



UNE EXPERTISE QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

Rapport OOR2.F.0593 (2) version A

Le 30/12/2015

Étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Projet INTERIVES - Transport urbain par câbles

Quartier Dessaux - Gare SNCF " Les Aubrais"

FLEURY LES AUBRAIS (45)



Région GRAND OUEST

Agence d'Orléans

5, rue de l'industrie
ZAC des Montées
45 073 ORLEANS Cedex 02

Téléphone : 02 38 56 55 52

Télécopie : 02 38 51 19 44


Email: cebtprorleans@groupe-cebtp.com

AGGLO ORLEANS VAL DE LOIRE

PROJET INTERIVES - TRANSPORT URBAIN PAR CABLES

Quartier Dessaux - Gare SNCF " Les Aubrais" à FLEURY LES AUBRAIS (45)

RAPPORT - étude géotechnique de conception phase avant-projet (G2 phase AVP)

Dossier : OOR2.F.0593 (2) version A					Contrat : OOR2.F.0170 version C		
Version	Date	Chargé d'affaire	Visa	Vérifié par	Visa	Contenu	Observations
A	30/12/2015	G.PENSUET		A. DABLIN		39 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 AERIENNE	5
2	CONTEXTE DE L'ETUDE.....	6
2.1	GENERALITES	6
2.1.1	Identification du projet et des principaux interlocuteurs.....	6
2.1.2	Documents communiqués et utilisés.....	6
2.1.3	Référentiels de calcul et d'étude.....	6
2.2	DESCRIPTION DU SITE	7
2.2.1	Topographie, occupation du site et avoisinants	7
2.3	CONTEXTES GEOTECHNIQUE, HYDROGEOLOGIQUE ET SISMIQUE.....	7
2.3.1	Géologie prévisionnelle.....	7
2.3.2	Risques naturels et sismicité.....	8
2.4	CARACTERISTIQUES DE L'AVANT-PROJET	10
2.4.1	Description du projet	10
2.4.2	Sollicitations appliquées aux fondations.....	12
2.4.3	Terrassements prévus	12
2.5	MISSION GINGER CEBTP	13
3	INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	15
3.1	PREAMBULE.....	15
3.2	IMPLANTATION ET NIVELLEMENT	15
3.3	SONDAGES, ESSAIS ET MESURES IN SITU	15
3.3.1	Investigations in situ.....	15
4	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS.....	17
4.1	PREMIERE APPROCHE D'UN MODELE GEOLOGIQUE	17
4.1.1	Lithologie et caractéristique mécaniques	17
4.1.2	Synthèse géomécanique (par secteur)	19
4.2	PREMIERE APPROCHE DE MODELE HYDROGEOLOGIQUE	21
4.2.1	Piézométrie	21
4.2.2	Inondabilité.....	22

4.3	RISQUES NATURELS	22
4.3.1	<i>Données parasismiques réglementaires</i>	22
4.3.2	<i>Liquéfaction</i>	22
4.3.3	<i>Présence d'anomalies mécaniques ou de vides (aléa cavité)</i>	22
5	PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (AVANT-PROJET)	23
5.1	ANALYSE DU CONTEXTE ET PRINCIPES D'ADAPTATION	23
5.2	ADAPTATIONS GENERALES DE L'AVANT-PROJET	25
5.2.1	<i>Remarques préalables</i>	25
5.2.2	<i>Mise à nu du terrain</i>	26
5.2.3	<i>Réalisation des terrassements</i>	26
5.3	NIVEAU-BAS - DALLAGE	29
5.4	FONDATION DES BATIMENTS	29
5.4.1	<i>Type de fondation et conditions d'ancrage</i>	29
5.4.2	<i>Fondations superficielles par semelles isolées</i>	29
5.4.3	<i>Fondations profondes par micro-pieux</i>	34
6	OBSERVATIONS MAJEURES	39

ANNEXE 1 – NOTES GENERALES SUR LES MISSIONS GEOTECHNIQUES

ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

1.1 Extrait de carte IGN



E160-2 version 0
du 20/12/2013

2 CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1 Généralités

2.1.1 Identification du projet et des principaux interlocuteurs

Nom de l'opération : Projet INTERIVES - Transport urbain par câbles

Localisation / Adresse : Quartier Dessaux - Gare SNCF " Les Aubrais"

Commune : FLEURY LES AUBRAIS (45)

Demandeur de la mission et client : AGGLO ORLEANS VAL DE LOIRE

Architecte : AAUPC – Chavannes & associés

2.1.2 Documents communiqués et utilisés

Dans le cadre de la présente étude, au stade de l'avant-projet, les documents suivants nous ont été communiqués ou ont été utilisés :

Document / référence / indice	Echelle	Origine	Format	Date
Etude de faisabilité / 2161 / indice A	sans	AGGLO ORLEANS VAL DE LOIRE	fichier PDF	16/06/15
Vue en plan et profil en long du projet / 2161 étude préliminaire	1/2000 (format A3)	AGGLO ORLEANS VAL DE LOIRE	fichier PDF	31/03/15
Plan photogrammétrique – planche 1 – version C	1/200	AXIS CONSEILS	fichier PDF + DWG	05/10/2015
Plan photogrammétrique – planche 2 – version C	1/200	AXIS CONSEILS	fichier PDF + DWG	05/10/2015
Plan d'implantation des axes / dossier 171185 / indice A	1/1000	AXIS CONSEILS	fichier PDF + DWG	01/10/2015
Plan topographique / gare Est / indice A	1/200	AXIS CONSEILS	fichier PDF + DWG	05/10/2015
Plan topographique / gare Ouest / indice A	1/200	AXIS CONSEILS	fichier PDF + DWG	05/10/2015

2.1.3 Référentiels de calcul et d'étude

Les documents suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- Eurocodes 7 et annexes nationales, GTR 92, EC8.
- NF P 11-213-3 (DTU13.3) : Dallages. Conception, calcul et exécution. Partie 3 : Cahier des clauses techniques des dallages.

2.2 Description du site

2.2.1 Topographie, occupation du site et avoisinants

Le site retenu pour l'implantation du projet peut-être découpé en 3 secteurs distincts, dont les aménagements actuels sont les suivants :

- Côté Ouest du projet : les rues Victor Hugo et Danton, une friche industrielle (usine rivièrre-casalis et ses parkings), une parcelle privée occupée par une maison habitation qui sera démolie dans le cadre du projet d'aménagement. A noter que la présence d'un talus de déblai de la voie SNCF, d'environ 3.0 m de hauteur sur le côté Est de la rue V. HUGO
- Partie centrale du projet : le plateau ferroviaire SNCF,
- Partie Est du projet : la rue Lamartine, la voie A et la station « Les Aubrais » du Tramway, les stationnements et le parvis de la gare de Fleury-les-Aubrais.

Ces zones concernées par l'implantation du projet correspondent actuellement à des surfaces majoritairement goudronnées ou construites (maison, tramway...) sur les parties Ouest et Est du projet. L'implantation du projet sur la partie centrale se fera sur des surfaces de remblais sableux peu compactés.

A l'échelle de la zone d'implantation du projet, le terrain présente des variations altimétriques de quelques mètres, néanmoins compte tenu des aménagements existants, chaque secteur du projet présente une surface globalement plate avec les altimétries suivantes :

- Zone Est : autour de 116 m NGF,
- Zone centrale : autour de 118 – 119 m NGF,
- Zone Ouest : autour de 115-116 m NGF.

Le projet sera avoisinant de plusieurs aménagements existants sensibles :

- Réseau ferré de la gare des Aubrais-Orléans,
- Ligne A du tramway,
- Réseaux divers.

2.3 Contextes géotechnique, hydrogéologique et sismique

2.3.1 Géologie prévisionnelle

D'un point de vue géologique, d'après notre expérience locale et la carte géologique d'Orléans à l'échelle 1/50000, le site serait constitué, sous la terre végétale et les surfaces construites, par :

- Les remblais anciens du plateau ferroviaire,
- Les Marnes et Sables de l'Orléanais,
- Les Marnes et Calcaires de Beauce.

D'un point de vue hydrogéologique, dans le contexte décrit ci-dessus, les remblais, en fonction de leur composition peuvent être l'objet de circulations d'eau, voir même de niveau d'eau perchés.

Les Marnes et Calcaires de Beauce constituent le principal réservoir aquifère de la région. La surface de la nappe est libre, mais l'alternance de niveaux plus ou moins perméables peut expliquer la présence de nappes d'eau captives.



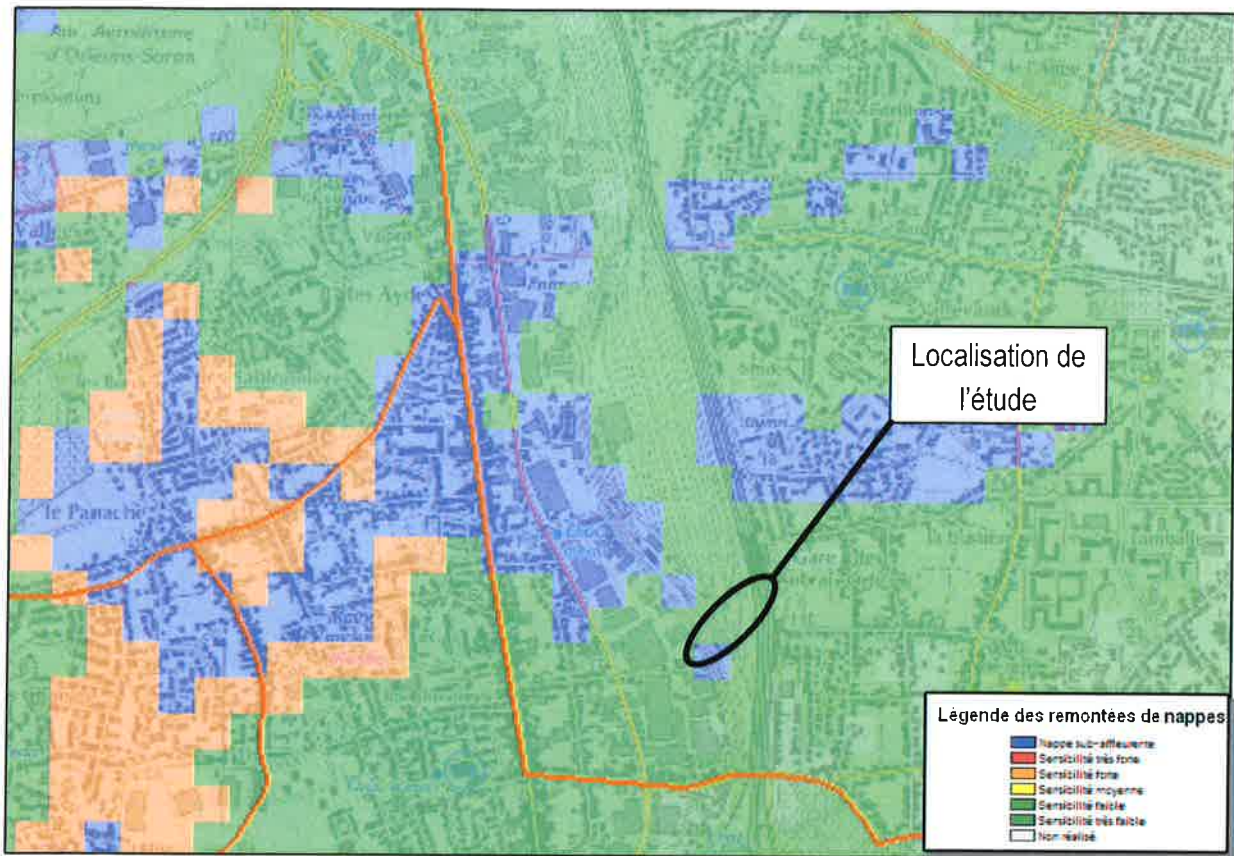
Extrait carte géologique (source : Infoterre)

2.3.2 Risques naturels et sismicité

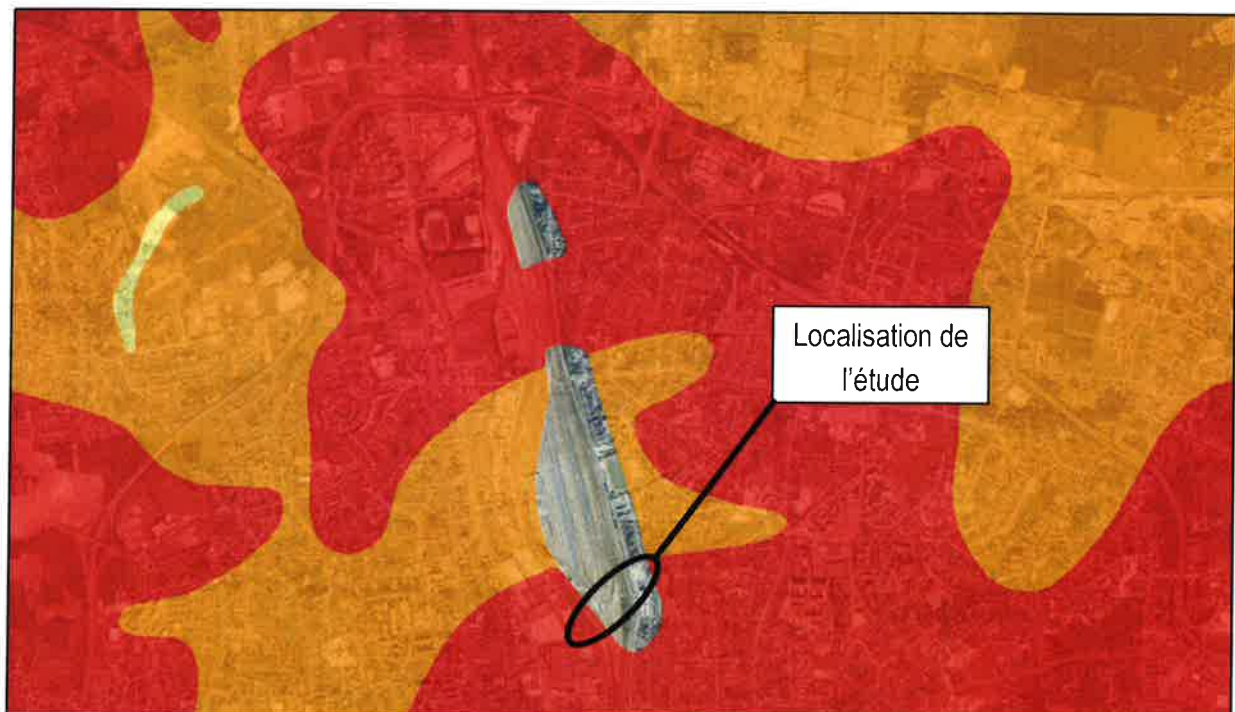
Les informations recueillies sur les sites internet consultés (www.prim.net, www.cartorisque.prim.net, www.inondationsnappes.fr, www.georisques.gouv.fr) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Risques naturels	Sensibilité
Inondations / débordement de cours d'eau	Pas d'aléa
Remontées d'eaux sédimentaires	Sensibilité faible
Argiles (retrait/gonflement)	Aléa fort et non défini
Cavités naturelles ou anthropiques	présence de cavités anthropiques cartographiées sur la commune à plus de 200 m

Selon le zonage sismique de la France en vigueur (décret n°2010-1255 du 22/10/2010), la commune de Fleury les Aubrais est classée en zone de sismicité 1 (aléa faible).



Extrait carte remontées de nappes



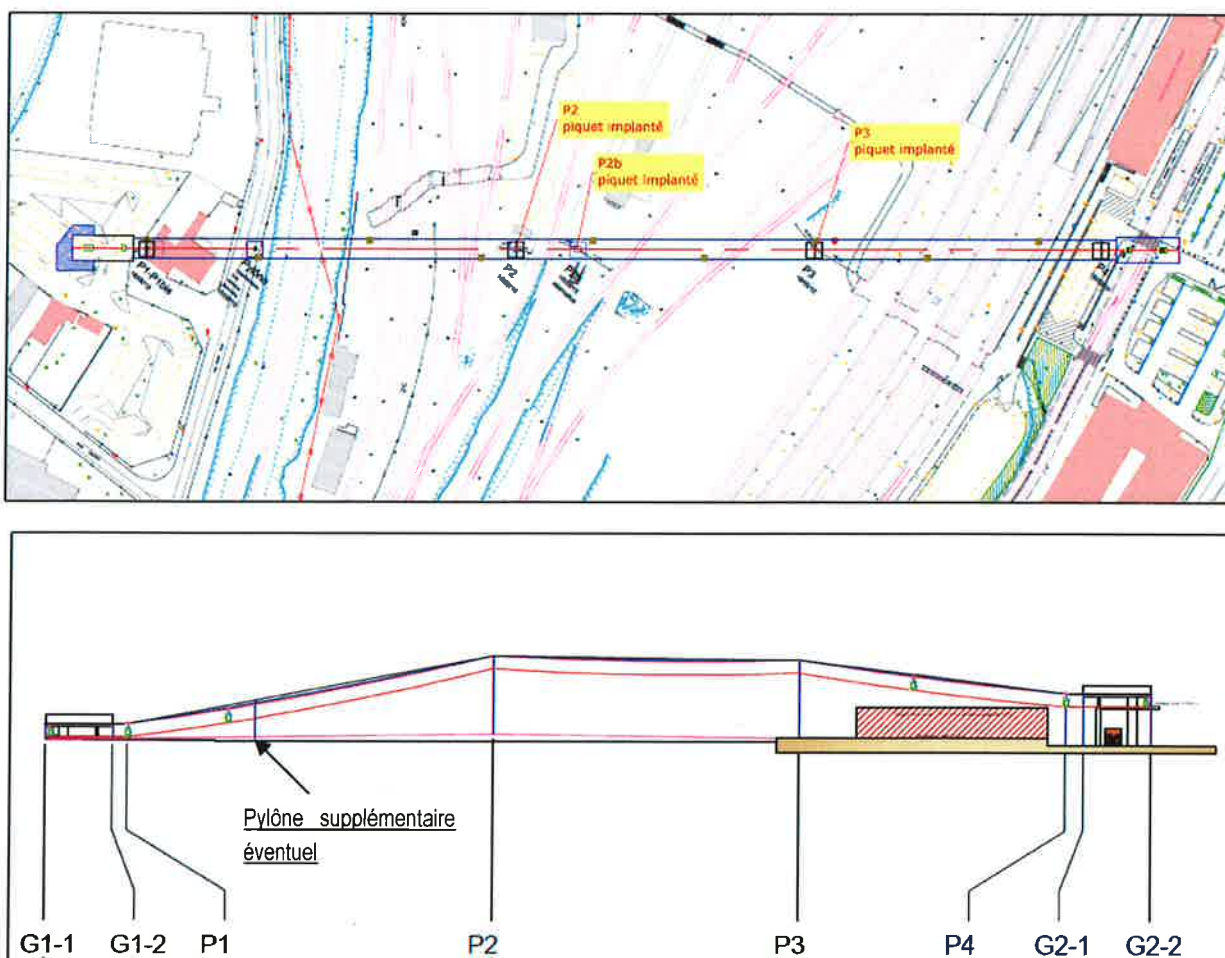
Extrait carte retrait-gonflement (source : Infoterre)

2.4 Caractéristiques de l'avant-projet

2.4.1 Description du projet

D'après les documents cités au paragraphe 2.1 et les informations fournies, le projet porte sur la réalisation d'un transport urbain à câbles, plus particulièrement une **télécabine monocâble débrayable**. Il s'inscrit dans le cadre du projet INTERIVES destiné à l'aménagement d'un futur quartier d'affaires et de vie (quartier Dessaux), sur les communes d'Orléans et Fleury-Les-Aubrais. Le projet de transport par câbles permettra d'assurer la liaison directe entre la gare des « Aubrais » et le futur quartier INTERIVES, en franchissement du plateau ferroviaire.

Le projet concerne un linéaire d'environ 360 m et comprend l'implantation de deux gares de départs/arrivées, dont une au pied de la Gare d'Orléans-Les Aubrais, et la construction de pylônes intermédiaires, dont 2 (d'environ 25 m de hauteur) sur le plateau ferroviaire et éventuellement un rue Victor Hugo.



Vue en plan et profil en long du projet (stade étude préliminaire)

La gare Ouest sera intégrée à l'aménagement de la ZAC, dans une architecture moderne. La gare Est sera implantée au niveau de la voie du Tramway, avec une superstructure portée par deux pylônes implanté de part et d'autre de cette même voie. Les illustrations du projet présentées ci-dessous sont extraites d'éléments publics du dossier de concertation du projet.



Illustration du projet de la gare Est



Illustration du projet de la gare Ouest



Illustration du transport par câble

Au stade actuel du projet, les principes de conception des deux gares d'arrivées ne sont pas précisément connus sur le plan structurel et architectural (aucune coupe ne nous a été communiquée à ce jour), néanmoins elles devraient présenter les caractéristiques suivantes :

Type d'ouvrage	Gare télécabine Ouest	Gare télécabine Est
Emprise approximative	150 m ²	150 m ²
Type de fondations envisagées	Superficielles	Superficielles
Nature du niveau bas envisagée	inconnu	inconnu
Hauteur de l'ouvrage / TN actuel	+ 5/6 m au niveau du quai d'embarquement (sans la structure de couverture)	+ 13.5 m au niveau du quai de débarquement (sans la structure de couverture)
Terrassements envisagés	Terrassement pour les fouilles de fondations des pylônes de gare	

Au stade actuel du projet, des pylônes de compression seront construits au niveau des gares d'arrivées et deux à trois pylônes de support seront construits sur la ligne de câble. Les caractéristiques des pylônes ne sont pas encore connues au stade actuel de l'étude. La hauteur maximale des pylônes « support » devraient se situer à environ + 25 m /TN actuel. De même l'implantation définitive des pylônes support n'est pas encore connue et ce notamment en fonction des contraintes ferroviaires associées au projet.

2.4.2 Sollicitations appliquées aux fondations

Les descentes de charges relatives à la construction des gares (structures et équipements) et relatives à la construction des pylônes ne nous ont pas été communiquées.

Sur ce type d'ouvrage, les **efforts et moments, horizontaux, de renversement ou de flexion... sont généralement dimensionnants**. L'étude de conception G2 en phase projet permettra de s'assurer que les systèmes de fondations préconisés et les dispositions retenues sont compatibles avec les charges réellement apportées et les caractéristiques des ouvrages. Dans le cas contraire, il conviendrait de revoir tout ou partie de nos conclusions.

2.4.3 Terrassements prévus

Il n'est pas prévu de terrassements importants au droit des projets mis à part la préparation de la plateforme de la gare Ouest et la réalisation des fouilles de fondations des pylônes de gare et des pylônes de la ligne de câble.

2.5 Mission GINGER CEBTP

La mission de GINGER CEBTP est conforme au devis n° OOR2.F.0170 version C daté du 02/10/2015 objet des commandes correspondantes datées du 08/10/2015, dans le cadre du marché à bon commandement n° 2013-88.

Il s'agit d'une 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 :

- Contexte géotechnique :
 - o faire une première approche d'un modèle géologique,
 - o étudier les différents risques naturels identifiés,
 - o faire une première approche d'un modèle hydrogéologique (niveaux relevés lors de la campagne d'investigations pour les différents aquifères),
 - o faire une première approche de la ZIG (Zone d'Influence Géotechnique),
 - o qualifier le risque de liquéfaction sous séisme,
 - o faire une première estimation des caractéristiques géotechniques importantes.
- Dans le cas de fondations superficielles :
 - o déterminer les variations envisageables de la profondeur des formations géologiques mobilisables,
 - o donner des exemples de calcul de justification de la stabilité locale (portance, renversement, glissement) pour quelques fondations types,
 - o faire une première approche (objectif, caractéristiques principales) d'amélioration de sol **(si nécessaire)**,
 - o faire une proposition de prise en compte du risque de retrait / gonflement (méthodes de protection, dispositions constructives), **si nécessaire**,
 - o faire une première approche de l'évaluation des déplacements,
 - o déterminer les principes généraux des sujétions d'exécution (drainage, blindage, rabattement provisoire, phasage, substitution).
- Dans le cas de fondations profondes
 - o déterminer les formations géologiques mobilisables,
 - o déterminer les variations envisageables de la profondeur des formations géologiques mobilisables,
 - o lister les différentes techniques de type envisageables (classes et catégories),

- faire une première approche des valeurs envisageables pour :
 - le frottement latéral,
 - le terme de pointe,
 - le frottement négatif (si nécessaire),
 - le comportement sous sollicitations horizontales pour quelques fondations types,
 - l'évaluation des déplacements (si nécessaire).
- donner des exemples de calcul de capacité portante pour quelques fondations types,
- faire une première approche du comportement sous sollicitations horizontales pour quelques fondations types,
- faire une première approche de l'évaluation des déplacements,
- faire une première approche du comportement de groupes de pieux (si nécessaire),
- déterminer les grands principes des sujétions d'exécution (présence d'eau, stabilité des parois, terrains durs, phasage).

Remarque : La ZIG (Zone d'Influence Géotechnique) correspond au volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et d'autre part, l'environnement (sols, ouvrages, aménagements de terrains ou biens environnants). La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain.

3 INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

3.1 Préambule

Les moyens de reconnaissance et d'essais ont été définis par GINGER CEBTP en accord avec le client. En accord avec le client, un sondage pressiométrique prévue dans la prestation n'a pas été réalisé, son implantation se trouvant sur l'emprise d'une habitation existante, dont la démolition interviendra ultérieurement. Ceci n'altère en rien la qualité de l'étude. Ce sondage pourra être réalisé dans le cadre de l'étude géotechnique de conception phase projet, pour confirmer le schéma géotechnique au droit de ce secteur.

3.2 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 AXIS CONSEIL (piquetage) sur les emprises du plateau ferroviaire et par GINGER CEBTP sur les emprises des gares Ouest et Est, en fonction du projet et du positionnement des réseaux et obstacles.

L'altitude des têtes de sondages correspond au niveau du terrain au moment des investigations (Terrain Actuel – TA). L'altitude des têtes de sondages a été nivelée par nos soins et rattachés au NGF à partir du plan topographique fourni pour la réalisation de cette étude.

3.3 Sondages, essais et mesures in situ

3.3.1 Investigations in situ

Les investigations suivantes ont été réalisées dans le cadre de notre étude :

Type de sondage	Quantité	Noms	Prof. / TA (m)	Alt. NGF du sondage (en m)	Ouvrage Concerné
Sondage pressiométrique à la tarière et au taillant + sondages destructifs jumelés _rotopercussion au taillant Ø 64 mm avec enregistrement des paramètres de forage	2	SP1/SD1	20.24	119.4	Pylône P2b
		SP2/SD2	21.58	117.7	Pylône P3
		SP3/SD3	21.10	116.6	Pylône/v.hugo
		SP4/SD4	21.00	116.8	Gare Ouest
		SP5/SD5	22.70	115.5	Pylône P4
		SP6/SD6	24.50	115.1	Gare Est
Exécution d'essais pressiométriques Norme NF P94-110	120				
Sondage destructif _rotopercussion au taillant Ø 64 mm avec enregistrement des paramètres de forage	1	SD2 bis	20.70	118.8	Pylône P2

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

- **Sondages pressiométriques :**

- coupe des sols,
- venue d'eau éventuelle.

Et, pour chaque essai pressiométrique effectué :

- ✓ module pressiométrique E_M (MPa)
- ✓ pression limite nette p_l^* (MPa)
- ✓ pression de fluage nette p_f^* (MPa)
- ✓ rapport E_M/p_l^*

- **Sondages destructifs :**

- coupe approximatives des sols ⁽¹⁾,
- diagraphie des paramètres de forage enregistrés :
 - V.I.A. : vitesse instantanée d'avancement (m/h),
 - P.O. : pression sur l'outil (bars),
 - P.I. : pression d'injection (bars),
 - C.R. : couple de rotation (bars).

⁽¹⁾ l'interprétation des sols à partir des forages de type destructif est faite uniquement d'après l'examen des cuttings, des courbes de pénétration des sols et des diagraphies.

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

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

4 SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS

4.1 Première approche d'un modèle géologique

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

4.1.1 Lithologie et caractéristique mécaniques

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

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

Formation n°0 : voiries et remblais de voirie + remblais divers de la plateforme ferroviaire,

A partir de la surface topographique

Jusqu'à : 0.70 à 5.8 m de profondeur / TA

Nature : *Il s'agit des structures et remblais sablo-graveleux de voirie sur les emprises de voiries. Sur les autres emprises, il s'agit des remblais d'aménagement, épais à très épais au niveau du plateau ferroviaire. La composition de ces remblais est variable avec des sols de nature sablo-graveleuse, sablo-argileuse, argilo-calcaire, argileuse et présentant des teintes variables marron / noir / beige à gris.*

- Caractéristiques mécaniques :
 - Pression limite nette (p_l^*) : 0.19 à 1.83 MPa,
 - Pression fluage nette (p_f^*) : 0.10 à 1.04 MPa,
 - Module pressiométrique (EM) : 1.9 à 14.6 MPa.

Commentaires :

- Les essais mécaniques mettent en avant l'hétérogénéité de ces matériaux avec des valeurs de compacités très faibles à modérées au droit des différents horizons reconnus.
- De par le contexte et leur origine, la nature, la compacité et l'épaisseur de ces remblais sont susceptibles de varier sensiblement au droit des différents points du projet, notamment sur l'emprise de la plateforme ferroviaire et sur la partie Ouest du projet (ancienne usine Rivierre-Casalis).
- Les profondeurs pour ces horizons de couverture et de terrains remblayés sont données pour l'emplacement exacte de nos sondages, et non de façon répartie, compte tenu de leur caractère anthropique. De plus, il faut s'attendre à des variations d'épaisseurs de cet horizon dans l'emprise des projets, parfois très localement avec des répartitions aléatoires sur les sites, en considérant la présence possible de matériaux organiques au sein des remblais.

De même, au droit de la plateforme ferroviaire, il n'est pas exclu que certains secteurs est fait l'objet d'un remblaiement de très médiocre qualité (déversement, remplissage...) avec les matériaux et équipements disponibles sur site.

Formation n°1 : Complexe argileux et marneux peu compact,

Profondeur : de 0.7 / 5.8 m de profondeur / TA,

Jusqu'à : 2.5 / 6.8 m de profondeur / TA

Nature : *il s'agit de faciès argileux gris, et argilo-sableux à marno-argileux marron/beige.*

- **Caractéristiques mécaniques :**
 - Pression limite nette (pl*) : 0.39 à 0.99 MPa,
 - Pression fluage nette (pf*) : 0.26 à 0.58 MPa,
 - Module pressiométrique (EM) : 4.0 à 18.5 MPa.

Commentaires : Ces faciès peuvent éventuellement correspondre à une faible épaisseur de la formation des sables et argiles de l'Orléanais, ou probablement à une frange altérée du substratum marno-calcaire de Beauce.

Les essais mécaniques (pressiométriques) réalisés au droit des sondages, indiquent la présence de faciès faiblement à modérément compacts.

Formation n°2 : marne et calcaire de Beauce

Profondeur : de 1.20 / 6.8 m de profondeur / TA,

Jusqu'à la base des sondages : 20.2 / 24.5 m profondeur / TA

Nature : *il s'agit d'une succession de faciès marneux et calcaires beiges, avec localement des bancs à alternance marneuse, marno-calcaire et parfois calcaire.*

- **Caractéristiques mécaniques :**
 - Pression limite nette (pl*) : 0.67 à 8.15 MPa,
 - Pression fluage nette (pf*) : 0.40 à >4.95 MPa,
 - Module pressiométrique (EM) : 6.5 à 418 MPa.

Commentaires : Ce faciès correspond à la formation de Beauce décrite dans la notice géologique. Les diagraphies de forage indiquent la présence de faciès de nature et épaisseurs variables qui présentent en fonction de leur nature des paramètres de forabilité variables :

- couple de forage (CR) élevés et vitesses d'avancement (ViA) faibles qui indiquent des passages durs principalement calcaires.

- couple de forage (CR) faibles, vitesses d'avancement (ViA) élevées, pression d'injection (PI) élevée, qui indiquent des passages mous principalement associés à des faciès de composition argileuse.

Les essais mécaniques (pressiométriques) réalisés au droit des sondages, indiquent la présence de quelques faciès faiblement compacts (rares zones d'altération ou de poches argileuses), mais globalement, ils mettent en évidence la bonne à très bonne compacité de cette formation.

Remarque :

- 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 Synthèse géomécanique (par secteur)

L'analyse des résultats des essais et sondages conduit à retenir les synthèses géomécaniques indiqués dans les tableaux suivants pour chacun des secteurs étudiés :

- Secteur Ouest (gare Ouest et pylône rue Victor Hugo) :

Sur cette zone d'étude, les investigations mettent en évidence le schéma suivant :

Formation	Nature du sol	Prof. Base (m)	Valeurs pressiométriques*		
			p_i (MPa)	E_M (MPa)	α
n°0	Voirie et Remblais sablo-graveleux / sablo-argileux	1.25 à 3.20	0.25	2.5	1/3
n°1	Argile sableuse ou marne molle	3.2	0.5	6	2/3
n°2	Marne argileuse	7.5 / 8.2	1.5	15	2/3
	Marne et calcaire	> base des sondages	2.5	30	2/3

* valeur retenue pour les calculs. Ceci ne doit pas faire oublier les caractéristiques mécaniques localement plus élevées dans les différents faciès ou même localement la présence d'horizons mous au sein du sous-sol marno-calcaire

- Secteur plateau ferroviaire (Pylône P2, P2B, P3) :

Sur cette zone d'étude, les investigations mettent en évidence le schéma suivant :

Formation	Nature du sol	Prof. Base (m)	Valeurs pressiométriques*		
			p_i (MPa)	E_M (MPa)	α
n°0	Remblais de plateforme sablo-graveleux / argileux / argilo-calcaire	4.3 / 5.8	0.45	7.0	2/3
n°1	Argile ou marne molle	6.4 / 6.8	0.8	10	2/3
n°2	Marne et calcaire altéré compact	8.0 / 9.0	2.5	15	2/3
	Marne et calcaire très compact	> base des sondages	3.5	50	1/2

* valeur retenue pour les calculs. Ceci ne doit pas faire oublier les caractéristiques mécaniques localement plus élevées dans les différents faciès ou même localement la présence d'horizons mous au sein du sous-sol marno-calcaire

- Secteur gare Est :

Sur cette zone d'étude, les investigations mettent en évidence le schéma suivant :

Formation	Nature du sol	Prof. Base (m)	Valeurs pressiométriques*		
			p_i (MPa)	E_M (MPa)	α
n°0	Voirie et Remblais Sablo-argileux / sableux	0.7 / 1.7	0.5	5.0	1/3
n°1	Argile sableuse ou marne molle	2.5 / 2.6	0.4	4	2/3
n°2	Marne et calcaire	> base des sondages	3.0	40	2/3

* valeur retenue pour les calculs. Ceci ne doit pas faire oublier les caractéristiques mécaniques localement plus élevées dans les différents faciès ou même localement la présence d'horizons mous au sein du sous-sol marno-calcaire (Sondage SP6)

Remarque : Ces données ont pour seul objet de préciser les hypothèses de calcul retenues pour la justification des ouvrages. La conception des infrastructures devra tenir compte des variations des limites de couches et des hétérogénéités locales toujours possibles.

4.2 Première approche de modèle hydrogéologique

4.2.1 Piézométrie

Dans le contexte géologique décrit précédemment, peuvent être présentes :

- Une nappe libre ou perchée régnant au sein des remblais,
- Une ou des nappes semi-captives régnant au sein des horizons de la formation de Beauce.

Lors de nos investigations, un niveau d'eau a été relevé dans le sondage SP1 réalisé lors de cette étude.

Sondage	SP1
(cote NGF de la tête en m)	(119.4)
Date de réalisation	06/10/15
Niveau d'eau en fin de sondage en m/TA	-6.8
(cote NGF du niveau d'eau)	112.6 m

Nous précisons qu'une majeure partie des forages de cette campagne d'investigation étant réalisés à l'eau, les niveaux d'eau naturels ne sont pas toujours identifiables ou peuvent être biaisés en raison de leur interférence avec les fluides de forage injectés.

Il est à noter que le régime hydrogéologique peut varier en fonction de la saison et de la pluviométrie. Cette absence de niveau d'eau doit donc être considérée à un instant donné.

Les projets étant de type RDC, mais les systèmes de fondations pouvant nécessiter des terrassements profonds, il n'est pas impossible que le niveau des fonds de fouilles puisse interagir avec des niveaux d'eau statique ou non, en fonction de la période de réalisation des travaux.

S'il était nécessaire de préciser la présence d'éventuels niveaux d'eau peu profonds ou profonds, il peut être envisagé d'effectuer la pose et le suivi du niveau d'eau dans des piézomètres mis en place sur une durée significative (au minimum 6 mois dont la période hivernale) et de comparer les résultats à un historique s'il existe. Cette recherche, la pose et le suivi des piézomètres ne font pas partie de la présente mission et pourront être l'objet d'un complément dans le cadre de l'étude en phase projet (G2 PRO).

4.2.2 Inondabilité

D'après les données issues des sites internet www.inondationsnappes.fr et cartorisque.prim.net, la parcelle présente une sensibilité " très faible " aux risques d'inondations par remontées de nappe.

Des informations plus précises sur le risque réel d'inondation peuvent être fournies dans les documents d'urbanisme (P.L.U.). De plus, ce risque dépend des travaux de protection réalisés, et est donc susceptible de varier dans le temps.

4.3 Risques naturels

4.3.1 Données parasismiques réglementaires

Selon le décret n°2010-1255, l'arrêté du 22/10/2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de classe dite "à risque normal" et la norme NF EN 1998 (Eurocode 8), les principales données parasismiques déduites des éléments du projet et des reconnaissances effectuées figurent dans le tableau ci-dessous :

Zone de sismicité	1 (aléa très faible)
Catégorie d'importance de l'ouvrage (à confirmer par la MOE)	III : tour, mât ou cheminée dont l'effondrement peut affecter les bâtiments ou les espaces environnants où un grand nombre de personnes
Accélération maximale de référence (agR)	0,4 m.s-2
Type de sol	B à D
Paramètre de sol S	1.35 (secteur Ouest et Est) 1.8 (secteur plateau ferroviaire)

Nous rappelons que le projet se situant en zone de sismicité 1, le dimensionnement des structures à l'Eurocode 8 n'est pas obligatoire.

4.3.2 Liquéfaction

Le site étant classé en zone sismique 1 (aléa très faible), l'étude de la liquéfaction des sols n'est pas requise d'après l'arrêté du 22/10/2010 relatif à la classification et aux règles de construction

4.3.3 Présence d'anomalies mécaniques ou de vides (aléa cavité)

Les enregistrements de paramètre obtenus au droit des sondages ne mettent pas en évidence la présence de vide ou terrains décomprimés au droit des sondages réalisés.

RQ : nous précisons que la campagne d'investigations réalisée ne constitue pas une recherche systématique de sols décomprimés ou de vides, toutefois l'implantation de points de sondages au droit, ou au plus proche des futures implantations des projets permet d'obtenir des informations fiables vis-à-vis de cet aléa, à priori faible sur les zones investiguées.

5 PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION (AVANT-PROJET)

5.1 Analyse du contexte et principes d'adaptation

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

>> Contexte géologique et géotechnique :

Contexte géotechnique :

Au droit des sondages, selon l'implantation des projets, nous sommes en présence de remblais +/- épais (très épais au droit de la plateforme ferroviaire) de nature sablo-graveleuse à sableuse ou argileuse dont les compacités sont hétérogènes. Ces remblais recouvrent une faible épaisseur de sols à dominante argileuse +/- sableuse ou de marne molle, peu à modérément compacts, qui recouvrent eux-mêmes le substratum marno-calcaire de Beauce, dont la composition est localement marno-argileuse et modérément compacte sur les premiers mètres, puis compacte par la suite avec des horizons plutôt marneux et calcaires.

Contexte hydrogéologique :

Lors de nos investigations, un niveau d'eau a été relevé à -6.8 m / TA (112.6 m NGF), dans le sondage SP1 réalisé le 06/10/2015 dans le cadre de cette étude.

Nous rappelons que les forages destructifs ayant été réalisés à l'eau, il est possible que les niveaux d'eau réels n'aient pas été reconnus.

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

>> Aléas géologiques et géotechnique :

- Présence de matériaux remblayés peu à modérément compacts sur de faibles à **fortes épaisseurs (zone plateau ferroviaire)**.
- Variation de nature, de composition et compacité des différents faciès reconnus avec la profondeur,
- Sensibilité à l'eau des matériaux remblayés de la formation 0,

>> Environnement du projet :

A l'échelle des différents secteurs d'implantations du projet, chaque zone est globalement plate compte tenu des aménagements existants.

L'implantation du pylône « éventuel » sur la rue Victor Hugo se situe à proximité (- de 3.0 m) d'un talus de déblais (d'environ 3.0 à 3.5 m de haut) de la voie SNCF.

Le projet sera avoisinant de plusieurs aménagements existants sensibles :

- Réseau ferré de la gare des Aubrais-Orléans,
- Ligne A du tramway,
- Réseaux divers.

>> Projet :

Le projet se résume à la construction d'une télécabine monocâble débrayable comprenant :

- Deux gares, coté Est et Ouest du plateau ferroviaire de la gare des Aubrais, dont une réalisée « de plain pied », et l'autre sur une structure portée, avec pour chacune un à deux pylônes de compression.
- Deux à trois pylônes support sur la ligne de câble implantés sur le plateau ferroviaire et sur la rue Victor Hugo.

Les caractéristiques techniques des projets ne sont pas encore précisément connues au stade actuel de l'étude.

>> Propositions d'adaptations constructives :

Compte-tenu de ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, et des schémas géotechniques mis en évidence, on propose de retenir, au stade actuel du projet, les principes d'adaptations suivants :

- Terrassements :

Il n'est pas prévu de terrassements importants au droit des projets mis à part la préparation de la plateforme de la gare Ouest et la réalisation des fouilles de fondations des pylônes de gare et de la ligne de câble.

La réalisation des fondations pouvant nécessiter des ancrages semi-profonds, le terrassement des fouilles provisoires pourra nécessiter localement le maintien des terres (par blindage ou soutènement provisoire).

- Fondations :

Tenant compte de la particularité des ouvrages (efforts tranchants et moments de renversement dimensionnant selon les cas) et des schémas géotechniques mis en évidence au droit du projet, il convient de prévoir les adaptations suivantes pour la réalisation des systèmes de fondations des projets :

- Secteur gare Est, rue Victor Hugo, et gare Ouest :
 - Fondations des pylônes de structure des gares, et des pylônes de compression / support par semelles isolées rectangulaires, avec un encastrement au sein des horizons marno-calcaire de la formation 2, rencontré à partir de 2.5 à 3.2 m de profondeur dans ces secteurs.
- Secteur plateau ferroviaire (pylône P2, P2b et P3) :
 - Fondations des pylônes support par des semelles isolées sur **micropieux**, compte tenu de l'épaisseur de remblais peu compacts. Les micropieux seront ancrés au sein des horizons marno-calcaire de la formation 2, rencontrés vers 8 à 9 m de profondeur / TN actuel.

Ces principes sont détaillés dans les paragraphes suivants.

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

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

5.2 Adaptations générales de l'avant-projet

5.2.1 Remarques préalables

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.

5.2.2 Mise à nu du terrain

Au droit des projets, il conviendra de prévoir l'évacuation de tout vestige enterré (restes de fondations, cuves, réseaux, ...) au droit des fondations. Une attention particulière sera apportée au comblement des fosses ainsi créées.

Les matériaux, ainsi que les procédures de mise en œuvre et de contrôle devront répondre aux recommandations des normes et guides en vigueur.

Dans tous les cas, les fondations projetées devront être descendues sous le niveau des fosses ainsi créées afin d'être ancrées dans les sols en place et non remaniés.

5.2.3 Réalisation des terrassements

5.2.3.1 Hauteurs envisagées

D'après la nature des projets, les terrassements ne devraient pas être importants au droit des projets mis à part la préparation de la plateforme de la gare Ouest et la réalisation des fouilles de fondations des pylônes de gare et des pylônes de la ligne de câble.

La réalisation des fouilles pour la construction des fondations des pylônes nécessitera probablement des terrassements en déblai jusqu'à 3.0 / 3.5 m de profondeur, pour atteindre le sol d'ancrage.

5.2.3.2 Traficabilité en phase chantier

Au droit des projets, en **fonction des terrassements prévus**, le niveau des plateformes de terrassement se situera dans les faciès remblayés de la formation 0 de nature sablo-graveleuse, sablo-argileuse, voir argileuse. La qualité des plateformes pourra donc être médiocre voire en cas d'intempéries ce qui pourra poser quelques problèmes de traficabilité. Idéalement les travaux seront réalisés dans des conditions météorologiques favorables pour permettre une bonne traficabilité du chantier. Dans le cas contraire on prévoira rapidement la mise en place de surépaisseurs en matériaux insensibles à l'eau.

5.2.3.3 Terrassabilité des matériaux

D'après les essais mécaniques, la réalisation de déblais concernant les remblayées de la formation 0 et les faciès argilo-sableux et/ou marneux de la formation 1 ne présentera pas de difficulté particulière d'extraction. Les terrassements pourront donc se faire à l'aide d'engins classiques de moyenne puissance. Toutefois, bien que nous n'en ayons pas trouvé au droit des sondages, il n'est pas exclu de rencontrer des vestiges d'ouvrage, ou des obstacles dans ces formations remblayées en phase travaux (notamment sur le secteur du plateau ferroviaire). De même la présence des aménagements enterrés (réseaux, buse...) de pourra nécessiter l'emploi d'engins ou de procédés adaptés (pelle puissante, BRH,...).

Les terrassements à réaliser dans la formation marno-calcaire (formation 2) pour la réalisation des fouilles de fondations, devraient pouvoir se faire à l'aide d'engins classiques, mais pourront nécessiter l'emploi d'engins ou de procédés adaptés (pelle puissante, BRH,...) notamment en présence de blocs calcaires ou faciès résistants.

5.2.3.4 Drainage en phase chantier

Suite aux observations faites au cours des sondages, les terrains superficiels devraient en principe être secs. Toutefois des venues d'eau seront toujours possibles particulièrement au sein des faciès remblayés de la formation 0 en cours de terrassement et particulièrement en période hivernale.

En fonction des débits observés, elles seront alors 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).

5.2.3.5 Talutages et soutènements provisoires

En fonction des espaces disponible, les talus **provisoires** des fouilles nécessaires à la création des fondations pourront être dressés avec **une pente de 3 de base pour 2 de hauteur**, hors venues d'eau, à adapter lors des terrassements si cela s'avère nécessaire.

A noter que des hétérogénéités locales peuvent être rencontrées au fur et à mesure de l'ouverture des fouilles et provoquer des éboulements locaux. L'ensemble des talus devra être protégé des intempéries par des feuilles de polyane soigneusement fixées et des cunettes étanches en tête de talus.

On veillera à n'implanter aucune surcharge (même provisoire) en crête de talus, sans étude spécifique.

Si l'espace disponible n'est pas suffisant à la réalisation d'un talutage, un principe de soutènement provisoire pourra être envisagé. Les solutions envisageables dans ce cas pourront être de type :

- tranchée blindée pour des fouilles d'emprises et profondeurs limitées,
- paroi berlinoise ou variante pour de fouilles profondes (**à priori pas nécessaire pour les cas d'étude**)

Ces ouvrages pourront être calculés en adoptant les hypothèses de sol issues des essais pressiométriques réalisés dans le cadre de cette étude.

Les conditions de renard et de boulangerie devront être vérifiées si les travaux devaient recouper la nappe.

En l'absence d'essais spécifiques, on pourra retenir en première approche les caractéristiques intrinsèques proposées dans le tableau ci-dessous. **Il s'agit de valeurs obtenues par corrélation avec les essais pressiométriques, pour le dimensionnement des ouvrages.**

Formation	Nature du sol	Caractéristiques mécaniques intrinsèques		
		Poids volumique (kN/m ³)	Cohésion C' (kPa)	Angle de frottement ϕ' (°)
n°0	Voirie et Remblais sablo-graveleux / sablo-argileux	17	0	25
n°1	Argile sableuse ou marne molle	18	2	27
n°2	Marne argileuse	19	5	25
	Marne et calcaire	20	30	40

** valeur retenue pour les calculs. Ceci ne doit pas faire oublier les caractéristiques mécaniques localement plus élevées dans les différents faciès ou même localement la présence d'horizons mous au sein du sous-sol marne-calcaire*

Ces valeurs devront impérativement être confirmées dans les phases d'études ultérieures du projet (phase G2 PRO).

Nota : la notion de court terme est imprécise et ne peut être utilisée que pour des phases de travaux très provisoires et non pour des ouvrages devant résister pendant la durée du chantier. Nous ne fournirons donc pas d'éléments la concernant à ce stade du projet.

L'entreprise prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les fondations mitoyennes (reconnaitances complémentaires des fondations, déport minimum de la machine, tonnage limité, etc...).

5.3 Niveau-bas - dallage

Dans le cadre du projet, à notre connaissance, il n'est pas prévu de créer des niveaux de plancher bas.

5.4 Fondation des bâtiments

5.4.1 Type de fondation et conditions d'ancrage

Compte tenu des éléments évoqués précédemment et des caractéristiques du projet, on retiendra les principes de fondations suivants pour les projets :

- Secteur gare Est, rue Victor Hugo, et gare Ouest :
 - Fondations des pylônes de structure des gares, et des pylônes de compression / support par semelles isolées rectangulaires, avec un encastrement au sein des horizons marno-calcaire de la formation 2,
- Secteur plateau ferroviaire (pylône P2, P2b et P3) :
 - Fondations des pylônes support par des semelles isolées sur micropieu, compte tenu de l'épaisseur de remblais peu compacts. Les micropieux seront ancrés au sein des horizons marno-calcaire de la formation 2,

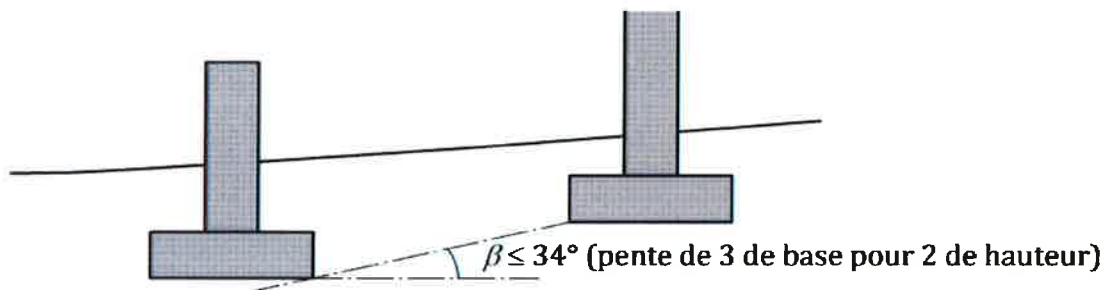
5.4.2 Fondations superficielles par semelles isolées

5.4.2.1 Principe d'assise et d'ancrage

Compte tenu des éléments évoqués précédemment et des caractéristiques des projets, on retiendra au stade actuel des études un principe de fondation par semelles isolées, **descendues au sein des horizons marno-calcaires de la formation 2, dont le toit a été reconnu au droit des sites concernés, à partir de 2.5 / 3.2 m / TA.**

Dans tous les cas, comme critères définissant le niveau d'assise, on retiendra, parmi les suivants, le plus restrictif :

- ancrage minimal de 0.20 m dans la formation 2,
- compte tenu de l'ancrage requis les conditions de mise hors gel (-0.6 m/ TA) seront assurées,
- respect de la norme NFP 94-261 pour les fondations à niveaux décalés, **mitoyennes** ou à proximité de **talus** (notamment pour le pylône éventuellement réalisé rue Victor Hugo) :



Les autres dispositions constructives liées à ce principe de fondation sont :

- béton dosé à 250 kg minimum (350 kg minimum dans l'eau),
- On privilégiera, tant que possible, un ancrage des fondations au sein d'un même horizon porteur, afin de limiter au maximum les effets de tassements différentiels.

5.4.2.2 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 0.7 m pour des semelles ponctuelles pour des raisons de bonne exécution (cela permet d'assurer un enrobage correct des armatures standards)
- en cas de parties d'un même ouvrage, 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,
- des fondations établies à des niveaux différents ou à proximité de talus doivent respecter la règle des 3 de base pour 2 de hauteur entre arêtes de fondations (NF P 94-261), à moins de dispositions particulières spécifiques,
- la présence éventuelle d'eau pourra entraîner des sujétions de blindage des parois lors des travaux de fondation, et même un pompage et curage des fonds de fouille,

- **des surprofondeurs 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 (particulièrement en mitoyenneté).

5.4.2.3 Justifications des fondations

➤ Etats limites à vérifier

Les états limites géotechniques à vérifier pour les ouvrages sont les suivants, pour les combinaisons d'actions considérées ci-dessous :

- Stabilité générale du site (ELU), (**à priori pas nécessaire pour les cas d'étude**)
- Capacité portante (ELU) et excentrement de la charge (ELU et ELS)_combinaisons fondamentale et combinaisons caractéristiques,
- Glissement (ELU) _ combinaisons fondamentales,
- Limitation de la charge (ELS) _ combinaisons quasi permanentes et caractéristiques,
- Tassement (ELS) _ combinaisons quasi permanentes,

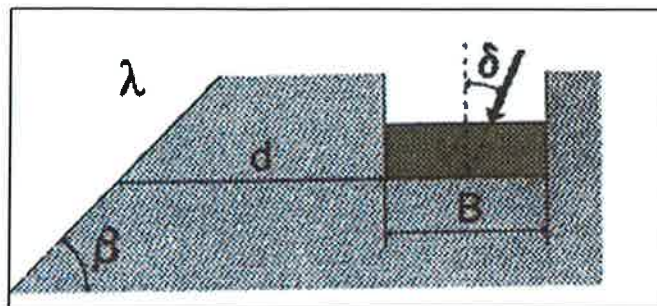
Rq : En l'absence de données concernant les charges appliquées aux fondations du projet, les vérifications des états-limites de glissement et d'excentrement de charges seront traitées dans le cadre de la mission G2 phase Projet. De ce fait les exemples de pré-dimensionnement présentés ci-après pourront être inadaptés aux charges réellement apportées par les ouvrages.

➤ Remarques préalables

Le dimensionnement des fondations devra être mené conformément à la norme NFP 94-261 – Eurocode 7 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles).

De plus, on notera les points suivants :

- les calculs proposés ci-dessous sont valables dans le cas **de charges verticales et de fondations suffisamment éloignées d'un talus de pente**. Dans le cas où les charges seraient inclinées, il conviendrait d'appliquer un coefficient minorateur i_s . De même pour des fondations à proximité de talus (distance au talus $d \leq 8$ fois la largeur de la fondation), il conviendra d'appliquer un coefficient de réduction de portance i_p . ***Le pylône éventuellement implanté rue Victor Hugo, compte tenu de l'ancrage demandé ne devraient pas poser de problème de stabilité générale du talus de déblais, de même que le coefficient de réduction de portance devrait être proche de 1.***



- les tassements théoriques calculés s'entendent pour une mise en œuvre des fondations selon les règles de l'Art en accord avec les prescriptions de l'Eurocode 7 (NFP 94-261),
- des descentes de charge hétérogènes peuvent conduire à des tassements différentiels dont l'amplitude devra être estimée dans le cadre d'une étude complémentaire de type G2 PRO.

➤ Méthode 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 $R_{v,d}$:

$$V_d - R_0 \leq R_{v,d} \quad \text{avec} \quad R_{v,d} = \frac{R_{v,k}}{\gamma_{R,v}} \quad \text{et} \quad R_{v,k} = \frac{A' q_{net}}{\gamma_{R,d,v}}$$

Avec :

- R_0 : masse volumique 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,
- $R_{v,d}$: valeur de calcul de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $R_{v,k}$: valeur caractéristique de la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- A' : surface effective de la base d'une fondation superficielle,
- q_{net} : contrainte associée à la résistance nette du terrain sous la fondation superficielle,
- $\gamma_{R,d,v}$ et $\gamma_{R,v}$: facteurs de sécurité partiels à considérer.

➤ Méthode de calcul des tassements

Les tassements sont évalués selon la méthode pressiométrique. Elle permet d'estimer le tassement final d'une fondation :

- en considérant l'amortissement des contraintes avec la profondeur au droit de la fondation,
- en additionnant le tassement du terrain dû aux déformations de cisaillement avec le tassement du terrain dû aux déformations volumiques.

Elle est adaptée à l'estimation des tassements pour des chargements proches de ceux de l'ELS quasi-permanent.

Il s'agit de la méthode qui était retenue dans les justifications au DTU 13.12 et au Fascicule 62 Titre V.

➤ Exemples de calcul

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous d'après les modélisations géotechniques présentées au paragraphe 4.1.2 en considérant un ancrage minimum de 0.2 m dans la formation 2 et une fondation totalement comprimée ($A'=A$).

- Secteur Ouest (gare Ouest et pylône rue Victor Hugo) :

Type de fondation	Largeur l (m)	Longueur L (m)	Prof. assise (m)	Horizon d'ancrage	p_{le}^* (MPa)	D_e	K_p	q_{net} (kPa)	$R_{v;d}$ ELU (kN)	$R_{v;d}$ ELS ⁽¹⁾ (kN)	V_d (1) (kN)	S (2) (cm)	σ_{ELS} (3) (kPa)
semelle isolée	2.0	2.0	- 3.5	n°2	1500	0.83	1.03	1547	3685	2243	1200	0.9	300
	1.5	3.0			1500	0.83	1.07	1612	4318	2628	1350	0.9	300

(1) ELS situations quasi-permanentes (limitations de la charge vis-à-vis des tassements)

(2) tassement associé à V_d

(3) contrainte équivalente aux ELS situations quasi-permanentes pour la géométrie proposée et au droit du sondage considéré

- Secteur gare Est :

Type de fondation	Largeur l (m)	Longueur L (m)	Prof. assise (m)	Horizon d'ancrage	p_{le}^* (MPa)	D_e	K_p	q_{net} (kPa)	$R_{v;d}$ ELU (kN)	$R_{v;d}$ ELS ⁽¹⁾ (kN)	V_d (1) (kN)	S (2) (cm)	σ_{ELS} (3) (kPa)
semelle isolée	2.0	2.0	- 3.0	n°2	3000	0.8	0.94	2818	6710	4084	1200	0.4	300
	1.5	3.0			3000	0.8	0.94	2815	7542	4591	1350	0.4	300

(1) ELS situations quasi-permanentes (limitations de la charge vis-à-vis des tassements)

(2) tassement associé à V_d

(3) contrainte équivalente aux ELS situations quasi-permanentes pour la géométrie proposée et au droit du sondage considéré

Les calculs ont été réalisés selon « l'approche 2 » au sens de l'Eurocode 7, avec :

- p_{le}^* : pression limite nette équivalente
- D_e : encastrement équivalent
- K_p : facteur de portance pressiométrique pour les sols de fondation de type marnes, roches altérées

Remarques complémentaires :

- En premier lieu, nous précisons que les fondations de ce type d'ouvrage seront soumises à des efforts horizontaux ou des moments de renversement qui ne sont pas considérés dans les exemples précédents. **Ces efforts seront dimensionnant notamment vis-à-vis de l'excentricité, voir de l'inclinaison des charges, et donc vis-à-vis des dimensions de fondations. Les dimensionnements de fondations seront l'objet de la mission G2 PRO en collaboration avec le BET Structure une fois les descentes de charges précisément connues.**
- il appartient au BET structure de vérifier que les tassements déterminés précédemment sont acceptables par l'ouvrage et les avoisinants,
- **en fonction des valeurs de tassements admissibles, une rigidification de la structure pourrait être nécessaire. On pourra notamment prévoir un renforcement des armatures des fondations.**

5.4.3 Fondations profondes par micro-pieux5.4.3.1 Généralités

Compte tenu des éléments évoqués précédemment et des caractéristiques du projet, on retiendra les principes de fondations suivants pour les projets de pylône à implanter sur le secteur plateau ferroviaire (pylône P2, P2b et P3) :

- Fondations des pylônes support par des semelles isolées sur **micropieux**, compte tenu de l'épaisseur de remblais peu compacts. Les micropieux seront ancrés au sein des horizons marno-calcaire de la formation 2,

Etant donné la nature et la présence de sols remblayés peu compacts, et de la faible tenue éventuelle des terrains à traverser pour atteindre la formation d'ancrage constituée par les marnes et calcaires peu altérés, il est proposé de mettre en œuvre des micro-pieux forés, tubés sur la hauteur de remblais, de type 2 (catégorie 18, classe 1bis).

La capacité portante de chaque pieu pourra prendre en compte le frottement latéral dans les horizons argileux de la formation n°1, et les marnes et calcaires de la formation n°2. La résistance de pointe n'est pas prise en compte dans le cas de micropieu.

De plus, on notera les points suivants :

- aucun frottement négatif (les remblais sont supposés consolidés au regard des essais mécaniques réalisés) ni effort parasite (soulèvements, moments, efforts horizontaux) n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé ;

- en cas de surcharges notables aux abords des pieux et/ou d'efforts en tête de pieux, il conviendrait donc de revoir tout ou partie de ce dimensionnement ;
- aucun effet de groupe n'a été pris en compte dans le dimensionnement proposé, toutefois il conviendra de l'étudier dans le cadre de la mission G2 en phase Projet en fonction de la maille retenue.

Le cas échéant, il conviendrait donc de revoir tout ou partie de l'exemple de dimensionnement proposé.

5.4.3.2 Dispositions constructives

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

- l'entrepreneur vérifiera que le type de pieux et la puissance du matériel qu'il propose permettront de réaliser les ancrages demandés pour assurer les capacités portantes retenues,
- l'entreprise de fondations spéciales prendra toutes les mesures nécessaires pour ne pas déstabiliser les fondations voisines (reconnaissance complémentaires de fondations, déport de la machine, tonnage limité).

De plus, il conviendra de considérer les points suivants :

- Par expérience, la nappe de Beauce se situant vers 10 m de profondeur dans le secteur, la pointe des micropieux sera sous nappe. *De plus, il conviendra de d'assurer que le béton envisagé pour la réalisation des fondations soit compatible avec les conditions d'agressivité du sol et des eaux souterraines du site ;*
- l'agressivité de l'eau devra être prise en compte dans le choix des bétons constitutifs des fondations ;

Dans tous les cas, l'exécution des pieux devra être conforme aux prescriptions de la norme NF EN 1536 (exécution des travaux géotechniques spéciaux – pieux forés). On prévoira en particulier une campagne de contrôle adaptée.

D'autre part, lors de la réalisation des pieux, il conviendra :

- de limiter la contrainte dans le béton vis-à-vis des ELS en fonction des matériaux utilisés ;
- d'armer les micropieux sur toute la hauteur s'ils doivent être soumis à des efforts horizontaux et/ou des moments.

5.4.3.3 Calcul de la capacité portante

Nous développons ci-après des exemples de calcul de la capacité portante de fondations profondes de classe 1 bis et de catégorie 17 selon la Norme NF P 94-262 de Juillet 2012, correspondant à des micropieux forés tubés.

Les exemples de pré-dimensionnement ont été réalisés suivant les préconisations de la NF P 94-262.

NOTE : il appartiendra à l'Entrepreneur de s'assurer de l'adéquation de cette technologie de mise en œuvre et de son matériel avec les sols en présence révélés par les investigations géotechniques.

L'approche retenue est celle du « modèle de terrain ». Les exemples de pré-dimensionnement de pieux sont ici considérés avec un comportement isolé, avec :

- une distance d'axe à axe entre micropieux supérieure à 3 fois leur diamètre,
- l'absence d'effet de groupe,
- Pas d'efforts horizontaux,
- Pas de frottement négatif pris en compte.

5.4.3.4 Coefficients de modèle

S'agissant d'une procédure « modèle de terrain » on retiendra pour des micropieux de type 1, de catégorie 17 :

Procédure Modèle de terrain		
	Compression	Traction
$\gamma_{R,d1}$	2.0	2.0
$\gamma_{R,d2}$	1.1	1.1

5.4.3.5 Valeurs caractéristiques des sols

Pour les exemples de pré-dimensionnement pour des micropieux forés type 2 (classe 1 bis, catégorie 18) de diamètre 0.25 m, les valeurs caractéristiques suivantes ont été retenues. Conformément aux eurocodes, il s'agit d'une estimation prudente déduite des essais pressiométriques. Pour des micropieux de catégorie 18, et conformément aux eurocodes, les valeurs de frottement axial ont été déterminées en considérant la technique de pieux ou micropieux la plus proche (dans le cas présent des pieux forés simple FS, catégorie 1).

Horizons	Nature du sol	Prof moyenne base (m)	Pression limite nette retenue	Frottement axial unitaire (q _s)				
			PI* (MPa)	Courbe f _{sol}			α _{pieu- sol}	q _s max (kPa)
				a	b	c		
n°0	Remblais de plateforme sablo- graveleux / argileux / argilo-calcaire	4.3 / 5.8	0.45	négligé				
n°1	Argile ou marne molle	6.4 / 6.8	0.8	Q1			1.1	44
				0.003	0.04	3.5		
n°2	Marne et calcaire altéré compact	8.0 / 9.0	2.5	Q4			1.5	150
				0.008	0.08	3.0		
	Marne et calcaire très compact	> base des sondages	3.5	Q5			1.6	184
				0.01	0.08	3.0		

Pour le calcul du terme de pointe, le facteur k_p retenu est le suivant :

- si $D_{ef} / B > 5$ alors $k_p = k_{pmax}$
- si $D_{ef} / B < 5$ alors $k_p = 1.0 + (k_{pmax} - 1.0) (D_{ef} / B) / 5$

D_{ef} étant la hauteur d'encastrement effective.

5.4.3.6 Pondérations

Aux Etats Limites Ultimes :

Facteurs partiels de résistance	Yb	Ys	Yt	Ys;t
Situations durables et transitoires	1.10	1.10	1.10	1.15
Situations accidentelles	1.00	1.00	1.00	1.05

Aux Etats Limites de Services :

Facteurs partiels de résistance	Résistance	Symboles	Valeurs
ELS Caractéristiques	Fût en compression	Y_{cr}	0.9
	Fût en traction	$Y_{s;cr}$	1.1
ELS quasi permanents	Fût en compression	Y_{cr}	1.1
	Fût en traction	$Y_{s;cr}$	1.5

5.4.3.7 Résultats en compression

Pour des micropieux forés type 2, de classe 1 bis et de catégorie 18 (assimilé catégorie 1) selon la Norme NF P 94-262 de juillet 2012, **en diamètre 250 mm**, il vient en KN à titre d'exemple les résultats suivants :

Prof. (m) depuis le TN	$R_{s,d}$ (KN)	$R_{c,cr,d}$ ELS QP. (KN)	$R_{c,cr,d}$ ELS Carac. (KN)	$R_{c,d}$ ELU Fond. (KN)	$R_{c,d}$ ELU Acc. (KN)
12.0	703	203	249	290	320
13.0	847	245	300	350	385
14.0	992	286	351	410	451

Avec : $R_{c,d}$: valeur de calcul de la portance pour la combinaison correspondante (ELU fondamentale ou accidentelle),

$R_{c,cr,d}$: valeur de calcul de la charge de fluage de compression pour la combinaison correspondante (ELS caractéristique ou quasi permanent).

NOTE : on veillera à ne pas dépasser la contrainte admissible dans le béton pour chaque situation. Les profondeurs indiquées sont données par rapport au TN actuel.

5.4.3.8 Résultats en traction

Pour des micropieux forés type 2, de classe 1 bis et de catégorie 18 (assimilé catégorie 1) selon la Norme NF P 94-262 de juillet 2012, **en diamètre 250 mm**, il vient en KN à titre d'exemple les résultats suivants :

Prof. (m) depuis le TN	$R_{s,d}$	$R_{t,cr,d}$ ELS QP.	$R_{t,cr,d}$ ELS Carac.	$R_{t,d}$ ELU Fond.	$R_{t,d}$ ELU Acc.
12.0	703	149	203	277	304
13.0	847	179	245	334	367
14.0	992	210	286	392	429

Avec :

$R_{t,d}$: valeur de calcul de la résistance de traction pour la combinaison correspondante (ELU fondamentale ou accidentelle),

$R_{t,cr,d}$: valeur de calcul de la charge de fluage de traction pour la combinaison correspondante (ELS caractéristique ou quasi permanent).

Les profondeurs indiquées sont données par rapport au TN actuel.

6 OBSERVATIONS MAJEURES

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

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

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.
(extraits de la norme NF P 94-500 de Novembre 2013)

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'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

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

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

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)**ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)**

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 :

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'œuvre 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'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).

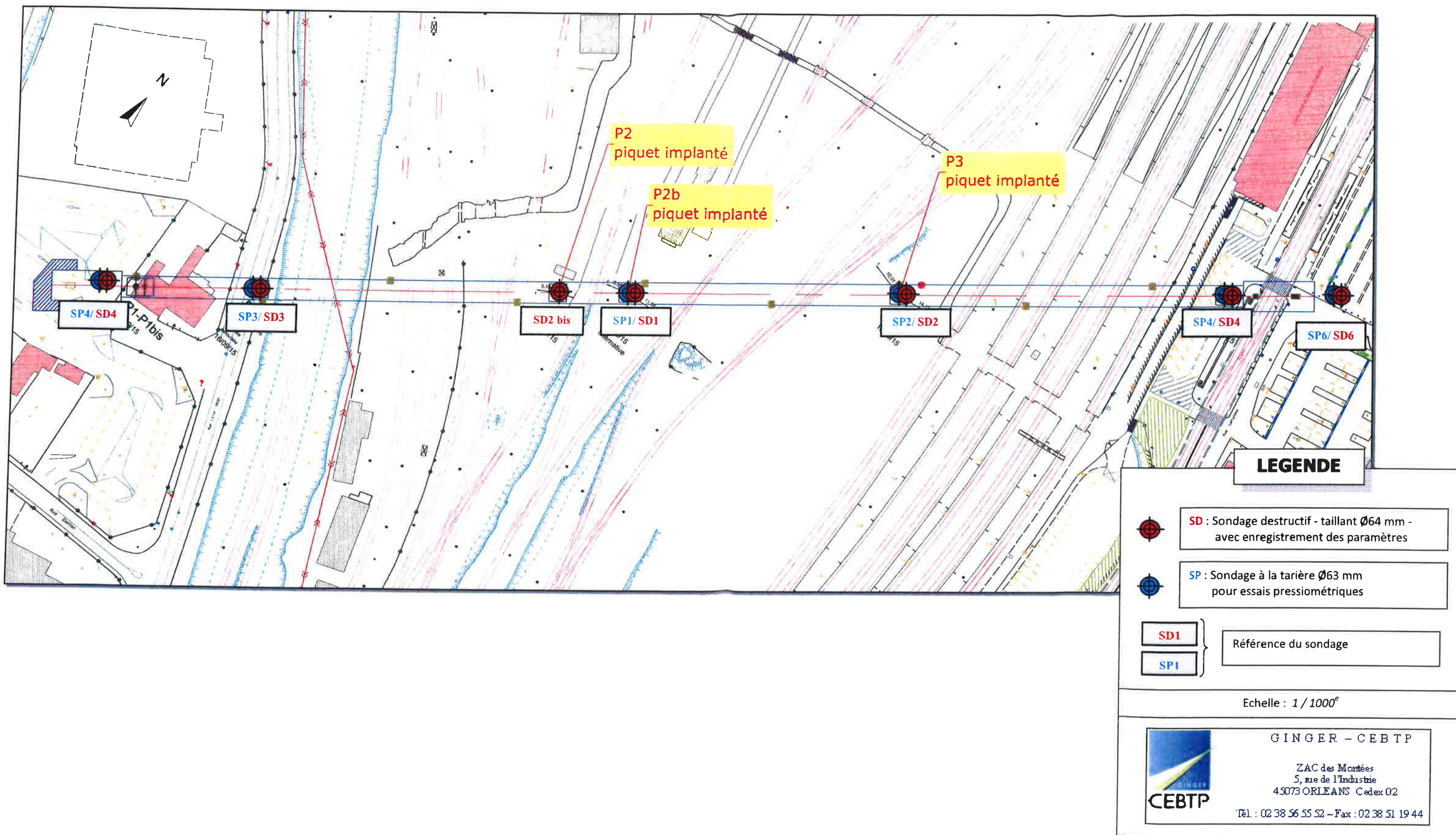
ANNEXE 2 – PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES

Chantier : INTERIVES - Télécabines
FLEURY-LES-AUBRAIS – 45400 – Quartier Dessaux
Client : Agglo Orléans Val de Loire

N° dossier : OOR2.F.0593 (2)

Date : 30/12/2015





ANNEXE 3 – COUPES DES SONDAGES ET ESSAIS IN SITU

- Sondages pressiométriques :
 - coupe détaillée des sols,
 - valeurs pressiométriques (P_f^* , P_i^* et E_M).
- Sondages destructifs avec enregistrement des paramètres de forage :
 - coupe approximative des sols,
 - diagramme des paramètres de forage enregistrés.

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP1/SD1

Chantier : Télécabine Gare SNCF
INFRAPOLE SNCF-45400 Fleury-les-Aubrais

Client : Agglo Orléans Val-de-Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

Coordonnées du sondage:

X : Y : Z : 119.4 (NGF)



Ech.Prof: /

Sondeuse: EMCI 700 (M 346)

date de fin de sondage: 06/10 & 07/10/2015

Logiciel DEPRESS - Version 3.85 du 08-12-2015 - Dépouillement d'essais pressiométriques selon norme NF P 94-110-1 -- [DQ.E158 - V.1 du 07/09/2011]

Prof (m)	Outils	Sondes ou tubages	Lithologie	NGF	paramètres de forage				RESULTATS: P _f * - P _L * - E					NF P 94-110-1 en MPa										
					V _A /P _O -	V _A (m/h)	P _I (bar)	CR (bar)	-x- P _f fluage	-o- P _L limite	-O- Module E	E	E	PL*										
					0	30	0	1500	0	50	0	100	0.1	0.5	1	5	10	50	100	500	PL*			
1	Rotopercussion taillant bouton Ø 64 mm Sonde courte 44 dans tube fendu avec gaine toilée standard		Remblais sablo-graveleux marron/noir						0.20 x	0.34		05.4									16.0			
2		1.80	117.60						0.27 x	0.49		05.1									10.5			
3				Remblais argileux marron/beige/gris						0.25 x	0.44		07.5								17.3			
4		4.50	114.90						0.28 x	0.46		07.8									16.9			
5				Argile grise						0.50 x	0.87		018.5								21.3			
6		6.40	113.00						0.50 x	0.83		013.0									15.6			
7			112.60	Marne calcaire argileuse tendre beige						1.43 x	2.45		016.1								6.6			
8		8.50	110.90						1.61 x	2.79		021.4									7.7			
9				Calcaire +/- argileux compact beige						2.25 x	3.90		032.5								8.3			
10										1.94 x	3.35		041.9											12.5
11										1.83 x	3.17		065.5											20.7
12										2.40 x	4.23		078.2											18.5
13		13.50	105.90							3.50 x	5.88		073.5											12.5
14				Calcaire dur beige/blanc						3.76 x	7.38		062.1								8.4			
15										4.25 x	7.04		0119											16.9
16											> 4.78		281											<58.7
17											> 4.80		263											<54.7
18											> 4.80		263											<54.9
19										3.34 x	5.87		054.0											9.2
20			20.24	99.16																				
21		[Arrêt du sondage]																						
22																								
23																								
24																								
25																								

Observations : /

Nappe: niveau d'eau à 6.80 m.
niveau relevé le 05/10/2015

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP2/SD2

Chantier : Télécabine Gare SNCF
INFRAPOLE SNCF / 45400 Fleury-les-Aubrais

Client : Agglo Orléans Val-de-Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

Coordonnées du sondage:

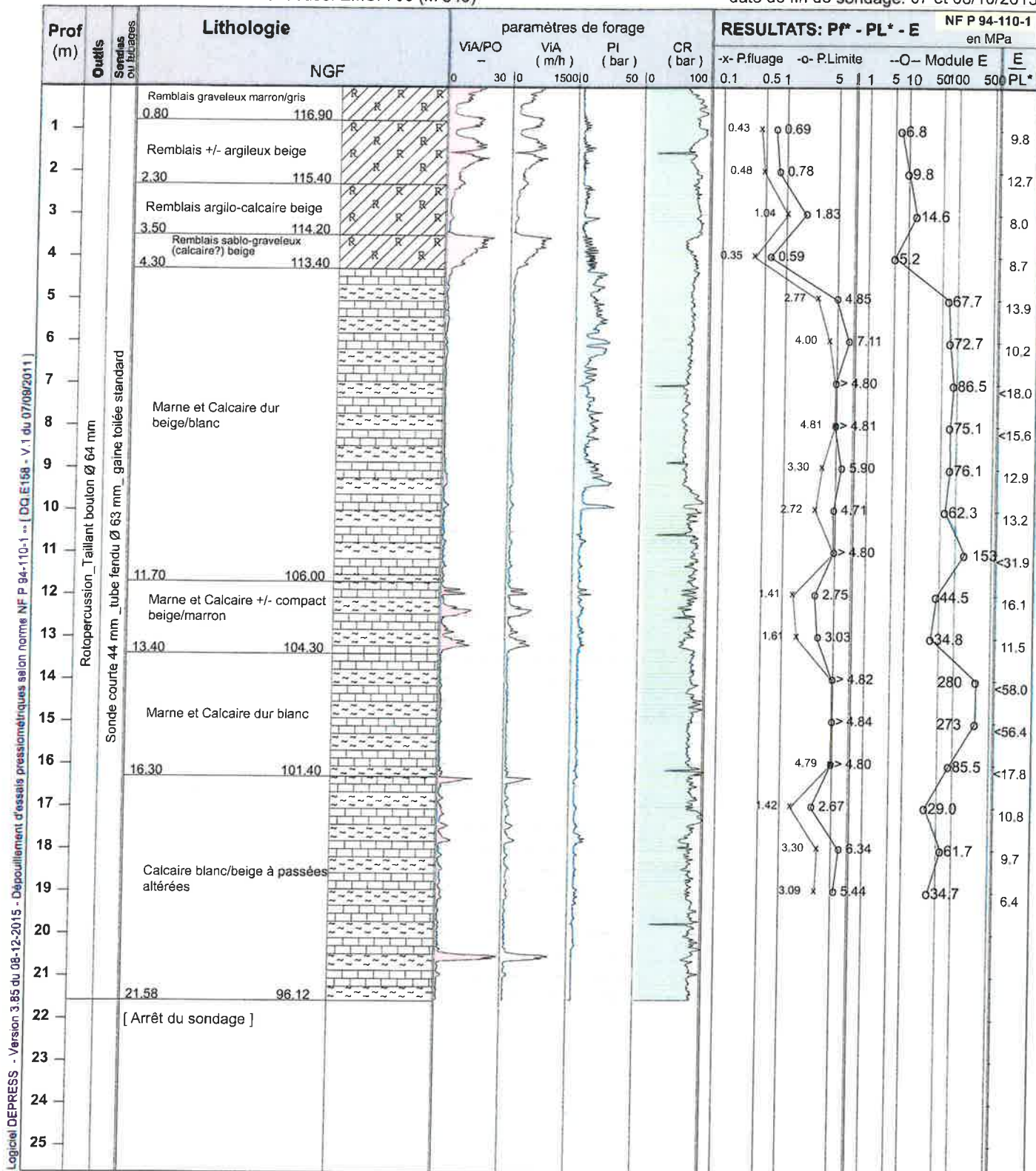
X : Y : Z : 117.7 (NGF)



Ech.Prof: /

Sondeuse: EMCI 700 (M 349)

date de fin de sondage: 07 et 08/10/2015



Observations : pas d'eau en fin de forage.

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)

SONDAGE DESTRUCTIF ETAL Bas (SP1 / SP2)

Chantier : Télécabine Gare SNCF
Infrapôle SCNF - 45400 Fleury les Aubrais
Client : Agglo Orléans Val de Loire
Dossier : OOR2.F.0593 (2)



Ech.Prof: /

date travaux: 07/10/2015

date travaux: 07/10/2018																	
Prof. (m)	Outils	Tubage	Etagés	COUPE		Description des sols	Echant.	paramètres de forage								PI (bar)	CR (bar)
				Prof	NGF			VIA/PO	30	0	ViA (m/h)	15000	50	0	100		
0.5	Rotopercussion_ Taillant à boutons Ø 64 mm																
1						Vide (chute d'outil)											
1.5																	
2																	
2.22				2.22													
2.5						[Arrêt du sondage]											
3																	
3.5																	
4																	
4.5																	
5																	

Sondeuse: EMCI 700 (M 349)

Observations : /

Nappe : /
à la date du sondage

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP3/SD3

Chantier : Gare télécabine Ouest
Rue Victor Hugo - 45 400 Fleury-les-Aubrais

Client : Agglo orléans Val-de-Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

Coordonnées du sondage:

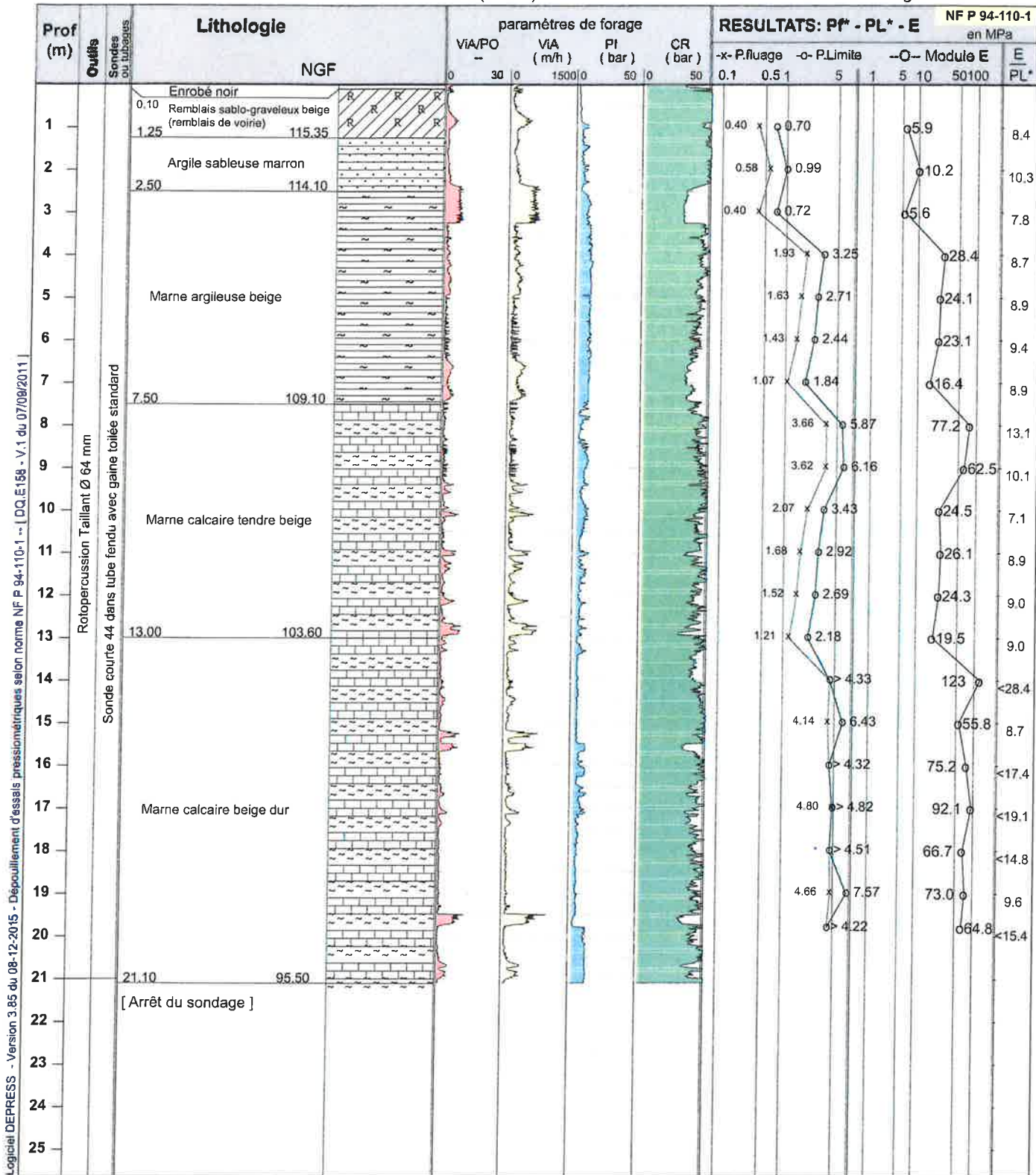
X : Y : Z : 116.6 (NGF)



Ech.Prof: /

Sondeuse: Socomafor 50 / 65 (M 346)

date de fin de sondage: 17/11/2015



Observations : pas d'eau à la fin du forage

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)

SONDAGE DESTRUCTIF ETAL haut (SP3-SD3)

Chantier : Télécabine Gare SNCF

Infrapôle SCNF - 45400 Fleury les Aubrais

Client : Agglo Orléans Val de Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)



Ech.Prof: /

date travaux: 17/11/2015

Prof. (m)	Outils	Tubage	Etages	COUPE		Description des sols	Echant.	paramètres de forage				
				Prof	NGF			ViA/PO	ViA (m/h)	PI (bar)	CR (bar)	
0.5												
1												
1.5												
2						Vide (chute d'outil)						
2.5												
3												
3.5												
4				3.88		[Arrêt du sondage]						
4.5												
5												

Logiciel SONDAGE32 - Version 3.62 du 03-12-2015 -- [DQ.E137 - V.1 du 07/05/2011]

Sondeuse: Socomafor 50/65 (M 346)

Observations : /

Nappe : /
à la date du sondage

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP4

Chantier : Gare télécabine Ouest
Rue Victor Hugo - 45400 Fleury-les-Aubrais

Client : Agglo Orléans Val-de-Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

Coordonnées du sondage:

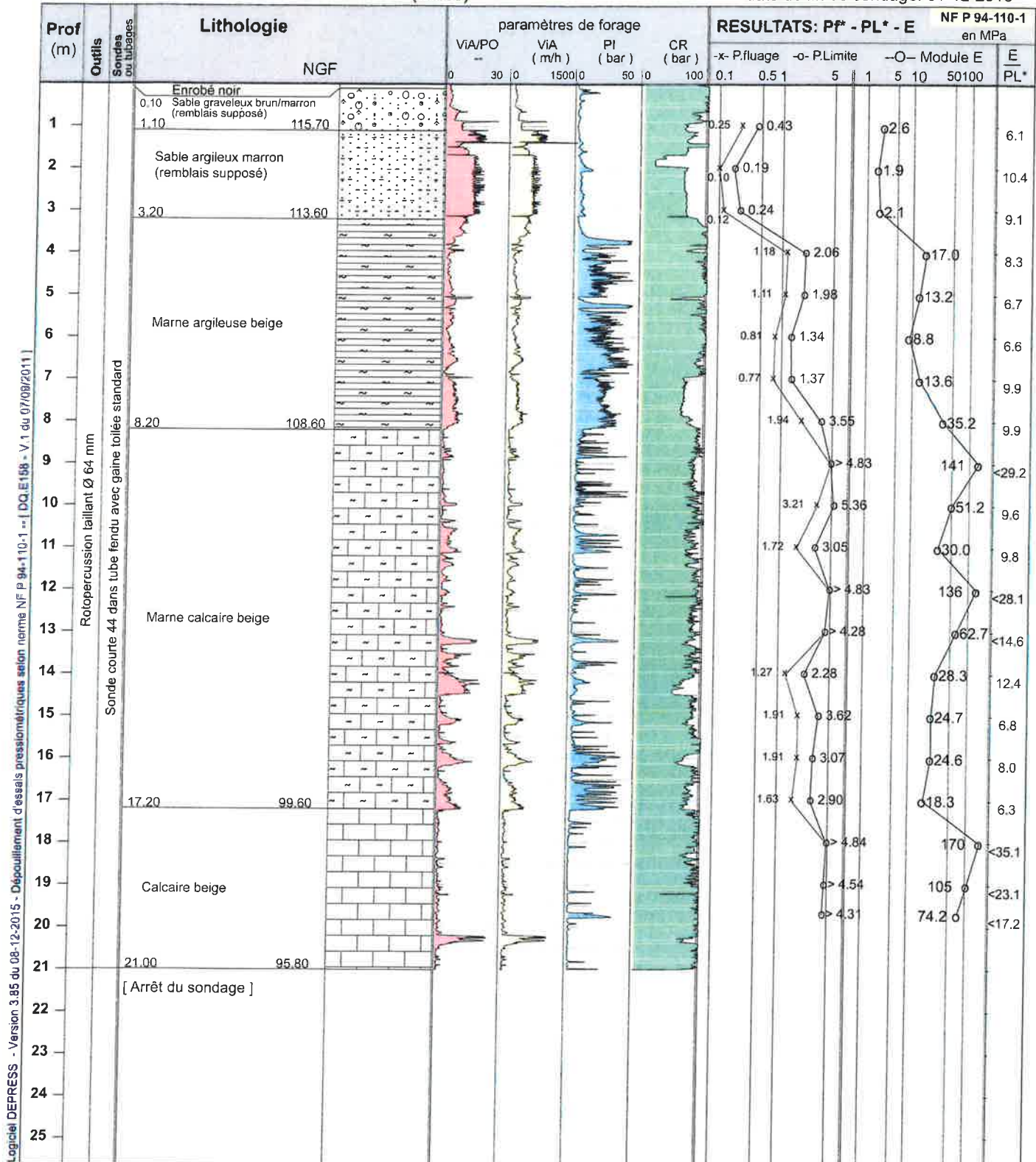
X : Y : Z : 116.8 (NGF)



Ech.Prof: /

Sondeuse: SILEA 45 (M 239)

date de fin de sondage: 01-12-2015



Observations : pas d'eau en fin de forage

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP5

Chantier : Gare télécabine Est
Boulevard Larmartine - 45 400 Fleury-les-Aubrais

Client : Agglo orléans Val-de-Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

Coordonnées du sondage:

X : Y : Z : 115.5 (NGF)

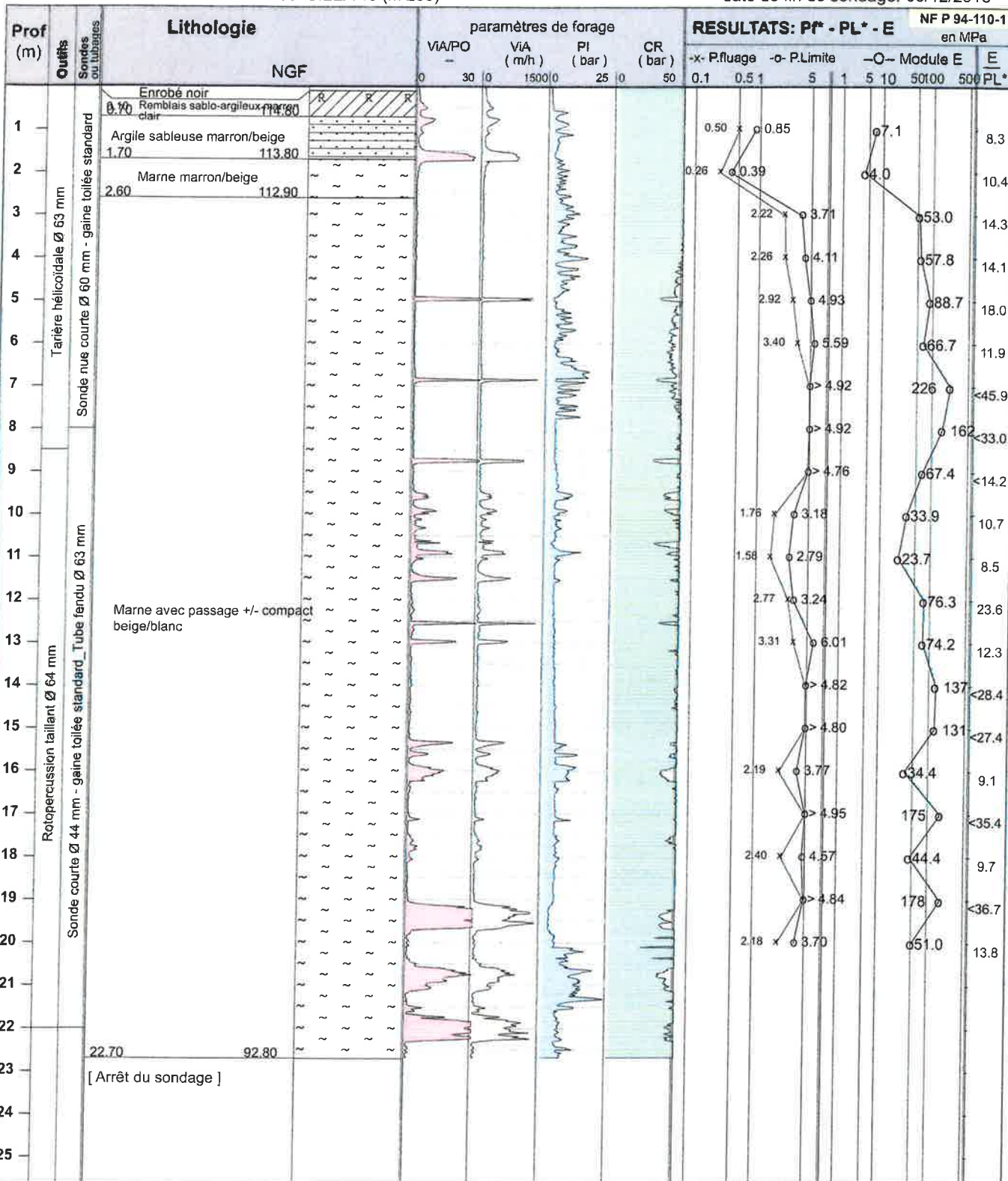


Ech.Prof: /

Sondeuse: SILEA 45 (M 233)

date de fin de sondage: 08/12/2015

Logiciel DEPRESS - Version 3.85 du 08-12-2015 - Déroulement d'essais pressiométriques selon norme NF P 94-110-1 - [DQ.E158 - V.1 du 07/08/2011]



Observations : pas d'eau - Sondage éboulé en fin de forage

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)

SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP6

Chantier : Gare télécabine Est
Rue Lamartine - Fleury-les-Aubrais - 45 400

Client : Agglo orléans Val-de-Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

Coordonnées du sondage:

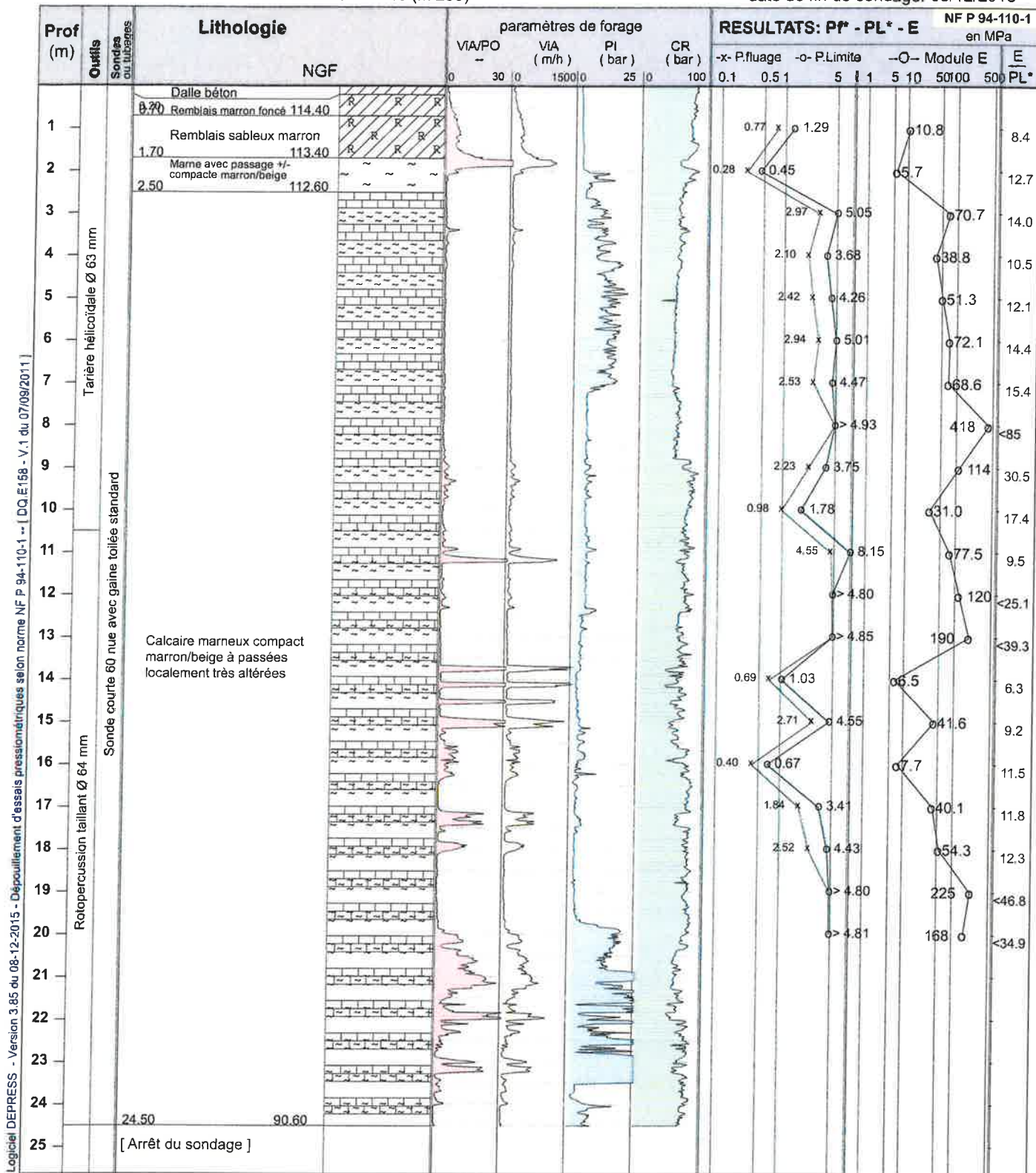
X : Y : Z : 115.1 (NGF)



Ech.Prof: /

Sondeuse: SILEA 45 (M 233)

date de fin de sondage: 08/12/2015



Observations : /

Nappe: /
(à la date d'exécution du forage)

Ech.Prof: /

date travaux: 08/12/2015

Prof. (m)	Outils	Tubage	Etagers	COUPE Prof	NGF	Description des sols	Echant.	paramètres de forage			
								VIA/PO	VIA (m/h)	PI (bar)	CR (bar)
0.5											
1											
1.5											
2											
2.5											
3											
3.5											
4											
4.5											
5											

Rotopercussion_Taillant à boutons Ø 64 mm

vide

4.52

[Arrêt du sondage]

Sondeuse: SILEA 45 (M 233)

Observations : /

Nappe : /
à la date du sondage

SONDAGE DESTRUCTIF SD2 bis

Chantier : Télécabine Gare SNCF
Infrapôle SCNF - 45400 Fleury les Aubrais

Client : Agglo Orléans Val de Loire

Dossier : OOR2.F.0593 (2)

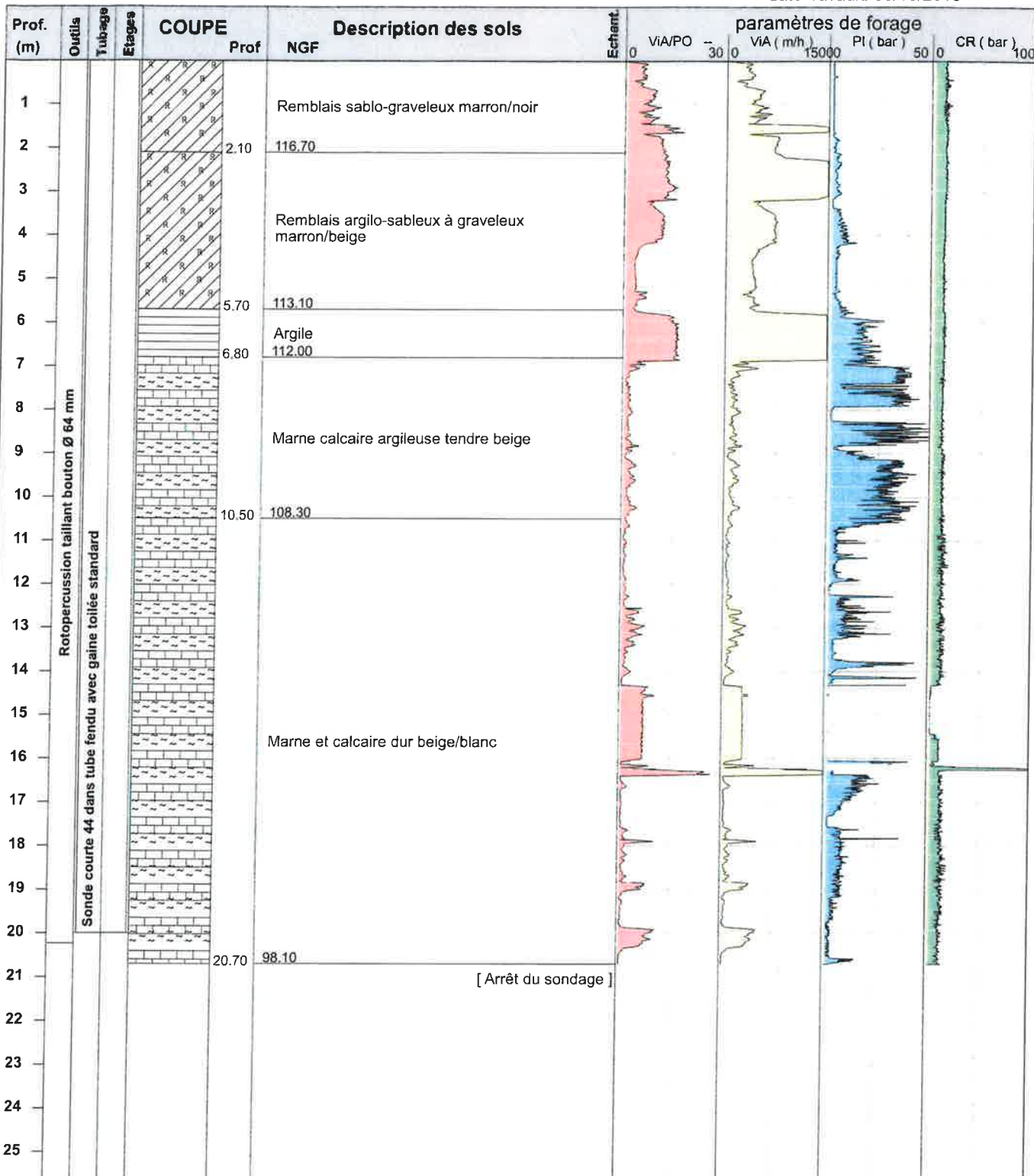
Coordonnées du sondage:

X : Y : Z : 118.8 (NGF)



Ech.Prof: 1/125°

date travaux: 05/10/2015



Sondeuse: SOCOMAFOR 50/65 (M 346)

Observations : /

Nappe : /
à la date du sondage

SONDAGE DESTRUCTIF SD2 Bis (Etal bas)

Chantier : Télécabine Gare SNCF
Infrapôle SCNF - 45400 Fleury les Aubrais
Client : Agglo Orléans Val de Loire
Dossier : OOR2.F.0593 (2)



Ech.Prof: /

date travaux: 05/10/2015

Prof. (m)	Outils	Tubage	Etages	COUPE		Description des sols	Echant.	paramètres de forage			
				Prof	NGF			VIA/PO	VIA (m/h)	PI (bar)	CR (bar)
0.5	Rotopercussion_ taillant à boutons Ø 64 mm										
1											
1.5											
2											
2.5				2.41		[Arrêt du sondage]					
3											
3.5											
4											
4.5											
5											

Sondeuse: SOCOMAFOR 50/65 (M 346)

Observations : /

Nappe : /
à la date du sondage



CEBTP



La Réunion



Guyane



Martinique



Guadeloupe



Nouvelle
Calédonie



Polynésie



Maghreb

Agence d'Orléans

ZAC des Montées -

5, rue de l'industrie

45073 Orléans

Tél. : +33 (02 38 56 55 52)

Fax. : +33 (02 38 51 19 44)