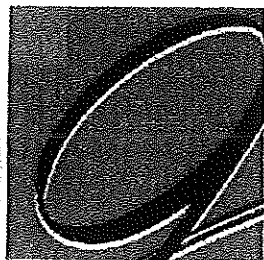


Vous aller à construire l'avenir

INGENIERIE EUROPE

GROUPE



GINGER CEBTP

JANVIER 2010

Dossier : DRN 2.9.148

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT-PROJET (G12)

COMMUNAUTE DE COMMUNES
CAUX AUSTREBERTHE

Construction d'un complexe nautique

BARENTIN (76)


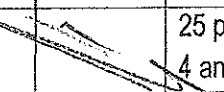
COMMUNAUTE DE COMMUNES CAUX AUSTREBERTHE
CONSTRUCTION D'UN COMPLEXE NAUTIQUE
BARENTIN (76)

Etude géotechnique d'avant-projet (G12)

Dossier : DRN2.9.148

Réf. rapport : DRN2.9.148

Contrat : DRN2.9.0477

Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	12/01/10	V. LEMARIEY		JL. BRIARD		25 pages 4 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

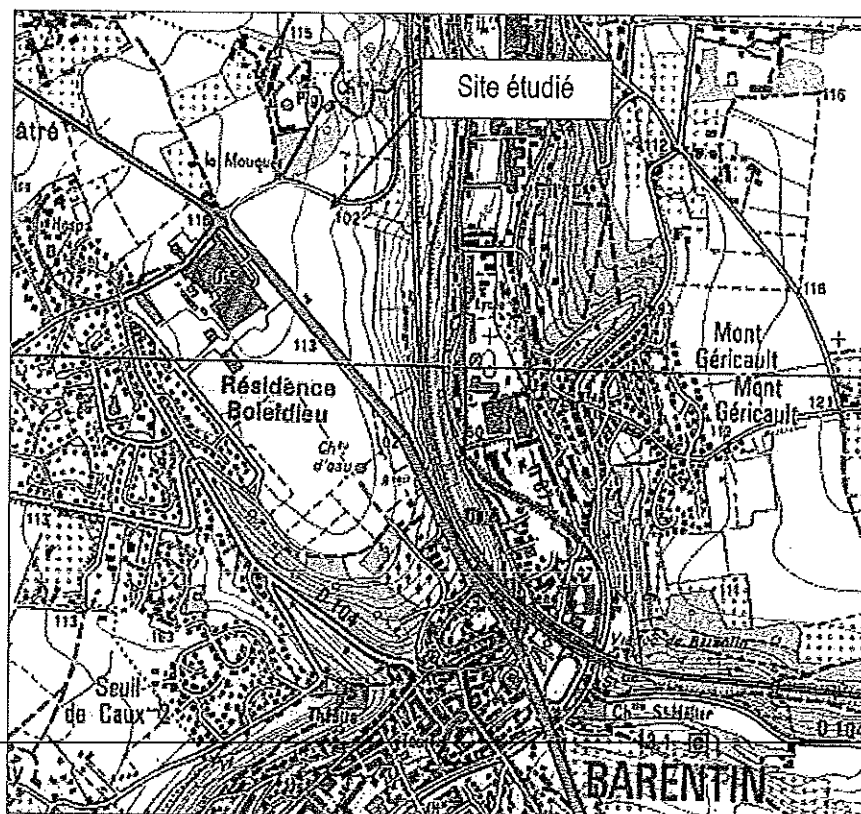
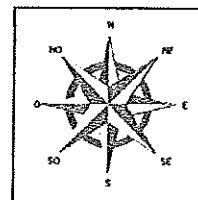
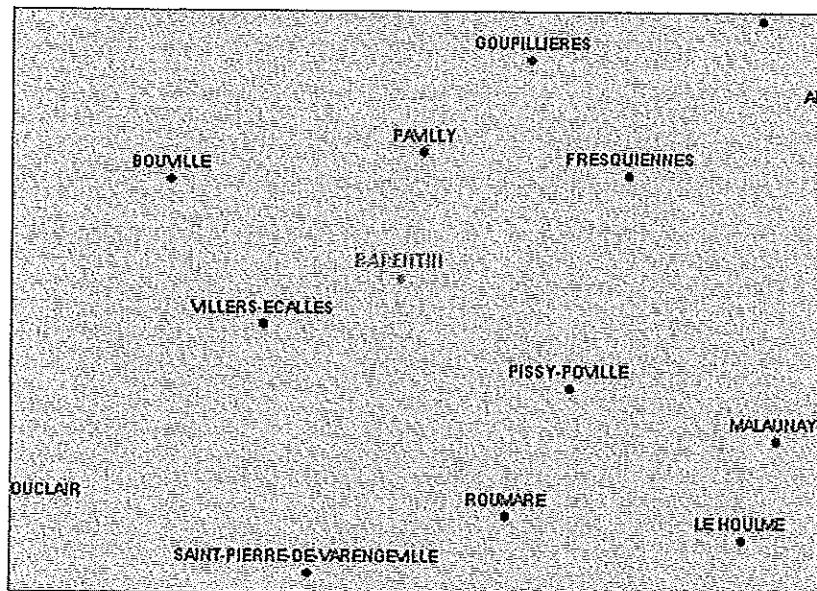
1	PLANS DE SITUATION.....	5
1.1	Extrait de carte IGN.....	5
1.2	Image aérienne.....	6
2	CONTEXTE DE L'ETUDE	7
2.1	Données générales.....	7
2.1.1	Généralités.....	7
2.1.2	Intervenants	7
2.1.3	Documents communiqués.....	7
2.2	Description du site.....	8
2.2.1	Topographie, occupation du site et avoisinants	8
2.2.2	Contextes géotechnique, hydrogéologique	8
2.3	Caractéristiques de l'avant-projet	9
2.3.1	Description des ouvrages.....	9
2.3.2	Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas	9
2.3.3	Terrassements prévus.....	9
2.4	Mission GINGER CEBTP	10
3	INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....	11
3.1	Implantation et nivellement.....	11
3.2	Sondages, essais et mesures <i>in situ</i>	11
3.2.1	Sondages et essais <i>in situ</i>	11
3.2.2	Essais de perméabilité <i>in situ</i>	12
4	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS	13
4.1	Analyse et synthèse géotechnique	13
4.1.1	Lithologie.....	13
4.1.2	Caractéristiques géo-mécaniques.....	14
4.2	Synthèse hydrogéologique	15
4.2.1	Piézométrie	15
4.2.2	Inondabilité.....	15
4.2.3	Perméabilité	16

4.3	Risques naturels.....	16
4.3.1	Liquéfaction.....	16
4.3.2	Présence de cavités.....	16
5	PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (AVANT-PROJET).....	17
5.1	Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	17
5.2	Adaptations générales de l'avant-projet.....	18
5.3	Niveau-bas - dallage	20
5.4	Fondation de la structure.....	22
5.5	Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau.....	24
6	OBSERVATIONS MAJEURES.....	24
7	ALÉAS GÉOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES.....	25

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES
ANNEXE 4 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

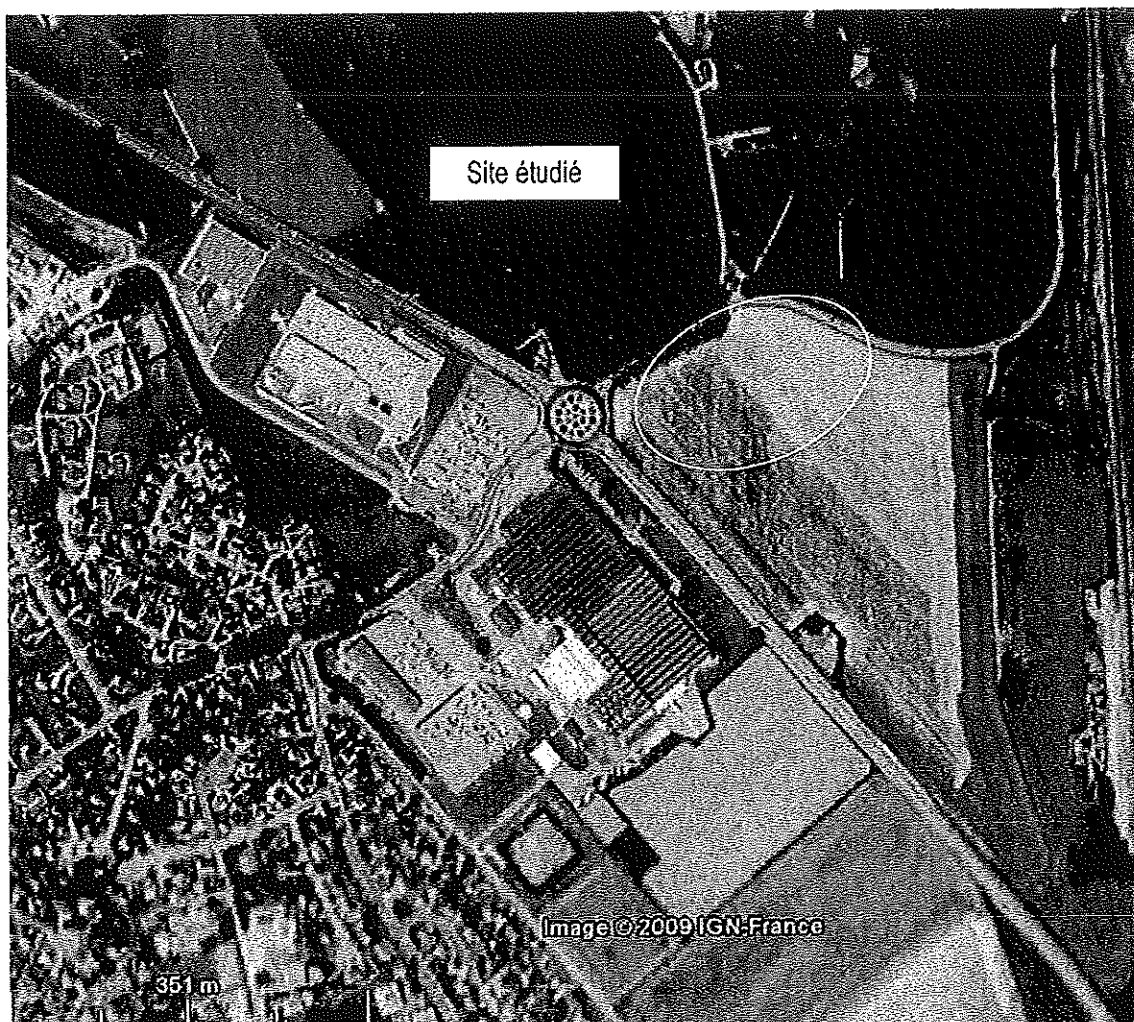
1 PLANS DE SITUATION

1.1 Extrait de carte IGN



Source : [cartoexplorer 3](#)

1.2 Image aérienne



Source : www.geoportail.fr

2 CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 Données générales

2.1.1 Généralités

Nom de l'opération : Construction d'un complexe aquatique
Localisation / adresse : Site de Latréaumont
Commune : BARENTIN (76)
Client : COMMUNAUTE DE COMMUNES CAUX AUSTREBERTHE

2.1.2 Intervenants

Maître d'Ouvrage : COMMUNAUTE DE COMMUNES CAUX AUSTREBERTHE
Maître d'Œuvre : JAPAC Architecture
BET Structures : SOJA Ingénierie

2.1.3 Documents communiqués

Ce rapport fait suite au rapport d'étude géotechnique préliminaire (G11) référence DRN2.7.0534 Version 1 du 18/01/2008 rédigé par GINGER CEBTP, dont le contenu est supposé parfaitement connu du lecteur.
Les documents qui nous ont été communiqués et qui ont été utilisés dans le cadre de ce rapport sont les suivants :

Document	Echelle	Référence / Date	Origine
Plan de situation	-	-	Plans reçus par courriel en date du 23/10/09 et du 06/01/10
Plan topographique	1/500	ACAD-10-BARE-APS en date du 22/10/2009	
Plan de masse	1/500	ACAD-11-BARE-APS en date du 22/10/2009	
Coupes	1/200	ACAD-16-BARE-APS en date du 22/10/2009	
Description du projet	-	-	

2.2 Description du site

2.2.1 Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations présente une pente orientée vers l'Est d'environ 5% ; son altitude moyenne varie entre +112 à +117N.G.F. Le site est localisé sur un versant.

Lors de notre intervention, le terrain était libre de toute mitoyenneté. Il correspondait à un champ.

2.2.2 Contextes géotechnique, hydrogéologique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de YVETOT à l'échelle 1/50 000, le site serait constitué des formations suivantes de haut en bas :

- Des Limons des Plateaux s'enrichissant en silex vers le Sud-Est,
- Des Argiles à silex,
- Un substratum crayeux d'âge Santonien.

La craie a fait autrefois localement l'objet d'exploitations souterraines pour l'amendement des sols (marnières). D'après les documents et les bases de données consultées (notamment le site prim.net), le site n'est à priori pas concerné par la présence de cavités souterraines abandonnées « hors mines », ni par des mouvements de terrain (glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion). Il conviendra de vérifier ces informations auprès des services compétents (mairies, DDE...).

Dans le contexte géologique du secteur, la craie et les horizons sus-jacents peuvent être assujettis au développement de phénomènes karstiques.

Le risque de cavités souterraines était cependant avéré dans le secteur (projet proche ayant nécessité une étude spécifique).

D'après les documents et les bases de données consultés (notamment le site de prim.net), le site est localisé dans une zone de sensibilité faible vis-à-vis des phénomènes hydrogéologiques (crues, inondations ruissellement, débordements, remontées de nappes,...).

Selon l'Atlas Hydrogéologique de la Seine Maritime daté de 1989 (éditions du BRGM), le niveau de la nappe de la craie se trouverait à environ +55 NGF, soit à une profondeur de l'ordre de 60 m sous le terrain naturel actuel.

Par ailleurs, des circulations anarchiques ne sont pas exclues au sein des formations superficielles.

D'après le Nouveau Zonage Sismique de la France (Délégation aux Risques Majeurs), le site étudié est en zone 0, zone de sismicité très faible voir nulle où l'application des règles sismiques n'est pas obligatoire.

2.3 Caractéristiques de l'avant-projet

2.3.1 Description des ouvrages

D'après les documents cités au paragraphe 2.1.3, le projet concerné par l'étude géotechnique prévoit la construction d'un complexe aquatique dont les caractéristiques sont les suivantes :

Projet	Bâtiment Accueil /Détente	Bassins et galerie de visite	Locaux techniques
Nb de niveaux	RdC	RdC avec Mezzanine équivalent à 1 étage	RdC sous sous-sol
Nb de sous-sol	-	1	1
Superficie au sol	Environ 4 000 m ²		
Cote niveau bas	+115.3 NGF	+112.4 NGF	+111.1 NGF

Le projet comprend la construction :

- De 3 bassins aquatiques auxquels s'ajoutera éventuellement un bassin extérieur ;
- De locaux techniques, d'accueil et de détente ;
- De plages ;
- De voiries et parkings ;
- De zones d'infiltration (bassins, noues) des eaux de ruissellement liées aux zones imperméabilisées.

2.3.2 Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas

Les descentes de charges du projet nous ont été communiquées par le BET Structures SOJA Ingénierie. Les sollicitations vis-à-vis des ELS sont les suivantes:

- charge verticale sur appuis isolés : < 300 kN,
- charge verticale sur appuis continus : < 270 kN/ml,
- surcharges d'exploitation uniformément réparties au niveau bas : 5 kPa (bâtiment).
- surcharges d'exploitation uniformément réparties au niveau bas : 30 kPa (bassin).

2.3.3 Terrassements prévus

Compte tenu du dénivelé du terrain actuel, la réalisation du projet nécessitera :

- ✚ un simple reprofilage du terrain (0.3 m) au droit de la zone bâtiment Accueil/Détente,
- ✚ la réalisation de déblais jusqu'à une profondeur de 3.0 m environ sous le terrain naturel (zone galeries de visite et piscines).

- ✚ la réalisation de déblais jusqu'à une profondeur de 4.2 m environ sous le terrain naturel (locaux techniques).

De remblais d'environ 1.5 m sont prévus en partie Sud Est pour l'aménagement des espaces verts.

La réalisation des noues et bassins d'infiltration ne nécessitera que des mouvements de terre de faible importance (de l'ordre de 0.5 m au maximum).

2.4 Mission GINGER CEBTP

La mission de GINGER CEBTP est conforme à la proposition DRN 2.9.0477.

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

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

- Détermination de la coupe lithologique et des caractéristiques géotechniques des terrains présents au droit ou aux abords des futurs ouvrages concernés,
- Définition du niveau de l'eau au moment des investigations,
- Détermination des principaux types de fondations envisageables pour les ouvrages concernés et des paramètres de dimensionnement à retenir au stade de l'avant-projet (avec ébauche dimensionnelle et estimation des tassements sous fondations superficielles),
- Avis sur la possibilité de réaliser un dallage sur terre-plein pour le niveau bas du bâtiment et sur les conditions de sa mise en œuvre, avec estimation des modules de déformation E_s (selon le DTU 13.3),
- Avis sur les paramètres géotechniques à retenir pour la mise en œuvre du projet, notamment dans le cas de dispositifs de soutènement,
- Avis sur les conditions de terrassements, sujétions vis-à-vis des éventuelles venues d'eau,
- Détermination de la perméabilité des sols sur le premier mètre en 3 points,
- Définir les incertitudes à réduire pour l'étude géotechnique de projet (G2).

Il convient de rappeler que les aspects suivants ne font pas partie de la mission :

- la recherche de cavités souterraines (une mission complémentaire est en cours de réalisation),
- l'étude hydrologique du site,
- les caractéristiques à prendre en compte pour les déblais /remblais et plateforme (option non retenue),
- l'étude de dimensionnement des ouvrages d'infiltration des eaux,
- la vérification de la pollution éventuelle 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 4. Elle a été définie et réalisée par GINGER CEBTP en fonction du projet et des contraintes d'accessibilité du site.

L'altitude des têtes de sondages a été estimée à partir du plan topographique fourni sur lequel figure la topographie du site. Elle est donnée sur les coupes à titre indicatif.

3.2 Sondages, essais et mesures *in situ*

3.2.1 Sondages et essais *in situ*

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TN (m)	Altitude NGF
Sondage destructif avec enregistrement des paramètres en continu	8	FP1	12.3	+113.4
		FP2	12.5	+113.8
		FP3	12.3	+114.1
		FP4	12.4	+114.8
		FP5	12.4	+113.8
		FP6	12.5	+115.0
		FP7	12.3	+115.3
		FP8	12.2	+114.8
Exécution d'essais pressiométriques Norme NF P94-110	40			
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	4	TA1	5.0	+113.4
		TA2	5.0	+114.9
		TA3	5.0	+116.3
		TA4	5.0	+114.1

Les coupes des sondages sont présentées en annexes 2 et 3, où l'on trouvera en particulier les renseignements décrits ci-après :

- **Sondages destructifs :**

- o coupes approximatives des sols (1),
- o diagraphie des paramètres de forage enregistrés :
 - vitesse d'avancement instantanée (m/h),
 - pression sur l'outil (bar),
 - pression d'injection (bar),
 - pression de rotation (bar).

- **Essais pressiométriques :**

- o Module pressiométrique : E_M (MPa),
- o Pression limite nette : p_r^* (MPa),
- o Pression de fluage nette p_r^* (MPa),
- o Rapport E_M/p_r^* .

Ces paramètres sont portés directement sur les coupes de forage.

(1) L'interprétation des forages de type destructif est faite uniquement d'après l'examen des cuttings et des diagraphies.

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

Par ailleurs, les sondages destructifs de cette campagne d'investigation étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau naturels ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés.

3.2.2 Essais de perméabilité in situ

Les essais suivants ont été réalisés :

Type d'essai de perméabilité <i>in situ</i>	sondage	Prof. / TN
Essai de type Porcher	KP1 à KP3	0.7 à 1.0 m

4 SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS

4.1 Analyse et synthèse géotechnique

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

4.1.1 Lithologie

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, sous une épaisseur de 0.3 m en moyenne de terre végétale :

Horizon H1 : Limon argileux à argile limoneuse marron

Cet horizon présente une variation d'épaisseur (déjà observée dans l'étude préliminaire G11) :

Profondeur de la base : 0.6 m à 1.2 m de profondeur au droit des sondages FP1, FP5, FP6, FP7, FP8 et TA1 (au droit du bâtiment Accueil/Détente).

Profondeur de la base : 2.5 m à 4.0 m de profondeur au droit des sondages FP2, FP3, FP4 et TA4. Une surépaisseur est constatée au droit de la future zone de piscine, galerie de visite et locaux techniques (une telle surépaisseur est également présente vers le Nord Ouest du site comme l'a démontrée l'étude G11).

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite nette (p_r) : 0.39 à 0.96 MPa,
- Module pressiométrique (E_M) : 3.1 à 13.1 MPa.

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes.

Horizon H2 : Argile orangé rouge à silex

Profondeur de la base : 4.8 m à 8.5 m de profondeur au droit des sondages

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite nette (p_r) : 0.81 à 2.14 MPa,
- Module pressiométrique (E_M) : 8.5 à 18.0 MPa.

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques moyennes à élevées.

Horizon H3a : Argile crayeuse beige à blanche à silex

Profondeur de la base : 6.0 m à 7.5 m de profondeur au droit des sondages FP1, FP2, FP3, FP6, FP7 et FP8.

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite nette (p_r) : 0.38 à 0.71 MPa,
- Module pressiométrique (E_M) : 3.9 à 7.3 MPa.

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes.

Horizon H3b : Craie blanche à silex

Profondeur de la base : supérieure à 12.5 m de profondeur au droit des sondages pressiométriques (profondeur d'arrêt des sondages). Le toit est rencontré entre 5.6 et 8.5 m de profondeur au droit des sondages.

Caractéristiques géotechniques :

- Pression limite nette (p_r) : 1.57 à > 5.0 MPa,
- Module pressiométrique (E_M) : 17.2 à 144.0 MPa.

Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques moyennes à élevées.

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.

4.1.2 Caractéristiques géo-mécaniques

Remarque préliminaire : Les données qui suivent ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour les ébauches dimensionnelles des ouvrages au stade de l'avant-projet. La conception et la méthodologie de mise en œuvre des infrastructures devront intégrer les adaptations inhérentes aux variations des limites de couches et aux hétérogénéités locales toujours possibles. Les caractéristiques retenues pour les ébauches dimensionnelles dans chacune des couches sont données dans les tableaux ci-après.

Formation	Nature du sol	Prof. Base (m)	Valeurs pressiométriques	
			p_r (MPa)	E_M (MPa)
n°1	Limon argileux marron	0.6/1.3	0.5	5.4
		2.5/4.0 (a)		
n°2	Argile orangé rouge à silex	4.8/8.5	1.1	12.9
n°3a	Argile crayeuse beige	6.5/7.0	0.6	5.7
n°3b	Craie blanche à silex	> 12.5	2.0	31.0

(a) : zone des sondages FP2, FP3, FP4 et TA4 au droit des bassins

4.2 Synthèse hydrogéologique

4.2.1 Piézométrie

Les niveaux d'eau relevés les 08 et 09/12/09 s'établissent comme suit :

N° Essai	FP1	FP2	FP3	FP4	FP5	FP6
Niveau / TN	Eboulé à 9.6	Eboulé à 10.3	0.5	Eboulé à 0.7	9.6	0.6
N° Essai	FP7	FP8	TA1	TA2	TA3	TA4
Niveau / TN	9.1	9.8	sec	sec	sec	sec

Les niveaux d'eau relevés ne préjugent pas du niveau de la nappe au moment des investigations. Les sondages ayant été réalisés à l'eau, les niveaux peuvent être biaisés et ne sont pas stabilisés. Il est à noter que les investigations ont été réalisées dans une période particulièrement pluvieuse (rétention d'eau en surface).

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 anarchiques et ponctuelles qui n'ont pas été détectées par les sondages.

4.2.2 Inondabilité

D'après les données issues du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière), la parcelle présente une sensibilité faible aux risques d'inondations par remontée de la nappe et débordement de rivière.

Par ailleurs, des informations précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.) et dépendent des travaux de protection réalisés, donc susceptibles de varier dans le temps. S'agissant de données d'aménagement hydraulique et non de données hydrogéologiques, elles ne font pas partie de notre mission d'étude géotechnique.

4.2.3 Perméabilité

Trois essais de perméabilité de type Porcher (nommés KP1, KP2 et KP3) ont été réalisés *in situ* dans les limons argileux de la formation n°1. Les résultats de ces essais sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Sondage / Profondeur	Nature du sol <i>Formation</i>	Coefficient de perméabilité K
KP1 – 0.7 m	Limon argileux marron <i>Formation 1</i>	De l'ordre de 5.10^{-7} m/s
KP2 – 1.0 m		
KP3 – 1.0 m		

Les essais ayant été réalisés en période pluvieuse, les résultats ont été comparés aux résultats de la mission G11 et confirment la faible perméabilité des sols.

4.3 Risques naturels

4.3.1 Liquéfaction

Les reconnaissances réalisées dans le cadre de ce projet ne permettent pas de statuer sur le risque de liquéfaction.

Toutefois, compte tenu de la nature et des caractéristiques mécaniques des sols et du projet, ce risque ne paraît pas être à étudier (pas d'émission de vibration).

4.3.2 Présence de cavités

Aucun indice de cavité souterraine n'est recensé au droit ou à proximité du l'actuel projet selon la recherche documentaire simplifiée réalisée par GINGER CEBTP.

Cependant, il conviendra au Client de s'en assurer auprès des services compétents.

En l'absence d'indice, le risque n'étant pas exclu du fait du contexte géotechnique, une prospection géophysique par microgravimétrie selon une maille 10 x 10 m, couvrant les bâtiments et les voiries (300 points environ) est actuellement en cours dans le cadre de ce projet et fera l'objet d'un autre rapport.

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 :

>> Contextes géologique et géotechnique :

- Des limons argileux sont rencontrés (sous une épaisseur moyenne de 0.3 m de terre végétale), jusqu'à une profondeur comprise entre 0.6 et 1.3 m au droit de la zone bâtiment Accueil/ Détente et comprise entre 2.5 et 4.0 au droit de la zone de bassins et galeries de visite. Ils présentent de faibles caractéristiques mécaniques.
- Les argiles à silex sous jacentes (formation n°2) rencontrées jusqu'à une profondeur variable comprise entre 4.8 et 8.5 m révèlent des caractéristiques mécaniques moyennes à bonnes.
- La craie formant le substratum présente de faibles caractéristiques mécaniques en tête jusqu'à une profondeur de 7.0 m (formation n°3a) puis bonnes (formation n°3b) jusqu'à la profondeur d'arrêt des sondages (12.5 m).
- Des niveaux d'eau ont été constatés à une profondeur comprise entre 0.6 et 9.3 m /TN (non stabilisés). Ils ne correspondent pas à la nappe mais plutôt pour une part à des circulations anarchiques suite aux fortes pluies intervenues lors de notre campagne et pour une autre part à des fluides résiduels de forage.
- On retiendra les faibles perméabilités des sols superficiels (entraînant des rétentions d'eau en période pluvieuses).

>> Le projet concerne :

- la construction du complexe aquatique comprenant :
 - o Des bassins aquatiques,
 - o Des locaux techniques, d'accueil et de détente ;
 - o Des plages ;
 - o Des zones d'infiltration (bassins, noues) des eaux de ruissellement liées aux zones imperméabilisées.
- les sollicitations vis-à-vis des ELS sur les fondations communiquées par le BET Structures sont inférieures à 300 kN par appuis isolés et inférieures à 270 kN/ml sur appuis continus.

>> Pour le projet, il peut être envisagé :

Mode de fondations :

Compte tenu des points précédents, on pourra envisager un mode de fondations superficielles :

- Par semelles filantes ou isolées ancrées de 0.3 m dans les argiles à silex (formation n°2) rencontrées entre 0.6 et 1.3 m au droit de la zone de bâtiment Accueil /Détente.
- Par semelles filantes ou isolées ancrées de 0.3 m dans les argiles à silex (formation n°2) rencontrées entre 2.5 et 4.0 m/TN actuel et après réalisation des terrassements des galeries de visite, des locaux techniques et des bassins qui sont prévus à environ 3.0 m/TN actuel.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

Nous rappelons que toute modification du projet ou des sols peut entraîner une modification partielle ou complète des adaptations préconisées.

La mission géotechnique en phase projet (G2) sera alors cruciale et devra, en particulier, étudier la nouvelle configuration.

5.2 Adaptations générales de l'avant-projet

Nota : les indications données dans les chapitres suivants, qui sont fournies en estimant des conditions normales d'exécution pendant les travaux, seront forcément adaptées aux conditions réelles rencontrées (intempéries, niveau de nappe, matériels utilisés, provenance et qualité des matériaux, phasages, plannings et précautions particulières).

Nous rappelons que les conditions d'exécution sont absolument prépondérantes pour obtenir le résultat attendu et qu'elles ne peuvent être définies précisément à l'heure actuelle. A défaut, seules des orientations seront retenues.

5.2.1 Réalisation des terrassements

Compte tenu des dénivelés du terrain naturel au droit du projet, entre +115.5 m et +112.5 m NGF vers Est, de la réalisation de galerie de visite et de bassins (niveau bas +112.4 NGF) et des locaux techniques (+111.1 NGF), il est prévu de réaliser une plate forme en déblais (jusqu'à -3.0 m).

Il n'est pas prévu de terrassement au droit du bâtiment Accueil/Détente autre qu'un simple reprofilage du terrain.

De remblais d'environ 1.5 m sont prévus en partie Sud Est pour l'aménagement des espaces verts.



Les terrains de surface issus du décapage (notamment la terre végétale) seront purgés et évacués.

D'après les résultats des sondages et suivant le niveau de plate-forme retenu en hypothèse, les terrassements concerneront les limons argileux marron de la formation n°1 et les argiles à silex de la formation n°2.

Compte tenu de la nature des sols reconnus au droit des sondages, le terrassement éventuel sera rendu difficile par la faible tenue des limons. La stabilité des parois ainsi que le talutage prévisionnel sera très rapidement dégradé en période pluvieuse, dans le cas d'arrivées d'eau anarchique dans les horizons et par la présence d'eau à faible profondeur.

5.2.1.1 Traficabilité en phase chantier

La portance faible des sols superficiels imposera à priori la mise en place d'une plate-forme en remblai améliorant pour les engins de chantier (traficabilité).

En fonction des conditions rencontrées au moment des travaux, leur état hydrique est susceptible de varier sensiblement, les conditions d'utilisation de ces matériaux peuvent, par conséquent, évoluer fortement.

Les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables sinon le chantier pourrait rapidement devenir impraticable et nécessiterait la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

5.2.1.2 Terrassabilité des matériaux

La réalisation des éventuels déblais concernant les formations 1 et 2 ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance sauf en cas de rencontre de blocs dans les argiles à silex.

5.2.1.3 Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours de la campagne d'investigations, le terrain devrait en principe être sec en période météorologique favorable. Néanmoins, en fonction de la réalisation des premiers travaux de terrassement et du fait de la pente, notamment en période défavorable, la présence de venues d'eau à faible profondeur et la qualité médiocre des sols superficiels pourra nécessiter de procéder à un drainage dès le démarrage du chantier (rigoles, épis, épuisement périphérique, etc...).

L'ensemble des eaux devront être collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer à tout moment la mise au sec de la plate-forme.

Toute zone décomprimée fera l'objet d'un traitement spécifique si elle doit recevoir un élément de l'ouvrage à porter (purge, compactage).

5.3 Niveau-bas - dallage

La réalisation d'un dallage sur terre-plein pourra être envisagée :

- ✚ Pour le bâtiment Accueil/Détente,
- ✚ pour les galeries de visite et les locaux techniques (sous-sol) dont le niveau bas se situera à environ 3.0 m de profondeur par rapport au TN actuel.

Sous réserve de la mise en œuvre d'une couche de forme épaisse pour tenir compte de la faible portance des limons.

Pour les parties adjacentes aux niveaux enterrés, la réalisation d'un dallage sur terre-plein n'est pas à envisager compte tenu de la proximité de sous-sols.

On devra donc réaliser ces parties sur plancher porté par les structures.

Dans le cas où ces dispositions ne pourraient être envisagées, le niveau bas devra être porté par la structure.

Si nécessaires, des adaptations et des optimisations pourront être étudiées dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de type G2.

Les dallages envisagés rentrent ici dans la catégorie des dallages à usage sportif de la norme dallage (DTU 13.3 de mars 2005), la partie 1 de cette norme est donc applicable.

5.3.1.1 Réalisation du support

Les dallages pourront être mis en œuvre en respectant les modalités suivantes :

- purge des limons et de toutes les poches molles rencontrées à la cote finie du fond de terrassement,
- compactage du fond de forme,
- mise en œuvre de la couche de forme d'une épaisseur minimum de 40 cm, en remblai améliorant insensible ou peu sensible à l'eau et à granulométrie continue de façon à obtenir une bonne fermeture après compactage,

- après réalisation de la couche de forme, contrôle de la plate-forme à l'aide d'essais de chargement à la plaque,
- réalisation du dallage.

On respectera les recommandations du guide technique sur la réalisation des remblais et des couches de forme édité en 1992 par le SETRA et éventuellement celui des sols traités.

Si les apports sont granulaires, ils devront être insensibles à l'eau et de granulométrie continue et mis en œuvre sur un géotextile anti contaminant.

Selon l'état hydrique des matériaux au moment des travaux du fond de forme, une amélioration en pleine masse pourra être à prévoir. Elle sera faite par cloutage ou par traitement à la chaux (sous réserves d'une étude d'aptitude au traitement du sol (NFP 94100)).

Les dallages seront conçus et réalisés conformément au DTU 13.3.

5.3.1.2 Contrôles

Après réalisation de la couche de forme, la plateforme sera contrôlée par essais de plaque type Westergaard ($K_w > 50 \text{ MPa/m}$ d'après la norme NF P11-213 et indice de compactage EV2/EV1 généralement inférieur à 2, en fonction du matériau mis en œuvre)

Remarque :

- L'épaisseur minimale de la couche de forme à mettre en œuvre sous dallage sera définie à partir :
- du module de Westergaard K_w défini par le BET Structures selon les tolérances de déformation du dallage envisagé,
- de la qualité du matériau de constitution de la couche de forme,
- de la portance du fond de forme au moment des terrassements.

Un contrôle de l'arase au moment des travaux par essais à la plaque permettra d'ajuster l'épaisseur de la couche de forme. La détermination de l'épaisseur minimale de la couche de forme à mettre en œuvre sous dallage et son contrôle peuvent être réalisés par GINGER CEBTP. Ces missions doivent faire l'objet d'une commande préalable.

5.3.2 Tassements prévisibles

Les hypothèses à retenir sur les modules Es sont les suivantes, conformément au DTU 13.3 :

Formation	Epaisseur	alpha	Module Es (MPa)
Limon argileux marron	0.6 à 4.0	0.5	10
Argile à silex orange	4.8 / 8.5	0.67	20
Argile crayeux beige	6.5/7.0	0.67	8
Craie blanche à silex	> 12.5	0.67	45

Il revient aux concepteurs de préciser la limite acceptable des tassements. S'ils sont considérés comme trop importants, un principe de plancher porté (ou une amélioration de sol) reste adaptable et pourra être coulé en place.

Pour information, le tassement du dallage est estimé à 0.5 cm en fonction des surcharges prévues de 0.5 t/m² maximum au droit du bâtiment Accueil/Détente. Au droit de la partie avec galerie de visite, compte tenu des terrassements à effectuer, les tassements sous dallage seront négligeables.

5.4 Fondation de la structure

Compte tenu des éléments précédents, les systèmes de fondations suivants sont envisageables :

- **superficielles par semelles filantes ou isolées** descendues dans la formation n°2 (argile à silex orange rouge) reconnue à partir de 0.6 m et jusqu'à 4.0 m de profondeur par rapport au TN actuel.

Les semelles devront être ancrées de 0.3 m minimum dans les argiles à silex (formation n°2) dont le toit a été atteint entre 0.6 m et 4.0 m par rapport au terrain naturel au droit des sondages réalisés.

Dans tous les cas, l'encastrement devra assurer les conditions de mise hors gel des fondations.

Une profondeur minimale de 0.8 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries sera retenue ici.

Compte tenu de la nature des sols et du projet, et d'après les recommandations du DTU 13.12, la contrainte de service à retenir sera limitée à 0.25 MPa à l'ELS et donc à 0.37 MPa à l'ELU.

Pour cette contrainte, les tassements prévisibles sous des appuis continus inférieurs à 1.1 m de largeur et sous des appuis isolés inférieurs à 1.3 m de largeur sont de l'ordre du demi-centimètre.

Remarque : ces valeurs sont valables dans le cas de charges verticales. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur $i\delta$ qui tient compte de l'inclinaison de la charge, de la nature du sol et de l'encastrement requis (cf. les recommandations du DTU 13.12).

Les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'Art en accord avec les prescriptions du DTU 13.11 – Cahier des Clauses Techniques de mars 1988.

Des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'un complément de mission G12 ou d'une étude complémentaire de type G2.

> Dispositions constructives :

Les choix constructifs ne peuvent être faits que par le BET structure mais les points suivants sont toutefois à signaler :

- il est recommandé de ne pas descendre la largeur des fondations en dessous de 0,45 m pour des semelles continues et de 0,7 m pour des semelles ponctuelles pour des raisons de bonne exécution ;
- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants ;
- en cas de deux bâtiments ou de deux parties d'un même bâtiment, fondés de façon différente ou présentant un nombre de niveaux différent, il conviendra de s'assurer que la structure peut s'adapter sans danger aux tassements différentiels qui pourraient se produire ;
Dans le cas contraire, les projeteurs devront prévoir un joint de construction intéressant toute la hauteur de l'ouvrage ;
- les points durs (anciennes maçonneries, remblais divers, etc...) seront, selon le cas (visite de chantier par un géotechnicien nécessaire), éliminés ou pontés ;
- Tout sol mou ou décomprimé localement sera purgé et remplacé par un béton maigre ou similaire.
- Des fondations établies à des niveaux différents et à proximité de talus, doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus (D.T.U. 13-1), à moins de dispositions particulières.

Afin d'éviter une décompression du sol de fondation, un béton de propreté sera immédiatement coulé après terrassement afin de le protéger.

Des sur-profondeurs du toit de la couche d'ancrage sont toujours possibles et pourront nécessiter un rattrapage en gros béton et, par conséquent, des surconsommations de béton.

La justification du dimensionnement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre d'une étude de projet géotechnique (G2) et chaque ouvrage sera étudié au cas par cas en fonction des cotes et charges définitives.

5.5 Protection des ouvrages vis-à-vis de l'eau

Il appartient aux concepteurs de s'assurer auprès des services compétents que le terrain n'est pas inondable.

Les drainages seront raccordés à une évacuation adaptée (gravitaire ou pompe de relevage), et rejetés dans les réseaux sous réserve de l'autorisation des services compétents concernés.

6 OBSERVATIONS MAJEURES

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinants le projet est assurée pendant et après la réalisation de ce dernier.

Les conclusions du présent rapport ne sont valables que sous réserve des conditions générales des missions géotechniques de l'Union Syndicale Géotechnique fournies en annexe 1 (norme NF P94-500 de décembre 2006).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre de l'avant-projet (G12) et que, conformément à la norme NF P94-500 de décembre 2006, une étude de projet (G2) doit être envisagée (collaboration avec l'équipe de conception) pour :

- permettre l'optimisation du projet avec, notamment, prise en compte des interactions sol / structure ;
- vérifier la bonne transcription de toutes les préconisations dans les pièces techniques du marché.

De plus au moment des travaux, compte tenu des variations d'épaisseurs des couches, il conviendra de prévoir un suivi des fouilles par un géotechnicien (mission G4).

GINGER CEBTP peut prendre en charge la maîtrise d'œuvre dans le domaine de la géotechnique, au stade du projet.

7 ALÉAS GÉOTECHNIQUES ET CONDITIONS CONTRACTUELLES

1. Les reconnaissances de sol procèdent par sondages ponctuels, les résultats ne sont pas rigoureusement extrapolables à l'ensemble du site. Il persiste des aléas (exemple : hétérogénéité locale) qui peuvent entraîner des adaptations, tant de la conception que de l'exécution, qui ne sauraient être à la charge du géotechnicien.
2. Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite suite à une communication ou reproduction partielle ne saurait engager GINGER CEBTP.
3. Des modifications dans l'implantation, la conception ou l'importance des constructions ainsi que dans les hypothèses prises en compte et en particulier dans les indications de la partie « Présentation » du présent rapport peuvent conduire à des remises en cause des prescriptions. Une nouvelle mission devra alors être confiée à GINGER CEBTP afin de réadapter ces conclusions ou de valider par écrit le nouveau projet.
4. De même des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des fondations et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances de sol (exemple dissolution, cavité, hétérogénéité localisée, venues d'eau etc.) peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.
5. Au moment de la réalisation des premières fondations, il est conseillé de faire procéder à une visite de chantier par un géotechnicien de GINGER CEBTP. Cette visite donne lieu à avis écrit portant sur la vérification de la nature des sols et sur la conformité de la méthode d'exécution des fondations. Cette visite doit faire l'objet d'une commande préalable.

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

- Classification des missions types d'ingénierie géotechnique,
- Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique.