



HYDROGEOTECHNIQUE CENTRE

INGENIERIE GEOTECHNIQUE, GEOLOGIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE
APPLIQUEE AUX BATIMENTS, GENIE-CIVIL, INFRASTRUCTURES ET A L'ENVIRONNEMENT.
SONDAGES – ESSAIS DE SOLS IN SITU ET EN LABORATOIRE

POUR INFORMATION

BASE DE DÉFENSE DE TOURS – PÔLE CONDUITE DES OPÉRATIONS
CONSTRUCTION D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF
BRICY (45)

RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
Mission et G2-PRO

**EN L'ABSENCE DE RAPPORT D'ETUDE
GEOTECHNIQUE SPECIFIQUE A CE
PROJET, LE PRESENT DOCUMENT EST
DONNE A TITRE D'EXEMPLE.**

642 rue Paul Héroult – 45650 SAINT JEAN LE BLANC - Tél. 02.38.22.59.42 - Fax 02.38.22.58.01
e-mail : centre@hydrogeotechnique.com

SARL au capital de 50 000 Euros - Site : www.hydrogeotechnique.com - Qualifications OPQIBI : 1001 – 1002 – 1106 – 1201
Siège social : RN6 – Z.A. "Les Ormeaux" – 3 Rue Paradon – 71150 FONTAINES - R.C.S. CHALON SUR SAONE B 501 941 389 - SIRET 501 941 389 00014 - APE 71.12B
TVA FR 59 501 941 389 – TVA SUR ENCAISSEMENTS

SOMMAIRE

1.INTRODUCTION.....	4
1.1.MISSIONS.....	4
1.2.RÉFÉRENTIELS.....	6
1.3.DESCRPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION.....	7
2.ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (RAPPEL).....	12
2.1.CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....	12
2.2.CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	14
2.3.CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	14
2.4.RISQUES NATURELS.....	15
2.4.1.Remontées de nappes.....	16
2.4.2.Risque inondation.....	16
2.4.3.Les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux.....	17
2.4.4.Base de données des cavités souterraines.....	18
2.4.5.Risque de glissement de terrain.....	18
2.4.6.Risque de mouvement de terrain.....	19
2.4.7.PPR, cartes ZERMOS, AZI, TRI.....	19
2.5.RISQUE MINIER ET CARRIÈRES.....	20
2.6.SISMICITÉ.....	20
2.7.BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE.....	21
2.8.VESTIGES MILITAIRES ET OBJETS PYROTECHNIQUES.....	22
3.PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE (RAPPEL). 23	23
3.1.PROGRAMME SPÉCIFIQUE.....	23
3.2.IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE.....	24
3.3.ORGANISATION DES ANNEXES.....	25
4.RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION (RAPPEL).....	26
4.1.LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES.....	26
4.2.HYDROGÉOLOGIE.....	28
5.SYNTÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES (RAPPEL).....	29
5.1.SYNTÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES.....	29
5.2.ALÉAS.....	29
5.2.1.La géologie.....	29
5.2.2.La nature des matériaux.....	30
5.2.3.L'hydrogéologie.....	30
5.2.4.L'environnement et l'historique du site.....	30
5.2.5.Les risques naturels.....	30
6.PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G2-PRO.....	31
7.PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS MISSION G2-PRO.....	32
7.1.GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS.....	32
7.2.TERRASSEMENTS.....	32

7.3.DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE.....	33
7.4.GESTION DU RISQUE KARSTIQUE.....	33
8.ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS SUPERFICIELLES -	
MISSION G2-PRO.....	34
8.1.PRINCIPE.....	34
8.2.NIVEAU D'ASSISE.....	34
8.3.GÉOMÉTRIES ET DESCENTES DE CHARGES.....	35
8.4.RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS.....	37
8.5.VÉRIFICATION VIS À VIS DES CRITÈRES D'EXCENTREMENT.....	40
8.6.SUJÉTIONS D'EXÉCUTION.....	40
9.ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES ÉPAISSEURS DES COUCHES DE FORME	
SOUS DALLAGES MISSION G2-PRO.....	42
9.1.PRINCIPE.....	42
9.2.COUCHE DE FORME SOUS DALLAGES.....	43
9.3.MODULES DE DÉFORMATION POUR DALLAGES.....	45
ANNEXES.....	47

XXXXXXXXXX



1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte du **PÔLE CONDUITE DES OPÉRATIONS DE LA BASE DE DÉFENSE DE TOURS**, la Direction Régionale Centre Val de Loire du Bureau d'Études **HYDROGÉOTECHNIQUE CENTRE** a procédé à l'exécution des sondages, essais et études géotechniques préalables à la **construction d'un bâtiment administratif**, situé sur la **commune de BRICY (45)**.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la norme 94.500 des missions type d'ingénierie géotechnique de l'AFNOR-USG (Novembre 2013), qui suivent les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet, à savoir :

- ✓ ÉTAPE 1 : étude géotechnique préalable (G1)
 - ES : Phase étude de site,
 - PGC : Phase principes généraux de construction,
- ✓ ÉTAPE 2 : étude géotechnique de conception (G2)
 - AVP : Phase avant projet,
 - **PRO : Phase projet**,
 - DCE / ACT
- ✓ ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation
 - Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)
 - 1) Phase étude,
 - 2) Phase suivi.
 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)
 - 3) Phase étude,
 - 4) Phase suivi.
- ✓ Étude d'éléments spécifiques géotechniques
 - Diagnostic géotechnique (G5).

Le présent rapport correspond à une **mission G2-Phase PRO** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu, et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Ce rapport a été rédigé par **Florent ROBIN, Directeur régional, Ingénieur géologue géotechnicien de l'Université d'Orléans**, vérifié par **Aline VENANT, Ingénieur géotechnicien de l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais** et approuvé par **Hervé GRISEY, Docteur en Géologie appliquée**.

Les objectifs de cette étude sont :

- l'appréhension des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques des sols au droit du projet,
- la présentation des principes généraux de construction des ouvrages géotechniques, à savoir :
 - ◆ les fondations envisageables au droit du bâtiment,
 - ◆ la nature et les épaisseurs des matériaux constitutifs de la plate-forme,
 - ◆ les points principaux relatifs au drainage du bâtiment,
- le dimensionnement des ouvrages principaux suivant les règles, normes AFNOR ou fascicules.

Notre mission de type G2-Phase PRO s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-DCE/ACT, G4. Ponctuellement une mission G5, à définir par la Maîtrise d'œuvre du projet, pourra être réalisée. La mission G3 est à la charge de l'entreprise adjudicataire des travaux.

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Sont exclus les aspects liés à :

- la détection systématique de cavités éventuelles,
- la recherche de pollution éventuelle,
- la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques,
- la caractérisation de la perméabilité des sols vis à vis de l'assainissement ou des eaux pluviales.

1.2. **RÉFÉRENTIELS**

La campagne de sondages, ainsi que notre étude suivent les normes et documents français et plus particulièrement :

- Eurocodes 1 – NF-EN-1991-1 (mars 2003),
- Eurocodes 7 – NF-EN-1997-1 (juin 2005) et NF-EN-1997-2 (septembre 2007),
- Eurocodes 8 – NF-EN-1998-5 (septembre 2005),
- Arrêtés du 22 octobre 2010 et du 19 juillet 2011 relatifs à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- NFP 94-261 – Calcul géotechnique – Fondations superficielles (juin 2013),
- DTU 13.3 – Conception, calcul et exécution des dallages (mars 2005),
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 1992),
- Normes relatives aux essais in situ et essais en laboratoire.

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'Ouvrage au stade de la mission G2-AVP :

- le plan de masse de l'existant et des réseaux existant, sans échelle, non référencé et non daté,
- le plan de masse du projet, sans échelle, non référencé et non daté.

Au stade de la mission G2-PRO, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'Ouvrage :

- l'ensemble des plans (fondations, plancher haut RDC, plancher haut R+1), à l'échelle 1/100, référencé BA01, et daté du 12/11/18,
- les plans de coffrage du plancher haut RDC et les coupes associées, à l'échelle 1/50, référencés BA02, BA03 et BA04, et daté du 12/11/18,
- le plan du coffrage du plancher haut R+1, à l'échelle 1/50, référencé BA05, et daté du 12/11/18,
- les vues en perspectives, sans échelle, référencées BA06, et datées du 26/11/18,
- les descentes de charges,
- le plan des fondations sans annotations, sans échelle, sans référence, et non daté.

Le présent rapport fait suite à la mission d'étude géotechnique G2-AVP, réalisée par notre bureau d'étude, référencée C.17.13032, et datée du 21/07/17.

1.3. **DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION**

Le projet concerne **la construction d'un bâtiment administratif** sur la commune de **BRICY (45)**.

À ce stade, les informations connues sur le projet sont les suivantes :

- Le projet consiste en la construction d'un bâtiment administratif sur une superficie au sol de 900m² environ. Le projet est de type R+1 partiel, sans sous-sol.

- D'après les informations fournies par le maître d'ouvrage, le bâtiment étudié est classé en **catégorie géotechnique 2** :

Catégorie géotechnique*	Classe de conséquence	Conditions de site	Base des justifications
1	CC1	Simple et connues	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative
2	CC1	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calcul
2	CC2	Simple	
3	CC2	Complexes	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
3	CC3	Simple ou complexes	

* Cette classification est à confirmer par le maître d'ouvrage.

Le plan suivant présente l'existant :

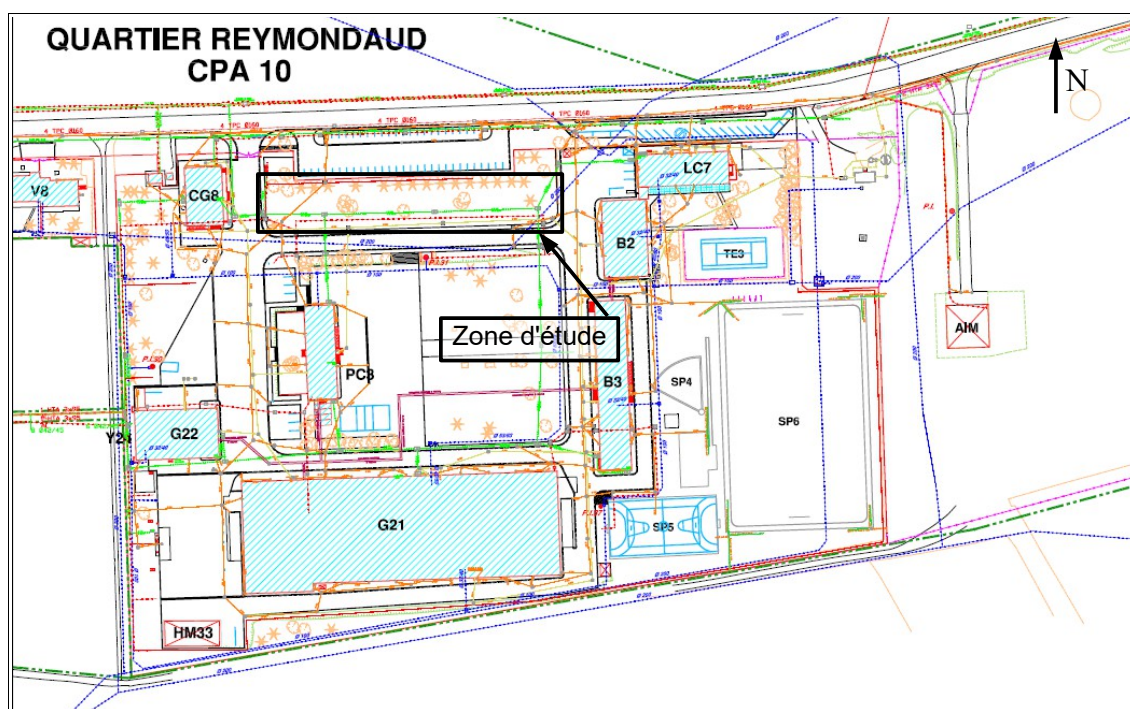


Figure 1 : Plan de masse de l'existant

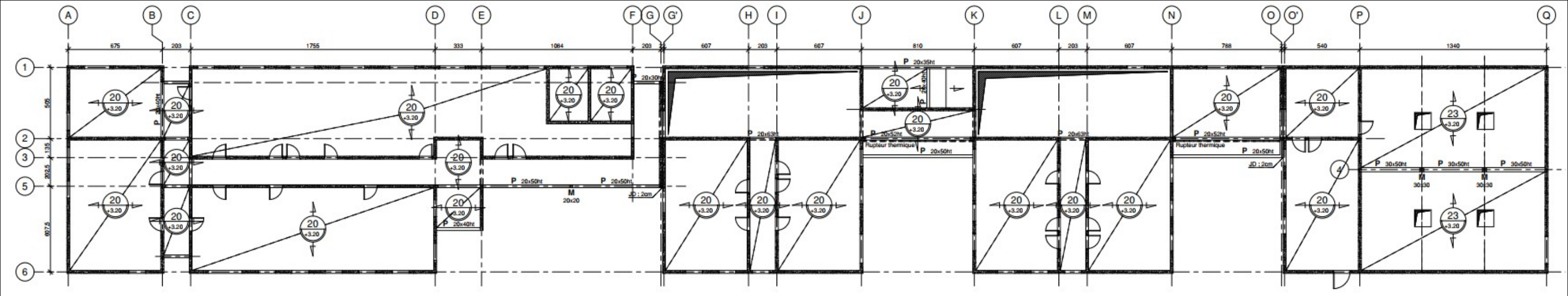


Figure 2 : Plan projet du plancher haut du rez-de-chaussée

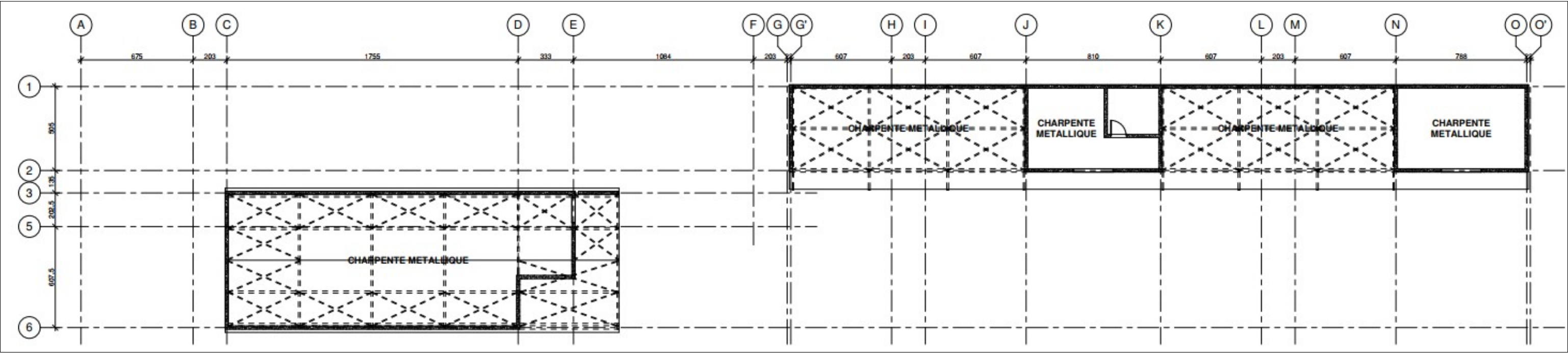


Figure 3 : Plan projet du plancher haut du R+1

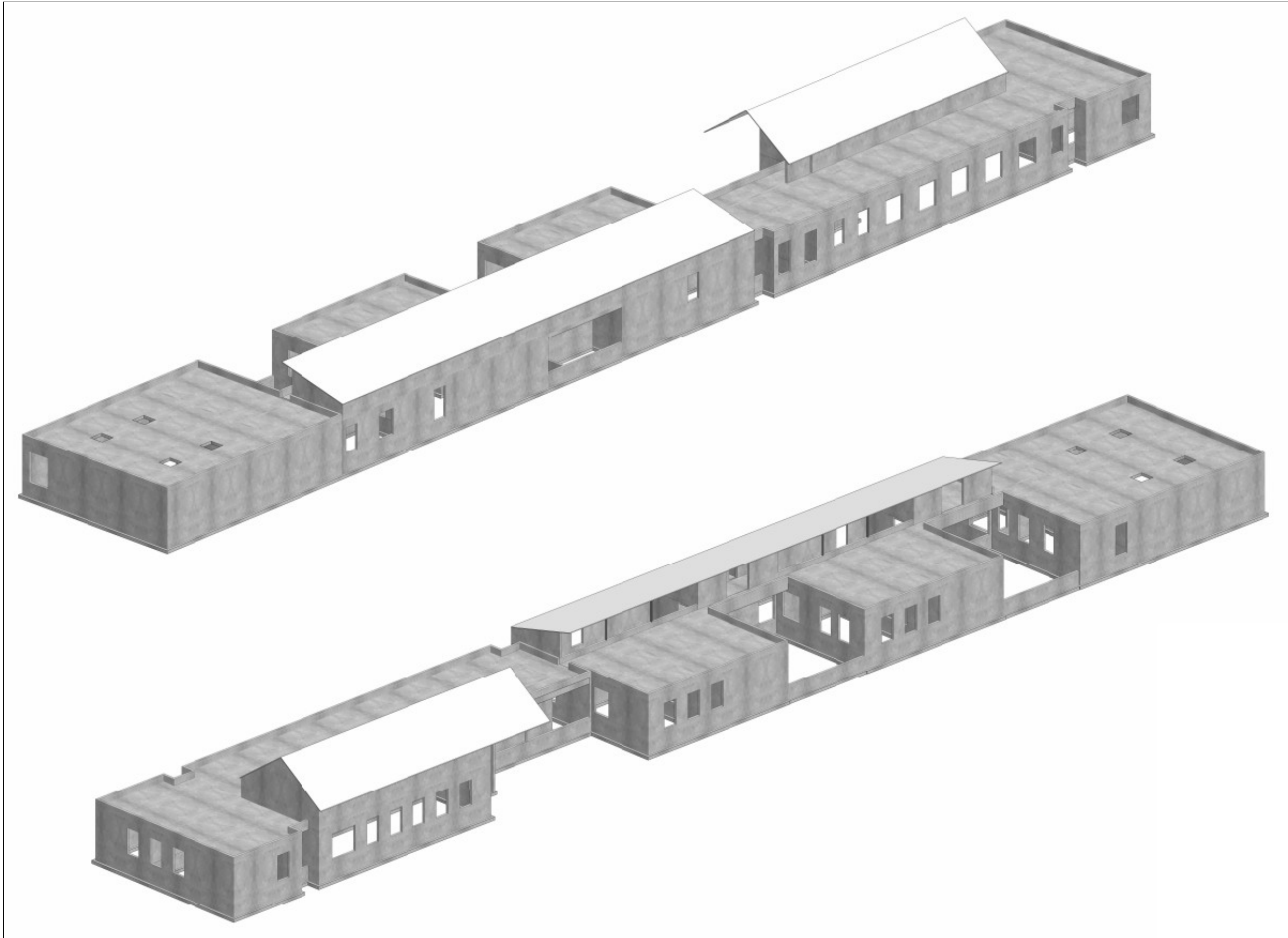


Figure 4 : Vues en perspective

Tous changements d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doivent nous être communiqués et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre étude.

XXXXXXXXXX

2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE (RAPPEL)

2.1. CONTEXTE SITOLOGIQUE ET HISTORIQUE

La zone d'étude est située à l'Est de la base aérienne 123 d'Orléans-Bricy sur la commune de **BRICY (45)**.

Le site est actuellement occupé par un espace enherbé, bordé par des parkings et voiries.

On notera la présence de végétation de haute venue sur le site.

La topographie du site est relativement plane.

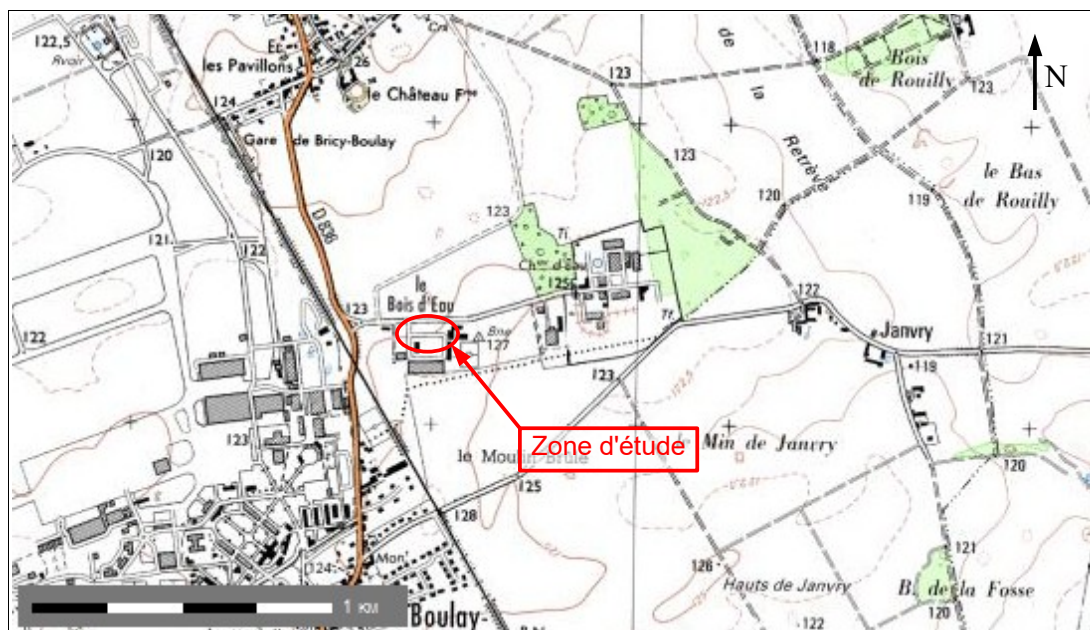


Figure 5 : Localisation de la zone d'étude, extrait de la carte IGN au 1/25000

La vue aérienne et les photos ci-dessous illustrent le site :

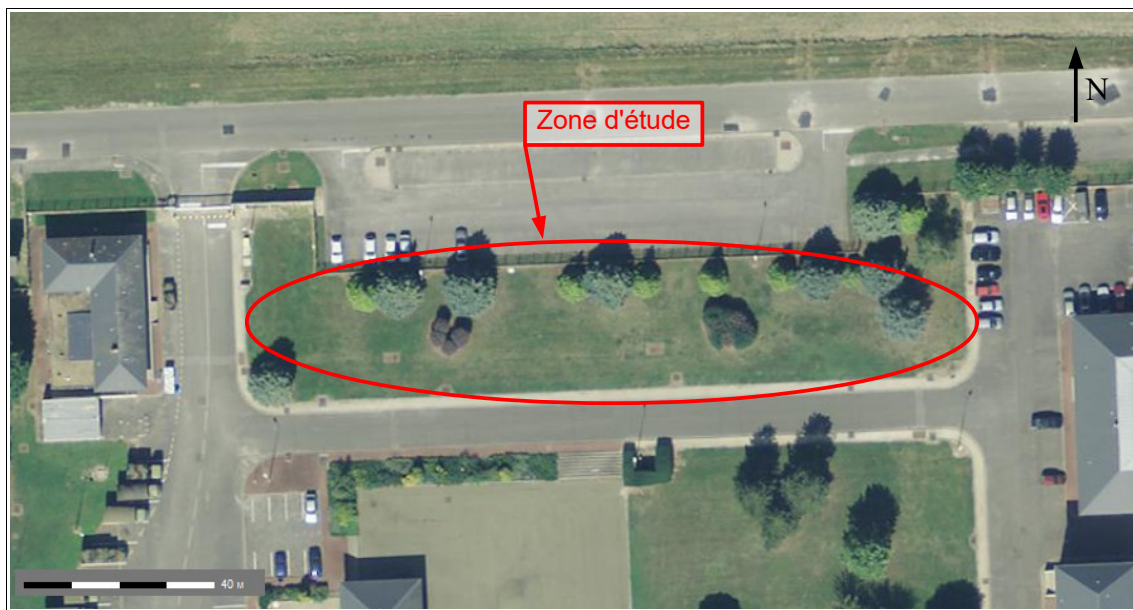


Figure 6 : Vue aérienne (Géoportail)



Vue du site en direction du Nord



Vue du site en direction de l'Ouest

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La carte géologique (éditions du BRGM) au 1/50000 de Patay montre que la zone d'étude se situe au niveau des formations suivantes, sous les formations de surface et d'altération non mentionnées par le document :

- des limons de recouvrement, et/ou des remblais liés à l'occupation du site,
- sur la formation des sables et argiles de l'Orléanais (m_{1b}),
- reposant sur la formation des calcaires de Beauce (m_{1a}).

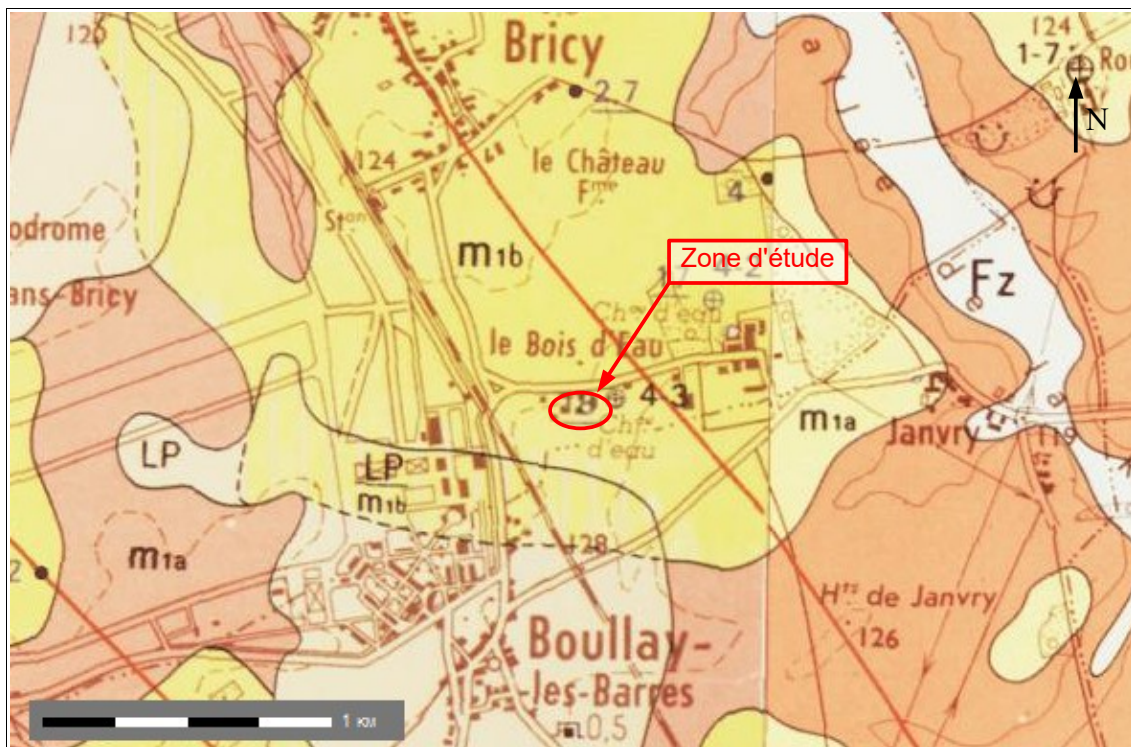


Figure 7 : Extrait de la carte géologique de Patay, Éditions BRGM

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Une nappe parasite temporaire peut exister au sein des remblais ou des limons de recouvrement en période de forte pluviométrie.

Des circulations erratiques et des nappes perchées peuvent exister au sein de la formation des sables et argiles de l'Orléanais, à la faveur des niveaux les plus sableux.

La formation des calcaires de Beauce est aquifère en profondeur.

2.4. **RISQUES NATURELS**

Selon le portail de prévention des risques majeurs du ministère de la Transition Écologique et Solidaire, les arrêtés de catastrophes naturelles pris sur la commune de Bricy sont les suivants :

Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain : 1				
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19990090	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Inondations et coulées de boue : 1				
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF20160970	28/05/2016	05/06/2016	08/06/2016	09/06/2016
Mouvements de terrain consécutifs à la sécheresse : 1				
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19930062	01/05/1989	31/12/1992	06/09/1993	19/09/1993
Mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols : 1				
Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
45PREF19980004	01/01/1993	30/09/1996	02/02/1998	18/02/1998

Figure 8 : Extrait du tableau d'arrêtés de catastrophes naturelles (georisques.gouv)

2.4.1. Remontées de nappes

Le portail Internet (www.inondationsnappes.fr) classe le site en aléa faible à moyen pour le risque d'inondation par remontée de nappe :

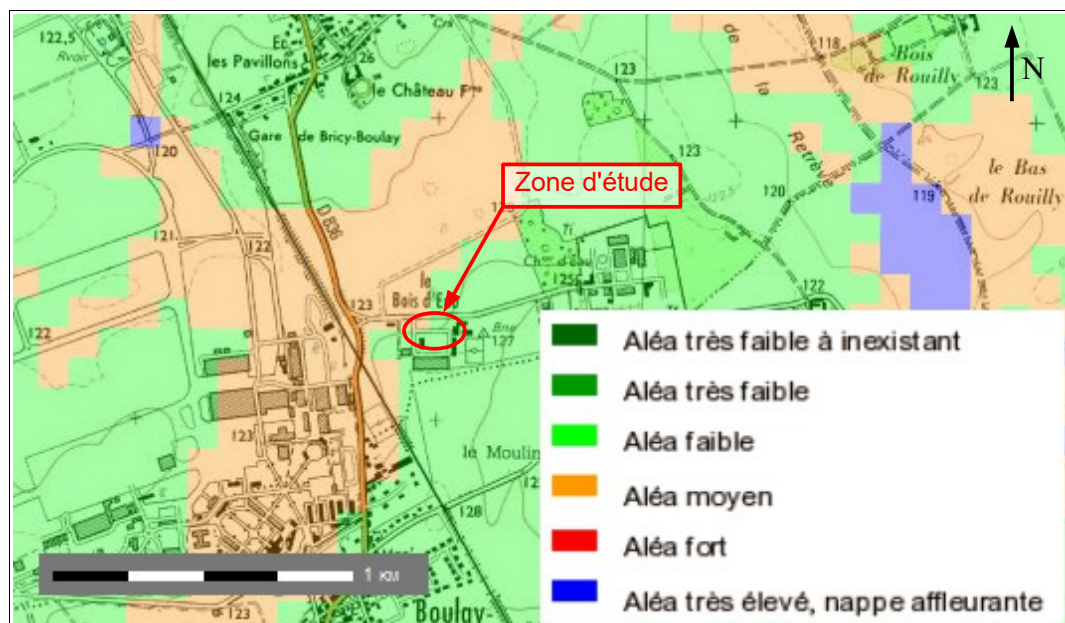


Figure 9 : Extrait de la carte de l'aléa « Inondation par remontée de nappes »

On veillera à se rapprocher des services communaux pour connaître le niveau des PHEC.

2.4.2. Risque inondation

La commune de Bricy n'est pas concernée par des risques d'inondation liés au ruissellement des eaux pluviales et au débordement d'un cours d'eau.

On notera cependant la présence de la Retrève, au Nord du bourg de Bricy, rivière souterraine dont le niveau est susceptible de remonter en surface et d'inonder les zones traversées comme lors des inondations de fin mai - début juin 2016.

2.4.3. Les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux

La cartographie de l'aléa des sols argileux aux phénomènes de retrait gonflement dont un extrait est présenté ci-après classe le site en zone **d'aléa fort**, pour des fondations superficielles.

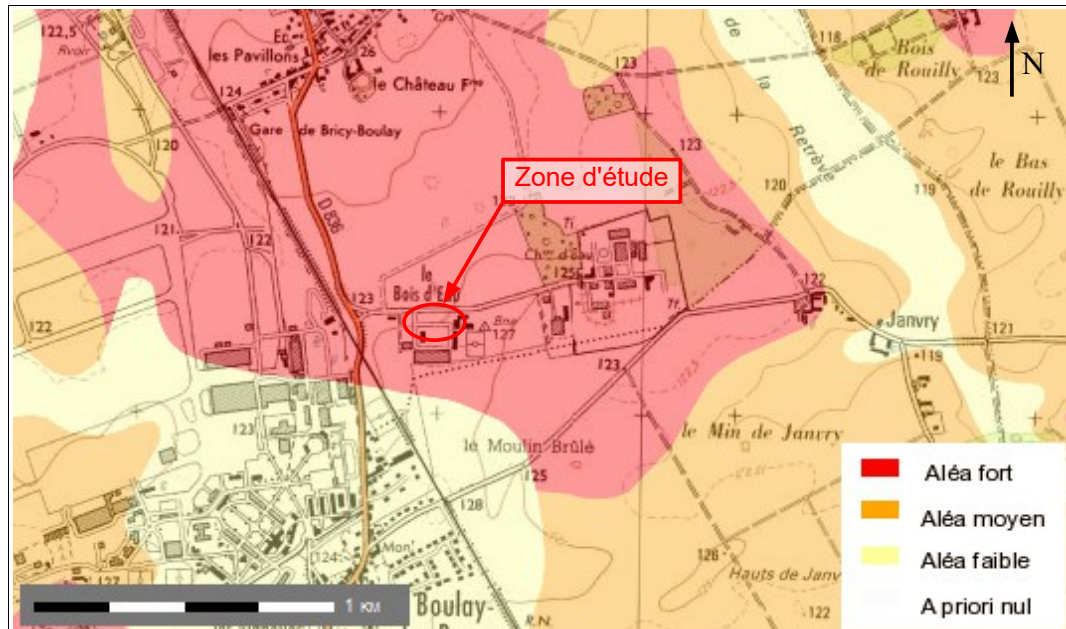


Figure 10 : Extrait de la carte « argiles » du BRGM

2.4.4. Base de données des cavités souterraines

D'après la base de données du BRGM, de nombreuses cavités naturelles et anthropiques sont présentes sur la commune de Bricy et sur les communes limitrophes. La formation des calcaires de Beauce est réputée sensible aux phénomènes karstiques et remontées de fontis associées.

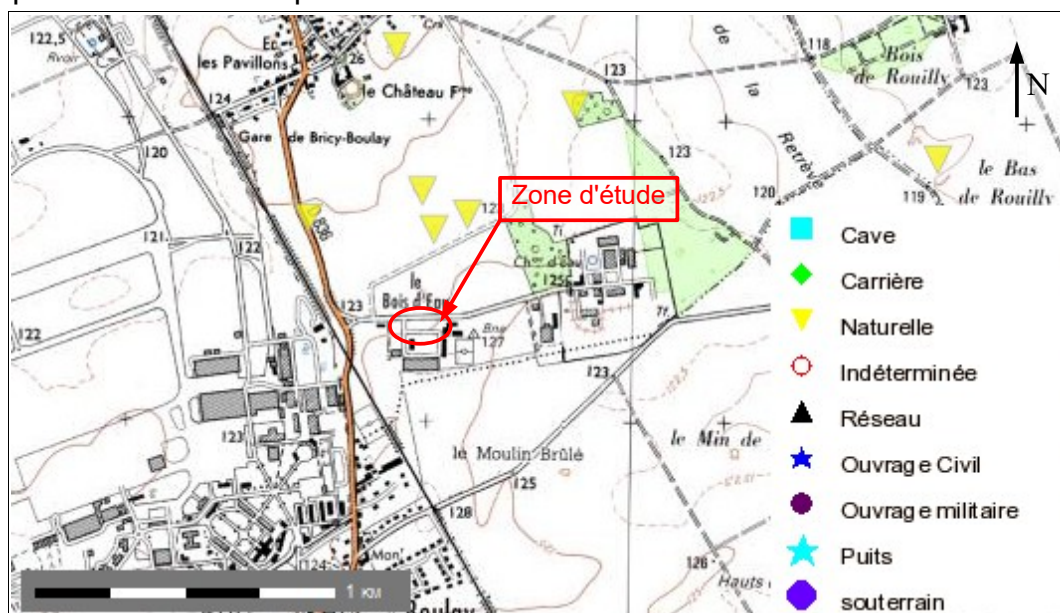


Figure 11 : Extrait de la carte « cavités » du BRGM

2.4.5. Risque de glissement de terrain

La zone d'étude ne se situe pas en zone de glissement de terrain.

2.4.6. Risque de mouvement de terrain

D'après la base de données du BRGM, de nombreux effondrements ont été recensés sur la commune de Bricy et sur les communes limitrophes, mais aucun au droit du site ou à proximité immédiate.

Ces effondrements sont très probablement des remontées de fontis, en relation avec les cavités souterraines recensées précédemment.

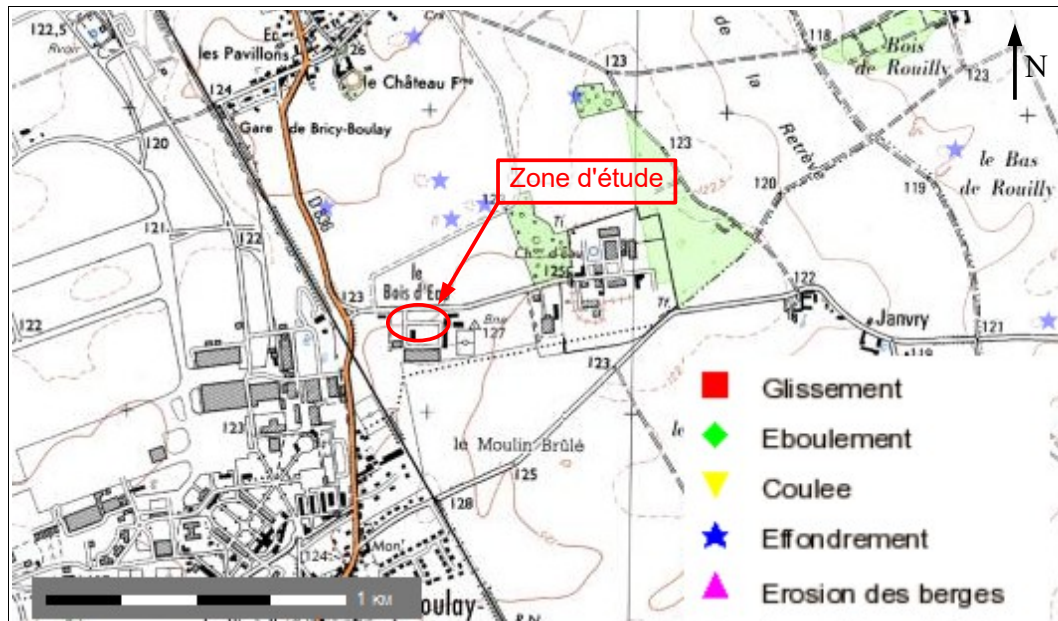


Figure 12 : Extrait de la carte de l'aléa « mouvements de terrain » du BRGM

2.4.7. PPR, cartes ZERMOS, AZI, TRI

La commune de Bricy n'est pas concernée par des PPR, AZI ou TRI.

2.5. RISQUE MINIER ET CARRIÈRES

La zone d'étude ne se situe pas en zone de risque minier (fer/charbon/sel,...).

Toutefois, on notera la présence de quelques anciennes carrières à ciel ouvert sur la commune de Bricy et les communes limitrophes au sein des formations calcaires.

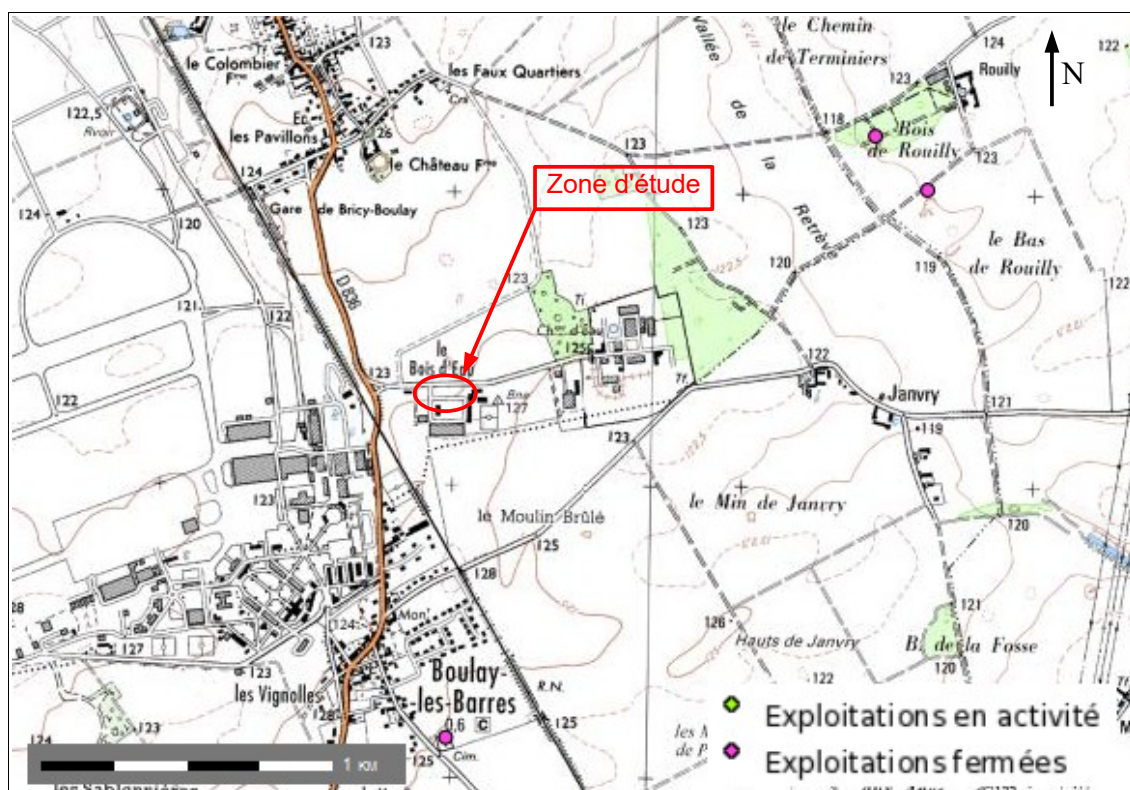


Figure 13 : Extrait de la carte « carrières » du BRGM

2.6. SISMICITÉ

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets [no 2010-1254 du 22 octobre 2010](#) et [no 2010-1255 du 22 octobre 2010](#), ainsi que par l'[Arrêté du 22 octobre 2010](#)) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible),

- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Les nouvelles règles de constructions parasismiques pour les bâtiments ainsi que le nouveau zonage sismique (qui modifie les articles 563-1 à 8 du Code de l'Environnement) sont entrées en vigueur.

Ici, le site (<http://macommune.prim.net>) classe la zone étudiée en **zone 1**.

2.7. BASE DE DONNÉES DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS ET ACTIVITÉS DE SERVICE

Quelques anciens sites industriels ont été recensés par le BRGM sur la commune de Bricy et les communes limitrophes, mais aucun au droit de la zone d'étude.

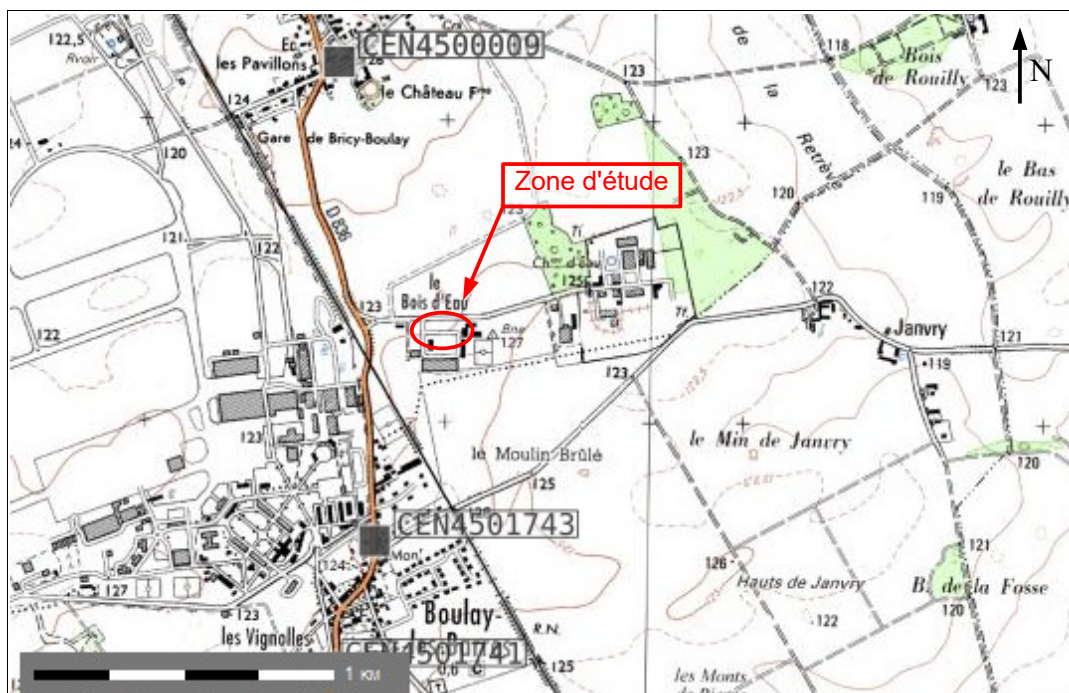


Figure 14 : Extrait de la carte « BASIAS » du BRGM

2.8. VESTIGES MILITAIRES ET OBJETS PYROTECHNIQUES

Compte tenu de l'activité historique du site, celui-ci pourrait contenir des objets pyrotechniques enfouis.

XXXXXXXXXX

3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE (RAPPEL)

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Conformément à notre proposition, les investigations suivantes ont été mises en œuvre :

- ✓ **4 sondages de reconnaissance géologique de type destructif**,
au taillant 64mm,
notés SP1 à SP4,
descendus à 10m de profondeur,
avec identification des formations traversées à l'avancement,
les outils ayant été adaptés à la lithologie rencontrée.

- ✓ **L'enregistrement des paramètres de forage** à l'avancement avec un appareil de type LUTZ. Cet appareil permet de mesurer :
 - la vitesse instantanée d'avancement (VIA),
 - la pression sur l'outil (PO),
 - la pression d'injection du fluide de forage (PI),
 - le couple de rotation (CR).

Les enregistrements sont ensuite traités par ordinateur et joints aux coupes de sondage.

✓ **Dans ces sondages, 28 essais de chargement in-situ de type pressiométriques,**

suivant la norme NFP 94-110-1,

selon une maille de principe de 1m jusqu'à 3m de profondeur, puis une maille de principe de 1,5m au-delà, adaptée à la lithologie rencontrée, permettant la mesure après dépouillement :

- du module de compressibilité : E_M
- de la pression de fluage : p_f
- de la pression de rupture : p_l

Les sondages pressiométriques ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse de type DRILL.

Les coupes sont nécessairement approximatives en nature et limites des couches et ne permettent pas de caractériser la blocométrie.

Les forages ont été sommairement rebouchés par les produits extraits.

3.2. **IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE**

Le plan d'implantation des sondages est fourni en annexe du rapport.

Les coordonnées des têtes de sondages sont les suivantes :

Sondages	LAMBERT II ÉTENDU	
	X	Y
SP1	558 945.798	2 332 314.058
SP2	558 973.394	2 332 310.528
SP3	558 992.833	2 332 314.840
SP4	559 032.373	2 332 311.228

Les sondages n'ont pas été rattachés en nivellement à ce stade de l'étude. Il faudra l'envisager au moment de l'élaboration du plan topographique du site.

3.3. **ORGANISATION DES ANNEXES**

En annexes à ce rapport, nous présentons :

- en annexe 1 : le plan d'implantation des sondages,
- en annexe 2 : les coupes des sondages pressiométriques,
- en annexe 3 : la classification des missions géotechniques.

XXXXXXXXXX

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION (RAPPEL)

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

L'analyse des coupes lithologiques des différents sondages permet de schématiser la lithologie de la manière suivante :

- présence en tête, **d'un limon argileux marron brun, +/- chargé en cailloutis et à radicules, couche 0**, pouvant être attribué à l'horizon de « Terre Végétale », rencontré sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4
Épaisseur (m)	0,30	0,20	0,30	0,20

- puis, **couche 1, une argile +/- limoneuse marron brun, +/- chargée en cailloutis**. Cette couche a été rencontrée sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4
Profondeur du toit (m)	0,30	0,20	0,30	0,20
Profondeur du mur (m)	1,50	1,60	1,60	1,65
Épaisseur (m)	1,20	1,40	1,30	1,45

- Essais in situ pressiométriques :

$$p_l^* = 1,22 - 1,55 - 1,51 - 1,17 \text{ MPa}$$

$$E_M = 26,1 - 28,2 - 25,6 - 22,9 \text{ MPa}$$

Cette couche est de **compacité élevée**.

Les valeurs caractéristiques retenues pour cette couche sont :

$$p_{l^*_k} = 1,17 \text{ MPa}$$

$$E_{Mk} = 22,9 \text{ MPa}$$

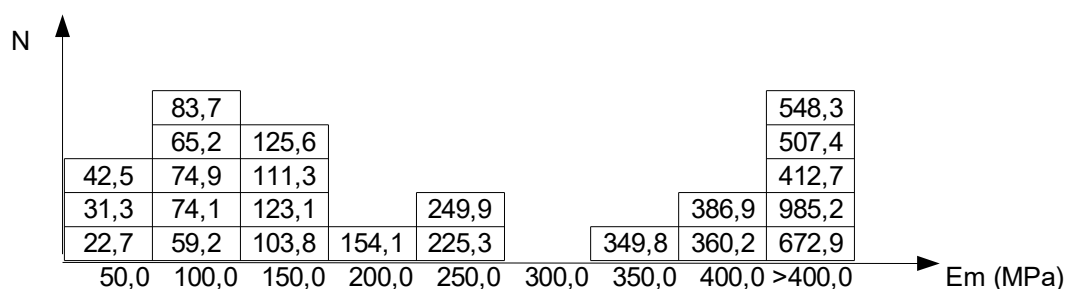
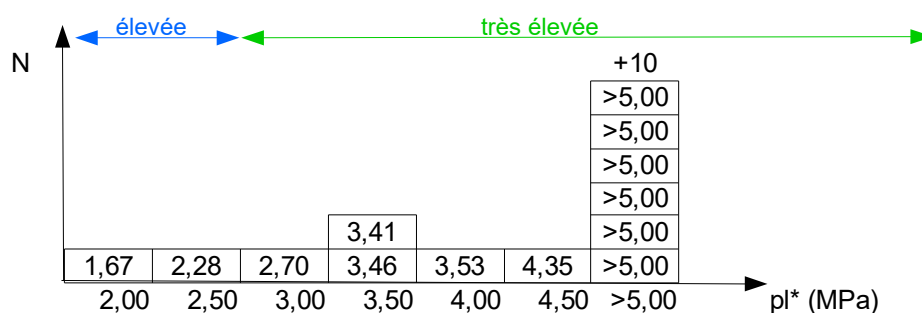
- ensuite, **couche 2, un calcaire blanc beige, +/- altéré en tête**, rencontré sur les épaisseurs suivantes :

Sondage	SP1	SP2	SP3	SP4
Profondeur du toit (m)	1,50	1,60	1,60	1,65
Profondeur du mur (m)	≥ 10,00*	8,70	≥ 10,00*	≥ 10,00*
Épaisseur (m)	≥ 8,50**	7,10	≥ 8,40**	≥ 8,35**

*Fin de sondage

**Épaisseur partielle

- Essais in situ pressiométriques :



Cette couche est de **compacité très élevée**.

Paramètre	Valeur moyenne m	Écart type σ (%)	Coefficient de variation CV	Nombre de valeurs N
pl^*	4,41	1,00	0,23	23
E_M	250,9	240,1	1,0	23

Les valeurs caractéristiques retenues pour cette couche jusqu'à 3m de profondeur sont :

$$pl^*_k = 1,67 \text{ MPa}$$

$$E_{Mk} = 22,7 \text{ MPa}$$

Les valeurs caractéristiques retenues pour cette couche au-delà de 3m de profondeur sont :

$$pI^*_k > 5,00 \text{ MPa}$$

$$E_{Mk} = 229,1 \text{ MPa}$$

- Enfin, **couche 3, une marne beige**, rencontrée uniquement au droit du sondage SP2 :

Sondage	SP2
Profondeur du toit (m)	8,70
Profondeur du mur (m)	$\geq 10,00^*$
Épaisseur (m)	$\geq 1,30^{**}$

*Fin de sondage

**Épaisseur partielle

- Essais in situ pressiométriques :

$$pI^* = 1,85 \text{ MPa} \quad E_M = 28,0 \text{ MPa}$$

Cette couche est de **compacité élevée**

4.2. HYDROGÉOLOGIE

Lors de la réalisation des sondages en juin 2017, aucune arrivée d'eau n'a été observée.

On retiendra donc de ce site :

- la formation possible, en périodes pluvieuses, d'une nappe parasite temporaire localisée dans l'horizon de « Terre Végétale »,
- la présence d'une nappe dans les calcaires, non mise en évidence dans nos sondages,
- l'existence probable de circulations karstiques en profondeur.

XXXXXXXXXX

5. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES (RAPPEL)

5.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Compte tenu des investigations menées, le site est marqué par la succession lithologique et les caractéristiques mécaniques suivantes :

Description		Limon argileux marron brun, +/- chargé en cailloutis et à racicules	Argile +/- limoneuse marron brun, +/- chargée en cailloutis	Calcaire blanc beige, +/- altéré en tête	Marne beige
N° couche		0	1	2	3
Épaisseur (m)	SP1	0,30	1,2	$\geq 8,50^*$	/
	SP2	0,20	1,40	7,10	$\geq 1,30^*$
	SP3	0,30	1,30	$\geq 8,40^*$	/
	SP4	0,20	1,45	$\geq 8,35^*$	/
Compacité		/	Élevée $1,17 \leq pl^* \text{ (MPa)} \leq 1,55$ $22,9 \leq Em \text{ (MPa)} \leq 28,2$	Très élevée $1,67 \leq pl^* \text{ (MPa)} > 5,00$ $22,7 \leq Em \text{ (MPa)} \leq 985,2$	Élevée $pl^* \text{ (MPa)} = 1,85$ $Em \text{ (Mpa)} = 28$

*Épaisseur partielle

5.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

5.2.1. La géologie

- aléas liés aux variations d'épaisseur des différentes couches, et notamment des limons superficiels qui peuvent localement être plus épais entre les sondages,
- aléas liés aux variations d'épaisseur de la couche d'argile limoneuse,
- aléas liés aux irrégularités importantes du toit du calcaire,
- aléas liés à l'altération et la fracturation du calcaire faisant apparaître des zones très décomprimées à différentes profondeurs en son sein. La karstification peut également aboutir localement à la formation de vides francs par entraînement hydraulique des fines issues de l'altération (dissolutions karstiques),
- aléas liés à la présence possible de karsts, de vides, de fontis,
- aléas liés à l'alternance de niveaux marneux et calcaires,

- aléas liés à l'hétérogénéité des faciès pouvant générer des hors profils lors des terrassements.

5.2.2. La nature des matériaux

- présence possible de matériaux de nature hétérogène, de vestiges, au sein de remblais non mis en évidence lors de la réalisation des sondages,
- sensibilité à l'eau et à l'affouillement,
- sensibilité au remaniement mécanique à l'exécution,
- présence de gros éléments au sein de la couche 2,
- sensibilité probable des sols argileux au phénomène de retrait et au phénomène de gonflement sous l'action des variations hydriques saisonnières,
- sensibilité des horizons marno-calcaires aux phénomènes de karsts et de remontées de fontis associées.

5.2.3. L'hydrogéologie

- aléas liés à des arrivées d'eau parasites en périodes pluvieuses dans les limons, et à la formation possible de poches de stagnation,
- aléas liés à la présence d'une nappe en profondeur au sein des marno-calcaires, non rencontrée en forage,
- aléas liés à l'existence de circulations karstiques en profondeur pouvant générer l'apparition de fontis.

5.2.4. L'environnement et l'historique du site

- présence de voies de circulation,
- présence de réseaux enterrés situés à proximité,
- présence possible de remblais hétérogènes sur des épaisseurs variables.

5.2.5. Les risques naturels

- présence possible de cavités souterraines anthropiques ou naturelles.



6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION – MISSION G2-PRO

Les solutions proposées sont celles qui semblent les meilleures à ce stade en fonction des données en notre possession.

D'autres solutions pourraient cependant être proposées en fonction de critères non pris en compte dans une étude de faisabilité et qui peuvent apparaître en phase conception ou d'exécution (problèmes de délais ou de phasage, variante locale économique, modification de l'environnement, caractéristiques particulières du projet non portées à notre connaissance). Si cela était le cas, nous conseillons à la Maîtrise d'œuvre ou à la Maîtrise d'Ouvrage de nous confier une mission pour valider les modifications apportées.

Les principes généraux de réalisation des terrassements et les dispositifs d'assainissement et de drainage à adopter sont développés au chapitre 7.

Pour ce qui concerne les fondations du bâtiment, compte tenu du contexte géotechnique, nous vous proposons une solution de fondation superficielle par semelles ou massifs, solution développée au chapitre 8.

Enfin, pour ce qui concerne les dallages, il a été retenu une solution de dallage sur terre-plein.

Les préconisations vis-à-vis des dallages intégrant les éléments relatifs aux couches de forme sont données au chapitre 9.

XXXXXXXXXX

7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DES TERRASSEMENTS

MISSION G2-PRO

7.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES TRAVAUX ENVISAGÉS

Les terrassements se feront en déblai pour la réalisation de la plate-forme.

Le projet nécessite l'amenée d'un matériel lourd impliquant la création d'une piste de chantier et d'une plate-forme de portance correcte. On vérifiera que les ouvrages existants peuvent supporter le trafic des engins prévus pour la réalisation des terrassements.

7.2. TERRASSEMENTS

Les horizons concernés sont des matériaux :

- meubles sur environ 1,60m,
- puis, des niveaux rocheux.

Nous conseillons :

- le décapage de la « Terre Végétale » à la pelle en rétro, mise en cordons fermés sans circuler sur l'arase,
- la purge des éventuelles poches de matériaux foisonnés, décomprimés ou organiques,
- la réalisation du décaissement à la pelle puissante en rétro, en excluant toute circulation d'engins à pneus sur l'arase terrassée,
- l'utilisation du BRH au sein de la couche 2,
- la mise en décharge des matériaux extraits.

Nous préconisons la réalisation des terrassements en situation météo favorable. En cas de météo défavorable, compte tenu de la sensibilité des sols supports au remaniement, nous préconisons l'arrêt du chantier.

L'arase sera réceptionnée par un géotechnicien dans le cadre d'une mission G4 pour s'assurer de l'absence d'anomalie (zone de remblais, fouilles archéologiques, marnières, vestiges,...).

Il lui sera donné des formes de pentes afin d'évacuer les eaux de ruissellement et il sera mis en place un système d'assainissement de la plateforme.

7.3. DISPOSITIFS D'ASSAINISSEMENT ET DE DRAINAGE

En phase chantier comme en phase définitive, les dispositifs d'assainissement correspondent à la nécessité de protéger la plate-forme des ruissellements et des précipitations directes.

On envisagera de modeler la fouille en toit ou en pointes de diamant inversées pour permettre l'évacuation des eaux de surface vers un exutoire.

7.4. GESTION DU RISQUE KARSTIQUE

Au moment du décapage en pleine masse, on procédera à un examen attentif des zones à comportement anormal :

- zones lâches de sections elliptiques ou circulaires,
- poches de remblais.

Ces anomalies peuvent être le signe de remontées de fontis, lesquelles devront être investiguées et traitées.

XXXXXXXXXX

8. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES FONDATIONS SUPERFICIELLES - MISSION G2-PRO

8.1. PRINCIPE

Cette solution consiste à envisager des fondations superficielles sous les appuis du futur bâtiment, ancrées dans la couche 1 d'argile limoneuse.

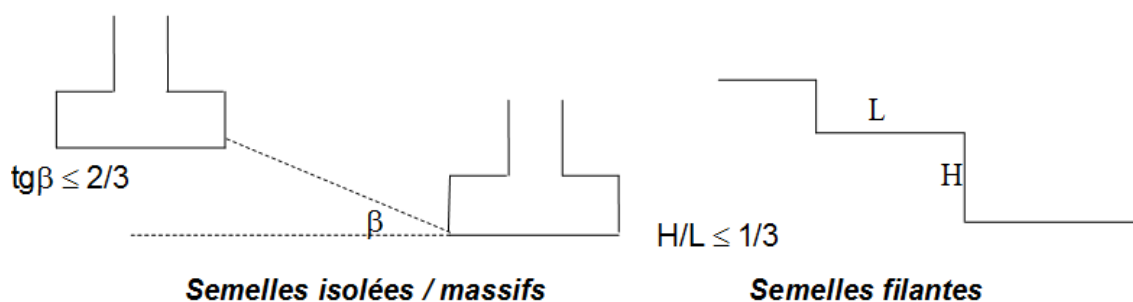
Elles seront de type :

- Semelles filantes au droit des appuis linéaires,
- Semelles ou massifs isolés au droit des appuis ponctuels.

8.2. NIVEAU D'ASSISE

On veillera à respecter les critères suivants :

- un niveau d'assise calé au sein de la couche 1 d'argile limoneuse,
- respect d'un ancrage de 0,50m minimum dans la couche 1,
- respect d'un ancrage minimal de 0,30m par rapport à l'arase terrassement,
- respect d'une garde hydrique de 1,20m par apport au sol périphérique fini, ce qui assurera également la mise hors gel des fondations (0,60m par rapport au sol périphérique fini),
- respect des règles sur les fondations à niveaux décalés,



8.3. GÉOMÉTRIES ET DESCENTES DE CHARGES

Les géométries et descentes de charges fournies à l'ELS, à la sous-face et au centre de la fondation, sont les suivantes :

Massifs	Dimensions massifs				Descentes de charges				
	B (m)	L (m)	H (m)	Aire (m²)	Charges permanentes (T)	Surcharges d'exploitation (T)	Forces verticales Fv (kN)	Bras de levier / O (m)	Moment (kN/m)
M1 / M2 / M3 / M4	1,20	1,20	0,30	1,44	23,0	3,5	265,0	0,0	0,0
M5 / M6	1,50	1,50	0,35	2,25	33,0	3,5	365,0	0,0	0,0

Semelles	Dimensions semelles			Descentes de charges				
	B (m)	H (m)	Aire (m²/ml)	Charges permanentes (T/ml)	Surcharges d'exploitation (T/ml)	Forces verticales Fv (kN/ml)	Bras de levier / O (m)	Moment (kN/m)
SF1	0,60	0,25	0,60	3,2	0,1	33,0	0,0	0,0
SF2 / SF3 / SF4 / SF5	0,50	0,25	0,50	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0
SF6	0,60	0,25	0,60	5,5	0,5	60,0	0,0	0,0
SF7	0,60	0,25	0,60	3,3	0,2	35,0	0,0	0,0
SF8 / SF27 / SF29 / SF32 / SF34 / SF36 / SF38 / SF40	0,60	0,25	0,60	3,2	0,1	33,0	0,0	0,0
SF9	0,60	0,25	0,60	6,1	0,5	66,0	0,0	0,0
SF10	0,60	0,25	0,60	3,7	0,2	39,0	0,0	0,0
SF11	0,60	0,25	0,60	6,3	0,5	68,0	0,0	0,0
SF12	0,60	0,25	0,60	5,3	0,4	57,0	0,0	0,0
SF13	0,60	0,25	0,60	7,2	1,5	87,0	0,0	0,0
SF14	0,60	0,25	0,60	5,8	1,5	73,0	0,0	0,0
SF15	0,60	0,25	0,60	7,0	0,7	77,0	0,0	0,0
SF16	0,60	0,25	0,60	3,7	0,2	39,0	0,0	0,0
SF17	0,60	0,25	0,60	5,2	2,3	75,0	0,0	0,0
SF18	0,60	0,25	0,60	5,9	2,2	81,0	0,0	0,0
SF19	0,60	0,25	0,60	5,0	0,5	55,0	0,0	0,0
SF20	0,60	0,25	0,60	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0
SF21	0,60	0,25	0,60	6,2	0,1	63,0	0,0	0,0
SF22 / SF23 / SF28 / SF30 / SF37 / SF39	0,50	0,25	0,50	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0
SF24	0,80	0,25	0,80	3,5	0,1	36,0	0,0	0,0
SF25	0,60	0,25	0,60	3,6	0,5	41,0	0,0	0,0
SF26	0,60	0,25	0,60	4,1	1,4	55,0	0,0	0,0
SF31	0,60	0,25	0,60	3,5	0,1	36,0	0,0	0,0
SF33 / SF35	0,60	0,25	0,60	6,0	0,5	65,0	0,0	0,0
SF41 / SF45 / SF48	0,60	0,25	0,60	4,0	0,1	41,0	0,0	0,0
SF42 / SF46 / SF47 / SF51 / SF52 / SF54	0,60	0,25	0,60	4,9	0,4	53,0	0,0	0,0
SF43 / SF44 / SF49 / SF50	0,60	0,25	0,60	5,3	0,5	58,0	0,0	0,0
SF53	0,80	0,25	0,80	9,3	0,5	98,0	0,0	0,0
SF55	0,60	0,25	0,60	5,2	0,5	57,0	0,0	0,0

Le niveau d'assise des fondations est calée à 1,20m par rapport au terrain fini, un rattrapage en gros béton sera nécessaire sous les différents massifs et semelles.

Il conviendra de s'assurer que les descentes de charge fournies par le BE Structure prennent en compte la surcharge liée à l'épaisseur de gros béton. Le dimensionnement sera à reprendre en conséquence, le cas échéant.

Le détail des charges variables et permanentes ne nous a pas été fourni. EN première approche défavorable, nous tablons sur $FV_{ELU} = 1,5 FV_{ELS}$, approche à valider par le BE structure et dimensionnement à reprendre en conséquence, le cas échéant.

Ces hypothèses seront à confirmer par le BE structures et le maître d'ouvrage au stade de la mission G3.

8.4. RÉSISTANCE ULTIME ET TASSEMENTS

On tablera sur la définition suivante de la résistance nette du terrain à la sous face des fondations du bâtiment suivant l'approche 2 de l'Eurocode 7 et la norme NF-P94-261 :

$R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation,

$R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation,

q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation.

Méthode pressiométrique :

$$R_{v,d} = R_{v,k} / \gamma_{R,v}$$

$$R_{v,k} = A' q_{net} / \gamma_{R,d,v}$$

Avec:

$$R_{v,k} = A' \times k_p \times Pl_e^* \times i_\delta \times i_\beta / \gamma_{R,d,v}$$

Dans notre cas, nous pouvons tabler sur :

$k_p = 0,80$ (facteur de portance pressiométrique)

$Pl_e^* = 1,17$ MPa (pression limite nette équivalente)

$i_\delta = 1$ pour une charge verticale centrée,

$i_\beta = 1$ pour une charge éloignée au minimum de 8B d'un talus,

A' = surface effective de la semelle (m²) (=A pour un faible excentrement),

$\gamma_{R,d,v} = 1.20$ (coefficient de modèle),

$\gamma_{R,v} = 1.40$ aux ELU durable et transitoire et 1.20 à l'ELU combinaison accidentelle et 2.30 à aux ELS caractéristique et quasi-permanent.

Vérification des massifs aux ELS caractéristiques et quasi-permanents																						
Massifs	Dimensions massifs				Descentes de charges					Combinaisons aux ELS			Vérrifications aux ELS								Vd-Ro<Rv,d	Vérif
	B (m)	L (m)	H (m)	Aire (m²)	Charges permanentes (T)	Surcharges d'exploitation (T)	Forces verticales Fv (kN)	Bras de levier / O (m)	Moment (kN/m)	F _H = Σ F _{Hi} (kN)	F _V = Σ F _{Vi} (kN)	M = Σ M _{io} (kN)	e	Kp	Ple*	qnet (Mpa)	Rv,k (MN)	Rv,d (MN)	Rv,d/A' (Mpa)	Vd (MN)		
M1 / M2 / M3 / M4	1,20	1,20	0,30	1,44	23,0	3,5	265,0	0,0	0,0	0,00	265,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,67	0,29	0,20	0,27	-0,03	OUI
M5 / M6	1,50	1,50	0,35	2,25	33,0	3,5	365,0	0,0	0,0	0,00	365,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	1,05	0,46	0,20	0,37	-0,09	OUI
Vérification des semelles filantes aux ELS caractéristiques et quasi-permanents																						
Semelles	Dimensions semelles			Descentes de charges					Combinaisons aux ELS			Vérrifications aux ELS								Vd-Ro<Rv,d	Vérif	
	B (m)	H (m)	Aire (m²/ml)	Charges permanentes (T/ml)	Surcharges d'exploitation (T/ml)	Forces verticales Fv (kN/ml)	Bras de levier / O (m)	Moment (kN/m)	F _H = Σ F _{Hi} (kN)	F _V = Σ F _{Vi} (kN)	M = Σ M _{io} (kN)	e	Kp	Ple*	qnet (Mpa)	Rv,k (MN)	Rv,d (MN)	Rv,d/A' (Mpa)	Vd (MN)			
SF1	0,60	0,25	0,60	3,2	0,1	33,0	0,0	0,0	0,00	33,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,03	-0,09	OUI	
SF2 / SF3 / SF4 / SF5	0,50	0,25	0,50	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,00	10,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,23	0,10	0,20	0,01	-0,09	OUI	
SF6	0,60	0,25	0,60	5,5	0,5	60,0	0,0	0,0	0,00	60,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,06	OUI	
SF7	0,60	0,25	0,60	3,3	0,2	35,0	0,0	0,0	0,00	35,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,04	-0,09	OUI	
SF8 / SF27 / SF29 / SF32 / SF34 / SF36 / SF38 / SF40	0,60	0,25	0,60	3,2	0,1	33,0	0,0	0,0	0,00	33,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,03	-0,09	OUI	
SF9	0,60	0,25	0,60	6,1	0,5	66,0	0,0	0,0	0,00	66,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,07	-0,06	OUI	
SF10	0,60	0,25	0,60	3,7	0,2	39,0	0,0	0,0	0,00	39,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,04	-0,08	OUI	
SF11	0,60	0,25	0,60	6,3	0,5	68,0	0,0	0,0	0,00	68,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,07	-0,05	OUI	
SF12	0,60	0,25	0,60	5,3	0,4	57,0	0,0	0,0	0,00	57,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,06	OUI	
SF13	0,60	0,25	0,60	7,2	1,5	87,0	0,0	0,0	0,00	87,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,09	-0,03	OUI	
SF14	0,60	0,25	0,60	5,8	1,5	73,0	0,0	0,0	0,00	73,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,07	-0,05	OUI	
SF15	0,60	0,25	0,60	7,0	0,7	77,0	0,0	0,0	0,00	77,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,08	-0,04	OUI	
SF16	0,60	0,25	0,60	3,7	0,2	39,0	0,0	0,0	0,00	39,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,04	-0,08	OUI	
SF17	0,60	0,25	0,60	5,2	2,3	75,0	0,0	0,0	0,00	75,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,08	-0,05	OUI	
SF18	0,60	0,25	0,60	5,9	2,2	81,0	0,0	0,0	0,00	81,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,08	-0,04	OUI	
SF19	0,60	0,25	0,60	5,0	0,5	55,0	0,0	0,0	0,00	55,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,07	OUI	
SF20	0,60	0,25	0,60	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,00	10,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,01	-0,11	OUI	
SF21	0,60	0,25	0,60	6,2	0,1	63,0	0,0	0,0	0,00	63,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,06	OUI	
SF22 / SF23 / SF28 / SF30 / SF37 / SF39	0,50	0,25	0,50	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,00	10,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,23	0,10	0,20	0,01	-0,09	OUI	
SF24	0,80	0,25	0,80	3,5	0,1	36,0	0,0	0,0	0,00	36,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,37	0,16	0,20	0,04	-0,13	OUI	
SF25	0,60	0,25	0,60	3,6	0,5	41,0	0,0	0,0	0,00	41,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,04	-0,08	OUI	
SF26	0,60	0,25	0,60	4,1	1,4	55,0	0,0	0,0	0,00	55,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,07	OUI	
SF31	0,60	0,25	0,60	3,5	0,1	36,0	0,0	0,0	0,00	36,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,04	-0,09	OUI	
SF33 / SF35	0,60	0,25	0,60	6,0	0,5	65,0	0,0	0,0	0,00	65,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,07	-0,06	OUI	
SF41 / SF45 / SF48	0,60	0,25	0,60	4,0	0,1	41,0	0,0	0,0	0,00	41,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,04	-0,08	OUI	
SF42 / SF46 / SF47 / SF51 / SF52 / SF54	0,60	0,25	0,60	4,9	0,4	53,0	0,0	0,0	0,00	53,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,05	-0,07	OUI	
SF43 / SF44 / SF49 / SF50	0,60	0,25	0,60	5,3	0,5	58,0	0,0	0,0	0,00	58,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,06	OUI	
SF53	0,80	0,25	0,80	9,3	0,5	98,0	0,0	0,0	0,00	98,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,37	0,16	0,20	0,10	-0,06	OUI	
SF55	0,60	0,25	0,60	5,2	0,5	57,0	0,0	0,0	0,00	57,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,12	0,20	0,06	-0,06	OUI	

Vérification des massifs aux ELU durables et transitoires																						
Massifs	Dimensions massifs				Descentes de charges					Combinaisons aux ELU			Vérrifications aux ELU								Vd-Ro<Rv,d	Vérif
	B (m)	L (m)	H (m)	Aire (m²)	Charges permanentes (T)	Surcharges d'exploitation (T)	Forces verticales Fv (kN)	Bras de levier / O (m)	Moment (kN/m)	$F_H = \Sigma F_{Hi}$ (kN)	$F_V = \Sigma F_{Vi}$ (kN)	$M = \Sigma M_{iO}$ (kN)	e	Kp	Ple*	qnet (Mpa)	Rv,k (MN)	Rv,d (MN)	Rv,d/A' (Mpa)	Vd (MN)		
M1 / M2 / M3 / M4	1,20	1,20	0,30	1,44	23,0	3,5	265,0	0,0	0,0	0,00	397,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,67	0,48	0,33	0,40	-0,08	OUI
M5 / M6	1,50	1,50	0,35	2,25	33,0	3,5	365,0	0,0	0,0	0,00	547,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	1,05	0,75	0,33	0,55	-0,20	OUI

Vérification des semelles filantes aux ELU durables et transitoires																						
Semelles	Dimensions semelles			Descentes de charges					Combinaisons aux ELU			Vérrifications aux ELU							Vd-Ro<Rv,d	Vérif		
	B (m)	H (m)	Aire (m²/m l)	Charges permanentes (T/ml)	Surcharges d'exploitation (T/ml)	Forces verticales Fv (kN/ml)	Bras de levier / O (m)	Moment (kN/m)	F _H = ∑ F _{Hi} (kN)	F _V = ∑ F _{Vi} (kN)	M = ∑ M _{iO} (kN)	e	Kp	Pl _e *	qnet (Mpa)	Rv,k (MN)	Rv,d (MN)	Rv,d/A' (Mpa)			Vd (MN)	
SF1	0,60	0,25	0,60	3,2	0,1	33,0	0,0	0,0	0,00	49,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,05	-0,15	OUI	
SF2 / SF3 / SF4 / SF5	0,50	0,25	0,50	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,00	15,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,23	0,17	0,33	0,02	-0,15	OUI	
SF6	0,60	0,25	0,60	5,5	0,5	60,0	0,0	0,0	0,00	90,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,09	-0,11	OUI	
SF7	0,60	0,25	0,60	3,3	0,2	35,0	0,0	0,0	0,00	52,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,05	-0,15	OUI	
SF8 / SF27 / SF29 / SF32 / SF34 / SF36 / SF38 / SF40	0,60	0,25	0,60	3,2	0,1	33,0	0,0	0,0	0,00	49,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,05	-0,15	OUI	
SF9	0,60	0,25	0,60	6,1	0,5	66,0	0,0	0,0	0,00	99,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,10	-0,10	OUI	
SF10	0,60	0,25	0,60	3,7	0,2	39,0	0,0	0,0	0,00	58,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,06	-0,14	OUI	
SF11	0,60	0,25	0,60	6,3	0,5	68,0	0,0	0,0	0,00	102,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,10	-0,10	OUI	
SF12	0,60	0,25	0,60	5,3	0,4	57,0	0,0	0,0	0,00	85,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,09	-0,11	OUI	
SF13	0,60	0,25	0,60	7,2	1,5	87,0	0,0	0,0	0,00	130,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,13	-0,07	OUI	
SF14	0,60	0,25	0,60	5,8	1,5	73,0	0,0	0,0	0,00	109,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,11	-0,09	OUI	
SF15	0,60	0,25	0,60	7,0	0,7	77,0	0,0	0,0	0,00	115,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,12	-0,08	OUI	
SF16	0,60	0,25	0,60	3,7	0,2	39,0	0,0	0,0	0,00	58,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,06	-0,14	OUI	
SF17	0,60	0,25	0,60	5,2	2,3	75,0	0,0	0,0	0,00	112,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,11	-0,09	OUI	
SF18	0,60	0,25	0,60	5,9	2,2	81,0	0,0	0,0	0,00	121,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,12	-0,08	OUI	
SF19	0,60	0,25	0,60	5,0	0,5	55,0	0,0	0,0	0,00	82,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,08	-0,12	OUI	
SF20	0,60	0,25	0,60	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,00	15,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,02	-0,19	OUI	
SF21	0,60	0,25	0,60	6,2	0,1	63,0	0,0	0,0	0,00	94,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,09	-0,11	OUI	
SF22 / SF23 / SF28 / SF30 / SF37 / SF39	0,50	0,25	0,50	1,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,00	15,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,23	0,17	0,33	0,02	-0,15	OUI	
SF24	0,80	0,25	0,80	3,5	0,1	36,0	0,0	0,0	0,00	54,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,37	0,27	0,33	0,05	-0,21	OUI	
SF25	0,60	0,25	0,60	3,6	0,5	41,0	0,0	0,0	0,00	61,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,06	-0,14	OUI	
SF26	0,60	0,25	0,60	4,1	1,4	55,0	0,0	0,0	0,00	82,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,08	-0,12	OUI	
SF31	0,60	0,25	0,60	3,5	0,1	36,0	0,0	0,0	0,00	54,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,05	-0,15	OUI	
SF33 / SF35	0,60	0,25	0,60	6,0	0,5	65,0	0,0	0,0	0,00	97,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,10	-0,10	OUI	
SF41 / SF45 / SF48	0,60	0,25	0,60	4,0	0,1	41,0	0,0	0,0	0,00	61,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,06	-0,14	OUI	
SF42 / SF46 / SF47 / SF51 / SF52 / SF54	0,60	0,25	0,60	4,9	0,4	53,0	0,0	0,0	0,00	79,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,08	-0,12	OUI	
SF43 / SF44 / SF49 / SF50	0,60	0,25	0,60	5,3	0,5	58,0	0,0	0,0	0,00	87,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,09	-0,11	OUI	
SF53	0,80	0,25	0,80	9,3	0,5	98,0	0,0	0,0	0,00	147,00	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,37	0,27	0,33	0,15	-0,12	OUI	
SF55	0,60	0,25	0,60	5,2	0,5	57,0	0,0	0,0	0,00	85,50	0,00	0,00	0,80	0,70	0,56	0,28	0,20	0,33	0,09	-0,11	OUI	

avec $V_d = \sum F_{Vi}$ et R_0 négligé

La stabilité au poinçonnement aux ELU et aux ELS est vérifiée.

En l'absence d'efforts horizontaux, la vérification vis à vis du glissement n'a pas à être vérifiée.

Les tassements attendus sont comprise entre 0,5cm et 1,0cm en valeur absolue, et de l'ordre du demi-centimètre en différentiel, pour des massifs et semelles travaillant à 0,20MPa aux ELS.

8.5. VÉRIFICATION VIS À VIS DES CRITÈRES D'EXCENTREMENT

Compte-tenu de l'absence de moment de renversement, les massifs isolés et semelles filantes sont comprimés à 100% et les critères d'excentrement fixés par la norme NFP94- 261 sont respectés tant aux ELU qu'aux ELS.

8.6. SUJÉTIONS D'EXÉCUTION

Elles sont liées :

- au respect d'un niveau d'ancrage de 0,50m au sein de la couche 1 et des critères développés au chapitre 8.2,
- aux variations du niveau d'assise des fondations, en relation avec la fluctuation du toit du niveau d'ancrage,
- à l'utilisation éventuelle d'un brise roche hydraulique en cas de rencontre de blocs de grande dimension, de niveaux indurés et de remontée du substratum rocheux. Dans ce cas, une surprofondeur de fondations sur 0,30m sera prévue et la mise en place de graves concassées envisagées pour éviter tout point dur. Une autre solution pour éviter que la fluctuation du toit du substratum soit un handicap, la solution peut consister à prévoir partout un ancrage dans le calcaire, compte tenu de la faible épaisseur résiduelle d'argiles et le rattrapage par un gros béton,
- au respect de l'interdiction de circulation des engins sur le fond de fouille,
- à l'interdiction de stockage de matériaux en crête de fouille,
- à une finition soignée des fouilles, au godet sans dents ou manuelle,

- au bétonnage à l'avancement des fondations : on privilégiera le travail par beau temps. S'il pleut, on veillera à ne pas laisser s'installer une stagnation d'eau dans les fouilles,
- au risque de surconsommation de béton liée à des hors profils (contexte rocheux, vestiges,...),
- à la sensibilité du sol d'assise aux variations de teneur en eau : on exclura toute végétation arbustive à une distance inférieure à 1 fois leur hauteur à l'âge adulte des constructions. Pour une végétation, en rapproché, son enveloppe racinaire sera encapsulée dans un géotextile non tissé, aiguilleté, possédant une résistance à la traction de 20kN/m au minimum, placée de toute façon à plus de 5m des constructions, ou il sera envisagé une barrière antiracinaire,
- à la nécessité de bien gérer les eaux d'infiltration du ruissellement superficiel, sur une bande de 5m de large entourant l'ouvrage :
 - soit par de la « Terre Végétale » sur 0,30m d'épaisseur (assimilée à une classe F1 à comportement A2 au sens du GTR), profilée en pente, écartant les eaux de ruissellement de la construction,
 - soit par une surface imperméabilisée, avec recueil des eaux de ruissellement superficiel et évacuation vers le réseau EP.
- à la mise en place de dispositions constructives contre les remontées capillaires éventuelles,
- à la présence de réseaux enterrés à proximité pouvant nécessiter la réalisation de blindages éventuels et le dévoiement de certains réseaux,
- à la réalisation d'une dalle portée décollée du TN ou d'un vide sanitaire. La réalisation d'un dallage sur terre-plein est également envisageable sous certaines conditions,
- pour une solution de fondations par massifs isolés et longrines, les longrines seront également décollées du TN, à l'aide d'un biocofra par exemple.



9. ÉBAUCHE DIMENSIONNELLE DES ÉPAISSEURS DES COUCHES DE FORME SOUS DALLAGES MISSION G2-PRO

9.1. PRINCIPE

La couche de forme sous dallage a trois fonctions :

- 1) la partie inférieure a une fonction drainante pour éviter que ne s'installe dans la couche de forme un effet piscine, celle-ci est donc à installer sur une arase pentée et conçue avec des systèmes de drains à relier à un exutoire,
- 2) une fonction globale d'homogénéisation de la portance,
- 3) la partie supérieure par sa granulométrie plus fine (0/31.5) a une fonction de fin réglage.

Celle-ci ne pourra être envisagée ici qu'en respectant les prescriptions ci-après, plus liées à la sensibilité du sol support en terme de gonflement qu'en terme de portance. Si les prescriptions particulières ne peuvent être réalisées, le dallage sera prévu en dallage porté sur vide sanitaire.

Dans ce cadre, est visée une plateforme de type PF2 caractérisée par un $EV_2 > 50\text{MPa}$ (critère de conception à valider par le constructeur) et un rapport $EV_2/EV_1 < 2,1$ (EV_1 et EV_2 étant les modules de 1^{er} et 2^{ème} chargement à l'essai à la plaque suivant le mode opératoire LCPC).

Le chantier de terrassement permettant la mise en œuvre de la couche de forme, se fera en situation météorologique favorable, hors séquence de pluie, neige et gel. En situation météorologique défavorable, le chantier sera arrêté.

La « Terre Végétale » ainsi que la tête des sols en place (naturels ou remblais) sera terrassée à l'avancement, jusqu'à une PST qualifiée par une portance attendue minimale de $EV_2^2 = 35\text{MPa}$.

Sur cette base, l'épaisseur totale théorique de la couche de forme à mettre en œuvre est donnée par la relation :

$$h=30xLn\left(\frac{1/EV_2^2-1/EV_2^1}{1/EV_2^3-1/EV_2^1}\right)+0.6x\left(\frac{EV_2^3}{EV_2^2}-1\right) \text{ (Formule de J.C GRESS)}$$

Avec :

- h en cm,
- EV_2^3 = module de réception sur la couche de forme,
- EV_2^1 = module intrinsèque des matériaux d'apport compris entre 120 et 200MPa en fonction des matériaux.

En cas de réalisation des travaux suivant une période de conditions météorologiques défavorables, un épaissement de la couche de forme sera à envisager de manière à prévoir un reclassement d'arase.

Pour le terrassement, l'utilisation du boueur ou de la chargeuse chenillée est exclu, ceux-ci risquant de fortement remanier l'arase terrassement. Le terrassement se fera à la pelle mécanique chenillée, en rétro, godets avec dents, bien à plat en finition ou godets sans dents.

Attention, une PST remaniée peut chuter à un EV_2^2 de 5MPa.

9.2. COUCHE DE FORME SOUS DALLAGES

Les matériaux de couche de forme seront mis en œuvre sur un géotextile possédant une résistance à la rupture de 20kN/m minimum, déroulé à l'avancement des terrassements.

La PST sera terrassée avec formes de pentes de 2%, ménageant des lignes de points bas dans lesquelles seront placés des drains $\varnothing=150\text{mm}$, eux mêmes enrobés dans une gravette 5/20 entourée par un géotextile possédant une résistance à la rupture de 12kN/m minimum et de porométrie $O_{95}>150\mu\text{m}$, les drains étant piqués sur un exutoire. Un drainage périphérique du bâtiment sera également prévu pour éviter toute modification de teneur en eau sous le bâtiment.

Les matériaux à fonction drainante de la couche de forme, seront mis en œuvre à l'avancement des terrassements et du déroulement du géotextile.

Les matériaux de couche de forme suggérés sont de type :

- ◆ En base drainante 0/70 :
 - $D < 70\text{mm}$,
 - propres : $VBS < 0,1$,
 - passant à $80\mu\text{m} < 5 \%$,
 - drainants $D_{10} > 1\text{mm}$,
 - chimiquement inertes,
- ◆ fermés par une couche de réglage :
 - $D < 31.5\text{mm}$,
 - propres : $VBS < 0,1$,
 - passant à $80\mu\text{m} < 5 \%$,
 - chimiquement inertes,
 - bien gradués, s'inscrivant dans un fuseau de TALBOT-FULLER d'équation :

$$\frac{p}{100} = \left(\frac{d}{D}\right)^n \quad n \text{ étant déterminée à partir des couples :}$$

$D=60\text{mm}$, $\%80\mu\text{m} = 3\%$: courbe basse du fuseau,

$D=20\text{mm}$, $\%80\mu\text{m} = 7\%$: courbe haute.

Ces matériaux compactés à q_3 ont respectivement un module EV_2^1 intrinsèque (module de la couche suffisamment épaisse pour que le bicouche n'intègre plus le sol de fondation) de :

- ◆ 150MPa pour le 0/70mm,
- ◆ 200 MPa pour le 0/31,5mm.

Dans ces conditions, on pourrait théoriquement tabler sur une épaisseur h de 0/70mm de 35cm fermée par 10cm de 0/31,5mm pour obtenir un EV_2^3 minimal de la plateforme de 50MPa (PF2) en veillant à ce que $EV_2/EV_1 < 2,1$.

En terme de portance, l'épaisseur globale de 45cm est suffisante, cependant l'arase est constituée de matériaux sensibles aux phénomènes de retrait et de gonflement, aussi il faudra prévoir d'augmenter la couche de forme pour éviter toute dégradation dans le temps, avec une épaisseur globale de 0,90m. Si cette contrainte n'est pas respectée, le dallage sera portée.

Nous rappelons que notre étude permet de fixer les critères de portance des plateformes, néanmoins, il appartiendra à l'entreprise d'adapter les moyens de compactage afin de respecter ces critères tout en préservant les bâtiments et ouvrages avoisinants.

Si le critère de portance n'est pas atteint, c'est que, soit :

- la teneur en eau du matériau constitutif de l'arase est plus élevée que pendant les sondages,
- la purge n'a pas été suffisamment approfondie,
- le matériau de couche de forme sous-jacent n'est pas de qualité suffisante en nature et/ou en compactage,
- le compactage est trop intensif et a « claqué » le support.

Il convient donc d'identifier le facteur incriminé pour choisir les mesures adaptées.

9.3. **MODULES DE DÉFORMATION POUR DALLAGES**

Les valeurs des modules de déformation des différentes couches de sol, estimées à partir des sondages sont :

Couche n°	Nature	Épaisseur (m)	E_{mk} (MPa)	α	ν	E_s (MPa)
Couche de forme	Matériaux granulaires compactés *	0,90	10 à 15	0,33	0,25	45
1	Argile limoneuse	0,7	22	0,66	0,33	20
2	Calcaire	> 7,40	22	0,50	0,25	45
3	Marne	> 1,00	28,0	0,66	0,30	40

* les valeurs fournies pour les matériaux de couche de forme sont valables pour les matériaux définis ci-avant.

XXXXXXXXXX

Nous restons à la disposition de la BASE DE DÉFENSE DE TOURS et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Ingénieur en charge de l'opération	Ingénieur en charge du contrôle interne
Florent ROBIN	Aline VENANT

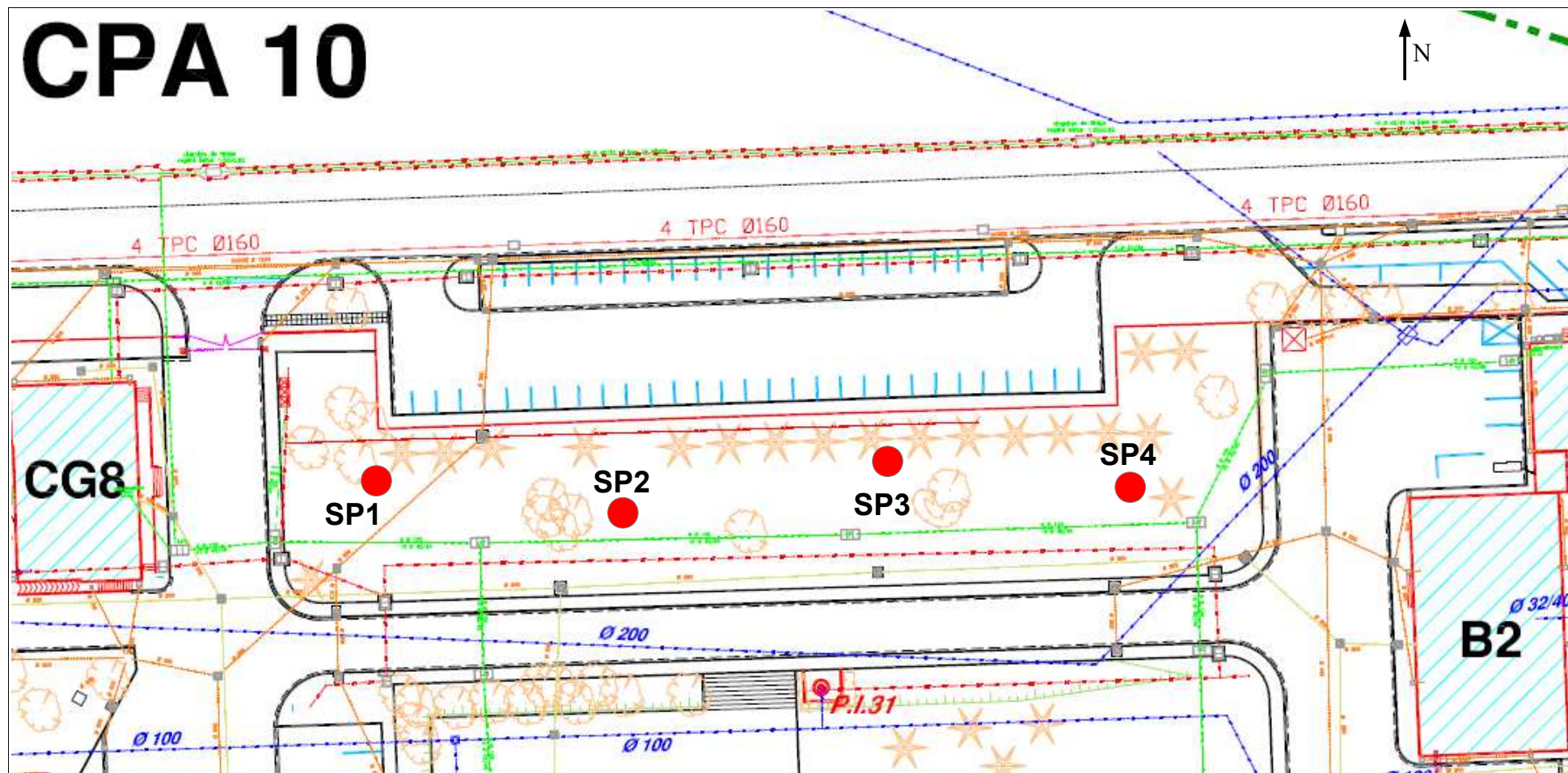
Superviseur
Hervé GRISEY

ANNEXES

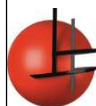


ANNEXE 1
PLAN D'IMPLANTATION DES
SONDAGES

Plan d'implantation des sondages



ANNEXE 2
COUPES DES SONDAGES
PRESSIOMÉTRIQUES

**HYDRO - GEOTECHNIQUE**LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

BASE DE DEFENSE DE TOURS - PÔLE CONDUITE DES OPERATIONS

Construction d'un bâtiment administratif

BRICY (45)

(Dossier: C.17.13032)

Date : 12/06/2017

Machine : DRILL

Profondeur : 0,00 - 10,00 m

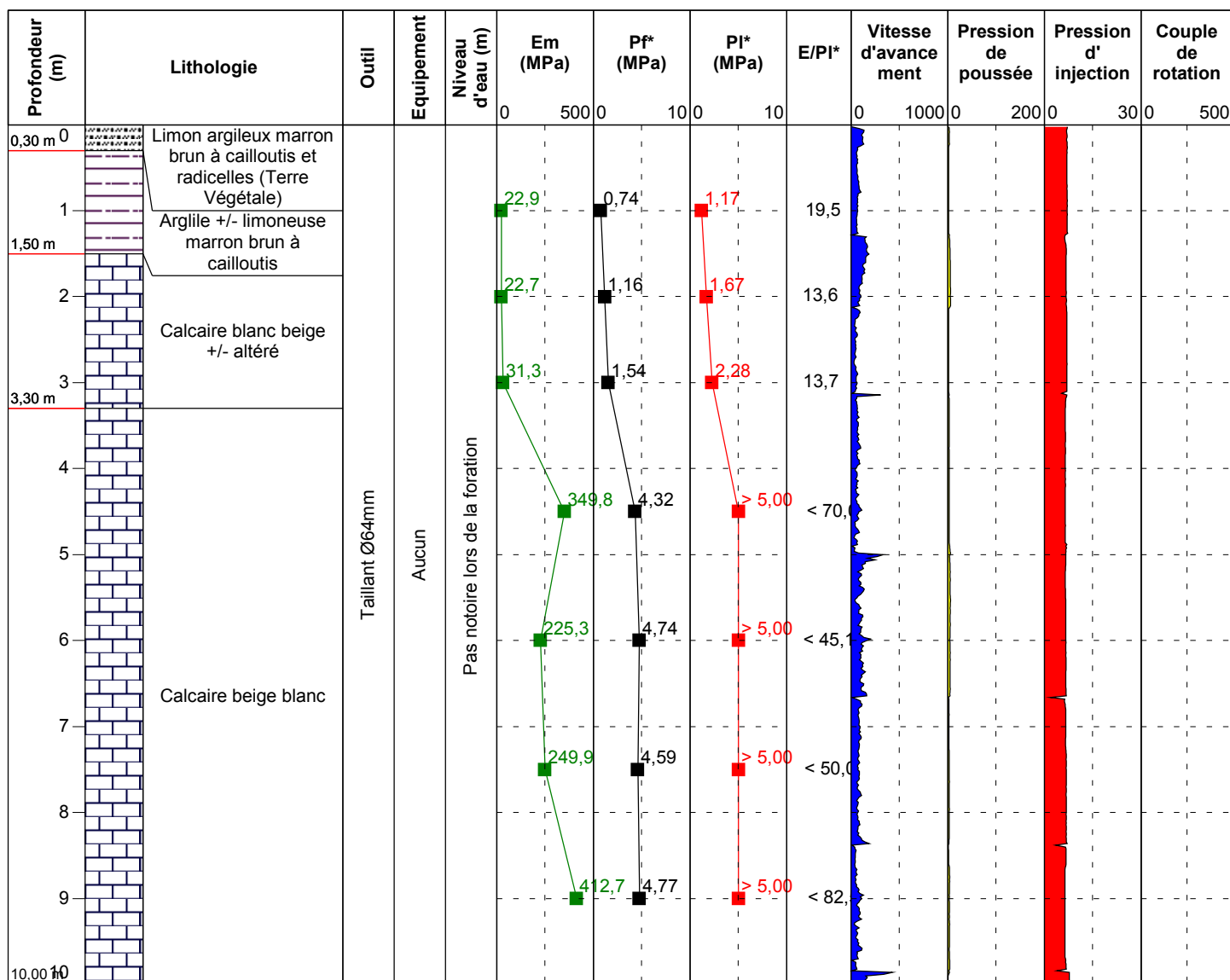
X : 558 945.798

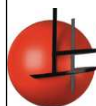
Y : 2 332 314.058

1/75

Forage : SP1

EXGTE 3.16/LUT3EPF511FR





HYDRO - GEOTECHNIQUE

LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

BASE DE DEFENSE DE TOURS - PÔLE CONDUITE DES OPERATIONS

Construction d'un bâtiment administratif

BRICY (45)

(Dossier: C.17.13032)

Date : 12/06/2017

Machine : DRILL

Profondeur : 0,00 - 10,01 m

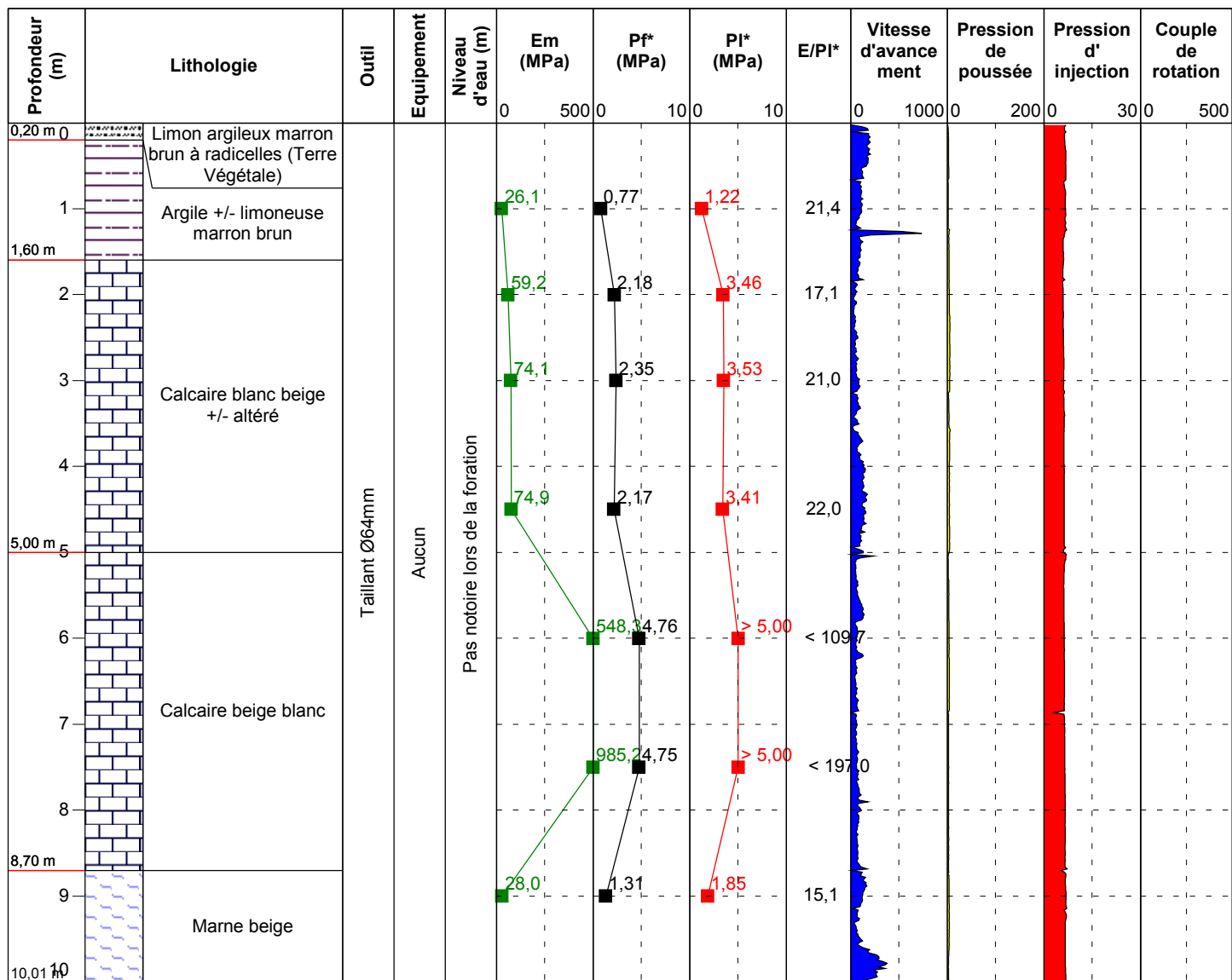
X : 558 973.394

Y : 2 332 310.528

1/75

Forage : SP2

EXGTE 3.16/LUT3EPF511FR



**HYDRO - GEOTECHNIQUE**LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

BASE DE DEFENSE DE TOURS - PÔLE CONDUITE DES OPERATIONS

Construction d'un bâtiment administratif

BRICY (45)

(Dossier: C.17.13032)

Date : 13/06/2017

Machine : DRILL

Profondeur : 0,00 - 10,01 m

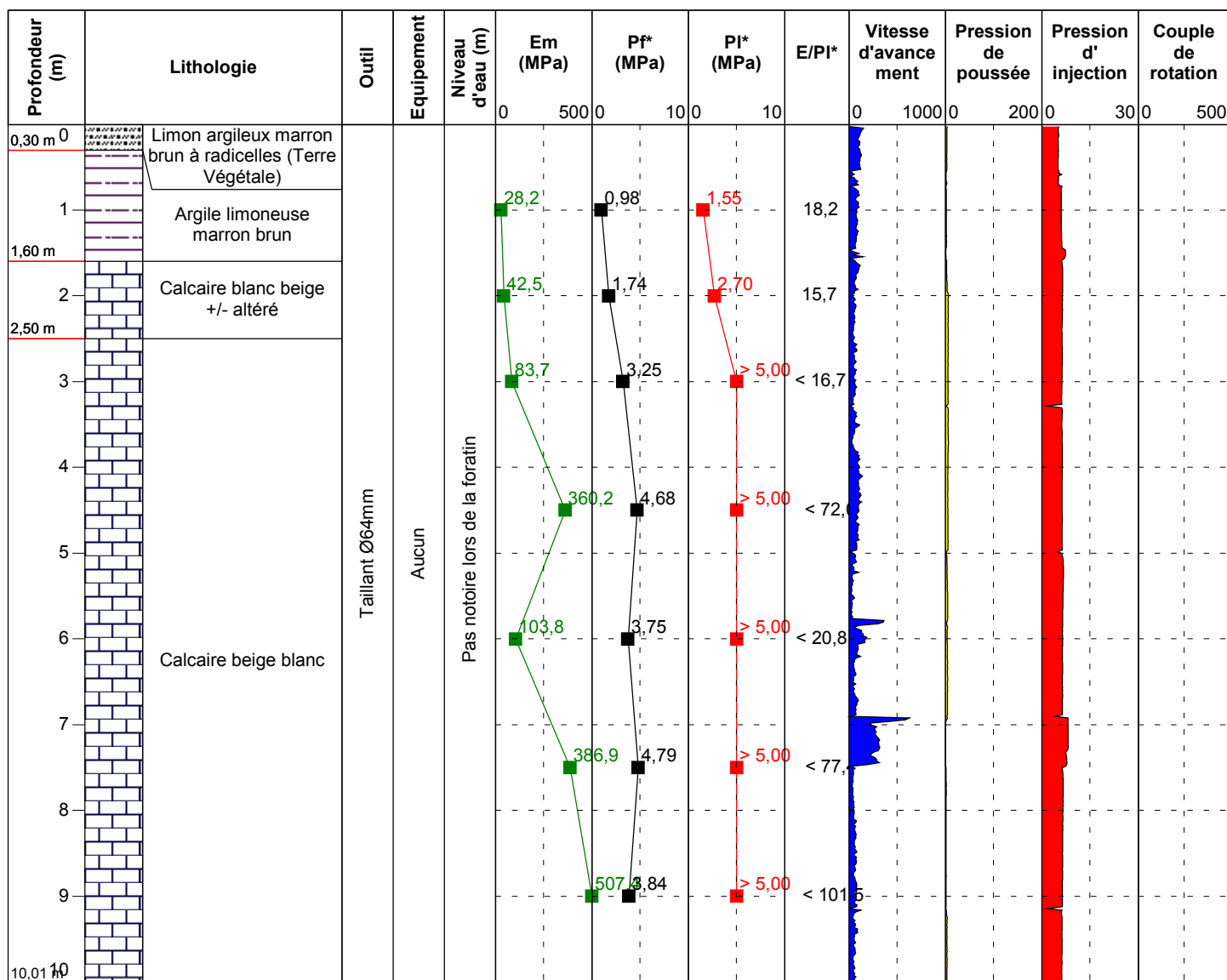
X : 558 992.833

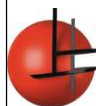
Y : 2 332 314.840

1/75

Forage : SP3

EXGTE 3.16/LUT3EPF511FR



**HYDRO - GEOTECHNIQUE**LABORATOIRES REGIONAUX DE RECONNAISSANCE ET D'INGENIERIE
DE L'EAU, DES SOLS, DES FONDATIONS ET DE L'ENVIRONNEMENT

BASE DE DEFENSE DE TOURS - PÔLE CONDUITE DES OPERATIONS

Construction d'un bâtiment administratif

BRICY (45)

(Dossier: C.17.13032)

Date : 14/06/2017

Machine : DRILL

Profondeur : 0,00 - 10,05 m

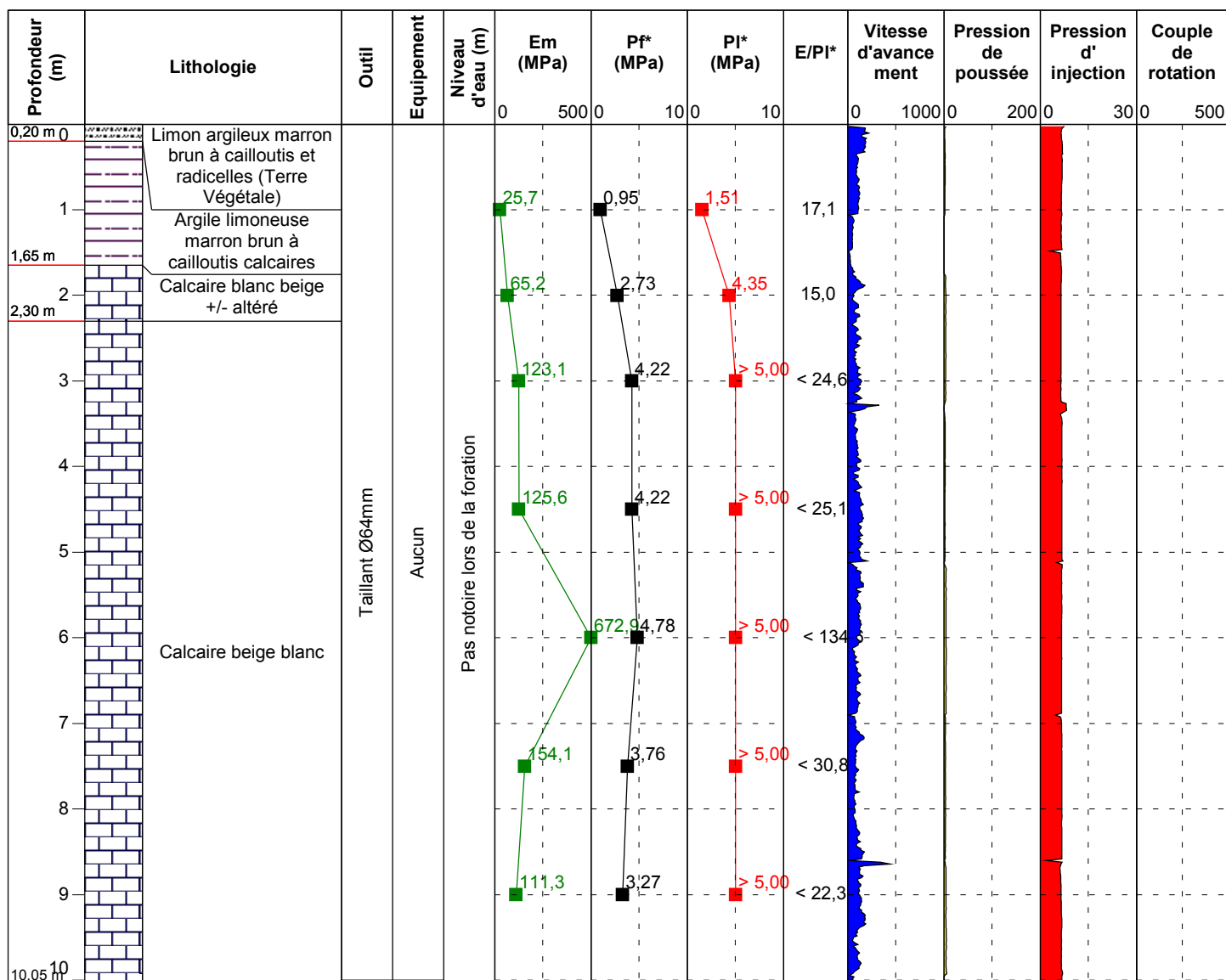
X : 559 032.373

Y : 2 332 311.228

1/75

Forage : SP4

EXGTE 3.16/LUT3EPF511FR



ANNEXE 3
CLASSIFICATION DES MISSIONS
GÉOTECHNIQUES

CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPES D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(extraite de la norme NFP 94-500 novembre 2013)

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

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

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

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

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

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

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

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

Phase Avant-projet (AVP)

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

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

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

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

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

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

Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

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

Phase Suivi

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

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

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

Phase Supervision de l'étude d'exécution

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

Phase Supervision du suivi d'exécution

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

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

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

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'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).

SCHEMA D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS GEOTECHNIQUES

(extrait de la norme NFP 94-500 novembre 2013)

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'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	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)		À la charge de l'entreprise	À 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
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

UNION SYNDICALE GÉOTECHNIQUE
CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES
(version du 27.06.2000, mise à jour Hydrogéotechnique décembre 2006)

1. CADRE DE LA MISSION

Par référence à la CLASSIFICATION DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES TYPES (Norme NFP 94-500), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'œuvre de veiller à ce que toutes les missions géotechniques nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions géotechniques suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution.

En particulier :

- ◆ les missions G1, G2, G3, G4 sont réalisées dans l'ordre successif,
- ◆ une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante,
- ◆ une Prestations d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et l'exactitude des résultats qu'elle fournit,
- ◆ une mission type G1 à G5 n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport,
- ◆ une mission type G1 ou G5 exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques,
- ◆ une mission type G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'œuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) parties(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. RECOMMANDATIONS

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une reconnaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés au géotechnicien chargé du suivi ou de la supervision géotechnique d'exécution (missions G3 et G4) afin qu'il en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution, voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations, notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. RAPPORT DE LA MISSION

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés ; un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.