

Lycée EGTA Le Chesnoy

Construction d'une bergerie 2190 Avenue d'Antibes Amilly (45)

Étude géotechnique de conception (G₂)
Phase Avant-Projet –G₂ AVP

23/02/2017



Agence d'Orléans • ZAC des Montées – 5, rue de l'Industrie – 45073 ORLEANS
Tél. 33 (0) 2 38 56 55 52 • Fax 33 (0) 0 38 51 19 44 • cebtp.orleans@groupe-cebtp.com

<p align="center"><i>Monsieur et Madame PAILLOUX</i></p> <p align="center">CONSTRUCTION D'UN PAVILLON</p> <p align="center">Saint Pryvé Saint Mesmin (45)</p> <p align="center">RAPPORT - ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G₂) – phase AVP</p>							
Dossier : OOR2.H.0507				Contrat : OOR2.G.0294			
Indice	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
1	23/02/17	Clément PINEL		Jérôme CHAPELLE		24 pages 3 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	5
2. Contexte de l'étude	6
2.1. Données générales	6
2.1.1. Généralités	6
2.1.2. Intervenants	6
2.1.3. Documents communiqués	6
2.1.4. Référentiels de calcul et d'étude	6
2.2. Description du site	6
2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants	6
2.2.2. Contexte géotechnique	7
2.2.3. Aléas géologiques et géotechniques	8
2.2.4. Contexte sismique	10
2.3. Caractéristiques de l'avant-projet	11
2.3.1. Description de l'ouvrage	11
2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas	11
2.3.3. Terrassements prévus	11
2.4. Mission Ginger CEBTP	11
3. Investigations géotechniques	13
3.1. Implantation et nivellement	13
3.2. Sondages, essais et mesures in situ	13
4. Synthèse des investigations	14
4.1. Modèle géologique général	14
4.1.1. Lithologie	14
4.1.2. Modèle géo-mécanique (ébauche phase avant-projet)	15
4.2. Contexte hydrogéologique général	15
4.2.1. Piézométrie	15
4.2.2. Inondabilité	15
4.3. Risques naturels	16
4.3.1. Risque sismique – données parasismiques réglementaires	16
4.3.2. Liquéfaction	16

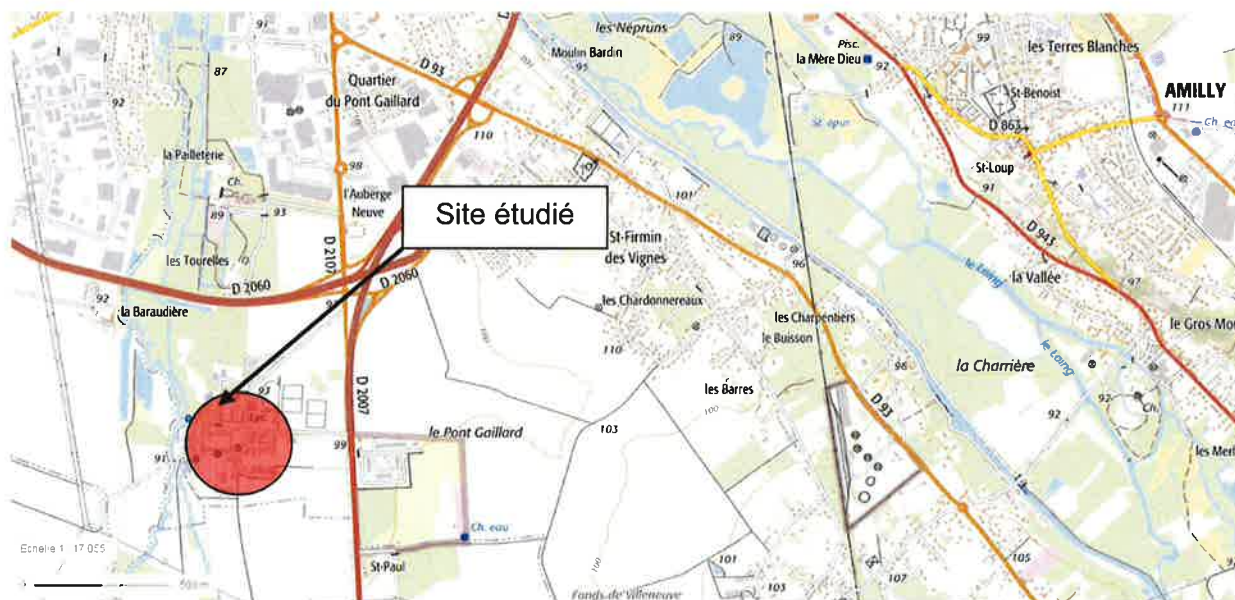
5. Principes généraux de construction en phase avant-projet.....	17
5.1. Analyse du contexte et principes d'adaptation.....	17
5.2. Adaptations générales de l'avant-projet.....	18
5.2.1. Réalisation des terrassements	18
5.3. Niveau-bas - dallage.....	19
5.3.1. Conception et exécution	19
5.3.2. Contrôles.....	20
5.3.3. Tassements prévisibles.....	20
5.4. Fondations superficielles par semelles filantes.....	21
6. Observations majeures.....	23

ANNEXES

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES
ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS

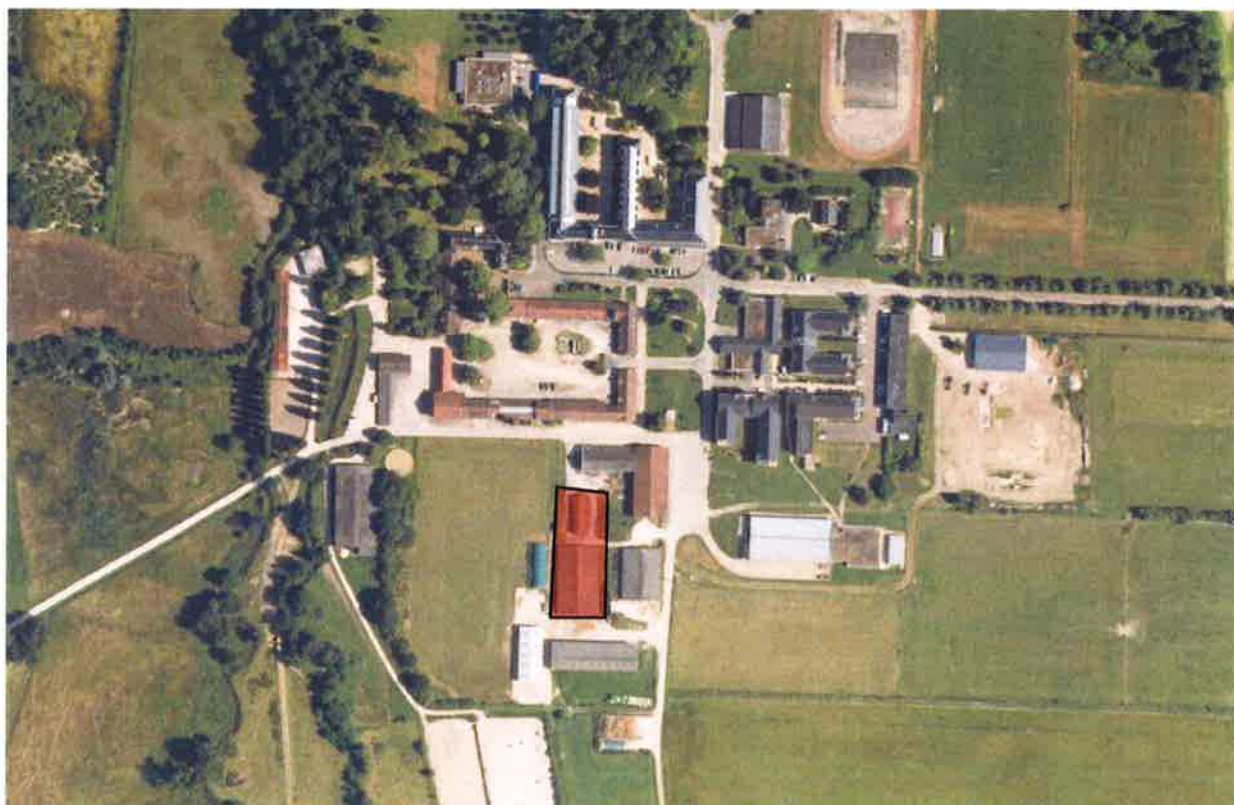
1. Plans de situation

1.1. Extrait de carte IGN



Source : Géoportail

1.2. Image aérienne



Source : Géoportail

2. Contexte de l'étude

2.1. Données générales

2.1.1. Généralités

Nom de l'opération : Construction d'une bergerie

Localisation / adresse : 2190 Avenue d'Antibes

Commune : Amilly (45)

Client et demandeur de la mission : Lycée EGTA Le Chesnoy

2.1.2. Intervenants

Maître d'ouvrage : Lycée EGTA Le Chesnoy

Architecte : TCA & BP ARCHITECTURE

2.1.3. Documents communiqués

Document	Echelle	Origine / référence	Date
Plan de masse	1/500	TCA & BP ARCHITECTURE	Décembre 2016
Coupe sur le terrain	1/200		

2.1.4. Référentiels de calcul et d'étude

- Eurocode 7 et annexes nationales, EC8.
- NF P 11-213 (DTU13.3) : Dallages.

2.2. Description du site

2.2.1. Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site concerné par les investigations est relativement plat.

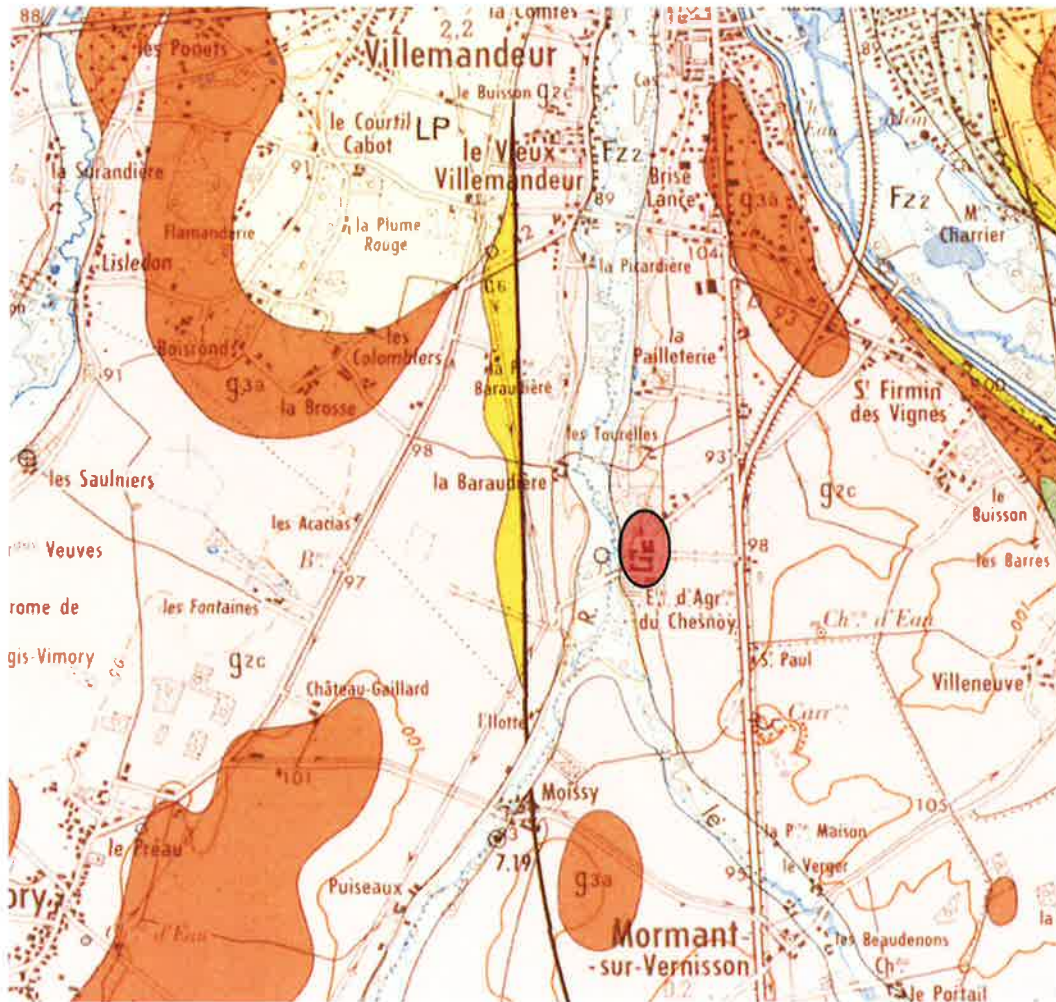
Lors de notre intervention, le terrain était occupé par l'actuelle bergerie et la nurserie dont il est prévu la démolition et des espaces verts.

L'emprise de l'ouvrage sera libre de toute mitoyenneté.

2.2.2. Contexte géotechnique

D'après notre expérience locale et la carte géologique de Montargis à l'échelle 1/50 000^e, le site serait constitué de la formation suivante, sous d'éventuels remblais d'aménagement, et/ou sous une faible épaisseur de terre végétale :

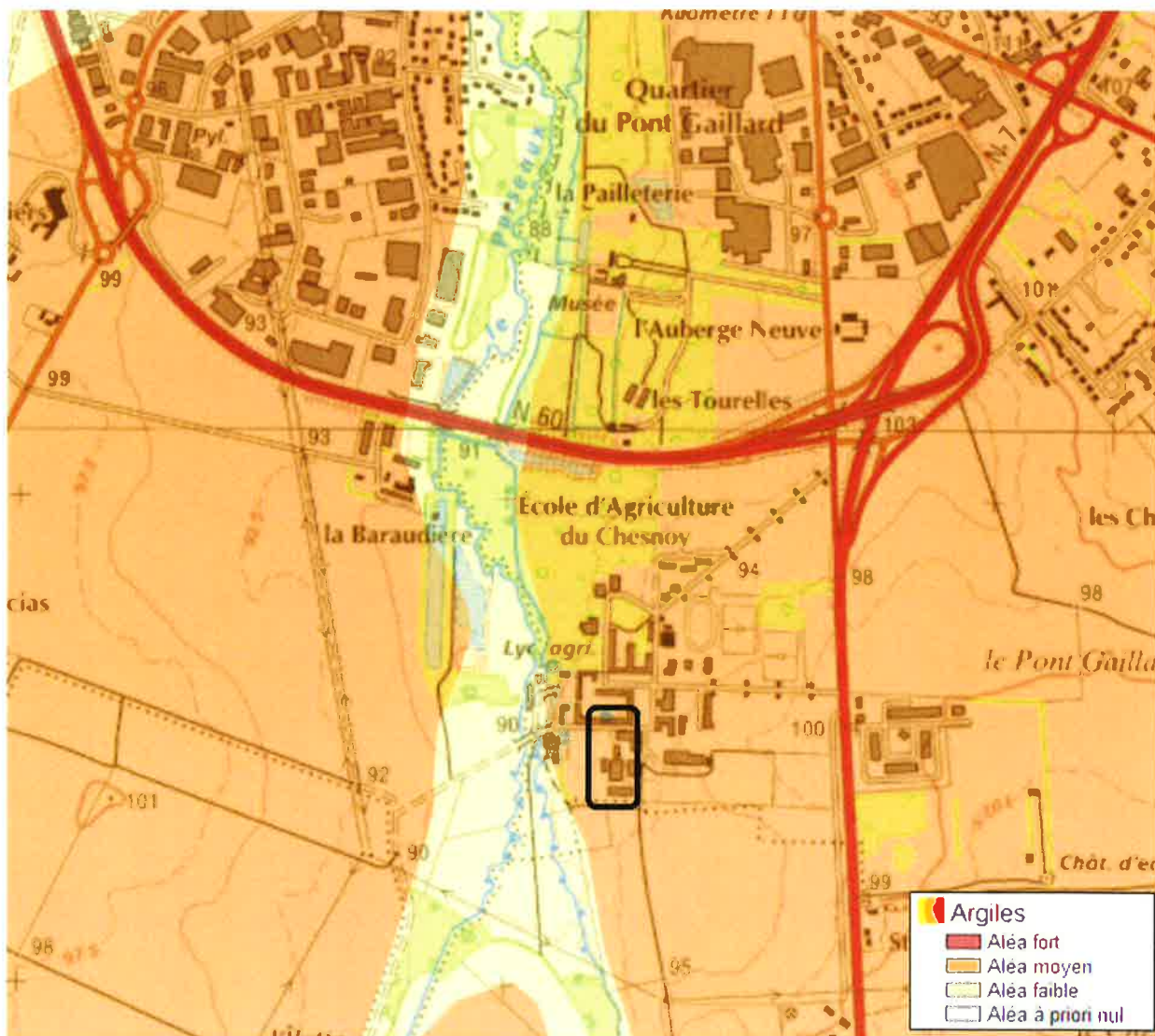
- la Formation des Calcaires du Gâtinais.



2.2.3. Aléas géologiques et géotechniques

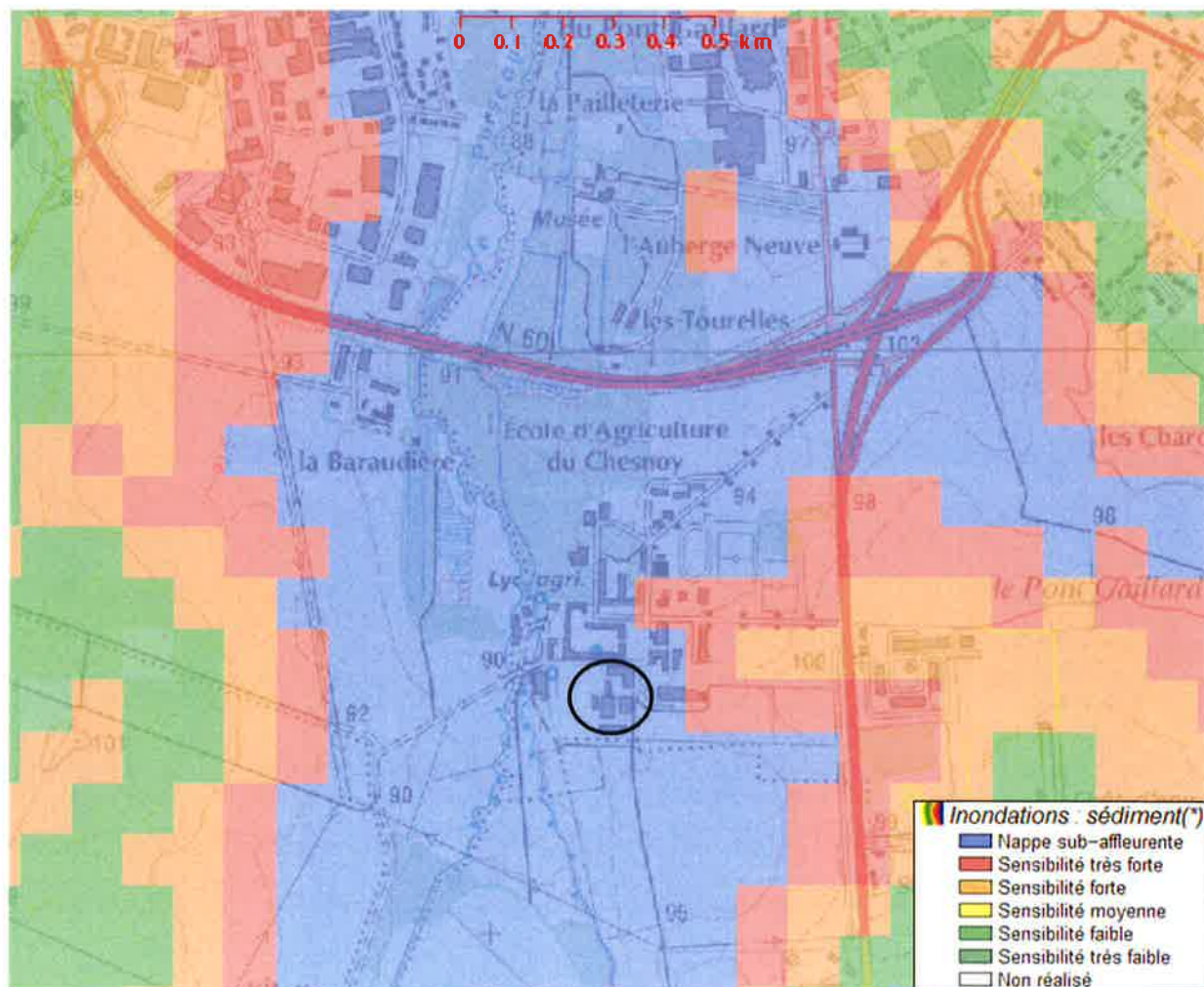
Aléa retrait-gonflement des sols

Selon les données du BRGM, le secteur d'étude se situe en zone d'aléa moyen vis-à-vis du risque de retrait-gonflement des sols argileux. **Cependant compte tenu du faciès calcaire rencontré au droit des sondages, un aléa faible sera comme étant à priori représentatif du site.**



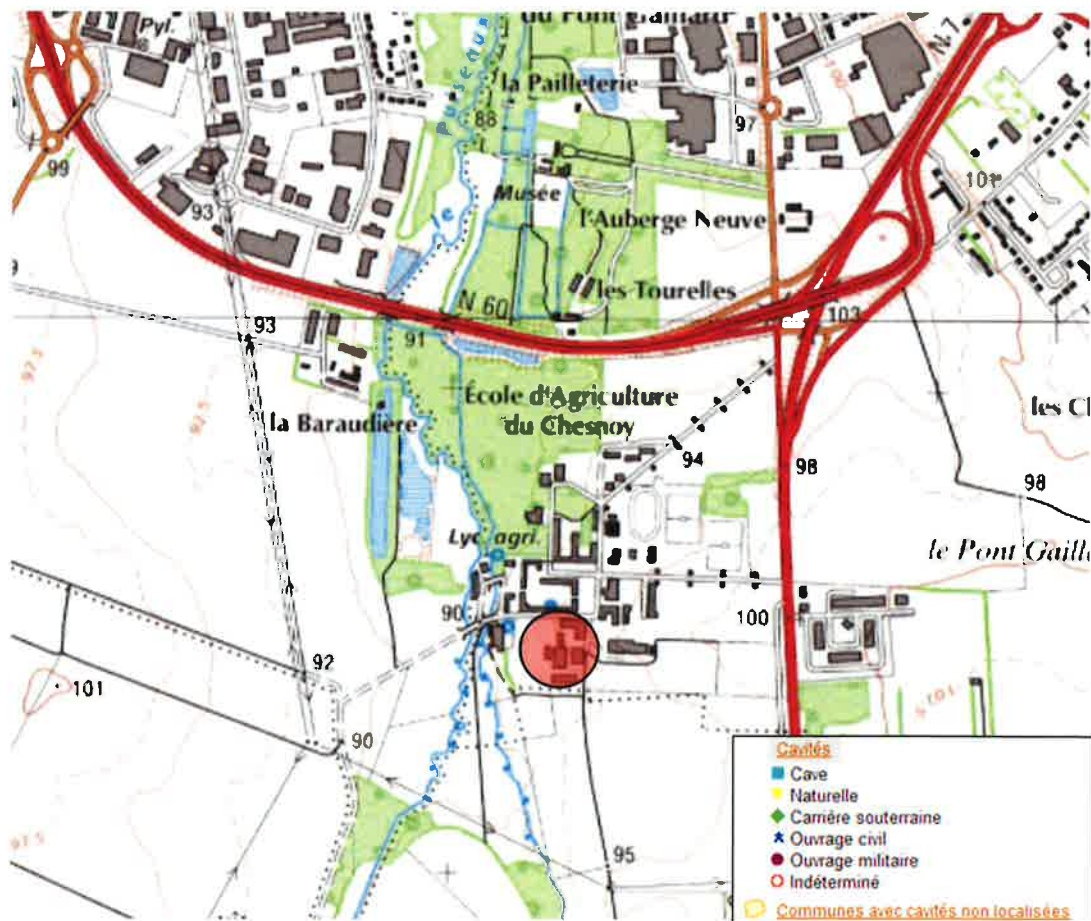
Aléa inondation

La carte de l'aléa inondation établie par le BRGM indique que le site est classé en zone d'aléa de nappe sub-affleurente vis-à-vis du risque d'inondation par remontée de nappe.



Aléa cavités

Selon les données du BRGM, aucune cavité n'est répertoriée sur l'emprise de la commune étudiée.



2.2.4. Contexte sismique

Les règles de classification et de construction parasismiques pour les bâtiments de classe dite « à risque normal » (décret n°2010-1255 du 22/10/2010 modifié par l'arrêté du 25/10/2012) sont applicables. Le site étudié est classé en zone de sismicité 1 (très faible).

L'analyse du risque de liquéfaction des sols n'est pas requise en zone de sismicité 1.

2.3. Caractéristiques de l'avant-projet

2.3.1. Description de l'ouvrage

D'après les documents cités au paragraphe 2.1 et les informations fournies, le projet consiste en la construction d'une bergerie d'environ 1300 m² au sol de type RdC.

2.3.2. Sollicitations appliquées aux fondations et aux niveaux bas

Les descentes de charges du projet ne nous ont pas été communiquées. Par conséquent, les sollicitations vis-à-vis des ELS sont estimées par Ginger CEBTP, sous toutes réserves, à :

- charge verticale sur appuis isolés : ≤ 350 kN,
- charge verticale sur appuis continus : ≤ 200 kN/ml,
- surcharges d'exploitation uniformément réparties au niveau-bas : 5 kPa.

Dans le cas de charges réelles différentes des estimations ci-dessus, il conviendrait de revoir tout ou partie de nos conclusions.

2.3.3. Terrassements prévus

Hors terrassement des fondations, pour insérer le projet dans le site, il est prévu un simple reprofilage du terrain ne nécessitant pas de remblais/déblais supérieurs à 0.5 m de hauteur.

2.4. Mission Ginger CEBTP

La mission de Ginger CEBTP est conforme au contrat n° OOR2.G.0294.

Il s'agit d'une mission d'étude géotechnique de conception, phase avant-projet (G₂ phase AVP) selon la norme AFNOR NF P 94-500 de novembre 2013 sur les missions d'ingénierie géotechnique.

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

- **Approche du contexte géotechnique du site :**
 - Faire une première approche d'un modèle géologique ;
 - Etudier les différents risques naturels identifiés ;
 - Qualifier le risque de liquéfaction sous séisme ;
 - Faire une première estimation des caractéristiques géotechniques importantes.
- **Approche des Principes Généraux de Construction :**
 - Analyse du contexte et principes d'adaptation.
 - Adaptations générales de l'avant-projet :
 - Réalisation des terrassements ;
 - Traficabilité en phase chantier ;
 - Terrassabilité des matériaux ;
 - Drainage en phase chantier.

- Niveau-bas – dallage :
 - Conception et exécution ;
 - Contrôles ;
 - Tassements prévisibles ;
 - Couche d'assise.
- Fondation de la structure :
 - Exemple de fondation envisageable ;
 - Déterminer les horizons d'ancrage de la fondation ;
 - Approche de la contrainte admissible du sol pour un type de fondation ;
 - Approche des paramètres de dimensionnement des fondations envisageable ;
 - Exemples de calcul pour quelques fondations types ;
 - Dispositions constructives.

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

- l'étude de stabilité des talus ;
- l'étude des ouvrages de soutènements éventuels ;
- la reconnaissance de cavités ;
- l'évolution dans le temps de l'hydrogéologie locale (propriétés des différents aquifères, niveaux d'eau caractéristiques EB, EF, EH, EE, PHEC) ;
- les études de pollutions ;
- la reconnaissance des anomalies géotechniques situées en dehors de l'emprise des investigations.

Conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de projet G₂ phase Projet (G₂ PRO) doit être envisagée afin de valider les Principes Généraux de Construction établis en phase AVP, à fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), établir des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques et des notes de calcul de dimensionnement.

3. Investigations géotechniques

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

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 en fonction du projet.

Il sera donc question dans ce rapport de profondeurs comptées à partir du terrain « naturel » au moment de la campagne de reconnaissance du 14 février 2017.

3.2. Sondages, essais et mesures in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TN
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	2	SP1 SP2	5.8 6.0
Exécution d'essais pressiométriques. Norme NF P94-110-1	8		
Sondage semi-destructif à la tarière hélicoïdale continue Ø 63 mm	1	TH3	6.2

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

- **Sondages semi-destructifs à la tarière continue :**
 - coupe des sols.
- **Essais pressiométriques :**
 - Module pressiométrique : E_M (MPa),
 - Pression limite nette : p_l^* (MPa),
 - Pression de fluage nette : p_f^* (MPa),
 - Rapport : E_M/p_l^* .

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...

4. Synthèse des investigations

4.1. Modèle géologique général

Cette synthèse devra être confirmée dans la mission d'étude géotechnique de conception G₂ PRO.

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.

Sous une couverture de terre végétale de 0.1 à 0.3 m d'épaisseur, la succession des horizons rencontrés est la suivante :

Formation n°1 : Argile beige

✓ *Caractéristiques descriptives :*

A partir de : 0.1 à 0.3 m de profondeur environ,

Jusqu'à : 0.6 m de profondeur environ.

Note : Formation observée uniquement au droit du sondage SP2.

Aucune donnée mécanique n'a été réalisée sur cette formation compte tenu de sa faible épaisseur.

Formation n°2 : Calcaire

✓ *Caractéristiques descriptives :*

A partir de : 0.15 à 0.60 m de profondeur environ,

Jusqu'à la profondeur de refus des sondages : 5.8 à 6.2 m de profondeur.

Nature : Calcaire de couleurs marron, beige et blanc.

✓ *Caractéristiques géotechniques :*

Module pressiométrique E (MPa)	11.8 à 113.7
Pression limite pl* (MPa)	0.82 à 4.42

Il s'agit d'un **calcaire altéré à fragmenté** au sens de la classification mécanique de l'Eurocode 7.

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. Modèle géo-mécanique (ébauche phase avant-projet)

Formation	Nature du sol	Prof. Base (m)	Valeurs pressiométriques (1)		Coefficient rhéologique α
			p_r (MPa)	E_m (MPa)	
n°0	Terre végétale	0.3	-	-	-
n°1	Argile	0.6	-	-	-
n°2	Calcaire altéré	> 6.2	0.9	15	1/2

(1)- valeur retenue pour les calculs.

4.2. Contexte hydrogéologique général

4.2.1. Piézométrie

Aucun niveau d'eau n'a été observé lors des investigations du 14 février 2017.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie.

Par ailleurs, il peut exister des circulations d'eau anarchiques et/ou ponctuelles qui n'ont pas été détectées par les sondages.

Enfin, n'ayant pas d'informations sur les niveaux prévisibles des P.H.E., seule une mission complémentaire permettra de préciser cette altitude.

4.2.2. Inondabilité

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.

4.3. Risques naturels

4.3.1. Risque sismique – 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	1 (aléa très faible)
Type de sol	C
Paramètre de sol S	1.5

4.3.2. Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 1 (très faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise d'après l'arrêté du 22/10/2012 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe « à risque normal ».

5. Principes généraux de construction en phase 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 :

- Les sols du site comportent des matériaux sensibles au phénomène de retrait-gonflement qui obligent à rechercher une adaptation de l'ouvrage, prenant en compte ce risque de mouvements dus aux variations hydriques.
- **Les sols du site comportent des hétérogénéités de portance des sols** avec un horizon de calcaire altéré (formation n°1) au droit du sondage SP2 de portance globalement moyenne et de très bonne portance au droit du sondage SP1.
- Aucun niveau d'eau n'a été relevé lors des investigations.

>> Environnement du projet :

Projet : descentes de charges faibles sur fondations, pas de sous-sol, sensibilité aux tassements, surcharges sur niveau-bas limitées.

Compte tenu des points précédents, il est possible d'envisager la réalisation de fondations superficielles, ainsi que la réalisation d'un dallage sous certaines conditions particulières.

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 PRO) 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

Hors terrassement des fondations, pour insérer les projets dans le site, il est prévu a priori un simple reprofilage du terrain ne nécessitant pas de remblais/déblais supérieurs 0.5 m de hauteur.

5.2.1.1. Traficabilité en phase chantier

La formation n°1 étant de nature argileuse, elle est par expérience sensible à l'eau.

Par conséquent, les travaux devront être réalisés dans des conditions météorologiques favorables. Dans le cas contraire (période défavorable), les travaux préparatoires (en fonction des terrassements à réaliser) pourront consister en la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau, soit en des opérations de purge ou cloutage, ou du traitement (sous réserve de la réalisation d'une étude spécifique).

5.2.1.2. Terrassabilité des matériaux

La réalisation des déblais dans **les argiles (formation n°1)** ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance.

Le projet comporte des déblais dans des matériaux très résistants (formation n°2), il faudra donc prévoir l'utilisation d'engins ou de procédés adaptés (éclateur, dérocteur, pelle puissante, BRH,...) à l'exclusion d'explosifs.

5.2.1.3. Drainage en phase chantier

En principe, le terrain doit être sec sur les profondeurs concernées par le projet (hors épisodes pluviométriques, sur les profondeurs reconnues). Cependant, les venues d'eau pouvant apparaître en cours de terrassement, en particulier en cas de précipitations et depuis l'amont du site, seront collectées en périphérie et évacuées en dehors de la fouille (captage).

Les dispositions spécifiques prévisibles seront adaptées au cas par cas pour assurer la mise au sec de la plateforme de travail à tout moment.

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

Dans ce contexte de terrains sensibles au retrait-gonflement, la faisabilité d'un dallage sur terre-plein est soumise au respect de mesures de protections et d'aménagements spécifiques détaillées au paragraphe 5.5.

D'une façon générale, dans ce type de contexte géotechnique, on préférera la réalisation d'un plancher sur vide-sanitaire.

Si le choix d'un dallage sur terre-plein était maintenu, outre les sujétions du paragraphe 5.5, sa réalisation sera conditionnée **par la purge de la terre végétale et de toute zone molle résiduelle** mise à jour en cours de terrassement.

La réalisation d'un dallage sur terre-plein avec un fond de forme arrêté dans **le calcaire** (formation n°2) est envisageable. Une couche de forme est nécessaire.

5.3.1. Conception et exécution

La mise en œuvre de la structure sous dallage (couche de forme et couche de réglage) sera réalisée moyennant les précautions successives suivantes :

- purge de la terre végétale **et éventuels remblais liés à la démolition des existants**,
- terrassement jusqu'au fond de forme,
- purge éventuelle des poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou les eaux de pluie,
- compactage du fond de forme à 95 % de l'optimum Proctor normal (OPN) avec des engins adaptés,
- mise en place d'un géotextile anti-contaminant (pas obligatoire),
- mise en œuvre de la structure sous dallage avec compactage de la couche de forme à 95 % de l'optimum Proctor modifié (OPM).

La structure sous dallage pourra alors être envisagée de la manière suivante :

- une couche de forme de 0.30 m d'épaisseur minimale, pour un fond de forme en concassé calcaire 0/60 ou 0/80 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/80, ou équivalent ;
- une couche de réglage en concassé calcaire 0/31.5 insensible à l'eau, grave non traitée (GNT) 0/31.5 ou équivalent.

On veillera à respecter les recommandations du guide GTR édité en 1992 par le SETRA et éventuellement celui des sols traités.

Les apports devront être granulaires, insensibles à l'eau et de granulométrie continue. Il peut s'agir de matériaux de type D_2 / D_3 ou R_{21} .

Selon l'état hydrique des matériaux au moment des travaux, un traitement du fond de forme à la chaux en pleine masse sera à prévoir sous réserve de l'étude d'aptitude au traitement du sol (conformément à la norme NF P94-100).

Les dallages seront conçus conformément au DTU 13.3.

5.3.2. Contrôles

D'après le DTU 13.3 de mars 2005 applicable au projet, le module de Westergaard (K_w) à obtenir est de 50 MPa/m minimum sur la couche de forme avec un rapport $EV2/EV1 < 2$.

On s'assurera, d'autre part, que le compactage est correctement réalisé.

Ginger CEBTP se tient à la disposition du maître d'œuvre ou de l'entreprise pour la réalisation des essais de contrôle à tout stade de l'exécution.

5.3.3. Tassements prévisibles

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

Formation	Epaisseur	alpha	Module E_s (MPa)
Calcaire	> 5.9	1/2	30

Pour information, les tassements absolus sous dallages sont estimés inférieurs au centimètre pour des surcharges maximales de 5 kN/m² et en considérant un remblai de 0.5 m d'épaisseur (soit une surcharges de 10 kN/m²) et inférieur au demi-centimètre pour les tassements différentiels (évaluation à partir du bicouche de Ménard).

Les tassements ainsi calculés restent inférieurs aux états limites de déformation verticale du dallage autorisés par le DTU 13.3.

Sous réserve de l'appréciation du Maître d'œuvre et du BET, ces déformations paraissent admissibles pour ce type de bâtiment.

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

5.4. Fondations superficielles par semelles filantes

Compte tenu des éléments précédents, un système de fondation superficielle par semelles filantes descendues dans le **calcaire altéré** (formation n°2) est envisageable **moyennant le respect des dispositions du paragraphe 5.5 liées à la sensibilité des terrains du site au phénomène de retrait-gonflement et sous réserve de respecter les critères de dimensions et de contraintes indiqués dans les exemples de dimensionnement.**

Les fondations devront être ancrées de 0.3 m minimum dans le calcaire (formation n°2) dont le toit a été rencontré à partir de 0.1 à 0.6 m de profondeur par rapport au niveau du terrain actuel au droit des sondages.

Dans tous les cas, l'encastrement des fondations devra assurer les conditions de mise hors dessiccation des sols argileux (aléa moyen), soit une profondeur minimale de 1.2 m par rapport à la plus proche surface exposée aux intempéries.

➤ Exemples de prédimensionnement

Le pré-dimensionnement des fondations est mené à partir des résultats pressiométriques, conformément à la norme NFP 94-261 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles).

Principe de calcul de la capacité portante :

On s'assurera que la charge verticale transmise par la fondation superficielle au terrain V_d est inférieure à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle $R_{v;d}$:

$$V_d - R_0 \leq R_{v;d} \qquad R_{v;d} = \frac{R_{v;k}}{\gamma_{R;v}} \qquad R_{v;k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R;d;v}}$$

Avec :

- R_0 : la valeur du poids de volume de sol constitué du volume de la fondation sous le terrain après travaux et des sols compris entre la fondation et le terrain après travaux – ici négligé,
- $R_{v;d}$: la valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;v}$: un facteur partiel à considérer, égal à 2.30 à l'ELS quasi-permanent et caractéristique et 1.40 à l'ELU pour les situations durables et transitoires,
- $R_{v;k}$: la valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- A' : la surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- q_{net} : la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R;d;v}$: le coefficient de modèle lié à la méthode de calcul utilisée pour le calcul de la contrainte q_{net} (1.20 pour la méthode pressiométrique).

Calcul de q_{net} , contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle :

La contrainte q_{net} du terrain sous une fondation est déterminée à partir de la relation suivante :

$$q_{net} = k_p p_{le}^* i_\delta i_\beta$$

Avec :

- k_p : le facteur de portance pressiométrique qui dépend des dimensions de la fondation, de son encastrement relatif et de la nature du sol,
- p_{le}^* : la pression limite nette équivalente,
- D : la hauteur d'encastrement en mètre,
- D_e : la hauteur d'encastrement équivalente en mètre,
- i_δ : le coefficient de réduction de portance lié à l'inclinaison du chargement (on considère ici une charge verticale centrée, soit $i_\delta = 1.00$).

Des exemples de pré-dimensionnement ont été établis à partir des règles de calculs précédentes et du schéma géotechnique détaillé précédemment. Les résultats figurent dans le tableau suivant :

Cas de fondations	B (m)	D (m)	p_{le}^* (MPa)	D_e (m)	K_p	A' (m ² /ml)	q_{net} (kPa)	$R_{v;d}$ ELU (kN ou kN/ml)	$R_{v;d}$ ELS (kN ou kN/ml)	V_d ELS ⁽¹⁾ (kN ou kN/ml)	Taux de travail correspondant (kPa)	S (cm)
Semelle filante	0.7	0.8	0.9	0.8	1.21	0.70	1093	455	277	175	250	0.5
Semelle isolée	1.0	0.8	0.9	0.8	1.20	1.00	1014	604	367	250	250	0.6
	1.2	0.8	0.9	0.8	1.15	1.44	979	699	425	300	250	0.7

S : valeur de tassement estimé en fonction de la charge estimée V_d à l'ELS

(1) Chargement tenant compte du poids de la fondation

A ce stade des études, le taux de travail admissible ne dépassera pas dans tous les cas les 250 kPa.

➤ **Limite du dimensionnement**

Dans le cas où les charges seraient inclinées, par exemple pour des semelles excentrées en limite de propriété, il conviendra d'appliquer les coefficients minorateurs i_δ (cf. les recommandations de l'annexe D de la norme NFP 94-261).

Les tassements ont été calculés selon les recommandations de l'annexe H pour des charges verticales centrées et pour des sollicitations et dimensions de semelles précises.

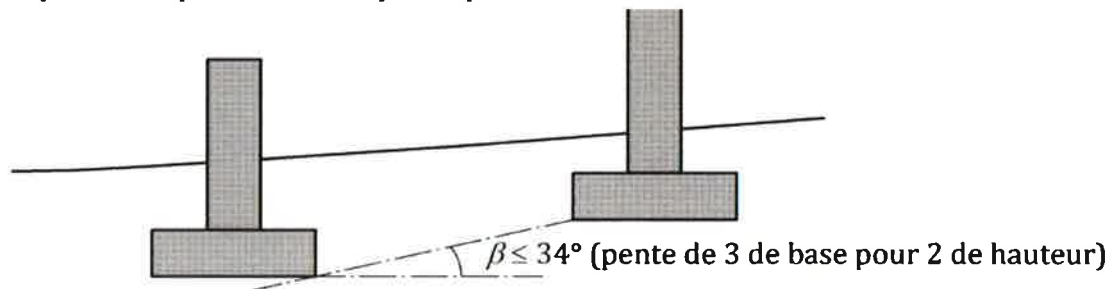
On rappelle que les tassements sont dimensionnants pour les ouvrages. Ainsi, en fonction de l'admissibilité des tassements, une limitation de charge pourra s'appliquer.

➤ **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 0.5 m pour des semelles filantes et de 0.8 pour des massifs isolés pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standard) ;
- 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, y compris les fondations elles-mêmes.

Par ailleurs, des fondations établies à des niveaux différents doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations et/ou pied de talus, à moins de dispositions particulières spécifiques.



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.

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

La justification du dimensionnement devra faire l'objet d'une étude spécifique dans le cadre d'une étude de projet géotechnique (G₂ PRO).

6. Observations majeures

On s'assurera que la stabilité des ouvrages et des sols avoisinant 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 novembre 2013).

Nous rappelons que cette étude a été menée dans le cadre de l'avant-projet (G₂ AVP) et que, conformément à la norme NF P94-500 de novembre 2013, une étude de projet (G₂ PRO) 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 (G₂ DCE/ACT).

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

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

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

Tableau 1 — Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

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

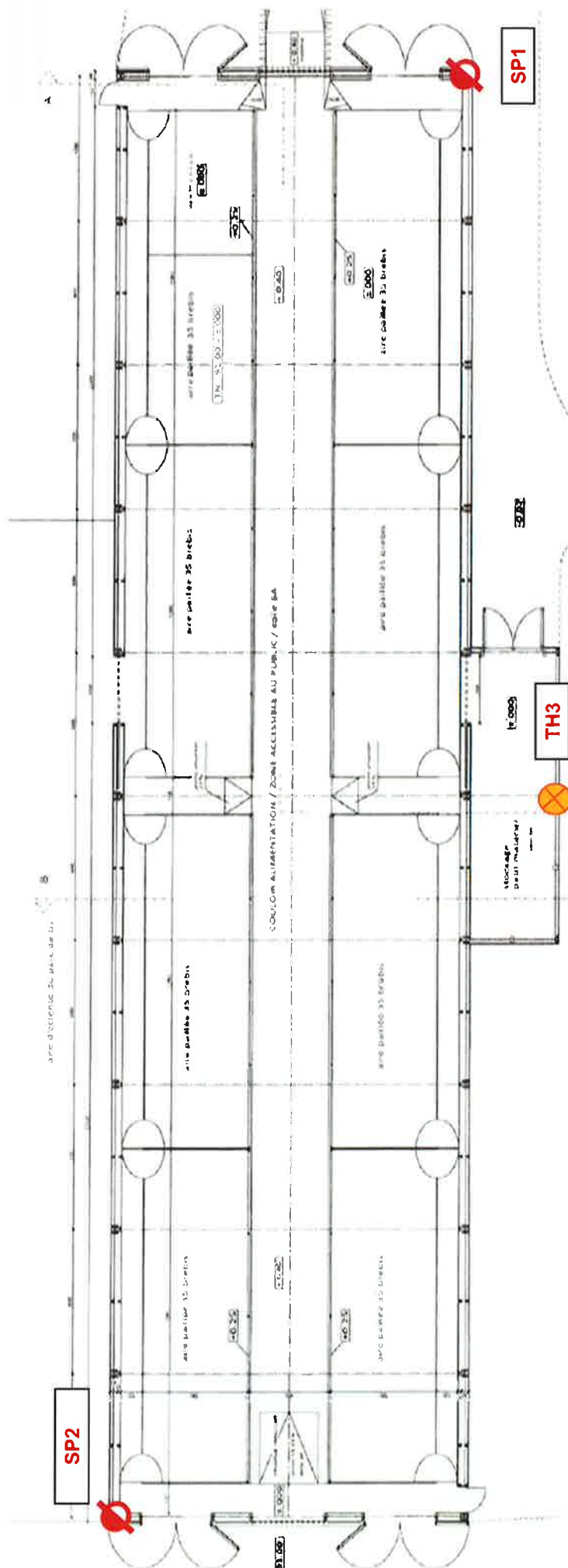
Tableau 2 — Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>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.</p>
<p>ETAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Etude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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).
<p>ETAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</p> <p>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 :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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. <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Etablir 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>ETAPE 3 : ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)</p> <p>ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</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 Etude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Etudier 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). — Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Etude. — 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). — Etablir 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). <p>SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</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"> — 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. <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> — Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). — donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. <p>DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)</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"> — Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. — Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. — Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).
--

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



SCHEMA D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Plan schématique : format A4		Dossier OOR2.H.0507
AMILLY (45)		
Construction d'une bergerie		
Lycée EGTA Le Chesnoy		

LEGENDE :
 **SONDAGE PRESSIOMETRIQUE**
 **SONDAGE A LA TARIERE**



ANNEXE 3 – SONDAGES SEMI-DESTRUCTIFS

- Coupes des sondages destructifs,
- Courbes pressiométriques éventuelles (p_1^* et E_M).

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1

Dossier : OOR2.H.0507

Localité : Amilly (45)

Chantier : Construction d'une bergerie

Client : Lycée EGTA Le Chesnoy

X :

Date début de forage : 14/02/2017

Echelle : 1/34

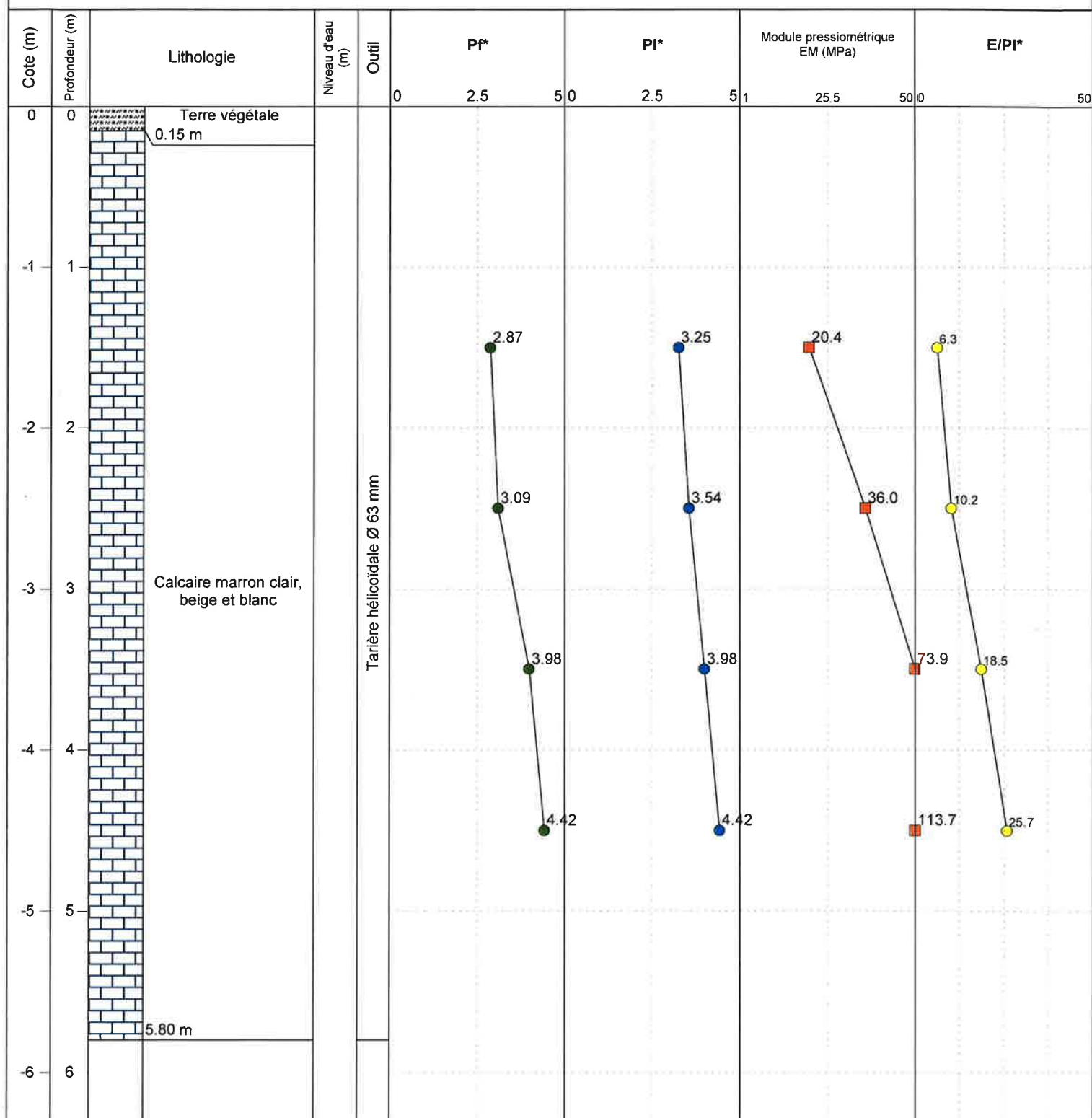
Y :

Date fin de forage : 14/02/2017

Machine : M243

Z :

Profondeur de fin : 5.80m



Observation : Sondage au refus à 5.8 m

EXGTE 3.20

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2

Dossier : OOR2.H.0507

Localité : Amilly (45)

Chantier : Construction d'une bergerie

Client : Lycée EGTA Le Chesnoy

X :

Date début de forage : 14/02/2017

Echelle : 1/34

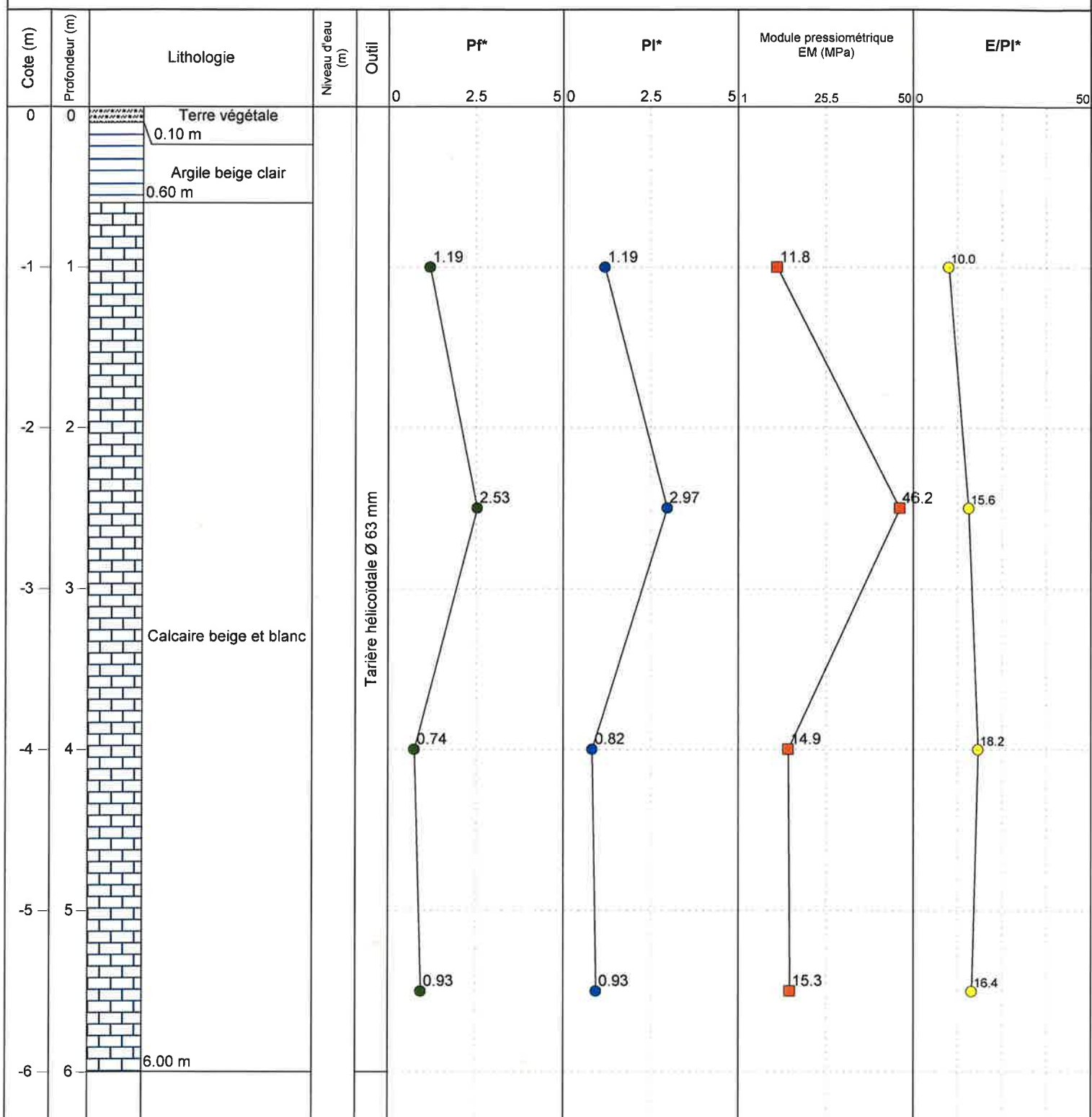
Y :

Date fin de forage : 14/02/2017

Machine : M243

Z :

Profondeur de fin : 6.00m



Observation : Sondage au refus à 6.0 m

EXGTE 3.20

Dossier : **OOR2.H.0507**

Localité : **Amilly (45)**

Chantier : **Construction d'une bergerie**

Client : **Lycée EGTA Le Chesnoy**

X :

Date début de forage : **14/02/2017**

Echelle : **1/34**

Y :

Date fin de forage : **14/02/2017**

Machine : **M243**

Z :

Profondeur de fin : **6.20m**

Profondeur (m)	Niveau d'eau (m)	Lithologie	Matériel	Echantillons	Résultats d'essais ou observations
0		Terre végétale			
0.30 m					
0.5					
1					
1.5					
2					
2.5					
3					
3.5		Calcaire marron, beige et blanc			
4					
4.5					
5					
5.5					
6					
6.20 m					

Observation : Sondage au refus à 6.2 m

EXGTE 3.20