67)

Etude géotechnique d'avant-projet (G12)

Dossier : EST2.C0987

Contrat : EST2.B.0225

Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	06/11/12	Nathalie GENET		D STOLTZ		31 pages 5 annexes	

A compter du paiement intégral de la mission, le client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser à condition de respecter et de faire respecter les limites d'utilisation des résultats qui y figurent et notamment les conditions de validité et d'application du rapport.

SOMMAIRE

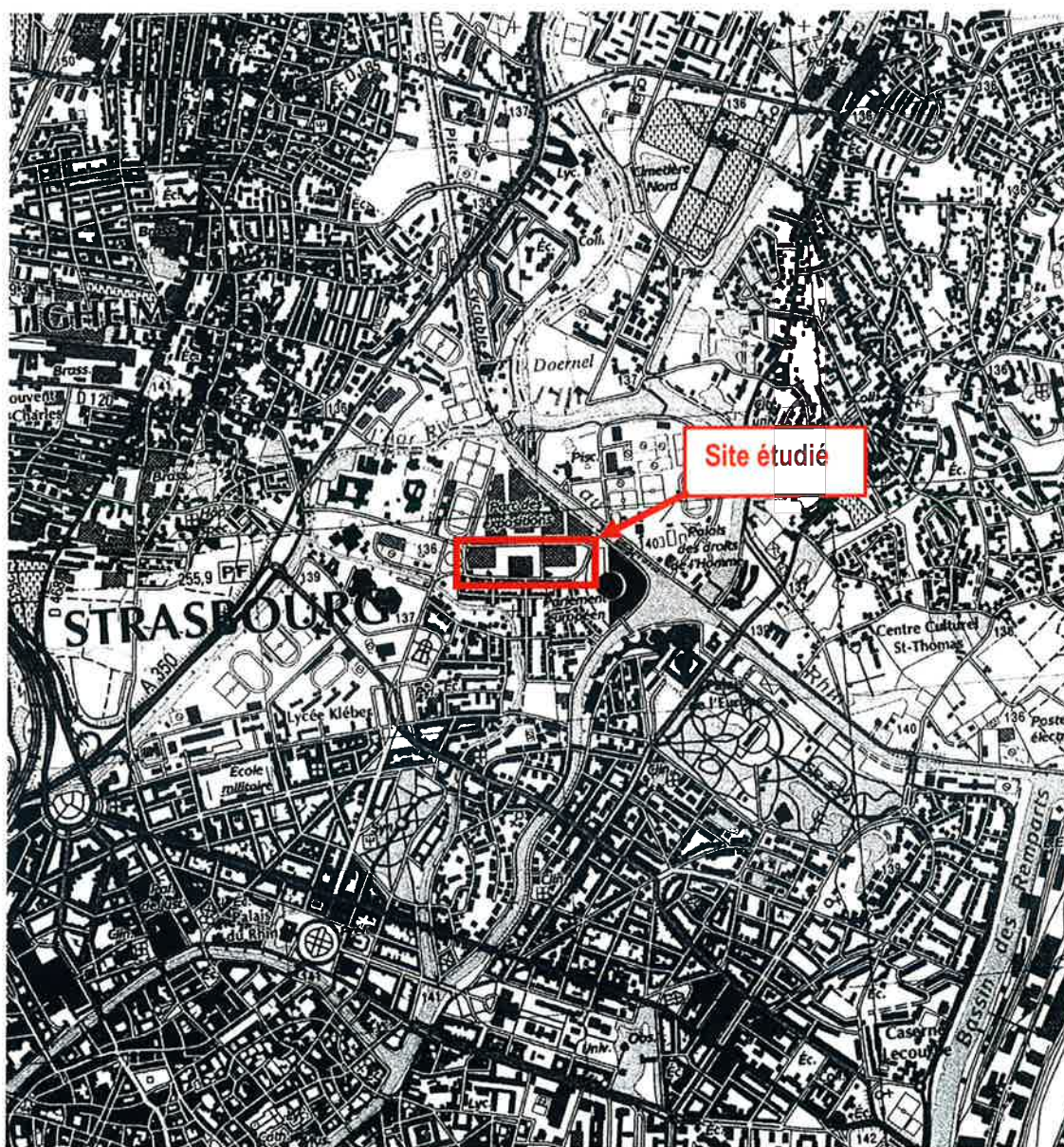
1	PLAN DE SITUATION.....	4
2	CONTEXTE DE L'ETUDE.....	5
2.1	Données générales.....	5
2.1.1	<i>Généralités.....</i>	<i>5</i>
2.1.2	<i>Documents communiqués.....</i>	<i>5</i>
2.2	Description du site.....	5
2.2.1	<i>Topographie, occupation du site et avoisinants.....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Contextes géologique, hydrogéologique et sismique.....</i>	<i>6</i>
2.3	Caractéristiques de l'avant-projet.....	6
2.3.1	<i>Description de l'ouvrage.....</i>	<i>6</i>
2.3.2	<i>Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas.....</i>	<i>6</i>
2.3.3	<i>Terrassements prévus.....</i>	<i>7</i>
2.4	Mission GINGER CEBTP.....	7
3	INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....	8
3.1	Implantation et nivellement.....	8
3.2	Sondages, essais et mesures in situ.....	8
3.2.1	<i>Investigations in situ.....</i>	<i>8</i>
3.2.2	<i>Essais de perméabilité in situ.....</i>	<i>10</i>
3.2.3	<i>Piézométrie.....</i>	<i>10</i>
4	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS.....	10
4.1	Analyse et synthèse géotechnique.....	10
4.2	Synthèse hydrogéologique.....	12
4.2.1	<i>Piézométrie.....</i>	<i>12</i>
4.2.2	<i>Perméabilité.....</i>	<i>12</i>
4.2.3	<i>Avis sur le niveau des plus hautes eaux (NPHE).....</i>	<i>12</i>
4.3	Risque sismique.....	14
4.3.1	<i>Données parasismiques réglementaires.....</i>	<i>14</i>
4.3.2	<i>Liquéfaction.....</i>	<i>14</i>

5	PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (AVANT-PROJET)	15
5.1	Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	15
5.2	Adaptations générales de l'avant-projet.....	16
5.2.1	Réalisation des terrassements.....	17
5.2.2	Paramètres pour dimensionnement des soutènements éventuels.....	18
5.2.3	Amélioration de sol.....	19
5.3	Niveau-bas - dallage.....	19
5.3.1	Conception et exécution.....	20
5.3.2	Contrôles.....	21
5.3.3	Tassements prévisibles.....	22
5.4	Fondation de la structure.....	22
5.4.1	Fondations superficielles par semelles à semi-profondes par puits.....	23
5.4.2	Fondations superficielles par radier général.....	25
5.4.3	Renforcement de sol par colonnes ballastées.....	25
5.4.4	Fondations profondes par pieux.....	28
5.5	Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau.....	28
5.6	Protection des ouvrages vis-à-vis du risque sismique.....	28
5.7	Voiries.....	29
6	OBSERVATIONS MAJEURES	30

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES
ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS A LA TARIERE HELICOIDALE
ANNEXE 4 – ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE
ANNEXE 5 – PROCES VERBAUX DES ESSAIS DE PERMEABILITE

1 PLAN DE SITUATION

Extrait de carte IGN



Source : CartoExplorer 3

2 CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 Données générales

2.1.1 Généralités

Nom de l'opération : PROJET WACKEN EUROPE - QUARTIER D'AFFAIRES 1 (QA1)

Localisation / adresse : au sud du boulevard de Dresde et au nord de l'allée du Printemps

Commune : STRASBOURG (67)

Code postal : 67000

Demandeur de la mission - Client : VILLE ET COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

2.1.2 Documents communiqués

Les documents qui nous ont été communiqués et ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

- photographie aérienne du site,
- plan topographique de l'état existant,
- divers documents concernant l'aménagement du QA1 fournis par la Ville et CUS.

2.2 Description du site

2.2.1 Topographie, occupation du site et avoisinants

Le terrain concerné par le projet s'inscrit dans un environnement urbain, sur le site du parc des expositions, au nord-est du centre-ville de STRASBOURG (voir plan de situation § 1).

D'une superficie d'environ 4 hectares, il est bordé par le boulevard de Dresde au nord, par l'allée du Printemps au sud, par la place Adrien Zeller à l'ouest et par la rue Lucien Febvre à l'est.

Il est occupé par 3 halls du parc des expositions, le pavillon d'accueil, une halte-garderie, des parkings, zones de circulation et aires d'exposition en enrobé ou en graviers. Les constructions existantes seront démolies dans le cadre du projet.

Il offre une surface topographique relativement plane variant entre les cotes 136,5 et 137,5 m IGN69 (cote moyenne de 137 m IGN69 environ).

2.2.2 Contextes géologique, hydrogéologique et sismique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de STRASBOURG à l'échelle 1/50000, le site serait constitué, sous des remblais d'aménagement, par des alluvions holocènes non différenciées caillouteuses, sableuses et limoneuses du Rhin, de l'Ille et de la Bruche.

D'un point de vue hydrogéologique, les alluvions sablo-graveleuses sont le siège d'une nappe dont le niveau moyen oscille entre 2 et 5 m de profondeur au droit du site (cote moyenne d'environ 134,8 m IGN69 d'après la carte piézométrique de l'APRONA).

Depuis le 1^{er} mai 2011, le nouveau zonage sismique de la France (décret n°2010-1255 du 22/10/2010) est applicable. Le site étudié est classé en zone de sismicité 3 (modérée). L'application des règles parasismiques est obligatoire et il faut se reporter à l'Eurocode 8 (Norme NF EN 1998 – Calcul des structures pour leur résistance au séisme).

2.3 Caractéristiques de l'avant-projet

2.3.1 Description de l'ouvrage

Il est prévu l'aménagement d'un quartier mixte comportant des bureaux, commerces, hôtels et logements sur un terrain d'environ 5 hectares. Ni l'implantation, ni les caractéristiques des futurs bâtiments ne sont connues au moment de la présente étude. Une voirie interne desservira les différents lots.

2.3.2 Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas

Les sollicitations appliquées aux fondations et les surcharges sur dallages ne sont pas connues au stade actuel de l'étude. Il conviendra donc de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques des ouvrages.

2.3.3 Terrassements prévus

Dans le cadre de l'aménagement général du site, il n'est a priori pas prévu de terrassements autres que le simple reprofilage du terrain (+/- 0,3 m).

Dans le cas de la réalisation de constructions comportant des sous-sols enterrés, des terrassements en déblais de l'ordre de 3 m de profondeur pourront être nécessaires.

2.4 Mission GINGER CEBTP

La mission de GINGER CEBTP est conforme au contrat n° EST2.B.0225.

Il s'agit d'une étude géotechnique d'avant-projet (G12) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de décembre 2006 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

La mission comprend, conformément au contrat, les prestations suivantes :

- la détermination de la coupe lithologique et des caractéristiques mécaniques des terrains,
- la définition du niveau de l'eau le jour des sondages et en fin de chantier,
- un avis sur le niveau des plus hautes eaux,
- la définition des sujétions de conception éventuelles vis-à-vis de la présence d'eau (nappe ou ruissellement),
- la détermination de la perméabilité des sols,
- la détermination des types de fondations envisageables avec, pour chacun, un exemple de prédimensionnement indiquant :
 - les paramètres et coefficients de sécurité pris en compte, les contraintes admissibles aux ELS et aux ELU,
 - les tassements pour fondations superficielles,
- un avis sur la possibilité et les conditions de réalisation d'un dallage sur terre-plein,
- un avis sur les conditions de terrassement,
- un avis sur les conditions de réalisation des plates-formes supports des voiries,
- la classification sismique du site.

3 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par GINGER CEBTP en accord avec le client.

Ces investigations ont toutes été réalisées.

3.1 Implantation et nivellement

L'implantation des sondages et essais in situ figure sur le plan d'implantation joint en annexe 2. Elle a été définie et réalisée par GINGER CEBTP.

Les altitudes des têtes de sondages ont été déterminées d'après le plan topographique qui nous a été transmis (cf. Paragraphe 2.1.3). Elles correspondent au niveau du terrain naturel au moment des investigations.

3.2 Sondages, essais et mesures in situ

3.2.1 Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TN	Altitude IGN69
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	4	SP1	8 m	136,76 m
		SP2	8 m	137,00 m
		SP3	9 m	137,13 m
		SP4	8 m	137,18 m
Exécution d'essais pressiométriques. Norme NF P94-110-1	25			
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	2	T1	4 m	137,20 m
		T2	4 m	136,80 m

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TN	Altitude IGN69
Essai au pénétromètre dynamique type DPSH-B Norme NF EN ISO 22476-2	8	PN1	8 m	136,78 m
		PN2	8 m	136,91 m
		PN3	8 m	136,85 m
		PN4	8 m	137,12 m
		PN5	8 m	137,28 m
		PN6	8 m	137,00 m
		PN7	8 m	136,99 m
		PN8	8 m	136,78 m

La profondeur des sondages est conforme par rapport à celle définie au contrat.

Les coupes des sondages et pénétrogrammes sont présentés en annexes 3 et 4, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**
 - o coupe des sols,
- **Essais au pénétromètre dynamique type DPSH-B :**
 - o diagramme donnant la résistance dynamique q_d en fonction de la profondeur et calculée selon la formule des Hollandais,
- **Essais pressiométriques :**
 - o Module pressiométrique : E_M (MPa),
 - o Pression limite nette : p_i^* (MPa),
 - o Pression de fluage nette p_f^* (MPa),
 - o Rapport E_M/p_i .

Ces paramètres sont portés directement sur les coupes de forage.

Nota : les feuilles de sondages peuvent également contenir des informations complémentaires dont les niveaux d'eau éventuels, les incidents de forage, etc...

3.2.2 Essais de perméabilité in situ

Les essais suivants ont été réalisés.

Type d'essai de perméabilité in situ	Dénomination	Sondage de référence	Prof. / TN
Essai Nasberg à charge variable	EP1	T1	2 - 3 m
	EP2	T2	2 - 3 m

3.2.3 Piézométrie

L'équipement suivant a été mis en place :

Equipement piézométrique	Sondage de référence	Prof. / TN
Piézomètre de type fermé avec capot métallique	SP4 / PZ	7,4 m

Le relevé du niveau d'eau effectué ainsi que le détail de l'équipement mis en place sont indiqués sur la coupe de forage correspondante.

4 SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS

4.1 Analyse et synthèse géotechnique

Cette synthèse pourra être confirmée dans la mission de projet G2.

A noter que la profondeur des formations est donnée par rapport au terrain naturel tel qu'il était au moment de la reconnaissance.

L'analyse et la synthèse des résultats des investigations réalisées ont permis de dresser la coupe géotechnique schématique suivante.

Formation n°1 : Remblais (enrobé, grave sableuse plus ou moins limoneuse brune, beige, ocre, rose, grise, noire avec localement des débris de brique ; limon plus ou moins sableux et/ou graveleux brun, beige, gris avec localement des débris de bois et de brique ; sable graveleux brun beige) ;

Reconnus ou supposés dans tous les sondages,

Profondeur : de 0 m à 0,8 / 3,6 m,

Caractéristiques géotechniques : hétérogènes, faibles à élevées,

- Pression limite (p_l) : 0,41 à 1,12 MPa
- Module pressiométrique (E_M) : 2,9 à 11,5 MPa
- Résistance dynamique de pointe (q_d) : 0 à 29,5 MPa

Formation n°2 : Limon plus ou moins argileux, sableux et/ou graveleux brun, beige, gris ;

Reconnu en SP3, T1 et T2 et supposé en PN2, PN3, PN4, PN6, PN7 et PN8 ;

Profondeur : de 0,8 / 3 m à 1,2 / 5,8 m,

Caractéristiques géotechniques : faibles à moyennes,

- Pression limite (p_l) : 0,29 à 0,65 MPa
- Module pressiométrique (E_M) : 2,5 à 4,2 MPa
- Résistance dynamique de pointe (q_d) : 0 à 10,4 MPa

Formation n°3 : Sable et graviers limoneux brun, beige, gris ;

Reconnus ou supposés dans tous les sondages,

Profondeur : de 1,2 / 5,8 m à plus de 4 / 9 m (fin des sondages),

Caractéristiques géotechniques : moyennes à élevées,

- Pression limite (p_l) : 1,03 à 4,18 MPa
- Module pressiométrique (E_M) : 5 à 38,5 MPa
- Résistance dynamique de pointe (q_d) : 1,2 à 22,7 MPa

Remarques :

- nous rappelons qu'il n'est pas toujours évident de distinguer les variations horizontales et/ou verticales éventuelles, inhérentes aux changements de faciès, compte tenu de la surface investiguée par rapport à celle concernée par le projet. De ce fait, les caractéristiques indiquées précédemment ont un caractère représentatif mais non absolu ;
- de même, la profondeur des couches est approximative compte tenu de la reconnaissance en petit diamètre imposée par la norme pour les essais in situ ;
- les essais de pénétration dynamique des sols étant des sondages dits « aveugles », la géologie des terrains ainsi que les limites de couches sont interprétées ou extrapolées à partir des diagrammes et notamment des valeurs de compacité du sol. La nature des terrains et leur compacité devront, par conséquent, être confirmées lors des travaux.

4.2 Synthèse hydrogéologique

4.2.1 Piézométrie

Des niveaux d'eau ont été relevés à une profondeur de 3,2 m dans le sondage SP4 équipé en piézomètre et de 2,55 m dans le sondage PN7 au moment des investigations. Ces profondeurs correspondent à une cote altimétrique comprise entre 133,98 et 134,44 m IGN69.

Les niveaux d'eau relevés correspondent au niveau de la nappe phréatique au moment des investigations (en octobre 2012).

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Ces niveaux d'eau doivent donc être considérés à un instant donné.

Par ailleurs, il peut exister des circulations d'eau ponctuelles qui n'ont pas été détectées par les sondages au sein des remblais de la formation n°1 et des limons de la formation n°2 lors d'épisodes pluvieux significatifs et/ou en période hivernale.

4.2.2 Perméabilité

Afin d'estimer la perméabilité des terrains en place, des essais de perméabilité de type Nasberg à niveau variable ont été réalisés. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

Formation	Nature du sol	Profondeur de l'essai	Coefficient de perméabilité K	
			m/s	mm/h
2	Limon graveleux peu sableux	2 à 3 m	$1,5 \cdot 10^{-7}$	0,6
3	Sable et graviers limoneux	2 à 3 m	$3,1 \cdot 10^{-7}$	1,1

Remarque importante : nous rappelons qu'il s'agit d'essais ponctuels mesurant la perméabilité sur une surface très limitée par rapport au terrain étudié. Des variations latérales ne sont donc pas exclues.

4.2.3 Avis sur le niveau des plus hautes eaux (NPHE)

La commune de Strasbourg se situe au nord de la plaine d'Alsace, qui renferme une nappe phréatique d'origine alluviale : la nappe rhénane, alimentée notamment par les rivières vosgiennes, l'Ill et le Rhin.

Les fluctuations de niveau de cette nappe sont directement liées aux conditions climatiques et aux écoulements dans les cours d'eau.

Les cours d'eau les plus proches du site étudié sont l'Aar (environ 100 m au sud-ouest), l'Ill (environ 250 m au sud-est) et le Rhin (environ 2,8 km à l'est).

La profondeur du toit de la nappe par rapport au sol en moyennes eaux est comprise entre 2 et 5 m environ au droit du site (cote IGN69 moyenne 134,8 m).

Notre secteur d'étude est classé en zone de sensibilité forte par rapport aux remontées de nappes.

D'après le PPRI de l'Ill (arrêté préfectoral du 04/06/1996), la carte des zones inondables de la commune de Strasbourg indique que le site est inondable par submersion à la cote 137,75 m NGF ortho = 138,1 m IGN69 en cas de crue (cote incluant une marge de sécurité de 30 cm).

Le PPRI de la CUS révisant le PPRI de Strasbourg a été prescrit le 17/01/2011. Il concerne l'aléa de remontée de nappe et de submersion, dont la cartographie précise n'est pas encore diffusée. Elle sera jointe à l'arrêté d'approbation du PPRI dont la date d'application est inconnue à ce jour.

L'association APRONA observe régulièrement des piézomètres de référence dans la plaine d'Alsace. Le plus proche est le piézomètre 02347X0004/245T, qui se trouve 44 rue Kempf dans le quartier de la Robertsau, à environ 1,9 km au nord-est de notre projet (altitude de référence 136 m IGN69). La chronique piézométrique disponible entre le 05/10/1976 et le 24/04/2012 (1767 mesures) donne le niveau de la nappe à une profondeur relative minimale de 1,35 m (cote IGN69 maximale 134,66 m) le 31/05/1983, maximale de 2,38 m (cote IGN69 minimale 133,63 m) le 13/08/1990, et moyenne de 2,08 m (cote IGN69 133,93 m).

Un autre piézomètre suivi par l'APRONA est répertorié sous le numéro 02347X0164/245U. Il est situé dans la rue de Rouen, dans le port aux pétroles, à environ 2,6 km à l'est / nord-est du site du Wacken (altitude de référence 137 m IGN69). La chronique piézométrique disponible entre le 05/10/1976 et le 24/04/2012 (1776 mesures) donne le niveau de la nappe à une profondeur relative minimale de 2,34 m (cote IGN69 maximale 135,12 m) le 23/05/1978, maximale de 3,55 m (cote IGN69 minimale 133,91 m) le 06/01/1997, et moyenne de 3,2 m (cote IGN69 134,26 m).

La variation des niveaux est de l'ordre de 0,73 à 0,86 m entre la moyenne et le maximum des piézomètres APRONA. En ajoutant environ 0,8 m à la cote moyenne de la nappe de 134,8 m IGN69 au droit de notre site, on obtient un niveau NPHE d'environ 135,6 m IGN69.

La carte des plus hautes eaux centennales de la nappe au droit de la Communauté Urbaine de Strasbourg réalisée par l'ONAP, sans prise en compte des rivières, donne un niveau PHE d'environ 135,6 m IGN69 au droit du site.

D'après l'ensemble des données récupérées, le niveau des plus hautes eaux prévisibles de la nappe aux environs du site est estimé à 135,6 m IGN69 pour une crue centennale.

Seul un suivi piézométrique sur une durée de plusieurs mois associé à une enquête de terrain locale permettrait de préciser cette estimation.

4.3 Risque sismique

4.3.1 Données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255 et la norme NF EN 1998 (EUROCODE 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées dans le cadre de cette étude et présentées dans les paragraphes précédents, figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	3 (modérée)
Type de sol	C
Paramètre de sol S	1,5

4.3.2 Liquéfaction

Les limons argilo-sableux graveleux (formation n°2) et les sables et graviers limoneux (formation n°3) situés sous nappe sont des sols grossiers pour lesquels le risque de liquéfaction est négligeable.

5 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (AVANT-PROJET)

5.1 Analyse du contexte et principes d'adaptation

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, les points essentiels ci-dessous sont à prendre en compte et conduiront les choix d'adaptation du projet :

>> Contexte géologique et géotechnique :

Présence au droit du site du Wacken :

- de remblais hétérogènes (enrobé sur 2 cm localement, grave sableuse plus ou moins limoneuse, limon plus ou moins sableux et/ou graveleux et sable graveleux avec parfois des débris de brique ou de bois) aux caractéristiques mécaniques faibles à élevées sur 0,8 à 3,6 m d'épaisseur (formation n°1),
- surmontant parfois des limons plus ou moins argileux, sableux et/ou graveleux de compacité faible à moyenne sur 0,4 à 5 m d'épaisseur (formation n°2 - localement absente),
- qui reposent sur des sables et graviers limoneux aux caractéristiques géotechniques moyennes à élevées, reconnus à partir de 1,2 à 5,8 m de profondeur et jusqu'à 8 / 9 m de profondeur au maximum en sondages (formation n°3).

Il faut souligner que la profondeur du toit des sables et graviers compacts est très variable.

La nappe phréatique a été rencontrée entre 2,55 et 3,2 m de profondeur au moment des investigations (cote 133,98 à 134,44 m IGN69).

>> Environnement du projet :

Projet : aménagement d'un quartier mixte comportant des bureaux, commerces, hôtels et logements sur un terrain d'environ 5 hectares actuellement occupé en partie par des halls d'exposition. Ni l'implantation, ni les caractéristiques des futurs bâtiments ne sont connues au moment de la présente étude. Une voirie interne desservira les différents lots.