

HYDROGEOTECHNIQUE

Spécialistes en études de sol,
chaussée et environnement.



BATI-AMENAGEMENT

32, boulevard Vincent Gâche

44 200 NANTES



RAPPORT D'ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Lotissement – Route de Soucelles

BRIOLLAY (49)

Études géotechniques (G1-lots et voirie/G2 AVP-voiries uniquement)

DOSSIER N°	INDICE	DATE	RÉDACTEUR	SUPERVISEUR	OBSERVATIONS / MODIFICATIONS
C.25.35.055	A	21/07/2025	Quentin GAUTHIER	Jérémie ANDRÉ	Version initiale

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	4
1.1. MISSIONS	4
1.2. RÉFÉRENTIELS	6
1.3. DOCUMENTS FOURNIS	6
1.4. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION	6
2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES	9
2.1. ÉTUDE DE SITE	9
2.2. CONTEXTE HISTORIQUE	11
2.3. ZONE D'INFLUENCE GÉOTECHNIQUE (ZIG)	12
2.4. CONTEXTE GÉOLOGIQUE	13
2.5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE	14
2.6. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES	14
2.7. SISMICITÉ	19
3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE – MISSION G1 ET G2 AVP	21
3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE	21
3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE	21
4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION - MISSIONS G1 / G2 AVP	22
4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES	22
4.2. HYDROGÉOLOGIE	26
4.3. ESSAIS DE PERMÉABILITÉ	27
5. CONDITIONS SISMQUES – MISSION G1 / G2 AVP	28
5.1. CLASSE DE SOL ET PARAMÈTRE DE SOL	28
6. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G1 / G2 AVP	29
6.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES	29
6.2. ALÉAS	30
7. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CONSTRUCTION - MISSION G1 (LOTS)	32
7.1. GÉNÉRALITÉS	32
7.2. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONDATION	32
7.3. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE DRAINAGE	33
8. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES COUCHES DE FORME SOUS VOIRIES – MISSION G2 AVP (VOIRIES)	33
8.1. PRINCIPE	33
8.2. PRÉPARATION DES ARASES	33
8.3. COUCHE DE FORME SOUS VOIRIE	34
8.4. RÉCEPTION DE LA COUCHE DE FORME	36
8.5. SUJÉTIONS D'EXECUTION	36
9. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2 AVP (LOTS)	37
ANNEXES	39
ANNEXE 1 PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES	40
ANNEXE 2 COUPES DES SONDAGES	42
ANNEXE 3 PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	49
ANNEXE 4 RÉSULTATS DES ESSAIS EN LABORATOIRE	51



ANNEXE 5 ESSAIS DE PERMÉABILITÉ	54
ANNEXE 6 MISSIONS GÉOTECHNIQUES	59



1. INTRODUCTION

1.1. MISSIONS

À la demande et pour le compte de **BATI AMÉNAGEMENT**, l'agence de Nantes du Bureau d'Etudes **HYDROGÉOTECHNIQUE NORD** a procédé à l'exécution des sondages, essais et études géotechniques préalables à l'**aménagement d'un nouveau lotissement**, Route de Soucelles, situé sur la commune de **BRIOLLAY (49)**.

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 : Phase Dossier de Consultation des Entreprises et Assistance aux Contrats de Travaux**
- **ÉTAPE 3 : études géotechniques de réalisation**
 - **Étude et suivi géotechnique d'exécution (G3)**
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
 - **Supervision géotechnique d'exécution (G4)**
 - Phase étude,
 - Phase suivi.
- **Étude d'éléments spécifiques géotechniques**
 - **Diagnostic géotechnique (G5).**

L'étude géotechnique conduite sur le terrain, ainsi que le présent rapport correspondent à l'enchaînement des **missions G1 ES/PGC (lots et voiries) et G2 AVP (voiries uniquement)** de l'Union Syndicale Géotechnique. Vous trouverez en annexe la classification, le contenu et le schéma d'enchaînement de ces missions.

Il conviendra de réaliser la mission G2 AVP au droit de chacun des lots, dès que les caractéristiques des pavillons seront définies.

Les hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport s'entendent sous réserve de la stricte application de cette norme et plus généralement de l'ensemble des normes et règlements en vigueur.

Ce rapport a été rédigé par **Quentin GAUTHIER**, diplômée du Master Géosciences-Planétologie de Sorbonne Université, vérifié et approuvé par **Jérémie ANDRE**, diplômé du Master de Géologie Appliquée de l'université de Franche-Comté.

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 adaptations des voiries et bâtiments,
 - les techniques de terrassements et de soutènement,
 - les sujétions d'exécution.

Notre mission de type G1 et G2-Phase AVP s'arrête à la remise de ce rapport. Elle devra être suivie des missions de type G2-PRO et DCE/ACT, puis par une mission 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.

Limites de cette étude :

Le caractère de cette étude est strictement de type géotechnique. Les aspects liés à la recherche de pollution éventuelle ou à la caractérisation des ouvrages enterrés et des incidences des vestiges et fouilles archéologiques sont exclus.

La présence notamment de risque d'amiante présent naturellement dans les sols (amiante environnemental), d'amiante anthropique dans les remblais, d'amiante dans les enrobés et structures de chaussée et d'amiante dans les immeubles autres que bâtis, tels que les ouvrages de génie civil, infrastructures de transport ou réseaux divers n'a pas été étudiée.

La présente étude peut présenter des contradictions avec les résultats de missions complémentaires (recherche de pollution notamment). Il appartiendra au Maître d'Œuvre de mettre en cohérence ces éléments, si nécessaire, à la réception des études.

Notre étude ne comprend pas :

- L'étude de gestion en rétention/infiltration des eaux pluviales (bassin, noues, etc.),
- Le diagnostic sites et sols pollués du site,
- Le dimensionnement des structures de chaussées bitumineuses.

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) + A1 (mai 2013),
- Guide technique pour les remblais et les couches de forme (septembre 2000),
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »,
- NFP-94-261 : Justification des ouvrages géotechniques – Fondations superficielles
- DTU 13.1 : Travaux de bâtiment – Fondations superficielles

La campagne de sondages suit les normes et documents français et plus particulièrement :

- DTU 11-1 : cahier des charges applicables aux travaux de sondages,
- NF EN ISO 22476-2 (Juillet 2005) : sondage au pénétromètre dynamique type B,
- NF EN ISO 22475-1 : prélèvement des sols et des roches.

Les investigations en laboratoire sont réalisées selon les normes suivantes :

- NF EN ISO 17892-1 : teneurs en eau naturelle par étuvage,
- NF EN ISO 17892-4: analyse granulométrique,
- NF P 94-051 : limites d'Atterberg,

1.3. DOCUMENTS FOURNIS

Pour mener à bien notre mission, les documents suivants nous ont été fournis par le Maître d'Ouvrage :

- [1] Plan du permis d'aménager, au format 1/750, en date d'avril 2025.

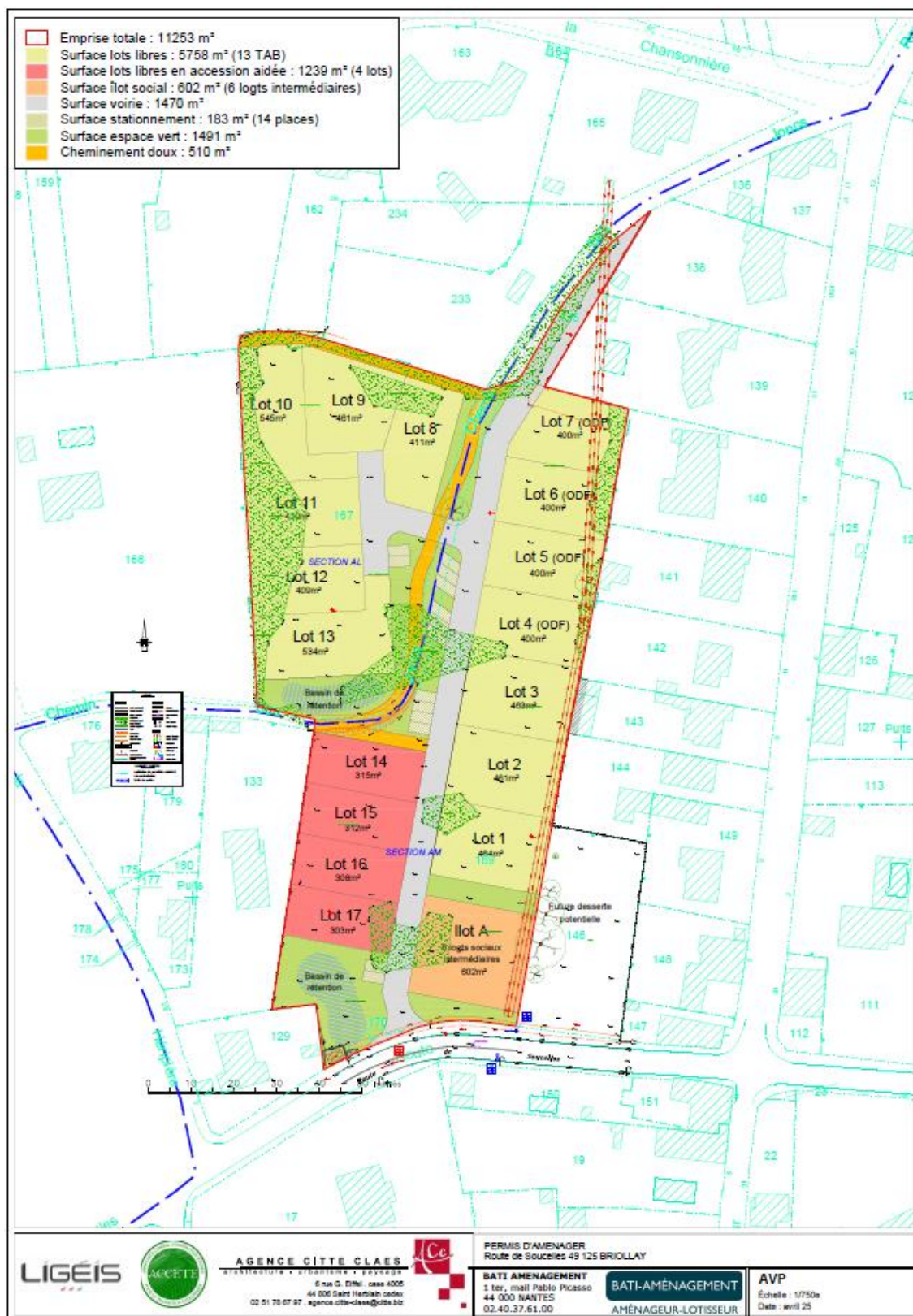
1.4. DESCRIPTION DU PROJET AU STADE DE NOTRE MISSION

Le projet consiste en l'aménagement d'un lotissement, à proximité de la Route de Soucelles, sur la commune de **BRIOLLAY (49)**.

Il est prévu d'après les informations disponibles à ce stade :

- 17 lots à bâtir, pour des pavillons individuels a priori,
- 1 lot pour 6 logements sociaux,
- 2 bassins de gestion des eaux pluviales,
- 200 ml de voirie.

On propose ci-dessous un extrait du plan de composition qui nous a été fourni par le Maître d'œuvre :



Extrait du plan de composition

La phase AVP de la présente étude porte sur la réalisation des voiries uniquement. Une étude complémentaire de type G2 devra être réalisée par les constructeurs de chacun des lots pour les divers projets de construction.

N'ayant pas d'information concernant les voiries, nous tablerons donc sur les hypothèses suivantes pour la suite du présent rapport (à confirmer par le Maître d'Œuvre) :

- adaptation au terrain en profil rasant (pas de grand terrassement en déblai/remblai),
- plateforme de type PF2, soit un objectif EV2 ≥ 50 MPa.

Par ailleurs, notre mission concerne le prédimensionnement des couches de forme sous voiries. Elle ne traitera donc pas du dimensionnement des structures bitumineuses liées, ceci étant du ressort d'un BE spécialisé.

D'après les informations dont nous disposons, nous faisons l'hypothèse que les bâtiments seront en **catégorie géotechnique 2** (à confirmer par le maître d'ouvrage).

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

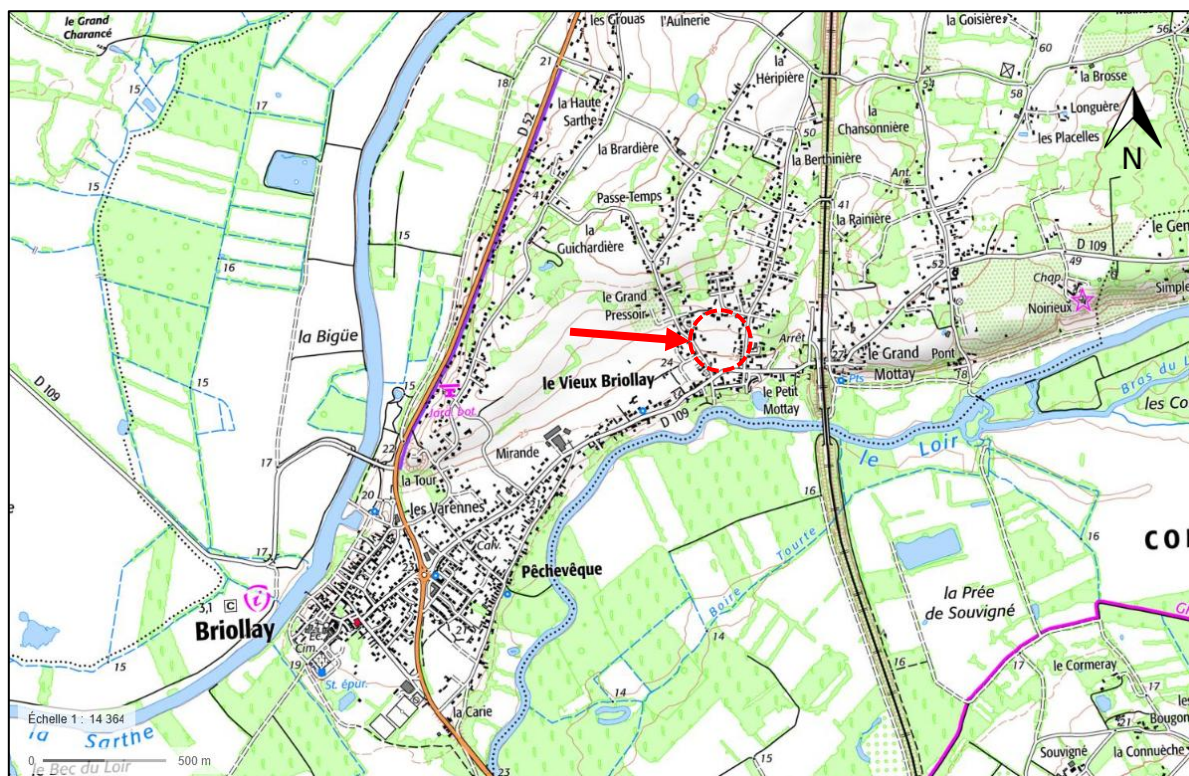
Tout changement d'implantation ou d'importance du projet par rapport aux hypothèses prises lors de l'établissement de ce rapport doit nous être communiqué et recevoir notre accord par écrit et faire l'objet d'une mission spécifique complémentaire. Ces changements peuvent modifier les conclusions de notre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

Cette étude a été réalisée en date de juillet 2025. Nous attirons l'attention sur le fait qu'un certain nombre de paramètres peuvent évoluer dans la durée (environnement notamment). Au-delà d'un délai de 1 an, nous recommandons fortement une actualisation de nos conclusions.

2. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉLIMINAIRE DE SITE - MISSION G1 ES

2.1. ÉTUDE DE SITE

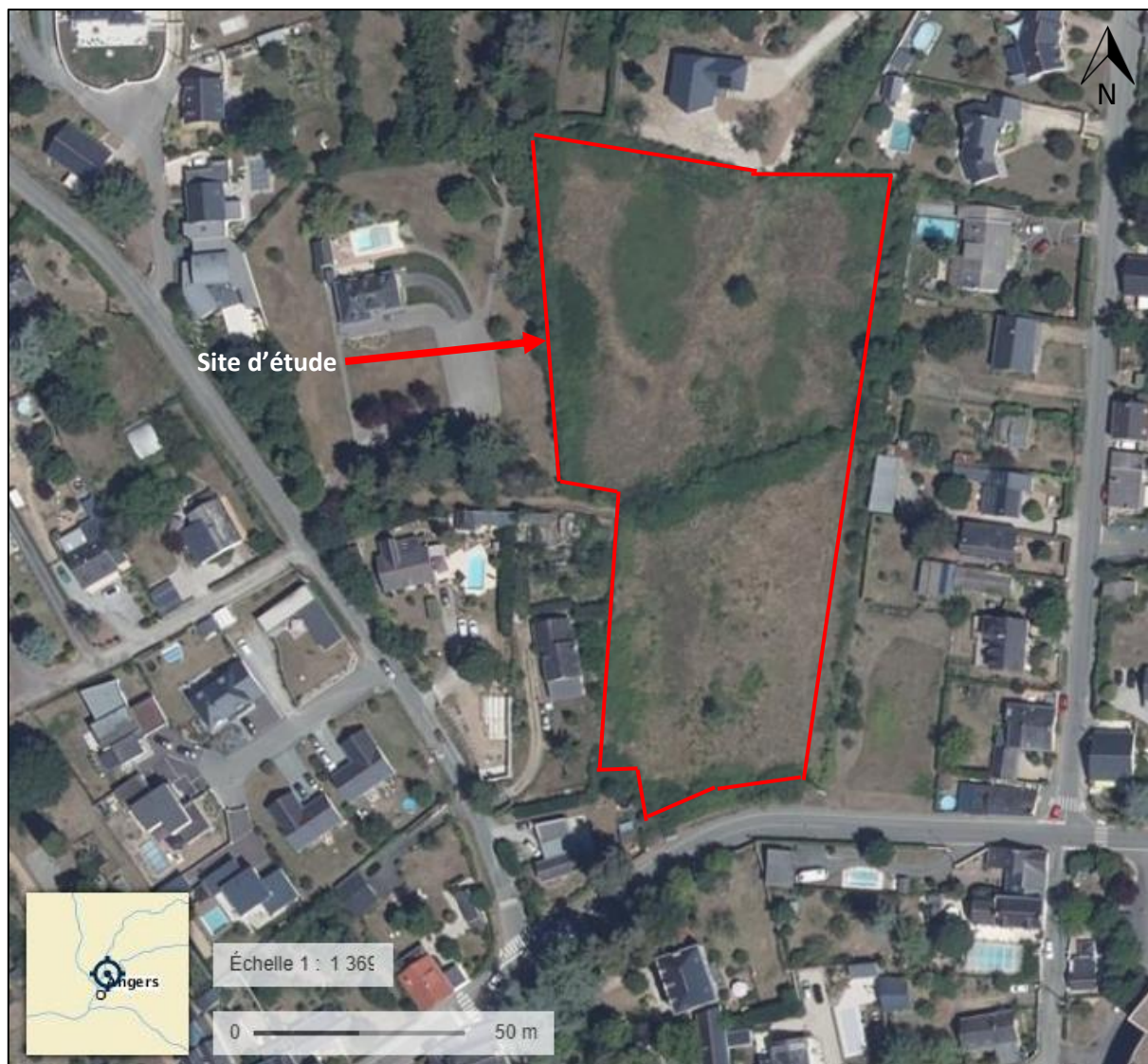
Les parcelles concernées par le projet se trouvent près de la Route de Soucelles, sur la commune **BRIOLLAY (49)** :



Extrait de la carte topographique IGN (www.geoportail.gouv.fr)

D'un point de vue topographique, les parcelles concernées par le projet présentent une pente légère de 3% en direction du Sud où s'écoule Le Loir. L'altimétrie est globalement comprise entre +24m NGF et +28m NGF environ. Le Loir, situé à environ 165m au sud du site d'étude, présente une altimétrie de l'ordre de +14m NGF environ. La Sarthe, située à environ 1,4km à l'ouest du site d'étude, présente une altimétrie de l'ordre de +14m NGF environ également.

On propose ci-dessous une vue aérienne du site :



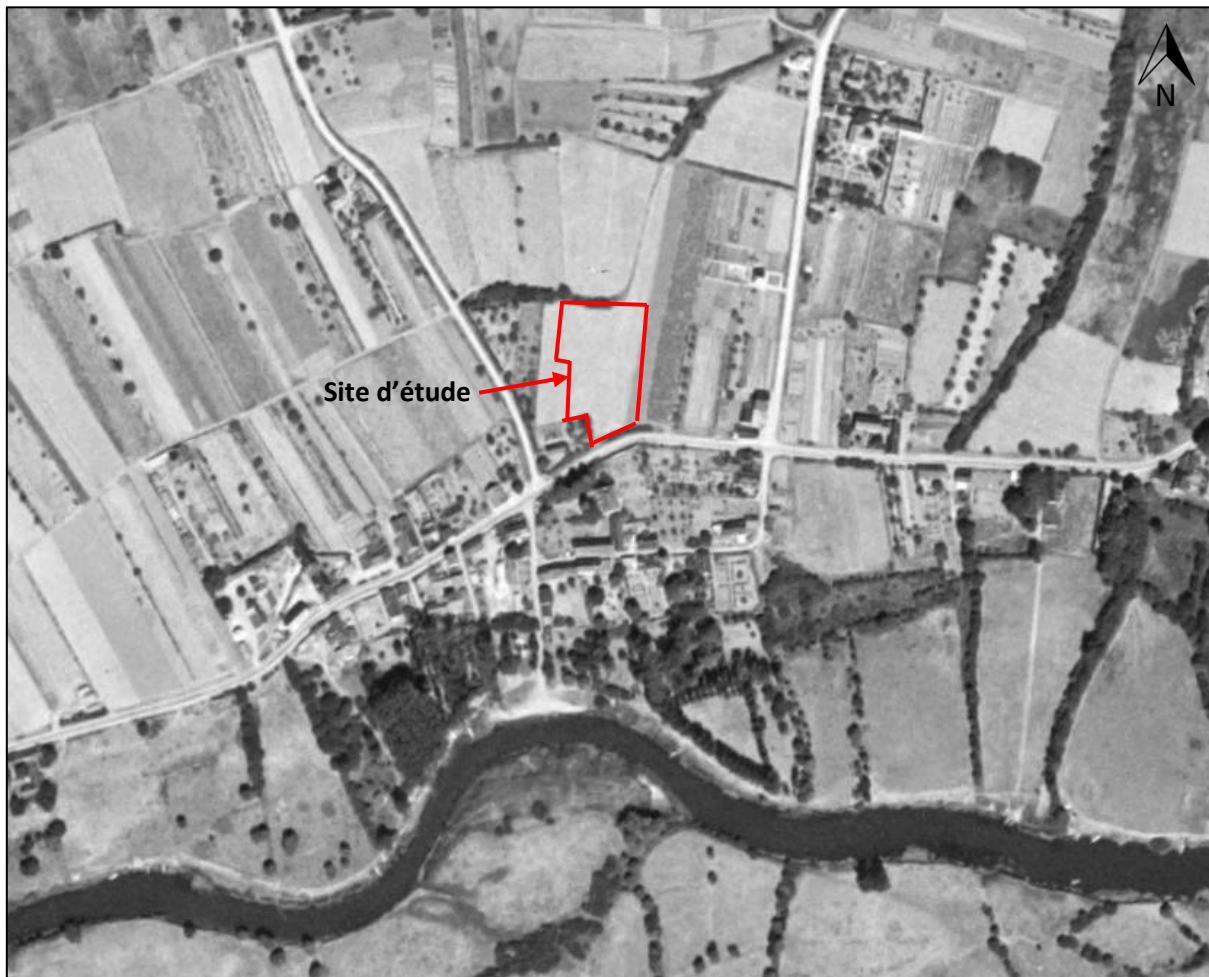
Vue aérienne (source : geoportail.gouv.fr)

Les parcelles du projet sont entourées par des maisons d'habitation existantes et une route (Route de Soucelles au Sud).

Actuellement, les parcelles du projet sont enherbées et légèrement arborées

2.2. CONTEXTE HISTORIQUE

Aucune information ne nous a été communiquée quant à l'historique du site. Les photographies aériennes anciennes (remonterletemps.ign.fr) nous permettent d'observer que les terrains concernés par le projet étaient des terres à vocation agricole en 1949, date de la photographie aérienne la plus ancienne en notre possession, dont un extrait est présenté ci-après :



Photographie aérienne de 1949 (www.remonterletemps.ign.fr)

On note qu'à cette date, la Route de Soucelles est déjà présente.

Dans les décennies suivantes, on note la construction de maisons individuelles sur les parcelles entourant le projet de lotissement actuel.

Notons que ces informations sont à prendre avec précautions car elles sont issues de l'examen de photographies aériennes de faible définition.

2.3. ZONE D'INFLUENCE GÉOTECHNIQUE (ZIG)

Au vu du projet tel que défini à ce stade des études, la ZIG correspond :

- Aux parcelles concernées par le projet de lotissement,
- Aux arbres, arbustes et plantes diverses présentes sur le site d'étude,
- Aux maisons d'habitation et voiries environnantes,
- Aux éventuels réseaux enterrés.

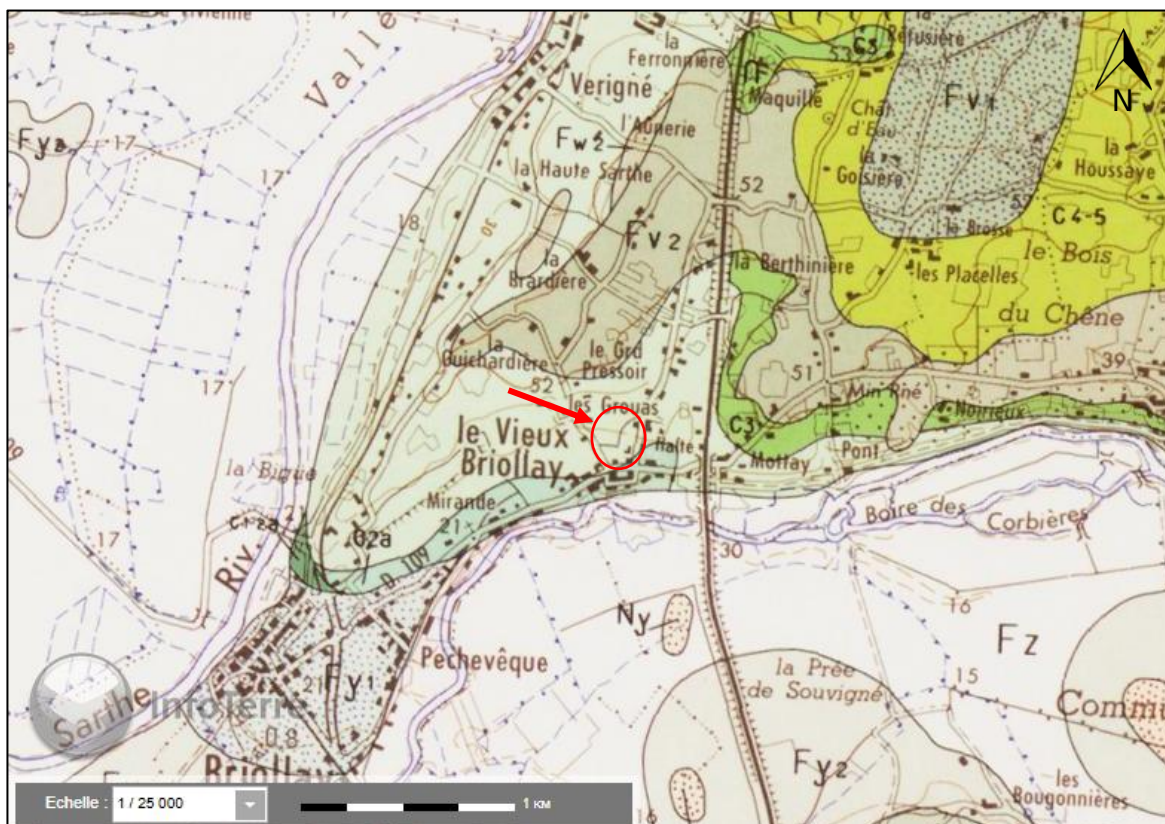
On gardera à l'esprit que la ZIG est un volume et s'étend également en profondeur.

Les cheminements d'accès au chantier sont également intégrés à la ZIG.

2.4. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

D'après la carte géologique de BRIOLLAY éditée par le BRGM au 1/50 000ème, et des données d'archives en notre possession, la succession lithologique devrait être la suivante, sous les éventuelles formations de surface non mentionnées par le document :

- **Marnes à Ostracées (c2b)**, les Marnes à Ostracées sont constituées par des alternances de marnes grises, glauconieuses (présentant des minéraux de couleur vert-bleu), et de bancs de calcaires glauconieux souvent très riches en Huîtres qui forment des horizons de lumachelle (roche calcaire contenant un grand nombre d'organismes fossiles),
- **Sables glauconieux (c2a)**, formation argilo-sableuse très hétérogène constituée par une succession très irrégulière de niveaux marneux ou argileux presque exclusivement montmorillonitiques (la montmorillonite est un minéral argileux) et d'inter-lits de sables glauconieux.



Extrait de la carte géologique du BRGM au 1/50000 (source : infoterre.brgm.fr)

Il serait également possible de rencontrer des alluvions de moyennes et hautes terrasses.

2.5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Dans ce contexte, la présence d'eau sur site peut être liée à :

- La présence d'une nappe pédologique se formant à la suite de pluies dans la couche de terre végétale en surface,
- Des circulations erratiques et intermittentes dans les matériaux meubles en tête, à la faveur des passages plus perméables et pouvant générer des petites nappes perchées occasionnant des arrivées d'eau parasites. Ces venues d'eau sont alimentées par les eaux d'infiltration,
- Une potentielle nappe alluviale à mettre en relation avec la vallée alluvionnaire du Loir au sud du projet, et de la Sarthe à l'ouest,

Attention, la piézométrie de ces différents aquifères n'est pas nécessairement confondue.

2.6. RISQUES NATURELS ET ANTHROPIQUES

2.6.1. TABLEAU GÉNÉRAL

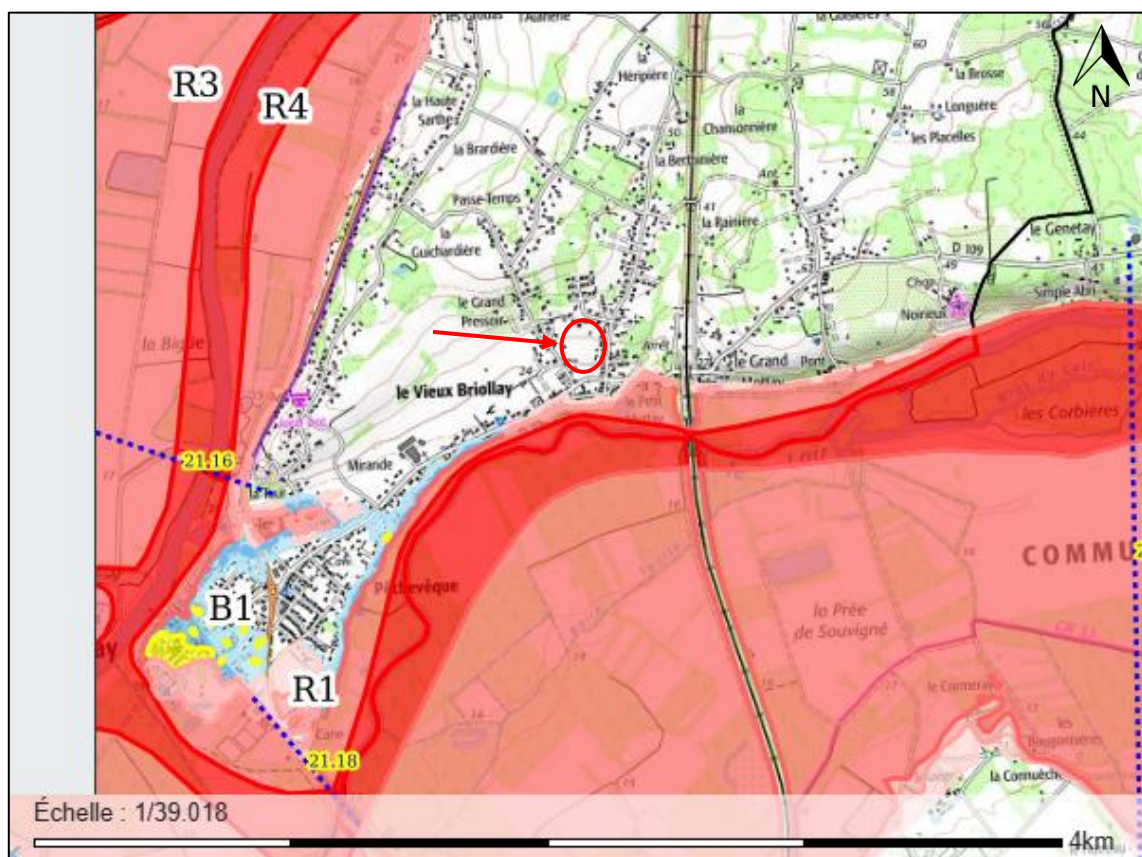
Le tableau ci-après récapitule les risques référencés au droit de la parcelle étudiée sur le site gouvernemental www.georisques.gouv.fr.

RISQUE ÉTUDIÉ	ALÉA
Sismicité	Zone 2 (faible)
Inondation	Concerné
Remontée de nappe / Inondation de cave	Pas de débordement de nappe ni d'inondation de cave
Mouvement de terrain	Existant
Retrait/gonflement des argiles	Exposition forte
Cavités souterraines	Non concerné
Radon	Catégorie 1 (faible)
Tempêtes	Non concerné
Incendies de forêt	Non concerné
Minier	Non concerné
Installations industrielles classées	Non concerné
Canalisations de transports de matières dangereuses	Non concerné
Pollution des sols	Non concerné
Rupture de barrage	Non concerné
Nucléaire	Non concerné
Bruit	Non concerné

2.6.2. POINTS PARTICULIERS

INONDATIONS PAR SUBMERSION FLUVIALE

On présente ci-dessous un extrait de la cartographie du Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du Maine-et-Loire :



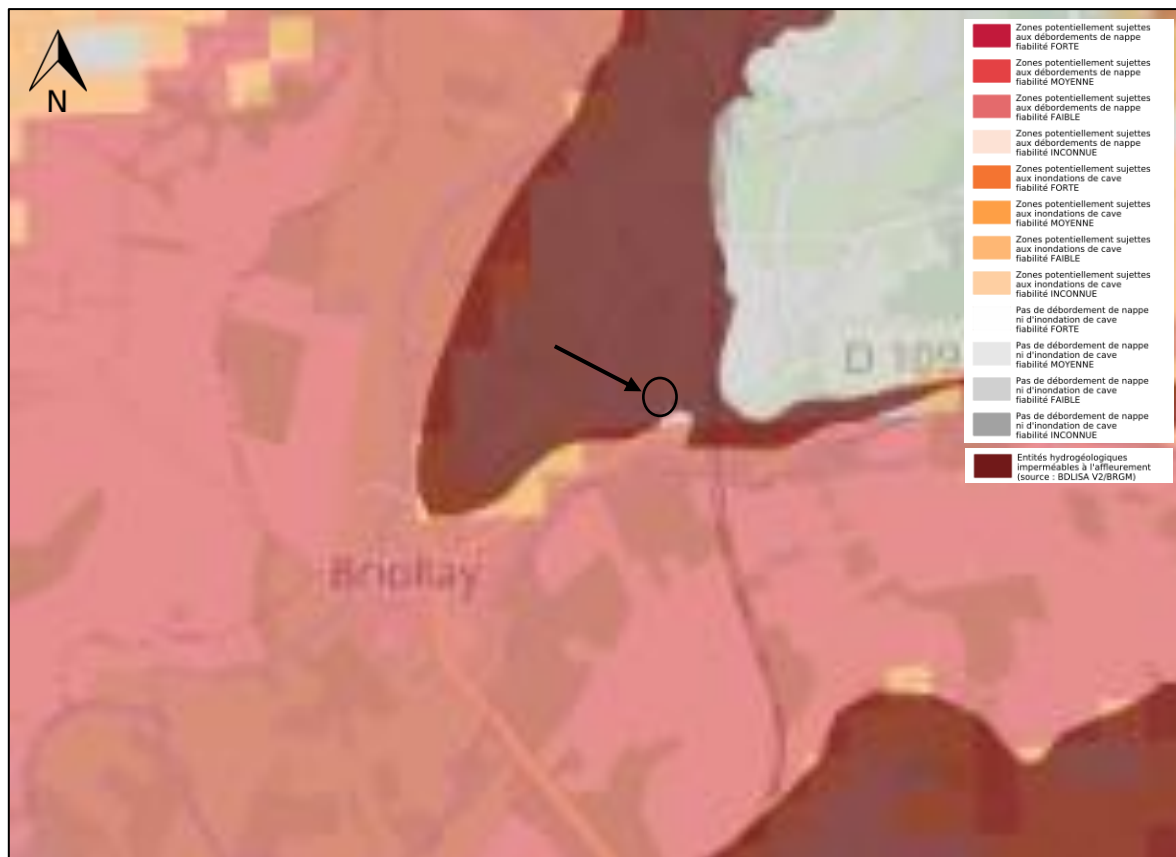
Extrait de la cartographie du PPRI du Maine-et-Loire (BRIOLLAY)

On note que le site d'étude, situé entre +24m NGF et +28m NGF environ, se situe en dehors des zones concernées par les inondations par débordement du Loir et de la Sarthe.

La cote de crue de référence du Loir et de la Sarthe au plus proche du projet est située entre +21,18m NGF et +21,20m NGF.

INONDATIONS PAR REMONTÉE DE NAPPE

On fournit ci-dessous un extrait de la cartographie de la sensibilité aux phénomènes de remontées de nappes en domaine sédimentaire et de socle, issu du site Internet www.georisques.gouv.fr. Cette carte a pour objectif l'identification et la délimitation des zones sensibles aux inondations par remontées de nappes :



Extrait de la cartographie du risque d'inondations par remontées de nappe

Dans notre cas, on se situe en **en zone sans débordement de nappe ni inondation de cave, avec une fiabilité faible**. Attention cependant, en contexte de proximité avec Le Loir, on s'attend à la présence d'une nappe à relativement faible profondeur.

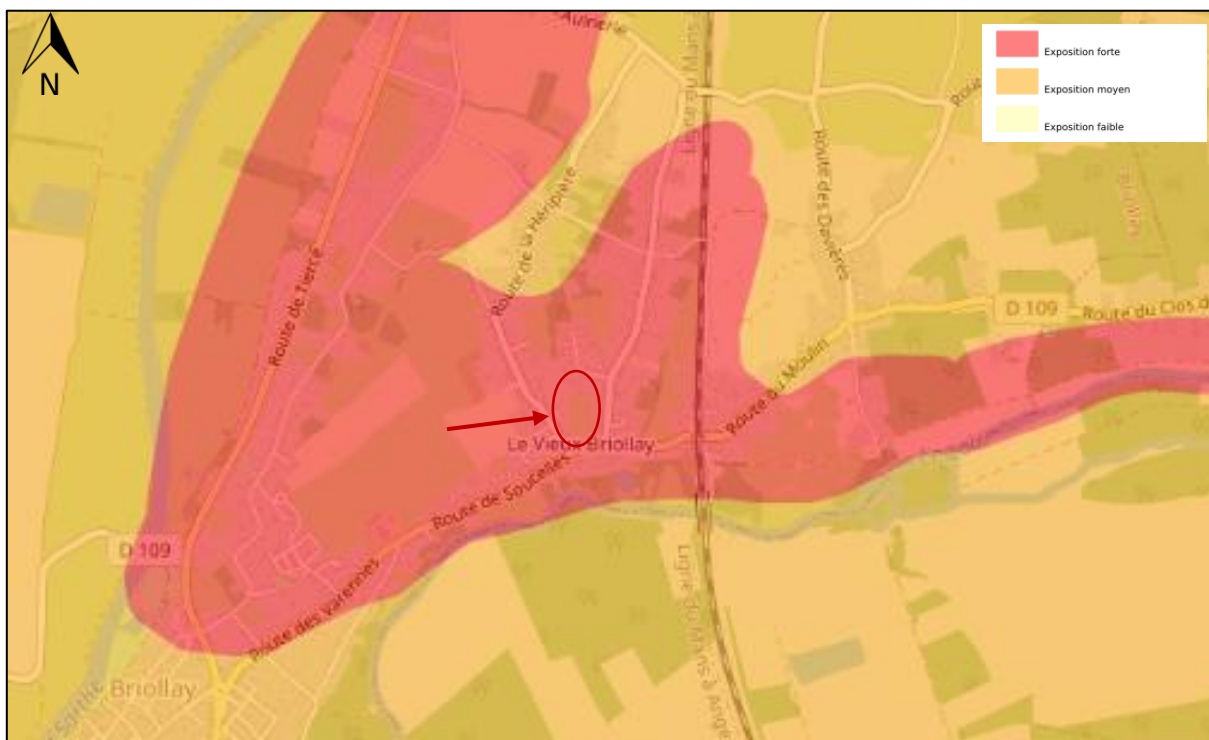
De manière générale, on retiendra que cette carte est difficilement exploitable pour notre projet, situé dans un secteur +/- urbanisé, avec des aménagements susceptibles de modifier / perturber les écoulements souterrains. Ces modifications / perturbations ne sont pas prises en compte dans ces cartographies.

On constate également une couche imperméable à l'affleurement. Cela empêche donc, au droit du site, la remontée jusqu'à la surface de nappes souterraines se trouvant sous cette couche imperméable.

Remarque : Ce genre d'analyse, par interpolation de données souvent très imprécises et provenant parfois de points éloignés les uns des autres, apporte des indications sur des tendances mais ne peut être utilisée localement à des fins de réglementation. Pour ce dernier cas, des études ponctuelles détaillées doivent être menées.

PHÉNOMÈNE DE RETRAIT-GONFLEMENT DES SOLS ARGILEUX

La cartographie de l'exposition au retrait-gonflement des sols argileux, montre que le site se trouve en **zone d'exposition forte** au retrait-gonflement des argiles au droit des Marnes à ostracées :



Extrait de la cartographie d'exposition au retrait-gonflement des sols argileux

EXPOSITION AU RADON

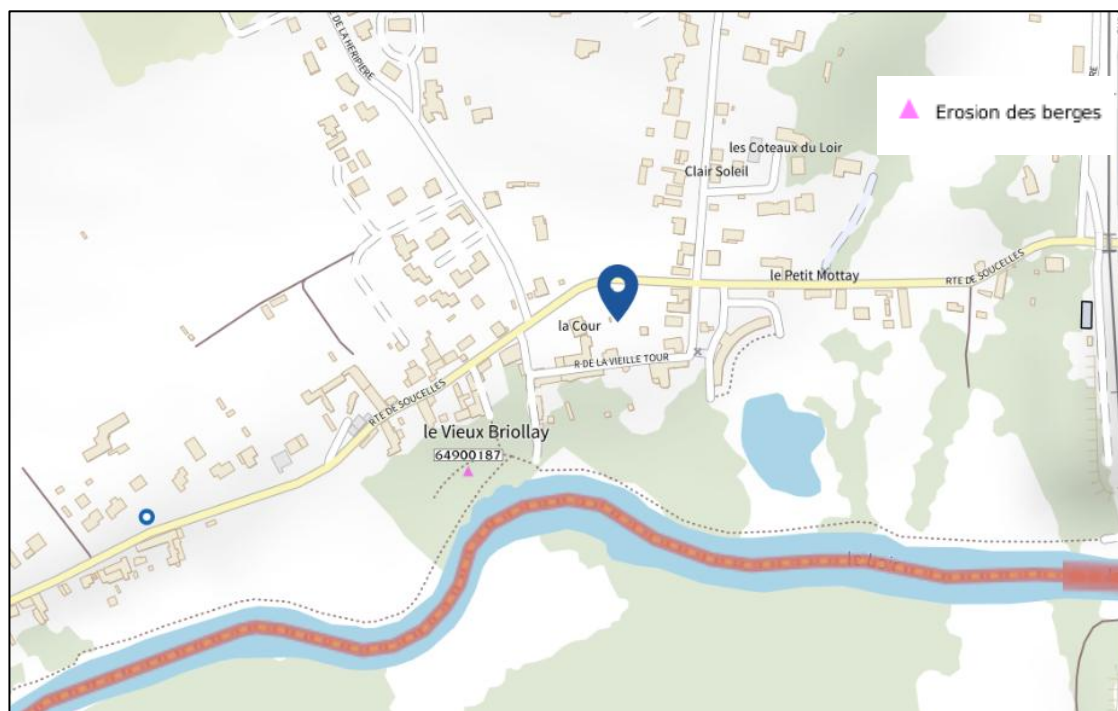
D'après l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, la commune de BRIOLLAY présente un potentiel de **catégorie 1**.

Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (massif central, Polynésie française, Antilles...).

Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. Les résultats de la campagne nationale de mesure en France métropolitaine montrent ainsi que seulement 20% des bâtiments dépassent 100 Bq.m⁻³ et moins de 2% dépassent 300 Bq.m⁻³.

RISQUE DE MOUVEMENT DE TERRAIN

La commune de BRIOLLAY présente un risque de mouvement de terrain.



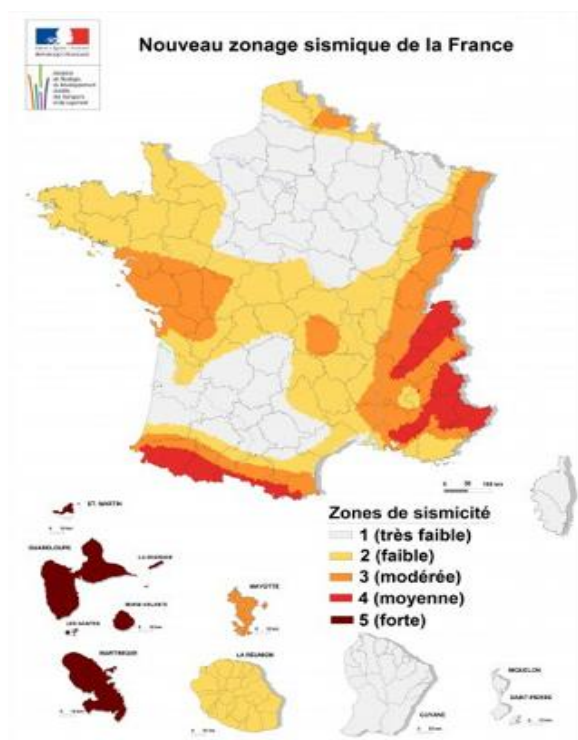
Extrait de la cartographie du risque de mouvements de terrain

Les risques de mouvement de terrain sur la commune de BRIOLLAY sont liés à l'érosion des berges. Le site étudié se situant à 165 m du Loir, le risque que cela impacte le site est très faible.

2.7. 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 n°2010-1254 du 22 octobre 2010 et n°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.



Carte de zonage sismique de la France

Ici, le décret n°2010-1255 classe la zone étudiée en **zone 2 (faible)**.

Ces règles doivent être appliquées au moyen d'un coefficient d'importance γ_1 attribué à chacune des catégories d'importance des bâtiments. Les valeurs de ces coefficients sont données par le tableau suivant :

CATÉGORIE D'IMPORTANCE	COEFFICIENT D'IMPORTANCE γ_1
I	0,8
II	1
III	1.2
IV	1.4

Le coefficient à retenir dépendra de la catégorie d'importance des bâtiments projetés (à définir par le maître d'ouvrage).

Le mouvement dû au séisme est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération. Il est caractérisé au niveau d'un sol rocheux (sol de classe A) par la valeur d'accélération a_{gr} . Les valeurs des accélérations a_{gr} sont données dans le tableau suivant :

ZONES DE SISMICITÉ	a_{gr} (en m/s^2)
1 (très faible)	0,4
2 (faible)	0,7
3 (modérée)	1,1
4 (moyenne)	1,6
5 (forte)	3,0

Dans le cadre de cette étude $a_{gr} = 0,7 \text{ m/s}^2$.

L'accélération horizontale de calcul est déterminée à partir d'un sol référence de classe A rocheux. Elle est égale au produit de l'accélération a_{gr} par le coefficient d'importance γ_1 .

On retiendra donc :

$$a_g = a_{gr} \times \gamma_1$$

$$a_g = 0,7 \times \gamma_1 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

3. PROGRAMME SPÉCIFIQUE D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE – MISSION G1 ET G2 AVP

3.1. PROGRAMME SPÉCIFIQUE

Nous avons réalisé en Juin 2025 les investigations suivantes :

- **4 forages de reconnaissance géologique à la tarière mécanique Ø64mm**, nommés TAR1 à TAR4, menés à 3,00m de profondeur, en reconnaissance simple ou couplés avec avec des pénétromètres dynamiques.
- **4 essais au pénétromètre dynamique**, nommés PD1 à PD4, PD3 et PD4 étant couplés avec les forages de reconnaissance géologique à la tarière TAR3 et TAR4. PD1 est conduit jusqu'au refus rencontré à 3,50m. PD3 est conduit jusqu'à 4,70m de profondeur. PD2 et PD4 sont menés jusqu'à 5 mètres de profondeur.
- **2 sondages de reconnaissance géologique à la pelle mécanique 2.5t**, nommés PM1 et PM2, conduits entre 1,60m et 1,65m de profondeur, réalisés sous la conduite d'un géotechnicien en vacation, avec :
 - Relevé des coupes lithologiques,
 - Observations sur les difficultés de terrassement (éboulement, compacité, refus...),
 - Observation des conditions hydrogéologiques,
 - Prélèvement d'échantillons remaniés pour analyses en laboratoire.
- **4 essais de type MATSUO**, nommés MAT1-1 à MAT2-2, en injection à niveau d'eau variable, afin d'estimer les perméabilités des différentes formations lithologiques présentes au droit du site.
- **Enfin, en laboratoire :**
 - 2 mesures de la teneur en eau naturelle sur les fractions 0/20 mm (NF EN ISO 17892-1),
 - 1 essai au bleu de méthylène (NF P 94-068),
 - 1 définition des limites d'Atterberg (NF P94-041),
 - 2 analyses granulométriques (NF EN ISO 17892-4).

3.2. IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMÉTRIQUE

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

À ce stade, les coordonnées des points de sondages n'ont pas été déterminées. Un calage altimétrique pourra être fait lorsqu'un plan topographique sera disponible.

4. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRÉTATION - MISSIONS G1 / G2 AVP

4.1. LITHOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES GÉOTECHNIQUES

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

Description par couche :

● Couche 0TV : Terre végétale

En tête de nos forages, on rencontre un horizon de terre végétale correspondant à des sables marron, légèrement limoneux à cailloux, cailloutis et radicelles sur une épaisseur allant de 0,25m (TAR1) à 0,60m (PM1+PD1). Cette couche montre une bonne terrassabilité à la pelle mécanique ainsi qu'une bonne tenue des parois. Les compacités sont hétérogènes, dévoilant un certain effet de croûte en surface.

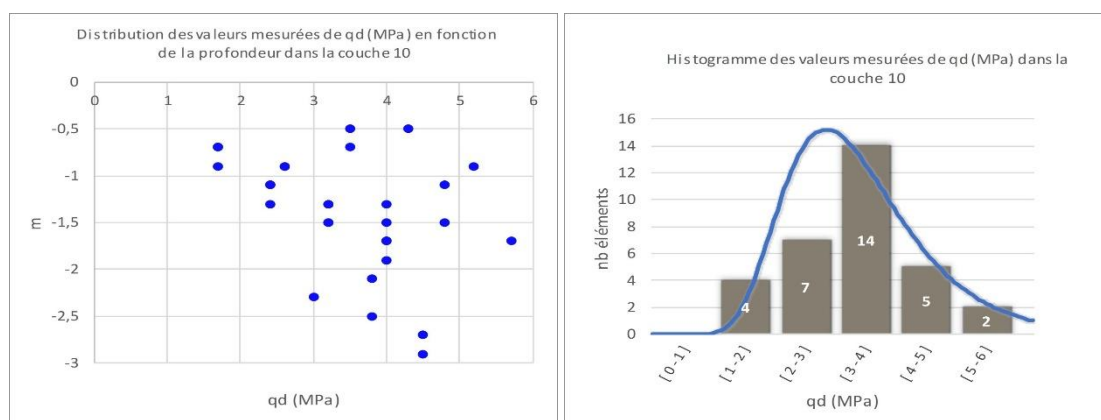
On observe :

Qd : de 4,3 à 16,5 MPa

Compte tenu de l'hétérogénéité en nature et en compacité de cette couche, et compte tenu de sa faible épaisseur, nous ne définirons pas de valeur caractéristique. De plus, en période météo hivernale ou défavorable, la portance peut chuter et devenir nulle.

● Couche 10 : Couverture

Sous l'horizon de terre végétale au droit de nos sondages, on rencontre des sables limoneux +/- argileux ocre-brun à cailloux et cailloutis, sur des épaisseurs allant de 1,05 à >2,60m. Cette couche montre une bonne terrassabilité à la pelle mécanique ainsi qu'une tenue des parois bonne à moyenne. Des niveaux indurés peuvent être rencontrés. Les compacités sont modestes à moyennes, ponctuellement élevées :



NOMBRE DE MESURES (N)	32
MIN	1,70
MAX	5,70
MOY ARITHMÉTIQUE (M)	3,43
ECART TYPE (S)	1,07
COEFF VARIATION (CV)	0,31
MÉDIANE	3,50
Analyse statistique	
MOYENNE HARMONIQUE	3,07
MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	3,26
M - 0,5 S	2,90
EC7	Loi Ln Normal
Xmi	3,12
Xb	1,81
Risque statistique	Loi Ln Normal
X5%	1,86
X25%	2,59
X50%	3,26

Tableau récapitulatif des valeurs pénétrométriques mesurées au sein de la couche 10

Analyses en laboratoire :

Des analyses en laboratoire ont été menés sur des échantillons prélevés dans cette couche. Les résultats sont les suivants :

Sondage	Prof. (m)	Nature	Wn% (0/20)	Wn% (0/D)	GTR	GTR	Dmax (mm)	% Passant										2 µm	VBS	Wl%	Ip	Ic
								63 mm	50 mm	20 mm	6,3 mm	5 mm	2 mm	0,63 mm	0,4 mm	80 µm	63 µm					
PM1	1,50- 1,65	Sables légèrement limoneux bruns	9,7	9,7	B 6	I 2	1,2	100	100	100	100	100	99	84	69	24,6	22,5	-	2,04	-	-	-
TAR4	0,40- 3,00	Limons sablo-argileux ocre- brun	18,7	18,7	A 2 m	F 2 s	0,9	100	100	100	100	99	98	91	85	62,7	59,8	-	-	40	18	1,18

Après extraction, ces matériaux sont classés B6 et A2m au selon l'ancien GTR (norme P11-300) et I2 et F2s au sens du GTR 2024 (norme EN 16907-2). Il s'agit de matériaux fins sensibles à l'eau et au remaniement mécanique.

Le potentiel de retrait-gonflement des sols classés F2s au sens du GTR 2024 peut-être évalué à l'aide de l'abaque de Casagrande :

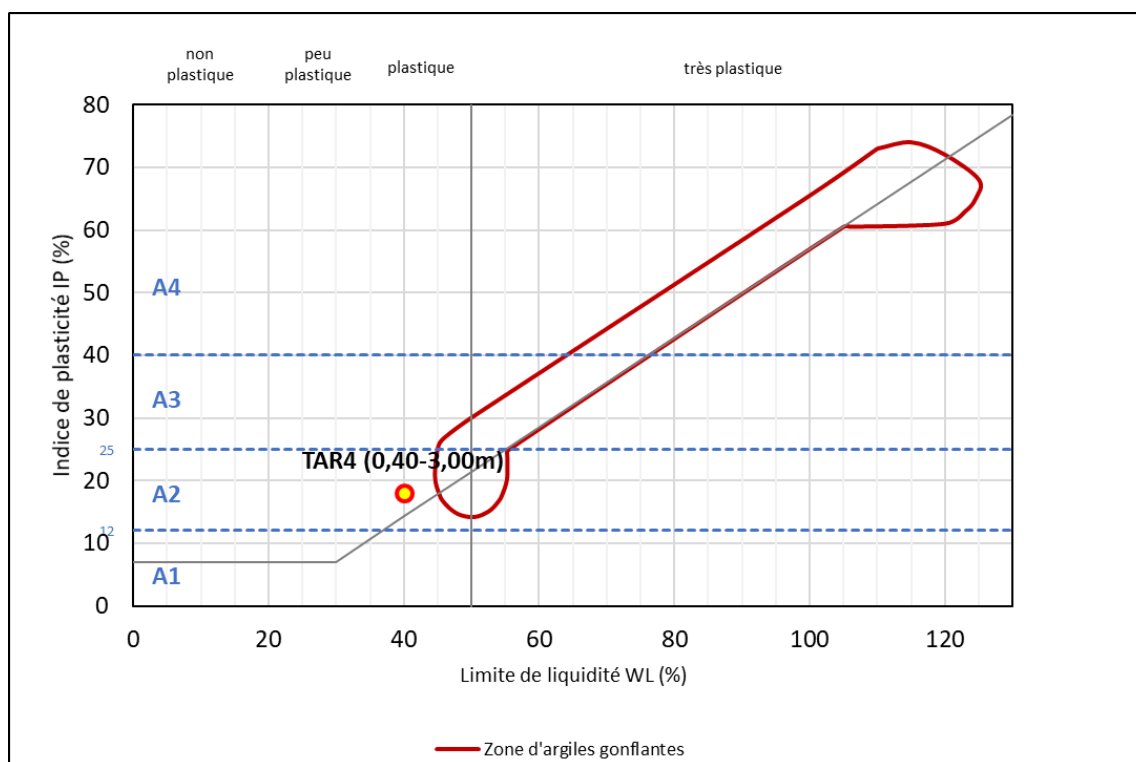


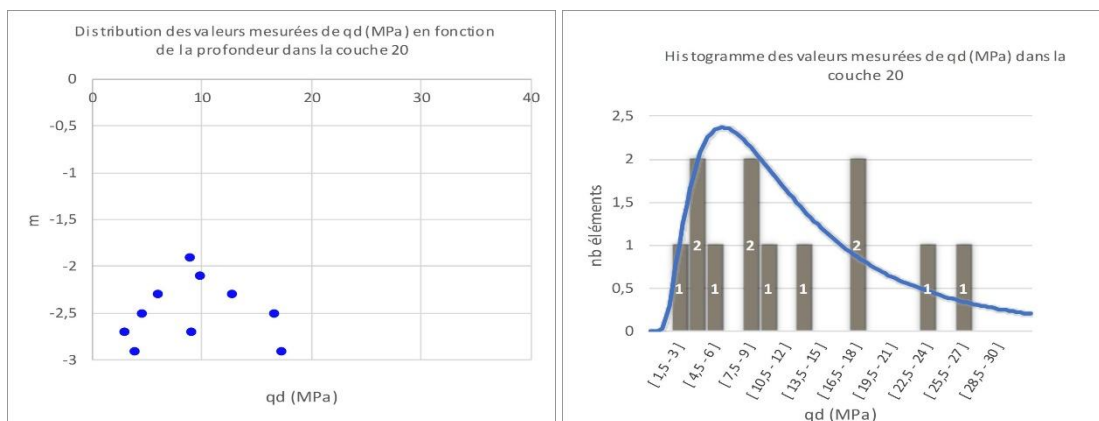
Diagramme de Casagrande

L'échantillon se situe en dehors de la zone des argiles gonflantes. Cependant il n'est pas à exclure que des horizons argileux gonflants soient présents sur le site du projet. Il serait prudent de réaliser des sondages et essais complémentaires au droit des lots au stade G2 AVP pour éclairer cet aléa.

On retiendra qu'il s'agit de matériaux fins sensibles à l'eau, avec quelques éléments charpentés (cailloux, cailloutis). Des éléments d'une nature différente de celle observée en forage pourront potentiellement être découverts (blocs, vestiges, remblais, ...).

● **Couche 20 : Sables +/- grossiers**

On trouve une couche sableuse +/- grossière au droit du sondage TAR1 à partir de 2,20 m de profondeur et TAR3 à partir de 1,70m, soit localisée plutôt sur la partie sud du site d'étude. Cette couche pourrait correspondre aux valeurs de compacité supérieures identifiées au droit de PD1+PM1, se trouvant aussi au Sud du site. À partir de 1,50m, les compacités augmentent fortement avec la profondeur, variant de 3,0 MPa jusqu'à 35,3 MPa. L'essai au pénétromètre dynamique reste toutefois un essai aveugle, ne renseignant pas sur la lithologie traversée. Cette couche peut présenter des niveaux riches en galets et blocs potentiellement abrasifs. Les compacités mesurées sont élevées à très élevées.



NOMBRE DE MESURES (N)	13
MIN	3,00
MAX	35,30
MOY ARITHMÉTIQUE (M)	13,57
ECART TYPE (S)	9,82
COEFF VARIATION (CV)	0,72
MÉDIANE	9,80
Analyse statistique	
MOYENNE HARMONIQUE	8,04
MOYENNE GÉOMÉTRIQUE	10,51
M - 0,5 S	8,66
EC7	Loi Ln Normal
Xmi	9,05
Xb	2,53
Risque statistique	Loi Ln Normal
X5%	2,96
X25%	6,25
X50%	10,51

Tableau récapitulatif des valeurs pénétrométriques mesurées au sein de la couche 10

On constate une augmentation de la compacité avec la profondeur. On retiendra que sur l'ensemble du site, les compacités sont modestes à moyennes.

On gardera à l'esprit que :

- compte tenu du nombre limité de points d'investigations, cette esquisse reste schématique et que l'épaisseur des différentes couches n'est certaine qu'au droit des sondages.
- que les sondages ont été réalisés en (semi) destructif et en petit diamètre, que les limites de couches sont approximatives et que la blocométrie des formations n'a pu être mesurée.
- que des horizons d'une nature différente de celle observée en forage peuvent être rencontrés,
- que les essais au pénétromètre sont « aveugles » au-delà de la cote d'arrêt des sondages de reconnaissance géologique.

4.2. HYDROGÉOLOGIE

Aucune venue d'eau n'a été observée lors de nos investigations. Les observations peuvent cependant être rendues difficiles du fait :

- De la faible durée de forage (<1h),
- De la faible perméabilité attendue des sols,
- De lissage des parois par l'outil de forage ou godet.

Remarque : Les sondages de reconnaissance se font sur une période de courte durée, et le niveau de nappe indiqué dans le rapport ne reflète pas forcément le niveau maximal. L'origine des fluctuations possibles est soit naturelle, soit due à des travaux ou à une modification de l'environnement aux alentours immédiats (pompages, rejets...).

On retiendra donc de ce site :

- L'existence probable d'une nappe pédologique dans l'horizon de terre végétale (couche 0TV), se formant à la suite de pluies dans les premiers décimètres de sols, pouvant atteindre également la couche 10 à faible profondeur et dégrader les compacités,
- l'existence potentielle de circulations erratiques dans les sols remaniés (horizons de labours, remblais et / ou vestiges potentiels, ...), fonctions des jeux de perméabilités variables d'une poche à l'autre, se formant à la suite de pluies,
- L'existence possible d'une nappe de rétention localisée dans les couches 10 et 20, avec des circulations fonction des jeux de perméabilités, s'écoulant a priori en direction du Loir, exutoire naturel, alimentée en période de fortes pluviométries, sujette à des fluctuations saisonnières,
- L'existence d'une nappe alluviale en lien avec le Loir localisée à quelques dizaines de mètres du projet, dont la profondeur sera fonction du régime hydraulique du cours d'eau.

Les différents aquifères ne possèdent pas nécessairement le même niveau piézométrique.

4.3. ESSAIS DE PERMÉABILITÉ

Il nous a été demandé de réaliser 4 essais de perméabilité des sols. Ces essais d'eau à charge variable de type MATSUO sont nommés MAT1-1 à MAT2-2. Les résultats sont les suivants. Les PV des essais sont fournis en annexes :

Nom de l'essai	Lanterne d'essai (m/TN)	Couche concernée	Perméabilité k (m/s)
MAT1-1	1,04 - 1,31	10	6,0E-06
MAT1-2	0,28 - 0,65	OTV / 10	5,0E-05
MAT2-1	0,93 - 1,20	10	5,0E-06
MAT2-2	0,36 - 0,75	OTV / 10	1,0E-05

Il faut rester prudent avec l'interprétation de ces données, les perméabilités peuvent varier localement en fonction de la nature +/- fines des horizons testés. Cependant, on note au droit des forages MAT1-1 et MAT2-1 des perméabilités très proches et donc concordantes, égales à 5^E-6 m/s.

Il s'agit de perméabilités modestes en accord avec la nature des horizons testés.

On gardera à l'esprit que la perméabilité est fonction de la teneur en fine et de la compacité des sols. Les perméabilités mesurées peuvent donc varier latéralement en fonction de la nature des matériaux et de leur compacité. L'exploitation des perméabilités est donc à prendre avec prudence et est de la responsabilité du concepteur des systèmes de drainage et d'infiltration.

5. CONDITIONS SISMIQUES – MISSION G1 / G2 AVP

5.1. CLASSE DE SOL ET PARAMÈTRE DE SOL

Au sens de la norme NF EN 1998-1, on retiendra que le sol est à priori de **classe B** ce qu'il conviendrait le cas échéant de valider par une mesure directe du VS30 par méthode MASW par exemple. Le tableau ci-après décrit les différentes classes de sol disponibles dans la norme.

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		Vs.30 (m/s)	NSPT (coups /30 cm)	Cu (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5m de matériau moins résistant	> 800	-	-
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180-360	15 - 50	70-250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de Vs de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5m environ et 20m reposant sur un matériau plus raide avec Vs > 800 m/s			
S1	Dépôts composés ou contenant une couche d'au moins 10m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante	< 100 (valeur indicative)		10 – 20
S2	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S1			

Tableau 3.1 de la norme NF EN 1998-1

Les terrains ont donc un paramètre de sol $S = 1,35$ en zone sismique 2 (pour une classe de sol B).

LIQUÉFACTION : on appelle liquéfaction d'un sol un processus conduisant à la perte totale de résistance au cisaillement du sol par augmentation de la pression interstitielle. Elle s'accompagne de déformations dont l'amplitude peut être limitée ou quasi illimitée. Ce processus intéresse les sols sous nappe fins ou peu compacts.

En zone de sismicité 2 et compte tenu de la nature du projet (catégorie d'importance a priori < III, à confirmer par le Maître d'Ouvrage) la vérification du risque de liquéfaction des sols sous sollicitation sismique n'est pas requise selon l'arrêté du 22 Octobre 2010.

6. SYNTHÈSE DES DONNÉES DE SOL ET ALÉAS GÉOTECHNIQUES – MISSION G1 / G2 AVP

6.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES GÉOTECHNIQUES

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

Lithologie	Terre végétale	Couverture	Sables +/- grossiers	Observations hydrogéologiques / Niveau d'eau par rapport à la tête de nos sondages
Description	Sables marrons, légèrement limoneux à cailloux, cailloutis et radicelles	Sables limoneux +/- argileux brun à cailloux et cailloutis	Sables +/- grossiers ocre	
GTR	-	-	-	
Compacité	Hétérogènes (effet de croûte)	Modeste à élevée	Elevée à très élevée	
qd (MPa)	4,3 à 16,5 (5 mesures)	1,7 à 6,1	3,0 à 35,3	
N°Couche	0TV	10	20	
PD1+PM1	0,00 - 0,60 (0,60)	0,60 - 1,65@ (>1,05)	-	Pas de venue d'eau (Le 04/06/2025)
PD2+PM2	0,00 - 0,40 (0,40)	0,40 – 1,60@ (>1,20)	-	Pas de venue d'eau (Le 04/06/2025)
TAR1	0,00 – 0,25 (0,25)	0,25 – 2,20 (1,95)	2,20 – 3,00@ (>0,80)	Pas de venue d'eau (Le 04/06/2025)
TAR2	0,00 – 0,40 (0,40)	0,40 – 3,00@ (2,60)	-	Pas de venue d'eau (Le 04/06/2025)
PD3+TAR3	0,00 - 0,30 (0,30)	0,30 - 1,70@ (>1,40)	1,70 – 3,00@ (>1,30)	Pas de venue d'eau (Le 04/06/2025)
PD4+TAR4	0,00 - 0,40 (0,40)	0,40 – 3,00@ (>2,60)	-	Pas de venue d'eau (Le 04/06/2025)

® = Refus du sondage

@ = Arrêt volontaire du sondage

6.2. ALÉAS

Les aléas géotechniques sont en relation entre autres, avec :

6.2.1. LA GÉOLOGIE

Les aléas sont liés :

- Aux variations d'épaisseur des différentes couches à l'échelle du site,
- Aux variations potentielles de faciès, avec la présence potentielle de blocs ou de pointement rocheux localisés de manière aléatoire et imprévisible,
- À la couche 10, présente à faible profondeur et présentant des compacités plus faibles que la couche 20 sous-jacente, pouvant contenir des horizons mous, détrempés, voire argileux ou encore de la matière organique,
- À la présence de sols remaniés (labours, remblais, ...), en lien avec l'histoire du site et localisés de manière imprévisible,
- À l'hétérogénéité et à la blocométrie potentiellement variable et importante au sein de toutes les couches,
- À la présence possible d'horizons indurés positionnés de manière aléatoire et imprévisible.

6.2.2. LA NATURE DES MATÉRIAUX

Les aléas sont liés :

- À la sensibilité à l'eau de toutes les couches,
- À la présence de cailloux et blocs potentiels dans toutes les couches,
- À l'argilosité potentielle de la couche 10, un échantillon prélevé ayant été classé F2 au sens du GTR 2024,

6.2.3. L'HYDROGÉOLOGIE

Les aléas sont liés :

- À l'existence probable d'une nappe pédologique dans l'horizon de terre végétale (couche 0TV), se formant à la suite de pluies dans les premiers décimètres de sols, pouvant atteindre également la couche 10 à faible profondeur et dégrader les compacités,
- À l'existence potentielle de circulations erratiques dans les sols remaniés (horizons de labours, remblais et / ou vestiges potentiels, ...), fonctions des jeux de perméabilités variables d'une poche à l'autre, se formant à la suite de pluies,
- À l'existence probable d'une nappe de rétention contenue dans les couches 10 et 20 se formant en période de fortes pluviométries et sujette à des fluctuations saisonnières.

6.2.4. L'ENVIRONNEMENT ET L'HISTORIQUE DU SITE

Les aléas sont liés :

- Au contexte péri-urbain avec des habitations à proximité des parcelles à construire, avec potentiellement des ouvrages enterrés, ouvrages creux désaffectés, etc.,
- À la présence d'une végétation développée sur le site,
- À la présence de puits qui pourraient interférer avec le projet.

6.2.5. LES RISQUES NATURELS

Les aléas sont liés :

- Aux inondations par débordement du Loir et de la Sarthe, même si le site d'étude se trouve en dehors des zones à risques du PPRI,
- Aux inondations par remontées de nappe, même si le site d'étude se trouve dans une zone sans débordement de nappe ni inondation de cave d'après le site gouvernemental www.georisques.gouv.fr,

7. PRINCIPES GENERAUX DE CONSTRUCTION - MISSION G1 (LOTS)

7.1. GÉNÉRALITÉS

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.

Concernant les ouvrages sur les différents lots, une mission de conception de type G2 devra être réalisée ensuite pour donner les valeurs caractéristiques et notes de calcul pour le dimensionnement des ouvrages géotechniques (fondations, niveaux bas, voiries etc.), à l'appui d'investigations complémentaires. Nous suggérons également de réaliser des essais complémentaires en laboratoire afin de confirmer l'absence d'argiles gonflantes au droit des lots.

7.2. PRINCIPES GENERAUX DE FONDATION

Les travaux préalables consisteront au défrichage, éventuellement à l'abattage et au dessouchage des arbres présents au droit du projet, ainsi que la mise en œuvre d'une plateforme et d'une piste de portance correcte pour la circulation des engins de chantier. Les travaux seront réalisés en période météorologique favorable. On rappelle ici que la portance de l'horizon de TV est probablement nulle en période hivernale.

Les parcelles seront divisées en lots en vue de la construction de bâtiments d'habitation. Pour des bâtiments sans sous-sol en simple RDC ou R+1 possédant des charges faibles, il pourra être envisagé un principe de fondation superficielle avec un ancrage homogène dans la couche 10, de limons sableux +/- argileux ocre-brun à cailloux et cailloutis en place non remaniés, montrant des compacités modestes à moyennes (qd $\approx$ 2 à 3MPa). On veillera à garantir la mise hors-gel des fondations à créer. L'ancrage des fondations neuves à créer est interdite dans la couche OTV.

Dans le cas où les bâtiments admettraient des charges importantes, il faudra alors s'orienter sur des fondations semi-profondes ou profondes pour rechercher un niveau d'assise plus profond. Cela pourrait être le cas pour l'îlot de logements sociaux.

Une dalle portée sur vide sanitaire ventilé sera préconisée pour des petits bâtiments compte tenu du risque potentiel du développement d'une nappe pédologique en surface et des remontées par capillarités. On rappelle de plus le potentiel de retrait-gonflement des argiles, le site étant situé en zone d'exposition élevée.

On s'assurera, lors de la mission G2 AVP et au terme des terrassements, de l'homogénéité en nature et en compacité de l'horizon d'assise au droit des futures fondations et de la plateforme, en fonction des caractéristiques définitives du projet.

7.3. PRINCIPES GENERAUX DE DRAINAGE

En phase provisoire, il faudra s'affranchir des venues d'eau éventuelles en fond de fouille lors des terrassements pour le coulage au sec des fondations des futurs bâtiments. En cas de pompage en fond de fouille, on veillera à éviter le soutirage de fines des sols présents.

En phase définitive, on veillera à la réalisation d'un drainage périphérique indépendant pour chacun des bâtiments de manière à éviter toute stagnation d'eau dans l'environnement des fondations neuves. Les arases seront pentées et drainées pour les mêmes raisons.

L'ensemble des dispositifs d'assainissement et de drainage devra être relié à un exutoire existant ou à créer. Ces dispositions devront nécessairement être affinées au stade G2 AVP à l'appui des caractéristiques définitives du projet.

Dans tous les cas, ces hypothèses devront nécessairement être confirmées par des forages et essais complémentaires au droit du projet, adaptés aux caractéristiques définitives des bâtiments à créer (non connues à ce stade), dans le cadre de l'étude G2 AVP lorsque le projet sera plus avancé.

8. EBAUCHE DIMENSIONNELLE DES COUCHES DE FORME SOUS VOIRIES – MISSION G2 AVP (VOIRIES)

8.1. PRINCIPE

La couche de forme sous voiries a trois fonctions :

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

Dans ce cadre, est visée une plateforme de type PF2 caractérisée par un $Ev_2 \geq 50$ 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 1er et 2ème 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.

8.2. PREPARATION DES ARASES

Les sols présents seront terrassés à l'avancement, jusqu'à une PST qualifiée par une portance attendue minimale définie soit par mesure directe (Ev_2^2) soit par une mesure de résistance à la pénétration dynamique (qd) moyennée sur 1,20m ($Ev_2^2 = 6.qd$).

Ici, nous suggérons de purger la couche OTV et de viser une arase constituée par la couche 10 à $qd \approx 2$ MPa. On sera donc essentiellement sur une PST1 AR1, avec une portance minimale attendue de $Ev_2^2 \geq 10$ MPa (à confirmer par des essais de plaque à l'ouverture du fond de forme).

On rappelle que dans les zones arborées, on veillera au dessouchage et à la purge associée des sols remaniés et des sols chargés en racines.

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

Il est exclu de compacter directement la PST, ce compactage pouvant créer un effet panse de vache par surcompactage et obligeant à ouvrir tout le terrassement avant mise en œuvre des matériaux des couches de forme.

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

$$h = 30 \times \ln \left(\frac{1/Ev_2^2 - 1/Ev_2^1}{1/Ev_2^3 - 1/Ev_2^1} \right) + 0.6 \times \left(\frac{Ev_2^3}{Ev_2^2} - 1 \right)$$

(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.

8.3. COUCHE DE FORME SOUS VOIRIE

Les matériaux de couche de forme seront mis en œuvre sur un géotextile possédant une résistance à la rupture de 25 kN/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 à cunette type autoroutier Ø=150 mm, eux-mêmes enrobés dans une gravette 5/20 entourée par un géotextile possédant une résistance à la rupture de 12 kN/m minimum et de porométrie O95>150 µm, les drains étant piqués sur un exutoire.

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 granulaires d'apport de la couche de forme suggérés sont de type :

En couche de forme drainante de granulométrie 0/80 mm :

- D<80mm,
- propres : VBS < 0.1,
- passant à 80 µm < 5 %,
- drainants D10 ≥ 1 mm,
- chimiquement inertes,
- durs LOS < 45 – MDE < 45,

- non gélifs et compactés à q3.

fermés par une couche de réglage de type 0/31,5 mm :

- $D < 31.5 \text{ mm}$,
- propres : $VBS < 0.1$,
- passant à $80 \mu\text{m} < 5 \%$,
- chimiquement inertes,
- durs $LOS < 45 - MDE < 45$,
- non gélifs,
- bien gradués, s'inscrivant dans un fuseau de TALBOT-FULLER d'équation :

$$\frac{p}{100} = \left(\frac{d}{D}\right)^n$$

n 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 q3 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 :

- 150 MPa pour le 0/80 mm,
- 200 MPa pour le 0/31.5 mm.

Dans ces conditions, pour une PST constituée par la couche 10 à $EV2 \geq 10 \text{ MPa}$, **on peut tabler sur une épaisseur h de 0/80 mm ou équivalent de 45 cm, fermée par 10 cm de 0/31.5 mm pour obtenir une Ev_2^3 minimal de la plateforme de 50 MPa (PF2) en veillant à ce que $EV2/EV1 < 2,1$, soit 55 cm d'épaisseur totale de couche de forme.** En fonction de la période d'exécution, des conditions météo et du drainage mis en œuvre, on pourrait être amené à revoir ces épaisseurs données en première approche.

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.

Le cas échéant, il conviendrait donc d'identifier le facteur incriminé pour choisir les mesures curatives adaptées. Notre prédimensionnement de couche de forme est basé sur l'utilisation d'un matériau

d'apport caractérisé par un module EV2 intrinsèque minimum de 150 MPa pour le 0/80mm, et de 200 MPa pour le 0/31,5mm. Les couches de forme devront être vérifiées au gel.

8.4. RECEPTION DE LA COUCHE DE FORME

Les critères de réception de la couche de forme sont donnés par contrôle par essai à la plaque de type LCPC :

- Module de déformation de 2^{ème} cycle : $EV2 \geq 50$ MPa en tête (pour un critère de réception de type PF2 – à confirmer par le Maître d'Ouvrage),
- $K = EV2/EV1 < 2,1$

8.5. SUJETIONS D'EXECUTION

Elles sont liées entre autres :

- à la réalisation des terrassements en période météorologique favorable,
- à la réalisation des terrassements à la pelle mécanique chenillée puissante en retro, équipée d'un BRH en cas de rencontre d'horizons indurés, de blocs ou de vestiges,
- à la vérification du fond de forme par un géotechnicien,
- à la purge éventuelle des matériaux de la PST dont la qualité mécanique est insuffisante (imbibition, matériaux anthropiques, remaniement, dessiccation, réseau racinaire...), et à la substitution de ces horizons par des matériaux granulaires d'apports.
- à la qualité de la couche de forme drainante et de la fermeture, avec la mise en œuvre de matériaux granulaires d'apport chimiquement inertes, compactés,
- à l'évacuation des venues d'eau éventuelles en phase provisoire,
- à la gestion des eaux en phase provisoire et définitive, et donc à la nécessité de drainer la base des couches de forme,
- à la gestion du bulbe racinaire des arbres de grande envergure qui pourraient être situés à proximité.

9. POINTS À ÉTUDIER PARTICULIÈREMENT AU STADE G2 AVP (LOTS)

Les Maîtres d'Ouvrages des lots devront réaliser une étude mission G2 AVP pour la réalisation de leurs projets de construction. Ces études comprendront a minima :

- réalisation d'investigations complémentaires au droit des lots. En particulier des essais complémentaires en laboratoire seront judicieux pour confirmer l'absence d'argiles gonflantes,
- définition du modèle géotechnique,
- étude des fondations des ouvrages (type, niveaux d'assise, justification des ouvrages géotechniques), et de l'interaction éventuelle vis-à-vis des puits.
- étude des points spécifiques aux projets au regard de la géotechnique,
- prescriptions sur les dispositifs de drainage.

Notre mission G1 (lots et voirie) & G2 AVP (voirie uniquement) se termine à la remise du présent rapport qui constitue un ensemble indissociable.

Nous restons à la disposition de **BATI AMÉNAGEMENT** et de tous les intervenants pour tous renseignements complémentaires.

Dressé par les Ingénieurs soussignés

Quentin GAUTHIER

en charge de l'opération

Jérémie ANDRÉ

en charge du contrôle interne



ANNEXES



ANNEXE 1

PLAN D'IMPLANTATION DES SONDAGES



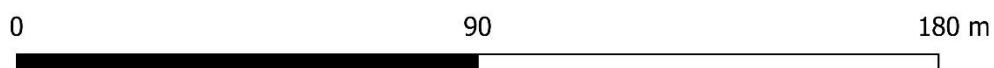
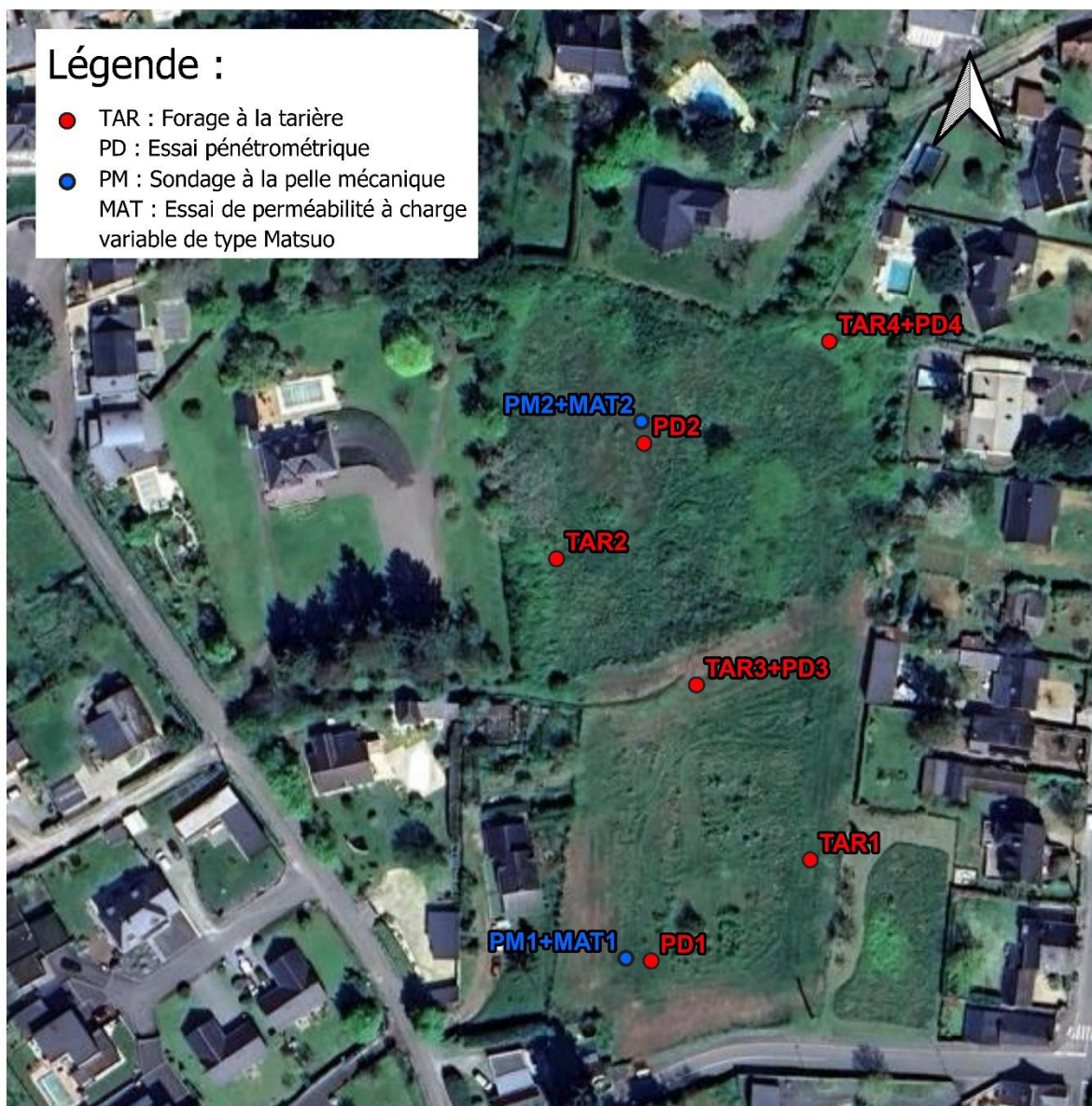

HYDROGEOTECHNIQUE

Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)
Études géotechniques (G1 / G2AVP)

Plan d'implantation des sondages

Légende :

- TAR : Forage à la tarière
- PD : Essai pénétrométrique
- PM : Sondage à la pelle mécanique
- MAT : Essai de perméabilité à charge variable de type Matsuo



ANNEXE 2

COUPES DES SONDAGES



**HYDROGEOTECHNIQUE**
**Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)**

(Contrat : C.25.35.055)

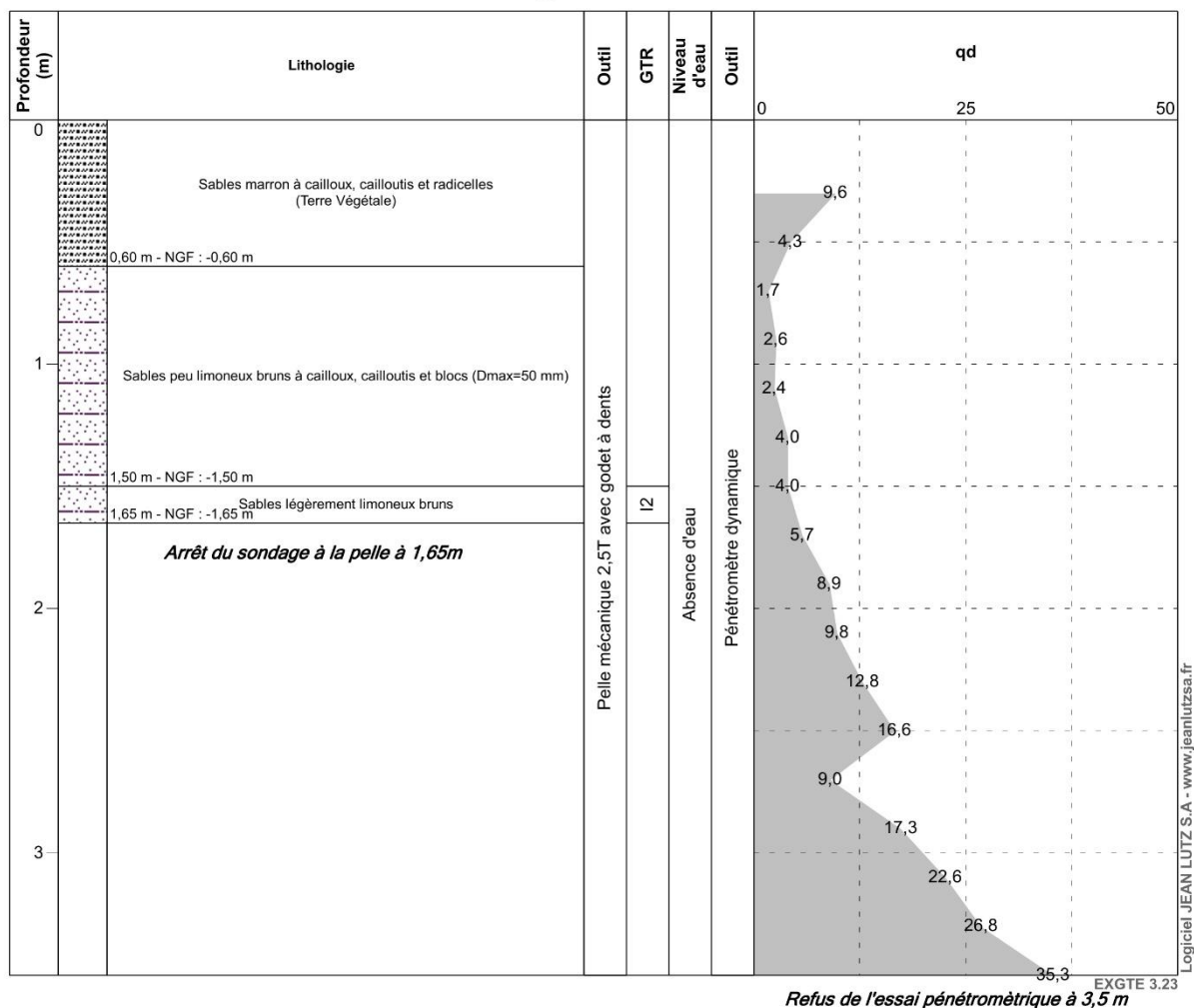
Date : 04/06/2025 Profondeur : 0,00 - 3,50 m

Machine : Pelle mécanique 2.5t

1/25

Forage : PM1+PD1

EXGTE 3.23



EXGTE 3.23



**HYDROGEOTECHNIQUE**
**Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)**

(Contrat : C.25.35.055)

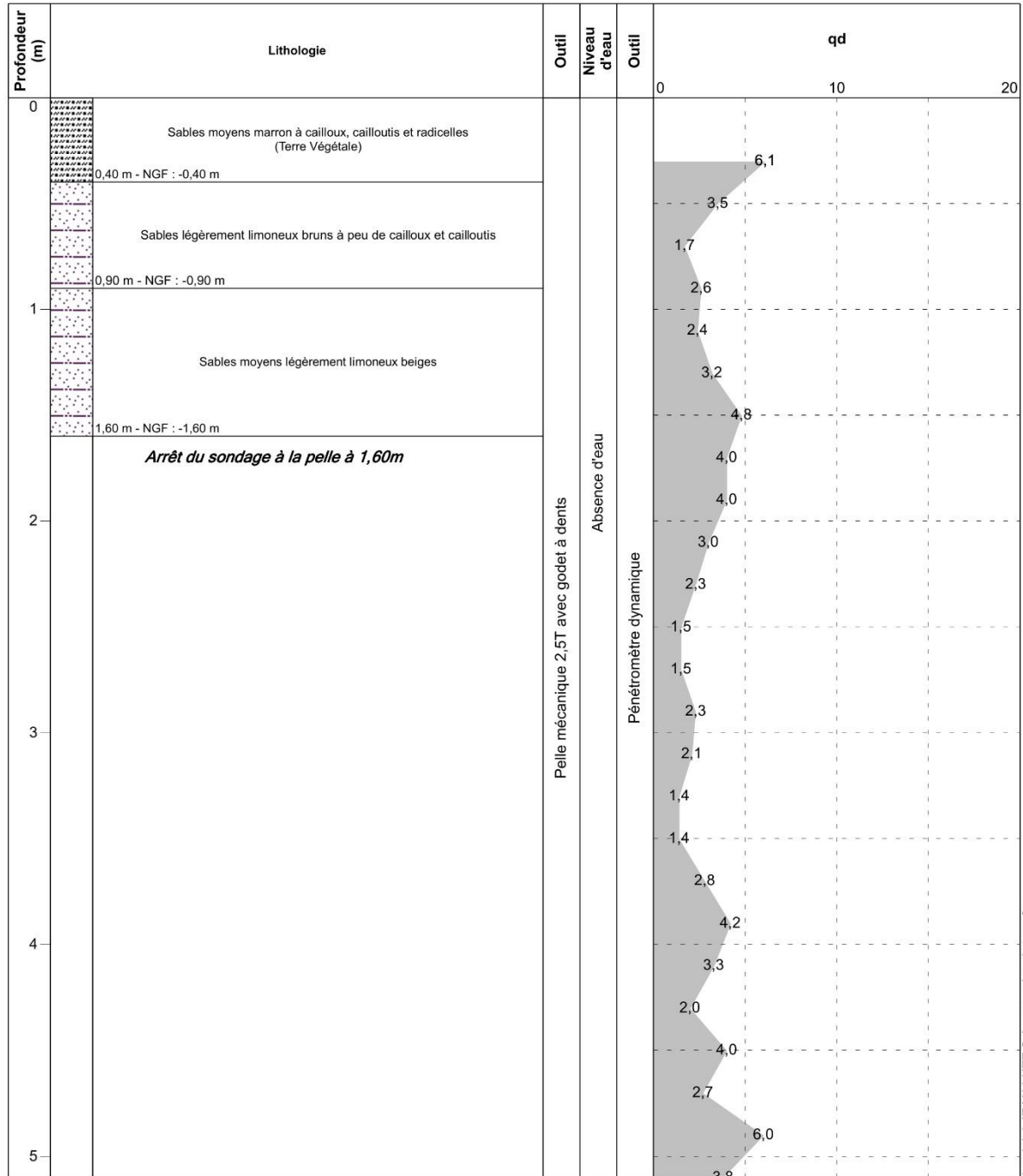
Date : 04/06/2025 Profondeur : 0,00 - 5,10 m

Machine : HF200

1/25

Forage : PM2+PD2

EXGTE 3.23


Refus de l'essai pénétrométrique à 5,10 m

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





HYDROGÉOTECHNIQUE

**Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)**

(Contrat : C.25.35.055)

Date : 04/06/2024 Profondeur : 0,00 - 3,00 m
Machine : HF200

1/25

Forage : TAR1

EXGTE 3.23

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau
0	Sables marron-brun à cailloutis et racicules (Terre Végétale) 0,25 m - NGF : -0,25 m	Tarière Ø64mm	Absence d'eau
1	Sables marron-brun à cailloux et cailloutis 1,20 m - NGF : -1,20 m		
2	Sables peu limoneux marron 2,20 m - NGF : -2,20 m		
3	Sables +/- grossiers brun-marron à cailloutis 3,00 m - NGF : -3,00 m		

Arrêt volontaire du forage à la tarière à 3,00m

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr





HYDROGÉOTECHNIQUE

**Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)**

(Contrat : C.25.35.055)

Date : 04/06/2024 Profondeur : 0,00 - 3,00 m
Machine : HF200

1/25

Forage : TAR2

EXGTE 3.23

Profondeur (m)	Lithologie	Outil	Niveau d'eau
0	Limons sableux marron à cailloux et radicelles	Tarière Ø64mm	Absence d'eau
0,40 m - NGF : -0,40 m			
1	Limons peu sableux marron		
2	2,50 m - NGF : -2,50 m		
3	Limons peu sableux brun		
3,00 m - NGF : -3,00 m			

Arrêt volontaire du forage à la tarière à 3,00m

EXGTE 3.23

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



**HYDROGEOTECHNIQUE**
**Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)**

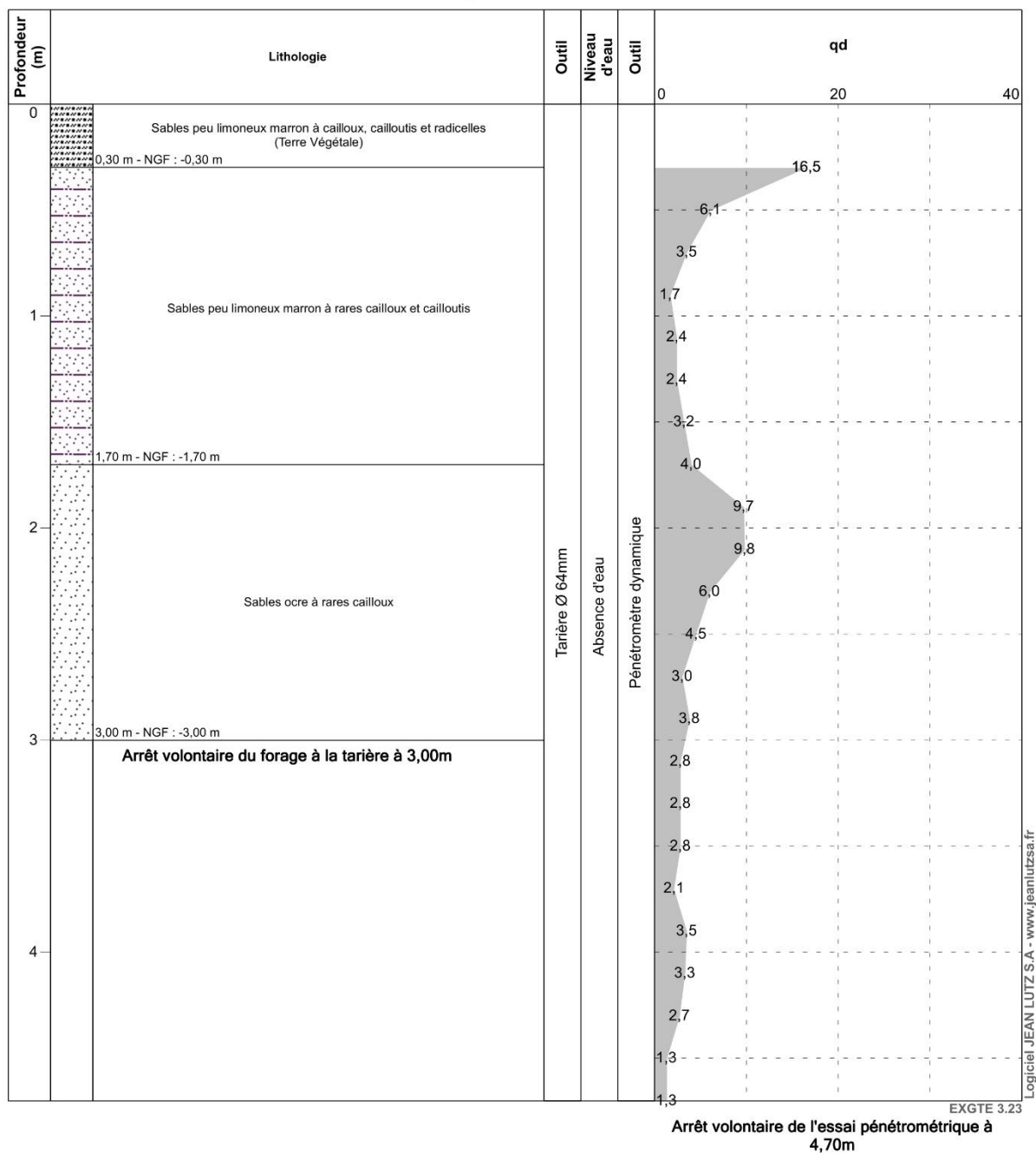
(Contrat : C.25.35.055)

Date : 24/06/2025 Profondeur : 0,00 - 4,70 m
Machine : HF200

1/25

Forage : TAR3+PD3

EXGTE 3.23



**HYDROGÉOTECHNIQUE**
**Lotissement – Route de Soucelles
BRIOLLAY (49)**

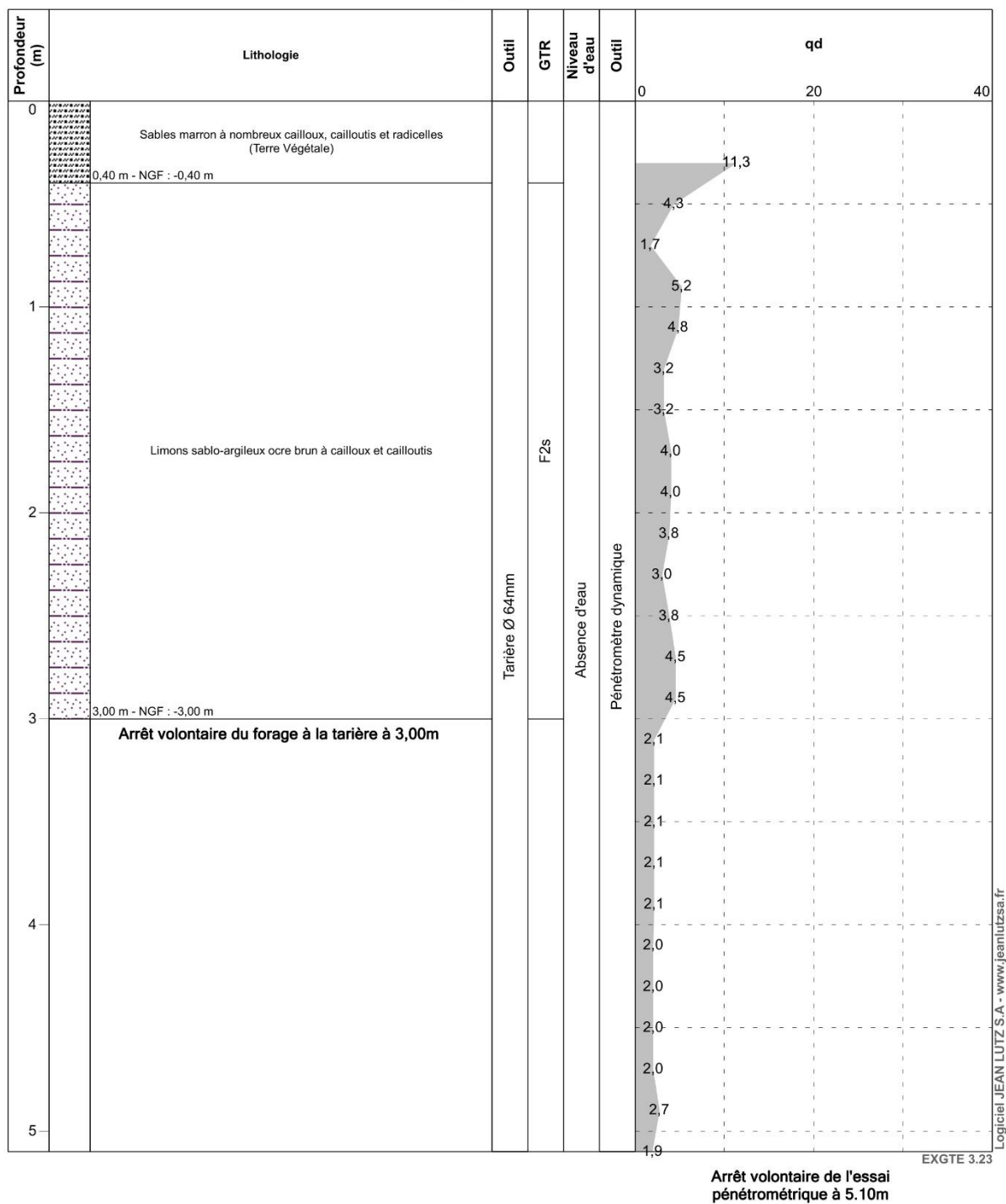
(Contrat : C.25.35.055)

Date : 24/06/2025 Profondeur : 0,00 - 5,10 m
Machine : HF200

1/25

Forage : TAR4+PD4

EXGTE 3.23



ANNEXE 3

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES



Sondage	PM1
Chantier	Lotissement – Route de Soucelles
	

Sondage	PM2
Chantier	Lotissement – Route de Soucelles
	

ANNEXE 4

RÉSULTATS DES ESSAIS EN

LABORATOIRE



Norme NF EN 16907-2

Affaire suivie par: Quentin GAUTHIER

En date du: 07/07/2025

Laboratoire: CHALON

RÉFÉRENCES DU CHANTIER

Dossier N°: C.25.35.055

Chantier: Lotissement - Route de Soucelles

N° ENR: -

Lieu: BRIOLLAY (49)

RÉFÉRENCES DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Sondage: -

PM1

Date prélèvement: -

Profondeur (m): -

1,50-1,65

Réaction à l'acide: -

Nature: -

Sables légèrement limoneux bruns

IDENTIFICATION

Norme

Essai réalisé par:

Teneur en eau par étuvage

NF EN ISO 17892-1

Opérateur A. WINTENBERGER

Analyse granulométrique des sols

NF EN ISO 17892-4

-

Analyse granulométrique par sédimentation

NF P 94-057

-

Valeur de bleu de méthylène d'un sol

NF EN 17542-3

Opérateur A. WINTENBERGER

Limites d'Atterberg

NF EN ISO 17892-12

-

OBSERVATIONS:

-

T° étuvage (°C)

105°C

RÉSULTATS:

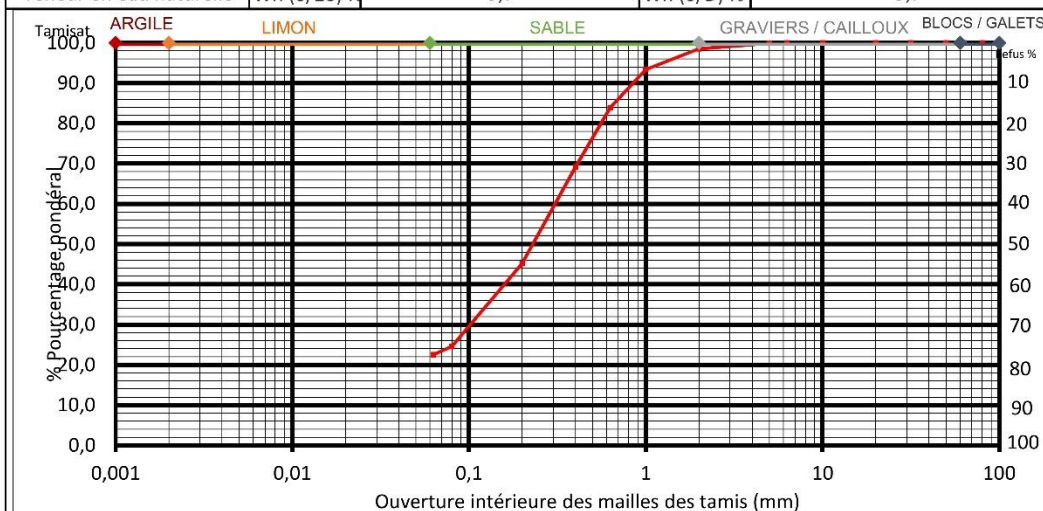
Teneur en eau naturelle

Wn (0/20) %

9,7

Wn (0/D) %

9,7



Maille tamis (mm)	100	80	63	50	31,5	20	10	5	2	1	0,63	0,4	0,2	0,08	0,063
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	100	99	93	84	69	45	24,6	22,5

GRANULOMÉTRIE

Dmax* (mm):	1,2	Coefficient courbure (Cc):	-
D10 (mm):	-	Coefficient uniformité (Cu):	-
D30 (mm):	-	Passant à 0,063mm:	22,5
D50 (mm):	-	Passant à 0,063mm(0/63mm):	22,5
D60 (mm):	-	Passant à 2mm:	98,5
* déterminé avec le D95		Fraction 0,063/2mm:	76,0
		Fraction 2/63mm:	1,5

ARGILOSITÉ

Valeur au bleu (VBS):	2,04
Limite de liquidité (WL %):	-
Indice de plasticité (Ip):	-
COMPACTAGE	
IPI (NF EN 13286-47):	-

Classement GTR (NF P 11-300):

B 6

Classement GTR (NF EN 16907-2):

I 2



RAPPORT D'ESSAIS

Norme NF EN 16907-2

Affaire suivie par:	Quentin GAUTHIER
En date du:	07/07/2025
Laboratoire:	CHALON

RÉFÉRENCES DU CHANTIER

Dossier N°:	C.25.35.055	Chantier:	Lotissement - Route de Soucelles
N° ENR	-	Lieu:	BRIOLLAY (49)

RÉFÉRENCES DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Sondage :	TAR4	Date prélèvement:	-
Profondeur (m):	0,40-3,00	Réaction à l'acide	-
Nature :	Limens sablo-argileux ocre-brun		

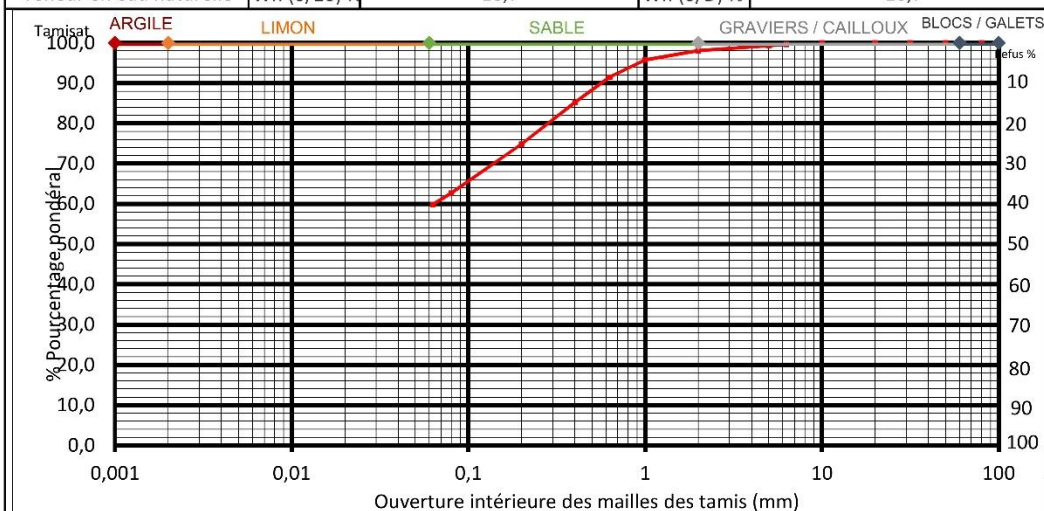
IDENTIFICATION

Norme		Essai réalisé par :
Teneur en eau par étuvage	NF EN ISO 17892-1	Opérateur A. WINTENBERGER
Analyse granulométrique des sols	NF EN ISO 17892-4	-
Analyse granulométrique par sédimentation	NF P 94-057	-
Valeur de bleu de méthylène d'un sol	NF EN 17542-3	Opérateur A. WINTENBERGER
Limites d'Atterberg	NF EN ISO 17892-12	Responsable A. ANDRE

OBSERVATIONS:	-	T° étuvage (°C)	105°C
---------------	---	-----------------	-------

RÉSULTATS:

Teneur en eau naturelle	Wn (0/20) %	18,7	Wn (0/D) %	18,7
-------------------------	-------------	------	------------	------



Maille tamis (mm)	100	80	63	50	31,5	20	10	5	2	1	0,63	0,4	0,2	0,08	0,063
% Tamisat	100	100	100	100	100	100	100	99	98	96	91	85	75	62,7	59,8

GRANULOMÉTRIE			
Dmax* (mm) :	0,9	Coefficient courbure (Cc):	-
D10 (mm):	-	Coefficient uniformité (Cu):	-
D30 (mm):	-	Passant à 0,063mm:	59,8
D50 (mm):	-	Passant 0,063mm(0/63mm):	59,8
D60 (mm):	-	Passant à 2mm:	98,1
		Fraction 0,063/2mm :	38,3
		Fraction 2/63mm :	1,9

* déterminé avec le D95

ARGILOSITÉ	
Valeur au bleu (VBS)	-
Limite de liquidité (WL %)	40
Indice de plasticité (Ip)	18
COMPACTAGE	
IPI (NF EN 13286-47)	-

Classement GTR (NF P 11-300):
A 2 m
Classement GTR (NF EN 16907-2):
F 2 s



Version 01_17/09/2024



ANNEXE 5

ESSAIS DE PERMÉABILITÉ



[illegible]

[illegible]

ANNEXE 6

MISSIONS GÉOTECHNIQUES



CLASSIFICATION DES MISSIONS TYPE D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

(extraite de la norme NF P 94-500 - novembre 2013)

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'avoisnants 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 avoisnants), 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 avoisnants), 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 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'EXÉCUTION (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.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Elaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

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).
- Etablir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION (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 par 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.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

SCHÉMA D'ENCHAÎNEMENT DES MISSIONS GÉOTECHNIQUES**(extrait de la norme NF P 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 Etude 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, esquisses, 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 Etude (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 Etude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude 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